



UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS NATURAIS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental

IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA DE RACIONALIZAÇÃO DO
CONSUMO DE ÁGUA E DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA
EDIFICAÇÃO ESCOLAR

RIBEIRÃO PRETO

2017

Tarso Tristão da Silva

IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA DE RACIONALIZAÇÃO DO
CONSUMO DE ÁGUA E DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA
EDIFICAÇÃO ESCOLAR

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientador: Prof^ª. Dra. Angela Di Bernardo Dantas

RIBEIRÃO PRETO

2017

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

S586i Silva, Tarso Tristão da, 1987-
Implantação de programa de racionalização do consumo de
água e de eficiência energética em uma edificação escolar / Tarso
Tristão da Silva. – Ribeirão Preto, 2017.
92 f.: il. color.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Angela Di Bernardo Dantas.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto,
UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2017.

1. Reuso. 2. Consumo de água. 3. Eficiência energética.
I. Título.

CDD 628

Tarso Tristão da Silva

**"IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA DE RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO
DE ÁGUA E DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA EDIFICAÇÃO
ESCOLAR".**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

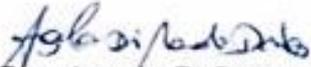
Orientador: Profa. Dra. Angela Di Bernardo Dantas.

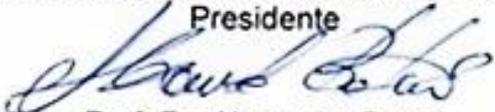
Área de concentração: Tecnologia Ambiental

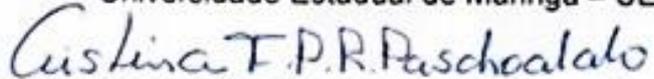
Data de defesa: 03 de março de 2017

Resultado: APROVADO

BANCA EXAMINADORA


Profa. Dra. Angela Di Bernardo Dantas
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP
Presidente


Prof. Dr. Alexandre Botari
Universidade Estadual de Maringá - UEM


Profa. Dra. Cristina Filomena Pereira Rosa Paschoalato
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

Ribeirão Preto
2017

Dedico este trabalho aos meus pais,
familiares e amigos que sempre me
apoiaram e acreditaram no meu
esforço.

Obrigado !

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela oportunidade e por todas as condições que me propiciaram chegar até aqui e realizar este trabalho.

Aos meus professores, pela dedicação e empenho na transferência de conhecimento e sabedoria.

A minha orientadora Prof^a. Dra. Angela Di Bernardo Dantas, pela atenção e dedicação a mim prestada.

A toda a equipe do Laboratório de Recursos Hídricos da UNAERP e do Laboratório de Química da escola SENAI “Ettore Zanini” pelo apoio na realização das análises e ensaios.

Ao SENAI-SP por permitir a execução do estudo de caso na edificação da escola SENAI “Ettore Zanini”.

RESUMO

Os custos dos recursos água e energia são significativos e impactantes no orçamento de qualquer edificação, independentemente se administrada por poder público ou privado, e até mesmo numa edificação residencial, pois ambos os recursos são usufruídos e custeados por toda a sociedade. O interesse pelo estudo do uso eficiente dos recursos água e energia é de suma importância, seja pelo alto custo, pelas incertezas da disponibilidade de tais recursos ou por restrições de impactos ambientais, além disso o desenvolvimento da sociedade modifica os padrões de consumo e justifica a necessidade de estudos neste sentido. Neste contexto este trabalho realizou um estudo de caso da implantação de um programa de racionalização do consumo de água e de eficiência energética em uma edificação escolar. No âmbito do programa de racionalização do consumo de água, o estudo foi realizado no sistema de reuso de água pluvial da edificação, visando o monitoramento da qualidade da água para constatação de atendimento aos requisitos da NBR 15527:2007, a análise da estabilização química para verificação das características de corrosão e incrustação, e posteriormente a avaliação da eficiência dos sistemas hidráulicos de água potável e não potável com foco nos aparelhos sanitários de maior consumo. No programa de eficiência energética foi realizado o mapeamento do perfil de consumo de energia elétrica para otimização da qualidade do consumo através do gerenciamento de energia, e a análise do sistema de iluminação e de cargas elétricas para identificação de potenciais de economia. Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que o sistema de reuso de água pluvial existente na edificação atende plenamente os requisitos normativos e que o ensaio de estabilidade química merece destaque por revelar que o valor de pH indicado para o sistema estudado é superior ao indicado pela norma, assim o valor de pH indicado é baseado no índice de Langelier, que indica para o sistema valores de pH em torno de 9,0 para que não haja corrosão ou incrustação no sistema hidráulico. Na análise do sistema hidráulico da edificação foi constatado o consumo de água com eficiência e racionalidade, principalmente ao se considerar que em média 50% dos 23,20 L/usuário consumidos diariamente são provenientes do sistema de reuso de água pluvial, mas economia de água potável e não potável ainda pode ser obtida através da instalação de redutores de vazão nas torneiras e do ajuste da vazão dos dispositivos de descarga das bacias sanitárias. As análises dos indicadores do consumo de energia demonstraram que a edificação teve desempenho superior frente a outras edificações de uso similar, mas a auditoria energética e a análise dos parâmetros tarifados pela concessionária de energia permitiram a implementação de ações que possibilitaram economia através do seccionamento de cargas sem utilização, a diminuição da energia reativa e a substituição da tecnologia de iluminação da área externa por tecnologia mais econômica. Desta forma buscou-se com este estudo obter resultados financeiros e ambientais em um ambiente de formação e exemplo onde usuários e frequentadores podem vivenciar a cultura conservacionista e disseminar tais exemplos pela sociedade.

Palavras-chave: Reuso. Consumo de água. Eficiência energética. Edificação escolar.

ABSTRACT

Costs with water and energy resources are significant and cause major impacts on the budget of constructions of any sort, regardless of whether it is managed by public or private entities, or also of a residential building, since both resources are enjoyed and funded by the society as a whole. The interest in the study of the efficient use of water and energy resources is paramount due to its high cost, the uncertainties of the availability of such resources and to environmental impacts restrictions. Moreover, the development of society changes the consumption patterns and justifies the necessity for studies in this scope. In this context, the present paper carried out a case study on the implementation of a program for saving water and energy efficiency in a school building. As part of the program, the study was towards the rainwater reuse system of the building, aiming to monitor water quality in order to verify the compliance with the requirements of NBR 15527:2007 - The Brazilian Association of Standards -, the chemical stabilization analysis to check corrosion and scale characteristics, and the evaluation of the efficiency of the hydraulic systems of drinkable and non-drinkable water focused on the sanitary appliances of major use. As for the energy efficiency program, the electric power consumption profile was mapped to optimize the quality of consumption by means of energy management, and the analysis of the lighting system and electrical loads to identify potential savings. The results demonstrated that the rainwater reuse system existing in the building fully meets the standard requirements and that the test of chemical stability is to be highlighted since it shows that the pH value indicated for the studied system is higher than the one indicated by the standard, thus the pH indicated value is based on the Langelier index, which indicates to the system pH values around 9.0 so that there is no corrosion or incrustation in the hydraulic system. In the analysis of the hydraulic system of the building, it was verified efficiency and saving in water consumption, especially when considering that, on average, 50% of the 23.20 liters a day consumed by user come from the rainwater reuse system, but economy of drinkable and non-drinkable water is still to be reached by installing flow reducers on the taps and adjusting the flow rate of toilet flushing devices. The analysis of energy consumption indicators showed that the building performed better than other constructions of similar purpose, however, the energy audit and the analysis of the parameters charged by the energy concessionaire allowed the implementation of saving actions by means of sectioning non-used loads, the decrease of the reactive energy and the substitution of the lightning system of the external areas for a more efficient saving technology. In this manner, the present study was aimed to obtain financial and environmental results in an environment of development and examples where users and visitors can experience this conservation culture and disseminate these examples throughout society.

Keywords: Reuse. Water Consumption. Energy Efficiency. School Building.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Dados mundiais da produção de energia elétrica em 2011	32
Figura 2: Dados do Brasil da produção de energia elétrica em 2014	32
Figura 3: Evolução do consumo final de energia elétrica até 2030 de acordo com os cenários de desenvolvimento do país (TWh)	33
Figura 4: Etapas da implantação de um PEE	37
Figura 5: Etapas do estudo	41
Figura 6: Planta da Escola SENAI Ettore Zanini	42
Figura 7: Local de coleta de amostra da água antes do tratamento, interior do reservatório...44	
Figura 8: Local de coleta de amostra da água após tratamento, na saída do reservatório.....45	
Figura 9: Transformador à seco utilizado nas cabines primárias da edificação	50
Figura 10: Controlador do banco de capacitores.	50
Figura 11: Medidor de energia da cabine primária.	52
Figura 12: Gráfico Box plot	54
Figura 13: Detalhe de um dos telhados utilizados para a captação de água da chuva.....56	
Figura 14: Planta da Escola SENAI Ettore Zanini com indicação das áreas de captação de água pluvial	57
Figura 15: Fluxograma dos reservatórios intermediário e superior de água não potável	58
Figura 16: Fluxograma do reservatório subterrâneo e casa de máquinas de água não potável59	
Figura 17: Casa de bombas com filtro de areia	60
Figura 18: Abrigo de medição e dosagem de produtos químicos	60
Figura 19: Resultados das análises microbiológicas de coliformes totais	61
Figura 20: Resultados das análises de cor aparente	62
Figura 21: Resultados das análises de turbidez	63
Figura 22: Resultados das análises de pH	64
Figura 23: Resultados das análises de cloro residual livre.....	65
Figura 24: Resultados das análises de DBO _{5,20}	67
Figura 25: Resultados do ensaio de demanda de cloro.....	68
Figura 26: Resultados do ensaio de volume da bomba dosadora.....	69
Figura 27: Bacia sanitária utilizada na edificação	72
Figura 28: Dispositivo de descarga com tecla dupla.	72

Figura 29: Torneira manual com arejador utilizada nas pias da edificação.	73
Figura 30: Torneira com fechamento automático e arejador utilizada nos lavatórios da edificação.....	74
Figura 31: Consumo de energia e potência instalada da edificação	76
Figura 32: Energia reativa nos horários fora de ponta da edificação	77
Figura 33: Maiores demandas registradas mês a mês em 2015.	78
Figura 34: Consumo específico por usuário mês a mês em 2015	79
Figura 35: Consumo específico por área construída mês a mês em 2015.	79
Figura 36: Fator de carga mês a mês em 2015	80
Figura 37: Custo médio da energia mês a mês em 2015.....	81
Figura 38: Análise da demanda contratada e registrada por usuário mês a mês em 2015	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo de água em edifícios públicos	19
Tabela 2: Parâmetros de qualidade de água de reuso para usos não potáveis conforme ABNT NBR 13969:1997	23
Tabela 3: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos não potáveis conforme ABNT NBR 15527:2007	23
Tabela 4: Equipamentos do sistema de água não potável	43
Tabela 5: Parâmetros monitorados em linha no sistema de água não potável	43
Tabela 6: Métodos e limites de detecção das análises realizadas no sistema de reuso de água pluvial	46
Tabela 7: Características da Escola SENAI Ettore Zanini no ano de 2016	55
Tabela 8: Resultados das análises de metais	66
Tabela 9: Resultados das análises dos compostos de nitrogênio.....	67
Tabela 10: Resultados dos ensaios de estabilidade	70
Tabela 11: Índice de Langelier no sistema após reajuste da dosagem de Hidróxido de Sódio.....	71
Tabela 12: Indicadores diários do consumo de água em 2015	75
Tabela 13: Benefícios financeiros obtidos.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APHA	American Public Health Association
AWWA	American Water Works Association
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
CE	Consumo Específico de Energia Elétrica de uma Edificação
CMe	Custo Médio da Energia Elétrica de uma Edificação
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CUASO	Cidade Universitária Armando Sales de Oliveira
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
FC	Fator de Carga Elétrica de uma Edificação
FECOMERCIO-SP	Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo do Estado de São Paulo
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IDEC	Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor
IL	Índice de Langelier
ISO	International Organization for Standardization
NMP	Número Mais Provável
NBR	Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
PCA	Programa de Conservação de Água
PEE	Programa de Eficiência Energética
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PROSAB	Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
PURA	Programa de Uso Racional da Água
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAEMAS	Serviço Autônomo de Água, Esgoto e Meio Ambiente de Sertãozinho
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SINDUSCON-SP	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFC	Unidade Formadora de Colônia

UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
USP	Universidade de São Paulo
WPCF	Water Pollution Control Federation
WWAP	World Water Assessment Programme

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVO	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	ÁGUA: PANÔRAMA ATUAL, FUTURO E SEU USO EM EDIFICAÇÕES	17
3.1.1	Estratégias para o Uso Racional de Água	20
3.1.2	Legislação e Normas Existentes para o Reuso de Água Pluvial.....	22
3.1.3	Reuso de Água Pluvial	25
3.1.4	Programas de Conservação de Água	29
3.2	ENERGIA: PANÔRAMA ATUAL, FUTURO E SEU USO EM EDIFICAÇÕES .	31
3.2.1	Eficiência Energética em Edificações	33
3.2.2	Programas de Eficiência Energética	37
3.3	DISCUSSÕES SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	39
4	MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1	METODOLOGIA	41
4.2	A EDIFICAÇÃO.....	42
4.3	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL.....	42
4.4	CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NÃO POTÁVEL E ENSAIOS	44
4.4.1	Caracterização da Qualidade da Água não Potável.....	44
4.4.2	Ensaio de Demanda, Dosagem de Cloro e Estabilização	47
4.5	ANÁLISE DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS DA EDIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS INDICADORES	48
4.6	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO DA EDIFICAÇÃO	49
4.7	ANÁLISE DA QUALIDADE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	51
4.8	DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE ENERGIA ELÉTRICA.....	53
4.9	ANÁLISE DOS RESULTADOS E PROPOSTAS PARA A MANUTENÇÃO E CONTINUIDADE DAS AÇÕES.....	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO	55
5.2	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL.....	56
5.3	RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA NÃO POTÁVEL.....	61

5.3.1 Análises Previstas na ABNT NBR 15527:2007	61
5.3.2 Análises e Ensaio Complementares.....	66
5.4 RESULTADOS DA ANÁLISE DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS DA EDIFICAÇÃO	71
5.5 ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA.....	75
5.6 RESULTADOS DA ANÁLISE DE QUALIDADE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	76
5.7 ANALISE DOS INDICADORES DO CONSUMO DE ENERGIA	78
5.8 ANÁLISE ECONOMICO-FINANCEIRA.....	82
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
APÊNDICE A – Índice pluviométrico da cidade de Sertãozinho em 2015.....	91
APÊNDICE B – Índice pluviométrico da cidade de Sertãozinho em 2016.....	92

1 INTRODUÇÃO

Os custos dos recursos água e energia são significativos e impactantes no orçamento de qualquer edificação, independentemente se administrada por poder público ou privado, e até mesmo numa edificação residencial, pois ambos os recursos são usufruídos e custeados por toda a sociedade.

A discussão sobre a conservação dos recursos água e energia está presente na sociedade, seja na mídia ou nos centros de pesquisas, pois a dificuldade para se assegurar o fornecimento atual aliado a incerteza da disponibilidade de tais recursos para as gerações futuras, assombra a sociedade em abrangência mundial e em todos os níveis.

A água é um recurso essencial para garantir a vida no planeta, desde que esteja disponível em quantidade e qualidade suficiente para garantir a segurança sanitária exigida pelo tipo de consumo, seja ele humano, animal, agrícola ou industrial. Assim, a necessidade de conservação da água não se manifesta apenas em períodos críticos de estiagem ou em áreas de baixa disponibilidade hídrica, pois atualmente é crescente a escassez de mananciais aptos para assegurar o abastecimento de água potável para a sociedade, sendo comum a escassez virtual nas bacias hidrográficas com maiores índices de urbanização e industrialização, onde o uso e a poluição geram uma situação em que há quantidade de água disponível, mas não há garantia de segurança sanitária para permitir o consumo.

A escassez de água por sua vez, reflete na elevação exponencial dos custos de tratamento, de captação e adução de água bruta de regiões cada vez mais distantes. Assim, a adoção de programas de conservação de água impõe-se como medida complementar ou como alternativa à ampliação da oferta para atender ao crescimento da demanda urbana a médio e longo prazo, que é ao mesmo tempo viável do ponto de vista técnico e econômico, contando com uma aceitação social cada vez maior.

A utilização de fontes alternativas de água é uma importante medida de racionalização, que também é capaz de ampliar a oferta de água disponível para a sociedade, principalmente a captação e utilização da água da chuva, pois é um recurso disponível em abundância praticamente em todo o território brasileiro, com qualidade satisfatória que não requerer sistemas complexos e onerosos para tratamento da água e também impacta positivamente no problema enfrentado pela maioria das cidades, que é o de escoamento e drenagem urbana de águas pluviais.

As pesquisas de caracterização do consumo de água em edificações são importantes para o desenvolvimento da cultura conservacionista, mas são relativamente escassas no Brasil, principalmente pesquisas aplicadas que consideram o uso de fontes alternativas e programas de uso racional da água com foco na viabilidade e na segurança sanitária dos consumidores. Além disso, o desenvolvimento da sociedade modifica os padrões de consumo e justifica a necessidade da atualização de estudos neste sentido, principalmente aqueles que atrelem o consumo de água com o consumo de energia na edificação.

Assim como a água, a energia elétrica e sua forma de consumo é de grande importância em uma edificação, seja pelo alto custo que impacta no orçamento de custeio da edificação, pelas incertezas da disponibilidade do recurso energético ou por restrições de impactos ambientais. Assim as ações de eficiência energética realmente podem ser uma alternativa para a sociedade no atendimento da expansão da demanda de energia, tendo como pilares essenciais: o desenvolvimento da tecnologia que propicia equipamento mais eficientes, e o próprio usuário que cada vez mais tem consciência da importância de um consumo consciente e eficiente para a economia do país, para o meio ambiente e para toda a sociedade.

A implantação de ações de eficiência energética é uma das maneiras mais utilizadas no mundo para atender a expansão do consumo sem comprometer a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico. Pesquisas realizadas pelo Ministério de Minas e Energia (2007) revelam que edificações dos setores comercial e público têm potencial de economia que chega a 29%; considerando toda a viabilidade técnica e financeira de implantação.

Considerando a importância dos recursos água e energia nos dias atuais, este estudo vem contribuir para análise e comprovação dos benefícios da racionalização do uso de água e melhoria da eficiência energética em uma edificação escolar de médio porte. No âmbito da racionalização do uso de água são apresentadas ações com foco na economia de água e aproveitamento das águas pluviais captadas no telhado da edificação para uso como fonte alternativa de água não potável nas descargas dos sanitários, na irrigação de jardins e na lavagem de pisos. No âmbito da eficiência energética são avaliadas as ações implantadas com foco na redução do consumo de energia elétrica da edificação através da análise da qualidade do consumo e das características das cargas elétricas instaladas.

A opção por demonstrar os benefícios de racionalização do uso de água e o aumento da eficiência energética em uma edificação escolar tem além dos propósitos financeiros e ambientais, o caráter de formação e de exemplo onde usuários e frequentadores podem vivenciar a cultura conservacionista e disseminar tais exemplos pela sociedade.

2 OBJETIVO

Realizar um estudo sobre os benefícios técnicos e econômicos da implantação de um programa de racionalização do consumo de água associado a um programa de eficiência energética em uma edificação escolar do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI SP.

Os objetivos específicos serão:

- Monitorar a qualidade da água do sistema de reuso de água pluvial existente através do acompanhamento dos parâmetros de qualidade no sistema de captação e após o tratamento;
- Analisar a estabilização química da água de reuso verificando as características de corrosão e incrustação;
- Avaliar os sistemas hidráulicos de água potável e não potável da edificação;
- Mapear o perfil de consumo de energia elétrica da edificação;
- Otimizar a qualidade do consumo de energia elétrica através do gerenciamento de energia na edificação;
- Diminuir o consumo de energia elétrica através da análise do sistema de iluminação e das cargas elétricas com potencial de economia da edificação;
- Apresentar os benefícios financeiros obtidos com a implementação das ações.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os temas água e energia foram inicialmente pesquisados e analisados separadamente nesta revisão da literatura dada a significância que cada tema apresenta nas edificações, a importância e a preocupação perante a visão da sociedade, posteriormente nas discussões os temas foram abordados em conjunto.

3.1 ÁGUA: PANÔRAMA ATUAL, FUTURO E SEU USO EM EDIFICAÇÕES

O relatório do *United Nations World Water Assessment Programme* (WWAP, 2015), liderado pela UNESCO, relata que o desenvolvimento global não planejado e as falhas na gestão pública geraram imensas discussões sobre a água no planeta, afetando sua qualidade e disponibilidade, comprometendo benefícios sociais e econômicos, pois diversos países têm dificuldades em universalizar o acesso à água com qualidade adequada e quantidade suficiente às suas populações. Desta forma, a capacidade do planeta de sustentar a crescente demanda por água doce está sendo contestada.

O relatório apresenta uma projeção de que em 2030, o mundo irá enfrentar um déficit global de água de 40 %, devido a diversos fatores, sendo os principais:

- Crescimento populacional e urbanização;
- Aumento da utilização ineficiente da água para produção agrícola e geração de energia;
- Aumento da produção industrial;
- Aumento da poluição;
- Diminuição dos níveis dos lençóis freáticos.

O Brasil abriga 13,7% da água doce do mundo, porém a disponibilidade desses recursos apresenta heterogeneidade na distribuição geográfica, pois mais de 73 % da água doce disponível no país encontra-se na bacia Amazônica, que é habitada por menos de 5% da população. Apenas 27 % dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para as demais regiões, onde residem 95% da população do país (IDEC, 2005).

Pesquisas realizadas no âmbito do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) (GONÇALVES, 2006), relatam que a água exerce papel fundamental no

desenvolvimento social e econômico do Brasil e que apesar da grande disponibilidade de água doce, algumas regiões se encontram atualmente sob stress hídrico. Muitas concessionárias dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário têm sido obrigadas a realizar investimentos onerosos para ampliação dos sistemas e manutenção da qualidade da água distribuída, gerando aos usuários aumento dos encargos devido à utilização da água e à produção de esgoto sanitário. Diante destes impactos, a crescente conscientização da sociedade de que os recursos hídricos são finitos aumenta as exigências pela garantia de oferta do recurso e pela sua conservação, principalmente para as gerações futuras.

De acordo com os autores Gonçalves e Jordão (2006), a conservação de água compreende o uso racional da água, que pressupõe o uso eficiente e o uso de fontes alternativas de água como o reaproveitamento ou reuso da água, que é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não. A utilização de fontes alternativas de água é, portanto, uma importante medida de racionalização, por evitar a utilização das fontes convencionais de suprimento. Neste contexto é importante considerar que para a efetiva redução do consumo de água, são práticas particularmente eficientes a eliminação ou a redução extrema de água potável como meio de transporte para os dejetos humanos e, num segundo momento, sua substituição por águas menos nobres provenientes, por exemplo, de componentes não sanitários da edificação.

