

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI

Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Energia

SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NAS ESCOLAS: ESTUDO DE
CASO EM ITAJUBÁ - MG

Adilson Francisco dos Santos

ITAJUBÁ
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI

Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Energia

Adilson Francisco dos Santos

SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NAS ESCOLAS: ESTUDO DE
CASO EM ITAJUBÁ - MG

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Energia.

Área de Concentração: Planejamento e Gestão de Sistemas Energéticos

Orientador: Prof. Dr. Roberto Akira Yamachita

ITAJUBÁ
2019

DEDICATÓRIA

À Deus, pelo dom da vida. Aos meus pais João Francisco (in memoriam) e Geralda Ribeiro (in memoriam), pela formação do meu caráter, educação e honestidade. À minha esposa Ana e meus filhos Nicolas e Romulo pelo apoio e motivação.

AGRADECIMENTOS

A minha família pela paciência nos períodos de ausência e apoio incondicional em todos os momentos e por sempre terem acreditado em mim. Ao CNPq pelo apoio financeiro a este trabalho. Ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Akira Yamachita por ter aceitado e acreditado que poderia, em parceria, desenvolver este trabalho desde sua concepção inicial até a fase de conclusão e pelas suas orientações sábias e pontuais. Aos professores desta banca pela disponibilidade e engrandecimento dessa dissertação. À Secretaria de Educação de Minas Gerais pela liberação de dados das Escolas objeto do estudo, à direção da Escola Estadual Major João Pereira por me ter recebido e prontamente me fornecido informações de suma importância para a estruturação do trabalho. A todas as pessoas especiais que contribuíram de alguma maneira incentivando e torcendo por mim. Agradeço também aos que sempre estiveram ao meu lado seja qual fosse a ocasião.

RESUMO

Nos últimos cinquenta anos a temática sustentabilidade passou a fazer parte integrante do debate e ser o centro das atenções da comunidade internacional, em resposta e como um alerta ao homem por sua atitude consumista e desenfreada, que para o atendimento de suas demandas e vaidades acaba por negligenciar as leis da natureza, esquecendo-se que os recursos naturais não possuem a capacidade de recomposição na mesma velocidade daquela do consumo. Dessa forma usa-se energia e água sem racionalidade, no consumismo acelerado e na negligência de seu descarte, está criando para si e gerações futuras um passivo de resíduos variados, cuja destinação já enfrenta sérios problemas tanto da existência de áreas apropriadas e disponíveis até a segurança das mesmas no sentido de se evitar a contaminação pelo descarte incorreto de substâncias. Esta dissertação teve por objetivo apresentar como o uso racional e eficiente de água e energia e a destinação correta dos resíduos sólidos podem ser utilizados como ferramenta para a implementação da sustentabilidade ambiental nas escolas estaduais de Minas Gerais, em especial na “Escola Estadual Major João Pereira”, localizada no município de Itajubá. A pesquisa a princípio foi realizada em 21 escolas da Regional de Itajubá contempladas no Programa “Escolas Sustentáveis” da SEE-MG, onde levantaram-se os consumos de energia e água e o montante de resíduos sólidos gerados. Com base nesses dados foi possível apresentar propostas para o melhor uso da água bem como utilizar a água da chuva para fins não potáveis. Em relação à energia elétrica, houve a possibilidade de modernização com a introdução de tecnologias mais eficientes e no que diz respeito aos resíduos gerados a viabilidade da separação e reciclagem. Os resultados alcançados mostram que é possível implementar no ambiente escolar ações que contribuam com a sustentabilidade energética, uma vez que os tempos de retorno das propostas apresentadas sinalizam para a viabilidade de sua execução e que a sua aplicabilidade pode ser estendida para o conjunto das 21 escolas.

Palavras-chave: Água. Educação. Eficiência energética. Resíduos Sólidos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

In the last 50 years the theme of sustainability became an integral part and center of attention of the international community, in response and as an alert to man for his consumeristic and predatory attitude, which to meet his demands and Vanities end up neglecting the laws of nature, forgetting that natural resources do not possess the ability to recompose at the same speed as that of consumption. In this way uses energy and water without rationality, in accelerated consumerism and in the neglect of its disposal, is creating for themselves and future generations a passive of various wastes, whose destination already faces serious problems both of the existence of areas Appropriate and available until they are safe to avoid contamination by incorrect disposal of substances. This dissertation aims to present how the rational and efficient use of water and energy and the correct disposal of solid waste can be used as a tool for the implementation of environmental sustainability in the state schools of Minas Gerais, especially in the "State school Major João Pereira", located in the municipality of Itajubá. The research was carried out in 21 schools of the Itajubá region contemed in the program "Sustainable schools" of the SEE-MG, where the consumption of energy and water and the amount of solid waste generated and based on these data were possible Present proposals for better use of water and the possibility of using rainwater for non-potable purposes, in the use of energy the possibility of efficiency with the introduction of more efficient technologies and with regard to waste generated the feasibility of separation and recycling. And the results obtained indicate that it is possible to implement actions that contribute to energy sustainability in the school environment, since the return times of the proposals presented indicate the feasibility of their implementation and that their Applicability can be extended to the set of the 21 schools.

Keywords: Energy efficiency. Sustainability. Solid Waste. Water. Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Investimentos anuais da Eletrobrás de 2012/2016.....	29
Figura 2 -	Economia de energia ações PROCEL	30
Figura 3 -	Distribuição de água no planeta	44
Figura 4 -	Consumo de água no Brasil	45
Figura 5 -	Reuso de água no Estado da Flórida.....	48
Figura 6 -	Reuso de água no Estado da Califórnia.....	49
Figura 7 -	Sistema de captação de água de chuva	51
Figura 8 -	Formação da sociedade de consumo	52
Figura 9 -	Fluxograma – metodologia do trabalho.....	81
Figura 10 -	Foto Major João Pereira	82
Figura 11 -	Potência instalada antes e depois.....	88
Figura 12 -	Consumo de energia antes e depois	90
Figura 13 -	Cisterna de polietileno.....	101
Figura 14 -	Cisterna de alvenaria e concreto armado.....	102
Figura 15 -	Consumo de energia per capita - estudo de caso.....	106
Figura 16 -	Consumo de energia por m ² - estudo de caso.....	106
Figura 17 -	Consumo de água per capita - estudo de caso.....	107
Figura 18 -	Consumo de água por m ² - estudo de caso.....	107
Figura 19 -	Consumo de energia per capita.....	110
Figura 20 -	Consumo de energia por m ²	111
Figura 21 -	Consumo de água per capita.....	111
Figura 22 -	Consumo de água por m ²	112

TABELAS

Tabela 1 - Grupos tarifários no Brasil.....	39
Tabela 2 - Fatores de reflexão.....	42
Tabela 3 - Refletância.....	42
Tabela 4 - Distribuição hídrica no Brasil.....	46
Tabela 5 - Escolas sustentáveis.....	66
Tabela 6 - Desempenho elétrico.....	70
Tabela 7 - Desempenho hidrossanitário.....	74
Tabela 8 - Precipitação de chuva Caxambu.....	77
Tabela 9 - Dependências da escola.....	86
Tabela 10 - Resumo do quadro geral de cargas atual.....	86
Tabela 11 - Resumo do quadro geral cargas com substituição.....	87
Tabela 12 - Valores atuais do custo elétrico.....	88
Tabela 13 - Valores do consumo elétrico	89
Tabela 14 - Valores do consumo e custo (atual e proposta)	90
Tabela 15 - Custo para substituição das lâmpadas e equipamentos.....	91
Tabela 16 - Tempo de retorno do investimento.....	91
Tabela 17 - Fluxo de caixa da proposta energia.....	92
Tabela 18 - Variáveis hidrossanitárias.....	93
Tabela 19 - Vazão dos aparelhos hidrossanitários.....	94
Tabela 20 - Estimativa de consumo per capita aparelho individual.....	94
Tabela 21 - Estimativa consumo da atividade de uso coletivo.....	94
Tabela 22 - Consumo total: aparelho, usuário e atividade.....	95
Tabela 23 - Consumo atual equipamentos convencionais.....	95
Tabela 24 - Equipamentos eficientes.....	96
Tabela 25 - Consumo com substituição por tecnologias eficientes.....	96
Tabela 26 - Custo para substituição de torneiras e vasos sanitários.....	97
Tabela 27 - Fluxo de caixa – Economizadores.....	98
Tabela 28 - Precipitação de chuva – Itajubá.....	99
Tabela 29 - Custo sistema de captação: cisterna polietileno.....	101
Tabela 30 - Fluxo caixa – Cisterna polietileno.....	101
Tabela 31 - Custo sistema de captação: cisterna alvenaria e concreto.....	102
Tabela 32 - Fluxo caixa – Cisterna alvenaria.....	103

Tabela 33 - Resultados energéticos e econômicos estudo caso.....	104
Tabela 34 - Indicadores energéticos da Escola.....	105
Tabela 35 - Relação das “Escolas sustentáveis” - SRE-Itajubá.....	108
Tabela 36 - Indicadores energéticos das 21 escolas selecionadas.....	109
Tabela 37 - Tarifas de aplicação-Copasa-MG	122

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública

ACIMAR - Associação de Catadores Itajubenses de Materiais recicláveis

ANA - Agência Nacional de Águas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem

CGEE – Comitê Gestor de Eficiência Energética

CO₂ - Dióxido de Carbônico

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONPET – Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais

DSM - *Demand Side Management*

ELETRORAS - Centrais Elétricas Brasileiras

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

ESCOs – Empresas de Serviço e Conservação de Energia

FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

GLD - Gerenciamento pelo Lado da Demanda

GWh - Giga Watt Hora

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IEA - *International Energy Agency*

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

kg - Quilograma

kWh - Quilo Watt Hora

LED - *Light Emitting Diode*

m³ - Metro cúbico

MEC - Ministério da Educação

MME - Ministério de Minas e Energia

MPOG - Ministério de Planejamento Orçamento e Gestão

MW - Mega Watt

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

PDDE - Programa Dinheiro Direto na Escola

PEE – Programa de Eficiência Energética

PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

PND - Plano Nacional de Desenvolvimento

PNE – Plano Nacional de Energia

PNEf – Plano Nacional de Eficiência Energética

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PURA – Programa de Uso Racional da Água

RGR – Reserva Global de Reversão

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SEE MG - Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais

SRE - Superintendência Regional de Ensino

TWh - Tera Watt Hora

UNCED - *United Nations Conference On Environment And Development*

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

UNSDSN - *United Nations Sustainable Development Solutions Network*

WWAP - *World Water Assessment Programme*

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução.....	14
1.1 Contextualização.....	17
1.2 Motivação.....	20
1.3 Objetivos.....	20
1.3.1 Objetivo geral.....	20
1.3.2 Objetivos específicos.....	21
1.4 Estrutura da dissertação.....	21
Capítulo 2 – Fundamentação Teórica.....	23
2.1 Energia elétrica.....	23
2.1.1 Uso eficiente de energia.....	27
2.1.2 Principais programas de eficiência energética no Brasil.....	27
2.1.3 Planos nacionais de energia e Plano Nacional de Eficiência Energética.....	32
2.1.4 Gerenciamento pelo lado da demanda e eficiência energética.....	36
2.1.5 Energia e Sustentabilidade.....	37
2.1.6 Sistema de tarifação de energia.....	39
2.1.7 Variáveis luminotécnicas.....	40
2.1.8 Tipos de lâmpadas.....	40
2.2 A importância da água.....	42
2.2.1 Água de reuso.....	46
2.2.2 Uso da água da chuva.....	49
2.3 Os resíduos sólidos.....	51
2.4 Análise econômica de investimentos.....	55
2.5 Indicadores energéticos.....	58
2.5.1 Indicadores.....	58
2.5.2 Indicadores energéticos da edificação.....	59
2.6 Caracterização do ensino em Minas Gerais.....	63
2.6.1 Programa Escolas Sustentáveis – Regional Itajubá.....	64
Capítulo 3 - Procedimentos Metodológicos.....	68
3.1 Energia.....	68
3.1.1 Substituição de lâmpadas e aparelhos.....	70
3.1.2 Estimativa de economia de energia.....	70
3.2 Água.....	71

3.2.1 Estimativa do consumo de água aparelho individual.....	71
3.2.2 Estimativa do consumo de água atividade coletiva.....	73
3.2.3 Estimativa do consumo total diário e anual de água.....	73
3.2.4 Substituição de equipamentos convencionais.....	74
3.2.5 Estimativa de economia de água.....	74
3.3 Água da chuva.....	75
3.3.1 Identificação consumo de água potável e não potável.....	75
3.3.2 Dimensionamento do reservatório de água pluvial.....	76
3.3.3 Dados pluviométricos.....	77
3.3.4 Dimensionamento das calhas.....	78
Capítulo 4 - Estudo de Caso e resultados.....	82
4.1 Levantamento de dados.....	83
4.2 Estudo da utilização da energia.....	84
4.2.1 Dimensionamento da demanda energética da escola.....	86
4.2.2 Resultados alcançados energia.....	87
4.2.3 Tempo de retorno do investimento.....	91
4.3 Estudo da utilização da água.....	92
4.3.1 Resultados alcançados água.....	93
4.3.2 Variáveis hidrossanitárias.....	93
4.3.3 Proposta de melhoria do sistema hidrossanitário.....	94
4.3.4 Tempo de retorno do investimento.....	97
4.4 Estudo do aproveitamento da água da chuva.....	98
4.4.1 Dimensionamento do reservatório da água da chuva.....	99
4.4.2 Tempo de retorno do investimento.....	100
4.4.2.1 Cisterna de Polietileno.....	100
4.4.2.2 Cisterna de alvenaria.....	102
4.5 Resultados alcançados.....	104
4.6 Indicadores energéticos	105
4.6.1 Indicadores Escola Major João Pereira.....	105
4.6.2 Indicadores energéticos Regional Itajubá.....	108
Capítulo 5 – Conclusão e proposta de trabalhos futuros.....	113

Referências

Anexos

Capítulo 1- INTRODUÇÃO

Apesar das discussões acerca da preocupação com o meio ambiente estarem presentes na sociedade desde as décadas de 60 e 70, com a Conferência de Estocolmo (1972), marco da preocupação em relação às atividades exercidas pelo homem sobre o planeta no qual se vive, afirmando que “ o homem tem direito fundamental à liberdade, à igualdade e a condições de vida adequadas, num meio ambiente que permita uma vida de dignidade e bem estar” (Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1988), a noção de que a natureza é um recurso explorável e consumível está tão profundamente enraizada na cultura industrial moderna que talvez seja difícil imaginar uma relação alternativa entre os seres humanos e o equilíbrio da terra (HUTCHISON, 2000).

A palavra “sustentável” vem do Latim “*Sustinere*” que significa “manter vivo”, “defender”. Em 1987, o relatório *Brundtland*, elaborado pela então Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento CMMAD (1988) contextualizou esse significado apresentando à sociedade o conceito de desenvolvimento sustentável como “aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometimento da capacidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades”, isto é, a geração do presente deve (ou pelo menos deveria) proceder no sentido de preservar os recursos existentes para que esses possam também atender as gerações que estão por vir.

Além do relatório *Brundtland* (CMMAD), outros documentos e eventos de grande repercussão no cenário mundial foram: A Conferência Mundial das Nações Unidas no Rio de Janeiro em 1992, também chamada de Eco-92 ou Rio-92 que deu origem ao Plano de ação intitulado “Agenda 21”, pelo qual se firmam concretamente os compromissos entre diversos países envolvidos. A Conferência das partes para a Convenção sobre mudanças climáticas, realizada no Japão em 1997, na qual as 38 nações industrializadas, exceto os Estados Unidos, concordaram em reduzir as emissões de gases estufa; e a “Rio + 10” ou Cúpula Mundial sobre desenvolvimento sustentável, em 2002 na África do Sul, que objetivou entre outros pontos, avaliar as ações realizadas desde a “Rio 92” (Dias, 2004).

No ano de 2010 a Conferência realizada em Copenhague, Dinamarca, na qual os países desenvolvidos e os emergentes discutiram as principais questões

ambientais da atualidade; em 2012, a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento sustentável, conhecida como “Rio + 20”, que após 20 anos ocorreu novamente no Brasil com o objetivo principal de definir a agenda do desenvolvimento sustentável para as próximas décadas, tanto para os países desenvolvidos, quanto para os emergentes.

Dentro deste contexto de discussões globais sobre as grandes questões ambientais da humanidade, encontram-se três questões que envolvem, também, as dimensões sociais e econômicas, e temas de inúmeras discussões ao longo dos últimos 50 anos: a energia e seus impactos, o uso da água e a destinação dos resíduos sólidos. Este último que tem o conceito estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos como: “Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpo d’água, ou exijam para isso solução técnica ou economicamente inviável em face da melhor tecnologia disponível (Brasil,2010)”.

Este trabalho estudou a viabilidade de implementação da sustentabilidade ambiental no ambiente escolar da rede estadual de ensino de Minas Gerais com foco no uso eficiente de energia, no uso e reuso da água e na destinação correta dos resíduos sólidos gerados. Após a revisão bibliográfica realizada, pode-se perceber que pouco se tem publicado sobre o assunto, o que se encontra são casos isolados, ou seja, não se tem a princípio um trabalho dedicado exclusivamente à temática ou que mencione os três assuntos simultaneamente.

Aproveitou-se para se fazer um estudo de caso do programa “Escolas Sustentáveis” que é um programa lançado em 2013 pelo governo federal cujo objetivo principal é o de promover ações de incentivo à sustentabilidade nas escolas. Tais ações vão desde alterações arquitetônicas até adequações no projeto político pedagógico das escolas contempladas.

O objetivo do programa é disseminar no ambiente escolar as ideias de sustentabilidade (energia, água e resíduos sólidos), com vistas a se irradiar para além

dos limites da unidade escolar e promover a sensibilização necessária da comunidade escolar e de seu entorno.

O programa “Escolas Sustentáveis”, que foi criado pelo governo federal e implementado pelo Ministério da Educação (MEC) em 2013 com previsão de liberar inicialmente em torno de R\$ 100 milhões de reais para um grupo de 10.000 instituições de ensino distribuídas por 310 municípios pelo Brasil. É definida como:

“Escolas que desenvolvem processos educativos permanentes e continuados, capazes de sensibilizar a comunidade para a construção de uma sociedade de direitos, ambientalmente justa e sustentável, por meio de três dimensões, que são o currículo, a gestão democrática e o espaço físico (MEC,2013)”.

Em 2013 o Ministério da Educação implementou o PDDE- Escolas Sustentáveis (Programa Dinheiro Direto na Escola), com o objetivo de dar assistência financeira de R\$ 8.000,00 a R\$ 14.000,00 para o desenvolvimento de ações em escola pública da Educação Básica com vistas à criação de espaço educador sustentável. E dando sequência as ações do programa federal, em 23 de fevereiro de 2015 o Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), editou a Portaria nº 23 com a finalidade de implementação de “Boas práticas de gestão e uso de energia elétrica e água nos órgãos e entidades da Administração Pública Federal”.

Em dezembro de 2015 a Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais lançou uma versão estatal do programa “Escolas Sustentáveis”. O programa tem por objetivo principal assegurar às escolas recursos financeiros para que possam implementar, de maneira ágil, adequações na infraestrutura e desenvolver iniciativas visando a transição para a sustentabilidade ambiental. Isto auxiliará, também, as escolas a cumprir as Diretrizes Curriculares Nacionais para a educação Ambiental, de acordo com o previsto na Constituição da República Federativa do Brasil, em seu artigo 225, §1º, inciso VI que diz que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida...”.

O Programa “Escolas Sustentáveis” é de âmbito estadual que congrega um conjunto de 3.651 escolas (47 superintendências regionais de ensino), espalhadas

pelos 853 municípios mineiros. Porém a pesquisa se restringirá à regional de Itajubá que possui 45 escolas espalhadas por seus 21 municípios. Da regional de Itajubá foram selecionadas inicialmente 21 unidades escolares distribuídas em 12 municípios para receberem recursos financeiros para a implementação do programa.

Foram analisados os dados de consumo de energia elétrica e água e a importância da separação e destinação dos resíduos gerados. Levantaram-se posteriormente os custos da energia e da água e com relação aos resíduos sólidos, buscou-se analisar o impacto de sua destinação correta.

Esta pesquisa se justifica por possibilitar a tomada de decisão buscando a análise da eficiência energética, do uso e reuso da água, e da destinação correta dos resíduos sólidos gerados nas unidades escolares, com a implantação de indicadores de controle. Na atualidade, o uso dos sistemas de controle é disseminado desde uma simples boia que controla o enchimento de uma caixa de água até sensores eletrônicos de aeronaves.

Conhecendo a realidade do consumo e desperdício da água e de energia elétrica e da geração e destinação dos resíduos sólidos das escolas públicas estaduais de Minas Gerais, que será dimensionado na pesquisa de campo nas vinte e uma escolas da regional de Itajubá, no entanto o estudo de caso será realizado na Escola Estadual “Major João Pereira” de Itajubá, dessa forma os gestores terão subsídios para uma tomada de decisão mais racional e que favoreça o desenvolvimento da sustentabilidade.

1.1 - Contextualização

A energia elétrica é um bem estratégico e indispensável – porque garante a soberania da nação e por suprir todas as demandas. No entanto, o crescimento desenfreado da população mundial tem reflexos diretos no consumo de energia.

O consumo exigido atualmente para atender à demanda de energia tem aumentado considerável e principalmente em países em desenvolvimento.

Neste sentido, a energia elétrica desempenha um papel fundamental na vida humana, proporcionando oportunidades tanto para a comunidade como para o

indivíduo. Sem uma fonte confiável de energia e de custo aceitável, a economia de uma região não pode desenvolver-se plenamente.

Desde a Revolução Industrial, em meados do século XVIII, intensificou-se o uso da energia e uma expansão da economia. O crescimento econômico exige uma oferta maior e contínua de energia, e os países em desenvolvimento acabam tendo mais dificuldades, uma vez que terão de assumir elevados investimentos com vistas ao aumento da oferta de energia.

A realidade é que com a crise do petróleo nos anos 80, os países tiveram a necessidade da desvinculação entre crescimento econômico do consumo de energia e paralelamente estimular o investimento nas ações de melhoria da eficiência energética do uso de energia objetivando retardar o investimento futuro, apesar de todo esforço, o fato é que o consumo de energia elétrica continuou a crescer de forma significativa.

É sabido, que o setor energético produz impactos ambientais em todo o processo de sua cadeia de desenvolvimento, desde a produção até o consumo final.

No tocante ao uso da água, o que se percebe ainda é a prevalência da cultura de que a mesma é um bem renovável e infinito, levando a atitudes que comprometem a sua oferta futura. Esquecendo-se de que 97,5% da sua disponibilidade não atende ao seu uso primordial e dos 2,5% restantes apenas 0,3% está apto para o uso imediato.

Desta forma a conservação da água consiste em estabelecer ações para o aperfeiçoamento de seu consumo e conseqüentemente, a redução do volume a partir do conceito de uso racional, que diz “A não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram água de qualidade inferior.” (ANA,2005)

Na década de 90, foram criados dois programas para conservação da água, um para o estado de São Paulo, O PURA (Programa de Uso Racional da Água), e um nacional, O PNCDA (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água), cujo objetivo era a promoção do uso racional da água tanto para o abastecimento público,

como para os sistemas prediais com ações que contribuam para o uso racional dentro das edificações.

De acordo com o Manual de conservação e reuso da água em edificações (ANA,2005), o conceito do uso racional para a conservação de água consiste na dissociação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água, de forma que os usos menos nobres possam ser supridos, por água de qualidade inferior.

Mesmo após a criação de programas regional e nacional para desenvolver o uso racional da água, percebe-se que o alcance dos citados programas não atingiu o objetivo principal que era o de modificar o cenário dos recursos hídricos, já que o consumo continua crescendo, o reuso e o aproveitamento da água da chuva é incipiente.

Com relação aos resíduos sólidos, o cenário chama à reflexão, tem-se a produção de um montante considerável e sem uma diretriz para a sua correta destinação.

Dois fatores foram decisivos para a intensificação da geração e aumento dos resíduos sólidos urbanos no mundo, são eles a industrialização e a urbanização atrelada ao crescimento populacional. E no Brasil o processo foi semelhante principalmente nos grandes centros.

Como reflexo direto do intenso processo de industrialização ocorrido no país a partir da década de 50, tem-se a urbanização (Conceição,2003), a constituição dos aglomerados urbanos, haja vista que os habitantes do meio rural migraram maciçamente para as cidades em busca de oportunidades de emprego e por conseguinte, de melhoria na sua qualidade de vida. Isto ocasionou o surgimento de vários problemas socioambientais e econômicos, dentre os quais a intensa produção de resíduos sólidos.

Esse processo acelerado de urbanização ocorrido nas cidades brasileiras ao longo dos séculos (Compromisso empresarial para a reciclagem,2010), aliado ao intenso crescimento populacional, trouxe novos desafios aos municípios. Um deles é a questão da gestão da enorme quantidade de resíduos urbanos produzidos todos os dias pelos mais de 200 milhões de habitantes (IBGE,2019), uma vez que inexiste um

planejamento que observe “a necessidade de adequação de locais específicos para o depósito e tratamento desses resíduos sólidos gerados”. (RIBEIRO e MORELLI,2009)

Neste contexto da necessidade de redução do consumo de energia, água e resíduos sólidos, a principal contribuição dessa dissertação é apresentar um estudo que possibilite aos gestores da educação a oportunidade da sustentabilidade energética no ambiente escolar com a melhoria e otimização do consumo.

Diante do exposto e da situação atual das escolas estaduais da Regional Itajubá, há condições favoráveis para a implementação da sustentabilidade energética sem prejudicar o ensino-aprendizagem.

1.2 - Motivação

A escolha do setor educacional tem como fator motivador a aplicação dos estudos na rede estadual de Minas Gerais, inicialmente da cidade de Itajubá, sede da 15ª Superintendência Regional de Ensino, provendo melhorias.

O conjunto da SRE-Itajubá é composto por 45 unidades, porém o estudo se limitará às unidades escolares que foram contempladas no programa “Escolas Sustentáveis” da Secretaria de Educação de Minas Gerais. Desse complexo, a Escola Estadual Major João Pereira é a que apresenta a maior demanda por energia elétrica, e a terceira em demanda hídrica da sede, maior número de alunos, maior número de profissionais da educação (professores, especialistas, assistentes administrativos, auxiliares de serviços), maior área construída.

1.3- Objetivos

Com o intuito de contribuir para a sustentabilidade energética nas escolas Estaduais de Minas Gerais, os objetivos geral e específicos do presente estudo são apresentados a seguir:

1.3.1- Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é avaliar a possibilidade de implementação das práticas de eficiência energética, do uso consciente e reuso da água de chuva, e a destinação correta dos resíduos gerados no ambiente das vinte e uma escolas da

regional de Itajubá pertencentes a rede estadual de ensino de Minas Gerais/estudo de caso: Escola Estadual Major João Pereira – município de Itajubá.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar a demanda de energia elétrica e água nas vinte e uma escolas da Regional de Itajubá;
- Conhecer o comportamento dos usuários da energia elétrica nas escolas estaduais da Regional de Itajubá, seus hábitos, interesses e conhecimento de eficiência energética;
- Analisar o perfil de consumo de água e energia nas edificações escolares.
- Identificar o quantitativo de resíduos sólidos gerados na escola.
- Avaliar a economia financeira da energia e água com a implantação do sistema de reuso e eficiência energética e da destinação correta dos resíduos sólidos.
- Apresentar indicadores energéticos de consumo de energia e água para as vinte e uma escolas por aluno, funcionários e por metro quadrado.

1.4. Estrutura da Dissertação

Para a adequada sistematização do estudo, esta Dissertação foi organizada em cinco capítulos, com a finalidade de contribuir para o entendimento de seu desenvolvimento, etapas e resultados.

O capítulo 1 apresenta a introdução, os objetivos gerais e específicos e a organização do trabalho.

O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura e tem por objetivo apresentar o levantamento bibliográfico com toda base conceitual analisada ao longo do desenvolvimento da dissertação, com os conceitos e abordagens utilizados para fazer referência ao uso racional e eficiente da água e da energia. Além disso, procurou-se referenciar a destinação dos resíduos gerados no dia a dia no ambiente escolar a partir do levantamento da pesquisa.

Em seguida, foi desenvolvido o capítulo 3 que fez a metodologia para o estudo de energia e água.

