



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
PERNAMBUCO

Campus Recife

Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental

WBIRATAN PAULO SILVA

**ADEQUAÇÕES DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA AO PADRÃO DE
CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**

Recife

2020

WBIRATAN PAULO SILVA

**ADEQUAÇÕES DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA AO PADRÃO DE
CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**

Monografia apresentada como requisito final do Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco- IFPE, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Marília Regina Costa Castro Lyra

Recife

2020

S586a

2020 Silva, Wbiratan Paulo.

Adequações do programa minha casa minha vida ao padrão de construções sustentáveis / Wbiratan Paulo Silva. --- Recife: O autor, 2020.

80. il. Color.

TCC (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Departamento Acadêmico de Ambiente, Saúde e Segurança - DASS, 2020.

Inclui Referências.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marília Regina Costa Castro Lyra.

Catálogo na fonte

Bibliotecária Amanda Tavares CRB4 1751

**ADEQUAÇÕES DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA AO PADRÃO DE
CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**

Trabalho aprovado. Recife, 07 de Fevereiro de 2020.

Professora Orientadora Dra. Marília Regina Costa Castro Lyra

Convidado 1 Profa. Dra. Rogéria Mendes do Nascimento - IFPE

Convidado 2 Msc. Felipe de Oliveira Cardoso Coelho

Recife

2020

Dificuldades na vida todos passam.
Cabe a nós mesmo batalhar para
mudar o cenário. Dedico este
trabalho aos meus pais e a todos
que nunca desistem de seus
objetivos e que acreditam numa
sociedade mais justa e humana. Se
quiser o mundo melhor, comece
por você mesmo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vida, saúde e disposição de enfrentar os desafios da vida e por sempre está ao meu lado.

Ao IFPE e a todos os professores que fizeram parte da minha trajetória acadêmica pela oportunidade do conhecimento adquirido durante o curso.

A professora Dr^a Marília Lyra pelo apoio, confiança e dedicação neste trabalho e pelo conhecimento adquirido durante o curso e monitoria. Sem ela este trabalho não sairia da gaveta.

Aos meus pais que sempre fizeram e fazem de tudo por mim e pelos meus irmãos.

Aos meus irmãos que sempre estão por perto e torcendo por cada conquista.

Ao meu amigo Jamerson Oliveira que sempre me incentivou e me apoiou nas minhas decisões e ajudou-me a escolher meu futuro como profissional.

Ao meu mestre Ângelo Correia pelo aprendizado durante meu curso técnico, minha vida profissional e como ser humano.

Aos meus companheiros de trabalho João Alberto, Emanuel Tintilo, aos meus chefes Edvar Cordeiro e Elias Nascimento e aos demais que me ajudaram de alguma forma a construir e desenvolver esse projeto.

RESUMO

Tendo em vista a grande preocupação com o futuro do nosso planeta e dos recursos naturais essenciais à vida, as questões ambientais tornaram-se cada vez mais presente em estudos nas diversas áreas acadêmicas, assim como as construções sustentáveis ganharam espaço no mercado imobiliário e passaram a ser vistas com outros olhos por empresários e pelos consumidores. Através de alguns critérios selecionados das certificações LEED, AQUA e Selo Casa Azul CAIXA, foi sugerido à adoção de adequações ambientais baseados nos mesmos para uma residência do Programa Minha Casa Minha Vida. Este trabalho teve como objetivo despertar na população o interesse em preservar o meio ambiente, e ao mesmo tempo economizar água e energia elétrica, praticar a coleta seletiva, entre outros. Mostrando através de simulações, que é possível e viável investir em um sistema de energia solar fotovoltaico e no sistema de captação de água de chuva e ter retorno quanto ao capital investido, ajudando ao meio ambiente e ao bem-estar social.

Palavras-chave: Certificações Ambientais. Energia Solar. Captação de Água de Chuva.

ABSTRACT

In view of the great concern with the future of our planet and the natural resources essential to life, environmental issues have become increasingly present in studies in various academic areas, as well as sustainable buildings have gained space in the real estate market and have started to be seen with different eyes by entrepreneurs and consumers. Through some criteria selected from the LEED, AQUA and Selo Casa Azul CAIXA certifications, it was suggested to adopt environmental adaptations based on them for a residence in the Minha Casa Minha Vida Program. This work aimed to awaken in the population an interest in preserving the environment, while saving water and electricity, practicing selective collection, among others. Showing through simulations, that it is possible and feasible to invest in a solar photovoltaic energy system and in the rainwater capture system and to have a return on the invested capital, helping the environment and social well-being.