Soluções que preservam a quantidade e a qualidade da água passam necessariamente por uma revisão do uso da água, tendo como meta a redução do consumo de água potável e, concomitantemente, da produção de águas residuárias. Assim as fontes alternativas de água e o reuso de água são opções que despertam o maior interesse, principalmente em áreas densamente urbanizadas. O uso de fontes alternativas de suprimento para o abastecimento dos pontos de consumo de água não potável é uma importante prática na busca da sustentabilidade hídrica. São fontes alternativas atualmente utilizadas, o aproveitamento da água da chuva, o reuso de águas servidas e a dessalinização da água do mar (GONÇALVES, JORDÃO, 2006).

O reuso direto de águas servidas em edificações, independentemente de sua origem, não é recomendado, pois no Brasil ainda é uma prática incipiente uma vez que não existe experiência consistente e passível de ser universalizada sobre o gerenciamento de águas servidas nas edificações. Desta forma ainda não há mecanismos que garantam a segurança para a aplicação do reuso de águas servidas (GONÇALVES et al., 2006).

Os custos relacionados a usos potáveis de águas servidas são proibitivos, porém com relação a usos não-potáveis são mais aceitos. No Japão algumas cidades como Fukuoka e Kobe são dotadas de sistemas públicos de reuso de águas servidas e redes de distribuição que encaminham a água para fins não potáveis aos domicílios ao custo de cerca de um dólar americano para cada mil litros de água (SARMENTO, 2006).

A dessalinização da água marinha é aplicável apenas em cidades costeiras e tem especial difusão em regiões com escassez de recursos hídricos, mas geralmente com excedentes de combustíveis fósseis, pois é muito alta a demanda de energia e são grandes os impactos ambientais. No processo de osmose reversa, a energia elétrica é cerca de 44% do custo de produção da água dessalinizada. A Arábia Saudita supre 70% do abastecimento humano com essa fonte hídrica e produz 35 m³/s de água, porém os custos de produção para dessalinizar superam 50 centavos de dólar americano para cada mil litros de água (SARMENTO, 2006).

Estudos e publicações estão sendo lançados por entidades representativas dos setores econômicos, tais como FIESP e FECOMERCIO SP, recomendando e norteando ações em prol do uso racional de água em edificações não residenciais, assim como também diversos programas, como o Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) e o Programa de Uso Racional da Água (PURA da SABESP), tem abordado o tema de uso racional de água em edificações de diversos portes e finalidades, fomentando o desenvolvimento de ações e apresentando indicadores para referência. Alguns indicadores de referência para edificações públicas são apresentados pela Sabesp (2013) através do PURA na Tabela 1.

Tabela 1: Consumo de água em edifícios públicos

Natureza	Consumo per capita
Escolas Estaduais 1° e 2° Grau	25 L/aluno.dia
Escolas Internatos	150 L/aluno.dia
Escolas Semi – Internatos	100 L/aluno.dia
Prédios Públicos e Comerciais	50 L/func.dia
Prédios Hospitalares s/ lavanderia	500 L/leito.dia
Prédios Hospitalares c/ lavanderia	750 L/leito.dia
Prédios com alojamentos provisórios s/ cozinha e s/ lavanderia	120 L/pessoa.dia
Prédios Públicos – Quartéis/Militares	150 L/militar.dia
Prédios Penitenciários	200 L/preso.dia
Cozinha Industrial	25 L/refeição.dia
Creches – Prédios Públicos	50 L/pessoa.dia

Fonte: Sabesp (2013).

3.1.1 Estratégias para o Uso Racional de Água

De acordo com Silva, Conejo e Gonçalves (1999), as estratégias de conservação e uso racional de água podem ser classificadas em quatro principais classes que visam avaliar corretamente o desempenho de cada medida adotada em relação ao resultado a ser alcançado, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Classificação das estratégias de conservação e uso racional de água

Classe	Tipo	Definição
Função	Estrutural	Modifica as características tecnológicas dos sistemas mediante obras e/ou equipamentos
	Não estrutural	Atua sobre as condições de trabalho do sistema, sem alterar suas especificações anteriores, são reversíveis ou temporárias
Caráter	Ativa	Medida passível de controle unilateral por parte dos agentes que a promovem
	Passiva	Caracteriza-se pelo fato de que sua observância ou não independe do agente que a promove
Grupo de interesse	Gestão da oferta	Se há oferta de água tratada no sistema de abastecimento
	Gestão da demanda	Se há demanda residencial ou se há demanda não residencial
Inserção no ciclo da água	Conservação de água bruta na bacia	Conservação com objetivo ambiental de médio a longo prazo
	Conservação no sistema público de abastecimento	Conservação visando reduções de perdas físicas e não físicas nos sistemas de produção e distribuição com foco na melhoria de eficiência no uso da água e de maior rentabilidade do serviço
	Conservação nos sistemas prediais	Conservação visando economia na fatura de água

Fonte: Silva, Conejo e Gonçalves (1999).

A aplicação de tecnologias que possibilitam a conservação de água e o grau do sucesso possível das intervenções têm limites definidos pela situação histórica ou estágio em que se encontra a edificação, entre outros condicionantes, tais como: o contexto urbano local, as diretivas de dimensão regional, bem como os aspectos comportamentais. Desta forma, deve ser considerada a necessidade de adequação de soluções tecnológicas aos contextos de aplicação (ALVES et al, 2009).

As ações de conservação da água nos sistemas prediais englobam as práticas de gerenciamento do uso da água nas edificações. Tais práticas incluem o uso racional através de: aparelhos economizadores de água, das práticas de manutenção predial e da adoção de sistemas de medição setorizada, sendo estas as ações prioritárias que posteriormente podem contar com o complemento do uso de fontes alternativas de abastecimento de água para fins não potáveis (água residuária ou água de chuva) (GIACCHINI, 2011).

No Brasil a adoção de aparelhos economizadores de água vem crescendo e ganhando importância de forma rápida, principalmente em prédios de uso público como shoppings, teatros, cinemas, estádios, aeroportos e escolas, devido ao fato de que o emprego de aparelhos eficientes e que propiciam economia reduz as despesas da fatura de água e esgoto, assim como reduz a fatura de energia elétrica, já que muitas vezes o consumo de tais recursos estão associados. Além disso associa a edificação a valores ambientalistas difusos que ganham espaço no nosso país especialmente em contextos de escassez crônica (ALVES; ROCHA; GONÇALVES, 2006).

O consumo de águas de qualidades diversas, que atendam cada um dos demais usos que não demandam a potabilidade, deve ser incorporado às ações de conservação. Tal asserção justifica-se porque o consumo de água não potável implica na diminuição do volume de água bruta que seria segregada ou reservada visando à potabilização, ou ainda, porque permite disponibilizar o volume poupado de água potável para atender demandas que não estariam sendo atendidas sem a ação conservacionista (GONÇALVES; JORDÃO; JANUZZI, 2009).

Ao se considerar as diversas aplicações e os diferentes requisitos de qualidade de cada uso da água em uma edificação, é vantajoso sob diversos pontos de vista, substituir o atual sistema de suprimento de água potável por sistemas específicos, particularizados pelo binômio do uso e da qualidade da água a ser utilizada. Assim essa proposta leva a um grande número de sistemas prediais específicos (reservatórios, tubulações, aparelhos sanitários e estações de tratamento), porém esta possibilidade de se ter diversos sistemas hidráulicos em uma única edificação, cada um com uma determinada qualidade e aplicado a um determinado fim, não é

factível nos sistemas prediais da atualidade pois o atual estágio de conhecimento e desenvolvimento tecnológico permite apenas que os sistemas prediais que adotam práticas conservacionistas trabalhem com duas qualidades de água: potável e não potável (ALVES et al, 2009).

3.1.2 Legislação e Normas Existentes para o Reuso de Água Pluvial

Com relação ao aspecto legal e técnico da aplicação do reuso de água pluvial em edificações existem poucas legislações, normalizações ou conhecimentos consensualmente aceitos no meio técnico brasileiro para descrever os valores de parâmetros físico-químicos e microbiológicos referentes a qualidade das águas para cada uso não potável.

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos CNRH 54:2005 estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, porém não apresenta referenciais ou parâmetros técnicos para a realização do reuso, remetendo tal responsabilidade a outros órgãos competentes. No Quadro 2 são apresentadas as cinco modalidades de reuso apresentadas na resolução.

Quadro 2: Modalidades de reuso conforme Resolução CNRH 54:2005

Modalidade	Aplicação
Reuso para fins urbanos	Irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio;
Reuso para fins agrícolas e florestais	Produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
Reuso para fins ambientais	Implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
Reuso para fins industriais	Processos, atividades e operações industriais;
Reuso na aquicultura	Criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Fonte: Brasil (2005).

A NBR 13969:1997 não tem como objetivo referenciar os parâmetros para reuso de água pluvial, mas como nos anos anteriores a 2007 não havia uma legislação específica para tal ela era utilizada como referencial, pois ela fornece os requisitos para a aplicação do efluente tratado em quatro diferentes classes. A Tabela 2 apresenta os parâmetros previstos na NBR 13969:1997.

Tabela 2: Parâmetros de qualidade de água de reuso para usos não potáveis conforme ABNT NBR 13969:1997

Classe	Requisitos	Tipo de aplicação
Classe 1	Turbidez < 5 uT; Coliformes termotolerantes < 200 NMP/100 mL; Sólidos dissolvidos totais < 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; Cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.	Requer o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador;
Classe 2	Turbidez < 5 uT; Coliformes termotolerantes < 500 NMP/100 mL; Cloro residual > 0,5 mg/L.	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação de jardins, exceto chafarizes;
Classe 3	Turbidez < 10 uT; Coliformes termotolerantes < 500 NMP/100 mL;	Reuso nas descargas dos vasos sanitários;
Classe 4	Coliformes termotolerantes < 5000 NMP/100 mL; Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L;	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Fonte: ABNT (1997).

A NBR 15527:2007 fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais. Esta norma apresenta como requisito que os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista e que para usos mais restritivos devem ser utilizados os parâmetros apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos não potáveis conforme ABNT NBR 15527:2007

Parâmetro	Periodicidade da Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 5,0 uT < 2,0 uT, usos mais restritivos
Cor aparente	Mensal	<15 uH
pH	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 p/ tubulação de aço carbono ou galvanizado

Fonte: ABNT (2007).

A norma NBR 15527:2007 fornece atualmente os requisitos necessários para que seja realizado o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, mas os parâmetros preconizados por esta norma não são suficientemente capazes de garantir a aplicação da água para fins não potáveis com total segurança para os usuários e para as instalações hidráulicas.

Um parâmetro a ser reavaliado é o pH, cujo valor a norma sugere estar na faixa de 6,0 a 8,0 para tubulações de aço carbono ou galvanizado, pois apenas o pH não é capaz de garantir que a água esteja estabilizada quimicamente e que não apresente características de corrosão ou incrustação.

De acordo com Di Bernardo; Dantas e Voltan (2011), a estabilidade química da água não está associada somente ao seu valor de pH, e sim a diversos fatores, tais como: temperatura da água, alcalinidade, concentração de cálcio, quantidade de CaCO_3 que pode ser precipitada, teor de oxigênio, de cloreto, de sulfato, de matéria orgânica de sílica e de fosfato. Considerando as diversas variáveis que podem impactar na estabilidade química da água é complexo determinar o potencial de corrosão ou incrustação com objetividade, porém o índice qualitativo de Langelier pode ser utilizado como indicador pois é baseado no equilíbrio químico entre cálcio, alcalinidade e pH.

Alves et al. (2009) destacam que o estabelecimento de instrumentos legais e normativos deve ser alcançado com base em estudos, experimentos e verificações no meio técnico-científico brasileiro e também considerando as análises dos valores adotados em outros países ou propostos internacionalmente.

A falta de normas não impediu que algumas cidades do país com graves problemas de disponibilidade e demanda de água implantassem o reuso, mas esta iniciativa implica na segurança do procedimento deste reuso, uma vez que não havendo diretrizes ou especificações, as empresas que constroem equipamentos e sistemas de tratamento não tem padrões para se basear (CHEIS, 2013).

Não se sabe quanto tempo irá demorar para que no Brasil haja uma normalização abrangente para o reuso, mas é certo que o procedimento sendo regulamentado, trará maior segurança e eficácia no processo, pois despertará maior interesse no tema. É importante salientar que não é apenas a existência de legislações que proporcionaria programas de reuso, pois primeiro é necessário implantar programas de redução do consumo de água para depois seguir com as ações de regulamentação de normas (CHEIS, 2013).

3.1.3 Reuso de Água Pluvial

De acordo com Anecchini (2005), o aproveitamento das águas pluviais como fonte alternativa para fins não potáveis vem sendo amplamente utilizado tanto em países desenvolvidos como nos subdesenvolvidos, tanto como fonte principal quanto como suplementar de água, tornando-se uma fonte descentralizada importante.

A utilização da água da chuva voltou a ser realidade nos dias atuais, fazendo parte da gestão de grandes cidades em países desenvolvidos, principalmente nos países europeus e asiáticos que utilizam amplamente a água da chuva nas residências, nas indústrias e na agricultura, pois sabe-se que a mesma possui qualidade compatível com usos não potáveis, sendo considerada um meio simples e eficaz para atenuar o problema ambiental de escassez de água (ANNECCHINI, 2005).

No Brasil, o aproveitamento das águas pluviais não é uma ação presente somente nas residências, outros segmentos da sociedade, tais como indústrias, instituições e estabelecimentos comerciais também começam a implantar programas de uso racional de água que sempre destacam a importância do aproveitamento das águas pluviais dentre as demais ações, pois é uma ação que geralmente demanda de pouco investimento frente ao volume de água que pode ser fornecida como fonte alternativa e por oferecer segurança sanitária através tratamentos de baixa complexidade e baixos custos operacionais.

Dentre as aplicações possíveis para a água pluvial em uma edificação, a aplicação não potável é recomendada por não exigir que todos os parâmetros de potabilidade sejam atendidos. Porém algumas características devem ser atendidas, conforme estudo realizado por Alves et al. (2009) e apresentado no Quadro 3, que relaciona alguns usos não potáveis mais prováveis e as respectivas características de qualidades consideradas necessárias, estabelecidas em caráter preliminar.

Quadro 3: Usos não potáveis em uma edificação e características de qualidade necessárias (continua)

Aplicação	Requisitos de qualidade preliminares
Descarga de bacia sanitária	Ter aparência cristalina e incolor;
	Ser inodora;
	Ser sanitariamente segura frente ao fenômeno de respingos no usuário;
	Não facultar o crescimento de algas no selo hídrico ou de biofilme nas paredes da bacia sanitária em curtos períodos de tempo (< 48 horas) decorridos entre duas descargas consecutivas;
	Não dar origem à formação de espuma quando da descarga;
	Não conter materiais particulados em suspensão;
	Não provocar manchas e abrasão na louça sanitária;
	Não provocar incrustações em louças, tubulações e peças sanitárias;
	Não provocar corrosão ou outro tipo de degradação de metais sanitários e demais materiais com que tiver contato.
	Torneira de piso (lavagem de pisos e de veículos)
Não conter materiais particulados em suspensão;	
Não provocar manchas e abrasão segundo os tipos de pisos sob limpeza;	
Não provocar o surgimento de manchas ou películas, especialmente oleosas, após a lavagem;	
Ser sanitariamente segura frente ao contato direto com o usuário;	
Ser sanitariamente segura frente à ingestão acidental e eventual;	
Não provocar incrustações em tubulações e peças sanitárias;	
Não provocar corrosão ou outro tipo de degradação de metais sanitários e demais materiais com que tiver contato.	
Torneira de jardim (rega)	Não exalar odores objetáveis;
	Não conter substâncias danosas à vegetação sob rega e à fauna associada e não conter substâncias que levem à poluição do solo;
	Ser sanitariamente segura frente ao fenômeno de respingos e contato com a pele dos usuários de forma mais ampla no caso de áreas verdes para lazer;
	Ser sanitariamente segura frente à ingestão acidental e eventual;
	Não provocar incrustações em tubulações e peças sanitárias;
	Não provocar corrosão ou outro tipo de degradação de metais sanitários e demais materiais com que tiver contato.

Quadro 3: Usos não potáveis em uma edificação e características de qualidade necessárias (continuação)

Aplicação	Requisitos de qualidade preliminares
Paisagismo (espelhos d'água, cascatas, aquários, etc.)	Não ter cor ou turbidez objetáveis à proposta paisagística;
	Não exalar odores objetáveis;
	Não conter substâncias danosas à fauna e flora associadas ao paisagismo;
	Não conter substâncias que levem à poluição do solo;
	Não provocar o surgimento de películas de biofilmes aderentes às superfícies submersas;
	Não provocar a formação de películas oleosas na superfície da água;
	Ser sanitariamente segura frente ao contato direto com o usuário;
	Ser sanitariamente segura frente à ingestão acidental e eventual;
	Não provocar incrustações em tubulações e peças sanitárias;
	Não provocar corrosão ou outro tipo de degradação de metais sanitários e demais materiais com que tiver contato;
	Ter condutividade elétrica adequada às instalações elétricas submersas previstas no projeto paisagístico.

Fonte: Alves et al. (2009).

Annechhini (2005) realizou estudos que promoveram a caracterização da água da chuva na cidade de Vitória (ES) e o seu potencial de utilização em áreas urbanas, com vistas ao seu aproveitamento para fins não potáveis em edificações. Esta pesquisa contou com um sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva instalado no Parque Experimental do Núcleo Água na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). O sistema objeto de estudo era composto por telhado metálico de 80 m², calhas em PVC, filtro autolimpante, reservatório de eliminação de primeira chuva e reservatório de armazenamento final.

Neste estudo foi realizada uma caracterização físico-química e microbiológica da água da chuva coletada antes de ter contato com o telhado e após passar pelo sistema de captação de água da chuva.

Nas primeiras análises realizadas sem nenhum descarte da primeira chuva Annechhini (2005) constatou que os parâmetros físico-químicos de turbidez, dureza, cloretos, sulfato, sólidos, nitrogênio, fósforo, DBO e DQO sofreram grande incremento quando a água da chuva teve contato com o telhado e o sistema de captação pois houve a acumulação dos poluentes da chuva com os que estavam depositados sobre o telhado, sendo que o mesmo aconteceu com os parâmetros microbiológicos já que os coliformes totais e termotolerantes ausentes na água da chuva passaram a constar na água captada pelo sistema.

Na primeira etapa do estudo Anecchini (2005) afirma que não seria possível utilizar esta água captada sem nenhum tratamento para fins não potáveis em uma edificação, uma vez que não são atendidos os requisitos legais previstos na NBR 13969:1997 Classe 1 e nos referenciais apresentados por ANA; FIESP e SINSUSCON-SP (2005) para garantir segurança sanitária aos consumidores, pois os parâmetros de turbidez, fósforo, sólidos solúveis totais e coliformes não foram atendidos e conclui que neste caso a utilização desta água só seria possível com a adoção de um sistema de filtração e desinfecção.

Anecchini (2005) também repetiu as análises com o sistema de captação realizando o descarte da primeira chuva em 0,5, 1,0 e 1,5 mm e concluiu que ao se aumentar o volume de descarte da primeira chuva, houve melhora da qualidade da água direcionada ao reservatório de armazenamento final, assim foi apresentado em seu estudo que promovendo um tratamento simplificado da água da chuva, composto pela retenção de folhas e eliminação de, pelos menos, 1,0 mm de chuva, a água da chuva que é direcionada ao reservatório, ou seja, a água da chuva que será efetivamente utilizada como fonte alternativa, apresenta qualidade compatível para ser utilizada para fins não potáveis, tornando-se apropriada para usos importantes como a lavagem de carros, pisos e calçadas, irrigação dos jardins e descargas dos vasos sanitários. Havendo, neste caso, apenas a necessidade de desinfecção para atendimento aos requisitos legais de cloro residual.

Amorim e Hernandez (2006) realizaram uma avaliação quantitativa e qualitativa de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação na cidade de Ribeirão Preto por um período de um ano. Neste estudo foram realizadas análises físico-químicas (pH, cor, odor, índice de sólidos dissolvidos total e turbidez) e microbiológicas (coliformes totais, coliforme termotolerante e *E. Coli*) da água captada e também foram instalados hidrômetros no sistema hidráulico predial de água pluvial (descargas sanitárias e áreas externas).

A edificação analisada era do tipo residencial familiar, com 350 m² de área coberta (integralmente utilizada para a captação da água), três dormitórios, dois banheiros completos, lavabo, 320 m² de jardim, 300 m² de piso externo e previsão de ocupação por seis moradores. A água pluvial era utilizada nos três banheiros para descarga sanitária, e na área externa, para a irrigação de jardins, lavagem de automóveis e pisos. A capacidade de armazenamento era de 11,25 m³, sendo 10,00 m³ no reservatório inferior (cisterna) e 1,25 m³ no reservatório superior.

Amorim e Hernandez (2006) utilizaram como referência a Portaria nº 274/2004 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (para corpos d'água classe 2 que permite contato primário de banhistas) e verificaram que os resultados das análises físico-químicos atenderam

os requisitos da portaria. Os resultados das análises microbiológicas atenderam os requisitos da Portaria nº 274/2004, porém se forem comparados aos requisitos da atual NBR 15527:2007 que requer ausência de coliformes termotolerantes e totais, estes parâmetros não serão atendidos pois apresentaram valores de 1 UFC/100 mL e 16 UFC/100 mL respectivamente no ponto de consumo da água não potável na edificação.

Buzeti (2014) também realizou o monitoramento da qualidade da água de chuva armazenada em reservatórios por um período de quatro meses de três edifícios residenciais, na cidade de Curitiba (PR). Este estudo tinha como objetivo analisar a qualidade da água da chuva de acordo com os parâmetros estabelecidos pela NBR 15527:2007.

Os edifícios utilizados como referência para o desenvolvimento da pesquisa foram chamados de “A”, “B” e “C”. O edifício “A” realizava a coleta de água em telhados e calçamentos, armazenava a água em um reservatório de 5 m³ e destinava a água para a irrigação de jardins sem nenhum tratamento. O edifício “B” realizava a coleta de água em telhados e calçamentos, realizava a retenção de sólidos grosseiros, armazenava a água em um reservatório de 10 m³ e destinava a água para a limpeza de calçamentos externos sem tratamento. O edifício “C” realizava a coleta de água em telhados e calçamentos, realizava a retenção de sólidos grosseiros, armazenava a água em um reservatório de 38 m³ e destinava a água para descargas dos vasos sanitários, lavagem das calçadas e para jardinagem sem tratamento.

Buzeti (2014) analisou a qualidade da água das amostras coletadas nos pontos de consumo dos três edifícios conforme previsto na NBR 15527:2007 (cloro residual livre, turbidez, cor aparente, pH, coliformes totais e termotolerantes). Nos três edifícios estudados não houve o atendimento aos requisitos previstos na norma; a presença de coliformes superior ao limite estabelecido foi recorrente nos três edifícios, principalmente pelo fato de que todos realizaram a captação de água de chuva em calçamentos. Além disso, no edifício “B” também houve valor de pH superior ao previsto na norma. Desta forma, o autor destaca que é indispensável de que em cada um dos três edifícios sejam utilizados sistemas adequados de captação, tratamento e desinfecção para que sejam atendidos os parâmetros previstos na norma e para garantia da segurança sanitária aos consumidores destas edificações.