O capítulo 4 apresenta o estudo de caso e os resultados alcançados com a análise dos dados.

O capítulo 5 apresenta a conclusão do trabalho e a sugestão de desenvolvimento de novos trabalhos que aperfeiçoem o mesmo.

Capítulo 2- Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica tem por objetivo apresentar o embasamento teórico e demais informações para subsidiar na geração dos resultados do uso racional e eficiente de energia e água e propiciar a projeção e dimensionamento da geração dos resíduos sólidos no ambiente escolar.

2.1. A energia elétrica

Com o advento dos aparatos eletroeletrônicos aliado ao consumo crescente por energia da humanidade a demanda por energia elétrica aumentou substancialmente em todo o mundo, inclusive no Brasil. Tais fatores contribuem tanto para o desenvolvimento econômico nacional quanto para a melhoria da qualidade de vida da população. Contudo, provoca o risco iminente do esgotamento dos recursos utilizados para a produção de energia.

Vale salientar que no século XX, a produção de energia era oriunda principalmente de fontes de combustíveis fósseis, petróleo e carvão mineral impulsionando o desenvolvimento mundial. Porém a partir do início do século XXI, surge uma nova concepção: a necessidade do desenvolvimento sustentável.

É de fundamental importância conhecer o consumidor para formular propostas que favoreçam a tomada de decisão em prol de atingir resultados sustentáveis em longo prazo. As variáveis que afetam o comportamento do consumo são os recursos do consumidor, conhecimento, atitudes, motivação, personalidade, (Macedo, 2002).

O Brasil desde o ano de 1985, com a implementação do PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, segue critérios para reger normas que estipulem condições para classificar a eficiência energética dos aparelhos e equipamentos. E em consequência teve a criação de um selo de qualidade e eficiência energética de aparelhos eletroeletrônicos, criando assim opção de escolha para os consumidores.

O PROCEL é um programa de criação e patrocínio do governo federal, e tem tido desde a sua criação, resultados bastante significativos. Em 2016 estima-se que o PROCEL alcançou uma economia de energia de 15,15 bilhões de kWh e essa

economia de energia ajudou o país a evitar que 1,238 milhão tCO₂ equivalentes de dióxido de carbono fossem liberados na atmosfera (Procelinfo,2017).

A energia ofertada deve acompanhar o aumento do consumo provocado por um novo ciclo de crescimento econômico, verificado nos países em desenvolvimento. Entretanto, as fontes tradicionais têm que ser substituídas por recursos menos nocivos ao meio ambiente.

Com o advento tecnológico ocorrido nas últimas décadas, a sociedade vem pautando sua existência, com base em um consumismo desenfreado, que a cada dia utiliza em sua rotina, tecnologias dependentes de energia elétrica para seu funcionamento.

A energia elétrica ao longo do tempo vem assumindo papel indispensável na promoção do desenvolvimento da sociedade. Sociedade usuária de tecnologia de ponta, que vive em ambientes artificiais, nos centros urbanos ou rurais, onde o natural é desrespeitado. A energia elétrica é indispensável e estratégica por garantir a soberania da nação e suprir todas as demandas que a exigem-na. Porém o crescimento desenfreado da população mundial reflete no consumo de energia.

Segundo Souza (2009), o aumento do número de habitantes do Planeta Terra tem provocado impactos negativos na demanda de energia disponibilizada para consumo, mesmo que alguns países desenvolvidos vêm adotando políticas de conservação de energia mais eficientes. Pois de acordo com Kwang e Masri (2010), o aumento populacional e da economia mundial exige uma disponibilidade maior de energia elétrica.

A demanda global de energia deverá crescer mais de 25% até 2040 e exigirá o dobro de investimento em projetos de acordo com o *World Energy Outlook*, 2018, da Agência Internacional de Energia. Mostrando que a tendência da demanda mundial de energia elétrica é de apresentar um crescimento diretamente proporcional ao número de habitantes e seus aparatos tecnológicos, cuja consequência direta da geração de energia elétrica para atendimento da demanda são os impactos negativos ao meio ambiente (degradação, escassez dos recursos naturais, poluição e devastação da natureza).

Na busca de amenizar os efeitos nocivos provocados por ações que, de alguma forma, agredem o meio ambiente, surgem avanços em pesquisas científicas que possibilitam a produção de energia a partir de fontes menos poluentes e com conscientização da humanidade pela busca de uma existência pautada em um comportamento ético-ambiental.

A tendência mundial é que as fontes de energia e as tecnologias de produção tornem-se mais modernas, e gerem menos poluição. Além disso, espera-se que a ciência seja capaz de buscar e promover novas alternativas de energia. A economia de energia é, atualmente, um assunto de grande interesse tanto econômicos como academicamente.

No Brasil, ocorreu o “apagão elétrico” de 2001, que foi uma crise de oferta de energia em função da falta de chuva que ocasionou a diminuição da capacidade de geração de energia pelas usinas hidrelétricas. A partir desse episódio, a população brasileira passou a preocupar-se com a sobrecarga de energia provocada pelo consumo não coordenado de equipamentos de informática, eletrodoméstico, eletroeletrônicos e aparelhos de ar condicionado, dentre outros (SILVA, 2011).

Com o objetivo de evitar eventos como o ocorrido em 2001, o Ministério de Minas e Energia (MME), por meio de sua secretaria executiva mantida pela Eletrobrás, através do PROCEL, instituído pelo Decreto presidencial em 8 de dezembro de 1993, criou o selo verde de eficiência energética com a finalidade de classificar os equipamentos que apresentassem níveis ótimos de eficiência energética.

Esta iniciativa legitima o comportamento em fomentar novas descobertas que possibilitem a fabricação de aparelhos eletroeletrônicos que consumam menos energia, sem contudo comprometer seu perfeito funcionamento. Os fabricantes/produtores destes equipamentos perceberam que os cidadãos/consumidores estão dando preferência àqueles que consomem menos energia para funcionarem, tanto pela questão econômica quanto ecológica.

No Brasil, o setor público (Serviço público, Poder público e iluminação pública), consumiu em 2017, 9,8% do total de energia elétrica do país, ou seja, 46.691 GWh. Estima-se que o consumo de energia elétrica em prédios públicos represente mais de 85% do total consumido pelo setor público (EPE, 2018). No entanto, os administradores públicos não tratam assuntos sobre eficiência energética

adequadamente uma vez que medidas de implantação para o melhor consumo da energia não trazem retornos financeiros de modo imediato, mas é sabido que, para haver o sucesso dos programas de eficiência energética, é fundamental o envolvimento e a colaboração de todos, quer seja do setor público ou privado.

Os órgãos públicos, historicamente, quando aplicam recursos para obras de ampliação e reformas de suas instalações, não levam em consideração projetos de eficiência energética. Isto se deve ao fato de que as despesas com energia elétrica fazem parte do custeio das instituições. Assim a economia obtida com projeto de eficiência energética não se reverte para o próprio órgão, fato que desestimula os gestores.

O PROCEL vem atuando por diversos segmentos, sejam públicos ou privados. Com referência ao setor público seu foco tem sido: iluminação pública, prédios públicos e gestão energética municipal, sempre objetivando promover o uso eficiente de energia elétrica das unidades consumidoras e identificando oportunidades de economia de energia elétrica, com redução dos desperdícios, e uso de equipamentos mais eficientes e principalmente com uma maior conscientização dos usuários sobre as práticas que priorizam a eficiência energética.

O PROCEL foi concebido com o objetivo de promover ações incentivadoras da redução do consumo de energia elétrica. Na atualidade o constante crescimento da demanda energética acaba por penalizar os pequenos consumidores, sem considerar suas necessidades ou mesmo importância. É bom ressaltar que na elaboração de um planejamento, principalmente se formulado pelo poder público, devem-se considerar a perspectiva de mercado, forças tecnológicas e preferência e atendimento das necessidades dos consumidores.

É necessário ressaltar que, na implementação de um planejamento, notadamente quando formulado pelo poder público, é preciso considerar as perspectivas de mercado, as forças tecnológicas, preferências e atendimento das necessidades dos consumidores. Nesse sentido percebe-se que o PROCEL, ao incentivar a eficiência energética contribui sobremaneira com a sustentabilidade.

Dessa forma, a implementação de medidas que promovam a redução da demanda de energia elétrica no ambiente escolar, não prejudica a qualidade do processo de ensino-aprendizagem e também não interfere no rendimento dos alunos,

uma vez que o estudo/pesquisa utilizará tecnologias estruturadas em eficiência energética.

2.1.1 - Uso eficiente de energia

Vale salientar que a comunidade acadêmica internacional considera que um dos estudiosos precursores, com trabalhos publicados sobre uso eficiente de energia elétrica no mundo foi Yergin (1979). Ele destaca a importância do tema e descrevia as principais barreiras, na época, à implementação de programas de racionalização no uso da energia elétrica. Essa publicação destaca que o sistema eficiente de energia é uma fonte de energia que não produz poluição e não gera resíduos radioativos.

Segundo Yergin (1979), a primeira barreira à implantação do programa de uso eficiente de energia elétrica naquela época era a complexidade de se conseguir que diferentes consumidores mudassem seus hábitos. A segunda barreira estava relacionada com a forma como a indústria de energia da época reagiu à crise do petróleo, direcionando seus esforços para a oferta da energia, buscando novas fontes. A terceira barreira estava associada ao paradigma da eficácia do mercado, em que o aumento de preços da energia elétrica após o embargo petrolífero no final de 1973, deveria produzir um grande mercado para o uso de sistema mais eficiente de energia, fato que terminou não ocorrendo, tal acontecimento acabou por dar início a um processo de construção da concepção de uso eficiente de energia. A última grande barreira à adoção de políticas e programas de uso eficiente de energia descrito na publicação, é o paradigma de que o crescimento econômico só poderá ocorrer com o consumo de energia.

2.1.2 Principais Programas de Eficiência Energética no Brasil

Com relação aos programas de eficiência energética implementados no Brasil, podem-se destacar quatro: O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Programa de Financiamento e Apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO), Programa de Eficiência Energética e o Programa Nacional da Racionalização do uso dos derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET).

- O PROCEL:

É um programa coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobrás, criado em 1985 pela Portaria Interministerial nº 1877. O objetivo do PROCEL é promover o uso eficiente e racional de energia elétrica e combater seu desperdício. As frentes de atuação do PROCEL visam promover eficiência energética entre diversos setores da economia, sendo aplicadas a equipamentos, edificações, iluminação pública, poder público, indústria, comércio e conhecimento.

Dessa forma, o PROCEL contribui para o aumento da eficiência energética entre bens e serviços, disseminação de hábitos e conhecimento relacionados ao consumo eficiente de energia e, conseqüentemente, adiamento dos investimentos do setor elétrico.

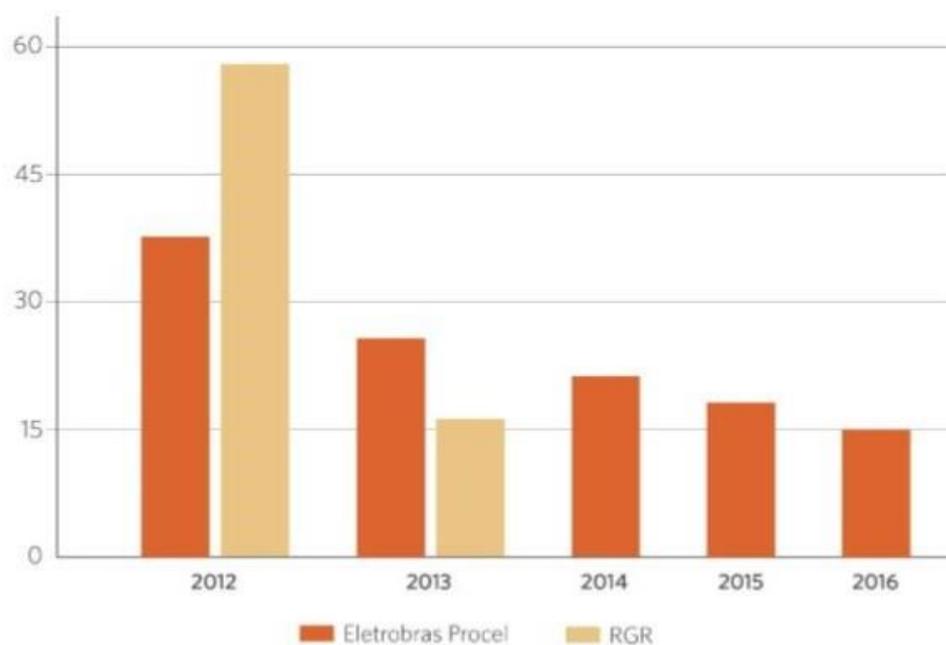
Em 1993, o programa foi reestruturado com enfoque nas ações de eficiência energética no sistema elétrico, como a redução das perdas dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Nesse mesmo ano, foi criado o prêmio nacional de conservação e uso racional de energia (Prêmio PROCEL) e o Selo Verde de eficiência energética (Selo PROCEL). Ambos com o objetivo de incentivar a eficiência energética.

Em 2001, com a crise de abastecimento, o PROCEL buscou parceiros na economia de energia e obteve sucesso através de acordos com fabricantes de motor elétrico, equipamentos eletrodomésticos e de iluminação. Como fonte de financiamento, o programa contou com recursos próprios da Eletrobras, da reserva global de reversão (RGR) e de recursos provenientes de fundos internacionais. Nos mais de 31 anos do programa, esses recursos investidos totalizaram quase R\$ 3 bilhões, gerando uma economia de 107 bilhões de kWh (PROCEL,2017).

Em 2013, a RGR deixou de ser recolhida de acordo com a Lei nº 12.783/2013. Fato que provocou uma queda acentuada nos investimentos realizados pelo PROCEL a partir dessa data. Conforme pode ser verificado na Figura 1.

Figura 1: Investimentos anuais da Eletrobras nos anos de 2012 a 2016 (milhões de reais).

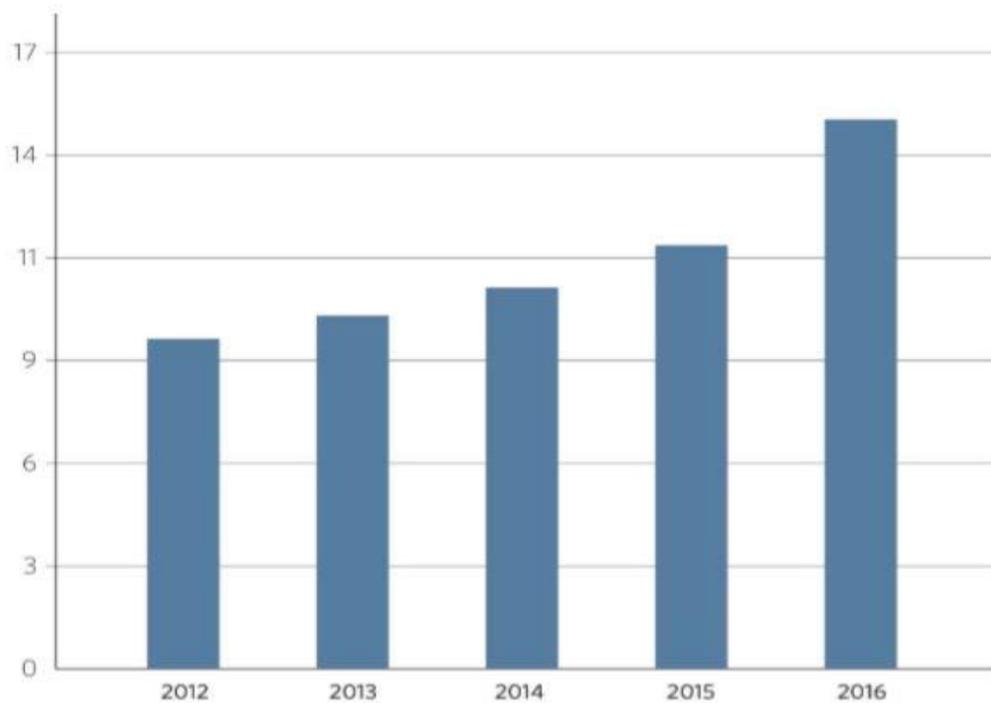


Fonte: Adaptado do PROCEL(2017).

Em 2016, através da Lei nº 13.280, o programa passou a contar com uma fonte de recursos definida através de planos anuais. Foi criado o Comitê Gestor de Eficiência Energética (CGEE) com o objetivo de receber e aprovar o Plano de Aplicação dos Recursos do PROCEL (PAR PROCEL) e fiscalizar sua execução.

A economia de energia decorrente das ações do PROCEL nos anos de 2012 a 2016 (Bilhões de kWh). Conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2: Economia de energia em função das ações do PROCEL.



Fonte: Adaptado do PROCEL(2017).

Os resultados energéticos globais alcançados pelo programa se devem principalmente à sua parte direcionada para eficiência em equipamentos (Selo PROCEL). Dos 15,15 bilhões de kWh economizados, 15 bilhões se devem ao uso de equipamentos com o selo, os dados sinalizam que há um enorme potencial a ser economizado nos setores da economia brasileira(PROCELINFO,2017).

- O PROESCO:

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), possui, desde 2006, uma linha de financiamento para intervenção que comprovadamente contribua para a economia de energia, aumente a eficiência global do sistema energético ou promovam a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis. O PROESCO atua sobre iluminação, motores, otimização de processos, ar comprimido, bombeamento, ar condicionado e ventilação, refrigeração e resfriamento, produção e distribuição de vapor, aquecimento, distribuição de energia e gerenciamento energético.

Os beneficiários da linha de crédito podem ser usuários finais de energia, empresa de serviços e conservação de energia (ESCOs) e empresas de geração, transmissão e distribuição de energia.

São itens financiáveis pela linha do BNDES:

- Estudos e projetos;
- Obras e instalações;
- Máquinas e equipamentos;
- Serviços técnicos especializados;
- Sistema de informação, monitoramento, controle e fiscalização.

Em 2016, O PROESCO se tornou o BNDES Eficiência Energética, mantendo a função de programa de incentivo às ações de economia de energia.

- O PEE:

O programa de eficiência energética é conduzido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e tem como objetivo estimular o uso eficiente de energia elétrica em todos os setores da economia, viabilizando projetos que promovam a importância e a viabilidade econômica de ações de eficiência energética.

O PEE tendo sido aplicado desde 1998, mas foi fortalecido com a Lei nº 9991, de 2000, que estabelece regra para a realização de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e eficiência energética pelas empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. Desde 1998, o processo de elaboração e condução do PEE vem sofrendo mudanças significativas.

A Lei nº 13.280 de 2016 estabelece que as distribuidoras de eletricidade devem direcionar no mínimo 1% da sua Receita Operacional Líquida (ROL) para projetos de P&D e Programas de Eficiência Energética (PEE). Até o dia 31 de dezembro de 2022, 0,5% desse valor deve ser aplicado em P&D e a outra parte em PEE. Após essa data, os valores mínimos passam a ser de 0,75% e 0,25% respectivamente.

No caso dos recursos destinados à eficiência energética, 80% são aplicados pelas concessionárias e permissionárias e 20% devem ser endereçados ao PROCEL.

Com investimentos correspondentes a R\$ 5 bilhões neste período, o PEE se mostra como a principal fonte de recursos para a eficiência energética no Brasil.

- O CONPET

O CONPET é um programa vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME) e executado com o suporte técnico e administrativo da Petrobras. Criado em 1991, O CONPET vem estimulando o uso eficiente dos recursos energéticos não renováveis em diversos setores, como indústria, residências, comércio, geração de eletricidade e transportes. Os principais objetivos do programa são:

- Racionalizar o consumo dos derivados do petróleo e do gás natural;
- Reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera;
- Promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico;
- Fornecer apoio técnico para o aumento da eficiência energética no uso final de energia.

Além disso o CONPET busca conscientizar os consumidores acerca da importância do uso racional de energia. Várias iniciativas têm sido implementadas como: Eficiência energética de equipamentos, CONPET no transporte e CONPET na educação.

Como o foco principal do CONPET é a redução no consumo de combustíveis, a atuação do programa em relação à indústria tem sido menos significativa se comparada ao setor de transportes. O prêmio de conservação de energia na indústria é uma das principais iniciativas na área, organizado em conjunto com a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e o PROCEL.

2.1.3 Planos Nacionais de Energia e Plano Nacional de Eficiência Energética

O Plano Nacional de Energia (PNE), é resultado de uma série de estudos de planejamento do setor elétrico que ocorreu ao longo de 2006, destacando por ser um instrumento fundamental para o planejamento de longo prazo, orientando tendências

e balizando as alternativas de suprimento da demanda de energia nas próximas décadas, através da orientação estratégica da expansão (MME,2018).

É bom ressaltar também a elaboração da projeção da matriz energética nacional, que juntamente com o PNE subsidiarão a definição de políticas energética, e do Plano Decenal 2007/2016. Assim os estudos de planejamento energético brasileiro estão sendo realizados considerando os horizontes de curtos, médios e longos prazos (MME,2018).

- PNE 2050

Para a composição do documento final do PNE, os estudos econômicos de longo prazo correspondem à etapa inicial do processo de elaboração do PNE 2050. Os cenários econômicos são insumos importantes para os diversos modelos utilizados nas projeções de demanda e oferta de energia da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Além disso, o processo de construção dos cenários econômicos traz consistência para as demais projeções do PNE 2050. Os dados dos estudos econômicos são utilizados diretamente nos modelos de demanda energética, assim como direta ou indiretamente nos modelos de oferta. Notadamente, as projeções de população e domicílio, PIB e PIB per capita e projeções setoriais são importantes para o cômputo das demandas residencial, industrial, transportes, agropecuária e outros.

A parte focada na demanda de energia é fundamental na projeção de possíveis cenários de longo prazo. Os estudos do PNE projetam a demanda por eletricidade até o ano de 2050. Mesmo com os baixos níveis de consumo per capita de energia elétrica atuais, o PNE identifica que o consumo vem crescendo consistentemente ao longo do tempo com taxas superiores ao da economia.

De acordo com o PNE, as melhorias de eficiência incorporadas pelas previsões de consumo de eletricidade são associadas ao que se chama de progresso autônomo – a conservação de energia que pode ser atribuída a melhorias na prática de uso e na progressiva substituição de equipamentos elétricos por outros mais eficientes.

O estudo ressalta que, apesar de expressivo, o progresso autônomo não esgota todo o potencial de conservação, segundo o PNE, esse potencial não atingido seria inibido por barreiras institucionais, tarifárias, acesso à tecnologia, entre outros, e

poderia ser alcançado por meio de ações em nível governamental focadas nesses aspectos. Entre os mecanismos de estímulo ou indução para o aumento da eficiência energética, o documento recomenda a implantação de leilões de eficiência energética.

- PNEf

O PNEf se diferencia dos outros planejamentos por ter, como foco principal, o desenvolvimento de uma orientação para a promoção do progresso induzido, isto é, a instituição de programas e ações voltadas para a eficiência energética em setores específicos, com um caráter mais propositivo do que os documentos anteriores, ele é definido como “Uma proposta de atuação integrada e coordenada as várias instituições e organismo que se relacionam com a temática de eficiência energética.”

O documento identifica problemas em diversas áreas, como legislação, regulamentação, programas, educação, monitoramento, entre outros.

O plano destaca que um dos empecilhos para uma adesão mais rápida pode estar relacionado a aversões aos riscos técnicos da substituição das tecnologias por outras mais eficientes. O plano conclui que a aversão não só tem retardado a transição para tais equipamentos, como também vem afetando a disponibilidade de recursos para o setor; os agentes financeiros tem dificuldade para compreender o trabalho e mensurar os resultados os torna resistentes a aprovar projetos de eficiência. Como consequência, os recursos públicos aplicados em eficiência energética têm sido, em sua maior parte, direcionado para os setores residencial, comercial e público, com poucas ações voltadas para a indústria.

Outro grande problema, apontado pelo PNEf, é a visão de curto prazo na aplicação de recursos das empresas, que preferem aumentar seus ganhos investindo na produção, que gera receitas adicionais, em vez de investir em eficiência energética. Tais escolhas refletem uma falta de gestão energética. O estudo destaca também a defasagem na formação técnica no Brasil, onde a maior parte das universidades e curso técnico não inclui disciplinas focadas em eficiência energética.

O plano propõe algumas linhas de ação voltadas para a superação destes dilemas, sendo este um dos diferenciais do mesmo em relação às outras políticas – trata-se de um documento propositivo.

Dentre as sugestões, destacam-se:

- Desenvolvimento de apoio técnico e workshops de capacitação para os agentes de financiamento;
- Produção de estudos sobre a criação de incentivos fiscais e tributários para modernização industrial e eficiência energética;
- Promoção de mecanismos que estimulem empresas a contratar serviços de especialistas em eficiência energética;
- Elaboração de programas focados em estimular a adoção de processos mais eficientes;
- Expansão das alternativas de financiamento (ex: linha de financiamento para equipamentos energeticamente eficientes e mecanismo compulsório de investimentos em eficiência energética);
- Investimento na formação de especialistas em eficiência energética na indústria (ex: parceria com universidades, cursos de capacitação em empresas);
- Estudos da possibilidade de isenção de encargos setoriais na tarifa para “autorredutores” de energia elétrica, da pertinência de mecanismo como “oferta e redução do consumo” e “certificado de redução de consumo” para empresas que implantem programas de eficiência energética;
- Fomento ao engajamento do setor industrial a prática de gestão voltada para eficiência energética, banco de dados relativos à eficiência energética, uso de ferramentas de gestão energética (ex: software);
- Estabelecimento de índices de eficiência energética de referência para os setores da indústria.

O Brasil caminha na direção contrária à de outras nações que vêm adotando políticas consistentes de estímulo à eficiência energética (EE). O Brasil está defasado em comparação com outros países, e mostra piora no período 2008-2016 em relação a 2000-2008.

Em um conjunto de 28 países o Brasil ficou na última posição. Uma das razões para esse resultado é que, no país, as ações de promoção da eficiência energética não foram pautadas por um planejamento de longo prazo bem estruturado, mas ocorreram de forma reativa, em atendimento da demanda por energia. A legislação de eficiência energética no Brasil é decorrente dos choques internacionais do petróleo na década de 1970, da crise da dívida externa na década de 1980 e, mais recentemente, foi impulsionada pelo racionamento de energia elétrica em 2001 (*Market Report Séries: Energy efficiency*,2017).

2.1.4 - Gerenciamento pelo lado da demanda e eficiência energética

Até o final da década de 1980, o setor elétrico era todo verticalizado, isto é, as concessionárias atuavam desde a geração até a distribuição da energia elétrica, reguladas por Comissões Públicas Estaduais ou mesmo municipais. Essas comissões públicas asseguravam uma dada taxa de retorno relacionado ao investimento realizado, em troca de atendimento a certas metas de qualidade e gestão.

Durante aquela época, os principais interesses das concessionárias em uso eficiente de energia, estavam relacionados aos programas de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD) ou *Demand Side Management* (DSM). Entende-se por programa de GLD um conjunto de medidas e ações destinadas a melhorar a eficiência energética do uso final da eletricidade, em termos de redução do pico de carga ou da demanda máxima (kW) e/ou de redução do consumo de energia (kWh).

De acordo com a referência Jannuzzi et al (2018), o gerenciamento do lado da demanda (GLD) refere-se ao esforço sistemático para promover mudanças nos padrões de uso de eletricidade. Essas mudanças incluem alteração de hábito, horários de utilização de equipamentos, tempo de uso, mudanças nas características técnicas dos equipamentos etc. Os programas de GLD são atividades desenvolvidas e implementadas essencialmente pelas companhias de eletricidade dentro de uma área geográfica, embora em alguns países as agências de governo também tenham realizado ações de GLD. Cabe, cada vez mais, ao poder público conhecer o comportamento dos consumidores para criar mecanismos que promovam o uso racional de energia nos diferentes setores e, assim, otimizar o uso de energia pela sociedade.

Dentre os programas de GLD com estratégias de transformação de mercados, destacam-se o americano *Energy Star* e o canadense *Power Smart*. Ambos certificam computadores, equipamentos eletrônicos, eletrodomésticos eficientes.

Outro fator que vem contribuindo para o crescimento dos programas de GLD, mesmo após a crise gerada pela reestruturação (desverticalização) do setor elétrico internacional, é a redução de emissões de poluentes, compromisso assumido, pela comunidade internacional, através do Protocolo de Kyoto.