Keywords: environmental certification. solar energy. rainwater harvesting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Níveis de certificação do LEED.....	23
Figura 2 – Dimensões avaliadas pela certificação LEED.....	24
Figura 3 - Planta baixa do modelo de residência do Programa Minha Casa Minha Vida utilizado como referência para o estudo.....	36
Figura 4 – Kit energia solar caseiro 1,32 Kwp.....	40
Figura 5 - Composição da radiação por meses do ano para a região metropolitana do Recife.....	43
Figura 6 – Diagrama elétrico do sistema solar fotovoltaico.....	48
Figura 7 - Modelo de luminária solar de LED fotovoltaica com sensor de movimento.....	50
Figura 8 - Modelo de luminária solar fotovoltaica utilizada no projeto.....	50
Figura 9 – Chuva acumulada mensal x chuva normal.....	52
Figura 10 – Temperatura mínima e máxima mensal.....	52
Figura 11 – Projeção do telhado – projeto base.....	54
Figura 12 – Projeção do sistema de água – projeto base.....	54
Figura 13 – Ganhos e perdas do sistema no período de 1 ano.....	57
Figura 14 – Capital acumulado no período de 20 anos.....	58

Figura 15 – Custos e receitas gerados no período de 20 anos.....	59
Figura 16 - Projeção do sistema de captação de água de chuva instalado.....	64
Figura 17 - Valor médio do m ² ofertado na região metropolitana do Recife.....	67
Figura 18 - Projeção da casa – modelo padrão original.....	68
Figura 19 - Simulação de financiamento da residência sem as adequações sugeridas.....	69
Figura 20 - Simulação de financiamento da residência com as adequações sugeridas.....	72
Figura 21 - Projeção da residência com as adequações sugeridas para incorporação no projeto base do PMCMV.....	74
Figura 22 - Projeção da residência pronta com as adequações sugeridas para incorporação no projeto base do PMCMV.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Famílias e categorias da certificação AQUA.....	28
Quadro 2 – Vantagens da adoção da certificação AQUA.....	28
Quadro 3 – Critérios a serem adotados para a proposta de adequação do Programa Minha Casa Minha Vida ao padrão de construção sustentável.....	33
Quadro 4 – Equipamentos e eletrodomésticos comumente encontrados em residências populares.....	37
Quadro 5 – Valores de redução de emissão de poluentes do sistema solar fotovoltaico sugerido para o padrão de projeto do PMCMV.....	41
Quadro 6 – Radiação solar na horizontal utilizada para dimensionamento do projeto solar fotovoltaico para o padrão de projeto sustentável do PMCMV sugerido.....	41
Quadro 7 – Produção de energia mensal de acordo com o consumo energético diário.....	42
Quadro 8 – Produção de energia solar absorvido pelo sistema solar fotovoltaico sugerido para o projeto.....	42
Quadro 9 – Características técnicas do gerador e dos módulos do sistema solar fotovoltaico sugeridos para o projeto.....	43
Quadro 10 - Características técnicas do inversor indicado para adoção no projeto de geração de energia solar fotovoltaica do PMCMV.....	45
Quadro 11 - Energia produzida pelo sistema nas condições normais STC (radiação de 1000 W/m ² , temperatura de 25°C).....	46

Quadro 12 – Perdas por sombreamento de obstáculos.....	46
Quadro 13 - Simulação da conta de energia com o consumo médio mensal adotado.....	55
Quadro 14 – Custo total do sistema solar fotovoltaico.....	56
Quadro 15 - Consumo de energia introduzida e comprada da unidade consumidora.....	56
Quadro 16 - Retorno sobre o investimento feito pelo sistema solar fotovoltaico.....	57
Quadro 17 - Relação de material utilizado no sistema de captação de água de chuva.....	62
Quadro 18 – Resumo da simulação para o financiamento do projeto base.....	70
Quadro 19 – Valor do imóvel com as adequações.....	71
Quadro 20 – Resumo da simulação para o financiamento do imóvel com as adequações sugeridas.....	72
Quadro 21 – Relação custo x benefício das adequações sugeridas ao projeto base do PMCMV.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limite de avaliação e localidades para o Selo Casa Azul nível bronze.....	26
Tabela 2 – Tabela de preço por m ² consumido.....	65

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

AQUA	Alta Qualidade Ambiental
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social
CELPE	Companhia de Eletricidade de Pernambuco
CC/CA	Corrente Contínua/Corrente Alternada
CNI	Confederação nacional das Indústrias
COMPESA	Companhia pernambucana de Saneamento
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
FAR	Fundo de Arrendamento Residencial
FDS	Fundo de Desenvolvimento Social
FGHab	Fundo Garantidor da Habitação Popular
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
FIEPE	Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco
GBC	Green Building Council
GBCI	Green Building Certification Institute
HQE	Haute Qualité Environnementale
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMT	Instituto Nacional de meteorologia
IVV	Índice de Velocidade de Vendas
LED	Light Emitting Diode
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NBR	Norma Brasileira
NTS	Norma técnica Sabesp
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PNHR	Programa Nacional de Habitação Rural