3.1.4 Programas de Conservação de Água

Um Programa de Conservação de Água (PCA) é composto por um conjunto de ações específicas de racionalização do uso da água na edificação, que devem ser detalhadas a partir

da realização de uma análise de demanda e oferta de água, considerando os diversos usos, aplicações e atividades consumidoras, com base na viabilidade técnica e econômica de implantação das mesmas. Tais ações revertem-se em benefícios econômicos, tendo como consequência direta a redução do consumo de água, a redução do volume de efluentes gerados e, como consequências indiretas, a redução do consumo de energia, de produtos químicos, a otimização de processos e a redução de despesas com manutenção, sendo que na maior parte dos casos, os períodos de retorno do investimento são bastante atrativos (ANA; FIESP; SINSUSCON-SP, 2005).

No âmbito do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), os autores Silva; Conejo e Gonçalves (2003) apresentam que as diretrizes básicas de um PCA são:

- Redução e otimização da utilização da água, garantindo o mesmo desempenho esperado das atividades consumidoras;
- Pesquisa da possibilidade de utilização de água de fonte alternativa à concessionária local de saneamento básico, para parte ou para todo o consumo de água da edificação;
- Desenvolvimento e implantação de um Sistema de Gestão do Consumo de Água que deverá garantir a manutenção de baixos índices de consumo e o perfeito desempenho do sistema hidráulico do edifício ao longo do tempo.

É importante considerar a implantação de um PCA como a adoção de uma Política de Economia de Água para garantir a viabilidade em qualquer tipo de edificação. Em uma edificação industrial, é de suma importância a participação da alta direção, a qual deverá estar comprometida com o programa e norteando as ações a serem implementadas. Já em edificações comerciais ou residenciais, é importante que a política adotada seja multiplicada para cada usuário desta edificação (SILVA; CONEJO; GONÇALVES, 2003).

De acordo com ANA; FIESP e SINSUSCON-SP (2005), o sucesso para a implantação de um PCA depende da alocação planejada dos investimentos com expectativa de redução à medida que as economias geradas vão se consolidando, gerando os recursos necessários para novos investimentos. Deve ser realizada a escolha de um Gestor da Água, que deve permanentemente ser capacitado e atualizado para operar e difundir o programa, sendo responsável por estabelecer metas, prioridades e por garantir a divulgação dos resultados obtidos com o PCA a todos os usuários da edificação. A otimização do uso da água também deve ser sempre mantida visando garantir o melhor desempenho das atividades consumidoras envolvidas conciliando pesquisa, desenvolvimento e inovação nos processos ou em outras

atividades com adequação dos níveis de qualidade exigíveis, e a busca da redução de custos, garantindo assim a manutenção de bons índices de consumo e o perfeito desempenho e monitoramento dos sistemas hidráulicos.

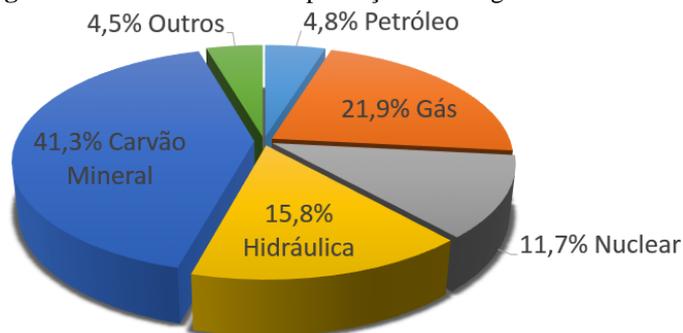
Após a implantação de um PCA, a manutenção dos resultados obtidos deve compreender ações de base operacional, institucional, educacional e legal conciliadas a um Sistema de Gestão permanente e eficaz que envolve as áreas técnica e humana, sendo que na área técnica permeiam as ações de avaliação, medições, aplicações de tecnologias e procedimentos para enquadramento do uso da água, e na área humana permeiam as ações que envolvem o comportamento e as expectativas sobre o uso da água assim como os procedimentos para realização das atividades consumidoras (ANA; FIESP; SINSUSCON-SP, 2005).

3.2 ENERGIA: PANÔRAMA ATUAL, FUTURO E SEU USO EM EDIFICAÇÕES

Assim como a água, a energia é um assunto que desperta discussões e preocupações a nível global, pois de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2008), desde o início dos anos 90, estudiosos e cientistas alertavam para os efeitos da deterioração ambiental provocada pela ação humana, principalmente o aquecimento global, provocado pelas emissões dos gases causadores do efeito estufa, particularmente o dióxido de carbono, liberado em larga escala nos processos de combustão dos recursos fósseis para produção de calor, vapor ou energia elétrica. Outra grande preocupação enfatizada é a possibilidade de esgotamento, a médio prazo, das reservas de recursos naturais mais utilizadas para geração de energia, sendo as principais o carvão mineral e o petróleo.

No contexto energético global, o acentuado aumento do consumo provocado por um novo ciclo de crescimento econômico, observado principalmente nos países em desenvolvimento, deveria propiciar a substituição das fontes tradicionais por recursos menos agressivos ao meio ambiente nos primeiros anos do século XX. Porém, a energia, principalmente elétrica, ainda é obtida na maior parte através de fontes não renováveis e este processo causa grandes impactos ambientais (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008). O gráfico da Figura 1 apresenta os dados mundiais da produção de energia elétrica por fonte em 2014.

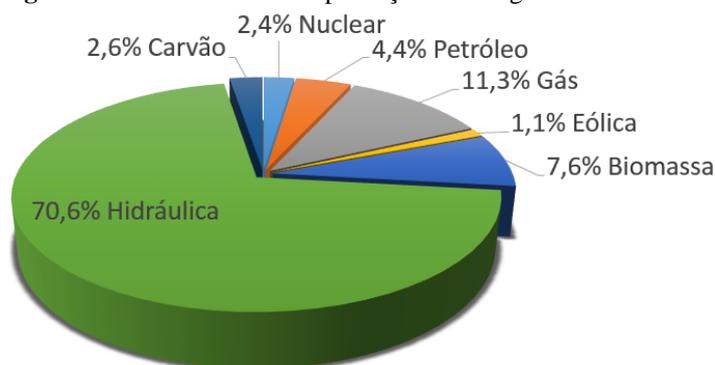
Figura 1: Dados mundiais da produção de energia elétrica em 2011



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2014).

No aspecto energético, o Brasil apresenta um cenário mais promissor, pois as fontes renováveis representam 79,3% da oferta interna de eletricidade, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, sendo grande a participação da matriz hídrica na produção energética brasileira (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014). O gráfico da Figura 2 apresenta os dados brasileiros da produção de energia elétrica por fonte em 2014.

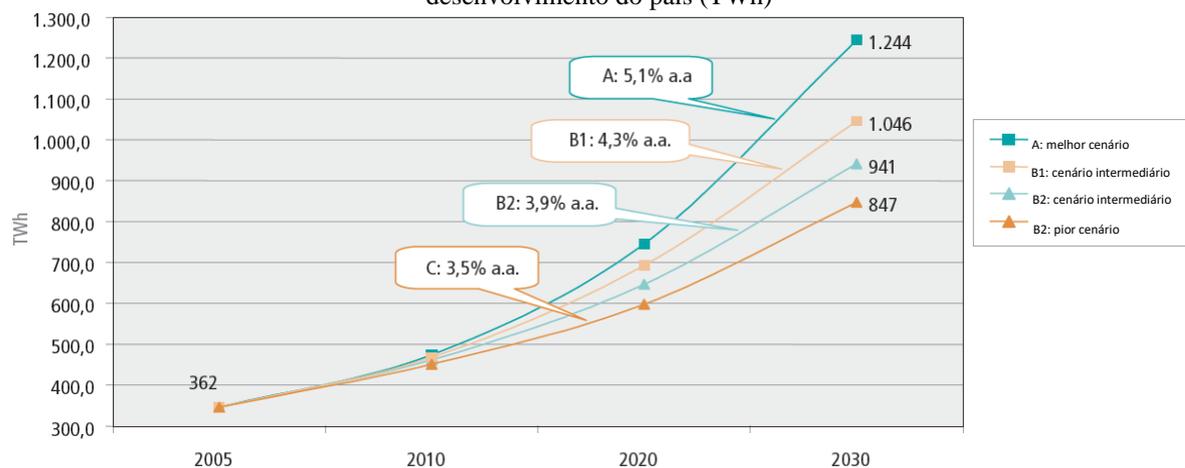
Figura 2: Dados do Brasil da produção de energia elétrica em 2014



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2014).

Conforme apresentado no Plano Nacional de Energia 2030, a demanda final de energia elétrica no Brasil atingirá valores entre 134% e 244% maiores do que a demanda verificada em 2005 (362 TWh), respectivamente, para os cenários de menor e maior crescimento do país (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2007). O gráfico da Figura 3 apresenta a evolução do consumo de energia elétrica até 2030 no Brasil.

Figura 3: Evolução do consumo final de energia elétrica até 2030 de acordo com os cenários de desenvolvimento do país (TWh)



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2007).

De acordo com Barros, Borelli e Gedra (2011), as usinas hidrelétricas que estão em fase de construção principalmente na região norte do Brasil, buscam atender ao crescimento do consumo final de energia elétrica, mas como a geração de energia depende, em sua maior parte, da disponibilidade de água e não há o controle sobre a incidência de chuvas, não é possível afirmar que o Brasil está seguro sob o ponto de vista de disponibilidade de energia elétrica tanto nos dias atuais como no futuro.

A expansão acentuada do consumo de energia elétrica reflete o aquecimento econômico e a melhoria da qualidade de vida, porém tem alguns aspectos negativos, tais como: a possibilidade do esgotamento dos recursos utilizados para a produção de energia; o impacto ao meio ambiente produzido por essa atividade; e por fim os elevados investimentos exigidos na pesquisa de novas fontes de energia e na construção de novas usinas (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

3.2.1 Eficiência Energética em Edificações

A eficiência energética é obtida quando se consegue realizar um serviço ou produzir um bem com uma quantidade de energia inferior à que era usualmente consumida. Para que os resultados de eficiência energética sejam obtidos é necessário aplicar os conceitos e conhecimentos da engenharia, da economia e da administração aos sistemas energéticos, buscando melhorar o desempenho energético e reduzir as perdas em todas as etapas de geração, distribuição e consumo de energia (MARQUES; HADDAD; GUARDIA, 2006).

A implantação de ações de eficiência energética é uma das maneiras mais utilizadas no mundo para atender a expansão do consumo sem comprometer a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico. Estudos realizados pelo Ministério de Minas e Energia (2007) revelam que os setores comercial e público têm potencial de economia que chega a 29%; considerando toda a viabilidade técnica e financeira de implantação, tal potencial é distribuído principalmente em força motriz 18%, iluminação 7% e gerenciamento energético 3%.

A iluminação é responsável por cerca de 44% do consumo de energia elétrica nos setores comercial e público e mesmo sendo tão representativa, diversos estudos mostram que a iluminação ineficiente ainda é comum. Neste contexto o uso de lâmpadas, reatores e refletores combinados de maior eficiência associados a hábitos saudáveis de utilização, são ações a serem implementadas nas edificações (MARQUES; HADDAD; GUARDIA, 2006).

O gerenciamento de energia deve ser a primeira iniciativa ou ação visando à redução de custos com energia, e é importante que esteja inserido no âmbito de um programa de eficiência energética, pois ações isoladas, por melhores resultados que apresentem, tendem a perder o seu efeito ao longo do tempo (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

Marques; Haddad e Guardia (2006) afirmam que para se quantificar melhor a eficiência energética é importante a utilização de indicadores, sendo que os mais comuns e de maior utilização são o consumo específico de energia, o custo médio de energia e o fator de carga da instalação.

O consumo específico de energia (CE) refere-se ao consumo de energia em relação ao produto gerado, serviço prestado ou à área ocupada de determinada edificação. Tal indicador, permite a comparação à padrões estabelecidos de edificações semelhantes, obtendo o nível de eficiência de cada edificação. A Equação 1 apresenta a forma de cálculo do CE.

$$CE = \frac{CA}{QP} \quad (1)$$

Em que:

- CE: Consumo específico de energia;
- CA: consumo de energia no mês (kWh);
- QP: quantidade de produto ou serviço produzido no mês pela edificação.

O custo médio de energia (CMe) representa o custo da energia para a edificação em questão e depende grandemente da forma como a energia é consumida. A Equação 2 apresenta a forma de cálculo do CMe.

$$CMe = \frac{Fat}{CA} \quad (2)$$

Em que:

- CMe: Custo médio de energia (R\$/kWh);
- Fat: Custo total da fatura de energia no mês (R\$);
- CA: consumo de energia no mês (kWh).

O fator de carga (FC) indica como o consumo de energia é distribuído ao longo do tempo, ou seja, um valor de FC próximo a 1 indica que as cargas elétricas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo, enquanto que valores menores indicam que houve concentração de consumo de energia elétrica em um curto período de tempo. A Equação 3 apresenta a forma de cálculo do FC.

$$FC = \frac{CA}{h \cdot DR} \quad (3)$$

Em que:

- FC: Fator de Carga;
- CA: consumo de energia no mês (kWh);
- h: número médio de horas no mês (quando a modalidade tarifária é convencional geralmente utiliza-se 730 horas, porém quando a modalidade é horo-sazonal azul utiliza-se 66 horas para horário de ponta e 664 para horário fora de ponta)
- DR: demanda máxima registrada nos horários de ponta e fora de ponta.

Moraes (2007) realizou uma pesquisa para à obtenção de indicadores de eficiência energética no campus da Universidade Federal da Bahia (UFBA) na edificação da Escola Politécnica. Nesta pesquisa, foram considerados os macrodados energéticos que abrangem o levantamento de informações sobre as fontes de energia, demandas, tipo de consumidor e histórico das faturas de energia, assim como também foi realizado o levantamento do sistema instalado, realizado pelo método de auditoria energética, contemplando o cadastro das potências

instaladas nos ambientes e a consulta ao usuário para informar o período de uso dos equipamentos.

Após a coleta de dados, Moraes (2007) estabeleceu os indicadores energéticos da edificação para quatro tipos de ambientes, salas de aula, salas de aula especiais, laboratórios e escritórios. O consumo específico de energia nas salas de aula foi de 4,05 kWh/pessoa, nas salas de aula especiais foi de 16,40 kWh/pessoa, nos laboratórios foi de 253,43 kWh/pessoa e nos escritórios foi de 258,02 kWh/pessoa. Por área edificada o indicador nas salas de aula foi de 1,92 kWh/m², nas salas de aula especiais foi de 7,56 kWh/m², nos laboratórios foi de 13,12 kWh/m² e nos escritórios foi de 8,96 kWh/m². O autor conclui que estes indicadores são referenciais para a implementação de ações de eficiência energética, pois podem ser comparados com indicadores de outras edificações e também com os novos indicadores da mesma edificação que serão obtidos após a implementação de qualquer ação de economia de energia. Moraes (2007) salienta que as edificações públicas de grande porte, em especial educacionais, podem ser denominadas edifícios dinâmicos, pois as transformações providas pela mudança de uso, incremento e substituição de equipamentos, e questões comportamentais ocorrem a todo o momento. Nesses casos, os indicadores permitem uma avaliação do ambiente de trabalho quanto ao uso, conforto e o consumo de energia, e contribuem para o implemento de modificações no recinto, que pode ser em sua forma física, tecnológica ou comportamental.

Indicadores de eficiência energética também foram obtidos por Morales (2007) em pesquisa realizada na Cidade Universitária Armando Sales de Oliveira (CUASO) da Universidade de São Paulo (USP) cujo objetivo era elaborar uma classificação de unidades consumidoras utilizando indicadores de consumo com base nos dados históricos de consumo de energia elétrica de cada edificação.

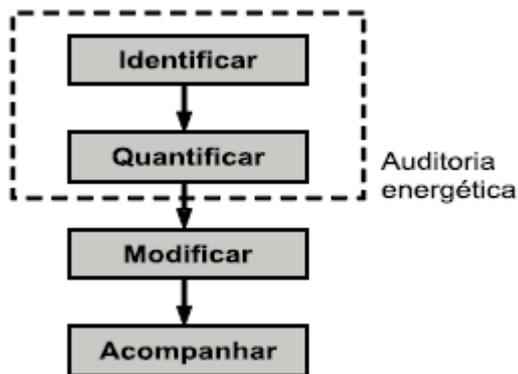
Morales (2007) realizou a análise das instalações e obteve para o fator de carga o valor de 0,52 e para o consumo por pessoa o valor de 88 kWh/usuário que permitiu ao autor concluir que o resultado do indicador de consumo por usuários foi pouco conclusivo, pois não foi possível estabelecer similaridades no uso da energia com outras edificações e acrescentou que para a obtenção de melhores resultados seria necessária uma avaliação prévia do comportamento dos usuários e obter o tempo de permanência nas edificações. O indicador de consumo por área edificada foi de 6,9 kWh/m² e permitiu ao autor identificar quais as edificações mais eficientes possibilitando realizar uma comparação com instalações semelhantes visando ao mapeamento de potenciais ações de redução de consumo.

3.2.2 Programas de Eficiência Energética

Um programa de eficiência energética (PEE) em uma edificação otimiza a utilização de energia elétrica por meio de orientações, direcionamento, propostas de ações sobre os recursos humanos, materiais e econômicos, reduzindo os índices globais e específicos da energia necessária à obtenção dos mesmos resultados ou produtos (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

A operacionalização da eficiência energética através de um PEE necessita de uma mínima estrutura gerencial, de porte e abrangência compatíveis à empresa ou à edificação em questão, que visa conhecer os fluxos energéticos, diagnosticar a realidade energética, estabelecer prioridades, implantar os projetos de melhoria e de redução de perdas e acompanhar seus resultados em um processo contínuo. Assim estas ações são desenvolvidas através das etapas de identificação, quantificação, modificação e acompanhamento que compõem um PEE e são aplicáveis em edificações novas, em caráter preventivo, ou em edificações existentes, em caráter corretivo (MARQUES; HADDAD; GUARDIA, 2006). A Figura 4 apresenta as etapas de um PEE.

Figura 4: Etapas da implantação de um PEE



Fonte: Marques; Haddad e Guardia (2006).

As duas primeiras fases são desenvolvidas no âmbito de uma auditoria energética que visa identificar e quantificar os fluxos energéticos na edificação, e de acordo com os autores Marques; Haddad e Guardia (2006), podem ser desenvolvidas dentro de três metodologias padronizadas: diagnóstico energético, auto avaliação dos pontos de desperdício ou estudo de otimização energética.

O diagnóstico energético buscar levantar o perfil de consumo da edificação por uso final e compara com referenciais de outras edificações de mesma característica. É uma metodologia

voltada a energia elétrica que requer levantamento de dados em campo que são processados, analisados qualitativamente e mapeados os pontos críticos, indicando necessidades de melhoria em equipamentos específicos. Esta metodologia é voltada a implementações técnicas e não trata com detalhes aspectos econômicos.

A auto avaliação dos pontos de desperdício de energia elétrica é uma metodologia que busca identificar pontos de desperdício e avaliar de maneira fácil os ganhos econômicos obtidos com a eliminação dos desperdícios. Esta metodologia é aplicada pelo próprio consumidor ou usuário e não necessita de profissionais da área técnica para sua aplicação.

O estudo de otimização energética é uma metodologia que além de análises técnicas inclui também análises econômicas e considera o consumo de outras fontes de energia. O desenvolvimento é feito por uma equipe capacitada que visa propor alternativas e prioridades para a melhoria da eficiência energética na edificação. As desvantagens são o tempo para a execução, pois é mais demorada, e o custo mais alto em relação as demais metodologias.

Após a execução das fases que compõem a auditoria energética, a fase de modificação é responsável pelas implementações técnicas que visam modificar o consumo de energia na edificação e utiliza ferramentas de engenharia que incluem o conjunto de procedimentos para a substituição de equipamentos e materiais por outros de maior eficiência energética. Também inclui atividades de operação e manutenção das instalações existentes, buscando a conservação do sistema. Nesta fase é de suma importância contar com a experiência de uma consultoria especializada (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

A fase de acompanhamento visa garantir a eficácia de implementação do PEE e a realimentação do programa tornando-o um ciclo contínuo. Nesta etapa, os resultados devem ser avaliados em termos de: verificação do cumprimento dos prazos e custos inicialmente previstos, economia efetivamente obtida em unidades de energia por unidade de produto ou de serviço e redução dos custos incorridos. A divulgação também deve ser efetuada tendo como objetivos tanto o esclarecimento dos resultados obtidos como a capacitação para que se obtenha o engajamento de todos os usuários da edificação, desde a direção superior, passando por todo o seu corpo funcional, técnico e administrativo até chegar a população flutuante, na busca de um objetivo comum, mediante um trabalho conjunto (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

Desde o início da implantação de um PEE, e principalmente na fase de acompanhamento, é importante a estruturação de uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), que irá desenvolver atividades administrativas, técnicas e de comunicação em todas as fases do programa, dentre elas pode-se citar a realização ou a contratação da auditoria

energética, o acompanhamento da fatura de energia, a avaliação de dados, o estabelecimento de metas e prazos, a proposição de medidas de gestão da energia, a inspeção nas instalações e a conscientização dos colaboradores e usuários da edificação (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

De acordo com Marques; Haddad e Guardia (2007), a implantação de um PEE necessita de mudanças de procedimentos, de hábitos e de rotinas de trabalho que encontra dificuldades devido à resistência das pessoas, assim é importante a participação de todos os colaboradores principalmente da direção.

Rocha e Monteiro (2005) enfatizam que a direção deverá estabelecer objetivos claros e apoiar a CICE na implantação do PEE, enfatizando a sua necessidade e importância, aprovando e estabelecendo metas a serem atingidas periodicamente, efetuando um acompanhamento rigoroso, confrontando os resultados obtidos com as metas previstas, analisando os desvios, propondo medidas corretivas em caso de necessidades e providenciando revisões periódicas para garantia de cumprimento e manutenção do programa.

3.3 DISCUSSÕES SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os autores Gonçalves e Jordão (2006) apresentaram no âmbito do programa PROSAB que a conservação de água compreende o uso racional da água, que pressupõe o uso eficiente, e o uso de fontes alternativas de água como o reaproveitamento ou reuso da água, evitando assim a utilização das fontes convencionais de suprimento. As fontes alternativas de água, principalmente de água de chuva, são opções que despertam o maior interesse, considerando-se que o consumo nesta escala em áreas densamente urbanizadas pode atingir 50% do consumo total. Desta forma, o enfoque dado a esta pesquisa para o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis está diretamente alinhada com as indicações destes autores.

No aspecto legal e técnico da aplicação do reuso de água pluvial em edificações existem poucas legislações, normalizações ou conhecimentos consensualmente aceitos no meio técnico brasileiro para descrever os valores de parâmetros físico-químicos e microbiológicos referentes a qualidade das águas para cada uso não potável, mas a NBR 15527:2007 será utilizada como referência para análises da qualidade da água no sistema em estudo, porém haverá uma complementação com ensaios de estabilidade química para verificação do valor de pH adequado ao sistema.

As características dos sistemas de captação de água pluvial estudados por Amorim e Hernandes (2006), Buzeti (2014) e Anecchini (2005) serão comparadas com o sistema

analisado por este estudo, assim como os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos por apresentarem uma característica de aplicação similar e mesma forma de contato com o usuário final.