2.1.5 Energia e sustentabilidade

De acordo com Ignacy Sachs(1998), a sustentabilidade deve ser percebida como um fenômeno composto por múltiplas dimensões (social, espacial, ecológica, político institucional, econômica, cultural, etc.). Num primeiro momento, o referido autor propôs cinco dimensões para a sustentabilidade, posteriormente, ao considerar o Relatório Nosso Futuro Comum, ele reformulou a ideia inicial e incluiu outras três, chegando a um total de oito dimensões (ecológico, política nacional, cultural, ambiental, social, territorial, política internacional e econômico). Com o objetivo de explicar cada dimensão, apresenta-se a definição de cada uma de acordo com Sachs,1998.

- 1- **Sustentabilidade social:** Consolidação de um processo de desenvolvimento baseado em outro tipo de crescimento e orientado por outra visão de “Boa sociedade”. O objetivo é construir uma civilização do “ser” em que exista maior equidade na distribuição do “ter” e da renda.
- 2- **Sustentabilidade cultural:** Busca pela autonomia de um projeto nacional integrado e endógeno, isto é, sistemas produtivos baseados no potencial local, respeitando-se as características específicas de cada ecossistema, bem como as particularidades de cada cultura; e autoconfiança combinada com abertura para o mundo.
- 3- **Sustentabilidade ecológica:** Preservação do potencial do “capital natureza” na sua produção de recursos renováveis, limitando o uso dos recursos esgotáveis, e reduzindo os danos dos sistemas de sustentação da vida.

- 4- **Sustentabilidade ambiental:** Aumento da capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais; imposição de limites ao consumo material pelos mais abastados para assim reduzir o volume de resíduos e a poluição, além do incentivo à reciclagem e ao desenvolvimento de tecnologias limpas.
- 5- **Sustentabilidade territorial:** Configurações urbanas e rurais equilibradas; com a melhoria do meio ambiente urbano (evitando-se a concentração excessiva nas áreas metropolitanas), superação das disparidades inter-regionais, estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguro, cuidado com as áreas ecologicamente frágeis e criação de reservas naturais.
- 6- **Sustentabilidade econômica:** Expressa pelo desenvolvimento econômico intersetorial equilibrado. Capacidade de modernização contínua dos instrumentos de produção; segurança alimentar, gestão eficiente dos recursos, investimento público e privado, razoável nível de autonomia na pesquisa científica e tecnológica.
- 7- **Sustentabilidade política** (nacional): Apropriação universal dos direitos humanos; capacidade do Estado para implementar o projeto nacional (em parceria com os empreendedores).
- 8- **Sustentabilidade política** (internacional): Eficácia de prevenção de guerras da ONU (garantia da paz e da cooperação internacional); um pacote Norte-Sul de co-desenvolvimento, baseado no princípio da igualdade; controle efetivo do sistema financeiro internacional, aplicação do princípio de precaução da conservação do meio ambiente.

A comunidade internacional, desde 1992, com a Conferência das Nações Unidas para o meio ambiente e desenvolvimento, *United Nations Conference On Environment and Development* (UNCED), realizada no Brasil, na capital do Estado do Rio de Janeiro, elaborou acordos internacionais em prol do desenvolvimento sustentável e da preservação do meio ambiente (Johnson, 1993). Em 1997, em Kyoto, no Japão, foi elaborado o Tratado de Kyoto, estipulando a meta de reduzir em 5% em relação aos níveis registrados em 1990, a emissão de dióxido de carbono na atmosfera terrestre.

Porém, o protocolo priorizou ações nos países considerados desenvolvidos, não incluiu os países em desenvolvimento. Entrando em vigor em 16 de fevereiro de 2005, com a subscrição da Rússia, no final de 2004 (UNSDSN, 2013).

Assim, os países responsáveis pela maior parte da emissão total de dióxido de carbono, cerca de 55%, comprometeram-se em legitimar o documento, mesmo sem a participação dos Estados Unidos da América (EUA), país desenvolvido responsável por aproximadamente, 30% da emissão deste gás poluente.

De acordo com a *United Nations Sustainable Development Solutions Network* (UNSDSN), que pode ser traduzido por rede de soluções para o desenvolvimento sustentável da ONU. É uma rede que apoia totalmente a Rio+20 sobre o desenvolvimento sustentável baseado numa visão holística englobada pelas quatro dimensões da sociedade: desenvolvimento sustentável, inclusão social, sustentabilidade ambiental e boa governança.

2.1.6 - Sistema de Tarifação da energia elétrica

No Brasil o consumo de energia elétrica é tarifado com base na Resolução Normativa Aneel nº 414 de 9 de setembro de 2010, onde os consumidores são identificados por classes e subclasses de consumo: residencial, comercial e serviços, rural, poder público, iluminação pública, serviço público e consumo próprio. Tendo assim cada classe uma estrutura tarifária distinta em função das peculiaridades de consumo de demanda de potência, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 1: Grupos tarifários de energia elétrica no Brasil

Tensão	Grupo tarifário	Nível de tensão
Alta	A1	Igual ou superior a 230 kV
Alta	A2	88 kV a 138 kV
Alta	A3	69 kV
Alta	A3a	30 kV a 44 kV
Alta	A4	2,3 kV a 25 kV
Alta	AS	Inferior a 2,3 kV
Baixa	B1	Residencial
Baixa	B2	Eletrificação rural
Baixa	B3	Demais classes
Baixa	B4	Iluminação pública

Fonte: Aneel, 2018.

Com a evolução constante e o surgimento dos novos aparatos eletroeletrônicos combinado com um comportamento consumista da humanidade, a demanda por energia elétrica vem aumentando consideravelmente em todo o mundo, e o Brasil está inserido neste contexto.

A combinação desses fatores acaba por influenciar o desenvolvimento econômico e na melhoria da qualidade de vida da população, em contrapartida tem aspectos negativos, por ampliar o risco iminente do esgotamento dos recursos empregados para a produção de energia (Silva,2015). A oferta de energia deve acompanhar o aumento do consumo induzido por novo ciclo de crescimento econômico, principalmente em países em desenvolvimento. Todavia é necessário a busca por alternativas de suprimento que usem recursos menos nocivos ao meio ambiente.

É imperioso que os consumidores devam modificar seus hábitos, substituindo aqueles energéticos mais poluentes por outros de menor impacto ambiental e priorizar as práticas mais eficientes.

2.1.7- Tipos de lâmpadas

Existem atualmente no mercado vários tipos de lâmpadas e com as mais variadas performances, todavia no presente trabalho se fará menção a dois tipos identificado na pesquisa de campo realizada na unidade escolar, que foram:

- Lâmpadas Fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são compostas por um vidro coberto por um material à base de fósforo e dentro dela há gases inertes a baixa pressão que se ionizam quando é aplicada uma corrente elétrica, gerando luz. Elas possuem alta eficiência, boa aparência e baixo consumo de energia (menor do que as incandescentes):

- Eficiência: alta eficiência (2 a 4 vezes mais eficiente que as incandescentes);
- IRC (índice de reprodução de cores) de 85%;
- Tensão de rede: 127/220 volts;

São ecologicamente corretas por consumir menos energia e terem um tempo de vida maior do que as incandescentes. No entanto, o mercúrio e o chumbo, presentes em sua composição, são metais perigosos para a saúde humana e para o meio ambiente. Atualmente a indústria tem investido em modelos com partes totalmente recicláveis e teor de mercúrio bastante reduzido.

As lâmpadas fluorescentes podem ser classificadas em:

- Tubulares;
- Circulares e compactas; com e sem reatores integrados.

- Lâmpadas LED

As lâmpadas LED (Light Emitting Diode), são componentes eletrônicas que geram luz com baixo consumo de energia. A lâmpada LED é mais econômica porque sua eficiência luminosa é maior do que as das outras lâmpadas, ou seja, gasta menos energia para gerar a mesma iluminação.

As lâmpadas LED podem durar, dependendo do modelo, pelo menos cinco vezes mais do que as fluorescentes compactas. As lâmpadas LED geram menor risco para a saúde dos consumidores e para o meio ambiente, pois não contém mercúrio na sua constituição, como é o caso das fluorescentes (OSRAM,2018).

- Variáveis luminotécnicas

A seguir apresentam-se as variáveis luminotécnicas que interferem no desempenho energético das edificações.

- Iluminação interna

Segundo a NBR ISO 8995 (ABNT, 2013), a iluminância para locais de ensino aprendizagem varia entre 300 e 500 lux. A altura de coleta da iluminância deverá ser de 75 cm acima do piso, que corresponde à altura do plano de trabalho dos alunos (carteiras).

- Cores das paredes

As cores do teto e paredes influenciam no rendimento das luminárias.

As Tabelas 2 e 3 apresentam respectivamente os fatores de reflexão radiante das cores e refletância das paredes e tetos:

Tabela 2: Fatores de reflexão radiante das diversas cores

Cores	Refletância	Cores	Refletância
Branco	0,75 a 0,80	Rosa	0,50 a 0,58%
Marfim	0,63 a 0,80	Cinzento	0,40 a 0,50%
Amarelo claro	0,65 a 0,75	Bege	0,25 a 0,35%
Creme	0,56 a 0,72%	Marrom	0,17 a 0,41%
Verde claro	0,50 a 0,65%	Verde escuro	0,10 a 0,22%
Azul claro	0,50 a 0,60%	Vermelho	0,10 a 0,22%

Fonte: NBR ISO 8995/2013

Tabela 3: Refletância de Paredes e tetos

Superfície	Refletância
Teto branco	0,75%
Teto Claro	0,50%
Paredes branca	0,50%
Paredes claras	0,30%
Paredes mediamente claras	0,10%

Fonte: NBR ISO 8995/2013

2.2 - A importância da água

A água é o elemento fundamental para a manutenção da vida de todas as espécies; no entanto aquela considerada própria para o consumo humano corresponde a menos de 1% das reservas do planeta (Brasil, 2005). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), aproximadamente 60% das pessoas no mundo poderão sofrer de escassez moderada ou grave de água até 2025 (ONU,2005). Apesar de o Brasil possuir a maior reserva de água doce no mundo, deve estar atento às questões de sua escassez. Logo, a manutenção da qualidade da água e as medidas para evitar o seu desperdício são ferramentas importantes a serem implementadas.

No geral, o maior uso de água é na irrigação, consumindo aproximadamente 70% da oferta. O restante da oferta é basicamente utilizado pelas atividades industriais, tanto para uso direto na fabricação de seus produtos como indireto na geração de energia em utilidades (REBOUÇAS, 2006). Na tentativa de minimizar os elevados custos dos usos das águas e a escassez de oferta, vários setores têm desenvolvido práticas e processos de reuso, recuperação e reciclagem da água para diferentes fins (HESPANHOL et al, 2002). Essa água pode ter distintas aplicações tais como: irrigação agrícola, limpeza urbana, recreação e em processos industriais (BIXO et al, 2008).

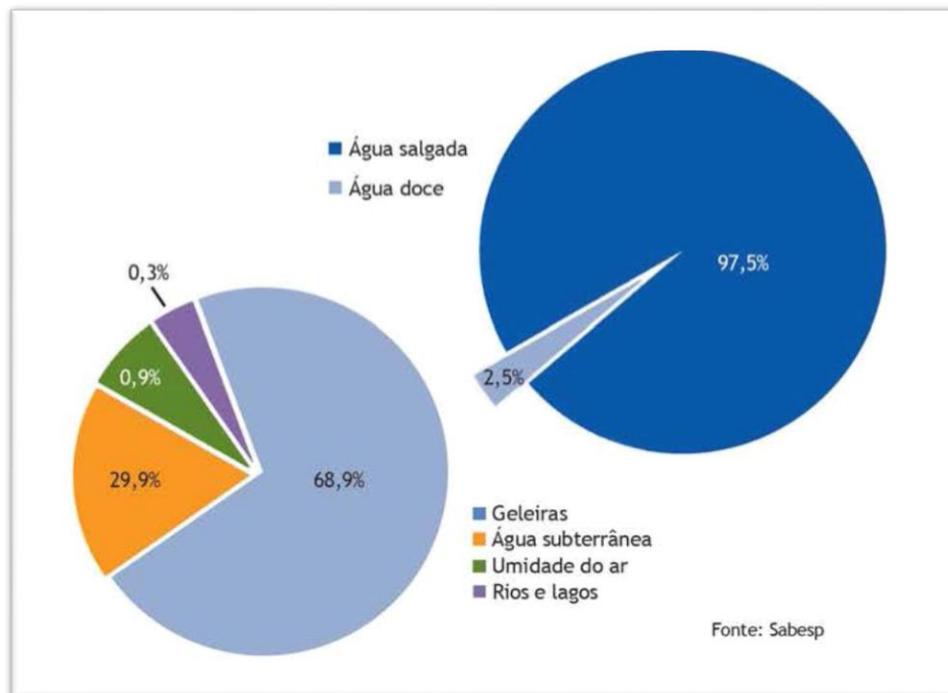
No entanto, no Brasil a prática do reuso e/ou recuperação da água é observado principalmente no setor industrial privado. A Agência Nacional de Água (ANA) através da Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1.997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos ou Lei das águas (Brasil, 1997) passou a cobrar tanto pelo uso das águas dos mananciais como pelo despejo de efluentes nas Bacias Hidrográficas como parte integrante do modelo de sistema de gestão auto sustentável dos recursos hídricos. Essa medida forçou o setor industrial à implantação da prática de reuso e/ou reciclagem da água, reduzindo a sua captação bem como o descarte de efluentes.

Em 2002 foi publicado um estudo por Hespanhol et al, que evidenciou uma redução do custo da água na região metropolitana de São Paulo que saiu de um valor de R\$ 9,69 por metro cúbico para R\$ 2,00 o metro cúbico em função da utilização da água de reuso. E de acordo com dados da Companhia de Saneamento de São Paulo (Sabesp,2009) disponibilizava o metro cubico de água de reuso com um valor que varia de R\$ 0,88 a R\$ 1,02 a depender da localidade e do volume e o custo com transporte da mesma é a cargo do cliente.

Dessa forma a manutenção da Biodiversidade no planeta deve-se principalmente à presença e abundância de água. Independentemente de sua qualidade e quantidade, a água possui papel fundamental na determinação do clima do planeta onde sua evaporação forma as nuvens e as geleiras montanhosas, enquanto que a sua precipitação favorece o preenchimento dos reservatórios, rios e recarga de aquíferos subterrâneos.

Apesar deste recurso ser renovável, a manutenção de sua qualidade para a sobrevivência da espécie humana está reduzida. A distribuição de água no planeta conforme Figura 3 é bastante desigual. O continente Africano conta com 11% dos recursos mundiais de água potável e estima-se que cerca de 230 milhões de africanos sofrerão pela falta de água até 2025 (ONU,2005). A América Latina é a região com maior abundância possuindo as Bacias Amazônica, Orinoco, São Francisco, Paraná, Paraguai e Magdalena compreendendo cerca de 30% da água doce superficial do planeta.

Figura 3 – Distribuição de água no planeta.



Fonte: Sabesp,2009

A dificuldade pela geração de uma água com qualidade para suprir as necessidades humanas vem aumentando a cada ano. O crescimento da população global previsto de 2 a 3 bilhões de pessoas nos próximos 40 anos combinado a mudanças de alimentação, pode resultar em um aumento substancial de escassez por alimentos (WWAP, 2013).

Com o aumento da população e conseqüente aumento da demanda por alimentos, acarretará aumento da demanda por energia hidrelétrica e de outras fontes renováveis (WWAP,2009). Essas questões são interconectadas com o aumento da

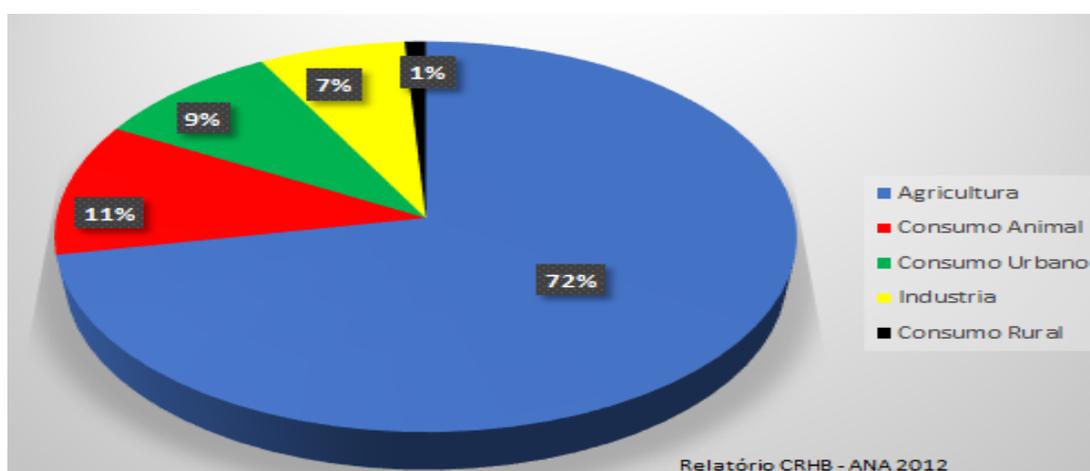
produção agrícola, fato que elevaria substancialmente o consumo de água e de energia, levando a uma disputa cada vez maior entre os setores consumidores de água (ONU, 2013).

A Europa consome diariamente 300 litros de água por habitante, duas vezes menos que nos EUA e no Japão e 20 vezes mais que na África. Cerca de 20% da população espanhola, chiprina, maltanesa e italiana vive com escassez de água. A região norte-americana possui a maior cobertura de abastecimento de água e de saneamento do mundo, enquanto o oriente médio conta com menos de 1% da água doce disponível no mundo, com cerca de 5% de toda população mundial (HELLER e DE PÁDUA,2006).

Segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos(PNRH) (Brasil, 1997) “A água é considerada um bem não renovável, de domínio público, dotada de valor e sua prioridade é o uso para a manutenção da vida humana e dessedentação de animais”, apesar disso, os maiores usos da água (usos consultivos) estão nas atividades agropecuárias e industriais (HESPANHOL e GONÇALVES, 2006).

O continente asiático, utiliza 86% dos seus recursos hídricos na agricultura, 8% no setor industrial e 6% para uso doméstico; os Estados Unidos, utiliza 49% da sua água doce na agricultura, 42% na indústria e o restante no uso doméstico, enquanto que no Brasil de acordo com a Figura 4 e conforme relatório CRHB da Agência Nacional de Água, 72% é utilizado na agricultura, 11% no consumo animal, 9% no uso doméstico/urbano, 7% na indústria e 1% no consumo rural.

Figura 4: Consumo de água no Brasil



Fonte: ANA, 2012.

Em termos de vazão média por habitante, o Brasil é considerado um país rico em recursos hídricos, com 33 mil m³/hab./ano (UNESCO, 2002), porém sua distribuição entre as regiões brasileiras é bastante desigual, como é mostrado na Tabela 4. As taxas mais baixas de distribuição estão na região nordeste, sudeste e sul onde apresentam as maiores concentrações populacionais do país (SILVA JUNIOR, 2009). E além disso, os locais com maior potencial industrial estão localizados nas regiões com menor disponibilidade hídrica.

Tabela 4 - Distribuição hídrica no Brasil

Região	Densidade demográfica (hab./km²)	Concentração dos recursos hídricos do país
Norte	4,12	68,5 %
Nordeste	34,15	3,3 %
Centro-Oeste	8,75	15,7 %
Sudeste	86,92	6,0 %
Sul	48,58	6,5 %

Fonte: IBGE/Agência Nacional das Águas (2010)

2.2.1 - Água de reuso

Águas residuais são todas as águas descartadas que resultam da utilização de diversos processos. O artigo 2º da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos – CNRH, classifica essas águas como: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústria, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não.

De acordo com a definição da Organização Mundial da Saúde (OMS, 1973), são classificados seis tipos de reuso em diferentes modalidades: reuso indireto, reuso direto, reciclagem interna, reuso potável direto, reuso potável indireto, reuso não potável para fins industriais, mas para a finalidade de estudo da dissertação serão citados aqueles que tem uma aderência maior ao tema, que são:

- Reuso indireto não planejado da água: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada à jusante (rio abaixo), em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada.

- Reuso indireto planejado da água: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são descartados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas à jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico.

- Reuso direto planejado da água: acontece quando os efluentes, depois de serem tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregado no meio ambiente.

Reusar a água cinza produzida em residências também entra nessa categoria – água cinza é um tipo de água de reuso proveniente, de banhos, máquinas de lavar roupa e de lavatório de banheiros – são aquelas águas que não entraram em contato com a água negra (as misturadas com fezes e urina). Essa água pode ser captada por meio de cisternas domésticas e reutilizada em descargas, limpezas de piso ou de quintal e até para lavagem de carro. Para Minowa (2007), o sistema de reuso das águas cinzas, em termos ambientais, significa uma redução de aproximadamente 29% na captação de águas, o que, em tempos de escassez, pode representar uma alternativa economicamente viável.

A Resolução Conama nº 54 (Brasil, 2005), considera a prática de reuso como um mecanismo para a redução no consumo desordenado de água bem como a manutenção dos recursos hídricos nacionais, quando define a água de reuso como um efluente que atende determinados padrões para certas atividades que mereçam seu uso direto sem diluição por qualquer corpo hídrico, mas adotada de forma planejada.

Nogueira (2011), adotou água de reuso como um processo pelo qual a água tratada ou não é reutilizada para o mesmo ou outro fim, podendo ser direto ou indireto decorrente de ações planejadas ou não.

O reuso no mundo já ocupa um papel de destaque, pois em 2008 havia cerca de 50 milhões de m³/dia de água de esgoto sendo reutilizados mundialmente (NRC, 2012), dos quais:

- 21 milhões de m³/dia eram de esgoto tratado. Utilizado em 43 países, sendo os EUA o maior utilizador em volume. Em países como Singapura ou Kuwait, a água de

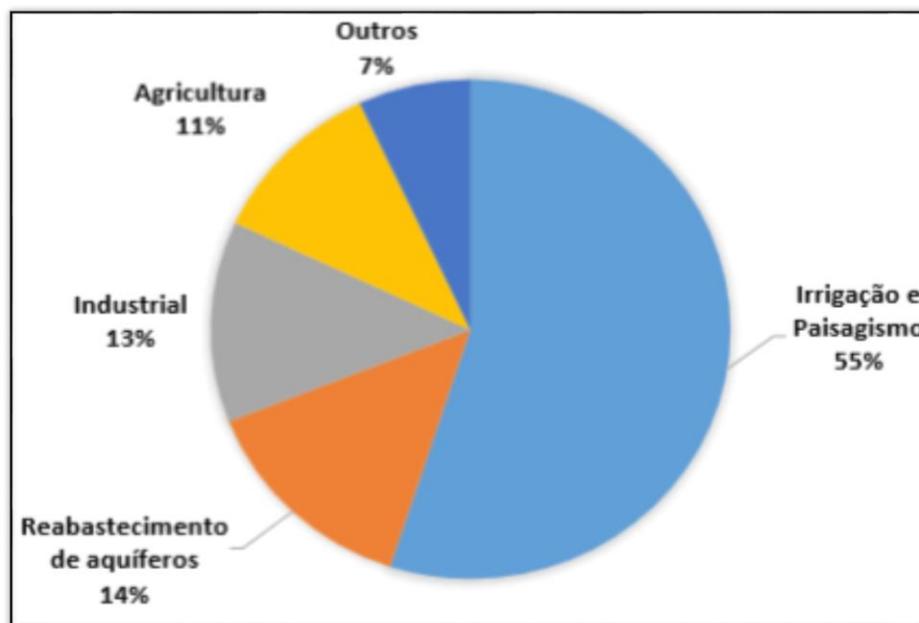
reuso representava mais de 10% da água utilizada. Em Israel, 75% dos efluentes eram reutilizados, principalmente para agricultura.

- 29 milhões de m³/dia (58%) eram de esgoto não tratado, sendo usados principalmente para irrigação no México e na china.

Os EUA é o país que em 2008 mais utilizava água de reuso no mundo, com 7,6 milhões de m³/dia. Em 2009, os quatro estados que mais reutilizavam efluente tratado eram: Flórida, Califórnia, Arizona e Texas (NRC,2012).

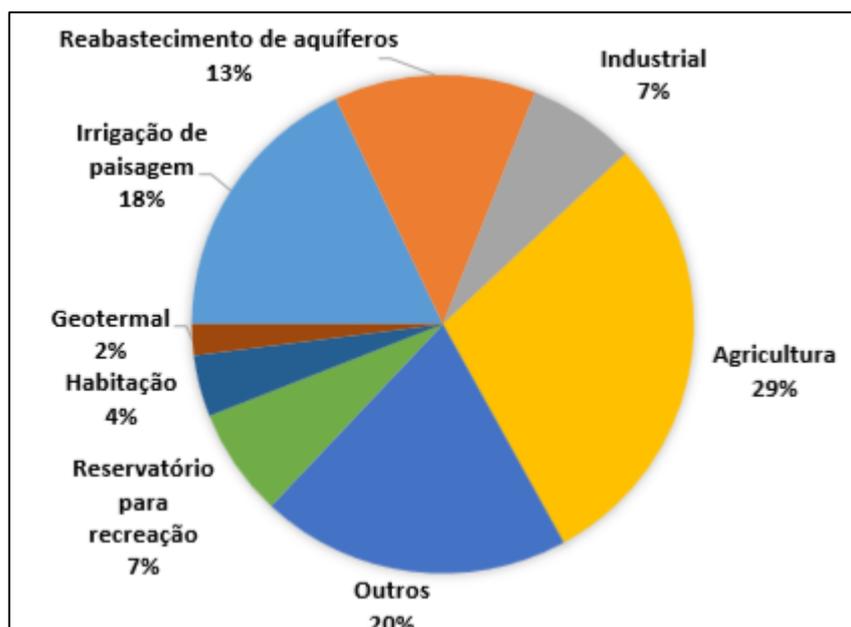
Nos estados da Flórida e da Califórnia são realizados inventários dos projetos de reuso nos quais se incluem a quantidade de reuso por tipo de aplicação. Na Florida aproximadamente 2,5 milhões de m³/dia de efluentes tratado foram reutilizados em 2010. Mais da metade desse volume foi para irrigação e paisagismo, como ilustrado na Figura 5. E na Califórnia, a Comissão Estadual de recursos hídricos (*Califórnia Department Of Water Resource*), relata que foram reutilizados 2,44 milhões m³/dia de efluente tratado em 2009. Os usos são mais diversificados que na Flórida, conforme mostra a Figura 6.

Figura 5: Reuso de água no Estado da Florida, EUA.



Fonte: NRC,2012.

Figura 6: Reuso de água no Estado da Califórnia, EUA.



Fonte: NRC,2012.

2.2.2 – Uso da água da chuva

O aproveitamento de água da chuva no Brasil já são utilizados há décadas como solução alternativa aos sistemas de abastecimento convencionais por famílias residentes em comunidades difusas localizadas na zona rural do país, principalmente na região semiárida (Brasil,2015).

Considerando que o uso primordial das águas pluviais armazenadas em reservatório é para ingestão e preparo de alimentos, razão pela qual deve ser garantido o seu padrão de potabilidade a fim de evitar a disseminação de doenças de veiculação hídrica e parasitas, os sistemas de captação de água de chuva para consumo humano devem ser projetados de acordo com normas técnicas e legislação vigente.

O Ministério da Saúde é o responsável em estabelecer os padrões de potabilidade da água, cuja regulamentação está contida no anexo XX da Portaria nº 5/2017, que dispõe sobre o padrão de potabilidade e os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano (Brasil, 2017).

No Brasil a NBR 15.527/2007 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), publicada em agosto de 2007, que disciplina o aproveitamento de água da chuva de telhados em áreas urbanas e para fins não potáveis, como por exemplo: lavagem de calçadas, ruas e veículos, irrigação de gramados e plantas, descarga em bacias sanitárias e diversas outras finalidades.

