

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**ESTUDO DE CASO - APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS LEED EM EDIFÍCIO  
PÚBLICO COM FOCO NA EFICIÊNCIA E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA**

Jessica Faria de Souza

BELO HORIZONTE

2021

Jessica Faria de Souza

**ESTUDO DE CASO - APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS LEED EM EDIFÍCIO  
PÚBLICO COM FOCO NA EFICIÊNCIA E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA**

Monografia apresentada ao curso de Especialização da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos.

Grande Área de Conhecimento: Ciências Sociais Aplicadas

Linha de Pesquisa: Tecnologia do Ambiente Construído

Orientadora: Karla Cristina de Freitas Jorge Abrahão

Universidade Federal de Minas Gerais

BELO HORIZONTE

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG  
Rua Paraíba, 697 – Funcionários  
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (031) 3409-8823

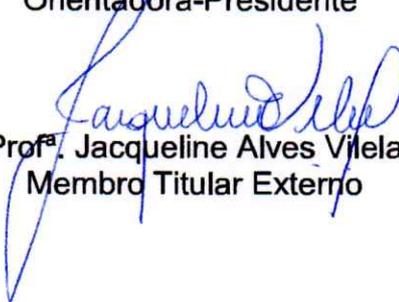
FAX (031) 3409-8822

**ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DA ALUNA JESSICA FARIA DE SOUZA COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS.**

Às 9:30 horas do dia 29 de julho de 2021, reuniu-se em teleconferência privada, devido ao COVID-19, a Comissão Examinadora composta pela Prof<sup>a</sup> Karla Cristina de Freitas Jorge Abrahão-Orientadora-Presidente, pela Prof<sup>a</sup> Jacqueline Alves Vilela – membro externo, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos, para avaliação da monografia intitulada **“ESTUDO DE CASO - APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS LEED EM EDIFÍCIO PÚBLICO COM FOCO NA EFICIÊNCIA E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA”** de autoria da aluna **JESSICA FARIA DE SOUZA**, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso, atribuindo ao trabalho (Nota 90 /Conceito A). A Comissão recomenda que seja encaminhado: 01(hum) exemplar digital ao Repositório da UFMG, após as correções sugeridas

Belo Horizonte, 29 de Julho de 2021

  
Prof<sup>a</sup> Karla Cristina de Freitas Jorge  
Orientadora-Presidente

  
Prof<sup>a</sup> Jacqueline Alves Vilela  
Membro Titular Externo

## RESUMO

O setor da construção civil tem grande papel na geração de resíduos e uso de recursos naturais do planeta. Para amenizar os danos causados e planejar um melhor uso desses recursos, foram criadas as certificações ambientais voltadas para edificações. Nesse trabalho foram aplicados os critérios da certificação LEED BD+C versão 4, categoria *Water Efficiency*, para analisar o potencial de redução do consumo de água a partir da implementação de estratégias sustentáveis em um edifício público. Os resultados apresentaram que, por meio das estratégias de substituição de válvula de descarga com fluxo duplo, empiricamente é possível reduzir em 30% o consumo anual de água potável, e o investimento com as substituição de peças apresentaria um *payback* de 3,2 anos. Através dos resultados apresenta-se que por meio soluções simples e viáveis, pode-se reduzir o consumo de água potável e conseqüentemente os gastos públicos.

Palavras-chave: LEED; Eficiência no consumo de água.

## ABSTRACT

The civil construction sector plays a major role in generating waste and using the planet's natural resources. To alleviate the damage caused and plan a better use of these resources, environmental certifications for buildings were created. In this work, the criteria of the LEED BD+C version 4 certification, in Water Efficiency category, were applied to analyse the potential for reducing water consumption from the implementation of sustainable strategies in a public building. The results showed that, through the strategies of replacement of the double flow discharge valve, it is empirically possible to reduce the annual consumption of potable water by 30%, and the investment with the replacement of parts would present a payback of 3.2 years. Through the results it is shown that through simple and viable solutions, it is possible to reduce the consumption of potable water and consequently the public expenses.

Key-words: LEED; water efficiency.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Quadro de áreas .....	13
Tabela 2: Quadro de ocupação .....	13
Tabela 3: Equipamentos sanitários .....	15
Tabela 4: Tarifas para consumo de água potável da SEMAE .....	15
Tabela 5: Tarifas e consumo de água mensal para o ano de 2020.....	16
Tabela 6: Critérios de atendimento e distribuição de pontos da categoria Eficiência no Uso da Água .....	16
Tabela 7: Redução do consumo de água utilizada no exterior.....	17
Tabela 8: Relação das espécies vegetais encontradas nos jardins da prefeitura e frequência ideal para a irrigação .....	18
Tabela 9: Determinação do consumo de água para irrigação.....	18
Tabela 10: Pontuação LEED para o crédito: Reduzir o consumo de água nas áreas externas.....	19
Tabela 11: Determinação do consumo anual do edifício.....	19
Tabela 12: custos de implementação do sistema.....	21

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Mapa de localização da cidade de Mogi das Cruzes em relação à capital São Paulo.....	7
Figura 2: Figura 2: Índice pluviométrico da cidade de Mogi das Cruzes	
Figura 3: Localização do edifício .....	11
Figura 4: Entrada principal da Prefeitura de Mogi das Cruzes .....	11
Figura 5: Planta esquemática do edifício Estudo de Caso – Sede administrativa da Prefeitura de Mogi das Cruzes .....	12
Figura 6: Planta de cobertura .....	13
Figura 7: Implantação.....	14