PNHU	Programa Nacional da Habitação Urbana
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício
SGE	Sistema de Gestão do Empreendimento
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos de Índices da Construção Civil
USGBC	U.S. Green Building Council

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 Desenvolvimento sustentável	19
2.1.2 Construção sustentável	19
2.1.3 Ecoeficiência	20
2.2 A Certificação LEED, SELO CASA AZUL DA CAIXA E AQUA.	21
2.2.1 A certificação LEED	21
2.2.2 O Selo Casa Azul CAIXA	25
2.2.3 A certificação AQUA	26
2.3 Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV)	29
3 METODOLOGIA	Erro! Indicador não definido.
3.1 Energia solar fotovoltaica	33
3.1.2 Especificações do sistema fotovoltaico utilizado	40
3.2 Luminária de LED fotovoltaica	49
3.3 Sistema de captação de águas pluviais	51
3.3.1 Cálculos para projeção do sistema de captação de água de chuva	53
4 RESULTADOS E ANÁLISES	55
4.1 Análise antes da implantação do sistema solar fotovoltaico	55
4.2 Análise de custo x benefício	56
4.3 Cálculo do custo x benefício da adoção das luminárias LED fotovoltaicas	59
4.4 Cálculo de Consumo água na residência com os padrões de referencia adotados pra a simulação	60
4.4.1 Cálculo de dimensionamento do reservatório	61
4.4.2 Cálculo de custo para Implementação do sistema	62
4.4.3 Cálculo de custo do volume de água	65
4.4.4 Cálculo do valor economizado por ano	66
4.4.5 Cálculo de retorno de investimento do sistema	66
4.5 Simulação de custo para a construção da casa – projeto base	67
4.6 Simulação de custo para a construção da casa – com as adequações	70
5 CONSIDERAÇÕES	76
6 REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO

As questões ambientais ao longo dos anos ficaram cada vez mais presentes na sociedade e nas organizações. A inserção da variável ambiental no contexto organizacional torna a empresa mais competitiva. Com a implantação de boas práticas ambientais a sociedade demonstra que tem responsabilidade com o meio ambiente e tende a gerenciar seus aspectos ambientais.

Segundo Andrade (2015), um empreendimento imobiliário sustentável é projetado com a preocupação de minimizar os impactos ambientais, se integrar ao meio ambiente, e proporcionar aos seus ocupantes conforto ambiental. Para isso deve atender a alguns requisitos, tais como: Integração ao meio ambiente, Uso racional dos recursos, economia de água e energia, conforto ambiental para seus habitantes, durabilidade e viabilidade econômica.

Investir em imóveis sustentáveis é muito mais do que garantir lucros e economia de recursos. É garantir o próprio futuro da raça humana, já que assegurar o futuro das gerações que virão é dever de cada um de nós. (SCHMIDT, 2009).

Partindo desse pressuposto, esta pesquisa apresenta propostas para melhoria da qualidade de vida da população e preservação do meio ambiente, baseando-se em princípios da LEED, AQUA, e Selo Casa Azul da Caixa e adotando os principais critérios das certificações citadas numa residência do Programa Minha Casa Minha Vida. Entretanto, cada família deve sempre buscar melhorar suas ações diárias, visto que o meio ambiente está cada vez mais sendo degradado pelas altas construções e consumo dos recursos naturais essenciais à nossa existência.

No presente trabalho tem-se a intenção de elucidar quais os benefícios causados aos usuários e ao meio ambiente com a adequação de uma casa popular ao modelo de uma casa sustentável, analisando os aspectos e impactos ambientais causados após a implementação de práticas sustentáveis e comparar a sua viabilidade. Busca-se também despertar na população o interesse em adotar as boas práticas ambientais nas suas residências, e, até mesmo em possíveis futuras construções, possibilitando assim, que este ambiente venha a ser um

empreendimento ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável.

Em face do que foi dito, procura-se apresentar propostas de adequações para casas populares ao padrão de construções sustentáveis com base nos princípios da certificação LEED, AQUA, e Selo Casa Azul.

Entretanto, os objetivos desse trabalho são:

- Selecionar os critérios das certificações e do Selo que serão viáveis à residências populares;
- Verificar a redução de água, energia, redução de resíduos sólidos com a adoção dos critérios indicados;
- Comparar o custo-benefício pós-adequação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa sessão abordaremos alguns conceitos sobre sustentabilidade, construção sustentável e também as certificações e selo utilizados como referência para este trabalho. A sustentabilidade passou a ser ao longo do tempo um tema onde todas as áreas acadêmicas procuram abordar, a fim de conscientizar as pessoas sobre a importância do meio ambiente e a preservação dos recursos naturais essenciais à vida.

2.1 Desenvolvimento sustentável

As questões ambientais ao longo dos anos foram cada vez mais se tornando presentes em nosso dia-a-dia, fazendo com que as pessoas de modo geral pensassem mais antes de desperdiçar água, utilizar demasiadamente energia elétrica, etc., começaram a analisar de forma diferente o meio ambiente e encarar os recursos dele extraídos como finitos.