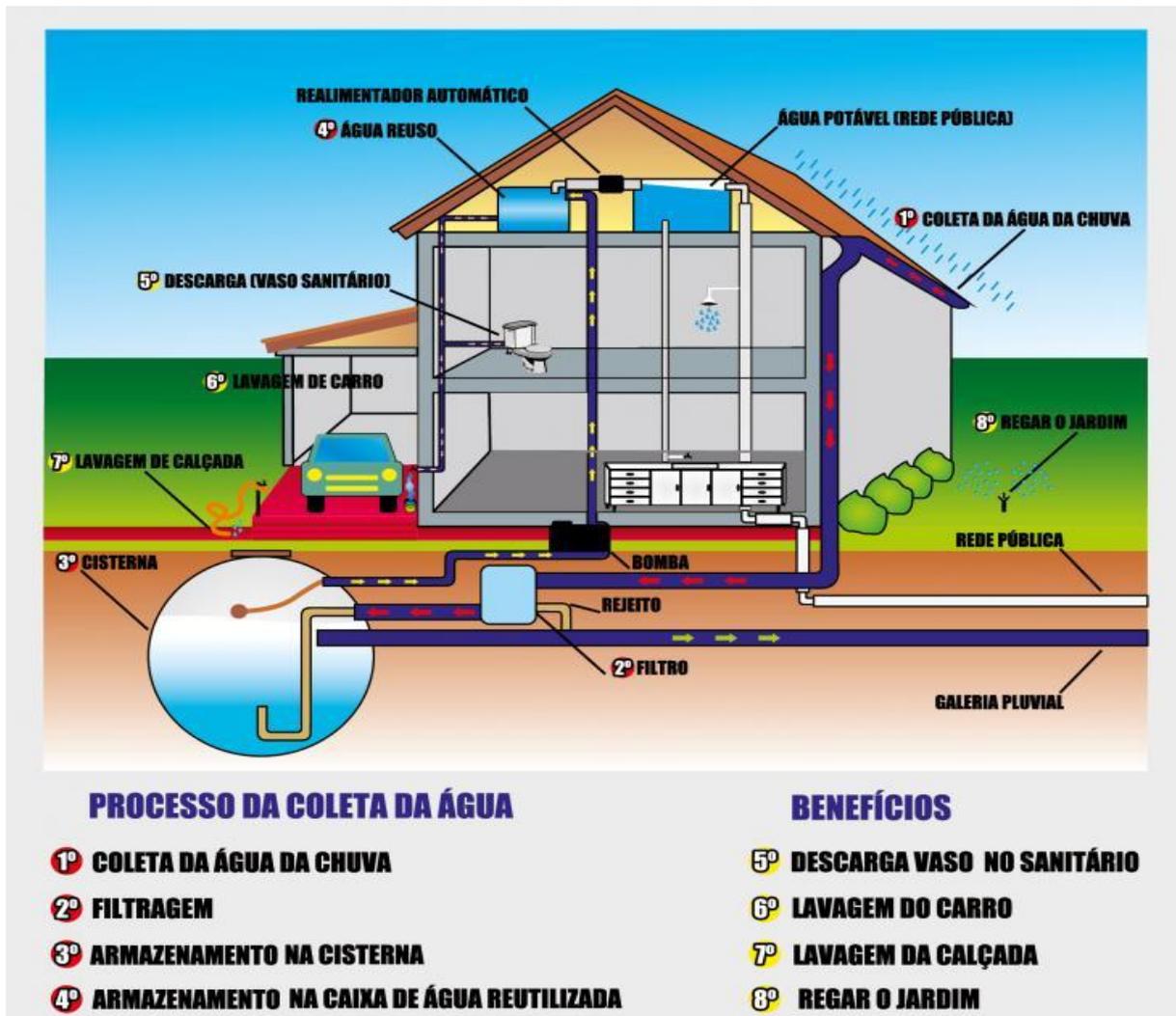
Conforme descrito por Gonçalves (2006), “A utilização dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, além de proporcionar a conservação do recurso, possibilita a redução do escoamento superficial diminuindo a carga nos sistemas de coleta pluviais que, conseqüentemente, diminui o risco de inundações”.

No Brasil já foram feitos alguns estudos e na maioria das vezes o fator econômico acaba por restringir a adoção dessa prática, principalmente pelo custo ainda elevado dos reservatórios que é o item que tem um peso maior na composição do valor a ser investido inicialmente. É uma boa alternativa no sentido de regularizar o sistema de abastecimento, sendo uma opção complementar ao mesmo. É necessário a busca por novas tecnologias alternativas ou novos modelos de reservatórios ou cisternas que utilizem materiais mais baratos e com boa performance.

De acordo com May (2004), os sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações são formados por quatro componentes básicos: área de coleta, condutores, armazenamento e tratamento.

O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial consiste de maneira geral, na captação da água da chuva que cai sobre os telhados ou laje da edificação. A água é conduzida até o local de armazenamento através de calhas, condutores verticais e horizontais, passando por equipamento de filtragem e descarte de impurezas. Em alguns sistemas é utilizado dispositivo desviador das primeiras águas da chuva. Após passar pelo filtro, a água é armazenada geralmente em reservatório enterrado (cisterna), e bombeada a um segundo reservatório (elevado), do qual as tubulações específicas de água pluvial irão distribuí-la para o consumo não potável. A Figura 7 apresenta de forma esquemática um sistema padrão para edificação.

Figura 7: Sistema de captação de água de chuva



Fonte: Hidrobrasil, 2019.

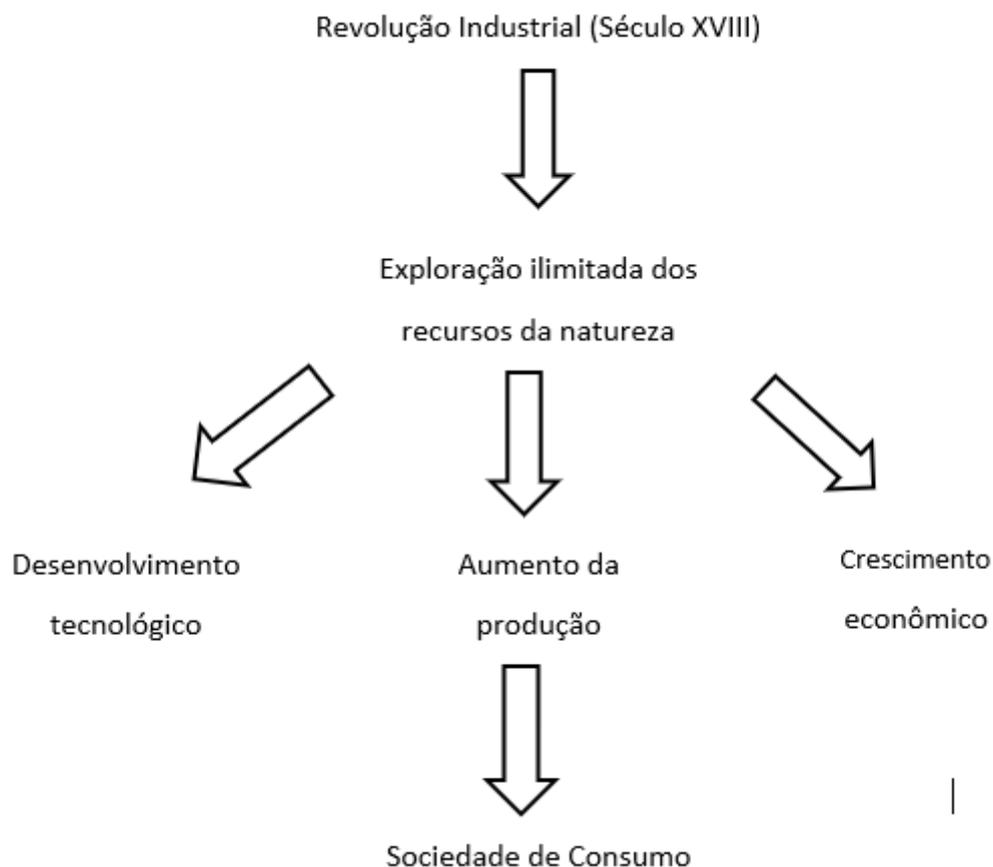
2.3 - Os resíduos sólidos

De acordo com Comis (2005), a luta pela preservação do meio ambiente e a própria sobrevivência do homem no planeta estão diretamente relacionados a questão dos resíduos sólidos urbanos. A sociedade na qual se está inserido tem como prática a extração continuada de matéria-prima para a produção de bens cuja utilização tem período curto de tempo, como forma de suprir as “necessidades” da sociedade. Para Jacobi (2006), “repensar e modificar a relação da civilização moderna com os resíduos sólidos é fundamental nos esforços da busca da sustentabilidade urbana e planetária”.

Dois fatores foram decisivos para a intensificação da geração e acúmulo de resíduos sólidos urbanos, são eles a industrialização e a urbanização atrelada ao crescimento populacional.

As mudanças ocorridas após a Revolução Industrial (Inglaterra, século XVIII), contribuíram para a expansão da produção com reflexos extremamente danosos ao meio ambiente, principalmente pelo aumento da produção de resíduos em função de uma sociedade que busca a cada dia satisfazer suas demandas ilimitadas, como pode ser observado na Figura 8.

Figura 8: Formação da sociedade de consumo



Fonte: Baseado em Conceição (2003); Figueiredo (1994)

De acordo com Pimentel (2003), modernizar é manter o mundo num estado de eterno "vir a ser", ou seja, numa perspectiva fortemente econômica enraizada na

competitividade, na busca incessante por algo melhor, mais moderno, inovador, em termos materiais; por meio de processos como a industrialização da produção, a expansão demográfica, a construção de sistemas de comunicação de massa, a estruturação de estados burocráticos e a instituição de um mercado capitalista mundial.

Conforme citado anteriormente, são muitos os fatores diretamente relacionados ao processo de modernização da sociedade e que estão intensamente relacionados à produção de resíduos sólidos em escala global; dentre eles, destacam-se os fenômenos socioeconômicos e ambientais da industrialização e da urbanização.

Contudo, tais fenômenos que surgiram e foram justificados, entre outros aspectos, pelo discurso do “desenvolvimento” e para a melhoria da qualidade de vida da humanidade (aumento do conforto e bem estar) pelo nível de poderio tecnológico alcançado e pela elevação dos padrões de consumo da sociedade; e, como qualquer processo de transformação, traz consequências benéficas e nefastas, a exemplo destas tem-se a atual gigantesca produção de resíduos, somada ao seu acelerado e inadequado descarte. De acordo com Ribeiro e Morelli (2009), “o homem passou a viver, então, a era dos descartáveis, em que grande parte dos produtos é inutilizada e jogada fora com enorme rapidez”, os quais vêm provocando uma série de impactos ao meio ambiente, notadamente em áreas urbanas, como contaminação do meio ambiente e graves prejuízos à saúde pública.

Na década de 80, Sachs reconhecia que, não havendo planejamento, a expansão urbana provocaria impactos ambientais negativos principalmente nas áreas metropolitanas de grande e rápido crescimento, com a necessidade de adequação de locais específicos para o depósito e tratamento dos resíduos sólidos gerados (LEFF,2009; SACHS,1998).

Dados do mais atual censo demográfico brasileiro (2010) mostram que a população alcançou o número de 190.755.799 habitantes, tendo crescido quase 20 vezes desde o primeiro recenseamento realizado no Brasil em 1872, e atualmente a população estimada é de 209.452.556 habitantes (IBGE,2019).

Ao comparar os dados dos censos de 2000 e 2010 percebe-se que o grau de urbanização passou de 81,2% em 2000, para 84,4% em 2010, ocasionando um aumento de 23.000.000 de pessoas.

No Brasil de 1808 a 1956, sua industrialização passou por várias etapas, sendo a primeira a **Proibição** (1500 a 1808), na qual o desenvolvimento do setor industrial foi limitado à produção de calçados, fiação, entre outros, tão somente para o consumo interno pelos portugueses que temiam a concorrência no mercado, bem como a independência financeira e política da colônia (BAER,1977; MENDONÇA,1995; TAVARES, 1998).

A segunda etapa, **Implantação** ocorreu entre (1808 e 1930), nas quais setores das indústrias (em especial o têxtil) receberam vários incentivos fiscais (isenção de impostos, taxas de importação, entre outros), tais incentivos não conseguiram alavancar de maneira efetiva a industrialização no país devido à falta de investimentos e a existência da escravidão, que impossibilitou a consolidação de um mercado consumidor.

A terceira etapa ocorreu entre os anos de 1930 a 1956, intitulada de **Revolução Industrial Brasileira**, tendo como marca a “Era Vargas”, período de grande investimento efetivo nas indústrias de Base (importante para outros setores) e de energia, como a siderurgia, metalurgia, mineração, petrolífera e hidrelétrica.

Finalmente a quarta e última etapa, denominada de **internacionalização**, teve início em 1956 e vem ocorrendo até os dias atuais (MENDONÇA, 1995; TAVARES, 1998), coincide com o governo de Juscelino Kubitschek, criou-se o Plano de Metas que destinou mais de 2/3 dos recursos para estimular o setor de Petróleo e Energia.

Dessa forma, o momento histórico, vivido pelo país, baseado na ideologia do crescimento econômico e tecnológico permitiu a extração inconsequente dos recursos naturais (acima da capacidade de suporte do planeta) para a produção exacerbada de bens de consumo (de acesso cada vez mais concentrado), levando à geração crescente de resíduos sólidos, principalmente no meio urbano, pois conforme a Associação Brasileira de Empresas de limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, em 2016 o aumento no índice de geração de Resíduos Sólidos Urbanos per capita foi de 0,48% e o acréscimo no quantitativo total gerado foi de 1,0%; índices

que superam o crescimento de 0,75% da população urbana registrada no mesmo período (ABRELPE,2017).

Na cidade de Itajubá existe a Associação de Catadores Itajubense de Materiais Recicláveis (ACIMAR), cuja atividade principal desenvolvida é voltada para ações ligadas aos resíduos sólidos e material reciclável, promove e realiza a coleta seletiva no município, com datas específicas para a zona urbana e rural. A associação contribui com a administração municipal através da redução do total coletado pela empresa concessionária do serviço de limpeza.

2.4- Análise econômica de investimentos

Um investimento pode ser caracterizado como o sacrifício feito hoje para obtenção de uma série de benefícios no futuro. Em finanças, os conceitos de sacrifício e benefício futuro estão associados aos fluxos de caixa necessários e gerados pelo investimento. Assim, a análise de investimentos consiste, basicamente, em uma análise de projeção de fluxo de caixa.

Dessa análise de investimento envolve decisão de aplicação de recursos com prazos longos (maior que um ano) com o objetivo de propiciar retorno adequado aos proprietários deste capital. Orçamento de capital é um processo que envolve a seleção de projetos de investimento e a quantificação dos recursos a serem empregados e busca responder a questões como:

- O projeto vai se pagar?
- O projeto vai aumentar a riqueza dos acionistas ou vai diminuí-la?
- Essa é a melhor alternativa de investimento?

De qualquer modo, a incerteza em orçamento de capital é elevada, pois envolve cenários econômicos e políticos de curto prazo.

A engenharia econômica vem para auxiliar a tomada de decisão com relação à novos investimentos. Nas empresas sempre existirá a necessidade de tomar decisão, estas devem ter o sentido de maximizar o seu lucro, seja a curto, médio e longo prazos. A engenharia econômica é definida como sendo o estudo dos métodos e

técnicas usados para análise econômico-financeira de investimentos. Esses métodos e técnicas devem ter base científica e encontram na matemática financeira as suas justificativas (HIRSCHFELD, H.,2010).

Em todas as situações o empreendimento tem que gerar um lucro compatível com os investimentos efetuados. Esta compatibilidade está relacionada com o retorno mínimo exigido para o projeto, conhecido também por taxa mínima de atratividade. A engenharia econômica objetiva a análise econômica de decisão de investimentos. E tem aplicação bastante ampla, pois os investimentos podem também ser de empresa, como particular ou de entidades governamentais. A compreensão e a correta aplicação dos métodos de análise de alternativas econômicas são hoje universalmente vistas como indispensáveis para melhor disponibilização dos escassos recursos disponíveis.

A viabilidade financeira de um empreendimento é examinada dentro de um prazo de interesse no qual deseja saber se o esforço produtivo a ser realizado vale mais do que a simples aplicação dos valores envolvidos a taxa mínima de atratividade. Para existir a viabilidade é necessário que nos instantes verificados, os benefícios resultantes sejam superiores aos custos empregados.

Os métodos mais comuns de avaliação de projetos de investimento (BRUNI,2003) são:

- Payback simples;
- Payback descontado;
- Valor presente líquido - VPL;
- Taxa interna de retorno -TIR.

- **Payback simples:** É o período de tempo necessário para que as entradas de caixa do projeto se igualem ao valor a ser investido, ou seja, o tempo de recuperação do investimento realizado. O Payback não leva em conta o valor do dinheiro no tempo e deve ser utilizado na análise de investimento, como um auxílio para melhor interpretação dos resultados. O cálculo do período de Payback está representado na equação 1:

$$\text{Payback simples} = \frac{\text{investimento inicial}}{\text{entrada do fluxo de caixa}} \quad (1)$$

- **Payback descontado:** É o período de tempo necessário para recuperar o investimento, avaliando-se os fluxos de caixa descontados, ou seja, considerando-se o valor do dinheiro no tempo, representado pela equação 2 e 3.

$$FV = PV(1 + i)^n \quad (2)$$

$$PV = \frac{FV}{(1+i)^n} \quad (3)$$

Em que:

FV= Valor futuro

PV= Valor presente

n= período de aplicação

i= Taxa de juros

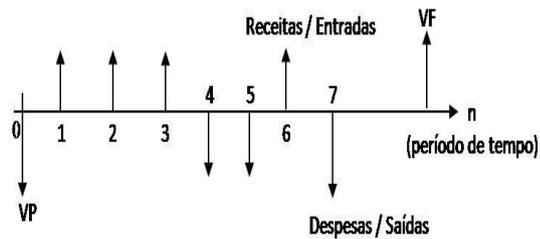
- **Valor presente líquido:** O cálculo do VPL, também leva em conta o valor do dinheiro no tempo. Portanto, todas as entradas e saídas de caixa são tratados no tempo presente. O VPL de um investimento é igual ao valor presente do fluxo de caixa líquido do projeto em análise, descontado pelo custo médio ponderado de capital, conforme equação 4.

$$VPL = \frac{FC_{total}}{(1+i)^n} - FC_0 \quad (4)$$

Em que:

FC_{total} = Fluxo de caixa total

FC_0 = Fluxo de caixa no período zero



- **Taxa interna de retorno:** É a taxa “i” que iguala as entradas de caixa ao valor a ser investido em um projeto. É a taxa que faz o VPL de um projeto ser igual a zero.

A fórmula do cálculo da TIR é:

$$VP = capital \cdot \frac{Ft}{(1+i)^n} \quad (5)$$

Em que:

Ft = Fluxo caixa total

2.5- Indicadores energéticos

A finalidade da utilização dos indicadores é apresentar o desempenho de um sistema objetivando a melhoria do resultado final dos mesmos.

2.5.1- Indicadores

O desejo de medir objetos e eventos está diretamente relacionado à trajetória humana e a construção do conhecimento. Ao longo da história foram criados diversos inventos para medir a natureza e seus fenômenos. Atualmente, na sociedade da produção e do consumo, o desafio dos diversos setores é medir o desempenho das atividades humanas para quantificar a eficiência e/ou eficácia da ação.

O indicador é “Expressão (numérica, simbólica ou verbal) empregada para caracterização da atividade (evento, objeto, pessoa) em termos quantitativos e qualitativos, com o objetivo de determinar o valor”. (*International Organization Standardization - ISO, 1998*).

Na literatura de eficiência energética ainda não existem índices padronizados para servirem de referência, considerando a atividade da edificação e desagregados pelos usos finais da energia e da água.

Os indicadores energéticos são instrumentos que refletem a medida na qual a energia é utilizada (PEPLOW et al 2016). De modo geral, os indicadores expressam, de forma simples, uma determinada situação que se deseja avaliar (FERNANDES, 2004).

Dessa forma os indicadores que serão utilizados são: consumo de energia em função da área de edificação escolar kWh/m², segundo Mascaró (1992). De acordo com Alvarez (1998), os indicadores para análise de instalações de ensino são: consumo mensal por discente equivalente (kWh/DE), consumo mensal por aluno equivalente (kWh/AE), consumo mensal por usuário equivalente (kWh/EU).

2.5.2-Indicadores energéticos da edificação

Os indicadores da edificação expressam o uso da energia na edificação e no ambiente:

- Consumo e demanda de eletricidade (kWh e kW);
- Consumo e demanda de eletricidade estimada por unidade de área (kWh/m² e kW/m²);
- Consumo e demanda de eletricidade estimada por pessoa (kWh/pessoa e kW/pessoa).

Os indicadores de demanda, expressam o valor das potências instaladas nos ambientes. Refletem a quantidade e o desempenho (rendimento) dos equipamentos instalados.

Já os indicadores de consumo estão ligados aos usuários e as questões comportamentais, pois refletem a forma de uso dos equipamentos e do ambiente.

Segundo FERREIRA, J.J.; et al T.J, 1994, os indicadores energéticos podem ser definidos como macro indicadores (quando caracterizam a eficiência de um país ou região) e micro indicadores (quando caracterizam a eficiência de uma empresa, edifício ou habitação). Esses indicadores podem ser divididos em duas categorias em função dos seus objetivos:

- Indicadores descritivos: quando caracterizam a situação de eficiência energética sem procurar justificativa para as causas ou desvios;

- Indicadores explicativos: quando explicam as razões pelas quais se deram variações ou desvios nos indicadores descritivos, ou seja, ajudam a identificar a contribuição dos vários efeitos sejam eles tecnológicos, estruturais ou de comportamentos nas variações de eficiência energética.

Os indicadores descritivos e explicativos podem ser estabelecidos tendo em consideração dois critérios básicos:

- Critério econômico: quando a eficiência energética é medida em um nível elevado de agregação, não sendo possível caracterizar a atividade com indicadores técnicos ou físicos;

- Critério técnico econômico: utilizado quando a eficiência é medida em um nível desagregado, ou seja, subsetor, ramo de atividade ou utilização final.

Dessa maneira citar-se-á alguns indicadores relacionados à eficiência energética.

- CMM: O índice de consumo médio mensal é expresso pela razão entre consumo mensal representado pela variável (CM) em kWh e pela área construída representada pela variável (A) em m², e é dado pela equação 6:

$$CMM = \frac{CM}{A} \quad (6)$$

Com este indicador pode-se efetuar comparações entre as diversas unidades de utilização semelhante e verificar o melhor valor de consumo por m², a fim de padronizar os futuros projetos de novos edifícios.

- CMF: O índice de consumo médio mensal é expresso pela razão entre consumo mensal representado pela variável (CM) em kWh e pelo número de funcionários representado pela variável (NF) docentes e não docentes da unidade, e é dado pela equação:

$$CMF = \frac{CM}{NF} \quad (7)$$

Este indicador é importante para estabelecer relação entre as unidades, a fim de efetuar a caracterização peculiar nos perfis de consumo.

- CMA: O índice de consumo médio mensal é expresso pela razão entre consumo mensal representado pela variável (CM) em kWh e pelo número de alunos é representado pela variável (NA) número de alunos que frequentam mensalmente a unidade, e é dado pela equação:

$$CMA = \frac{CM}{NA} \quad (8)$$

- DMM: O índice de demanda máxima mensal por área é expresso pela razão entre demanda registrada mensal representado pela variável (DRM) em kW e pela área construída representada pela variável (A) em m², é dado pela equação:

$$DMM = \frac{DRM}{A} \quad (9)$$

Com este indicador pode-se efetuar comparação entre as diversas unidades e verificar o valor ideal de demanda por m² a fim de padronizar valores para os futuros projetos de novos edifícios ou edificações.

- DMF: O índice de demanda máxima mensal por funcionário é expresso pela razão entre demanda registrada mensal representado pela variável (DRM) em kW e pelo número de funcionários representado pela variável (NF), e é dado pela equação:

$$DMF = \frac{DRM}{NF} \quad (10)$$

Este indicador é importante para estabelecer relações entre as unidades, a fim de efetuar a caracterização dos perfis de carregamento dos circuitos.

- DMA: O índice de demanda máxima mensal por alunos é expresso pela razão entre demanda registrada mensal representado pela variável (DRM) em kW e pelo número de alunos representado pela variável (NA), e é dado pela equação:

$$DMA = \frac{DRM}{NA} \quad (11)$$

Instrumentos mais usuais para medir a forma como a energia é utilizada, seja à nível micro ou macroeconômico. O subconjunto de indicadores energéticos, relacionados com a energia na economia e aplicáveis em técnica de gestão de energia, são designados por indicadores de eficiência energética (IEE).

A exemplo do que acontece na energia, para a água existe também indicadores para determinação do seu consumo.

E de acordo com Melo et al (2014), o qual acrescenta que o consumo de água é influenciado pelo nível de esclarecimento e conhecimento dos usuários sobre a importância da conservação dos recursos naturais, da maior ou menor disponibilidade hídrica do local, da existência ou não de sistema de medição do volume consumido, dos preços pagos pela água, entre outros aspectos de natureza sociocultural, regional e econômica.

Sendo assim, prioritariamente ao desenvolvimento de ações para redução do consumo da água nas edificações escolares, deve ser realizado um diagnóstico preliminar da situação da edificação, visando à identificação do padrão de consumo dessa tipologia predial.

O indicador de consumo (IC), relação entre o volume de água consumido por agente consumidor em um determinado período de tempo, pode ser utilizado como um valor de referência para determinar se um sistema precisa ser melhorado.

O indicador de consumo (IC) em litros/aluno/dia, pode ser calculado de acordo com a metodologia de Oliveira (1999), utilizando a seguinte equação:

$$IC = \frac{Cm \cdot 1000}{NAC \cdot Dm} \quad (12)$$

Em que:

Cm = consumo médio mensal

NAC = número de agentes consumidores

Dm = dias úteis

2.6 - Características do ensino em Minas Gerais

A rede estadual de educação básica de Minas Gerais é composta por unidades escolares espalhadas pelos 853 municípios, com atuação desde os anos iniciais até o ensino médio regular e profissionalizante.

Há uma grande diversidade regional em função de sua extensão territorial, tendo localidades com acesso mais facilitado às tecnologias indutoras e promotoras de ações de sustentabilidade e outras que não dispõem da mesma facilidade.

Para facilitar a administração e operacionalização das ações, o sistema educacional básico de Minas Gerais foi dividido em 47 superintendências regionais administrativas. E com base nessa diversidade não se pode deixar de mencionar também os fatores bioclimáticos que vão influenciar fortemente no dia a dia dessas unidades escolares, com reflexos diretos no uso e consumo da água, energia elétrica e na forma de destinação dos resíduos gerados.

O Estado de Minas Gerais possui uma rede educacional composta por 3.651 escolas que atende à demanda de alunos desde o ensino fundamental I até o ensino médio profissionalizante, ou seja, ficando de fora a rede municipal e particular num primeiro momento.

Percebe-se que é um mercado consumidor considerável, mostrando-se um segmento com alto potencial da implementação de projetos que busquem a melhoria da utilização da energia elétrica, da água e do descarte correto.

Em relação aos gestores escolares da rede pública estadual, a motivação acaba ficando ainda menor, uma vez que a fatura das contas de energia e de água nem passa pela sua mão, indo direto aos órgãos do governo estadual para os acertos legais e contábeis. No estado de Minas Gerais existe um sistema online de acompanhamento de consumo de água e energia “O Sisconsumo”, que teoricamente monitora o respectivo consumo, e quando o consumo fica acima da média, o gestor escolar é notificado para identificar o motivo da ocorrência do mesmo.

Após consulta a literatura estadual vê-se que é quase inexistente os trabalhos e projetos que tenham por objetivo a implementação da eficiência energética, do uso racional da água no ambiente escolar e da destinação dos resíduos sólidos, no

universo das escolas, pois o pouco que existe é muito pontual e não consegue a visibilidade necessária para impactar a sociedade local.

O programa “Escolas Sustentáveis” de Minas Gerais foi legalmente instituído pelo Decreto nº 46.936, de 21 de janeiro de 2016 e tem por finalidade contribuir para a implementação da Educação ambiental, assegurando às escolas estaduais assistência técnica e financeira para o desenvolvimento de iniciativas pedagógicas e adequação de infraestrutura, visando a transição para a sustentabilidade ambiental e a melhoria da qualidade social da educação.

E conforme o Decreto consideram-se escolas sustentáveis aquelas que promovam uma educação integral e integrada, contribuam para a saúde das pessoas e do ambiente, cultivam a diversidade biológica, social, cultural e étnico-racial, respeitam os direitos humanos, permitam acessibilidade e mobilidade, favoreçam o trabalho coletivo.