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
1.1	OBJETIVO GERAL.....	8
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
2	MÉTODO.....	8
2.1	Objeto de Estudo.....	8
2.2	Determinação do desempenho do consumo de água.....	9
2.3	Análise comparativa.....	9
3	RESULTADOS.....	10
3.1	ESTUDO DE CASO.....	10
3.2	CÁLCULO DO CONSUMO DE ÁGUA.....	15
3.2	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEED E PROPOSTAS PARA ATENDIMENTO AOS CRÉDITOS.....	16
3.2.1	Determinação do consumo de água utilizada no exterior.....	17
3.2.2	Determinação do consumo de água utilizada no interior.....	19
3.2.3	Medição do consumo por sistema.....	21
4	CONCLUSÃO.....	21
	REFERÊNCIAS.....	23
	APÊNDICE A - MEMÓRIA DE CÁLCULO.....	25

## 1 INTRODUÇÃO

Os impactos causados pela construção civil devido à alta geração de resíduos sólidos e demanda de água e energia tem gerado uma crescente preocupação em criar alternativas para mudar esse cenário. Assim, as certificações ambientais surgem para avaliar e promover os potenciais de eficiência no uso de recursos pelas edificações, dessa forma contribuindo para a mitigação de danos causados pelo setor.

Existem diversas certificações na construção civil voltadas para edificações, tais como: LEED (Estados Unidos), HQE (França), BREAM (Reino Unido), DGNB (Alemanha), Processo AQUA (Brasil), selos municipais como selo BH sustentável (Belo Horizonte), Selo Qualiverde (Rio de Janeiro), entre outros.

A certificação LEED (*Leadership in Energy and Environment Design*) é a mais conhecida e utilizada no Brasil segundo a GBC Brasil, e impulsiona o desenvolvimento da construção civil em busca de práticas mais sustentáveis que valorizam as edificações e auxiliam no controle de consumo de recursos. Esse sistema internacional atua como uma orientação ambiental para edificações, com o objetivo de incentivar a transformação dos projetos, obras e operações das construções com foco na sustentabilidade.

Nesse estudo será abordada a aplicação dos critérios LEED em um edifício público do município de Mogi das Cruzes, estado de São Paulo (Figura 1) com foco na eficiência do uso da água, visando avaliar o desempenho dos sistemas aplicados na edificação e propor melhorias a fim de alcançar os créditos para certificação.



externos; o uso de aparelhos sanitários eficientes e com baixo fluxo de consumo e o reuso das águas provenientes das torres de resfriamento. Na categoria gerenciamento de águas pluviais o LEED incentiva o uso responsável da água da chuva; emprego de superfícies drenantes como jardins pluviais e telhados com vegetação e aplicação de recursos para coleta e aproveitamento de águas pluviais.

### **1.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a aplicabilidade da certificação LEED BD+C versão 4, categoria *Water Efficiency*, em uma edificação pública e verificar o percentual de melhoria do desempenho do consumo de água potável comparando a situação do edifício existente à situação após aplicação de mudanças.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar o percentual de economia de água potável;
- Analisar o percentual de economia de água potável pela gestão de águas pluviais;
- Analisar o percentual de economia financeira do consumo de água potável através da aplicação do valor das tarifas do serviço de fornecimento de água pluvial sobre o consumo anual do edifício, bem como os custos de implementação dos sistemas.

## **2 MÉTODO**

A pesquisa foi dividida em 3 etapas principais, detalhadas a seguir.

### **2.1 Objeto de Estudo**

A primeira etapa do estudo foi definir o objeto de estudo e realizar o levantamento de dados. Esse estudo buscou definir um edifício público a ser o objeto de análise. Após uma seleção de edifícios, definiu-se como objeto do estudo um edifício de propriedade da prefeitura de Mogi das Cruzes. O levantamento de dados do objeto de estudo foi realizado através de pesquisas, visitas no local e entrevistas com os funcionários, constando de:

- Projeto do edifício
- Número de funcionários e visitantes (população do edifício)
- Levantamento de consumo de água potável referente ao ano de 2020
- Levantamento de hábitos e rotinas de consumo de água por funcionários e visitantes
- Levantamento de rotinas de serviço com consumo de água para limpeza e manutenção (incluído irrigação e lavagem de carros)
- Tipos de dispositivos sanitários utilizados
- Detecção de possíveis vazamentos

## **2.2 Determinação do desempenho do consumo de água**

Nessa fase foram feitas as análises segundo a metodologia do referencial LEED NC BD+C, versão 4, categoria *Water Efficiency* / Eficiência no Uso da Água (tradução do autor).

## **2.3 Análise comparativa**

Nessa etapa, foram elaboradas propostas e adequações para alcançar uma melhoria do desempenho e eficiência no uso da água, e atender um nível de pontuação dessa categoria na certificação LEED. Em situações adversas, o não atendimento ao crédito foi indicado e justificado.

A análise dos resultados foi realizada através de um método comparativo, entre os índices do desempenho do consumo calculado através dos dados levantados do edifício existente, objeto do estudo, e uma simulação considerando implementadas as propostas e modificações para redução do consumo. As análises comparativas foram feitas através de cálculos e estimativas.

Os cálculos realizados nesse estudo apresentam-se no Apêndice.