Segundo Pinheiro (2003), a definição que melhor explica o conceito de sustentabilidade é a do Primeiro-ministro da Noruega H. Brundtland: “assegurar os recursos suficientes para as gerações futuras terem uma qualidade de vida similar à nossa”.

De acordo com Gritti e Landini (2010), desenvolvimento sustentável significa “utilizar os recursos disponíveis no presente sem esgotá-los e comprometer o meio ambiente das gerações futuras”.

2.1.2 Construção sustentável

Uma construção sustentável busca integrar as atividades construtivas com a sustentabilidade, baseado nos princípios ecológicos e no uso eficiente dos recursos, diminuindo os impactos causados ao meio ambiente.

Em novembro de 1994, houve a Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável (First World Conference for Sustainable Construction,

Tampa, Florida), onde foi discutido o futuro da construção no contexto da sustentabilidade (PINHEIRO, 2003).

Construção Sustentável consiste, portanto, em um sistema construtivo onde se procura atender às necessidades do homem moderno, com qualidade de vida e preservação do meio ambiente, reduzindo os impactos ambientais. A construção urbana moderna sustentável utiliza materiais naturais, reciclados ou não, que preservam o meio ambiente, e busca soluções para os problemas criados por ela mesma.

Uma construção sustentável tem início na concepção do projeto, que procura utilizar os recursos da natureza, procedendo ao estudo da insolação e do clima da região para a otimização da energia elétrica e conforto ambiental da construção. Além disso, deve-se atentar à escolha dos materiais, para que sejam: duráveis, menos agressivos, cuja obtenção cause impacto mínimo, e que sejam recicláveis ou reaproveitáveis (GRITTI e LANDINI, 2010).

De acordo com Schmidt (2009), a gestão da obra, o aproveitamento passivo dos recursos naturais, a qualidade do ar e do ambiente interior, o conforto termo acústico e a gestão de resíduos gerados pelo usuário são as linhas-mestras que regem a construção sustentável.

2.1.3 Ecoeficiência

A Ecoeficiência é o gerenciamento estratégico combinado com a gestão sustentável da organização de modo a criar e promover valores com menor impacto causados ao meio ambiente. A implantação de práticas ecoeficientes é um processo de melhoria contínua e deve-se sempre levar em conta os limites e capacidade de um sistema resistir aos diferentes tipos de impactos ambientais.

Segundo o Sebrae (2014), Ecoeficiência é a oferta de bens e serviços com preços competitivos e comprometidos com a redução dos impactos ambientais. Mais do que um conceito, é um modelo de gestão adotado por empresas de alguns setores econômicos.

2.2 A Certificação LEED, SELO CASA AZUL DA CAIXA E AQUA.

Serão apresentadas as certificações LEED, AQUA e o Selo Casa Azul CAIXA, escolhidos como referência para o presente estudo.

2.2.1 A certificação LEED

A Certificação LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) foi desenvolvida pelo USGBC (U.S. Green Building Council), instituição que busca promover edifícios sustentáveis e lucrativos com melhor qualidade de vida para a população. No Brasil, em 2007, foi criado um órgão não governamental vinculado ao USGBC que visa auxiliar o desenvolvimento da indústria da construção sustentável no país: o GBC Brasil (Green Building Council Brasil).

O LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado em 143 países, e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações. (GBC Brasil, 2017).

O sistema LEED não é obrigatório, ficando a cargo de cada empreendedor sua adesão voluntária para assim ter o empreendimento avaliado conforme seu desempenho ambiental.

O sistema LEED possui as seguintes categorias:

- LEED New Construction & Major Renovation (Novas construções e Grandes Reformas) destinado a edificações que serão construídas, ou remodelação de edifícios já existentes que venham a incluir o sistema de ar condicionado, envoltória e realocação.
- LEED Existing Buildings – Operation and Maintenance (LEED para Edifícios Existentes- Operação e Manutenção) Baseando-se no desempenho e na eficiência operacional e manutenção do edifício existente busca maximizar a eficiência da operação e minimizar custos e impactos ambientais.
- LEED for Commercial Interiors (LEED para Interiores Comerciais) é a certificação que reconhece escritórios de alto desempenho, em termos de ambiente saudável, locais de trabalho produtivos, baixo custo de manutenção

e operação, e redução do impacto ambiental, auxiliam no aumento de produtividade de seus ocupantes.