O programa tem como objetivos a implementação das diretrizes curriculares nacionais para a educação ambiental, contribuir para que as escolas e outros espaços públicos de educação se tornem ambientes educadores sustentáveis, apoiar o desenvolvimento de espaços públicos de educação acessíveis com edificações sustentáveis que observem os parâmetros de eficiência energética, redução do consumo de água, conforto acústico, captação da água de chuva, gestão de resíduos.

O programa contemplou inicialmente um grupo de 766 escolas distribuídas pelas 47 superintendências regionais de ensino.

2.6.1- Programa Escolas Sustentáveis - Regional Itajubá

O objetivo do programa escolas sustentáveis é atender a todo o conjunto das escolas, mas como a restrição orçamentária impõem limites, optou-se por escolher inicialmente um número menor de escolas e a médio e longo prazos as demais vão sendo contempladas.

No entanto o programa “Escolas Sustentáveis” na sua primeira fase não contemplou a todas as unidades escolares, ou seja, contemplou um grupo de vinte e uma escolas distribuídas por doze municípios da regional de Itajubá, com um total de

15.029 alunos atendidos, com um consumo de água da ordem de 23.996 m³/ano e com um consumo de energia elétrica de 412.996 kWh/ano, e com um potencial de geração de resíduos.

A população das escolas estaduais vinculadas à rede de educação básica (fundamental I e II, ensino médio e médio profissionalizante) da Secretaria de educação de Minas Gerais é composta por um conjunto de 3.651 escolas localizadas na zona urbana e rural. Como o universo de unidades escolares é bem expressivo, a Secretaria de Educação optou por contemplar pequenos grupos de escolas pelo estado a fora e a regional de Itajubá foi contemplada com um grupo de vinte e uma escolas inicialmente de um total de 45 escolas.

Para atendimento à demanda desses 21 projetos a SEE-MG liberou inicialmente termos de compromissos no valor de R\$ 6.599.303,00 (SEE-MG,2015) para a adequação da rede física (reforma e/ou ampliação) e posteriormente serão liberados recursos para implementação de ações incentivadoras da sustentabilidade, quer seja no uso racional da água, da energia e da coleta e destino dos resíduos sólidos.

De modo a garantir um impacto maior e sustentação do estudo, em seguida, foi feita uma triagem nas escolas selecionadas inicialmente para identificar aquelas que tem os três turnos em funcionamento. Após definição das escolas selecionadas por este critério, foi realizado um levantamento do número de dependências atuais e as que possuíssem maior número de alunos, maior consumo de água e energia e potencial de geração de resíduos sólidos. Após todo este levantamento chegou-se à conclusão de que o estudo de caso seria realizado na Escola Estadual “Major João Pereira”, que por suas características retrataria com mais fidelidade a realidade.

No caso específico dessa dissertação, a pesquisa ficou restrita à circunscrição da 15ª superintendência regional de ensino, que abrange a sede Itajubá e os demais 20 municípios. Na SRE-Itajubá existem escolas estaduais que ofertam ensino fundamental I e II, ensino médio regular e profissionalizante. A SEE-MG destinou para a regional de Itajubá um total de 21 projetos, e o critério de escolha foi contemplar a unidade escolar que estivesse com sua rede física demandando por melhorias.

As escolas deste estudo pertencem ao quadro da Secretaria de Educação de Minas Gerais, cujas unidades participantes foram contempladas no Programa “Escolas Sustentáveis” e integram o conjunto da Regional de Itajubá (15ª SRE) que possui uma população de 249.959 habitantes, dados referenciados no Censo de demográfico de 2010. A rede estadual de educação básica da regional de Itajubá é composta por 31.102 alunos matriculados e distribuídos nas 45 escolas de seus 21 municípios, dados constantes no censo escolar 2018.

O programa contemplou na regional de Itajubá um conjunto de 21 escolas, com liberação financeira, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Escolas sustentáveis

Município	Escola	Número de alunos	Liberação Financeira (R\$)
Brazópolis	CEP	499	350.000,00
	Alfredo Albano de Oliveira	180	200.000,00
	Dino Ambrósio	259	
	Inácio João de Faria	150	
	Presidente Wenceslau	1.576	
Carmo de Minas	Gabriel Ribeiro	353	300.000,00
		1.506	
Conceição das Pedras		290	
Conceição dos Ouros	Guedes Fernandes	1.156	
Consolação	Antonio Carlos	170	
Cristina	Conego Artemio Schiavon	1.286	300.000,00
Delfim Moreira	Luiz Francisco Ribeiro	194	300.000,00
	Marques de Sapucaí	882	
Dom Viçoso	Conego Jose Divino	333	350.000,00
Gonçalves	João Ribeiro da Silva	535	
Itajubá	Ana Laura Pereira	262	
	Barão Rio Branco	891	400.000,00
	Coronel Casemiro Osório	655	
	Coronel Carneiro Junior	1.008	

	CEP Itajubá	679	350.000,00
	CESEC	1.256	
	Florival Xavier	566	
	João XXIII	1.053	350.000,00
	Major João Pereira	1.953	599.303,00
	Antonio R. de Oliveira	571	400.000,00
	Prof. Rafael Magalhães	550	300.000,00
	Silvério Sanches	817	300.000,00
	Wenceslau Braz	806	
	Novo tempo	139	300.000,00
Maria da Fé	Nossa senhora de Lourdes	1.635	400.000,00
	Renascer Educação especial	121	
	São José	133	250.000,00
Marmelópolis	Albano de Oliveira	555	300.000,00
Natércia	João Goulart S. Brum	510	
Paraisópolis	Antonio Eufrásio de Toledo	1.429	400.000,00
	Eulália Gomes de Oliveira	589	
Pedralva	Comendador Mario Goulart	1.193	400.000,00
	Prof. Arcádio N. Moura	466	
Piranguinho	Sebastião Pereira Machado	1.185	
Piranguçu	Mario Casassanta	597	
São José do Alegre	Maria Lina de Jesus	494	
Sapucaí Mirim	Prof. Figueiredo Brandão	733	
Virgínia	Delfim Moreira	636	
	Prof. Manoel Machado	248	250.000,00
Wenceslau Braz	Major Lisboa da Cunha	338	250.000,00

Fonte: Sisconsumo, 2018.

Capítulo 3 – Procedimentos metodológicos

No presente trabalho foram escolhidos três temas que compõem a sustentabilidade e que tem reflexo e influência na vida de toda sociedade, a saber: energia, água e resíduos sólidos.

No início do trabalho buscou-se realizar pesquisas bibliográficas em dissertações, teses e artigos científicos sobre o assunto e a análise de metodologia de implantação de práticas de uso racional que obtiveram resultados satisfatórios e que poderiam ser aplicados no presente estudo.

Para a coleta de dados foram realizadas pesquisas de campo por meio de visitas técnicas, durante o período de julho a dezembro de 2018. O objetivo principal das visitas foi a obtenção de dados e informações que possibilitassem a elaboração e preenchimento das planilhas de uso e usuários.

A pesquisa de campo desenvolveu-se seguindo as seguintes etapas:

- Caracterização do ambiente escolar;
- Identificação dos pontos de consumo de energia e água;
- Aplicação de questionário, entrevista e observação do modo de utilização dos equipamentos energéticos/elétrico e hidrossanitários.

Foi feita também uma auditoria de consumo que é a parte do trabalho, onde são realizadas atividades de coleta de dados para o diagnóstico de uso e usuários, identificação de pontos de consumo e de perdas e do indicador de consumo (IC).

Sendo assim, a auditoria possibilitou o conhecimento da distribuição dos ambientes e o modo de utilização da energia e da água na escola, suas instalações elétricas e hidráulicas.

3.1- Energia

No que se refere à energia, a pesquisa inicialmente buscou dimensionar o tamanho do parque energético atual, para isso foram feitas visitas à unidade escolar nas quais observou-se todos os ambientes para identificar a existência de

equipamentos e/ou aparelhos demandantes de energia instalados em funcionamento. Para a determinação das respectivas potências foi feita a verificação nas etiquetas de classificação dos mesmos, e em seguida, verificou-se, com base no funcionamento e rotinas das atividades da edificação, o tempo de utilização, em horas por dia, dos equipamentos.

De posse dessas informações foi possível realizar o levantamento da situação atual do parque energético da escola, no que se refere à potência instalada, ao consumo e ao seu respectivo custo.

Para se obter a potência elétrica instalada de uma unidade consumidora, utilizou-se a metodologia de análise condicionada de demanda (CDA), conforme equação (13):

$$P_t = \sum_{i=1}^n P_i \cdot Q_i \quad (13)$$

Em que:

P_t = Potência instalada (W)

P_i = Potência equipamento i (W)

Q_i = Quantidade do equipamento i

Com a finalidade de obter o levantamento adequado para reproduzir o valor mensurado do consumo elétrico utilizou-se a equação (14):

$$C_t = \sum_{i=1}^n \frac{P_i \cdot Q_i \cdot h \cdot d}{1000} \quad (14)$$

Em que:

C_t = Consumo total (kWh);

d = número de dias letivos do ano;

h = tempo de funcionamento do equipamento por dia (h).

Para se obter o custo de energia elétrica de uma unidade consumidora foi usada a equação (15):

$$C_e = C_t \cdot t \quad (15)$$

Em que:

C_e = Custo da energia total em R\$;

t = Tarifa da energia em R\$/kWh.

3.1.1- Substituição de lâmpadas e aparelhos por tecnologia mais eficiente.

Após a determinação do consumo da edificação e identificado que as potências das lâmpadas e aparelhos podem ser melhoradas pela substituição por tecnologias mais eficientes.

3.1.2- Estimativa de economia de energia

Antes de promover a substituição dos equipamentos é recomendado uma análise de viabilidade econômica prévia por meio da qual o gestor ou investidor terá um panorama dos custos advindos do projeto, do período de retorno do investimento.

Em seguida foi apresentada a Tabela 6, na qual por exemplo consta alguns equipamentos com as respectivas potências com base em dados de catálogo. Percebe-se que os equipamentos possuem potências diferentes, sinalizando assim a possibilidade de substituição.

Tabela 6: Desempenho elétrico

Equipamentos	Ineficiente	Eficiente
Lâmpadas	23W(Fluorescentes)	9W (LED)
Computadores	120(W)	90(W)
Ventiladores	150(W)	90(W)

3.2- Água

No que se refere à água, a pesquisa também buscou dimensionar o tamanho do parque hídrico, por meio do levantamento de todos os equipamentos hidrossanitários instalados e em funcionamento na edificação.

O consumo diário total de água em cada aparelho sanitário considerado como de uso individual foi calculado com base nos dados de frequência e tempo de uso dos mesmos.

Com relação à estimativa do consumo de água das atividades consideradas de uso coletivo, a estimativa foi realizada com base em entrevistas com os responsáveis por tais atividades. Também se utilizou no cálculo do consumo diário, as vazões estimadas.

3.2.1- Estimativa do consumo de água em aparelho de uso individual

Considera-se como aparelho de uso individual as torneiras de lavatórios, bebedouros, vasos sanitários e mictórios.

O cálculo de consumo médio diário de água per capita por aparelho foi realizado com base no somatório da multiplicação da frequência, e a vazão do aparelho, conforme apresentado na equação 16. (Adaptado de Marinoski, 2007).

$$C_m = \sum_{i=1}^n f_i \cdot Q_{vi} \quad (16)$$

Em que:

C_m = Consumo médio diário de água per capita do aparelho (litro/dia/pessoa);

f_i = Frequência diária de uso do aparelho (número vezes/dia);

Q_{vi} = Vazão do aparelho (litro/segundo);

Para o cálculo de consumo diário total de água em torneiras e bebedouros, considerou-se como usuários a população total da edificação/escola, conforme apresentado nas equações (17) e (18)

$$C_t = C_{mt} \cdot P \quad (17)$$

Em que:

C_t = Consumo médio diário de água em torneira (litro/uso);

C_{mt} = Consumo médio diário de água per capita na torneira (litro/dia/pessoa);

P = População total

$$C_b = C_{mb} \cdot P \quad (18)$$

Em que:

C_b = Consumo médio diário de água em bebedouro (litro/uso)

C_{mb} = Consumo médio diário per capita no bebedouro (litro/dia/pessoa)

P = População total

Para o cálculo do consumo de água nos vasos sanitários, considerou-se como usuários toda população que utiliza os vasos sanitários. O cálculo de consumo para vasos sanitários, está representado pela equação 19.

$$C_{vs} = C_{mvs} \cdot P_{vs} \quad (19)$$

Em que:

C_{vs} = Consumo médio diário de água em vasos sanitários (litro/uso);

C_{mvs} = Consumo médio diário de água per capita nos vasos sanitários (litro/dia/pessoa)

P_{vs} = População total que utiliza os vasos sanitários.

O consumo médio diário de água em mictório foi calculado considerando toda a população masculina da escola, de homens, conforme apresentado na equação (20)

$$C_{mi} = C_{mmi} \cdot P_{masc} \quad (20)$$

Em que:

C_{mi} = Consumo médio diário de água em mictório (litro/uso);

C_{mmi} = Consumo médio diário de água per capita no mictório(litro/dia/pessoa);

P_{masc} = População total masculina

Após ser efetuada a estimativa de consumo em cada aparelho de uso individual, realizou-se o somatório para verificar o consumo total diário de água nos aparelhos usados em atividades individuais, conforme apresentado na equação (21)

$$C_{ap} = C_t + C_b + C_{vs} + C_{mi} \quad (21)$$

Em que:

C_{ap} = Consumo total diário de água dos aparelhos de usos individuais (litro/dia);

3.2.2- Estimativa de consumo em atividades de uso coletivo

A estimativa dos consumos de água referentes à limpeza da escola (lavagem pátio e limpeza de vidros), e a irrigação de jardins. Desta forma, o consumo estimado nessas atividades não será multiplicado pelo número de usuários, pois trata-se do consumo total de cada atividade. A equação (22) apresenta o consumo total diário de água das atividades.

$$C_{at} = C_l + C_{lp} \quad (22)$$

Em que:

C_{at} = Consumo total diário de água em atividades de uso coletivo (litro/dia);

C_l = Consumo total diário de água utilizada em limpeza edificação (litro/dia);

C_{lp} = Consumo total diário de água utilizada em limpeza pátio (litro/dia).

3.2.3- Estimativa do consumo total diário e anual de água

- Estimativa diária

O consumo médio diário de água total da escola foi calculado através da soma do consumo total diário para aparelhos de uso individual mais o consumo total diário

de água utilizada em atividades de limpeza da escola e rega de jardins, conforme apresentado na equação (23):

$$C_{dt} = C_{ap} + C_{at} \quad (23)$$

Em que:

C_{dt} = Consumo diário total de água da edificação/escola (litro/dia);

- Estimativa anual

O presente estudo buscou também estimar o consumo anual da edificação/escola, o qual foi determinado multiplicando o consumo diário total pelo número médio de dias úteis no ano. A equação (24) apresenta o consumo médio anual de água:

$$C_{anual} = C_{dt} \cdot d_u \quad (24)$$

Em que:

C_{anual} = Consumo anual total de água na edificação/escola (m³/ano);

d_u = Número de dias úteis em um ano letivo(dias).

3.2.4- Substituição equipamentos convencionais por tecnologias mais eficientes(economizadores)

Após estimativa do consumo total da edificação e identificado que existem aparelhos que apresentaram consumos elevados (torneiras e vasos sanitários), decidiu-se pela substituição dos mesmos objetivando melhorarias no desempenho com conseqüente redução do consumo e custo.

3.2.5- Estimativa de economia de água

Após a estimativa de demanda e caracterização dos usos da água na edificação foi possível identificar os aparelhos onde ocorrem os maiores consumos e a partir daí surge o interesse em se promover a substituição por tecnologias mais eficientes, como por exemplo os que existem no mercado conforme Tabela 7.

Tabela 7: Desempenho hidrossanitário

Equipamentos	Ineficiente	Eficiente
Torneira convencional	13,8 lit/minuto	9,66 lit/minuto
Vaso sanitário convencional	16 lit/descarga	11,2 lit/descarga

Fonte: Leroymerlin,2019.

3.3- Água da chuva

O levantamento dos dados de demanda de água a ser suprido pela oferta da água da chuva é determinado com base em valores de consumo de água potável para fins não potáveis.

De posse desses dados é possível dimensionar o volume de água da chuva a ser armazenado. Segundo Souza(2008), várias leis municipais e estaduais foram elaboradas visando promover a conservação e o uso racional da água.

No Brasil a NBR 10.844/1989 é a legislação que normatiza a instalação predial de águas pluviais.

3.3.1- Identificação do consumo de água potável e não potável

O levantamento do quantitativo de água potável segue a metodologia descrita no item 3.2, tendo em vista que ainda não existe na região a prática da separação de reservatório para água potável e não potável. Dessa forma toda a demanda de água em uma edificação seja qual for sua tipologia é entendida como potável. Conforme apresentado na equação 25:

$$C_{total} = C_{t+} C_{b+} C_{vs} + C_{mi} + C_l \quad (25)$$

C_{total} = consumo total

Porém as atividades que acabam utilizando água potável para fins potáveis em uma edificação são: torneiras e bebedouros, conforme equação (26).

$$Consumo_{potável} = C_t + C_b \quad (26)$$

O outro grupo de atividades que utilizam água potável para fins não potáveis que são: os vasos sanitários, os mictórios, a limpeza em geral, a rega de jardim e em alguns casos a lavagem de automóveis, conforme equação (27):

$$Consumo_{não\ potável} = C_{vs} + C_{mi} + C_l \quad (27)$$

Este consumo poderá ser atendido pela captação da água da chuva.

3.3.2- Dimensionamento do reservatório de água pluvial

Os custos de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial resumem-se basicamente em custos com materiais e equipamentos, custo de energia elétrica no caso de bombeamento de água e custo de mão de obra.

O reservatório de acumulação/armazenamento de água pluvial é o componente mais importante de um sistema de aproveitamento de água pluvial e seu dimensionamento deve considerar alguns fatores: demanda de água pluvial, área de captação, precipitação pluviométrica e custos de implantação.

Para se estimar o volume ideal do reservatório de água pluvial deve-se considerar as áreas de cobertura da edificação, o consumo diário de água per capita, a precipitação da região, e o percentual de água potável usado para fins não potáveis que poderia ser substituído por água pluvial.

Em um sistema de aproveitamento de água da chuva poderão ocorrer estruturas com um reservatório inferior e outra com inferior e superior. No caso de reservatório apenas inferior não será necessário a adição de moto-bomba, caso o sistema exija reservatório inferior e superior a adição da moto-bomba é obrigatória.

A água armazenada no reservatório será utilizada para os fins não potáveis, ou seja, nas descargas dos sanitários e limpeza geral da escola. E o dimensionamento do reservatório será de acordo com a equação(28):

$$V = D \cdot U \cdot 1,10 \quad (28)$$

Em que:

V = volume de água necessária (m^3);

D = demanda (m^3 /dia);

U = período de dia seco (dias sem chuva), no mes.

3.3.3 - Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com sede em Belo Horizonte – MG, por meio do Banco de dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa (BDMEP).

Estes dados foram coletados por exemplo da Estação Meteorológica de São Lourenço-MG, a mais próxima de Itajubá e por possuir grande volume de informações. Os dados fornecidos incluem as precipitações diárias de dezenove anos, ou seja, de 01/01/2006 a 31/12/2009. A Tabela 8 apresenta os dados pluviométricos da região de Caxambu.

Tabela 8: Precipitação de chuva – Caxambu (2006-2009) – mm/m^2

Mês	2006		2007		2008		2009	
	Prec. (mm/m^2)	Seco	Prec.	Seco	Prec.	Seco	Prec.	Seco
Janeiro	144,6	19	600,8	4	175,9	3	65,6	4
Fevereiro	183,7	14	123,8	16	349,4	9	217,7	9
Março	106,1	17	60,9	20	255,2	17	86	13
Abril	67,4	24	29,6	24	187,8	14	79	17
Mai	46,6	21	49,2	23	39,1	27	97,5	22
Junho	7,0	28	15,2	27	13,1	26	22,6	20
Julho	12,0	27	55	25	0	31	38	22
Agosto	16,4	26	0	31	59,3	21	47,6	26
Setembro	75,6	22	14,50	26	69,6	24	248	16
Outubro	76,2	21	106,9	21	102,8	20	64	16
Novembro	257,2	13	250	8	200,9	10	98	13
Dezembro	240,6	11	319,1	15	222,2	10	110	8
Precipitação Média								

Fonte: INMET,2019.

Após definida a demanda de água não potável, o passo seguinte é calcular o consumo per capita da mesma e em seguida é necessário a definição do período de precipitação pluviométrica que irá ser utilizada em atendimento à equação 28. A definição do período a ser utilizado está estritamente ligado à rotina de funcionamento da edificação/escola.

3.3.4- Dimensionamento das calhas

De acordo com a ABNT NBR 10.844/1989, as calhas devem ser feitas de chapas de aço galvanizado, folhas de flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria (Tomaz, 2011)

Para o dimensionamento das calhas e condutores verticais e horizontais, é preciso tomar conhecimento da vazão de projeto apresentado na equação 29:

$$Q_v = \frac{C \cdot i \cdot A_c}{60} \quad (29)$$

Em que:

Q_v = Vazão máxima (litro/min);

i_p = Índice de precipitação pluviométrica (mm/h);

A_c = Área de contribuição (m^2);

C = Coeficiente de escoamento (adimensional).

O cálculo da área de contribuição depende da superfície, onde as equações 30 e 31 apresentem respectivamente para uma superfície inclinada e plana vertical:

a) Superfície inclinada:

$$A_c = \left(\frac{a+h}{2} \right) \cdot b \quad (30)$$

a = comprimento(m);

b = largura(m);

h = altura

b) Superfície plana vertical:

$$A_c = \frac{a \cdot b}{2} \quad (31)$$

Como já existe na área de captação um sistema de calhas será, necessário somente um sistema complementar para ligação até o reservatório de armazenamento da água da chuva.

A ABNT NBR 15.527 recomenda a instalação de dispositivos para retenção de detritos, como grades e telas e deve-se instalar um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial e que tal dispositivo seja, preferencialmente, automático.

Assim através da equação 32 é possível verificar o novo custo de água potável após introdução do sistema de aproveitamento de água pluvial:

$$CM_{\text{água potável}2} = C_{ms} \cdot \left[\frac{(1 - Peconomia)}{100} \right] \cdot V_{\text{concessionária}} \quad (32)$$

Em que:

$CM_{\text{água potável}2}$ = Custo mensal de água potável após a implantação do novo sistema (R\$/m³);

C_{ms} = Consumo mensal de água no período (m³/mês);

$Peconomia$ = Potencial de economia de água potável obtida através do uso de água pluvial (%);

V_{conc} = Valor cobrado pela Concessionária pela água consumida (R\$/m³).

Depois de determinado o potencial de economia de água potável, serão verificados os custos para a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, e também será analisada sua viabilidade econômica.

Vale salientar que essa análise econômica será uma estimativa de custos, que poderá ser utilizada como referência para outras unidades escolares que se interessem pela implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial.

Antes de se analisar a economia monetária gerada pela implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, fez-se necessária a determinação dos novos custos do consumo de água potável.

Neste sentido foi feito um levantamento dos novos custos de água potável em função do uso de água pluvial.

A próxima etapa da análise de viabilidade econômica foi a definição do período de retorno do investimento e pode ser verificada pela diferença entre o custo mensal atual de água potável e o custo mensal após a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva. Essa diferença representará a economia em reais (R\$), relativa ao novo consumo de água da edificação escolar, conforme equação 33:

$$E = CM_{potável1} - CM_{potável2} \quad (33)$$

Em que:

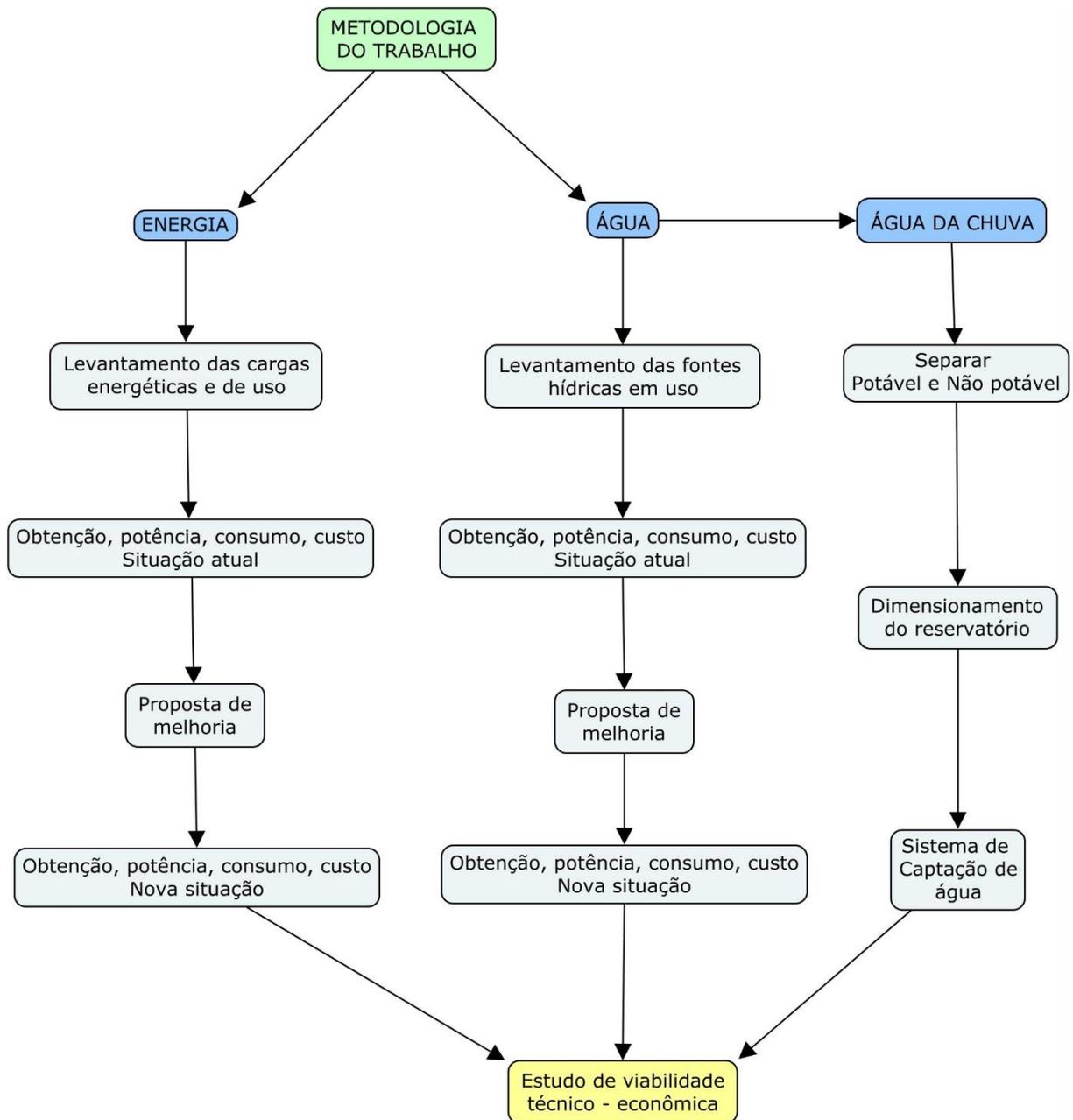
E = Economia monetária de água potável após o uso de água pluvial (R\$/mês);

CM_{potável1} = Custo mensal de água potável atual antes da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial;

CM_{água potável2} = Custo mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês).

O fluxograma da Figura 9 apresenta a estrutura metodológica do trabalho cuja finalidade é facilitar a compreensão por parte do leitor.

Figura 9: Fluxograma do trabalho



Capítulo 4- Estudo de caso e Resultados

Para a definição da escola onde se desenvolveria o estudo de caso, alguns indicadores foram considerados: a localização, o tamanho em função da área construída, número de alunos, número de professores, equipe de apoio administrativo, pertencer ao município sede da regional.

O estudo de caso foi realizado na Escola Estadual Major João Pereira, construída em 1966, localizada no município de Itajubá, que possui uma área total de 4.115 metros quadrados e área construída de 3.720 m², funciona nos três turnos, cuja oferta de ensino vai do fundamental II ao ensino médio.