### 3 RESULTADOS

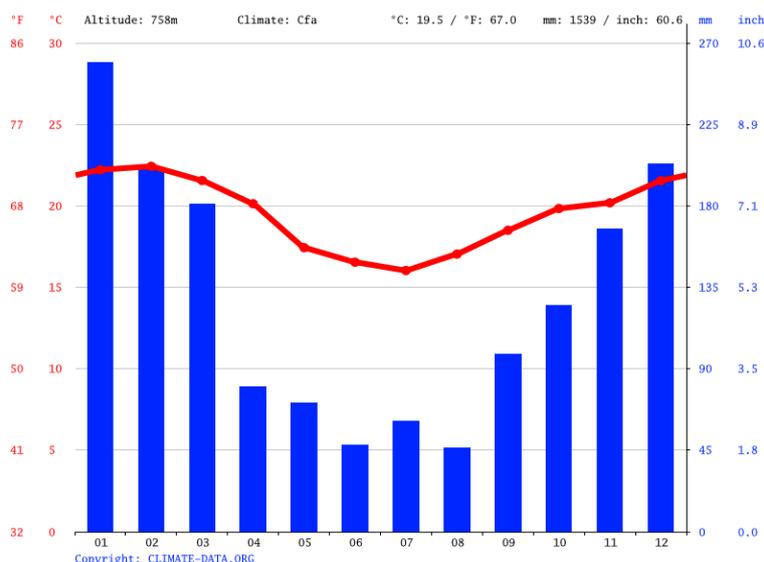
#### 3.1 ESTUDO DE CASO

A edificação escolhida como objeto de estudo é um edifício da prefeitura de Mogi das Cruzes - SP, sendo a segunda sede da administração municipal e ocupada desde 1987. No ano de 2004 esse edifício passou por intervenções na sua construção onde foram feitas adequações para atender às normas vigentes de acessibilidade, com a adição de elevadores, sinalização adequada e adaptação de sanitários.

Mogi das Cruzes é um município localizado à 52 Km da capital São Paulo, na Região Sudeste, com latitude de -23°31'23,7" Sul, longitude de -46°11'31,2" Oeste, altitude de 742 metros acima do nível do mar, e inserida na Zona Bioclimática ZB3. A população do município é de aproximadamente 450 mil habitantes, e sua área urbana totaliza 712,541 km<sup>2</sup>.

As condições pluviométricas das cidade são significativas ao longo dos meses, com períodos mais extensos de chuva no começo e final do ano, sendo os meses de abril a agosto mais secos que os demais.

Figura 2: Índice pluviométrico da cidade de Mogi das Cruzes



Fonte: Climatempo, 2021

O edifício do estudo de caso está inserido em um terreno de aproximadamente 20.000 m<sup>2</sup>, localizado na avenida Narciso Yague Guimarães, bairro Centro

Cívico (Figura 3). O edifício possui 4 pavimentos de uso administrativo, divididos entre os setores de atendimento ao público, secretarias, áreas de convivência e gabinete do prefeito. O fornecimento da água no edifício é feito pela concessionária SEMAE (Serviço municipal de água e esgoto). O edifício não possui sistema de captação e armazenamento de água pluvial para consumo interno.