- LEED Core & Shell (Envoltória e Estrutura Principal) é destinado para edificações que comercializarão os espaços internos posteriormente, para projetos da parte externa e parte central do edifício de uso coletivo, realizada para o terreno, para as áreas comuns, e internamente para o sistema de ar condicionado, estrutura principal, como escadas, fachadas e elevadores. É utilizada por construtores que desenvolvem o projeto para comercialização, garantindo que suas instalações oferecem todas as condições para a alta performance do edifício;
- LEED for Neighborhood Development (LEED para Desenvolvimento de Bairros) integra princípios de crescimento planejado e inteligente, urbanismo e construção sustentável para bairros e desenvolvimento de comunidades. Incentiva também a utilização de transporte público, eficiente e alternativo e criação de áreas de lazer, tais como parques e espaços públicos de alta qualidade.
Esta tipologia engloba ruas, casas, escritórios, shoppings, mercados e áreas públicas.
- LEED for Schools (LEED para Escolas) para avaliar a concepção e construção de escolas, possibilitando melhor desempenho dos alunos e corpo docente. Reduz custos com operação e manutenção do edifício e possibilita a criação de práticas de educação ambiental dentro do próprio ambiente escolar.
- LEED Retail (LEED para Lojas de Varejo) reconhece as diferentes necessidades e características de uma loja de varejo, quando comparada a uma edificação comercial e auxilia as diretrizes para a redução dos impactos ambientais.

Esta tipologia do LEED aborda duas opções de certificação:

- 1 - LEED for Retail NC - LEED para Novas Construções ou Grandes Reformas em Lojas de Varejo.
- 2 - LEED for CI – LEED para Interiores Comerciais, quando a loja esta localizada dentro de um edifício.

- LEED for Healthcare (LEED para Hospitais) é a certificação que engloba todas as necessidades de um hospital, diferente de uma construção comercial. Auxiliando na recuperação mais rápida dos pacientes através de ambientes mais saudáveis e naturais.
- LEED-Homes: para avaliar residências unifamiliares e prédios multifamiliares de até três pavimentos.

Essas categorias por sua vez, são avaliadas através de critérios estabelecidos. Os quais alguns são pré-requisitos (sem as quais o edifício não recebe a certificação), e créditos, recomendações que sendo atendidas somam pontos à edificação.

De acordo com a pontuação obtida, o edifício poderá ser classificado de acordo com o nível de desempenho adquirido, podendo variar de 40 pontos, nível certificado, a 110 pontos, nível platina, como mostra a (Figura 1) a seguir:

Figura 1: Níveis de certificação do LEED



Fonte: GBC Brasil (2016).

As dimensões avaliadas pelo LEED são (Figura 2)

Figura 2: Dimensões avaliadas pela certificação LEED

Dimensões Avaliadas

- 
Sustainable sites (Espaço Sustentável) – Encoraja estratégias que minimizam o impacto no ecossistema durante a implantação da edificação e aborda questões fundamentais de grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor.
- 
Water efficiency (Eficiência do uso da água) – Promove inovações para o uso racional da água, com foco na redução do consumo de água potável e alternativas de tratamento e reuso dos recursos.
- 
Energy & atmosphere (Energia e Atmosfera) – Promove eficiência energética nas edificações por meio de estratégias simples e inovadoras, como por exemplo simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas eficientes.
- 
Materials & resources (Materiais e Recursos) - Encoraja o uso de materiais de baixo impacto ambiental (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduz a geração de resíduos, além de promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários.
- 
Indoor environmental quality (Qualidade ambiental interna) – Promove a qualidade ambiental interna do ar, essencial para ambientes com alta permanência de pessoas, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controlabilidade de sistemas, conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural.
- 
Innovation in design or innovation in operations (Inovação e Processos) – Incentiva a busca de conhecimento sobre Green Buildings, assim como, a criação de medidas projetuais não descritas nas categorias do LEED. Pontos de desempenho exemplar estão habilitados para esta categoria.
- 
Regional priority credits (Créditos de Prioridade Regional) – Incentiva os créditos definidos como prioridade regional para cada país, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local.. Quatro pontos estão disponíveis para esta categoria.

Fonte: GBC Brasil (2016)

De acordo com GBC Brasil (2017), para obter o certificado LEED são necessárias algumas etapas como:

- A escolha da tipologia do projeto;
- Registro do projeto pela página web da GBCI (Green Building Certification Institute);
- Quando toda documentação estiver pronta, com os pré-requisitos e os créditos de cada etapa da obra estiverem prontos, serão enviados e arquivados no LEED online;
- Após serem arquivados no LEED online se inicia o processo de revisão;
- Depois de concluído o processo de revisão, a equipe pode aceitar ou recorrer da decisão final, certificando ou não o projeto.

2.2.2 O Selo Casa Azul CAIXA

O Selo Casa Azul foi criado em 2010 pela Caixa Econômica Federal. Com adesão voluntária, seus critérios de avaliação foram selecionados por possuírem eficácia universal comprovada e custo compatível com os projetos de habitação de diversas faixas de renda, considerando a realidade de um empreendimento habitacional brasileiro típico (MAGNANI, 2011).