Os referenciais para implantação de programas de uso racional de água e o uso de indicadores de referência para o consumo de água abordada pelos autores Sabesp (2013) e ANA; FIESP e SINSUSCON-SP (2005) serão aplicados nesta pesquisa para fins de análise da eficácia das ações, análise dos benefícios econômicos e comparação com edificações de usos similares.

No aspecto energético, a implantação do gerenciamento de energia dentro de um programa de eficiência energética, será a primeira iniciativa visando à redução de custos com energia na edificação, conforme apresentado por Rocha e Monteiro (2005). O início desta implantação será precedido de uma auditoria energética que irá identificar e quantificar os fluxos energéticos na edificação, conforme apresentado por Marques; Haddad e Guardia (2006), e será desenvolvida através de um diagnóstico energético.

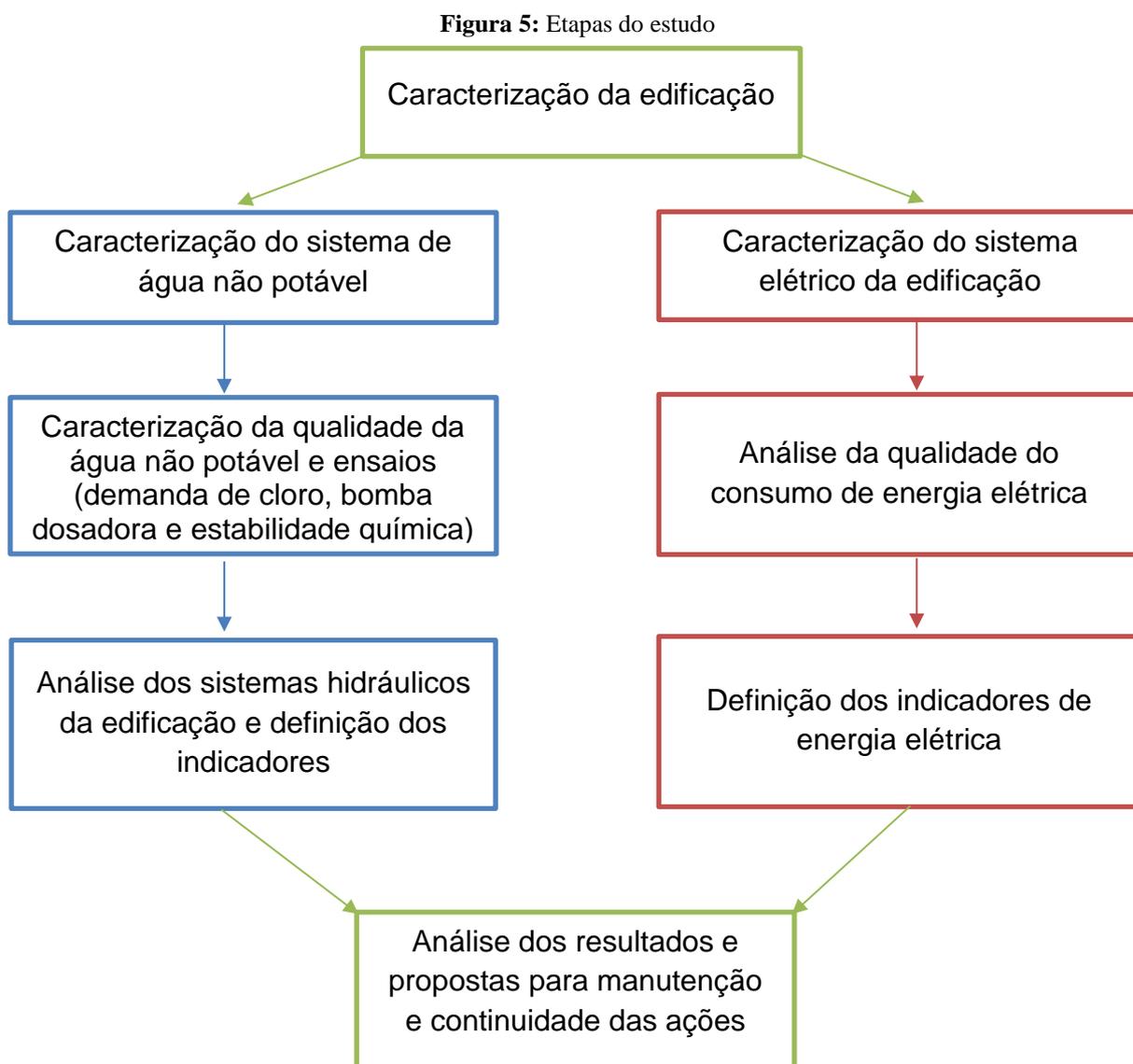
Conforme apresentado por Rocha e Monteiro (2005), após a execução das fases que compõem a auditoria energética, a fase de modificação será realizada e será responsável pelas implementações técnicas que irão modificar o consumo de energia na edificação utilizando ferramentas de engenharia, que incluem o conjunto de procedimentos para a substituição de equipamentos e materiais por outros de maior eficiência energética, e também atividades de operação e manutenção das instalações existentes, buscando a conservação do sistema.

Os indicadores energéticos apresentados por Marques; Haddad e Guardia (2006) serão adotados no estudo para se quantificar melhor a eficiência energética e permitir a comparação com os indicadores obtidos por Moraes (2007) para a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Morales (2007) para a Cidade Universitária Armando Sales de Oliveira da Universidade de São Paulo (USP).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 METODOLOGIA

O estudo foi dividido nas etapas apresentadas na Figura 5 com ações nas questões de racionalização do consumo de água e de eficiência energética da edificação sendo desenvolvidas de forma paralela e simultânea, correlacionando-as ao término da pesquisa.



Fonte: Autoria própria.

A seguir será apresentada a descrição detalhada de cada etapa desenvolvida no estudo.

4.2 A EDIFICAÇÃO

Uma edificação escolar do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) foi utilizada como ambiente para coleta de dados e validação do estudo proposto. A edificação chamada de Escola SENAI Ettore Zanini, situa-se no município de Sertãozinho/SP e suas características relevantes para o estudo foram pesquisadas, principalmente no que se refere as áreas edificadas, características de funcionamento, usuários fontes de suprimento de água e energia e área de captação dos telhados. A Figura 6 apresenta uma planta da edificação.

Figura 6: Planta da Escola SENAI Ettore Zanini



Fonte: SENAI (s.d.).

Considerando os principais recursos utilizados na edificação, água e energia elétrica, foi realizado o diagnóstico para mapear as potenciais intervenções que seriam realizadas no período de dois anos no âmbito de um programa de racionalização do consumo de água e de eficiência energética que propiciariam ganhos sociais, técnicos e econômicos.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

Para a caracterização do sistema foram realizadas inspeções nos sistemas instalados na edificação e analisados os dados dos projetos do sistema.

Na edificação foi realizada a inspeção nos telhados que realizam a captação da água da chuva e nas calhas que conduzem a água captada ao reservatório para verificação das características e dos arranjos construtivos.

No reservatório foram verificados os métodos de retenção de sólidos existentes e a capacidade de armazenamento. No sistema de tratamento foram verificados os equipamentos utilizados e as formas de tratamento da água captada antes de ser realizado o recalque da mesma para os reservatórios de distribuição de água não potável da edificação.

Na Tabela 4 são apresentados os equipamentos que compõem o sistema de captação, armazenamento, tratamento e distribuição de água não potável da edificação.

Tabela 4: Equipamentos do sistema de água não potável

Equipamento	Qtd	Características
Grade para remoção de sólidos grosseiros	01	Grade fixa com espaçamentos de ½"
Caixa de sedimentação de areia	01	Volume de 20 m ³
Filtro de areia	01	250 kg de areia com granulometria de 0,60 mm à 1,20 mm
Moto-bomba (reservatório subterrâneo)	02	2,0 CV de potência e vazão de 10 m ³ /h
Bomba dosadora	02	Pulsante 1,33 mL por pulso e capacidade máxima de 120 pulsos por mim
Moto-bomba (reservatório intermediário)	02	2,0 CV de potência e vazão de 6 m ³ /h

Fonte: Autoria própria.

No sistema existem as medições em linha de pH, cloro livre e vazão logo após o tratamento da água não potável, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros monitorados em linha no sistema de água não potável

Parâmetros	Unidade	Método	Limite de detecção	Faixa de operação
pH	-	Eletrométrico	0,01	0 a 14
Cloro livre	mg/L	Potenciométrico	0,1	0 a 20
Vazão	m ³ /h	Ultrassom não intrusivo	0,01	1 a 20

Fonte: Autoria própria.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NÃO POTÁVEL E ENSAIOS

Para a realização do monitoramento da qualidade da água não potável e realização dos ensaios, foram coletadas amostras no reservatório que recebe a água dos telhados sem tratamento (reservatório subterrâneo) e na saída do reservatório de água não potável após o tratamento (reservatório superior).

4.4.1 Caracterização da Qualidade da Água não Potável

As coletas foram realizadas durante seis meses no período de outubro de 2015 a março de 2016, no reservatório que recebe a água dos telhados sem tratamento (reservatório subterrâneo) e na saída do reservatório de água não potável após o tratamento (reservatório superior), abrangendo períodos de poucas chuvas e períodos com maior incidência de chuvas, para comparação das análises em momentos em que a água captada dos telhados pode apresentar poucos contaminantes e em momentos em que a água captada pode arrastar quantidades maiores de sujeiras e poluentes dos telhados. Os intervalos entre as coletas das amostras foram de 14 dias exceto no mês de janeiro de 2016 devido ao período de férias.

A Figura 7 apresenta o ponto de coleta das amostras de água no reservatório subterrâneo, antes do tratamento.

Figura 7: Local de coleta de amostra da água antes do tratamento, interior do reservatório



Fonte: Autoria própria.

As amostras para caracterização da qualidade da água em análises microbiológicas e físico-químicas antes do sistema de tratamento foram coletadas em recipientes de vidro borossilicato a 20 cm abaixo da superfície de água do reservatório subterrâneo em três pontos distintos que foram homogeneizadas e totalizaram 5 Litros de volume em cada coleta.

A Figura 8 apresenta o ponto de coleta das amostras de água não potável após tratamento, na saída do reservatório superior.

Figura 8: Local de coleta de amostra da água após tratamento, na saída do reservatório



Fonte: Autoria própria.

As amostras de água após o tratamento foram coletadas na tubulação de saída para consumo do reservatório superior cuja captação está localizada a 0,5 metro do fundo do reservatório. A coleta foi realizada com a abertura da válvula e a espera de 3 minutos em escoamento livre de alto fluxo, após transcorrido o tempo de 3 minutos a coleta foi realizada em escoamento de baixo fluxo em recipientes de vidro borossilicato com volume total de 5 litros em cada coleta.

As amostras foram coletadas e conservadas conforme a norma ABNT NBR 9898:1987. Desta forma todas as amostras foram mantidas em fracos estéreis de vidro borossilicato em refrigeração de 4,0 °C, sendo as amostras destinadas as análises microbiológicas analisadas em um prazo máximo de 8 horas e as amostras destinadas as análises físico-químicas, analisadas em um prazo máximo de 24 horas com exceção de cloro residual que foi analisado imediatamente.

As análises microbiológicas e físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos da UNAERP e no Laboratório de Química da escola SENAI Ettore Zanini conforme *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WPCF, 2012). A Tabela 6 apresenta os parâmetros monitorados no sistema de reuso de água pluvial da edificação e os respectivos métodos analíticos aplicados.

Tabela 6: Métodos e limites de detecção das análises realizadas no sistema de reuso de água pluvial

Parâmetros	Unidade	Método	Limite de Detecção	Referência APHA; AWWA e WPCF (2012)
Cor Aparente	uH	Espectrofotométrico	1	2120 C
Turbidez	uT	Neftelométrico	0,01	2130 B
pH	-	Eletrométrico	0,01	4500-H B
DBO	mg/L	Winkler	1	5210 B
DQO	mg/L	Refluxo Dicromato	10	5220 B
Nitrogênio Amoniacal	mg N-NH ₃ /L	Destilação primária	0,01	4500-NH ₃ B
Nitrogênio Nitrito	mg N-NO ₂ ⁻ /L	Clorimétrico	0,01	4500- NO ₂ ⁻ B
Nitrogênio Nitrato	mg N-NO ₃ ⁻ /L	Espectrofotométrico UV	0,01	4500- NO ₃ ⁻ B
Ferro Total	mg/L	Espectrofotometria de absorção atômica	0,01	3110
Manganês Total	mg/L	Espectrofotometria de absorção atômica	0,01	3110
Chumbo Total	mg/L	Espectrofotometria de absorção atômica	0,01	3110
Cobre Total	mg/L	Espectrofotometria de absorção atômica	0,01	3110
Zinco Total	mg/L	Espectrofotometria de absorção atômica	0,01	3110
Cálcio	mg/L	Espectrofotometria de absorção atômica	0,01	3110
Cloro Residual	mg Cl ₂ /L	Colorimétrico com DPD	0,01	4500 G
STD - Sólidos totais dissolvidos	mg/L	Gravimétrico	1	2540 C
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	Titrimétrico com ácido sulfúrico	1	2320 B
Temperatura	°C	Termômetro digital	0,1	2550 B
Coliformes Totais	UFC/100 ml	Membrana Filtrante	1	9222
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 ml	Membrana Filtrante	1	9222

Fonte: Autoria própria.

4.4.2 Ensaio de Demanda, Dosagem de Cloro e Estabilização

O ensaio de demanda de cloro foi realizado para verificar a formação de cloro combinado (monocloramina e dicloramina). Desta forma, buscou-se obter a demanda necessária de cloro para reagir com todo o nitrogênio amoniacal e garantir o residual mínimo de 0,5 mg/L de cloro previsto na NBR 15527:2007.

O ensaio de demanda de cloro foi realizado variando-se a dosagem de cloro para o tempo de contato usualmente utilizado neste ensaio, 30 minutos. As dosagens de cloro variaram de 1,00 mg/L a 15,30 mg/L de cloro em 17 amostras. Transcorridos os 30 minutos, foi realizada a análise de cloro residual nas 17 amostras cloradas para verificação do cloro consumido pela oxidação dos compostos amoniacaais e do cloro residual. Juntamente com o ensaio, foi realizado também o levantamento da curva de dosagem das bombas dosadoras do sistema de tratamento para a verificação do volume real de produtos químicos aplicados.

O ensaio de dosagem de cloro foi realizado para verificar o volume dosado pela bomba dosadora no sistema de recalque entre o reservatório subterrâneo e o reservatório intermediário variando-se o *Setpoint* do sistema de controle da bomba em 5% de 0 a 100% e verificando o volume dosado no período de 1 minuto, utilizando um cronômetro e uma proveta com capacidade para 200 mL e divisão de 2 mL.

O ensaio de estabilização foi realizado para verificar a estabilidade química da água com relação ao potencial de corrosão ou de incrustação nas tubulações e nos equipamentos sanitários. Considerando a complexidade de se determinar o potencial de corrosão ou incrustação com objetividade, pois são diversas variáveis que podem impactar na estabilidade química da água, foi utilizado neste estudo o índice qualitativo de Langelier por ser baseado no equilíbrio químico entre cálcio, alcalinidade e pH.

O ensaio de estabilização foi realizado na água do sistema com amostra coletada antes do tratamento no reservatório que recebe a água dos telhados (reservatório subterrâneo) em 18 de novembro de 2016. Esta amostra foi fracionada em sete volumes iguais de 500 mL, no primeiro volume a água foi mantida nas condições originais e nos demais foi adicionado Hidróxido de Cálcio em suspensão (Geocálcio) para a obtenção de valores de pH de 6,50, 7,00, 7,50, 8,00, 8,50 e 9,00. Posteriormente foram analisados em cada amostra Cálcio, Alcalinidade e STD para a determinação do pH de saturação através da Equação 4 conforme Di Bernardo; Dantas e Voltan (2011), que posteriormente foi utilizado para a determinação do índice de Langelier na Equação 5.

$$pH_s = \frac{0,0125 \cdot \sqrt{STD}}{1 + 0,005 \cdot \sqrt{STD}} + \frac{593}{273 + T} + 9,3 - \log(Ca) - \log(Alc) \quad (4)$$

Em que:

- pH_s : pH de saturação;
- STD: sólidos totais dissolvidos (mg/L);
- T: temperatura da água (°C);
- Ca: Concentração de Cálcio (mg/L);
- Alc: Alcalinidade total da água (mg $CaCO_3/L$);

$$IL = pH - pH_s \quad (5)$$

Em que:

- IL: Índice de Langelier;
- pH: pH da água de estudo.

Após a obtenção dos resultados do ensaio de estabilização, foi possível classificar a água do sistema de acordo com o índice de Langelier, sendo que a água foi considerada estabilizada quando o índice foi igual a zero ($IL = 0$), corrosiva quando o índice foi negativo ($IL < 0$) e incrustante quando o índice for positivo ($IL > 0$).

4.5 ANÁLISE DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS DA EDIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS INDICADORES

Por ser uma edificação recém construída, a análise dos sistemas hidráulicos de água potável e de água não potável, teve como principal objetivo verificar a eficiência dos sistemas instalados na edificação.

No sistema de água não potável, foi realizada a análise do sistema hidráulico validando ou não a eficiência dos dispositivos de consumo focando os principais consumidores, as bacias sanitárias e os dispositivos de descarga.

No sistema de água potável, foi realizada a análise do sistema hidráulico da edificação para validar ou não a eficiência dos dispositivos de consumo focando os principais consumidores, as torneiras utilizadas na edificação. Desta forma foram propostas possíveis implementações de ações com foco na economia do recurso água na edificação.

Indicadores referentes ao consumo de água potável e não potável foram definidos considerando os usuários e a forma de utilização da edificação, para permitir a comparação dos resultados frente a edificações com usos similares.

O Quadro 4 apresenta os indicadores definidos para os consumos de água potável, não potável e total.

Quadro 4: Indicadores para o consumo de água da edificação

Indicador	Unidade	Descrição
Consumo de água potável por usuário.dia	L/usuário.dia	Consumo médio de água potável por usuário por dia
Consumo de água potável por usuário.h	L/usuário.h	Consumo médio de água potável por usuário por hora
Consumo de água não potável por usuário.dia	L/usuário.dia	Consumo médio de água não potável por usuário por dia
Consumo de água não potável por usuário.h	L/usuário.h	Consumo médio de água não potável por usuário por hora
Consumo de água por usuário.dia	L/usuário.dia	Consumo total de água por usuário por dia
Consumo de água por usuário.h	L/usuário.h	Consumo total de água por usuário por hora

Fonte: Autoria própria.

4.6 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO DA EDIFICAÇÃO

A energia elétrica da edificação é fornecida pela concessionária CPFL Paulista em média tensão, modalidade tarifária grupo A subgrupo A4 com contrato de demanda de 300 kW e tarifação horossazonal verde. Nesta modalidade tarifária binômica a edificação é cobrada pela demanda de energia contratada da rede da concessionária e pelo consumo de energia propriamente dito, tendo duas tarifas diferentes em função do horário, ponta das 19h às 21h e fora de ponta nos demais horários.

Além das tarifas relativas ao contrato e ao consumo da energia a edificação também é tarifada em função da qualidade do consumo de energia, sendo o principal parâmetro tarifado o fator de potência que deve permanecer maior que 0,92 capacitivo no período das 00h às 06h e maior que 0,92 indutivo nos demais horários.

A energia em média tensão é rebaixada para baixa tensão através de duas cabines primárias dispostas na edificação. A primeira cabine dispõe de dois transformadores de 300 kVA e a segunda um transformador de 300 kVA. A Figura 9 apresenta o transformador utilizado nas cabines primárias.

Figura 9: Transformador à seco utilizado nas cabines primárias da edificação



Fonte: Autoria própria.

As cabines primárias estão equipadas com bancos de capacitores fixos e chaveados para a correção do fator de potência e sua manutenção em valores superiores a 0,92 indutivo no período das 06h às 00h. Os bancos de capacitores chaveados são acionados através de controladores que monitoram continuamente o valor do fator de potência e acionam os capacitores gradativamente de maneira automática. A Figura 10 apresenta um controlador do banco de capacitores.

Figura 10: Controlador do banco de capacitores.



Fonte: Autoria própria.

4.7 ANÁLISE DA QUALIDADE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

A qualidade do consumo de energia elétrica foi analisada através da análise das doze faturas de energia do ano de 2015, que possibilitou traçar o perfil anual de consumo da edificação. O Quadro 5 apresenta os parâmetros que foram monitorados.

Quadro 5: Parâmetros de energia monitorados através das faturas

Parâmetro	Unidade	Periodicidade
Consumo Ponta	kWh	Mensal
Consumo Fora de Ponta	kWh	Mensal
Reativo Excedido Ponta	kWhr	Mensal
Reativo Excedido Fora de Ponta	kWhr	Mensal
Demanda contratada	kW	Mensal
Demanda registrada	kW	Mensal
Custo do kWh Ponta	R\$	Mensal
Custo do kWh Fora de Ponta	R\$	Mensal
Custo do Reativo Excedido F. de Ponta	R\$	Mensal
Custo da Demanda por kW	R\$	Mensal
Adicional Bandeira Vermelha Ponta	R\$	Mensal
Adicional Bandeira Vermelha F. de Ponta	R\$	Mensal

Fonte: Autoria própria.

Alguns parâmetros foram coletados em medidores de energia que estão instalados nas cabines primárias da edificação. A Figura 11 apresenta o medidor de energia instalado em cada cabine primária da edificação.

Figura 11: Medidor de energia da cabine primária.



Fonte: Autoria própria.

Os parâmetros coletados nos medidores de energia instalados nas cabines primárias da edificação são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6: Parâmetros de energia monitorados através dos medidores de energia

Parâmetro	Unidade	Periodicidade
Potência Ativa	kVA	continuamente
Fator de Potência	-	continuamente
Demanda	kW	15 minutos

Fonte: Autoria própria.

Considerando as modificações no perfil de consumo devido a instalação de novos equipamentos elétricos na edificação (principalmente máquinas, sistemas de climatização e ar condicionado), a potência instalada também foi considerada mês a mês durante o ano de 2015.

No sistema de iluminação da edificação foi realizado o levantamento das tecnologias utilizadas nos ambientes internos e externos e realizadas análises de iluminância para verificação de atendimento a norma NBR ISO 8995-1:2013, a qual especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e as condições para que os profissionais desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de atividade.

4.8 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE ENERGIA ELÉTRICA

Os indicadores apresentados por Marques; Haddad e Guardia (2006) de consumo específico de energia, de fator de carga da instalação e de custo médio de energia foram utilizados para a caracterização do uso da energia elétrica na edificação.

Outros indicadores referentes ao consumo de energia elétrica foram definidos considerando os usuários e a forma de utilização da edificação para permitir a comparação dos resultados frente as ações de economia implementadas.

O Quadro 7 apresenta os indicadores adicionais definidos para o consumo de energia.