Figura 10: Fachada da Escola Major João Pereira



Fonte: Arquivo da Escola, 2018.

É uma escola tradicional da região, tendo em vista que está localizada na área central de Itajubá, tem o maior número de alunos da regional de Itajubá e de professores, tem uma equipe gestora composta por um diretor, três vices diretores, um secretário, três supervisores e a equipe de apoio técnico administrativo. Motivos que favoreceram a escolha da mesma para subsidiar o estudo de caso. Foi também contemplada no programa “Escolas Sustentáveis” da SEE-MG, e que há a previsão de liberação de recursos para adequação às diretrizes do programa. A

proposta do estudo de caso é fazer os cálculos, projeções e estimativas com os dados reais da unidade escolar.

Com o objetivo de apresentar resultados mais confiáveis e próximos da realidade local, optou-se por selecionar uma escola que por suas características singulares, pudesse retratar de maneira categórica os impactos da implementação de ações alicerçadas na eficiência energética, no uso e reuso da água e na destinação correta dos resíduos gerados, como ferramenta de promoção da sustentabilidade ambiental.

Após definição da escola, iniciou-se o levantamento das informações que seriam utilizadas no estudo, ou seja, consumo de energia, água e resíduos gerados, número de banheiros, número de lâmpadas e potência, número de ventiladores, geladeiras, freezers, computadores, as dependências físicas, área total e construída, cores de parede e teto, número de alunos e número de funcionários.

O objetivo do programa é inicialmente liberar recursos financeiros para a melhoria da rede física das escolas e posteriormente será liberado recursos para a implementação de medidas que promovam a temática sustentabilidade no ambiente escolar e preconiza ainda a inclusão dessa ação na proposta político pedagógica da mesma.

Após o levantamento do consumo de energia e água e a estimativa da quantidade de resíduos gerados e com a posse de tais dados das unidades escolares foi possível fazer as projeções e simulações visando dimensionar o impacto em uma unidade escolar que adota as práticas sustentáveis.

4.1 - Levantamento dos dados

No presente trabalho levantou-se os consumos de energia, água e a importância da separação e destinação correta dos resíduos sólidos gerados na unidade escolar. Percebe-se que ainda não existe uma sensibilização da equipe gestora da escola com a sustentabilidade.

O levantamento dos dados foi realizado no período de julho/2018 a dezembro/2018.

As atividades na escola “Major João Pereira” são iniciadas às 06:00 e com encerramento às 23:00, nos intervalos entre os turnos, percebe-se uma redução mínima na demanda de energia e água, tendo em vista que na virada de turno é necessário a limpeza e organização do ambiente para novo período de utilização.

Para este estudo de caso foi analisado o histórico de consumo disponível no Sisconsumo-MG e também promoveu-se o levantamento da demanda da edificação por meio de uma estimativa, e de posse dos consumos mensais de água pode-se promover as análises necessárias ao redimensionamento do sistema existente.

O consumo de energia e água de maneira racional e eficiente traz reflexos diretos no dia a dia da escola, impactando num primeiro momento na parte financeira da escola com redução no valor das faturas e num segundo momento na conscientização da comunidade escolar e de seu entorno, ou seja, além dos muros da unidade escolar.

O que foi constatado é a ocorrência de fatos isolados que procuram de forma bastante incipiente promover ações sustentáveis no ambiente escolar.

Como pode ser observado na Tabela 33, o consumo das escolas é substancial e o valor cobrado ou lançado é bem diferente daquele praticado no mercado pelas concessionárias, que no caso de Minas Gerais, a Companhia Energética de Minas Gerais(CEMIG) detém o mercado de energia e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais(COPASA) é detentora de quase todo o mercado de abastecimento de água.

Realizou-se visitas na escola pesquisada, para caracterizar o consumo de energia elétrica e água. Porém para uma melhor visualização da pesquisa realizada, serão apresentados separadamente, os dados de energia elétrica e em seguida os da água.

4.2 – Estudo da utilização de energia

Constatou-se que a escola possui em geral: lâmpadas fluorescentes tubulares de 20 W, computador de 120 W, ventilador de teto de 150 W, geladeira de 135 W,

freezer de 140 W. A escola é atendida em baixa tensão, 127/220V, pela rede da concessionária – CEMIG S/A.

A verificação da potência nos equipamentos (ventiladores, lâmpadas, computadores, geladeiras e freezer) foi feita por consulta direta aos aparelhos eletrônicos durante a visita à unidade escolar.

O levantamento dos dados da demanda energética consiste na pesquisa da série histórica de consumo mensal, baseadas em faturas da concessionária de energia.

Para este levantamento foi analisado o histórico de consumo disponível no Sisconsumo-MG e também se utilizou da estimativa de consumo, com a finalidade de obtenção dos consumos mensais de energia e de posse de tais dados promover as análises necessárias para o redimensionamento do sistema existente.

Cada sala de aula, possui 4 luminárias fluorescentes tubulares de 20 W cada, 2 ventiladores, e nas demais dependências 4 luminárias fluorescentes tubulares de 20 W e 2 ventiladores.

Vale ressaltar também que durante a visita foram levantadas as variáveis: pé direito, altura das lâmpadas, altura dos ventiladores, cor das paredes, geladeiras, freezer e computadores, a escola não tem sistema de ar condicionado.

Conforme pesquisa de campo, todas as salas de aula são pintadas com a cor bege, refletindo apenas 0,35% da luz; a altura do pé direito é de 3,40 metros, impossibilitando um bom nível de aproveitamento da luz artificial; a altura das lâmpadas de 3,40 metros, pode comprometer o índice de luminosidade, ficando abaixo do valor mínimo de 300 lux, a altura dos ventiladores é de 2,70 metros. Dessa forma será necessário a adequação da altura do equipamento com vistas ao seu uso mais eficiente.

4.2.1 - Dimensionamento da demanda energética da Escola

Com o objetivo de dimensionar o nível de eficiência energética da Escola foi necessário utilizar as variáveis pertencentes às instalações físicas conforme especificado na Tabela 9.

Tabela 9 – Dependências da Escola

Dependência	Quantidade
Sala de aula	20
Laboratório informática	02
Sala dos Professores	01
Diretoria	01
Cozinha	01
Refeitório	01
Área externa	01
Banheiros	04
Anfiteatro	01
Biblioteca	01
Auditório	01
Dispensa	01
Laboratório de ciências	01
Sala multimídia	01
Sala supervisão	01

Fonte: Pesquisa direta, 2018.

A Tabela 10 apresenta o resumo do quadro de cargas da Escola Major João Pereira e também a quantidade de equipamentos e a potência instalada.

Tabela 10 - Resumo do quadro geral de cargas atual da Escola

Discriminação	Potência (W)	Quantidade	Potência instalada (W)
Lâmpada fluorescente tubular	23*	1.224	28.152
Computador	120	60	7.200
Ventilador	150	61	9.150

Geladeira	135	02	270
Freezer	140	01	140
Total			44.912

(*) 20 W + 3 W reator - Fonte: Pesquisa direta, 2018.

Os itens da Tabela 10 compõem o parque atual e ao serem comparados com as lâmpadas e equipamentos disponíveis atualmente no mercado, apresentam níveis baixos de eficiência energética conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Resumo do quadro geral atual de cargas da Escola com a substituição

Discriminação	Potência	Quantidade	Potência instalada (W)	Redução (%)
Lâmpada	9W	1224	11.016	69,57
Computador	90W	60	5.400	25,00
Ventilador	90W	61	5.490	40,00
Geladeira	135	02	270	-----
Freezer	140	01	140	-----
Total			22.316	

Fonte: Pesquisa direta, 2018.

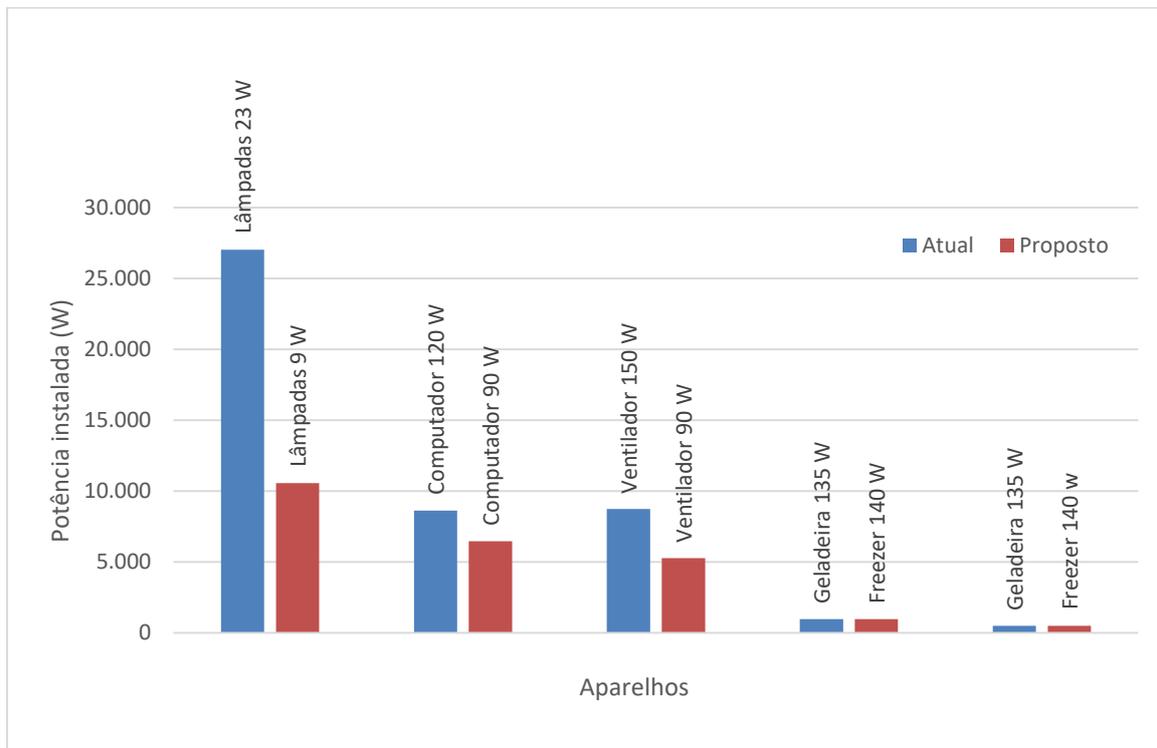
4.2.2- Resultados alcançados: energia

Nota-se que para aumentar o nível de eficiência energética na Escola é imprescindível adotar mudanças, tanto de equipamentos e das lâmpadas, como também de itens da estrutura física do prédio.

Os itens descritos na Tabela 10, em comparação com os que são atualmente disponibilizados no mercado, possuem níveis inferiores de eficiência energética, como pode ser constatado na Tabela 11.

Com o objetivo de facilitar o entendimento e visualização foi elaborada a Figura 11 a qual apresenta o desempenho da substituição das lâmpadas e equipamentos elétricos; proposta por esta pesquisa.

Figura 11: Potência instalada antes e depois da substituição na EE “Major João Pereira”.



Fonte: Pesquisa direta, 2018.

Analisando a Figura 11, observa-se claro a diferença de eficiência energética entre a situação atual e a proposta apresentada por este trabalho. Percebe-se que nessa escola é baixa a eficiência energética atual, havendo espaço para reduzir as cargas sem prejuízo das tarefas de ensino aprendizagem.

Verificou-se que todas as lâmpadas e os equipamentos demandantes de energia elétrica, possuem níveis baixos de eficiência energética. A Tabela 12, mostra o consumo e os custos referentes a cada equipamento.

Tabela 12 – valores atuais de custo elétrico na Escola

Equipamentos	Tempo de uso (horas)	Consumo (kWh/ano)	Valor Total (R\$)/ano
Lâmpadas Fluorescente 23W	12	27.024	24.081,08
Computador 120W	10	8.640	7.699,10
Ventilador 150W	12	8.736	7.784,64

Geladeira 135W	18	972	866,15
Freezer 140W	18	504	449,11
Total		45.876	40.880,08

Fonte: Pesquisa direta,2018.

Para se chegar no valor total das despesas com a demanda elétrica da Escola Estadual “Major João Pereira”, apresentada nas Tabelas 11 e 12, foi calculada com base na equação 13.

As novas lâmpadas e equipamentos por serem mais modernos possuem níveis maiores de eficiência energética, poderão gerar economias financeiras e contribuir para a sustentabilidade da unidade com reflexos em toda a comunidade escolar com a disseminação da ação implementada, conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 – Valores do consumo elétrico da proposta

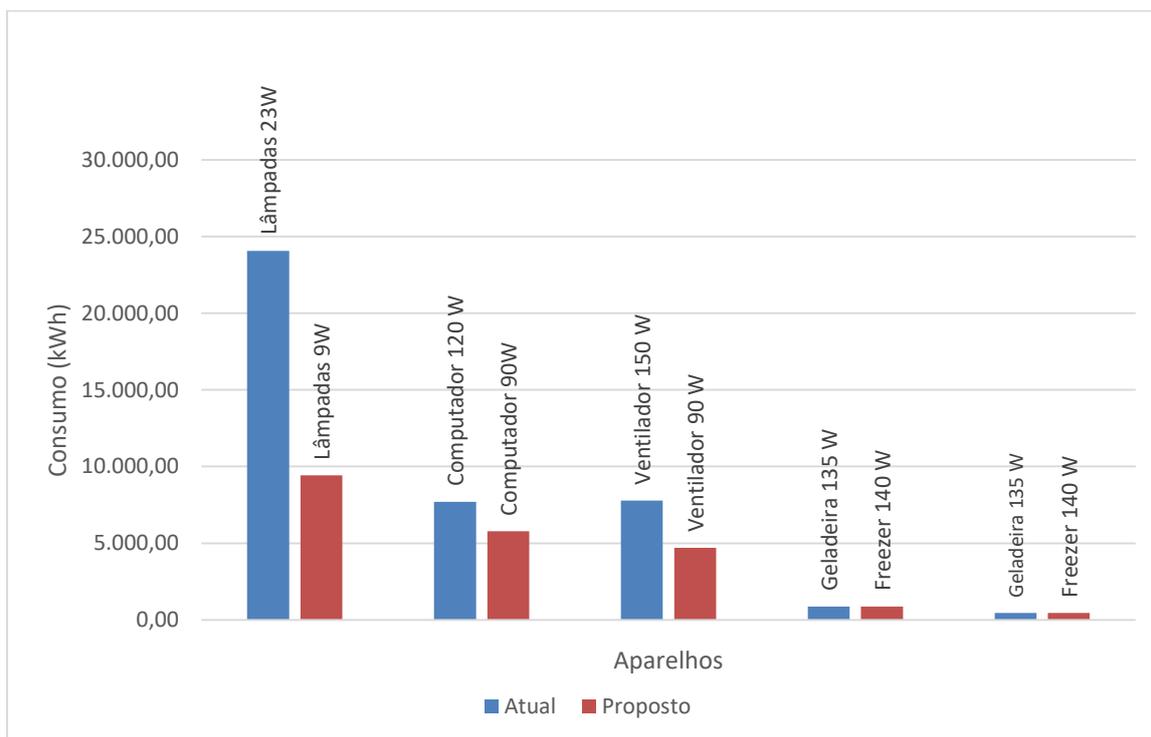
Equipamentos	Consumo (kWh/ano)	Valor Total(R\$)/ano	Redução (%)
Lâmpada 9W	10.569,60	9.418,57	69,45
Computador	6.480	5.774,32	25,00
Ventilador	5.280	4.705,00	39,56
Geladeira	972	866,15	0,00
Freezer	504	449,11	0,00
Total	23.805,6	21.213,15	51,89

Fonte: Pesquisa direta,2018.

Esta pesquisa mostra que a Escola Estadual “Major João Pereira”, contemplada nesse estudo apresenta uma economia do gasto financeiro com energia elétrica de 51,89 % em relação ao consumo atual, (tarifa de R\$ 0,8911/kWh).

Com o objetivo de facilitar a visualização e o entendimento dos níveis de eficiência energética, entre os itens observados na visita e os constantes no processo de substituição, elaborou-se a Figura 12.

Figura 12 – Consumo antes e depois da substituição das cargas.



Fonte: Pesquisa direta, 2018

Observou-se que caso a Escola Estadual “Major João Pereira”, objeto da pesquisa adote a substituição das lâmpadas e equipamentos, realizará uma economia anual de aproximadamente R\$ 19.666,56, ou seja, 22.070 kWh, conforme Tabela 14.

Tabela 14: valores dos consumos e custo (atual x proposta)

Discriminação	Valores em R\$	Consumo kWh
Valor antes da EE	R\$ 40.880,08	45.876
Valor após a EE	R\$ 21.213,52	23.806
Economia anual	R\$ 19.666,56	22.070

Fonte: Pesquisa direta, 2018.

A escola objeto do presente estudo de caso conforme Tabela 5, deverá solicitar junto à SRE-Itajubá a liberação do valor referente ao termo de compromisso assinado no valor de R\$ 599.903,00, para a execução da proposta de melhorias na parte energética da unidade escolar, conforme Tabela 15. A mão-de-obra será a da equipe de reparos da escola.

Tabela 15 – Custo para substituição das lâmpadas e equipamentos da Escola

Equipamentos(W)	Quantidade	Preço unitário(R\$)	Total(R\$)
Lâmpadas Led 9W	1.224	11,48	14.051,52
Computador 90W	60	1.022,07	61.324,20
Ventilador 90W	61	114,90	7.008,90
Geladeira 135W	02	1.487,07	-----
Freezer 140W	01	1.199,00	-----
Total			82.384,62

Fonte: Pesquisa direta, 2018.

4.2.3- Tempo de retorno do investimento

O retorno do investimento proporcionado pela substituição dos equipamentos na Escola Estadual “Major João Pereira”, será determinado conforme equações 1,2,4 e 5 da análise econômica (Payback simples e descontado, VPL e TIR), de acordo com dados apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Tempo de retorno do investimento da Escola “Major João Pereira”.

Discriminação	Economia anual(R\$)	Investimento (R\$)	Tempo de retorno
Lâmpada	14.662,15	14.051,52	8 meses
Computador	1.924,78	61.324,20	31,8 anos
Ventilador	3.079,64	7.008,90	2,27 anos
Geladeira	-----	-----	-----
Freezer	-----	-----	-----
Total	19.666,57	82.384,62	4,18 anos

Fonte: Pesquisa direta, 2018.

- **Estudo da viabilidade técnico econômica** (Payback simples e descontado), VPL e TIR:

A Tabela 17 apresenta o resultado dos cálculos econômicos e sua respectiva análise.

Tabela 17: Fluxo de caixa da proposta de energia

ANO	FLUXO DE CAIXA	SALDO	FLUXO DESCONTADO	SALDO
0	-R\$82.384,62	-R\$82.384,62	-R\$82.384,62	-R\$82.384,62
1	R\$19.666,57	-R\$62.718,05	R\$17.878,70	-R\$64.505,92
2	R\$19.666,57	-R\$43.051,48	R\$16.253,36	-R\$48.252,56
3	R\$19.666,57	-R\$23.384,91	R\$14.775,79	-R\$33.476,77
4	R\$19.666,57	-R\$3.718,34	R\$13.432,53	-R\$20.044,24
5	R\$19.666,57	R\$15.948,23	R\$12.211,39	-R\$7.832,85
6	R\$19.666,57	R\$35.614,80	R\$11.101,27	R\$3.268,42
7	R\$19.666,57	R\$55.281,37	R\$10.092,06	R\$13.360,48
8	R\$19.666,57	R\$74.947,94	R\$9.174,60	R\$22.535,08
9	R\$19.666,57	R\$94.614,51	R\$8.340,55	R\$30.875,63
10	R\$19.666,57	R\$114.281,08	R\$7.582,31	R\$38.457,94
TX DESC(i)	10%			
VPL	R\$38.457,94			
TIR	20%			
PAYBACKSIM	4,2 anos			
PAYBACKDES	5,7 anos			
Conclusão: Conclui-se que o projeto, nos moldes proposto, é viável economicamente, pois o VPL é positivo e a TIR é maior do que a Taxa de desconto (inflação).				

4.3- Estudo da utilização da água

Com relação ao sistema hidrossanitário, foi levantado que a escola possui 06 caixas d'água (reservatório) com capacidade de 500 litros cada, banheiros coletivos masculino e feminino e banheiros individuais também masculino e feminino perfazendo um total de 21 vasos sanitários convencionais todos com válvula embutida. Possui 19 torneiras convencionais distribuídas pelas suas diversas áreas (cozinha, banheiros, laboratório de ciências, tanque e pátio), possui um mictório tipo calha e três bebedouros.

O uso da água é destinado a limpeza da escola como um todo, preparo da alimentação escolar, higiene do corpo discente e docente. Não existe sistema de reuso da água e nem sistema de captação da água da chuva para fins não potáveis,

ou seja, usa-se água potável para suprir a demanda de atividades em que o uso de água não potável atenderia à sua finalidade e objetivos.

A obtenção dos dados de demanda hídrica pode ser feito por meio de pesquisa da série histórica de demanda mensal, baseada em faturas da empresa de saneamento detentora da concessão dos serviços de água ou do departamento responsável ou por meio de estimativa baseada em normas técnicas vigentes e dados técnicos dos equipamentos principalmente a variável vazão.

A conjuntura exige atitudes racionais no que diz respeito aos recursos hídricos, uma vez que sua escassez se acentua pelo uso não correto. Dessa forma é importante e oportuno a apresentação de medidas que vão minimizar o desperdício e o uso não eficiente da água. O presente trabalho apresenta ainda uma resposta complementar no que diz respeito aos usos da água, propõe a troca de torneiras e bacias sanitárias convencionais por sistemas mais eficientes.

4.3.1- Resultado alcançado água: economizadores

Com relação ao consumo de água, após o diagnóstico e estimativa do consumo da edificação/escola constatou-se que determinados aparelhos tinham um consumo considerável e a proposta inicial foi promover a substituição dos mesmos por tecnologias mais eficientes

4.3.2. Variáveis hidrossanitárias da Escola

Com o objetivo de dimensionar o consumo hídrico da Escola estadual “Major João Pereira”, é imprescindível a utilização das variáveis que fazem parte da instalação hidráulica da mesma conforme Tabela 18.

Tabela 18: variáveis hidrossanitárias da Escola

Discriminação	Quantidade
Torneiras	19
Caixa d água/reservatório (500 litros)	6
Bacia sanitária c/válvula hidra	21

Mictório (tipo calha)	01
Bebedouro	03

Fonte: Pesquisa direta, 2018.

A Tabela 19 apresenta as vazões dos equipamentos existentes na edificação com base na NBR 5626/1998.

Tabela 19: Vazão dos aparelhos hidrossanitários

Aparelho sanitário	Local	Vazão (Litro/segundos)
Torneira lavatório	Banheiros	0,15
Bebedouro	Pátio	0,10
Bacia sanitária(válvula/desc.)	Todos os banheiros	1,70
Mictório (válvula/descarga)	Banheiro masculino	0,15
Mangueira	Área externa	0,20

Fonte: NBR 5626/ABNT/1998

4.3.3. Proposta de melhorias do sistema hídrossanitário

Após visita à escola e questionamentos sobre quais os usos da água, pôde-se discriminá-los e apresentá-los para estimativa de seus consumos, conforme Tabela 20.

Tabela 20: Estimativa de consumo per capita para aparelho de uso individual

	Frequência(vezes /dia)	Vazão(litro/uso)	Consumo médio(lit/dia/pessoa)
Aparelho	média	média	
Torneira	2,00	0,225	0,45
Bebedouro	1,00	0,19	0,19
Vaso sanit.	0,2	15,45	3,09
Mictório	0,5	0,30	0,15

Fonte: Cálculos autor/NBR 5626/1998.

A Tabela 21 apresenta a estimativa de consumo das atividades de uso coletivo da edificação.

Tabela 21: Estimativa de consumo médio da atividade de uso coletivo

Atividade	Frequência (vezes : dia/semana)	Tempo	Vazão (litro/segundo)	Consumo(litro/atividade/dia)
Lavagem pátio	2 semana	10 min.	0,20	48
Limpeza banheiros/salas	2 dia	10 min.	0,20	240

Fonte: Cálculos autor/NBR 5626/1998.

A Tabela 22 apresenta os dados referentes a estimativa de consumo de água por aparelho, usuário e atividade da edificação.

Tabela 22: Consumo total: aparelho, usuário e atividade

Consumo diário total por aparelho e usuário e atividade (litro/dia)							
	alunos			funcionários			Total
Aparelhos ou atividade	Masc	Fem	Total	Masc	Fem	Total	
	1015	938	1953	53	48	101	2054
Torneira	456,75	422,10	878,85	23,85	21,60	45,45	924,30
Bebedouro	192,85	178,22	371,07	10,07	9,12	19,19	390,26
Vaso sanit.	3.136,35	2.898,42	6.034,77	163,77	148,32	312,09	6.346,86
Mictório	152,25	_____	152,25	7,95	_____	7,95	160,20
Lavagem pátio	_____	_____	_____	_____	_____	_____	48
Limpeza banheiros/salas	_____	_____	_____	_____	_____	_____	240
Total							8.109,62

Fonte: Cálculos do autor/NBR 5626/1998.

A Tabela 23 apresenta o consumo atual dos equipamentos calculado conforme equações nº 16,17,18,19, 20 e 22.

Tabela 23: Consumo atual equipamento convencional

Discriminação	Quantidade	Consumo total diário(l)	Consumo total anual(m ³) - atual
Torneiras	19	924,30	184.860

Vaso sanitário c/válvula	21	6.346,86	1.269.372
Mictório	01	160,20	32.040
Bebedouro	03	390,26	78.052
Lavagem pátio	_____	48	9.600
Limpeza banheiros/salas	_____	240	48.000
Total	-----	8.109,62	1.621.924

Fonte: Pesquisa direta, 2018.

A Tabela 24 apresenta os dados de performance dos equipamentos convencionais e dos novos com maior eficiência.

Tabela 24: Equipamentos eficientes

Equipamento	Ineficiente/convencional	Eficiente/sensor/acoplada
Torneira	0,225	0,158
Vaso sanitário	15,45	10,82

A Tabela 25 apresenta o consumo dos equipamentos normais e referentes àqueles que foram substituídos por tecnologias mais eficientes (com economizadores)

Tabela 25: Consumo com substituição por tecnologias eficientes

Discriminação	Quantidade	Consumo total atual	Consumo total mensal(l)- Proposta	Redução (%)
Torneiras c/sensor	19	21.258,90	14.881,23	30
Vaso sanitário c/ bacia acoplada	21	145.977,78	102.184,44	30
Mictório	01	3.684,60	3.684,60	
Bebedouro	03	8.975,98	8.975,98	
Lavagem pátio	_____	1.104	1.104	
Limpeza banheiros/salas	_____	5.520	5.520	

Total			136.350,25	
-------	--	--	------------	--

Fonte: Pesquisa direta, 2018

A Tabela 26 apresenta o custo referente à substituição dos equipamentos selecionados. A mão-de-obra será a equipe de reparos da escola.

Tabela 26: Custo para substituição das torneiras e vasos sanitários

Discriminação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço (R\$)
Torneira com sensor	19	327,55	6.223,45
Bacia sanitária acoplada	21	169,90	3.567,90
Total			9.791,35

Fonte: Leroymerlin,2019.

4.3.4- Tempo de retorno do investimento

No sistema convencional o consumo estimado de todos os equipamentos (individual e coletivo) foi de 186,52 m³ mensais, dessa forma, teria um custo com base na Tabela 37 (anexo 1):

$$\text{Custo} = 8,10\text{m}^3 \cdot 200 \cdot \text{R}\$19,89/\text{m}^3 = \text{R}\$ 32.221,80$$

Com o objetivo de reduzir o consumo de água na edificação, com reflexo no valor da fatura, optou-se inicialmente por promover a substituição dos equipamentos hidrossanitários que apresentaram os consumos maiores, que no estudo de caso foram as bacias sanitárias e as torneiras, conforme apresentado na Tabela 24.

Os equipamentos do sistema convencional (torneiras e bacias sanitárias) foram substituídos por novas tecnologias e o consumo passou a ser de 136,35 m³ conforme Tabela 24, passando a ter um novo custo.

$$\text{Custo} = 5,92\text{m}^3 \cdot 200 \cdot \text{R}\$ 19,89/\text{m}^3 = \text{R}\$ 23.549,76$$

A economia promovida pela substituição dos equipamentos foi de R\$ 8.672,04 por ano.