De acordo com a CAIXA (2010), o Selo se aplica a todos os tipos de projetos de empreendimentos habitacionais, para financiamentos ou programa de repasse, podendo candidatar-se ao Selo as empresas construtoras, o Poder Público, empresas públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades representantes de movimentos sociais.

O empreendimento pode receber três classificações: Bronze, prata e ouro, dependendo dos critérios obrigatórios e dos critérios opcionais atendidos. Para se obter a categoria Bronze, devem ser atendidos os 19 critérios obrigatórios. Para a categoria Prata, devem ser atendidos os 19 critérios obrigatórios mais 06 critérios opcionais de livre escolha, e para a categoria Ouro, devem ser atendidos os 19 critérios obrigatórios, mais, no mínimo 12 opcionais de livre escolha.

Ao todo são 53 critérios de avaliação, divididos em 06 categorias:

- Qualidade Urbana;
- Projeto e Conforto;
- Eficiência Energética;
- Conservação de Recursos Materiais;
- Gestão da Água;
- Práticas Sociais.

Para se obter o nível bronze do Selo o valor de avaliação da unidade habitacional não pode ultrapassar os limites da Tabela 1.

Tabela 1: Limites de avaliação e localidades para o Selo Casa Azul nível bronze

Localidades	Valor de Avaliação da Unidade Habitacional
Distrito Federal Cidades de São Paulo e Rio de Janeiro municípios com população igual ou superior a 1 milhão de habitantes integrantes das regiões metropolitanas dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro	Até R\$ 130.000,00
Municípios com população igual ou superior a 250 mil habitantes Região Integrada do Distrito Federal e Entorno – RIDE/DF nas demais regiões metropolitanas e nos municípios em situação de conurbação com as capitais estaduais (exceto Rio de Janeiro e São Paulo)	Até R\$ 100.000,00
Demais municípios	Até R\$ 80.000,00

Fonte: JOHN, V. M, PRADO, R. T. (2010).

Os projetos de empreendimentos com valores de avaliação superiores aos limites da Tabela 1 deverão se enquadrar, no mínimo, no nível “prata” (CAIXA, 2010).

Caso o empreendimento seja contemplado com o Selo Casa Azul CAIXA e esteja com inconformidades, este deverá sanar para que o Selo não seja suspenso. Caso não consiga, ficará impedido de utilizar o selo por dois anos e pagará sanções à CAIXA pelos danos causados e divulgação indevida do Selo Casa Azul CAIXA.

2.2.3 A certificação AQUA

O processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é uma certificação brasileira adaptada da certificação francesa Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale).

A Fundação Vanzolini, instituição privada sem fins lucrativos, foi a responsável pela implantação do processo AQUA no Brasil. Visando garantir a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou reabilitado, utilizam-se auditorias independentes.

Lançado em 2008, a certificação AQUA propõe um novo olhar para a sustentabilidade nas construções brasileiras. Seus referenciais técnicos foram desenvolvidos considerando a cultura, o clima, as normas técnicas e a regulamentação presentes no Brasil, mas buscando sempre uma melhoria contínua de seus desempenhos.

O Processo AQUA é uma certificação voluntária, que parte da vontade do empreendedor, e pode ser aplicado a qualquer empreendimento de assentamento urbano, sendo ele do setor público ou privado.

De acordo com a Fundação Vanzolini, em 2013 os organismos de certificação residencial - QUALITEL e não – residencial - CERTIVEA se juntam para criar a Rede Internacional de certificação HQE, uma junção de critérios e indicadores para o mundo inteiro, cujo órgão certificador passa a ser a CERWAY, fundamentado sempre nas premissas da certificação HQE francesa.

Ao celebrar um acordo de cooperação com o CERWAY, a Fundação Vanzolini passa a ser a representante no Brasil da rede de certificação HQE e o Processo AQUA transforma-se em AQUA-HQE uma certificação com identidade e reconhecimento internacional.

Esta certificação estrutura-se em dois instrumentos que avaliam os desempenhos alcançados:

- O referencial do Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), para avaliar o sistema de gestão ambiental implementado pelo empreendedor;
- O referencial da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), para avaliar o desempenho arquitetônico e técnico da construção.

De acordo com a Fundação Vanzolini e CERWAY (2014), a implementação do Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), permite definir a Qualidade Ambiental visada para o edifício e organizar o empreendimento para atingi-la, ao mesmo tempo em que permite controlar o conjunto dos processos operacionais relacionados às fases de programa, concepção e realização da construção.

A Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) estrutura-se em 14 categorias que podem ser reunir em 4 (quatro) famílias (Quadro 1).