Quadro 7: Indicadores adicionais para o consumo de energia da edificação

Indicador	Unidade	Descrição
Demanda contratada por usuário	kW/usuário	Demanda contratada da concessionária por usuário
Demanda registrada por usuário	kW/usuário	Demanda máxima registrada por usuário

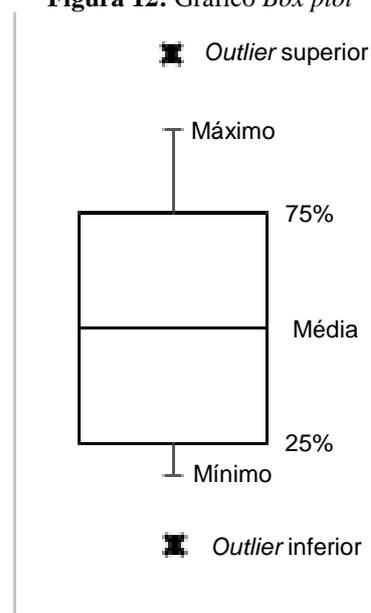
Fonte: Autoria própria.

4.9 ANÁLISE DOS RESULTADOS E PROPOSTAS PARA A MANUTENÇÃO E CONTINUIDADE DAS AÇÕES

Após a coleta dos dados referentes aos recursos água potável, água não potável e energia, foi realizada a análise dos dados coletados, dos resultados das caracterizações e dos ensaios realizados com apoio de ferramentas de estatística descritiva.

Os dados foram sumarizados, analisados através de medidas descritivas e apresentados por meio de tabelas e gráficos. Sendo utilizado o gráfico do tipo *Box plot* para apresentação dos dados. A Figura 12 apresenta a forma de apresentação das medidas descritivas utilizadas nesta pesquisa.

Figura 12: Gráfico *Box plot*



Fonte: Autoria própria.

A análise dos sistemas foi realizada buscando identificar as ações que pudessem ser implementadas no âmbito desta pesquisa, atendendo duas premissas, prazo para implementação e recursos disponíveis.

As ações que se puderam ser implementadas foram efetivadas e tiveram seus resultados analisados por esta pesquisa. As intervenções tiveram como foco a melhoria da qualidade da água disponível na edificação, a economia financeira e a possibilidade de implantação imediata, não dependendo de investimentos onerosos.

O estudo financeiro também foi realizado buscando-se quantificar a economia gerada pelas intervenções nos sistemas de água não potável e de energia, assim como também apresentar o potencial de economia em intervenções futuras nos sistemas de água potável e não potável da edificação em estudo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A caracterização da edificação foi realizada com objetivo de apontar as principais características relevantes para o estudo. O resultado desta caracterização é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Características da Escola SENAI Ettore Zanini no ano de 2016

Características	Valores
Término das obras de reforma e ampliação	2015
Área do terreno	24900 m ²
Área construída	9000 m ²
n° de blocos que compõem a edificação	13
Período de funcionamento	07:30 - 22:45 seg a sex / 07:30 - 17:00 sab
Atividade principal	Formação profissional
Áreas de atendimento	Automação, eletroeletrônica, metalurgia, metalomecânica, manutenção e química.
Quantidade de funcionários	62
Média de alunos atendidos diariamente	400
Principais ambientes	Laboratórios de automação industrial, eletroeletrônica e química. Oficinas de caldeiraria, soldagem, usinagem, ajustagem e manutenção mecânica. Salas de aula convencionais.
Utilidades disponíveis	Energia elétrica, água potável, água não potável, ar comprimido, vapor e climatização centralizada.

Fonte: SENAI (s.d.).

A edificação tem apenas piso térreo e é composta por seis bloco principais (blocos relacionados as atividades escolares de formação profissional) e sete blocos auxiliares (blocos relacionados a utilidades e serviços).

O suprimento de água da edificação é provido por duas fontes, a primeira e principal é fornecida pela concessionária de água da cidade de Sertãozinho SAEMAS, e é destinada a usos nobres (bebedouros, cozinhas, laboratórios e usos onde se requer maior segurança sanitária). A segunda fonte é composta por um sistema de captação, armazenamento, tratamento e distribuição de água pluvial; este sistema capta água de alguns telhados da unidade, armazena

em um reservatório subterrâneo, trata e supri usos menos nobres (descargas, limpeza de pátios e irrigação de jardins).

O suprimento de energia elétrica é fornecido apenas pela concessionária CPFL Paulista em média tensão e é rebaixada para baixa tensão através de duas cabines primárias dispostas na edificação.

Com relação ao consumo de energia elétrica pela edificação, a qualidade do consumo, a diminuição do consumo nos sistemas de iluminação e em cargas com baixa utilização, foram identificadas como intervenções necessárias para a melhoria da eficiência energética. Sobre o consumo de água, o sistema de reuso de água pluvial e a análise dos sistemas hidráulicos da edificação foram identificados como ações importantes a serem realizadas para racionalizar o consumo de água.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

O sistema de captação, armazenamento, tratamento e distribuição de água não potável da edificação capta água da chuva em parte dos telhados e conduz a água através de calhas e tubulações para um reservatório subterrâneo de armazenamento com volume de 148 m³, realiza o tratamento desta água e posteriormente a conduz para outros dois reservatórios, um intermediário com volume de 30 m³ e um superior com volume de 22 m³, totalizando uma capacidade de armazenamento de água não potável de 200 m³.

A área de captação nos telhados totaliza 3.315 m². A Figura 13 apresenta um dos telhados utilizados para a captação.

Figura 13: Detalhe de um dos telhados utilizados para a captação de água da chuva



Fonte: Autoria própria.

A Figura 14 apresenta uma planta da edificação com a indicação em vermelho das áreas dos telhados utilizadas para captação de água pluvial, que representa cerca de 37% das áreas cobertas da edificação.

Figura 14: Planta da Escola SENAI Ettore Zanini com indicação das áreas de captação de água pluvial



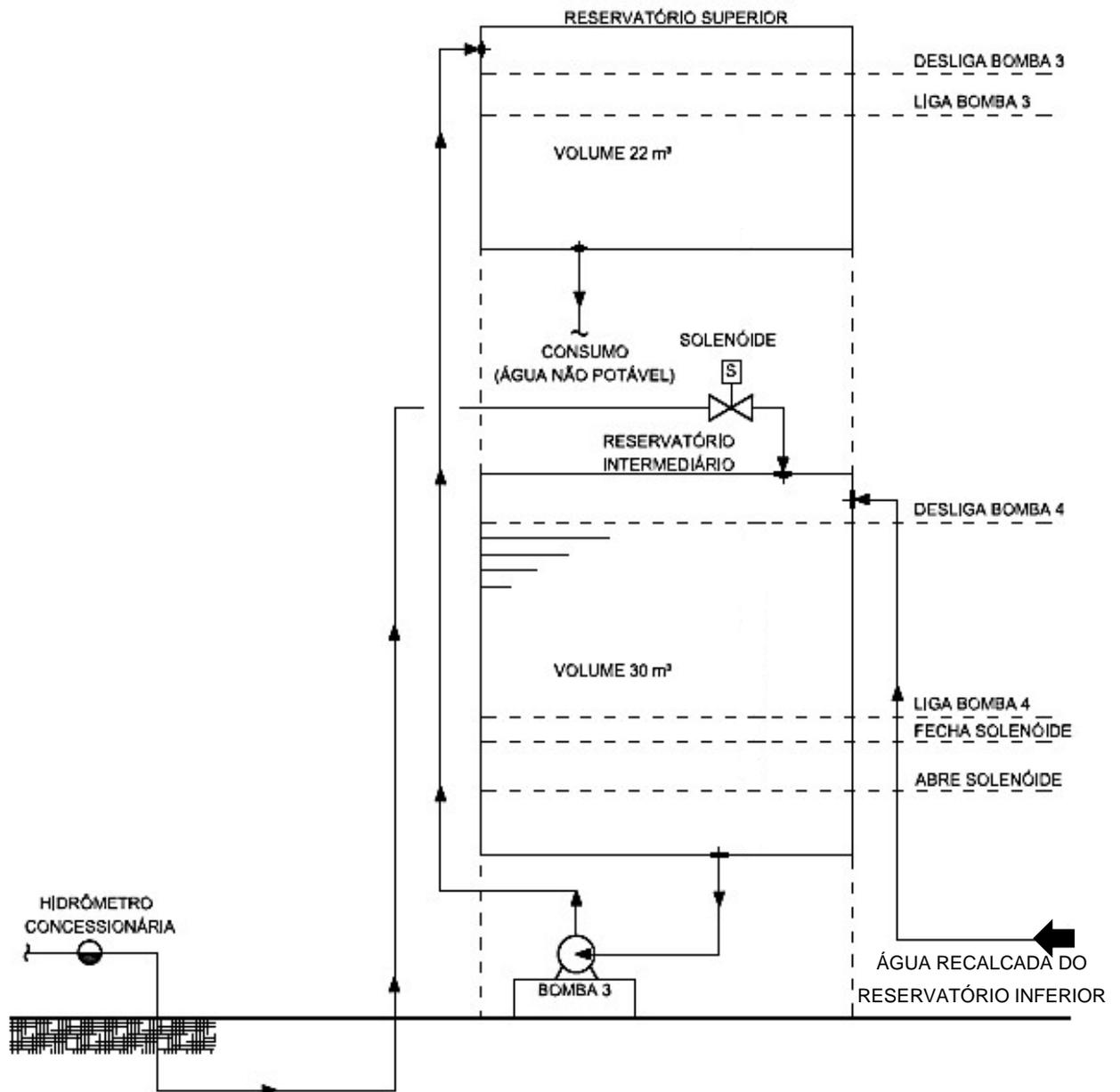
Fonte: SENAI (s.d.).

O reservatório subterrâneo recebe diretamente toda a água coletada, não havendo nenhum descarte do primeiro volume de água da chuva. Antes de ser armazenada a água proveniente dos telhados passa por uma grade com espaçamentos de $\frac{1}{2}$ polegada para remoção de detritos e por uma caixa que propicia a sedimentação de areia.

Posteriormente, conforme demanda de consumo, a água armazenada é recalçada por uma moto-bomba centrífuga de 2,0 CV de potência e vazão de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, passando por um sistema de tratamento e destinada a um reservatório intermediário. Deste reservatório, a água é novamente recalçada para o reservatório superior de água não potável por uma moto-bomba centrífuga de 2,0 CV de potência e vazão de $6 \text{ m}^3/\text{h}$. O reservatório superior está elevado a 19 m do solo e garante uma pressão de no mínimo 15 mca na rede que distribui água não potável para uso na limpeza do calçamento externo, irrigação de jardins e descarga nos sanitários.

O fluxograma apresentado na Figura 15 apresenta os detalhes dos reservatórios intermediário e superior do sistema de água não potável.

Figura 15: Fluxograma dos reservatórios intermediário e superior de água não potável

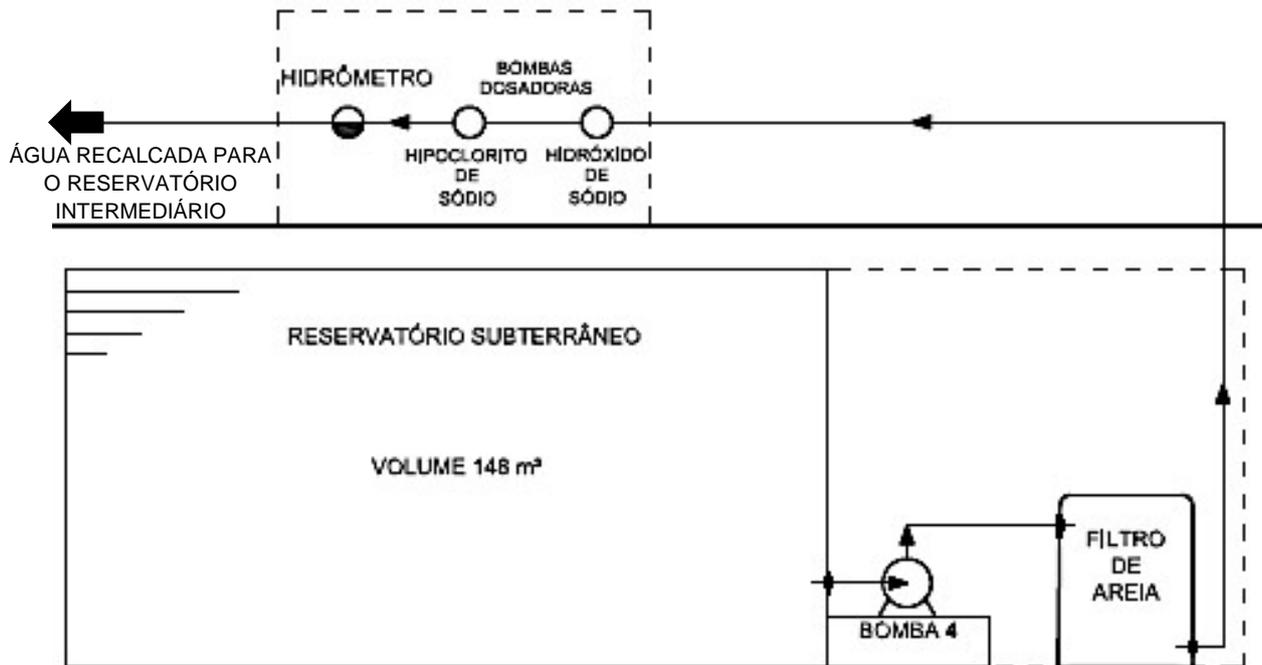


Fonte: SENAI (s.d.).

Nos períodos em que não há incidência de chuvas, a água do reservatório subterrâneo é consumida completamente, e quando o sistema detecta que não há mais água no mesmo, uma válvula solenoide entra em atividade e passa a preencher uma pequena parte do reservatório intermediário com água potável fornecida pela concessionária. Desta forma, o fornecimento de água na rede não potável da edificação não é interrompido.

O fluxograma apresentado na Figura 16 apresenta os detalhes do reservatório subterrâneo, casa de máquinas e abrigo de dosagem de produtos químicos.

Figura 16: Fluxograma do reservatório subterrâneo e casa de máquinas de água não potável



Fonte: SENAI (s.d.).

O tratamento realizado na água não potável, durante a primeira etapa de recalque, consiste de filtração realizada por um filtro de areia com granulometria de 0,60 mm a 1,20 mm no sentido ascensional, dosagem de Hidróxido de Sódio a 50,0% e Hipoclorito de Sódio 12,0% diluído para 6,0%. No interior do reservatório subterrâneo também existem flutuadores que realizam uma pequena liberação de um composto anidro clorado disponível na forma de pastilhas para inibir a criação de vetores.

No filtro de areia é executado o processo de lavagem com circulação de fluxo reversa semanalmente, e sua areia é trocada a cada dois anos. A Figura 17 apresenta a casa de bombas com filtro de areia.

Figura 17: Casa de bombas com filtro de areia



Fonte: Autoria própria.

A Figura 18 apresenta o abrigo com as sondas de medição de pH e cloro total dosado, as bombas dosadoras de Hidróxido de Sódio 50,0% e Hipoclorito de Sódio 6,0% e o medidor de vazão ultrassônico.

Figura 18: Abrigo de medição e dosagem de produtos químicos



Fonte: Autoria própria.

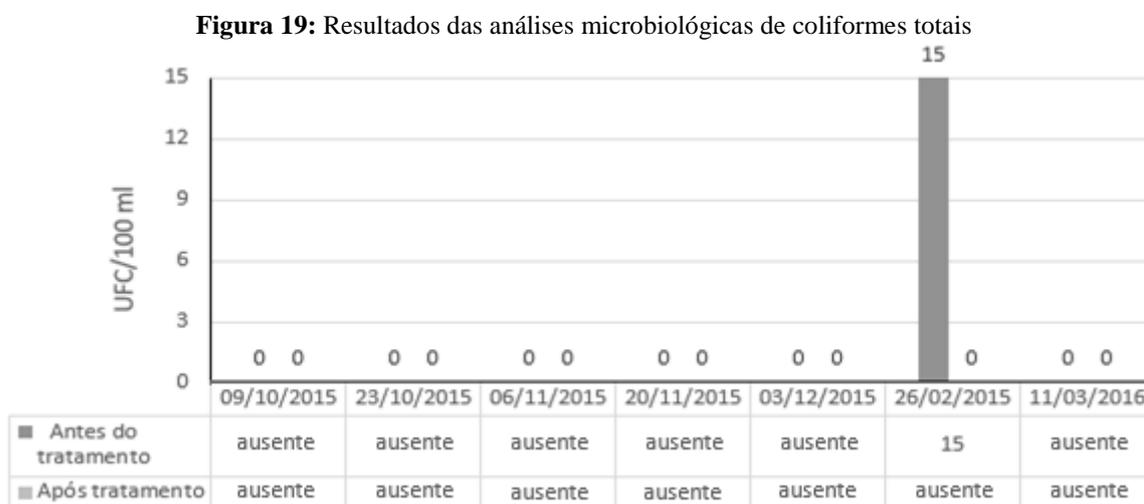
5.3 RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA NÃO POTÁVEL

Os resultados das caracterizações da água não potável disponibilizada pelo sistema de reuso de água pluvial da edificação foram primeiramente analisados frente a NBR 15527:2007 para a verificação do cumprimento dos requisitos impostos por esta norma, e posteriormente foram realizadas algumas análises e ensaios complementares para a verificação dos tratamentos adequados para a água captada e para verificação de interações que podiam estar ocorrendo com a superfície do telhado, tais como liberação de metais ou outros compostos.

Os Apêndices A e B apresentam as datas em que houve a coleta de amostras de água no sistema e o índice pluviométrico da cidade de Sertãozinho dia a dia para o período de estudo, onde é possível verificar os períodos de maior e menor incidência de chuvas.

5.3.1 Análises Previstas na ABNT NBR 15527:2007

As análises microbiológicas de coliformes totais foram realizadas na água captada pelo sistema de reuso de água pluvial antes do tratamento e após o tratamento. Os resultados são apresentados no gráfico da Figura 19.



Fonte: Autoria própria.

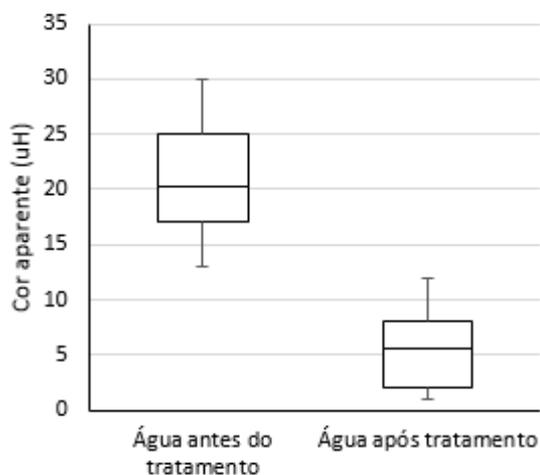
Apenas no mês de fevereiro foi detectada a presença de coliformes totais na água antes do tratamento e em valor não expressivo. Nas amostras coletadas após o tratamento da água, não foram detectados coliformes totais no sistema devido a etapa de desinfecção do sistema de tratamento da água. Desta forma o atendimento a NBR 15527:2007 referente a ausência de coliformes totais na água após o tratamento foi atendido plenamente.

Nas análises microbiológicas de coliformes termotolerantes, não houve nenhum resultado que demonstrou presença no sistema, mesmo na água analisada antes do sistema de tratamento. Desta forma, o atendimento a NBR 15527:2007 referente a ausência de coliformes termotolerantes na água após o tratamento foi atendido plenamente.

Os resultados das análises microbiológicas, mesmo não havendo nenhum descarte inicial da água captada pelos telhados, apresentaram valores muito inferiores aos encontrados nos estudos realizados por Anecchini (2005) que só obteve ausência de coliformes após o descarte de 1,0 mm de chuva, Amorim e Hernandes (2006) que não obtiveram ausência de coliformes mesmo após descarte e Buzeti (2014) que também constatou a presença de coliformes nos pontos de consumo das edificações que estudou. Assim observou-se que este estudo analisou um sistema com grande área de captação e que este grande volume de água da chuva captada contribui significativamente para a redução da presença de coliformes, pois a relação entre área de captação (3.315 m²) frente ao volume de armazenamento (143 m³) faz com 43 mm de chuva sejam capazes de preencher todo o reservatório, caso este esteja completamente vazio. Desta forma conclui-se que na maioria das chuvas o reservatório foi preenchido completamente e teve sua água renovada antes mesmo do início da captação pelas bombas.

Os resultados das análises de cor aparente da água antes do tratamento e após o tratamento são apresentados no gráfico da Figura 20.

Figura 20: Resultados das análises de cor aparente



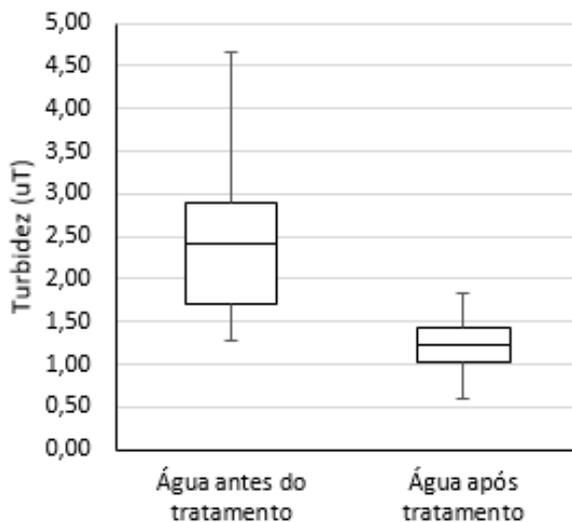
Parâmetro	n	Média	Min	Máx	Desvio Padrão	Coef. de Variação
Cor aparente antes do tratamento (uH)	7	20	13	30	6	0,3
Cor aparente após tratamento (uH)	7	6	1	12	4	0,7

Fonte: Autoria própria.

A cor aparente apresentou pequena variação e valor máximo de 30 uH antes do tratamento e após o tratamento o valor máximo de 12 uH, principalmente devido ao uso do filtro de areia na etapa de tratamento da água. Desta forma, o atendimento a NBR 15527:2007 referente ao valor máximo de 15 uH para cor aparente após o tratamento foi obtido plenamente.

Os resultados das análises de turbidez realizadas na água antes do tratamento e após o tratamento são apresentados no gráfico da Figura 21.

Figura 21: Resultados das análises de turbidez



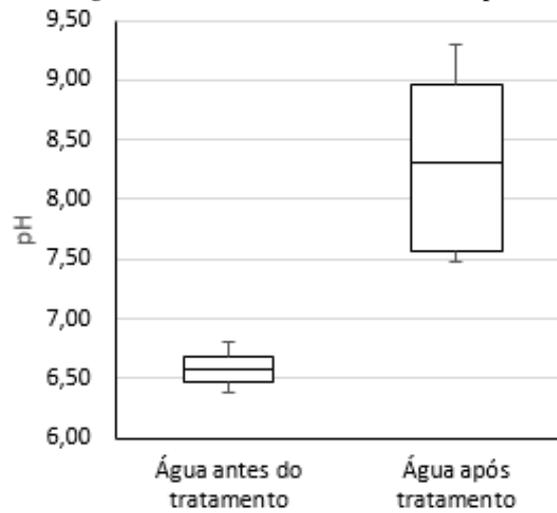
Parâmetro	n	Média	Min	Máx	Desvio Padrão	Coef. de Variação
Turbidez antes do tratamento (uT)	7	2,41	1,28	4,67	1,12	0,46
Turbidez após tratamento (uT)	7	1,24	0,59	1,83	0,38	0,31

Fonte: Autoria própria.