Figura 3: Localização do edifício



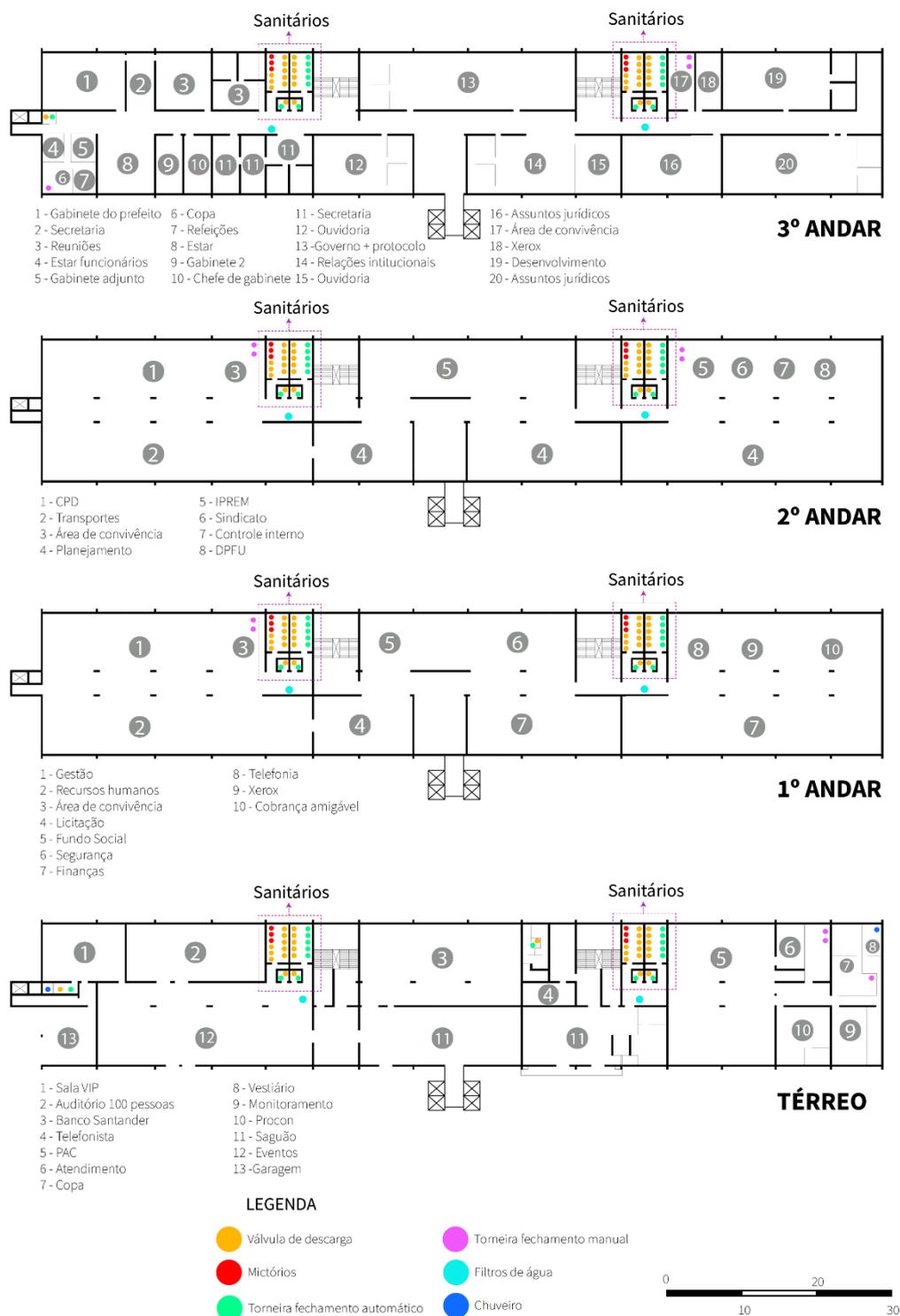
Fonte: Google Maps, 2021

Figura 4: Entrada principal da Prefeitura de Mogi das Cruzes



Fonte: Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes, 2021

Figura 5: Planta esquemática do edifício Estudo de Caso – Sede administrativa da Prefeitura de Mogi das Cruzes



Fonte: Elaborado a partir de Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes, 2021

No projeto do edifício pode-se observar a quantidade de bacias sanitárias e outros pontos de consumo de água, como copas, vestiários com chuveiro e filtros de água. Nota-se que no pavimento térreo há maior concentração de espaços dedicados à visitantes, o que pode gerar aumento de consumo de água nessa região. Nos outros pavimentos há concentração de funcionários.

Tabela 1: Quadro de áreas

**Quadro de áreas**

Pavimento térreo	2.300,00 m <sup>2</sup>
Primeiro andar	2.300,00 m <sup>2</sup>
Segunda andar	2.300,00 m <sup>2</sup>
Terceiro andar	2.300,00 m <sup>2</sup>
Área total construída	9.200,00 m <sup>2</sup>
Área total do terreno	19.139,25 m <sup>2</sup>
Área total vegetada	8.575,18 m <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado a partir de Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes, 2021

Tabela 2: Quadro de ocupação

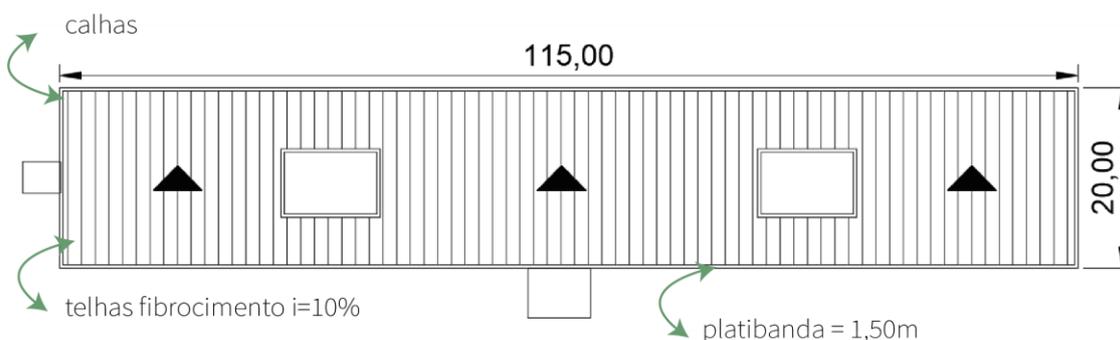
**Quadro de ocupação**

Funcionários período integral (pessoas)	590
Funcionários meio período (pessoas)	96
Média de visitantes diários (pessoas)	650

Fonte: Elaborado a partir de Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes, 2021

Na planta de cobertura observamos a existência de dois reservatórios com capacidade de 2.000 litros cada, segundo dados fornecidos por funcionários.