Tabela 27: Fluxo de caixa da proposta economizadores

ANO	FLUXO DE CAIXA	SALDO	FLUXO DESCONTADO	SALDO
0	-R\$9.791,35	-R\$9.791,35	-R\$9.791,35	-R\$9.791,35
1	R\$8.672,04	-R\$1.119,31	R\$7.883,67	-R\$1.907,68
2	R\$8.672,04	R\$7.552,73	R\$7.166,98	R\$5.259,30
3	R\$8.672,04	R\$16.224,77	R\$6.515,43	R\$11.774,73
4	R\$8.672,04	R\$24.896,81	R\$5.923,12	R\$17.697,85
TX DESCONTO(i)	10%			
VPL	R\$17.697,85			
TIR	80%			
PAYBACKSIMP	1,1 anos			
PAYBACKDESC	1,2 anos			
Conclusão: Conclui-se que o projeto, nos moldes proposto, é viável economicamente, pois o VPL é positivo e a TIR é maior do que a taxa de desconto (inflação).				

4.4- Estudo do aproveitamento da água da chuva

A seguir são apresentados os resultados alcançados no desenvolvimento do estudo de caso conforme se segue:

De acordo com levantamento e pesquisa a escola Major João Pereira tem uma área de contribuição de 2.223,71 m².

- Vazão de Projeto

No dimensionamento pluvial da escola, a área do plano de telhado levou em consideração um bloco único e utilizou-se a equação 29.

$$Q = \frac{137 \cdot 2223,71}{60} = 5.077,47 \text{ litros/segundo}$$

- Dimensionamento das calhas

Como já existe na área de captação um sistema de calhas será necessário somente um sistema complementar para ligação até o reservatório de armazenamento da água da chuva.

4.4.1. Dimensionamento do reservatório de água pluvial

O dimensionamento do reservatório levou em conta o consumo diário per capita de água potável para fins não potáveis da edificação baseado na Tabela 23, será necessário calcular a demanda per capita da edificação que é um dado exigido pela equação e também será necessário identificar o período de dias sem chuva na região de localização da edificação objeto do estudo de caso. Para o estudo de caso em análise foi considerado o período letivo da unidade (fevereiro a novembro), sendo janeiro e dezembro excluídos do cálculo, o período de dias sem chuva foi uma média do ano de 2018 conforme Tabela 28.

Tabela 28: Precipitação de chuva – Itajubá (2014-2018) – mm/m²

Mês	2014		2015		2016		2017		2018	
	Prec. (mm/m ²)	Seco	Prec.	Seco	Prec.	Seco	Prec.	Seco	Prec.	Seco
Janeiro	73	21	69,1	17	462,4	11	272,2	8	315,2	10 *
Fevereiro	44,6	20	164,6	10	201,3	12	108,4	18	130,9	13
Março	109,4	21	152,7	13	212,9	12	118,5	15	139,3	17
Abril	52,1	22	54,9	24	10,2	26	67,5	22	11,8	26
Mai	17,4	27	47,4	22	37,4	24	71,6	25	29,5	28
Junho	9,3	28	33,2	22	100	20	18,1	27	39,2	25
Julho	47,1	25	8,9	26	0,00	31	0,00	31	12,4	29
Agosto	10,6	27	26,8	28	34,10	26	26,8	24	69,1	20
Setembro	16,2	16	198,8	19	28,30	19	49,20	29	68,7	22
Outubro	20,3	22	53,30	24	208	14	141,9	15	233,3	12
Novembro	172,0	16	208,5	9	107,70	11	134,1	17	137,9	10
Dezembro	101,1	16	147,6	9	110,10	14	186,2	14	178,3	16 *
Precip. Média	56,09		97,15		126,03		99,54		113,8	20

(*) Fonte: INMET, 2019.

Através da equação 28 calcula-se o tamanho do reservatório a ser utilizado:

$$V = 2,38 \cdot 20 \cdot 1,1$$

$$V = 52,36 \text{ m}^3$$

Após definido o tamanho do reservatório faz-se necessário mencionar que das seis caixas existentes na edificação, duas ficarão reservadas para os períodos em que houver a diminuição das chuvas, nesses períodos serão alimentadas com água potável da concessionária/departamento de água. É importante frisar que os sistemas são independentes para se evitar a contaminação dos usuários.

4.4.2- Tempo de retorno do investimento

Neste item será apresentada a análise de utilização de duas possibilidades de cisternas: de polietileno e de alvenaria.

O consumo não potável corresponde a aproximadamente 82,50 % do consumo total, ou seja, no estudo de caso da Escola Estadual “Major João Pereira” cujo valor do consumo estimado foi de 136,35 m³ após a substituição dos equipamentos convencionais por novos equipamentos mais eficientes. Dessa forma será necessário calcular o valor em m³ e também seu custo de acordo com a tarifa da concessionária local dos serviços de água e esgoto, conforme Tabela 36 (anexo 1).

Dados:

Consumo estimado: 136,35 m³

Consumo não potável = 112,49 (82,50%) do total consumido no período de referência, (CNP) = 136,35 m³ · 82,50% = 112,49 m³, economia em função do uso da água da chuva:

Economia = 4,89 m³ · 200 · 19,89 R\$/m³

Economia anual = R\$ 19.452,42

4.4.2.1- Cisterna de polietileno

A cisterna de polietileno é confeccionada com material resistente e de fácil adaptação e pode ser instalada tanto na parte inferior quanto na superior de uma edificação, a mão-de-obra a ser utilizada será a equipe de reparos da escola.

Tabela 29: Custo do sistema de captação – Cisterna de Polietileno (10m³)

Material	Quantidade	Valor unitário(R\$)	Valor total(R\$)
Cisterna de Polietileno + Kit	05 (10.000lit.) + 01 (2.800lit.)	15.309,75 3.990,77	76.548,75 3.990,77
Bomba D'água 3/4	02	475,00	950,00
Tubo PVC (4")	03	65,90	197,70
Tubos PVC (3/4")	08	11,60	92,80
Luva (4")	03	28,91	86,73
Luva PVC (3/4")	09	1,20	10,80
Curva PVC (4")	03	7,19	21,57
Curva PVC (3/4")	10	4,79	47,90
Total			81.947,02

Fonte: Pesquisa direta, 2018.

Figura 13: Cisterna de Polietileno Acqualimp (10 m³)



Fonte: Acqualimp, 2019.

Tabela 30: Fluxo de caixa da proposta de cisterna de polietileno

ANO	FLUXO DE CAIXA	SALDO	FLUXO DESCONTADO	SALDO
0	-R\$81.947,02	-R\$81.947,02	-R\$81.947,02	-
1	R\$19.452,42	-R\$62.494,60	R\$17.684,02	R\$64.263,00
2	R\$19.452,42	-R\$43.042,18	R\$16.076,38	R\$48.186,62
3	R\$19.452,42	-R\$23.589,76	R\$14.614,89	R\$33.571,73
4	R\$19.452,42	-R\$4.137,34	R\$13.286,26	R\$20.285,47

5	R\$19.452,42	R\$15.315,08	R\$12.078,42	-R\$8.207,04
6	R\$19.452,42	R\$34.767,50	R\$10.980,38	R\$2.773,34
7	R\$19.452,42	R\$54.219,92	R\$9.982,17	R\$12.755,51
8	R\$19.452,42	R\$73.672,34	R\$9.074,70	R\$21.830,21
9	R\$19.452,42	R\$93.124,76	R\$8.249,72	R\$30.079,93
10	R\$19.452,42	R\$112.577,18	R\$7.499,75	R\$37.579,68
TX DESC(i)	10%			
VPL	R\$37.579,68			
TIR	20%			
PAYBACKSIM	4,2 anos			
PAYBACKDESC	5,5 anos			
<p>Conclusão: Conclui-se que o projeto, nos moldes proposto, é viável economicamente, pois o VPL é positivo e a TIR é maior do que a Taxa de desconto (inflação).</p>				

4.4.2.2 - Cisterna de alvenaria

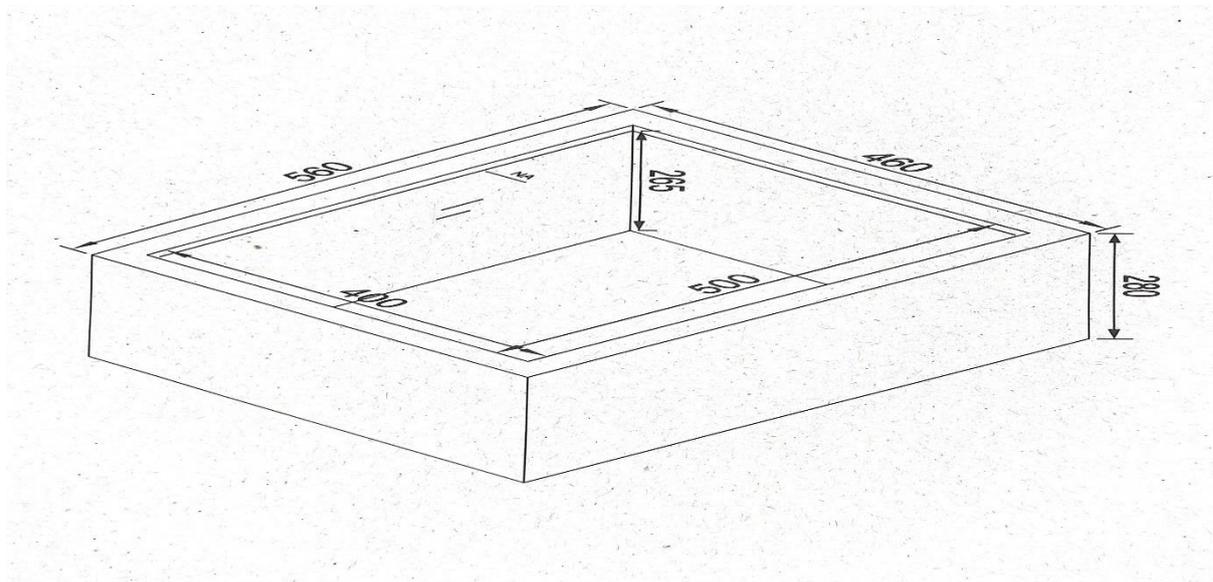
A cisterna de alvenaria é uma opção à de polietileno por apresentar um custo menor e pela sua flexibilidade, ou seja, podendo ser construída em qualquer tamanho e nos mais diversos lugares. A mão-de-obra será da equipe de reparos da escola.

Tabela 31: Custo do sistema de captação – Cisterna em alvenaria e concreto (53,0 m³)

Material	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Cisterna alvenaria	01	28.380,35	28.382,35
Bomba D'água	02	475,00	950,00
Tubos PVC(4")	03	65,90	197,70
Tubos PVC(3/4")	08	11,60	92,80
Luva PVC(4")	03	28,91	86,73
Luva PVC(3/4")	09	1,20	10,80
Curva PVC(4")	03	7,19	21,57
Curva PVC(3/4")	10	4,79	47,90
Total			29.789,85

Fonte: Pesquisa direta, 2018.

Figura 14: Cisterna de alvenaria e concreto armado



Fonte: Serviço de Engenharia SRE-Itajubá,2019.

Dimensões:

Comprimento: 5,00 m

Largura:4,00 m

Altura: 2,65 m

Tabela 32: Fluxo de caixa da proposta cisterna de alvenaria

ANO	FLUXO DE CAIXA	SALDO	FLUXO DESCONTADO	SALDO
0	-R\$29.789,35	R\$29.789,35	-R\$29.789,35	R\$29.789,35
1	R\$19.452,42	R\$10.336,93	R\$17.684,02	R\$12.105,33
2	R\$19.452,42	R\$9.115,49	R\$16.076,38	R\$3.971,05
3	R\$19.452,42	R\$28.567,91	R\$14.614,89	R\$18.585,94
4	R\$19.452,42	R\$48.020,33	R\$13.286,26	R\$31.872,20
5	R\$19.452,42	R\$67.472,75	R\$12.078,42	R\$43.950,63
TX DESCONTO(i)	10%			
VPL	R\$43.950,63			
TIR	59%			
PAYBACKSIM	1,5 anos			
PAYBACKDESC	1,8 anos			

Energia	22.070kWh	19.666	82.384	4,2	5,7	38.457	20
Água economiz	50,17 m ³	8.672	9.791	1,1	1,2	17.697	80
Água chuva Polietileno	112,49 m ³	19.452	81.947	4,2	5,5	37.579	20
Água chuva Alvenaria	112,49m ³	19.452	29.789	1,5	1,8	43.950	59

4.6- Indicadores Energéticos

A utilização de indicadores tem por finalidade apresentar o desempenho de uma atividade, podendo ser expresso quantitativa e qualitativamente e fornece subsídio na tomada de decisão.

4.6.1- Indicadores Escola Estadual Major João Pereira

A Tabela 34 apresenta os indicadores de energia e água da escola objeto do estudo de caso calculados conforme equações 6,7 e 8(pag.61) e é bastante visível a diferença existente.

Tabela 34: Indicadores energéticos da Escola Estadual Major João Pereira

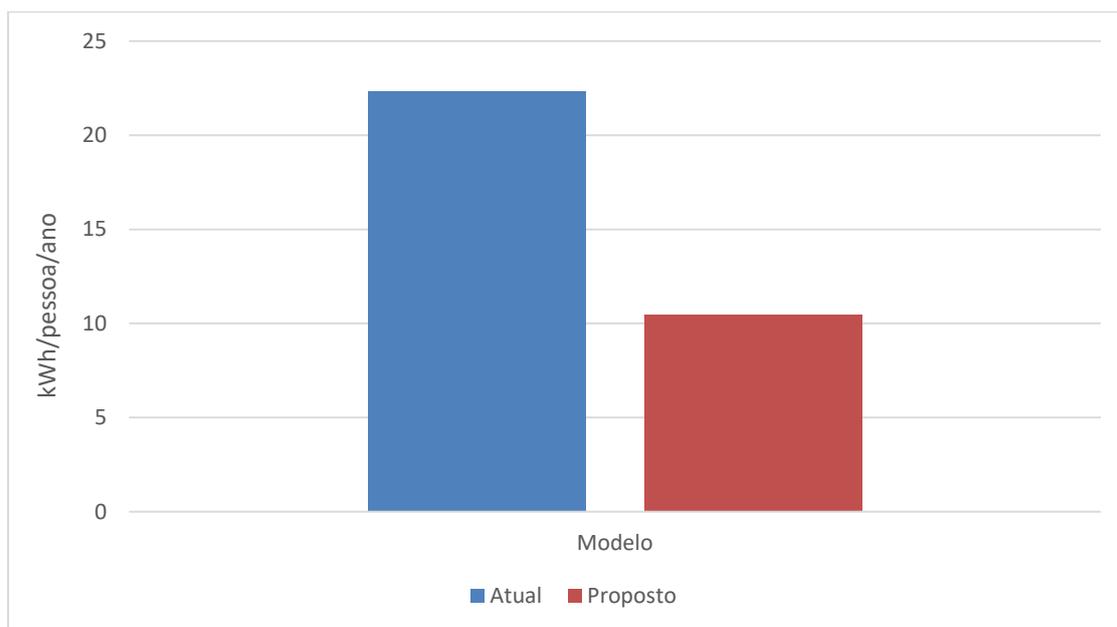
Energia				Água			
kWh/pessoa/ano		kWh/m ² /ano		l/pessoa/ano		l/m ² /ano	
Antes	Proposta	Antes	Proposta	Antes	Proposta	Antes	Proposta
21,86	10,86	12,07	5,99	796,599	139,39	439,77	76,95

Fonte: Sisconsumo,2018.

Com referência à Tabela 34, nota-se que a proposta de substituição de lâmpadas e equipamentos promove uma redução significativa tanto no consumo por

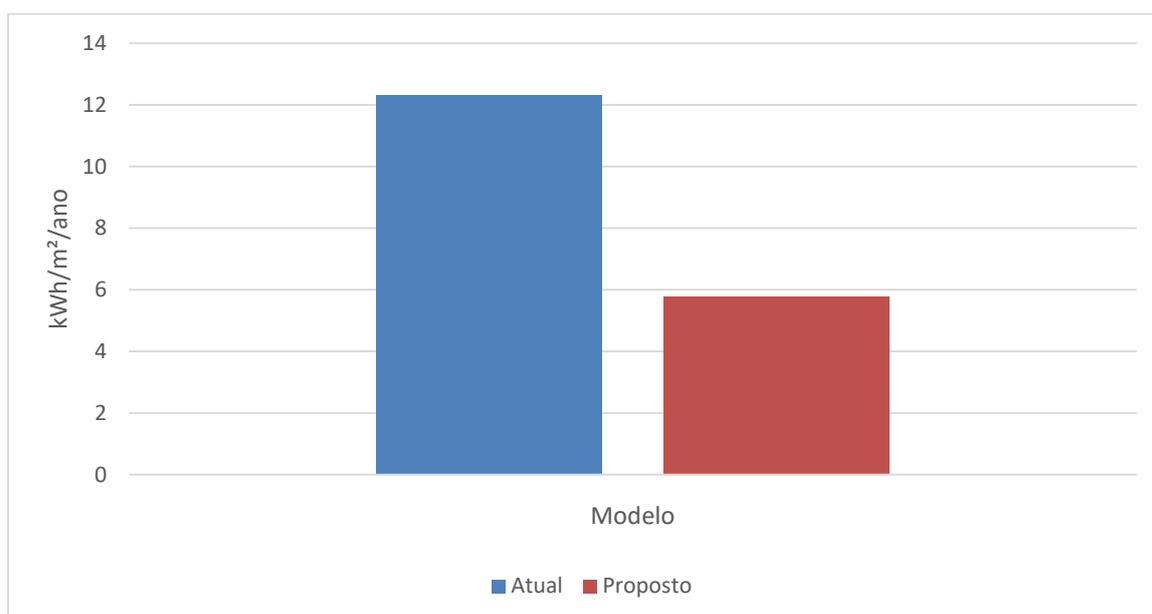
agentes quanto no que diz respeito à área construída. Com referência ao consumo de água a redução também é significativa tendo em vista que a proposta cria a alternativa do aproveitamento da água da chuva para atendimento da demanda de uso para fins não potáveis. E ao se analisar as Figuras 15,16,17 e 18, fica mais claro o impacto promovido pela proposta apresentada.

Figura 15: Consumo de energia per capita



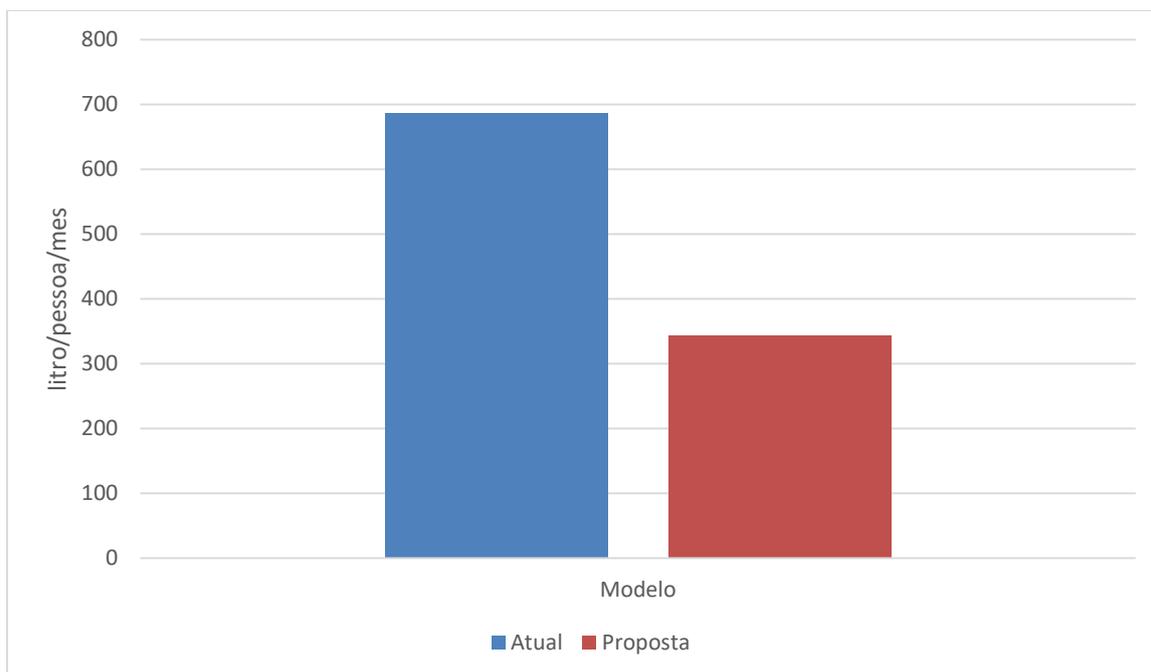
Fonte: Sisconsumo,2018.

Figura 16: Consumo de energia por m²

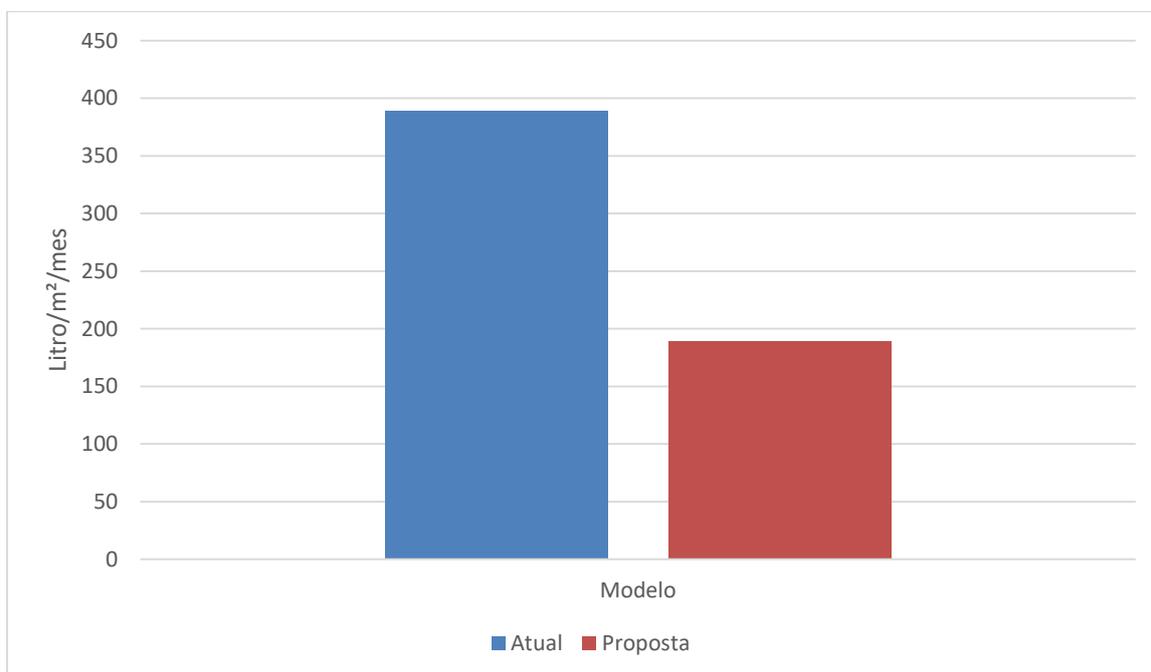


Fonte: Sisconsumo,2018.

Figura 17: Consumo de água per capita



Fonte: Sisconsumo, 2018.

Figura 18: Consumo de água por m²

Fonte: Sisconsumo, 2018.

4.6.2 – Indicadores da Regional Itajubá

A Tabela 35 apresenta os dados de demanda e consumo de energia e água que subsidiarão os cálculos dos indicadores.

Tabela 35: Relação das escolas “Escolas Sustentáveis” na SRE-Itajubá

Município	Escolas	Número de alunos	Área construída (m ²)	Número de funcionários	Consumo de energia kWh	Consumo de água m ³	Liberação Financeira/ R\$
Brasópolis	CEP	499	1.841,56	125	47.780	1.595	350.000,00
	Alfredo Albano	180	323	29	6.880	250	200.000,00
Carmo de Minas	Gabriel Ribeiro	353	1.211,81	73	13.272	392	300.000,00
Cristina	Conego Artemio	1.286	1.454,34	77	22.420	1.433	300.000,00
Delfim Moreira	Luiz Francisco	194	1.396,97	36	27.768	270	300.000,00
Dom viçoso	Conego Jose Divino	333	1.532,51	43	12.520	313	350.000,00
Itajubá	CEP	679	2.837,89	80	39.863	347	350.000,00
	Barão do Rio Branco	891	2.290,87	71	19.457	2.325	400.000,00
	João XXIII	1.053	2.205,88	50	12.450	923	350.000,00
	Major João Pereira	1.953	3.799,57	101	41.640	1.409	599.303,00
	Novo Tempo	139	672,47	42	4.626	193	300.000,00
	Antonio Rodrigues	571	2.982,07	65	19.840	4.486	400.000,00
	Silvério Sanches	817	2.069,221.	47	10.913	430	300.000,00
	Prof. Rafael Magalhães	550	1.434,62	60	14.668	1.027	300.000,00
Maria da Fé	Nossa S. Lourdes	1.635	2.334,20	83	36.126	2.306	400.000,00
	São José	133	988,86	29	4.427	395	250.000,00
Marmelópolis	Albano de Oliveira	555	1.246,25	42	14.631	1.036	300.000,00
Paraisópolis	Antonio E. Toledo	1.429	3.675,55	99	19.840	1.588	400.000,00

Pedralva	Mario Goulart	1.193	2.656,00	44	23.267	1.327	400.000,00
Virgínia	Manoel Machado	248	520,05	38	9.956	323	250.000,00
Wenceslau Braz	Major Lisboa da Cunha	338	820,00	39	11.252	1.296	250.000,00

Fonte: Sisconsumo, 2018.

Tabela 36: Indicadores energéticos das 21 escolas selecionadas

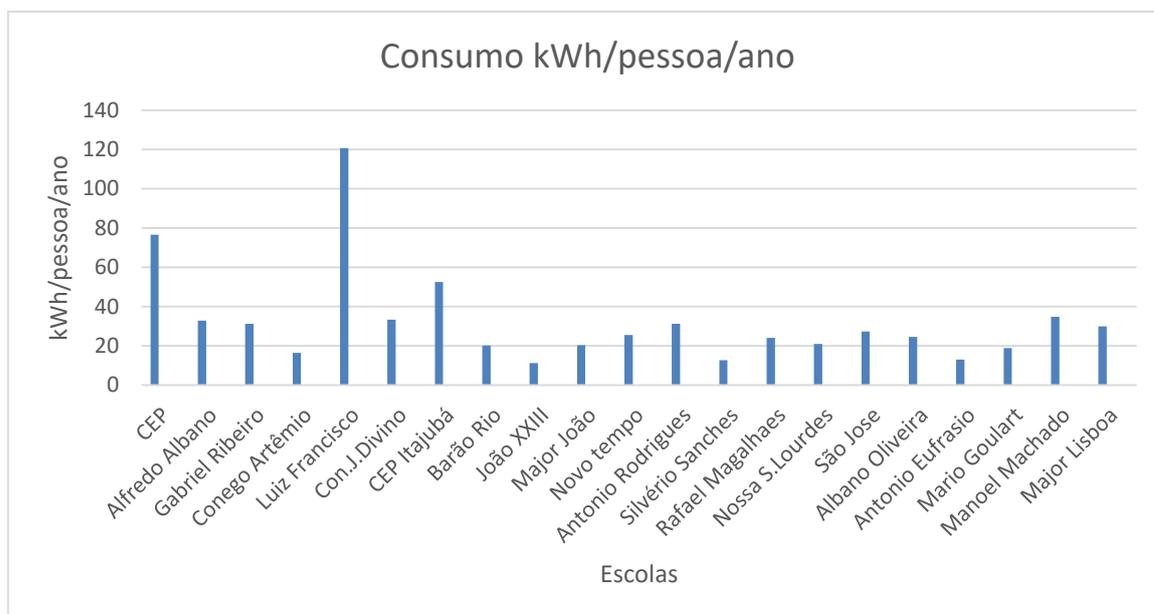
Escola	Energia		Água	
	kWh/pessoa/ano	kWh/m ² /ano	Lit/pessoa/ano	Lit/m ² /ano
CEP	76,57	25,95	2.556,08	866,11
Alfredo Albano	32,92	21,30	1.196,17	773,99
Gabriel Ribeiro	31,15	10,95	920,19	323,48
Conego Artêmio	16,45	15,42	1.051,36	985,32
Luiz Francisco	120,73	19,88	1.173,91	193,27
Con.J.Divino	33,30	8,17	832,45	204,24
CEP Itajubá	52,52	14,05	457,18	122,27
Barão Rio	20,23	8,49	2.418,84	1.014,90
João XXIII	11,29	5,65	836,81	418,42
Major João	20,27	10,96	685,97	370,83
Novo tempo	25,56	6,87	1.066,29	287,00
Antonio Rodrigues	31,19	6,65	7.053,45	1.504,32
Silvério Sanches	12,63	5,27	497,68	207,80
Rafael Magalhaes	24,04	10,22	1.683,60	715,86
Nossa S.Lourdes	21,02	15,47	1.342,25	987,91
São Jose	27,32	4,47	2.438,27	399,44
Albano Oliveira	24,50	11,74	1.735,34	831,29
Antonio Eufrazio	12,98	5,39	1.039,26	432,04
Mario Goulart	18,80	8,76	1.072,75	499,62
Manoel Machado	34,81	19,15	1.129,37	621,09
Major Lisboa	29,84	13,72	3.437,66	1.579,52

Fonte: Sisconsumo,2018.