A turbidez apresentou pequena variação ao longo do período de monitoramento que abrangeu períodos com maiores e menores incidências de chuvas. O valor máximo detectado foi de 4,67 uT antes do tratamento e após o tratamento o valor máximo detectado foi de 1,83 uT, principalmente devido a aplicação do filtro de areia na etapa de tratamento da água. Desta forma, o atendimento a NBR 15527:2007 referente ao valor máximo de 2,0 uT para turbidez após o tratamento foi obtido plenamente.

Os resultados das análises de pH realizadas na água antes do tratamento e após o tratamento são apresentados no gráfico da Figura 22.

Figura 22: Resultados das análises de pH



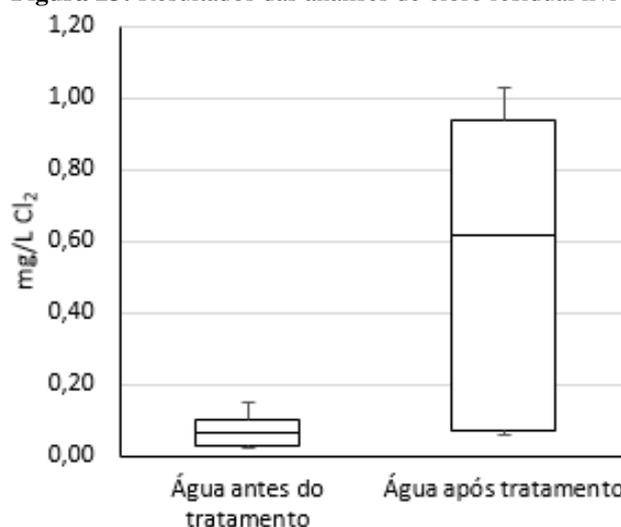
Parâmetro	n	Média	Min	Máx	Desvio Padrão	Coef. de Variação
pH antes do tratamento	7	6,58	6,39	6,81	0,14	0,02
pH após tratamento	7	8,31	7,48	9,3	0,75	0,09

Fonte: Autoria própria.

O pH apresentou pequena variação, e valor máximo de 6,81 antes do tratamento, demonstrando que não houve a ocorrência de chuvas com grandes variações no valor do pH, principalmente devido a edificação estar localizada em um município que não apresenta alta concentração de poluentes na atmosfera. Os resultados das análises de pH na água após o tratamento apresentam maior variação em função da adição do Hipoclorito de Sódio 6% para a desinfecção, porém percebeu-se que em todo o período analisado quase não houve a necessidade de adição de Hidróxido de Sódio, pois apenas com a adição do Hipoclorito de Sódio muitas vezes o pH era elevado para valores superiores ao máximo de 8,0 indicado pela NBR 15527:2007 para tubulações de ferro. Desta forma, as análises demonstraram valores de pH elevados para água após o tratamento, quando comparado aos valores referenciados pela norma, porém uma análise da estabilidade química da água foi realizada para verificação do pH adequado para o sistema em estudo.

Os resultados das análises de cloro residual livre realizadas na água antes do tratamento e após o tratamento são apresentados no gráfico da Figura 23.

Figura 23: Resultados das análises de cloro residual livre



Parâmetro	n	Média	Min	Máx	Desvio Padrão	Coef. de Variação
Cloro residual livre antes do tratamento (mg/L Cl ₂)	7	0,06	0,02	0,15	0,05	0,73
Cloro residual livre após tratamento (mg/L Cl ₂)	7	0,62	0,06	1,03	0,40	0,64

Fonte: Autoria própria.

Os valores de cloro residual livre detectados antes do tratamento representam apenas o cloro liberado por flutuadores dispostos no reservatório subterrâneo. Os valores de cloro residual livre após o tratamento tiveram maiores variações pois nas duas primeiras análises verificou-se o não atendimento a NBR 15527:2007 referente ao valor mínimo de 0,5 mg/L de cloro residual livre para garantir a desinfecção da água, com resultados de 0,06 e 0,07 mg/L. Desta forma, a dosagem de Hipoclorito de Sódio foi elevada para garantir o atendimento a norma, e passou-se a obter valores superiores a 0,62 mg/L de cloro residual livre.

As análises dos parâmetros físico-químicos da água captada pelo sistema demonstraram que a água só atende integralmente os parâmetros previstos pela norma NBR 15527:2007 após passar pelo sistema de tratamento, fato que também acontece nos estudos realizados por Amorim e Hernandez (2006) e Buzeti (2014), exceto em Anecchini (2005) após realizar o descarte de pelo menos 1,0 mm de água da primeira chuva. Desta forma, no sistema estudado por este trabalho que não realiza nenhum descarte da água da primeira chuva é essencial o sistema de tratamento dotado de filtração, correção de pH e desinfecção.

5.3.2 Análises e Ensaio Complementares

5.3.2.1 Análises de metais, DQO, DBO e compostos de nitrogênio

Os metais ferro, manganês, chumbo, cobre e zinco foram analisados para verificar se havia alguma interação do telhado com a água das chuvas. A Tabela 8 apresenta os resultados das análises dos metais.

Tabela 8: Resultados das análises de metais

Parâmetro (mg/L)	n	Média	Min	Máx	Desvio Padrão	Coef. de Variação
Ferro total antes do tratamento	7	0,09	0,001	0,17	0,07	0,77
Ferro total após tratamento	7	0,06	0,001	0,13	0,06	1,02
Manganês total antes do tratamento	7	-	<0,001	<0,001	-	-
Manganês total após tratamento	7	-	<0,001	<0,001	-	-
Chumbo total antes do tratamento	7	-	<0,001	<0,001	-	-
Chumbo total após tratamento	7	-	<0,001	<0,001	-	-
Cobre total antes do tratamento	7	-	<0,001	<0,001	-	-
Cobre total após tratamento	7	-	<0,001	<0,001	-	-
Zinco total antes do tratamento	7	0,08	0,07	0,12	0,02	0,23
Zinco total após tratamento	7	0,05	0,03	0,1	0,02	0,47

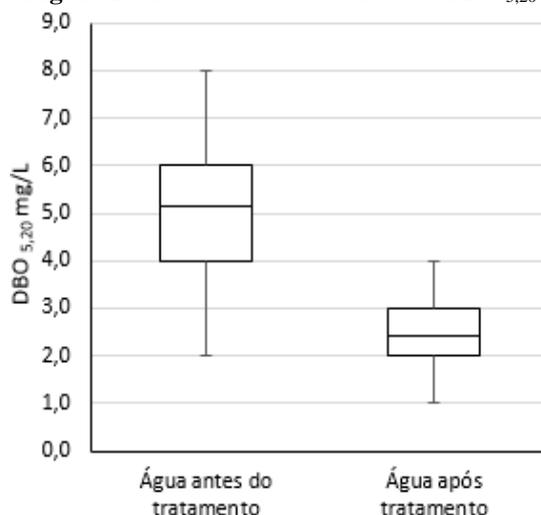
Fonte: Autoria própria.

Os resultados das análises demonstram que existe apenas a presença de ferro e zinco em quantidades muito pequenas que não requerem atenção ou tratamento específico pois estão abaixo do valor máximo permitido até para a potabilidade, conforme Portaria do Ministério da Saúde 2.914:2011 que estabelece valores máximos de 0,3 mg/L para ferro, 0,1 mg/L para manganês, 0,01 mg/L para chumbo, 2 mg/L para cobre e 5 mg/L para zinco. Desta forma, pode-se concluir que não há desprendimento de metais da galvanização do telhado pela água das chuvas.

As análises de DQO foram realizadas nas amostras coletadas antes do tratamento e após o tratamento, porém em ambos os locais todos os resultados ficaram abaixo do limite de detecção, <10 mg/L.

Os resultados das análises de DBO_{5,20} realizadas na água antes do tratamento e após o tratamento são apresentados no gráfico da Figura 24.

Figura 24: Resultados das análises de DBO_{5,20}



Parâmetro	n	Média	Min	Máx	Desvio Padrão	Coef. de Variação
DBO antes do tratamento (mg/L)	7	5,1	2	8	1,9	0,4
DBO após tratamento (mg/L)	7	2,4	1	4	1,0	0,4

Fonte: Autoria própria.

Os resultados das análises de DBO_{5,20} demonstram que não há grande presença de matéria orgânica que poderia estar sendo arrastada dos telhados provenientes de detritos.

Os compostos de nitrogênio também foram analisados antes do tratamento e após o tratamento. Os resultados das análises são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Resultados das análises dos compostos de nitrogênio

Parâmetro	n	Média	Min	Máx	Desvio Padrão	Coef. de Variação
Nitrogênio amoniacal antes do tratamento (mg N-NH ₃ /L)	7	0,10	<0,01	0,27	0,10	1,04
Nitrogênio amoniacal após tratamento (mg N-NH ₃ /L)	7	0,01	<0,01	0,02	0,01	1,11
Nitrogênio nitrito antes do tratamento (mg N-NO ₂ /L)	7	0,01	<0,01	0,06	0,02	1,61
Nitrogênio nitrito após tratamento (mg N-NO ₂ /L)	7	0,03	<0,01	0,09	0,03	1,19
Nitrogênio nitrato antes do tratamento (mg N-NO ₃ /L)	7	0,75	0,22	1,43	0,48	0,64
Nitrogênio nitrato após tratamento (mg N-NO ₃ /L)	7	0,46	0,18	1,17	0,37	0,80

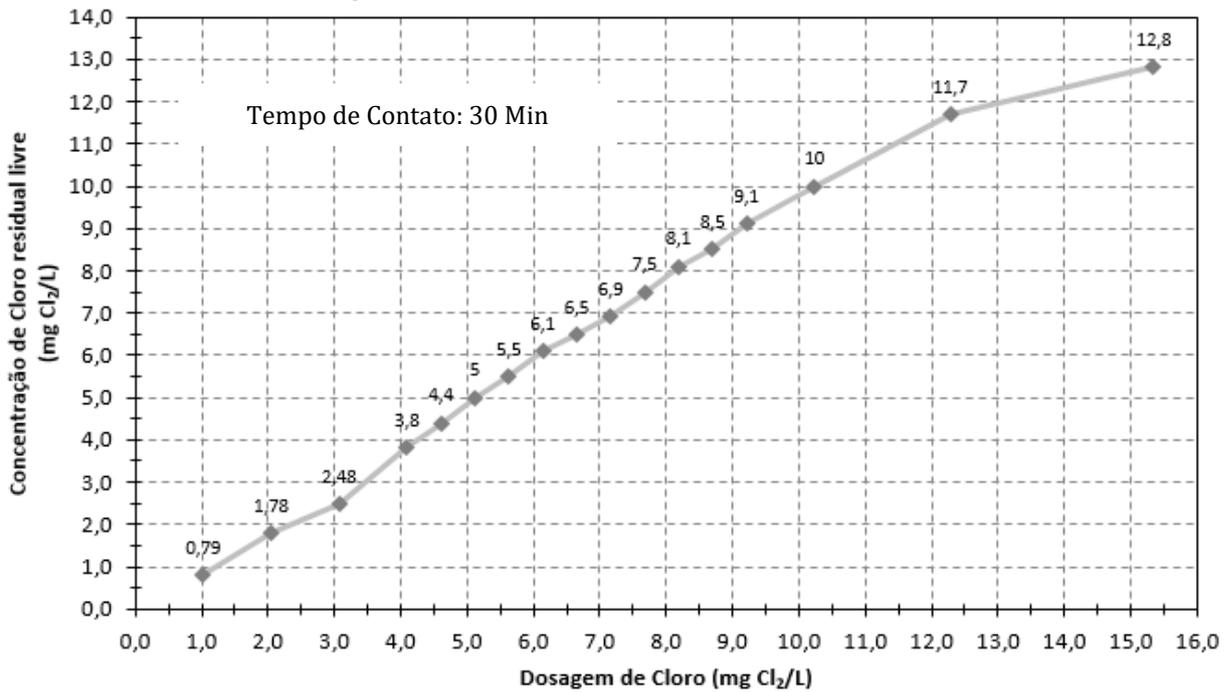
Fonte: Autoria própria.

Os resultados das análises demonstraram inexpressiva presença de compostos de nitrogênio para água não potável, sendo o maior valor de nitrogênio na forma de nitrato de 1,17 mg N-NO₃⁻/L mas mesmo assim em valor abaixo até do valor máximo permitido para água potável, conforme Portaria do Ministério da Saúde 2.914:2011 que estabelece valores máximos de 1 mg/L para nitrito e 10 mg/L para nitrato.

5.3.2.2 Ensaio de demanda e dosagem de cloro

Considerando a necessidade de adequação da dosagem de Hipoclorito de Sódio para o atendimento do valor mínimo de cloro residual previsto na NBR 15527:2007, foi realizado o ensaio de demanda de cloro. O gráfico apresentado na Figura 25 apresenta os resultados do ensaio.

Figura 25: Resultados do ensaio de demanda de cloro



Dosagem de Cloro (mg Cl ₂ /L)	1,0	2,0	3,1	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,7	7,2	7,7	8,2	8,7	9,2	10,2	12,3	15,3
Cloro residual livre (mg Cl ₂ /L)	0,8	1,8	2,5	3,8	4,4	5,0	5,5	6,1	6,5	6,9	7,5	8,1	8,5	9,1	10,0	11,7	12,8

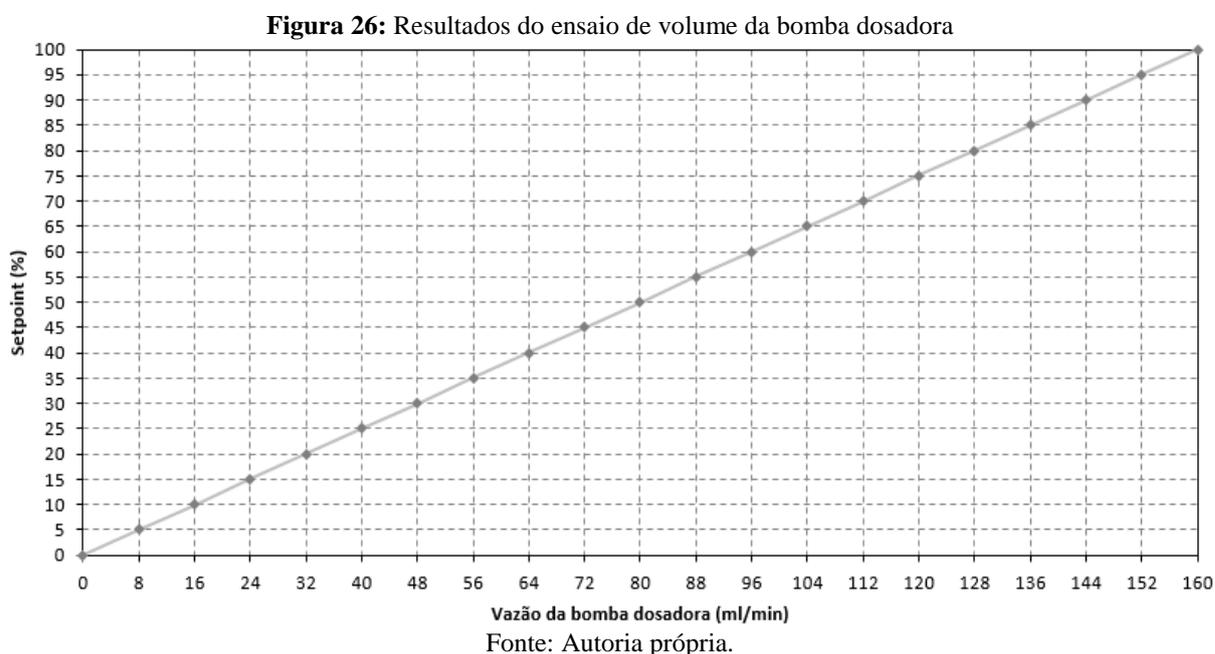
Fonte: Autoria própria.

Em função da baixa concentração de nitrogênio amoniacal, não foi observado comportamento do consumo de cloro igualmente observado em águas cloradas ao “break-

point”. A demanda de cloro da água observada para o valor de 3 mg CL₂/L de cloro dosado no sistema foi de 0,5 mg CL₂/L para o tempo de contato de 30 minutos em laboratório.

Além do ensaio de demanda de cloro, foi realizado o ensaio de volume dosado pela bomba no sistema de recalque entre o reservatório subterrâneo e o reservatório intermediário para verificação do volume de Hipoclorito de Sódio que estava sendo adicionada a água após o tratamento.

A Figura 26 apresenta o gráfico com o resultado do ensaio de volume dosado de Hipoclorito de Sódio pela bomba dosadora.



O ensaio demonstrou que a bomba dosadora tipo pulsante apresenta total linearidade no sistema de recalque, pois não houve variação de pressão no ensaio. Na bomba dosadora utilizada no sistema, há a opção de ajuste de seu *Setpoint* em porcentagem com resolução de 1%.

O atendimento do valor mínimo de cloro residual previsto na NBR 15527:2007 (cloro residual acima de 0,5 mg/L) foi obtido no sistema de reuso de água pluvial após o tratamento ao se reajustar o *Setpoint* da bomba dosadora para 3%, com a aplicação de 5,28 mL/min de Hipoclorito de Sódio 6% adicionados a vazão de água de 126,7 L/min, recalçada do reservatório subterrâneo para o reservatório superior, resultando a dosagem de cloro total de 3 mg/L.

A dosagem mais elevada no sistema se deve ao fato de que o tempo de retenção nos reservatórios intermediário e superior variar e pode chegar a cerca de 20 dias antes do consumo.

Assim, para garantir a concentração mínima de cloro residual de 0,5 mg/L nos pontos de consumo após este período, a dosagem foi elevada para 3 mg/L de cloro total.

5.3.2.3 Ensaio de estabilidade

Os resultados das análises de Cálcio, Alcalinidade, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Temperatura e pH para o ensaio de estabilidade foram realizadas em 18 de novembro de 2016 na água coletada pelo sistema antes do tratamento no reservatório que recebe a água dos telhados (reservatório subterrâneo). Os resultados das análises e do ensaio de estabilidade realizado em laboratório são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Resultados dos ensaios de estabilidade

Parâmetro	Unidade	Resultados para água antes do tratamento						
		0	1,3	5,5	8	8,5	11	15
Volume adic. de geocalcio (1 g/L)	ml							
Temperatura	°C	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Cálcio	mg/L	1,84	2,00	2,10	2,26	2,50	3,22	3,92
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	9,05	9,58	11,39	14,37	19,59	25,87	32,02
STD	mg/L	36	15	30	29	46	32	23
pH observado da água de estudo		6,15	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00
pH de Saturação		10,13	10,05	9,97	9,84	9,68	9,43	9,24
Índice de Langelier		-3,98	-3,55	-2,97	-2,34	-1,68	-0,93	-0,24

Fonte: Autoria própria.

Os resultados das análises das amostras e do ensaio de estabilidade realizado em laboratório demonstraram que a água antes do tratamento apresenta características corrosivas para os valores de pH normalmente encontrados na água do reservatório subterrâneo, pH em torno de 6,5, pois resultou em índice de Langelier negativo $IL = -3,55$. Conforme o resultado do ensaio, o valor de pH indicado para o sistema é em torno de 9,00, pois neste valor a água se encontra estabilizada pois apresenta IL próximo a zero. Assim o *Setpoint* da bomba dosadora de Hidróxido de Sódio 50% foi reajustado para pH de 9,00.

Após a ação de reajuste do valor de pH para a água do sistema uma nova verificação do índice de Langelier foi realizada para verificar se os valores de pH indicados pelo ensaio em laboratório correspondiam nos mesmos valores para a água no sistema. A Tabela 11 apresenta o resultado da verificação do índice de Langelier no sistema.

Tabela 11: Índice de Langelier no sistema após reajuste da dosagem de Hidróxido de Sódio

Parâmetro	Unidade	Coleta em 22/11/2016		Coleta em 30/11/2016	
		Água antes do tratamento	Água após o tratamento	Água antes do tratamento	Água após o tratamento
Cálcio	mg/L	0,92	4,56	0,71	4,12
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	16	31	22	46
STD	mg/L	3	20	14	58
Temperatura	°C	25,9	25,9	26	26
pH de Saturação		10,14	9,19	10,14	9,10
pH da água		6,68	9,30	6,47	8,96
Índice de Langelier (IL)		-3,46	0,11	-3,67	-0,14

Fonte: Autoria própria.

Nas duas verificações do índice de Langelier da água no sistema foi possível observar que sem nenhum tratamento a água apresenta características corrosivas, pois apresenta IL negativo, porém ao passar pelo tratamento e ter seu pH ajustado para valores em torno de 9,00, conforme indicado pelo ensaio em laboratório, passa a estar estabilizada apresentando valores de IL próximo a zero.

Ao realizar a comparação entre o valor de pH necessário para que a água do sistema esteja estabilizada após o tratamento (pH de 9,0) e o valor de pH indicado pela NBR 15527:2007 para tubulações de aço (pH de 6,0 a 8,0), verifica-se que quando consideradas as demais características da água no sistema de reuso de água pluvial da edificação, o valor de pH indicado deverá ser obtido através de um referencial mais abrangente, tal como o índice de Langelier, para que a água não apresente características que ao longo do tempo cause danos ao sistema.

5.4 RESULTADOS DA ANÁLISE DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS DA EDIFICAÇÃO

As análises dos sistemas hidráulicos de água potável e de água não potável foram realizadas como o objetivo verificar a eficiência dos sistemas instalados.

No sistema de água não potável foi realizada a análise dos principais equipamentos sanitários da edificação, as bacias sanitárias e os dispositivos de descarga.

As bacias sanitárias utilizadas na edificação são de modelos convencionais de 6 Litros por fluxo (Lpf) de ação por arraste que faz o uso da velocidade fornecida pelo aparelho de descarga para a remoção dos dejetos nela depositados. A Figura 27 apresenta uma foto da bacia sanitária.

Figura 27: Bacia sanitária utilizada na edificação



Fonte: Autoria própria.

Os dispositivos de descarga são do tipo válvula de descarga embutida de alta pressão com registro integrado para regulagem de vazão e faixa de operação de 10 a 40 mca. O acabamento aplicado a válvula é do tipo tecla dupla, sendo uma tecla para acionamento parcial: ideal para limpeza de líquidos, com uma descarga econômica e menor volume de água. E outra para acionamento total: ideal para limpeza de sólidos, com uma descarga completa. A Figura 28 apresenta o dispositivo de descarga de tecla dupla.

Figura 28: Dispositivo de descarga com tecla dupla.



Fonte: Autoria própria.

Sendo uma edificação nova, tanto as bacias sanitárias como os dispositivos de descarga já são elementos eficientes em total concordância com as normas vigentes, NBR 15097:2004, que trata dos aparelhos sanitários de material cerâmico, e NBR 12904:1993 que trata das válvulas de descarga. Os elementos foram analisados em conjunto e foi verificada a relação entre a vazão de água liberada pelo dispositivo de descarga de 3,5 L/s e a vazão requerida pela bacia sanitária, 6,8 L com variação de $\pm 0,3$ L em um período de 1 a 4 segundos com fechamento de 6 a 12 segundos, ou seja, vazão de 1,7 a 6,8 L/s.