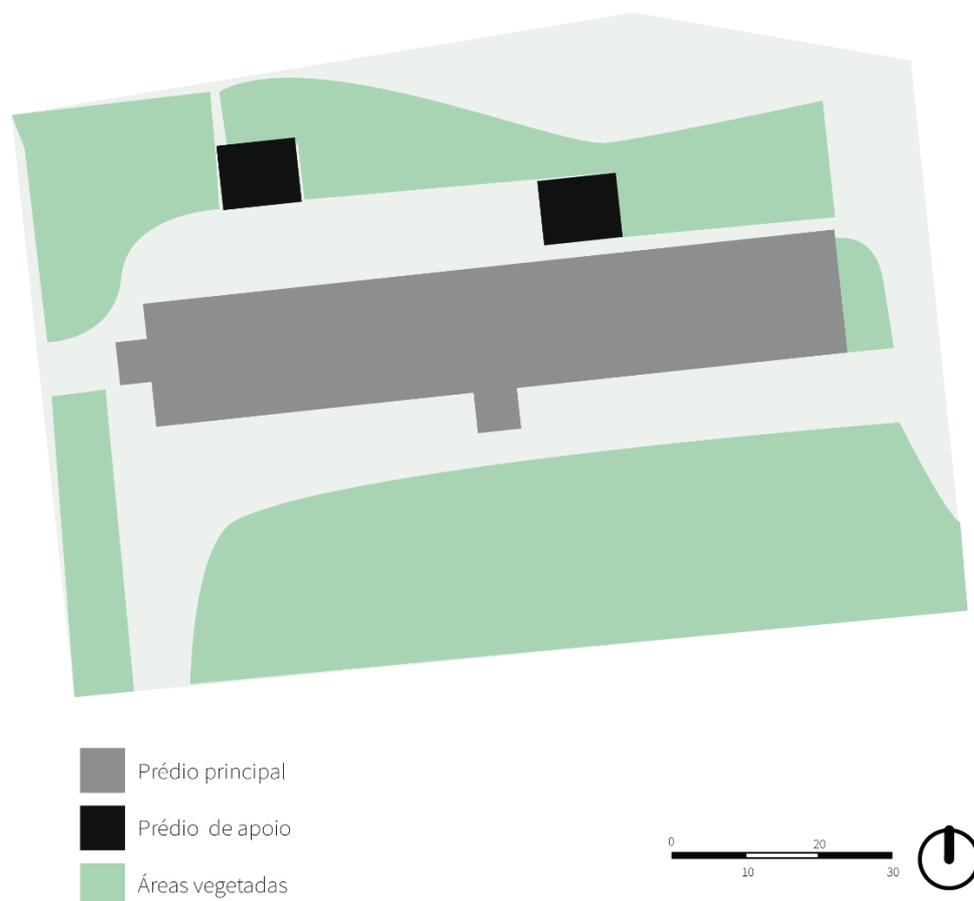
Figura 6: Planta de cobertura



Fonte: Elaborado pelo autor

Na implantação podemos observar as áreas verdes totais onde são feitas irrigações, podas e outros cuidados. É importante ressaltar que há um edifício secundário de pequeno porte localizado atrás do edifício principal da prefeitura, que pode ser observado conforme legenda, na Figura 7.

Figura 7: Implantação



Fonte: Elaborado pelo autor

No levantamento em campo foram identificados os tipos de aparelhos sanitários presentes e utilizados no edifício, e quais atividades são realizadas consumindo água. Com relação as bacias sanitárias, em todos os banheiros foram encontradas válvulas de descarga antigas. Todas as torneiras dos sanitários são do tipo fechamento automático, e as demais torneiras de outros ambientes possuem fechamento manual.

Tabela 3: Equipamentos sanitários

<b>Aparelho</b>	<b>Quantidade (unidades)</b>
Válvulas de descarga	81
Torneiras de fechamento automático	65
Torneira de fechamento manual	27
Mictório	24
Chuveiro	2

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2 CÁLCULO DO CONSUMO DE ÁGUA

Através da SEMAE (Serviço Municipal de Água e Esgoto), levantou-se o preço da tarifa para fornecimento de água potável para consumo, por m<sup>3</sup>, conforme apresenta Tabela 4, sendo o valor apresentado na segunda coluna referente à tarifa aplicada ao edifício da prefeitura para o ano de 2020.

Tabela 4: Tarifas para consumo de água potável da SEMAE para a prefeitura Municipal

<b>m<sup>3</sup> consumidos</b>	<b>Tarifa cobrada em 2020</b>
0 a 10	R\$ 52,57
11 a 20	R\$ 10,23
21 a 50	R\$ 19,59
<b>51 a 99999</b>	<b>R\$ 20,42</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de SEMAE, 2021

A Tabela 5 apresenta os resultados determinados para o consumo mensal e anual de água potável pelo edifício em metros cúbicos, bem como os resultados dos valores da despesa paga pelo serviço de fornecimento de água potável, calculados a partir da tarifa referente ao ano 2020.

Tabela 5: Tarifas de consumo de água mensal para o ano de 2020

<b>Mês de 2020</b>	<b>Valor da tarifa</b>	<b>Consumo em m<sup>3</sup></b>
Janeiro	R\$ 7.375,29	361,17
Fevereiro	R\$ 6.097,34	298,60
Março	R\$ 8.465,04	414,54
Abril	R\$ 10.910,20	534,28
Maio	R\$ 9.431,23	461,86
Junho	R\$ 8.838,68	432,84
Julho	R\$ 7.224,73	353,80
Agosto	R\$ 8.568,46	419,61
Setembro	R\$ 7.946,58	389,15
Outubro	R\$ 8.316,00	407,24
Novembro	R\$ 8.641,24	423,18
dezembro	R\$ 7.979,47	390,76
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 99.794,26</b>	<b>4.887,03</b>

Fonte: Elaborado a partir de Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes, 2021

### **3.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEED E PROPOSTAS PARA ATENDIMENTO AOS CRÉDITOS**

Na categoria eficiência no uso da água do referencial LEED (LEED, 2021), devem ser atendidos 3 pré-requisitos obrigatórios, onde pode-se obter de 1 a 6 pontos, conforme apresenta a Tabela 6.

Tabela 6: Critérios de atendimento e distribuição de pontos da categoria Eficiência no Uso da Água

<b>EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA</b>		
Pré requisito	Redução do consumo de água utilizada no exterior	Obrigatório
Pré requisito	Redução do consumo de água utilizada no interior	Obrigatório
Pré requisito	Medição do consumo por sistema	Obrigatório

Crédito	Redução do consumo de água utilizada no exterior	2
Crédito	Redução do consumo de água utilizada no interior	6
Crédito	Uso de Água em Torres de Resfriamento	2
Crédito	Medição do consumo	1

Fonte: Elaborado a partir de LEED (2021)

Como no edifício não há torres de resfriamento, o atendimento e as análises referentes ao crédito Uso de Água em Torres de Resfriamento não foram realizados.

### 3.2.1 Determinação do consumo de água utilizada no exterior

Os critérios da categoria redução de consumo em área externas segundo LEED (2021) apresentam-se na Tabela 7.

Tabela 7: Redução do consumo de água utilizada no exterior

**Intenção: Reduzir o consumo nas áreas externas**

Requisito:	Reduzir o consumo de água através de uma das opções: Opção 1: Não irrigar as áreas de paisagismo após o período de adaptação das espécies (2 anos) Opção 2: Reduzir a necessidade de irrigação em 30% através de estratégias de irrigação eficiente e/ou seleção de espécies.
Créditos	Redução de 50% (1 ponto), Redução de 100% (2 pontos)

Fonte: Elaborado a partir de LEED (2021)

No edifício, objeto de estudo, as áreas vegetadas no exterior, são em sua maioria compostas por gramados, arbustos e palmeiras imperiais, e tem frequência de irrigação ideal conforme apresenta a Tabela 8:

Tabela 8: Relação das espécies vegetais encontradas nos jardins do edifício da prefeitura e frequência ideal para a irrigação

<b>Espécie</b>	<b>Frequência ideal de irrigação</b>
Palmeira imperial	Diária
Gramma esmeralda	Semanal
Cedrinho	Semanal

Fonte: Casa e construção, 2021

De acordo com funcionários da prefeitura, a irrigação é feita no local 4 dias por semana por um período de 1 hora por dia.