As Figuras 19,20,21 e 22 apresentam os resultados dos indicadores de desempenho de energia e de água das vinte e uma escolas da Regional de Itajubá.

A escola estadual Luiz Francisco apresentou um consumo per capita de energia considerável, fato que enseja uma atenção maior do gestor no sentido de se reduzir o consumo.

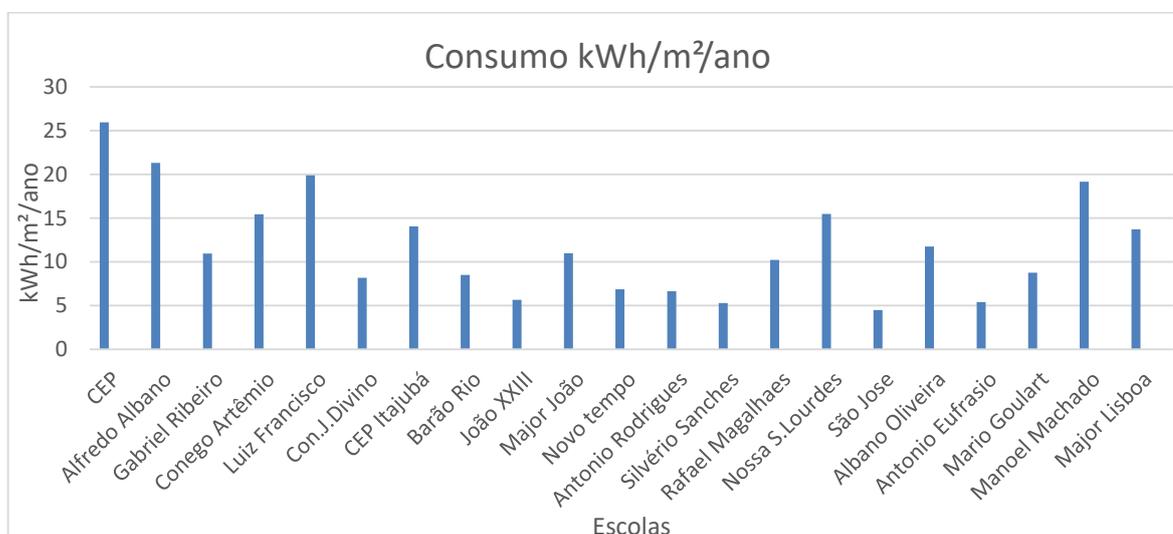
Figura 19: Consumo de energia per capita



Fonte: Sisconsumo,2018.

Quando muda-se a análise para o consumo por m^2 surgem outras escolas com consumo de energia mais elevado, dentre as quais pode-se citar: o CEP, Alfredo Albano e Luiz Francisco.

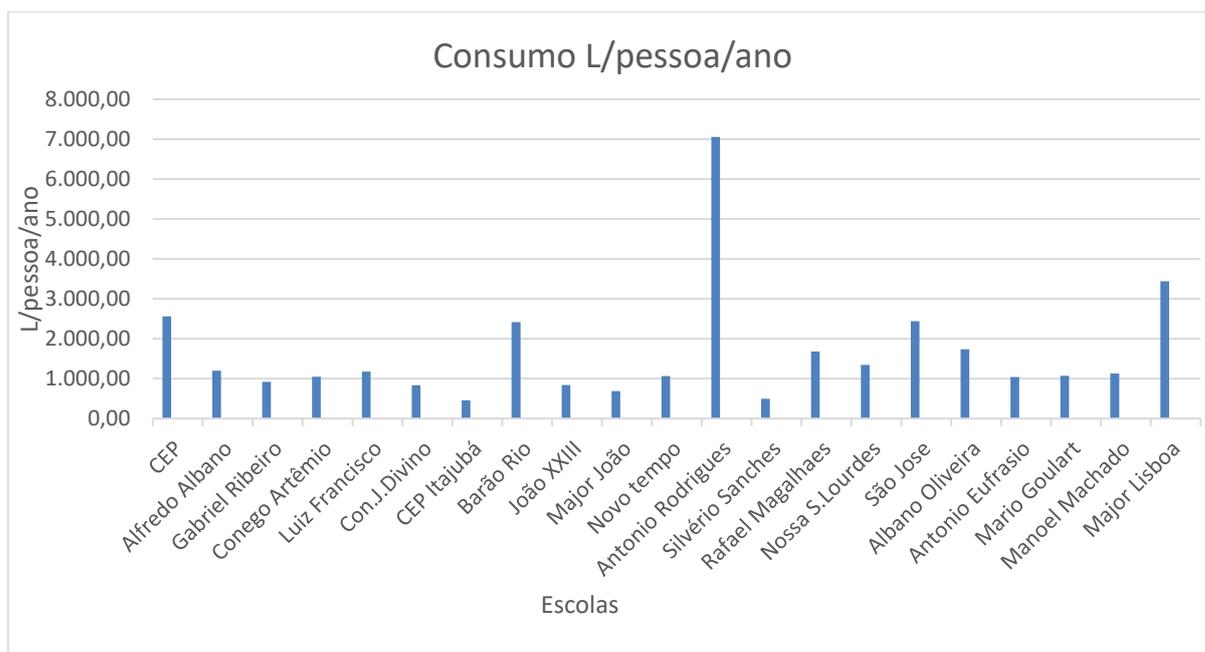
Figura 20: Consumo de energia por m^2



Fonte: Sisconsumo,2018.

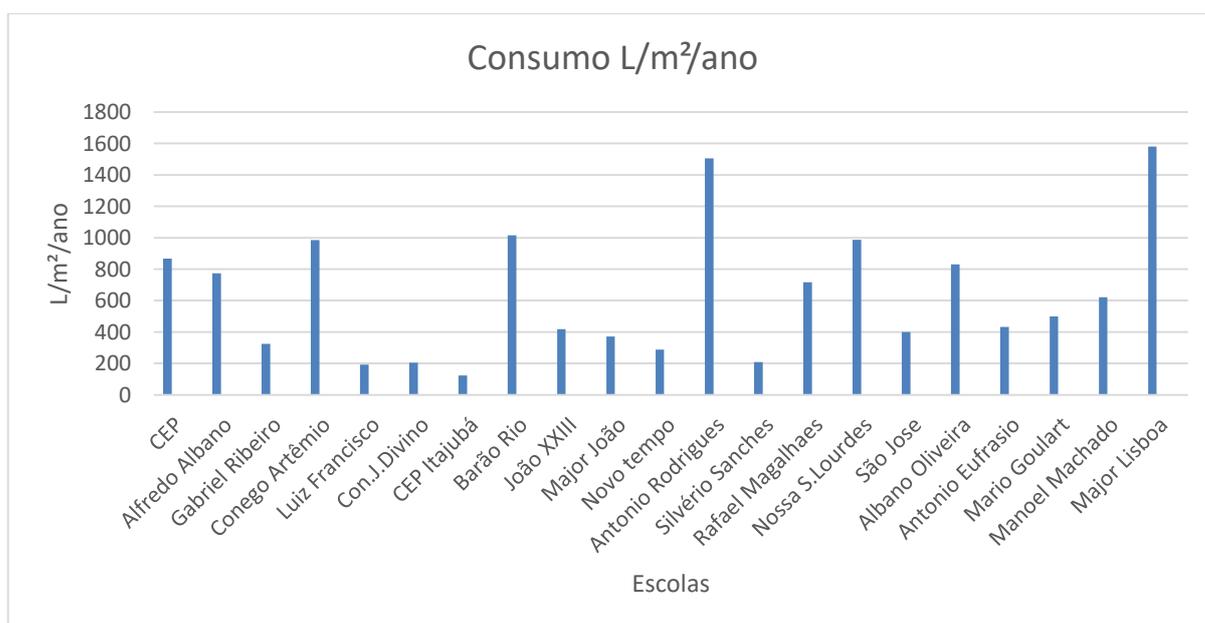
Com relação ao consumo per capita de água percebe-se que a escola estadual Prof. Antonio Rodrigues tem um consumo de água bastante elevado, quando a análise muda para m^2 surgem outras escolas com consumo destacável como por exemplo as escolas Barão do Rio Branco, Major Lisboa da Cunha, Nossa Senhora de Lourdes.

Figura 21: Consumo de água per capita



Fonte: Sisconsumo,2018.

Figura 22: Consumo de água por m^2



Fonte:Sisconsumo,2018.

Com base nos resultados dos indicadores obtidos na Escola Estadual Major João Pereira e nas demais escolas da Regional de Itajubá, percebe-se que o estudo de caso possibilitou e mostrou que há um potencial enorme a ser explorado. Uma vez que é notória a economia oriunda das propostas de melhorias apresentadas tanto para a energia quanto para a água e ao se analisar as Figuras 19,20,21 e 22 nota-se que determinadas escolas apresentam características que indicam que a aplicação da metodologia utilizada no estudo de caso pode ser replicável.

Capítulo 5 – Conclusão e proposta de trabalhos futuros

O tema do presente trabalho é de suma importância, tendo em vista que aborda assuntos atuais e que são motivos de preocupação não só da área acadêmica mas de toda a sociedade civil e dos órgãos de governo nas suas três esferas.

A pesquisa que embasou a construção deste trabalho foi feita considerando-se qualitativos e quantitativos (projeções, estimativas e simulações), uma vez que o setor em análise ainda não é dotado de um conjunto de informações organizadas.

Dessa forma a pesquisa realizou um levantamento da demanda de energia elétrica e água em 21 escolas estaduais da regional de Itajubá, com o objetivo de avaliar o impacto, e se sua utilização é baseada em políticas de efficientização do consumo nestas instituições, com o uso do controle da demanda e da estrutura física das mesmas. O estudo foi realizado de julho a dezembro de 2018, envolvendo os seguintes ambientes escolares: salas de aula, diretoria, secretaria, cozinha, refeitório, despensa, depósito, sala multimídia, banheiros, área externa (pátio) e laboratórios de ciências, informática, anfiteatro.

De acordo com os dados levantados nesse estudo, pode ser constatado que o consumo de energia elétrica nas escolas pesquisadas consiste principalmente por iluminação artificial dos ambientes, computadores, ventiladores, refrigeradores e freezers e no que diz respeito à água consiste em descarga de vasos sanitários e mictório, limpeza em geral e consumo humano.

A pesquisa mostrou também que existe grande possibilidade de serem adotados métodos/programas, no sentido de reduzir o consumo de energia elétrica, visando a melhoria da eficiência energética e contribuindo assim para minimizar os impactos negativos ao meio ambiente. Sempre privilegiando o cuidado de não interferir negativamente nos processos de ensino-aprendizagem, ou seja, manter os índices de eficiência escolar na formação acadêmica do corpo discente.

Neste sentido constatou-se que as ações de uso racional e eficiente de água e energia e a destinação correta dos resíduos sólidos podem minimizar os danos ao meio ambiente e prolongar as reservas de recursos naturais.

No desenvolvimento do presente trabalho percebeu-se que existe, no Brasil, ações que buscam o desenvolvimento da temática sustentabilidade que envolve o uso racional e eficiente de água e energia e a preocupação com os resíduos sólidos gerados desde a sua geração até o seu descarte final.

O presente trabalho se propôs a investigar como a eficiência energética, o controle do desperdício de água e o descarte de resíduos na rede estadual de ensino de Minas Gerais.

Neste sentido o trabalho levantou a situação atual da Escola Major João Pereira no que diz respeito a energia elétrica, o uso da água e com relação aos resíduos sólidos e, posteriormente, apresentou propostas referentes à eficiência energética, ao uso racional e aproveitamento da água de chuva e também da importância da separação e destinação correta dos resíduos gerados e da possibilidade de aplicabilidade nas demais unidades escolares da regional de Itajubá em um primeiro momento e com sugestão de se aplicar em todas as escolas que compõem a regional de Itajubá.

Com relação a energia saiu de um consumo de 45.876 kWh/ano para 23.806 kwh/ano, o que representa em termos de valor monetário de R\$ 40.880,08 para R\$ 21.213,52. Dessa forma a escola terá uma economia de R\$ 19.666,56, ou seja, 22.070 kWh/ano, e conseguirá recuperar o valor investido nas melhorias em 5,7 anos.

Com relação a demanda hídrica as melhorias propostas reduziram o consumo pela substituição de torneiras e bacias sanitárias e pela introdução da possibilidade do uso da água da chuva para fins não potáveis, passando dessa forma de um consumo de 1.621,924 m³ anuais com um valor monetário de R\$ 32.221,80, para um consumo da ordem de 207,478 m³ em função das melhorias e principalmente pelo uso da água da chuva, proporcionando uma economia de água de 1.414,434 m³ e uma redução de custo da ordem de R\$ 28.095,06

Conclui-se que o estudo de caso feito na Escola Major João Pereira é viável ambiental e economicamente e com possibilidade de aplicação na rede Estadual de Minas Gerais e também como na rede Municipal e Particular. Contribuindo dessa forma para a disseminação da sustentabilidade energética no ambiente escolar e com possibilidade de estender-se ao seu entorno.

E os indicadores energéticos tanto os relacionados à energia quanto aos referentes à água sinalizam fortemente que é possível conseguir melhorias na eficiências de ambas como pode ser constatado nas Figuras 15,16,17 e 18 referente ao estudo de caso e também com relação às Figuras 18,19,20 e 21 onde se percebe um potencial considerado de economia que pode ser conseguido com a aplicação da metodologia utilizada no estudo de caso.

E a sugestão de estudos futuros é no sentido de melhorar os estudos para determinar o tempo de uso das variáveis hidrossanitárias principalmente no que diz respeito às torneiras da cozinha.

Referências

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.844/1989**: Esta norma fixa as exigências necessárias aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.214/2007**: Esta norma fixa as condições exigíveis para a elaboração de projetos de sistema de bombeamento de água pra abastecimento público.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO/CIE 8.995/2013**: Esta norma cancela a 5413/1992, fixa as exigências necessárias a iluminação do ambiente de trabalho.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5.626/1998**: Esta norma fixa as exigências necessárias ao funcionamento dos equipamentos e vazão.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.527/2007**: Esta norma fixa as regras para o aproveitamento de água de chuva.

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2017. 15ª Edição.2017.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Manual de conservação e reuso da água para indústria**, 2005.

ANDRADE, Barbara de Azevedo Scangarelli. **Reuso de Efluentes Industriais Gerados durante a produção de água purificada na Central de tratamento de água do Centro Tecnológico da Vacina de Bio-Manguinhos/Fiocruz**. Rio de Janeiro 2014, Dissertação de Mestrado.

BAER, Werner. **A industrialização e o desenvolvimento econômico do Brasil**. 3. Ed. Rio de Janeiro: FGV, 1977.

BISPO, Cristina de Souza. **Gerenciamento de resíduos sólidos: Estudo de caso das Cooperativas do município de Natal/RN**, 2013, Dissertação (Mestrado)- 243 f.

BIXIO, D et al, **Water reclamation and reuse**: implementation and management issues. Desalination, n.218,2008.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de outubro de 2010: **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1.997: **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**.

BRUNI, A.L.; FAMÁ, R. **A Matemática das Finanças com aplicações na HP12C e EXCEL**. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

COMIS, R. **Atividades de Educação Ambiental visando a melhoria da qualidade de vida da população do CEANE**, Uruguaiana, RS. Revista Educação Ambiental em ação, n.11, Ano III, 2005.

DIAS, G. Freire. **Educação Ambiental**: Princípios e práticas 9ª ed. São Paulo: Gaia,2004.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética, **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**,2018.

FERNANDES, Djair. **Uma contribuição sobre a construção de indicadores e sua importância para a gestão empresarial**. Revista Fae, volume 7, nº 1. Curitiba, 2004.

Ferreira, J.J.; T.J. **Economia e Gestão da Energia**. Texto Editora, Lisboa, 1994.

GONÇALVES, Ricardo Franci (coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro, ABES,2006.

HELLER, L. DE PÁDUA, V.L. **Abastecimento de água para o consumo humano**. In:_____ Editora UFMG,2006.

HESPANHOL, I.; GONÇALVES, O.M. **Conservação e Reuso de água. Manual de Orientações para o Setor Industrial**. In: _____ FIESP,2006.

HESPANHOL, I et al. **Potencial de reuso de água no Brasil**: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, n.4, 2002.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica**, Ed. Atlas 2010.

HUTCHISON, David. **Educação Ambiental**: Ideias sobre consciência ambiental. Tradução: Deyse Batista. Porto Alegre: Artmed,2000.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**.2019

Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)** – Dados históricos de Precipitação pluviométrica da região de Itajubá, do período de 01/2000 a 31/12/2018. 2019

ITAJUBÁ. **Lei nº 1.755**, de 02 de julho de 1.990. Institui o Código de Edificações do município de Itajubá. Itajubá. Disponível em <<http://www.itajuba.mg.gov.br>. Acesso em 18 de fevereiro de 2019.

JACOBI, Pedro. **Gestão compartilhada dos resíduos sólidos no Brasil**: inovação com inclusão social. São Paulo, 2006.

JANNUZZI, G.M; SWISHER, J.; REDLING, R. **Planejamento Integrado de Recurso: Oferta, Demanda e suas interfaces** – Livro, 2ª Edição, 2018.

LEFF, Enrique. **Discursos sustentáveis**. Tradução Silvana Cobucci Leite. São Paulo: Cortez, 2010.

JOHNSON, S.P. **The Earth Summit**: The United Nations Conference on Environment and Development (UNCED). London: Graham & Trotman, 1993.

KWANG, T.K; MASRI, S. Single phase grid Tie Inverter for photovoltaic application. In: **Sustainable Utilization and Development in Engineering and Tecnology (STUDENT)**, 2010 IEEE Conference on IEEE,2010.

MACEDO, Mariano de Matos. **Gestão da Produtividade nas Empresas**: A aplicação do conceito de Produtividade Sistêmica permite determinar o valor adicionado ao Processo Produtivo. Revista Fae Business, nº 3, setembro de 2002.

MARINOSKI, A. K. **“Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis – SC**, Trabalho de

Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, 2007

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva Para Consumo não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

MELO, N.A.; SALLA, M.R.; OLIVEIRA, F.R.G. DE; FRASSON, V.M. **Consumo de água e percepção dos usuários sobre o uso racional de água em escolas estaduais do Triângulo Mineiro**. Ciência & Engenharia, julho de 2014.

MENDONÇA, Sonia Regina de: **A industrialização brasileira**. São Paulo: Moderna, 1995.

MINOWA, C. **Reuso da água**. 2007. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Hidráulica e Sanitária). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. [Orientador: Prof. Dr. Kamel Zared Filho].

NATIONAL RESEARCH OF THE NATIONAL ACADEMIES (NRC), **Water Reuse: Potential For Expanding Nations Water Supply Through Reuse municipal Wastewater**, Washington D.C.; The National Academy Press; 2012.

NOGUEIRA, P.F. **Escassez de água – água reutilizada para afastar o fantasma da seca**. In BILIBIO, C.; HENSEL, O, SELBACH, J.F (UNIPAMPA). **Sustainable Water management in the tropics e subtropics**. Rio Grande do Sul: Fundação Universidade do Pampa, 2011.

OLIVEIRA, L.H. **Metodologia para implantação de programa de uso racional de água em edifícios**. Tese (Doutorado) em Engenharia Civil – Poli, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards** (Technical Report Series number 517). Geneva, 1973.

PEPLOW, et al. **Avaliação do impacto no sistema energético a partir de projetos de eficiência energética em instituições de ensino tecnológico e superior.** Congresso Brasileiro de Planejamento energético. Gramado, 2016.

PIMENTEL, C. P. **Crise Ambiental e Modernidade:** da oposição entre natureza e sociedade a multiplicação dos híbridos. 2003. 88 f. Dissertação (Mestrado em Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

PROCEL EPP. **Manual de Instrução para Projeto de Eficiência Energética nos Prédios Públicos:** Utilização dos Recursos da Reserva Global de Reversão. Rio de Janeiro: PROCEL EPP, 2011.

PROCELINFO, **Relatório de resultados do Procel,** 2017 – Ano Base 2016.

REBOUÇAS, A.C. **Água no Brasil:** Abundância, desperdício e escassez. **Análise e dado.** V.13, 2003

RIBEIRO, Daniel Veras; MORELLI, Márcio Raymundo. **Resíduos sólidos:** Problema ou Oportunidade? Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável.** Paula Yone Stroh. Rio de Janeiro: Garamond, 2009. 96 p.

SILVA, Gilson Laurentino da. **Avaliação da Eficiência Energética em Escolas Públicas Municipais e Estaduais de Maceió,** Alagoas - 2015 – Programa de Pós Graduação Engenharia da Produção – Universidade Federal da Paraíba.

SILVA, Ricardo Moreira da. **Um modelo para análise da sustentabilidade de fontes elétricas.** Tese (Doutorado) em Administração da Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

SILVA JUNIOR, C. **Análise da situação da gestão de recursos hídricos no Distrito industrial de Uberlândia** – MG: O modelo da Souza Cruz S/A 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2009.

SISCONSUMO, Sistema On line de monitoramento do consumo de água e energia da Secretaria de Educação de Minas Gerais.

TAVARES, M.C. **Acumulação de capital e industrialização no Brasil**.3.ed. Campinas: Unicamp, 1998.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura. *Coping with scarcity – **international Hydrologicam Programme***.2002

WWAP – *World Water Assessment Programme* –**Programa Mundial de Avaliação dos Recursos Hídricos**. Brasília,2009.

WWAP – *World Water Assessment Programme* – **Programa Mundial de Avaliação dos Recursos Hídricos**. Brasília, 2013.

YERGIN, D. **Conservations**: They Key energy source. In: STOBAUCH; YERGIN. *Energy Future*. New York: Ramond House, 1979.

Anexos

Anexo 1

Tabela 37: Tabela tarifária de aplicação – COPASA – MG (de julho/18 a julho/19)

Categorias	Faixas	ÁGUA	EDC	EDT	Unidade
Residencial Social	Fixa	7,19	2,71	6,82	R\$/mês
	0 a 5 m ³	0,56	0,21	0,54	R\$/mês
	5 a 10 m ³	1,583	0,596	1,504	R\$/mês
	10 a 15 m ³	3,255	1,229	3,089	R\$/mês
	15 a 20 m ³	3,948	1,481	3,750	R\$/mês
	20 a 40 m ³	4,440	1,649	4,224	R\$/mês
	40	7,134	2,668	6,780	R\$/mês
Residencial	Fixa	15,97	6,03	15,15	R\$/mês
	0 a 5 m ³	1,12	0,42	1,07	R\$/mês
	5 a 10 m ³	3,165	1,192	3,007	R\$/mês
	10 a 15 m ³	6,509	2,457	6,178	R\$/mês
	15 a 20 m ³	7,895	2,962	7,500	R\$/mês
	20 a 40 m ³	8,879	3,297	8,448	R\$/mês
	40 m ³	14,267	5,335	13,560	R\$/mês
Comercial	Fixa	23,94	9,03	22,72	R\$/mês
	0 a 5 m ³	2,82	1,02	2,69	R\$/mês
	5 a 10 m ³	3,826	1,405	3,647	R\$/mês
	10 a 20 m ³	8,528	3,235	8,086	R\$/mês
	20 a 40 m ³	9,762	3,703	9,258	R\$/mês
	40 a 200 m ³	10,439	3,944	9,906	R\$/mês
	200 m ³	11,397	4,286	10,823	R\$/mês
Industrial	Fixa	23,94	9,03	22,72	R\$/mês
	0 a 5	2,82	1,02	2,69	R\$/mês
	5 a 10	3,826	1,405	3,647	R\$/mês
	10 a 20 m ³	8,528	3,235	8,086	R\$/mês
	20 a 40 m ³	9,762	3,703	9,258	R\$/mês
	40 a 200 m ³	10,439	3,944	9,906	R\$/mês
	200 m ³	11,397	4,286	10,823	R\$/mês
Pública	Fixa	19,94	7,52	18,93	R\$/mês
	0 a 5 m ³	2,75	1,02	2,64	R\$/mês
	5 a 10 m ³	3,487	1,283	3,322	R\$/mês
	10 a 20 m ³	8,078	3,067	7,659	R\$/mês
	20 a 40 m ³	8,977	3,403	8,514	R\$/mês
	40 a 200 m ³	10,211	3,871	9,684	R\$/mês
	200 m ³	10,642	4,140	10,381	R\$/mês

Fonte: Sisconsumo, 2018.

Anexo 2

Alunos	
1. Quantas vezes você usa a bacia sanitária por dia, com gasto de água?	<input type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Outro, quantas?
2. Ao utilizar a torneira para escovar os dentes, ela permanece:	<input type="checkbox"/> Com a torneira sempre aberta <input type="checkbox"/> Com a torneira fechada durante a escovação <input type="checkbox"/> Não realiza a atividade na escola
3. Como é realizada a rega de jardim e horta?	<input type="checkbox"/> Mangueira <input type="checkbox"/> Balde <input type="checkbox"/> Outra, qual?
4. Quantas vezes por dia é realizada a rega de jardim e horta?	<input type="checkbox"/> 1 de manhã <input type="checkbox"/> 1 de tarde <input type="checkbox"/> 2: 1 de manhã e 1 de tarde <input type="checkbox"/> Outro, quantas?
5. Quantas vezes é utilizado o bebedouro por dia?	<input type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Outro, quantas?
6. Ao utilizar a torneira do lavatório tipo calha, ela permanece:	<input type="checkbox"/> Aberta somente o necessário <input type="checkbox"/> Aberta mais que o necessário <input type="checkbox"/> Sempre aberta
Funcionárias da limpeza	
1. Como é realizada a limpeza do piso dos banheiros?	<input type="checkbox"/> Pano e balde <input type="checkbox"/> Balde <input type="checkbox"/> Mangueira <input type="checkbox"/> Vassoura <input type="checkbox"/> Outro, qual?
2. Quantas vezes por dia é realizada a limpeza do piso dos banheiros?	<input type="checkbox"/> 1 de manhã <input type="checkbox"/> 1 de tarde <input type="checkbox"/> 2: 1 de manhã e 1 de tarde <input type="checkbox"/> Outro, quantas?
3. Como é realizada a limpeza do piso da área externa/interna?	<input type="checkbox"/> Pano e balde <input type="checkbox"/> Balde <input type="checkbox"/> Mangueira <input type="checkbox"/> Vassoura <input type="checkbox"/> Outro, qual?
4. Quantas vezes por dia é realizada a limpeza do piso da área externa/interna?	<input type="checkbox"/> 1 de manhã <input type="checkbox"/> 1 de tarde <input type="checkbox"/> 2: 1 de manhã e 1 de tarde <input type="checkbox"/> Outro, quantas?
5. Como é realizada a lavagem dos panos de limpeza?	<input type="checkbox"/> Máquina de lavar <input type="checkbox"/> Água corrente <input type="checkbox"/> Molho, Água corrente <input type="checkbox"/> Água corrente, molho, enxágue
6. Na sua opinião qual atividade mais consome água na área externa e interna?	<input type="checkbox"/> Limpeza do piso <input type="checkbox"/> Rega do jardim e horta <input type="checkbox"/> Lavagem dos panos de limpeza <input type="checkbox"/> Outro, qual?