Quadro 1: Famílias e categorias da certificação AQUA

Sítio e Construção		Conforto	
Categoria nº1	Relação do edifício com o seu entorno	Categoria nº8	Conforto higrotérmico
Categoria nº2	Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos.	Categoria nº9	Conforto acústico
Categoria nº3	Canteiro de obras com baixo impacto ambiental	Categoria nº10	Conforto visual
		Categoria nº11	Conforto olfativo
Gestão		Saúde	
Categoria nº4	Gestão da energia	Categoria nº12	Qualidade sanitária dos ambientes
Categoria nº5	Gestão da água	Categoria nº13	Qualidade sanitária do ar
Categoria nº6	Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício	Categoria nº14	Qualidade sanitária da água
Categoria nº7	Manutenção-Permanência do desempenho ambiental		

Fonte: Adaptado de Leite (2011).

Os benefícios da certificação pelo Processo AQUA incluem melhorias que atingem o empreendedor, comprador e a questão socioambiental.

De acordo com Silva (2017), as principais vantagens da certificação AQUA são apresentadas a seguir (Quadro 2).

Quadro 2: Vantagens da adoção da certificação AQUA

Para o empreendedor
Comprovar a Alta Qualidade Ambiental das suas construções
Manter o valor do seu patrimônio ao longo do tempo
Melhorar o relacionamento com órgãos ambientais e comunidades
Reconhecimento internacional
Para o usuário
Economia direta no consumo de água e energia elétrica
Menores despesas condominiais gerais
Melhores condições de conforto e saúde
Maior valor patrimonial ao longo do tempo
Para a sociedade e meio ambiente

Menor demanda sobre as infraestruturas urbanas
Menor demanda de recursos hídricos
Redução da poluição
Menor impacto à vizinhança
Melhor qualidade de vida

Fonte: Adaptado de Silva (2017).

2.3 Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV)

O Governo Federal brasileiro, em parceria com estados, municípios, empresas e entidades sem fins lucrativos, oferece financiamento de moradias em áreas urbanas para famílias de baixa renda.

No dia 07 de Julho de 2009 foi sancionada a Lei nº 11.977, que dispõe sobre o PMCMV. De acordo com a Lei, o PMCMV baseia-se nas seguintes estruturas e definições:

Art.1º O Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV compreende:

I – o Programa Nacional de Habitação Urbana - PNHU;

II – o Programa Nacional de Habitação Rural - PNHR;

III – a autorização para a União transferir recursos ao Fundo de Arrendamento Residencial - FAR e ao Fundo de Desenvolvimento Social - FDS;

IV – a autorização para a União conceder subvenção econômica tendo em vista a implementação do PMCMV em Municípios com população de até 50.000 (cinquenta mil) habitantes;

V – a autorização para a União participar do Fundo Garantidor da Habitação Popular - FGHab; e

VI – a autorização para a União conceder subvenção econômica ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES.

Art. 2º O PMCMV tem como finalidade criar mecanismos de incentivo à produção e à aquisição de novas unidades habitacionais pelas famílias com renda mensal de até 10 (dez) salários mínimos, que residam em qualquer dos Municípios brasileiros.

Art. 3º Para a definição dos beneficiários do PMCMV, devem ser respeitadas, além das faixas de renda, as políticas estaduais e municipais de atendimento habitacional, priorizando-se, entre os critérios adotados, o

tempo de residência ou de trabalho do candidato no Município e a adequação ambiental e urbanística dos projetos apresentados.

§3º Terão prioridade como beneficiários os moradores de assentamentos irregulares ocupados por população de baixa renda que, em razão de estarem em áreas de risco ou de outros motivos justificados no projeto de regularização fundiária, excepcionalmente tiverem de ser relocados.

Art. 42. As custas e os emolumentos devidos pelos atos de abertura de matrícula, registro de incorporação, parcelamento do solo, averbação de construção, instituição de condomínio, registro da carta de habite-se e demais atos referentes à construção de empreendimentos no âmbito do PMCMV serão reduzidos em:

I – 90% (noventa por cento) para a construção de unidades habitacionais de até R\$ 60.000,00 (sessenta mil reais);

II – 80% (oitenta por cento) para a construção de unidades habitacionais de R\$ 60.000,01 (sessenta mil reais e um centavo) a R\$ 80.000,00 (oitenta mil reais); e

III – 75% (setenta e cinco por cento) para a construção de unidades habitacionais de R\$ 80.000,01 (oitenta mil reais e um centavo) a R\$ 130.000,00 (cento e trinta mil reais).

Art. 43. Não serão devidas custas e emolumentos referentes a escritura pública, quando esta for exigida, ao registro da alienação de imóvel e de correspondentes garantias reais, e aos demais atos relativos ao primeiro imóvel residencial adquirido ou financiado pelo beneficiário com renda familiar mensal de até 3 (três) salários mínimos.