Segundo a Sabesp (2021), uma torneira de uso geral consome 0,26 litros/segundo. Estima-se a partir dessa informação um consumo para irrigação de 936 litros de água por dia.

Tabela 9: Determinação do consumo de água para irrigação

<b>Volume de água para irrigação</b>	<b>Litros</b>	<b>M<sup>3</sup></b>
<b>Diário</b>	936	0,936
<b>Semanal</b>	3744	3,74
<b>Mensal</b>	14976	14,97
<b>Anual</b>	179.712	179,71

Fonte: Organizado pelo autor

### Análise para verificação do atendimento ao crédito

Nessa categoria foi escolhida a Opção 2, apresentada na Tabela 7, que visa reduzir em no mínimo 30% a necessidade de irrigação através de estratégias de irrigação eficiente.

Para atender ao requisito será aplicada a proposição de captação de uso da água da chuva por meio da instalação de reservatórios externos de águas pluviais, visando eliminar o consumo de água potável usado na irrigação. De acordo com os cálculos para o reservatório de edifício, e considerando as condições pluviométricas da cidade de Mogi das Cruzes, é possível que seja feita a captação média de 391.000 litros mensais.

Um vez determinado o consumo mensal com irrigação de 14,97m<sup>3</sup>, propõe-se nesse estudo a instalação de um reservatório de 20m<sup>3</sup>, que atenderá 100% da demanda, sendo possível dessa forma obter 2 pontos nessa categoria.

### 3.2.2 Determinação do consumo de água utilizada no interior

Para atender ao pré-requisito é necessário reduzir o consumo de água nas áreas internas em pelo menos 20%. Em função de percentuais de redução do consumo de água, variáveis entre 25% a 55%, pode-se obter a pontuação de 1 a 6 de acordo com a Tabela 10:

Tabela 10: Pontuação LEED para o crédito: Reduzir o consumo de água nas áreas internas

<b>Pontuação</b>	<b>%</b>
Pré-requisito	20
1 ponto	25
2 pontos	30
3 pontos	35
4 pontos	40
5 pontos	45
6 pontos	50
+ 1 ponto (desempenho exemplar)	55

Fonte: Elaborado a partir de LEED (2021)

A Tabela 11 apresenta os resultados do consumo total anual *baseline*<sup>1</sup> do edifício e o consumo real, de acordo com dados fornecidos pela prefeitura.

Tabela 11: Determinação do consumo anual do edifício

<b>Consumo baseline</b>	4.762,40 m <sup>3</sup>
<b>Consumo real do edifício</b>	4.887,03 m <sup>3</sup>

Fonte: Organizado pelo autor

<sup>1</sup> Nota: O consumo baseline (ver apêndice) foi calculado a partir dos dados base de consumo de cada fonte de uso interno de água potável, considerando a população do edifício e a frequência de uso, utilizando o método de cálculo de consumo de água do referencial LEED BD+C versão 4, para o categoria Water Efficiency.

Para o alcance de pontuação nesse crédito é necessário que sejam aplicadas estratégias para redução de consumo de água em áreas internas em no mínimo 20% do consumo *baseline*.

Para alcançar esse objetivo foi proposta a substituição das válvulas de descarga atuais, que consomem 12 litros a cada acionamento, para caixa acoplada de duplo fluxo que consomem de 3 a 6 litros a cada acionamento de acordo com opção de uso (resíduo líquido ou sólido).

As atuais válvulas de descarga com 12 litros/acionamento contribuem com 48% do consumo total de água potável no edifício da prefeitura, que é equivalente a 2.345,77 m<sup>3</sup> de água, e equivalente a aproximadamente 195.480,83 acionamentos de descarga por ano.

Na substituição para a caixa acoplada de duplo fluxo, considerou-se que metade dos acionamentos serão para resíduos sólidos (6 litros) e a outra metade para resíduos líquidos (3 litros). A partir da estratégia da utilização da descarga de fluxo duplo, e de acordo com os cálculos *baseline* de consumo, estima-se que 24% do consumo total anual de água potável seja utilizado pela válvula de descarga com 6 litros de consumo a cada acionamento.

Portanto determinou-se um total de 9.7740,4 acionamentos de 3 litros e 9.7740,4 acionamentos de 6 litros, o que gera um consumo anual por acionamento de descarga no valor de 879,65 m<sup>3</sup>, levando a um total 1466,12 m<sup>3</sup> de economia comparado com o consumo anterior de 2.345,77 m<sup>3</sup> de água potável utilizada.

#### Análise para verificação do atendimento ao crédito

A economia gerada com a substituição da válvula de descarga comum para a válvula de descarga com fluxo duplo equivale a 30% do valor total anual *baseline*, logo o edifício cumpre o requisito da certificação LEED e obtém 2 pontos nessa categoria.

#### Análise do custo de implementação e *payback*

Para cada troca de uma bacia sanitária com válvula de descarga para caixa acoplada com duplo acionamento (peças, insumos e mão de obra) o valor unitário para implementação será de R\$ 1.192,05.