Estando o dispositivo de descarga com maior vazão há o desperdício de água. Desta forma foi proposto ajustar a vazão de água do dispositivo de descarga para 2,2 L/s, propiciando um potencial de economia de água em cada descarga de 38%, e uma redução potencial do consumo de água não potável da edificação de 19%, uma vez que o consumo das bacias sanitárias representa metade do consumo de água não potável da edificação.

No sistema de água potável foi realizada a análise do sistema hidráulico da edificação para avaliar a eficiência dos dispositivos de consumo, principalmente as torneiras utilizadas na edificação.

As torneiras utilizadas nas pias da edificação são de pressão com abertura manual de $\frac{1}{4}$ de volta, vazão de 0,10 L/s para pressão de 15 mca e dotadas de arejador que já apresentam uma redução de cerca de 50% no volume de água consumido para as mesmas condições de uso, conforme apresentado em Alves, Rocha e Gonçalves (2006). A Figura 29 apresenta a torneira utilizada nas pias da edificação.

Figura 29: Torneira manual com arejador utilizada nas pias da edificação.



Fonte: Autoria própria.

As torneiras utilizadas nos lavatórios dos banheiros da edificação têm arejadores, vazão de 0,17 L/s para a pressão de 15 mca e são de fechamento automático após 7 segundos, que reduz o tempo de operação do usuário levando a menores volumes de água consumida, com a eliminação do desperdício devido à demora ou eventual esquecimento de fechamento da torneira. A Figura 30 apresenta a torneira utilizada nos lavatórios da edificação.

Figura 30: Torneira com fechamento automático e arejador utilizada nos lavatórios da edificação.



Fonte: Autoria própria.

As torneiras utilizadas nas pias da edificação estão em conformidade com os requisitos previstos na NBR 10281:2001 que regulamenta os requisitos e métodos de ensaio de torneiras manuais de pressão. As torneiras de fechamento automático utilizadas nos lavatórios estão em conformidade com a NBR 13713:2009 que estabelece os requisitos e métodos de ensaio de aparelhos automáticos acionados mecanicamente e com ciclo de fechamento automático, porém devido a pressão da rede de água potável da edificação ser de 15 mca as torneiras estão operando com vazão de 0,17 L/s por 7 segundos o que resulta em um volume por ciclo de 1,17 L, estando muito próximo do volume máximo de 1,20 L por ciclo indicado pela norma. Desta forma foi sugerido a instalação de redutores de vazão nas torneiras dos lavatórios para a redução do volume de água por ciclo para 0,90 L, propiciando um potencial de economia de água em cada ciclo de 23%, e uma redução potencial do consumo de água potável da edificação de 8%, uma vez que o consumo das torneiras dos lavatórios representa cerca de um terço do consumo de água potável da edificação.

5.5 ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA

Os indicadores referentes ao consumo de água potável e não potável que foram definidos para aplicação nesta pesquisa, considerando os usuários e a forma de utilização da edificação, permitiram a comparação dos resultados frente a edificações com usos similares e a análise dos resultados obtidos com a implementação de ações de eficiência e economia. A Tabela 12 apresenta o resultado da análise dos indicadores de consumo de água diários do ano de 2015.

Tabela 12: Indicadores diários do consumo de água em 2015

Indicador	n	Média	Min	Máx	Desvio Padrão	Coef. de Variação
Consumo de água potável por usuário (L/usuário.dia)	12	16,25	7,72	37,12	7,95	0,49
Consumo de água potável por usuário.h (L/usuário.h)	12	6,16	2,86	15,05	3,30	0,54
Consumo de água não potável por usuário (L/usuário.dia)	12	6,95	2,66	12,63	2,73	0,39
Consumo de água não potável por usuário.h (L/usuário.h)	12	6,16	2,86	15,05	3,30	0,54
Consumo total de água por usuário (L/usuário.dia)	12	23,20	14,99	39,78	6,97	0,30

Fonte: Autoria própria.

O indicador de consumo de água potável por usuário teve valor médio de 16,25 L/usuário/dia, e o indicador de consumo de água não potável por usuário teve valor médio de 6,95 L/usuário/dia, ambos apresentaram variação em função da carga de usuários na edificação que pode variar em função do dia.

Os indicadores de consumo de água potável por usuário.h e de consumo de água não potável por usuário.h tiveram maior variação, pois são capazes de identificar a variação das diferentes cargas horárias diárias dos cursos ministrados na edificação, assim estes indicadores são mais efetivos para comparar ações na mesma edificação.

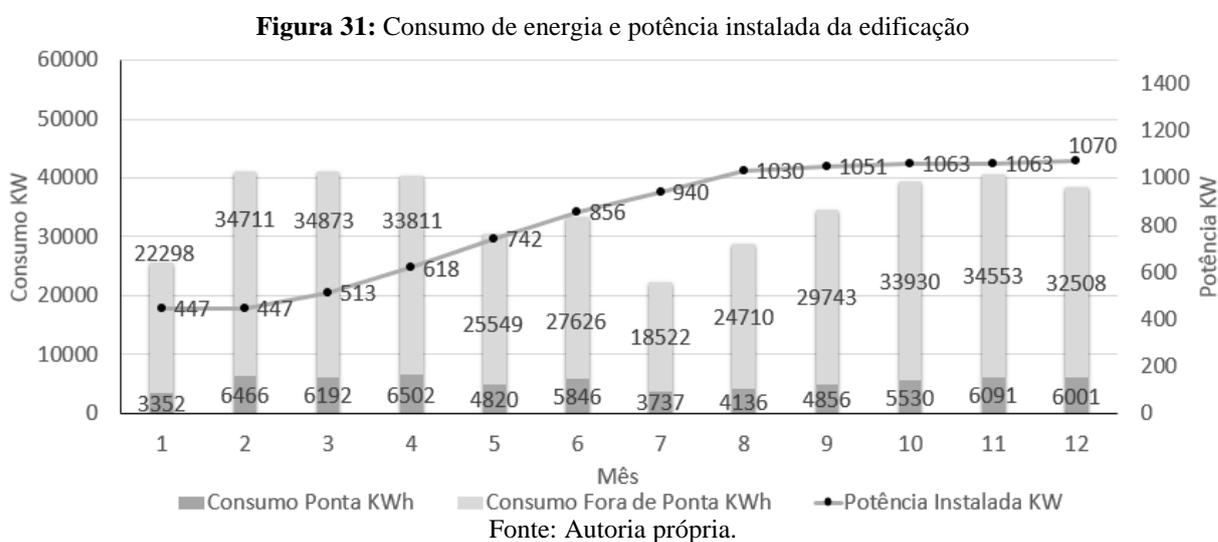
O indicador de consumo de água por usuário em cada dia do ano de 2015 permitiu a comparação com referenciais apresentados por Sabesp (2013) no item escolas, que apresenta como referência o valor de consumo de água de 25 L/aluno.dia. Desta forma, o consumo de água médio de 23,20 L/usuário.dia da edificação está abaixo da referência, demonstrando que

a edificação consome o recurso com eficiência e racionalidade, ainda mais ao se considerar que em média 50% dos 23,20 L/usuário consumidos diariamente são provenientes do sistema de reuso de água pluvial.

5.6 RESULTADOS DA ANÁLISE DE QUALIDADE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

A qualidade do consumo de energia elétrica foi analisada através de uma análise das doze faturas de energia do ano de 2015, que possibilitou traçar o perfil anual de consumo da edificação.

O consumo de energia nos horários de ponta (18:00 às 21:00) e nos horários fora de ponta foi analisado e confrontado com a potência instalada, pois a edificação recebeu durante 2015 diversos investimentos em máquinas e equipamentos consumidores de energia que poderiam elevar substancialmente o consumo de energia. O gráfico da Figura 31 apresenta o consumo de energia da edificação durante 2015 e a correlação com a potência instalada.



O perfil de consumo de energia da edificação acompanhou o regime de produção com menor consumo nos meses de janeiro e julho referentes ao período em que os alunos estavam de férias. A potência instalada de equipamentos consumidores de energia elétrica na edificação foi elevada drasticamente devido à grande quantidade de máquinas e equipamentos que foram instalados no ano de 2015, iniciando o ano em 447 kW e encerrando dezembro com 1070 kW instalados, mas percebe-se que o consumo de energia não acompanhou este aumento

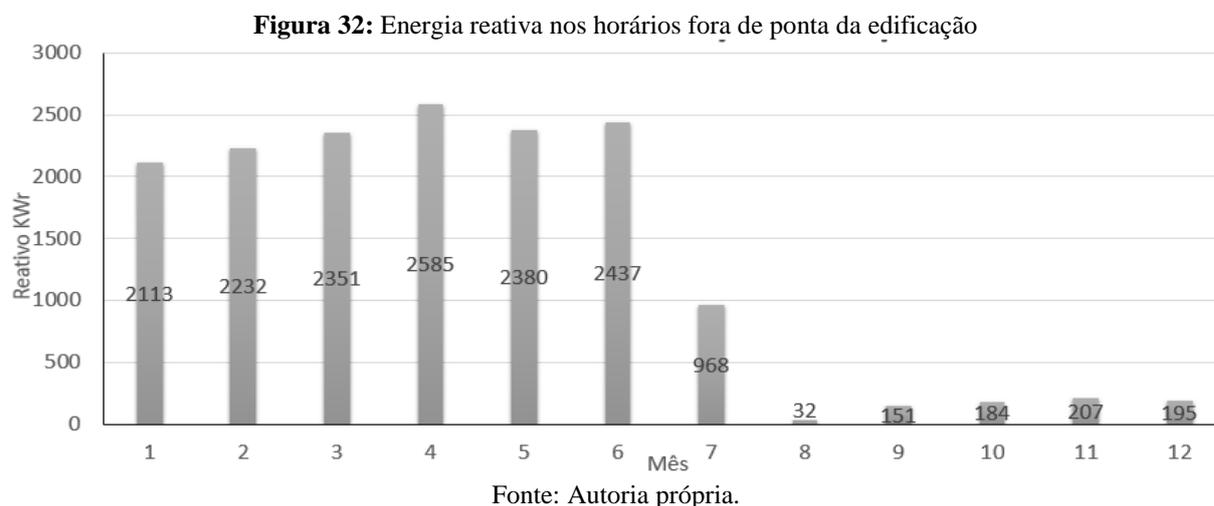
principalmente devido às ações de economia de energia que foram implementadas a partir do mês de maio, mantendo-se o consumo de energia estável mesmo com o aumento da potência instalada.

As principais ações de economia de energia implantadas a partir do mês de maio de 2015 foram o seccionamento de cargas desnecessárias e a substituição da iluminação externa da edificação.

O seccionamento de cargas foi realizado a partir do mapeamento de equipamentos com grande consumo de energia que estavam com subutilização, assim este seccionamento acarretou o desligamento de um transformador na cabine primária de 300 kVA que estava subutilizado e alguns capacitores destinados a correção do fator de potência que estavam sem aplicação.

Na iluminação externa foi realizada a substituição da tecnologia de vapor de sódio, cujo conjunto de lâmpada e reator consumia 100Wh, por lâmpada com tecnologia LED, cujo conjunto de lâmpada e driver consome 16Wh. Desta forma, foram substituídos 94 pontos de iluminação utilizando como referência o valor de iluminância previsto na NBR ISO 8995-1:2013 de 100 lux para áreas de circulação.

A energia reativa foi monitorada nos horários de ponta e fora de ponta. Nos horários de ponta a energia reativa da edificação foi zero e nos horários fora de ponta houveram registros conforme apresentado no gráfico da Figura 32.

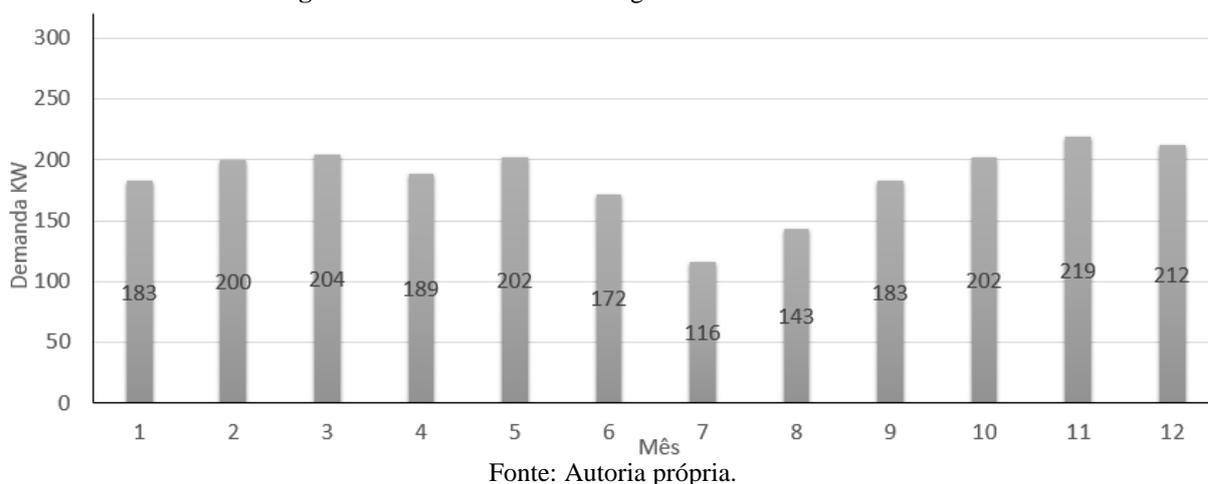


Através do monitoramento das faturas foi possível identificar que a edificação estava gerando energia reativa excessiva nos horários fora de ponta e através dos analisadores de energia instalados na edificação foi possível identificar que esta energia reativa estava sendo gerada nos períodos noturnos das 00:00 as 06:00, sendo energia reativa capacitiva gerada por

capacitores de correção do fator de potência que estavam ligados ininterruptamente. Desta forma, a partir do mês de julho foram realizados ajustes nos bancos de capacitores e a energia reativa gerada na edificação diminuída significativamente.

A demanda contratada pela edificação e as maiores demandas registradas foram analisadas mês a mês no ano de 2015. A Figura 33 apresenta o resultado dos registros de maior demanda em cada mês.

Figura 33: Maiores demandas registradas mês a mês em 2015.



A demanda registrada em todo o período analisado ficou abaixo do valor contratado, 300 kW. Este valor não gera multa pois não ultrapassou a demanda contratada, porém o maior valor registrado foi de 219 kW, valor inferior ao contratado que indica a possibilidade de estudo e alteração do contrato com a concessionária. Desta forma foi solicitada alteração do valor contratado que se efetivou em abril de 2016, alterando o contrato de demanda com a concessionária para 200 kW.

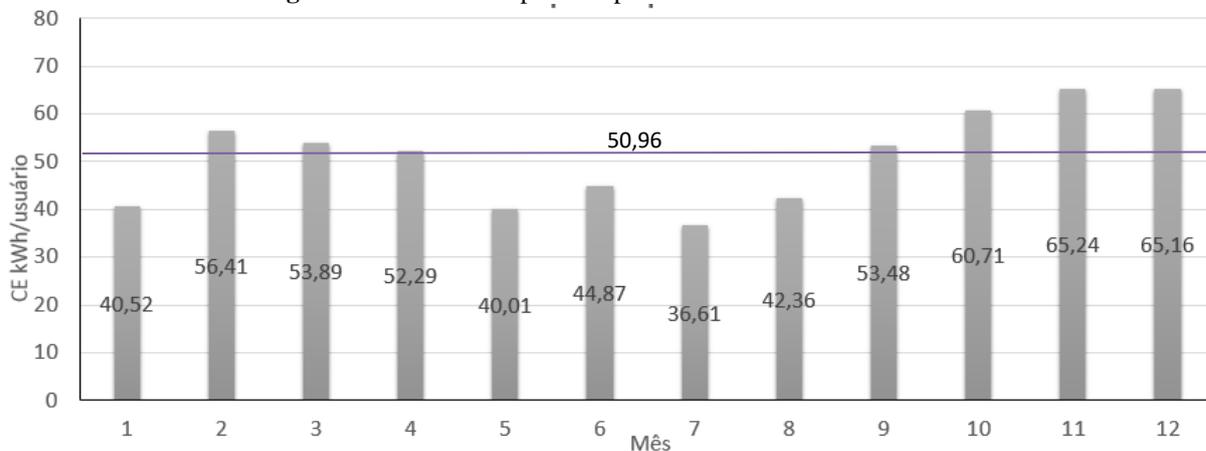
5.7 ANÁLISE DOS INDICADORES DO CONSUMO DE ENERGIA

Os indicadores apresentados por Marques; Haddad e Guardia (2006) de consumo específico de energia, de fator de carga da instalação e de custo médio de energia foram utilizados para a caracterização do uso da energia elétrica na edificação, além destes, também foram calculados os indicadores de demanda contratada por usuário e demanda registrada por usuário.

Os indicadores de consumo específico de energia por usuário da edificação e por área construída foram analisados mês a mês no ano de 2015.

A Figura 34 apresenta os resultados do indicador de consumo específico por usuário da edificação.

Figura 34: Consumo específico por usuário mês a mês em 2015

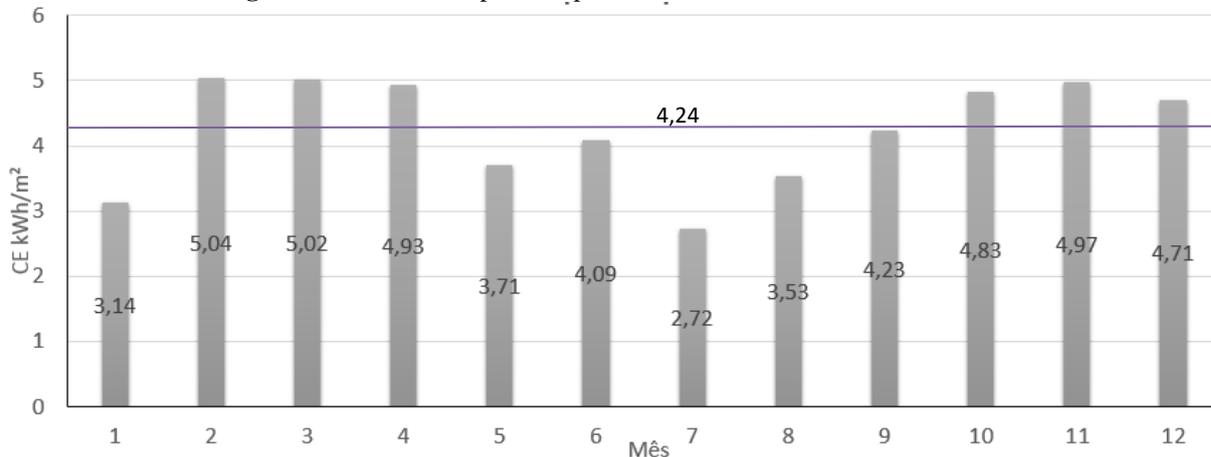


Fonte: Aatoria própria.

O indicador de consumo específico por usuário demonstrou que a edificação teve desempenho superior a outras edificações de ensino com usos similares, pois teve em 2015 valor médio de 50,96 kWh/usuário. Moraes (2007) apresentou em seu estudo o consumo específico por setores que variaram de 4,05 kWh/pessoa a 258,02 kWh/pessoa para a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Morales (2007) o valor de 88 kWh/usuário para a Cidade Universitária Armando Sales de Oliveira da Universidade de São Paulo (USP).

A Figura 35 apresenta os resultados do indicador de consumo específico por área construída da edificação.

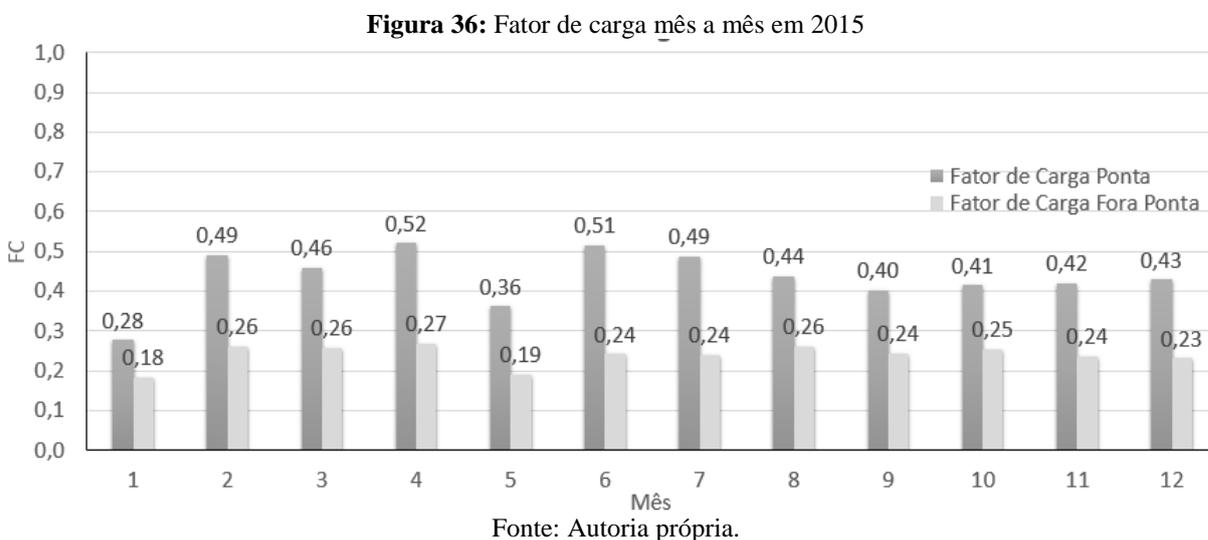
Figura 35: Consumo específico por área construída mês a mês em 2015.



Fonte: Aatoria própria.

O indicador de consumo específico por área edificada demonstrou que a edificação teve desempenho superior a outras edificações de ensino com usos similares, pois teve em 2015 valor médio de 4,24 kWh/m². Moraes (2007) apresentou em seu estudo o consumo específico por setores que variaram de 1,92 kWh/m² a 13,12 kWh/m² para a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Morales (2007) o valor de 6,9 kWh/m² para a Cidade Universitária Armando Sales de Oliveira da Universidade de São Paulo (USP).