Tabela 12: custos de implementação do sistema

<b>Peça/serviço</b>	<b>Quant.</b>	<b>Valor unid.</b>	<b>Valor total</b>
Bacia com caixa acoplada com duplo acionamento	81	R\$ 269,80	R\$ 21.853,80
Troca de revestimento e piso	40,5 m <sup>2</sup>	R\$ 20,00/ m <sup>2</sup>	R\$ 810,00
Mão de obra	40,5 m <sup>2</sup>	R\$ 1724,52	R\$ 69.843,06
Tubos, conexões e insumos	81 kits	R\$ 50,00	R\$ 4050,00

Fonte: Leroy Merlin, Sinduscon SP.

A tabela 12 apresenta os valores comerciais das peças e insumos a serem utilizados na troca, assim como o valor de mão de obra, calculado a partir do CUB (custo unitário básico) do estado de São Paulo, que em 2021 apresenta o valor de R\$ 1724,52.

Como no edifício existem 81 peças a serem substituídas, o valor total gasto será de R\$ 96.556,80 para implantação do novo sistema.

A tarifa cobrada no ano de 2020 a cada metro cúbico de água (Tabela 4) para a prefeitura de Mogi das Cruzes foi de R\$ 20,42. Com a redução de 1466,12 m<sup>3</sup> no consumo anual, a economia anual gerada pela substituição do fluxo da descarga da bacia sanitária será de R\$ 29.938,17. Dessa forma o valor investido com a substituição das peças é pago em 3,2 anos pela redução da despesa no fornecimento de água potável.

### 3.2.3 Medição do consumo por sistema

O requisito dessa categoria é instalar medidores de água permanentes que medem o consumo total de água para no mínimo 2 dos subsistemas. Para o atendimento a esse crédito, esse estudo propõe que, além dos medidores existentes, sejam instalados medidores no reservatório de águas pluviais. Dessa forma cumpre-se o requisito, obtendo-se 1 ponto.

## 4 CONCLUSÃO

Esse estudo analisou as condições de consumo de água a partir de um edifício determinado para estudo de caso. O edifício escolhido para estudo é de uso

público, sede administrativa da Prefeitura do município de Mogi das Cruzes, com 4 pavimentos, área construída de 9200m<sup>2</sup>, população estimada de 686 funcionários e 650 visitantes diários.

O objetivo do estudo foi avaliar a aplicabilidade da certificação LEED em um edifício público no Brasil e comparar o desempenho após a implementação das intervenções sugeridas, analisando o percentual de economia de água potável, a possibilidade de uso de águas pluviais e o retorno financeiro gerado pelas mudanças.

A metodologia utilizada foi o método de cálculo de consumo de água do referencial LEED BD+C versão 4, para a categoria *Water Efficiency*.

Os resultados apresentaram que, por meio das estratégias de substituição de válvula de descarga com fluxo duplo, empiricamente, é possível reduzir em 30% o consumo anual de água potável, e o investimento com a substituição de peças apresentaria um payback de 3,2 anos. Através dos resultados apresenta-se que por meio soluções simples e viáveis, pode-se reduzir o consumo de água potável e consequentemente os gastos públicos.

Dessa forma conclui-se que a aplicação de estratégias para a redução do consumo é viável, podendo ser implementadas sem grandes intervenções e em tipologias arquitetônicas públicas de grande porte.

Esse trabalho pode servir aos estudos futuros através da apresentação da metodologia e de seus resultados. Sugere-se para estudos futuros que realizem estudos com essa metodologia a fim de promover a investigação com fins de comprovação da viabilidade de aplicação de estratégias para tornar o consumo de água nas edificações mais eficientes.

## REFERÊNCIAS

ABRAHAO, K.C.F.J. **Certificação LEED: aplicações**. Aula Expositiva. Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 02:135.07-001/3:2003: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, p. 13. 2003.

CASA E CONSTRUÇÃO. **Palmeira-imperial – Como cultivar, preço e inspirações lindas**. São Paulo. Disponível em < <https://casaconstrucao.org/paisagismo/palmeira-imperial/>>. Acesso em 16 de junho de 2021.

CLIMATEMPO. **Previsão de tempo Mogi das Cruzes**. Disponível em < <https://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/cidade/494/mogidascruzes-sp>>. Acesso em 10 de julho de 2021.

FASOLA, G.; GHISI, E.; MARINOSKI, A. K.; BORINELLI, J. **Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC**. Santa Catarina, 2011.

GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: Abes, 2006.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Conheça a Certificação LEED**. São Paulo. Disponível em < <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>>. Acesso em 02 de maio de 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Economia de Água para todos com o LEED v4.1. São Paulo**. Disponível em < <https://www.economia de Água para todos com o LEED v4.1>>. Acesso em 02 de maio de 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

NOLASCO, G. **Reuso da água**. Aula Expositiva. Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020.

PAISAGISMO DIGITAL. **Arbustos**. Disponível em <<https://paisagismodigital.com/pesq.aspx?tipo=1&subtipo=100003>> Acesso em 15 de junho de 2021

PREFEITURA MUNICIPAL DE MOGI DAS CRUZES. Disponível em <[www.mogidascruzes.sp.gov.br](http://www.mogidascruzes.sp.gov.br)>. Acesso em 16 de junho de 2021

PREFEITURA MUNICIPAL DE MOGI DAS CRUZES. **Google Maps**. São Paulo. Disponível em <[encurtador.com.br/gpN89](http://encurtador.com.br/gpN89)>. Acesso em 10 de junho de 2021.

SEMAE, Mogi das Cruzes. Disponível em <<https://agenciavirtual.semae.sp.gov.br/#/login>>. Acesso em 15 de junho de 2021

UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. LEED v4.1 BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION.

## APÊNDICE A - MEMÓRIA DE CÁLCULO

### 1. Cálculo da população pelo método FTE, segundo LEED (2021)

Tipo	Período	Quantidade
Funcionários período integral	9h	590
Funcionários meio período	5h	96
Média de visitantes diários	2h	650

- FTE funcionários:  $96 \cdot 5/40 = 12 + 590 = 602$
- FTE visitantes:  $650 \cdot 2/40 = 32,5$

### 2. Cálculo do consumo de água pela população baseline

#### 2.1 Bacia sanitária

Funcionários feminino: Bacia Sanitária: 6,0 litros x 3 acionamentos por dia x 301 pessoas = 5418 litros

Funcionários Masculino: Bacia Sanitária: 6,0 litros x 1 acionamentos por dia x 301 pessoas = 1806 litros

Visitantes feminino: Bacia Sanitária: 6,0 litros x 0,5 acionamentos por dia x 16 pessoas = 48 litros

Visitantes Masculino: Bacia Sanitária: 6,0 litros x 0,1 acionamentos por dia x 16 pessoas = 9,6 litros

Funcionários Masculino: Mictórios: 3,0 litros x 2 acionamentos por dia x 301 pessoas = 1806 litros

Visitantes Masculino: Mictórios: 3,0 litros x 0,4 acionamentos por dia x 16 pessoas = 19,2 litros

Total de litros (bacia + mictório) por dia: 7486,80

#### 2.2 Torneiras

Torneiras Baseline: 8,3 litros por minuto. Cada acionamento dura 30 segundos, logo o consumo é de:  $(8,3/60) \cdot 30 = 4,15$  litros por 30 segundos.

Funcionários: Torneira de lavatório: 3 acionamentos por dia x 602 pessoas x 4,15 litros/por 30 seg = 7.494,90 litros por dia

Visitantes: Torneira de lavatório: 0,5 acionamentos por dia x 32,5 pessoas x 4,15 litros/ 30 seg = 67,43 litros

Funcionários: Torneira de copa: 0,1 acionamentos por dia x 602 pessoas x 2,075 litros/por 15 seg = 62,27 litros

Total consumo de torneiras Baseline por dia = 7.624,60 litros

### **2.3 Chuveiros**

Chuveiros Baseline: 9,5 litros por minuto. Cada banho dura 300 segundos (5 minutos), logo o consumo é de:  $(9,5/60) \times 300 = 47,5$  litros por banho de 5 minutos ou 300 segundos.

Funcionários: Chuveiro: 1 banho por dia x 602 pessoas x 47,5 litros = 2859,95 litros

### **2.4 Consumo total Baseline**

Consumo total Baseline = 7486,80 (bacia + mictório) + 7.624,60 (torneiras) + 2859,95 (chuveiros) = 17.971,35 litros/dia x 265 dias = 4.762.407,75 litros/ano

Consumo Baseline anual = 4.762.407,75 litros = 4.762,40 m<sup>3</sup>

## **3. Cálculo de volume de reservatório de águas pluviais**

Para o cálculo do volume do reservatório foi usada a seguinte fórmula:

$$V = P \cdot A \cdot C \cdot n$$

Sendo,

V= volume disponível mensal;

P= precipitação média mensal, igual a 250mm para a cidade de Mogi das Cruzes;

A= área de coleta, sendo 2300 m<sup>2</sup>

C= coeficiente de escoamento superficial, sendo adotado o valor de 0,8 para o material do telhado do edifício (telhas de fibrocimento);

N= eficiência do sistema de captação, cujo valor recomendado é de 0,85.

Logo,

$$V = 250 * 2300 * 0,8 * 0,85$$

$$V = 391.000 \text{ litros/mês} = 20 \text{ m}^3/\text{mês}$$

#### 4. Cálculo de economia gerada pela substituição da válvula de descarga

- Porcentagem do consumo de descarga baseline

Dados:

Total baseline: 4762,40 m<sup>3</sup>

Total uso de descarga: 198,40 m<sup>3</sup>

$$4762,40 \text{ m}^3 \text{ -----} 100\%$$

$$198,40 \text{ -----} x$$

$$x = 24\%$$

- Consumo real total equivalente a uso de descarga

Dados:

Porcentagem total estimada: 48% do uso total anual

Valor total anual: 4887,03 m<sup>3</sup>

$$4887,03 \text{ m}^3 \text{ -----} 100\%$$

$$X \text{ -----} 48$$

$$x = 2345,77 \text{ m}^3$$

- Cálculo de número total de acionamentos

$$1 \text{ acionamento -----} 12 \text{ litros}$$

$$X \text{ -----} 2345770 \text{ litros}$$

$$x = 195.480,83 \text{ acionamentos}$$

- Consumo após mudança para caixa acoplada de duplo acionamento

97740,40 acionamento de 3 litros = 293.221litros = 293,22 m<sup>3</sup>

97740,40 acionamento de 6 litros = 586.442,40 litros = 586,44 m<sup>3</sup>

- Economia gerada

Consumo antes da substituição: 2345,77 m<sup>3</sup>

Consumo depois da substituição: 879,65 m<sup>3</sup> (ou 37% do consumo anterior)

Economia anual: 1466,12 m<sup>3</sup>

- Porcentagem de economia de acordo com o baseline

4.762,40 m<sup>3</sup> -----100%

1.466,12 m<sup>3</sup> ----- x

X= 30%

- Economia financeira gerada com a substituição

Dados:

Tarifa cobrada: R\$ 20,42/m<sup>3</sup>

Economia no consumo: 1466,12 m<sup>3</sup>

1m<sup>3</sup> ----- 20,42

1466,12 m<sup>3</sup> ----- R\$ 29.938,17

- Payback do investimento

Valor investido: R\$ 96.556,80

Economia anual devido à redução do consumo: R\$ 29.938,17

Payback: 3,2 anos