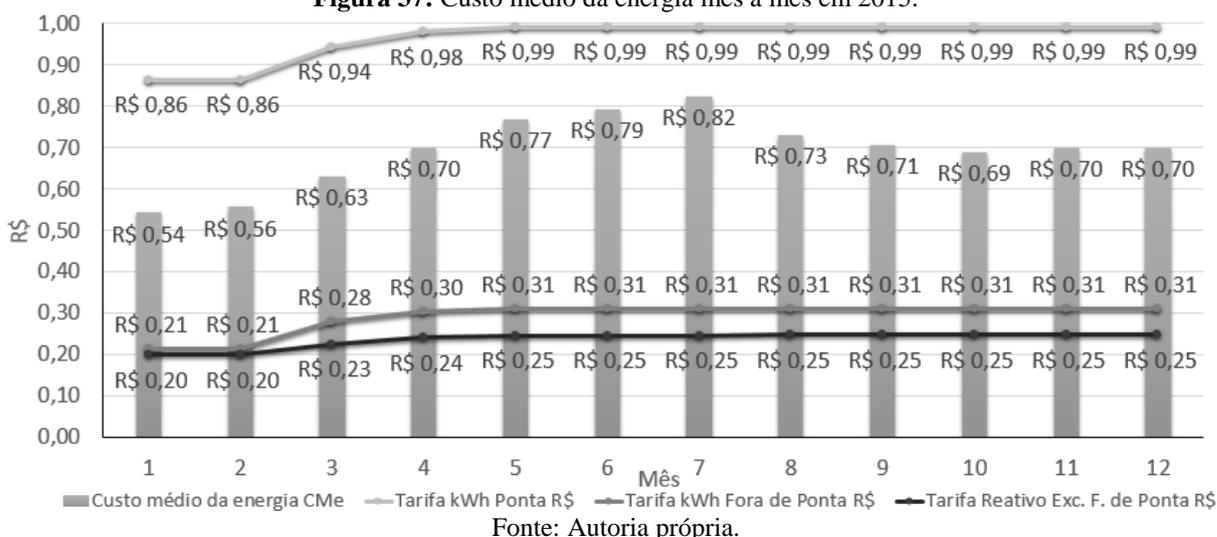
O fator de carga da edificação nos horários de ponta e fora de ponta, foi analisado mês a mês no ano de 2015 com o objetivo de mapear como o consumo de energia era distribuído ao longo do tempo. A Figura 36 apresenta os resultados da análise do fator de carga da edificação.



O fator de carga demonstrou que a edificação tem o consumo de energia desuniformemente distribuído ao longo do tempo principalmente nos horários fora de ponta, devido à não operação da edificação nos períodos da madrugada, já nos horários de ponta a edificação apresentou valor médio de 0,43. Morales (2007) apresentou em seu estudo o valor de 0,52 para a Cidade Universitária Armando Sales de Oliveira da Universidade de São Paulo (USP). O baixo fator de carga apresentado pela edificação não representa ineficiência, mas a distribuição de cargas de maneira mais uniforme ao longo do tempo pode ser uma ação a ser implementada caso a edificação passe a ultrapassar a demanda contratada da concessionária.

O custo médio da energia da edificação foi calculado mês a mês no ano de 2015 e comparado com os valores das tarifas cobrados pela concessionária para a edificação. A Figura 37 apresenta os resultados do cálculo do custo médio e os valores das tarifas.

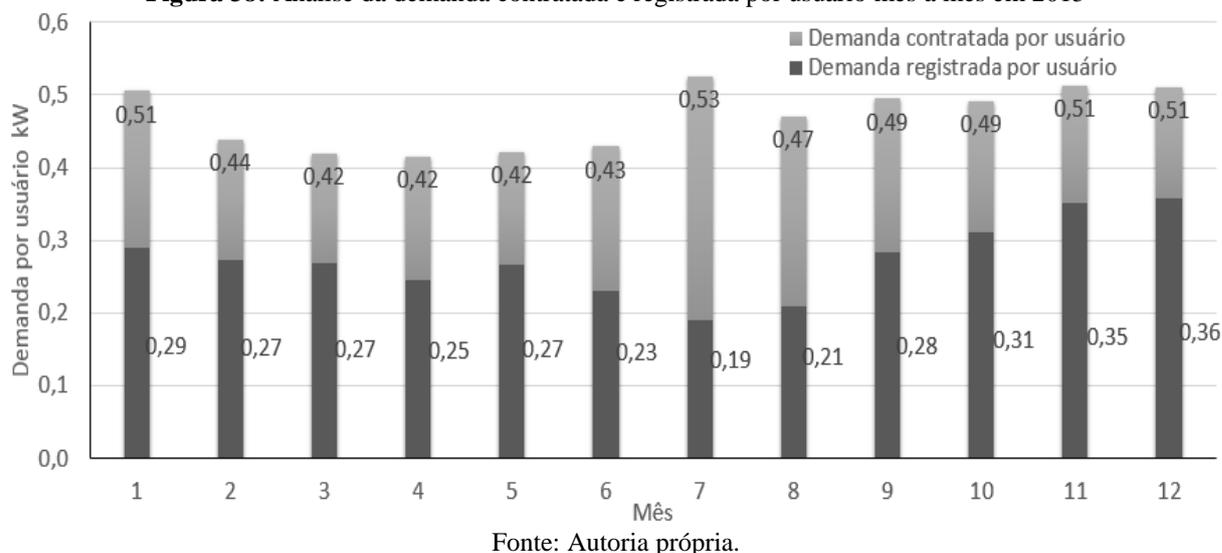
Figura 37: Custo médio da energia mês a mês em 2015.



Através do cálculo do custo médio foi possível identificar que o valor do custo médio aumentou na mesma proporção em que as tarifas de energia foram reajustadas pela concessionária até o mês de maio. Porém, a partir de julho foi possível identificar que o custo médio da energia começou a diminuir mesmo estando as tarifas cobradas pela concessionária inalteradas, tal fato ocorreu a partir de julho quando começaram a ser implantadas as ações de correção do fator de potência que causaram a interrupção da cobrança de reativo excedente na fatura de energia e conseqüentemente a diminuição do custo médio da energia na edificação.

A demanda contratada e registrada por usuário foi analisada mês a mês no ano de 2015. A Figura 38 apresenta os resultados da análise da demanda por usuário.

Figura 38: Análise da demanda contratada e registrada por usuário mês a mês em 2015



Assim como a análise de demanda máxima registrada, a análise da demanda contratada por usuário versus a demanda registrada por usuário demonstrou que no ano de 2015, em todos os meses, a demanda contratada foi muito superior a demanda real da edificação. A demanda registrada foi pelo menos 30% menor do que a demanda contratada em todos os meses de 2015, confirmando novamente a necessidade de se readequar a demanda contratada da edificação que posteriormente ocorreu em abril de 2016.

5.8 ANÁLISE ECONOMICO-FINANCEIRA

A análise econômico-financeira foi realizada e os resultados alcançados com a implantação das ações no âmbito do programa de racionalização do consumo de água e de eficiência energética implantados na edificação são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Benefícios financeiros obtidos

Recurso economizado	Ação	Status	Economia anual	Economia financeira anual
Água	Manutenção da operação do sistema de captação, armazenamento, tratamento e distribuição através de reajustes no sistema para atendimento aos requisitos normativos	implementada	1.180 m ³	R\$ 18.350,00
	Ajuste da vazão de água dos dispositivos de descarga das bacias sanitárias para 2,2 L/s	futura	225 m ³	R\$ 3.500,00
	Instalação de redutores de vazão nas torneiras dos lavatórios para a redução do volume de água por ciclo para 0,90 L	futura	194 m ³	R\$ 3.000,00
Energia	Seccionamento de cargas desnecessárias e a substituição da iluminação externa da edificação	implementada	52.350 kWh	R\$ 15.600,00
	Ajustes nos bancos de capacitores para eliminação da energia reativa capacitiva gerada no horário das 00:00 as 06:00	implementada	24.000 KWhr	R\$ 6.000,00
	Alteração do valor contratado com a concessionária de demanda para 200 kW	implementada	1200 kW	R\$ 9.840,00

Fonte: Autoria própria.

A economia financeira gerada pelo sistema de água não potável já existente na edificação foi computada integralmente como uma economia propiciada por este estudo, pois as ações de reajustes, as análises e os ensaios realizados permitiram que o sistema continuasse

a operar atendendo as normas aplicáveis e oferecendo segurança aos usuários, pois caso contrário o sistema poderia ser desativado.

A somatória das ações implementadas de forma imediata no âmbito deste estudo, totalizaram uma economia de R\$49.800,00 anuais no orçamento da edificação, ao se somar as duas ações de economia de água que serão implementadas em curto prazo por não demandarem investimentos onerosos, esta economia chegará a R\$56.300,00 anuais.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões deste estudo foram:

- As análises realizadas de acordo com a NBR 15527:2007 no sistema de reuso de água pluvial da edificação para a verificação do cumprimento dos requisitos impostos por esta norma, demonstraram que o sistema existente na edificação atende plenamente os requisitos normativos e devido ao fato do tempo de retenção da água após tratamento chegar a um período de cerca de 20 dias a dosagem de cloro total adicionado a água foi ajustada para 3 mg/L, garantindo assim residual livre e segurança sanitária aos usuários.
- O ensaio de estabilidade química merece destaque por revelar que o valor de pH indicado para o sistema estudado é superior ao indicado pela norma (pH de 6,0 a 8,0). Desta forma o valor de pH passou a ser controlado baseado no índice de Langelier, que indica para o sistema valores de pH em torno de 9,0 para que não haja corrosão ou incrustação no sistema hidráulico da edificação.
- Na análise do sistema hidráulico da edificação foi possível constatar uma oportunidade de economia de água potável através da instalação de redutores de vazão nas torneiras dos lavatórios para a redução do volume de água por ciclo para 0,90 L, propiciando um potencial de economia de água em cada ciclo de 23%, e uma redução do consumo de água potável da edificação de 8%. Uma oportunidade de economia de água não potável também poderá ser obtida através do ajuste da vazão de água do dispositivo de descarga das bacias sanitárias para 2,2 L/s, propiciando um potencial de economia de água em cada descarga de 38%, e uma redução do consumo de água não potável da edificação de 19%.
- Os indicadores referentes ao consumo de água potável e não potável demonstraram que a edificação já consome o recurso com eficiência e racionalidade, ainda mais ao se considerar que em média 30% dos 23,20 L/usuário consumidos diariamente são provenientes do sistema de reuso de água pluvial, justificando e comprovando que o reuso de água pluvial para fins não potáveis exerce papel fundamental na racionalização do consumo de água potável.

- As análises dos indicadores do consumo de energia demonstraram que a edificação teve desempenho superior frente a outras edificações de uso similar, pois obteve valores médios de consumo em 2015 de 50,96 kWh/usuário e 4,24 kWh/m² de área edificada.
- Através da implantação do gerenciamento de energia da edificação foi possível analisar a demanda contratada e registrada por usuário e observou-se que a demanda contratada estava superior a necessidade da edificação, além disso, também foi possível identificar que a edificação estava sendo tarifada por energia reativa capacitiva gerada por capacitores de correção do fator de potência que estavam ligados ininterruptamente, operando em horário indevido.
- A auditoria energética e a análise dos parâmetros tarifados pela concessionária de energia permitiram a implementação de ações que possibilitaram a diminuição do consumo através do seccionamento de cargas sem utilização e da substituição da tecnologia de iluminação da área externa por tecnologia mais econômica.
- A somatória das ações implementadas de forma imediata no âmbito deste estudo, totalizaram uma economia de R\$49.800,00 anuais no orçamento da edificação, ao se somar as duas ações de economia de água que serão implementadas em curto prazo por não demandarem de investimentos onerosos, esta economia chegará a R\$56.300,00 anuais.

Por fim vale ressaltar que a opção por demonstrar os benefícios de racionalização do uso de água e o aumento da eficiência energética em uma edificação escolar teve além dos propósitos financeiros e ambientais, o caráter de formação e de exemplo onde usuários e frequentadores podem vivenciar a cultura conservacionista e disseminar tais exemplos pela sociedade.

A manutenção da economia de água e energia obtida com as ações implementadas no âmbito deste estudo apenas se tornarão perenes caso os programas de racionalização do consumo de água e de eficiência energética sejam desenvolvidos de forma sistemática. Desta forma é recomendado que as etapas de análise, identificação, implantação, acompanhamento e avaliação sejam desenvolvidas de forma cíclica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8.995-1**: Iluminação de Ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9.898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.281**: Torneira de pressão – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.904**: Válvula de Descarga. Rio de Janeiro, 1993.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.713**: Aparelhos Automáticos Acionados Mecanicamente e com Ciclo de Fechamento Automático - Requisitos e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.097**: Aparelho Sanitário de Material Cerâmico – Requisitos e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.527**: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3 ed. Brasília: ANEEL, 2008. 236 p.

ALVES, Wolney Castilho et al. Tecnologias de Conservação em Sistemas Prediais. In: GONÇALVES, Ricardo Franci. **Projeto PROSAB**: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 220-294.

ALVES, W. C.; ROCHA, A. L.; GONÇALVES R. F. Aparelhos Sanitários Economizadores. In: GONÇALVES, Ricardo Franci. **Projeto PROSAB: Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 267-321.

AMORIN, Silmar Vieira de; HERNANDES André Teixeira. Avaliação Quantitativa e Qualitativa de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial em uma Edificação na Cidade de Ribeirão Preto. **XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, Florianópolis**, Ago. 2006. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_3364_3372.pdf>. Acesso em 06 de jan de 2017.

ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo: 2005.

ANNECCHINI, Karla Ponzó Vaccari. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington, USA, 2012.

BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELLI, Reinaldo; GEDRA, Ricardo Luis. **Gerenciamento de Energia: Ações Administrativas e Técnicas de Uso Adequado da Energia Elétrica**. São Paulo: Érika, 2011. 176 p.

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

BRASIL. **Resolução nº 54**, de 28 de novembro de 2005. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Estabelece Critérios Gerais Para Reuso de água Potável. Brasília.

BUZETI, Jéssica de Castro. **Avaliação da Qualidade da Água de Chuva Armazenada Em Reservatórios de Edifícios Residenciais em Curitiba – PR**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

CANAOSTE. **Índice Pluviométrico nas Áreas de Atuação da Canaoeste, 2015**. Apresenta tabelas dos índices pluviométricos na cidade de Sertãozinho. Disponível em: <www.canaoeste.com.br/conteudo/indice-pluviometrico-nas-areas-de-atuacao-da-canaoeste-em2015>. Acesso em: 04 abr. 2016.

CANAOSTE. **Índice Pluviométrico nas Áreas de Atuação da Canaoeste, 2016**. Apresenta tabelas dos índices pluviométricos na cidade de Sertãozinho. Disponível em: <www.canaoeste.com.br/conteudo/indice-pluviometrico-nas-areas-de-atuacao-da-canaoeste-em2016>. Acesso em: 04 abr. 2016.

CHEIS, Daiana. Falta de normas técnicas para reúso de água ainda é um problema no país. **TAE**, Santo André, n. 12, p.16-19, abr. 2013.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Tratabilidade de Água e dos Resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água**. 1. ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2011. v. 1. 454p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2014**. Rio de Janeiro: EPE, 2014. 288 p.

GIACCHINI, Margolaine. **Uso e Reuso da Água**. Curitiba: CREA-PR, 2011. 32p.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207p.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). **Projeto PROSAB: Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p.

GONÇALVES, Ricardo Franci; JORDÃO Eduardo Pacheco. Introdução. In: GONÇALVES, Ricardo Franci. **Projeto PROSAB: Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 22-35.

GONÇALVES, Ricardo Franci et al. Gerenciamento de Águas Cinzas. In: GONÇALVES, Ricardo Franci. **Projeto PROSAB: Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 153-222.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). **Projeto PROSAB: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 352 p.

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO E. P.; JANUZZI G. Introdução. In: GONÇALVES, Ricardo Franci. **Projeto PROSAB: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 22-35.

IDEC. **Consumo Sustentável: Manual de Educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/IDEC, 2005. 160 p. Disponível em: <<http://www.idec.org.br>>. Acesso em: 09 ago. 2015.

MARQUES, M.C.S.; HADDAD, J.; GUARDIA E.C. (Coord.). **Eficiência Energética: Teoria & Prática**. 1. ed. Itajubá: FUPAI, 2007. 244 p.

MARQUES, M.C.S.; HADDAD, J.; GUARDIA E.C. (Coord.). **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006. 621 p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (Brasil). Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: EPE, 2007. 12 v.

MORAES, Júlia Silva de. **Indicadores Energéticos de Edifícios Públicos**: Estudo de Caso da Escola Politécnica – UFBA. 2007. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo. Universidade Federal da Bahia, Salvador.

MORALES, Clayton. **Indicadores de Consumo de Energia Elétrica como Ferramentas de Apoio à Gestão**: Classificação por Prioridades de atuação na universidade de São Paulo. 2007. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. Universidade de São Paulo, São Paulo.

MORE: Mecanismo online para referências, versão 2.0. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013.

OLIVEIRA, Ana Luisa de; RODRIGUES, Mariene Coutinho. **Manual de Citação para Trabalho Científico**. Ribeirão Preto: UNAERP, 2008. 18 p.

OLIVEIRA, Ana Luisa de; RODRIGUES, Mariene Coutinho. **Manual de Referência para Trabalho Científico**. Ribeirão Preto: UNAERP, 2008. 44 p.

ROCHA, Leonardo Resende Rivetti; MONTEIRO, Marco Aurélio Guimarães. **Gestão Energética**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 188 p.

SABESP. **Programa de Uso Racional da Água. São Paulo**: Sabesp, 2013. 53 slides, color. Disponível em: <http://www.hospitaissaudaveis.org/arquivos/SHS_2013_RicardoChahin1.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2015.

SARMENTO, Francisco Jácome. A Integração do São Francisco: Verdade e Mito. **Revista USP**, São Paulo, n. 70, p.14-23, jun/ago. 2006.

SENAI. **Qlkview**. Base de dados disponível eletronicamente de acesso restrito.

SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M.. **Apresentação do Programa**. Brasília, Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA). Documento DTA A1, 1999.

SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M.. **Planos Regionais e Locais de Combate ao desperdício de Água**. Brasília, Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA). Documento DTA A5, 2003.

SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M.. **Código de Prática de Projeto e Execução de Sistemas Prediais de Água - Conservação de Água em Edifícios**. Brasília,

Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA). Documento DTA F3, 2003.

WWAP (UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME). **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World.** Paris: Unesco, 2015.

APÊNDICE A – Índice pluviométrico da cidade de Sertãozinho em 2015

Índice pluviométrico dos meses em que ocorreram coletas de amostras de água do sistema de captação, armazenamento e tratamento de água pluvial da edificação em 2015. As datas realçadas na cor amarela representam os dias em que houve coleta de amostras.

Outubro	mm de chuvas	Novembro	mm de chuvas	Dezembro	mm de chuvas
01/10/2015	0,00	01/11/2015	4,60	01/12/2015	3,00
02/10/2015	0,00	02/11/2015	5,40	02/12/2015	0,00
03/10/2015	0,00	03/11/2015	0,20	03/12/2015	24,60
04/10/2015	0,00	04/11/2015	2,00	04/12/2015	20,00
05/10/2015	0,00	05/11/2015	0,00	05/12/2015	0,00
06/10/2015	0,00	06/11/2015	0,00	06/12/2015	5,20
07/10/2015	0,00	07/11/2015	0,60	07/12/2015	6,00
08/10/2015	0,00	08/11/2015	0,00	08/12/2015	35,80
09/10/2015	0,00	09/11/2015	18,20	09/12/2015	9,40
10/10/2015	0,00	10/11/2015	0,00	10/12/2015	0,80
11/10/2015	0,00	11/11/2015	0,60	11/12/2015	0,00
12/10/2015	0,00	12/11/2015	0,40	12/12/2015	0,00
13/10/2015	0,00	13/11/2015	0,00	13/12/2015	0,00
14/10/2015	0,00	14/11/2015	0,00	14/12/2015	0,00
15/10/2015	0,00	15/11/2015	16,80	15/12/2015	7,40
16/10/2015	0,00	16/11/2015	10,00	16/12/2015	0,00
17/10/2015	0,00	17/11/2015	6,00	17/12/2015	0,00
18/10/2015	0,00	18/11/2015	7,80	18/12/2015	0,00
19/10/2015	0,00	19/11/2015	0,00	19/12/2015	0,00
20/10/2015	0,00	20/11/2015	3,40	20/12/2015	0,00
21/10/2015	0,00	21/11/2015	0,20	21/12/2015	5,40
22/10/2015	0,00	22/11/2015	0,00	22/12/2015	5,00
23/10/2015	6,60	23/11/2015	0,00	23/12/2015	15,20
24/10/2015	27,00	24/11/2015	55,00	24/12/2015	12,00
25/10/2015	0,00	25/11/2015	25,00	25/12/2015	0,00
26/10/2015	0,00	26/11/2015	1,80	26/12/2015	0,00
27/10/2015	6,00	27/11/2015	0,00	27/12/2015	0,00
28/10/2015	14,00	28/11/2015	0,00	28/12/2015	0,00
29/10/2015	0,00	29/11/2015	5,60	29/12/2015	3,50
30/10/2015	0,00	30/11/2015	0,00	30/12/2015	12,70
31/10/2015	0,00			31/12/2015	2,20

Fonte: CANAOESTE (2015).

APÊNDICE B – Índice pluviométrico da cidade de Sertãozinho em 2016

Índice pluviométrico dos meses em que ocorreram coletas de amostras de água do sistema de captação, armazenamento e tratamento de água pluvial da edificação em 2016. As datas realçadas na cor amarela representam os dias em que houve coleta de amostras.

Janeiro	mm de chuvas	Fevereiro	mm de chuvas	Março	mm de chuvas
01/01/2016	15,40	01/02/2016	0,00	01/03/2016	0,00
02/01/2016	0,00	02/02/2016	0,00	02/03/2016	17,60
03/01/2016	4,00	03/02/2016	0,00	03/03/2016	34,00
04/01/2016	11,40	04/02/2016	0,60	04/03/2016	9,00
05/01/2016	7,00	05/02/2016	0,00	05/03/2016	6,40
06/01/2016	0,00	06/02/2016	5,20	06/03/2016	0,00
07/01/2016	0,00	07/02/2016	0,00	07/03/2016	0,00
08/01/2016	0,00	08/02/2016	54,20	08/03/2016	0,00
09/01/2016	22,40	09/02/2016	0,00	09/03/2016	0,00
10/01/2016	22,40	10/02/2016	0,00	10/03/2016	0,00
11/01/2016	9,80	11/02/2016	39,60	11/03/2016	56,00
12/01/2016	76,80	12/02/2016	4,00	12/03/2016	0,00
13/01/2016	8,40	13/02/2016	0,00	13/03/2016	0,00
14/01/2016	29,80	14/02/2016	0,00	14/03/2016	0,00
15/01/2016	120,00	15/02/2016	0,00	15/03/2016	7,00
16/01/2016	17,40	16/02/2016	27,60	16/03/2016	18,00
17/01/2016	0,00	17/02/2016	0,00	17/03/2016	0,00
18/01/2016	0,00	18/02/2016	0,00	18/03/2016	0,00
19/01/2016	0,00	19/02/2016	0,00	19/03/2016	0,00
20/01/2016	11,80	20/02/2016	5,00	20/03/2016	0,00
21/01/2016	0,00	21/02/2016	0,00	21/03/2016	0,00
22/01/2016	2,40	22/02/2016	0,00	22/03/2016	0,00
23/01/2016	0,00	23/02/2016	40,00	23/03/2016	0,00
24/01/2016	0,20	24/02/2016	0,00	24/03/2016	0,00
25/01/2016	0,00	25/02/2016	7,80	25/03/2016	0,00
26/01/2016	3,60	26/02/2016	0,00	26/03/2016	0,00
27/01/2016	16,60	27/02/2016	0,00	27/03/2016	0,00
28/01/2016	4,00	28/02/2016	0,00	28/03/2016	0,00
29/01/2016	18,00	29/02/2016	0,00	29/03/2016	17,40
30/01/2016	10,00			30/03/2016	0,00
31/01/2016	0,00			31/03/2016	0,00

Fonte: CANAOESTE (2016).