Parágrafo único. As custas e emolumentos de que trata o caput, no âmbito do PMCMV, serão reduzidos em:

I – 80% (oitenta por cento), quando os imóveis residenciais forem destinados a beneficiário com renda familiar mensal superior a 6 (seis) e até 10 (dez) salários mínimos; e

II – 90% (noventa por cento), quando os imóveis residenciais forem destinados a beneficiário com renda familiar mensal superior a 3 (três) e igual ou inferior a 6 (seis) salários mínimos.

Art. 44. Os cartórios que não cumprirem o disposto nos arts. 42 e 43 ficarão sujeitos à multa no valor de até

R\$ 100.000,00 (cem mil reais), bem como a outras sanções previstas na Lei nº 8.935, de 18 de novembro de 1994.

O PMCMV é gerenciado pela Caixa Econômica Federal e vem modificando a realidade de milhares de famílias brasileiras. Está delineado da seguinte maneira:

(De acordo com <http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>).

- **Famílias com renda de até R\$ 1.800,00**

Faixa 1: Financiamento de até 120 meses, com prestações mensais que variam de R\$ 80,00 a R\$ 270,00, conforme a renda bruta familiar. A garantia para o financiamento é o imóvel que você vai adquirir. Ressalta-se que para a composição da renda familiar, não é considerado beneficiários do BPC (Beneficiário de Prestação Continuada) e do programa Bolsa Família. Além disso, não estão aptos ao programa quem já for proprietário, cessionário ou promitente de imóvel residencial. Como também, não ter recebido benefício de natureza habitacional oriundo de recursos orçamentários do município, dos Estados, da União, do FAR, do FDS, ou de descontos habitacionais concedidos com recursos do FGTS.

Famílias com renda de até R\$ 2.600,00

Faixa 1,5: Empreendimento financiado pela Caixa com taxas de juros de apenas 5% ao ano e até 30 anos para pagar e subsídios de até 47,5 mil reais.

- **Famílias com renda de até R\$ 4.000,00**

FAIXA 2: Contempla família tem renda bruta de até R\$ 4.000,00, e pode ter subsídios de até R\$ 29.000,00.

- **Famílias com renda de até R\$ 7.000,00**

FAIXA 3: Para famílias com renda bruta de até R\$ 7.000,00, o Programa Minha Casa Minha Vida oferece taxas de juros diferenciadas em relação ao mercado.

Para proceder a contratação de umas dessas linhas do programa é preciso atender aos seguintes critérios:

- Se a família tem renda mensal menor que R\$ 1.800,00 é preciso se inscrever na prefeitura da sua cidade ou numa entidade organizadora para iniciar o processo de seleção. Já para as famílias com renda mensal até R\$ 7.000,00, além de poder contratar por meio de uma entidade organizadora, pode

também contratar de forma individual, para isso é só fazer a simulação no site da CAIXA, para saber quanto poderá investir e entregar a documentação em uma agência Caixa.

- As famílias selecionadas pelas prefeituras e validadas pela Caixa serão comunicadas sobre a data do sorteio das unidades e da assinatura do contrato de compra e venda do imóvel.
- Após a aprovação e validação do cadastro o contrato de financiamento é assinado.

Segundo a Brain Pesquisa e Consultoria (2019), em pesquisa encomendada pelo jornal do comércio para traçar o perfil do PMCMV na Região Metropolitana do Recife, concluiu que o Recife é uma das capitais brasileiras com menor oferta de unidades do programa minha casa minha vida no país.

Em 2018, as cidades de São Lourenço da Mata e Igarassu, representavam 100% dos imóveis disponíveis para venda. Em Camaragibe, quase 84% da oferta imobiliária eram de unidades dentro da faixa comercial do programa. Dos imóveis vendidos em toda Região Metropolitana do Recife até o final do ano, 72% foram do PMCMV. Na cidade de Recife apenas 17% dos imóveis vendidos até o fim do ano tinham financiamento do programa. As cidades de Paulista e Jaboatão dos Guararapes lideram o maior número de unidades do programa na região.

De acordo com a Brain, em Recife menos de 5% dos imóveis são pelo PMCMV, enquanto que em São Paulo são mais de 30%. Em capitais como Salvador e São Luiz a venda dos imóveis com participação do programa é superior a 50%.

De acordo com Diogo Lemos, diretor da RMV Engenharia, construtora que atua especificamente com as faixas de comércio do programa, diz que é raro viabilizar um empreendimento do PMCMV em Recife. Porém está com um projeto aguardando aprovação da Prefeitura do Recife para construção de cerca de 3 mil unidades da faixa 3 do PMCMV, no bairro de Boa Viagem, na Zona Sul. O lançamento do residencial está previsto para 2020.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho baseia-se em revisão bibliográfica, e aplicação dos principais critérios das certificações LEED, AQUA, e Selo Casa Azul, cabíveis a uma casa de padrão popular, enunciando os benefícios gerados após a implantação das adequações ambientais.

Foram analisados os principais pontos viáveis das certificações e Selo em estudo para serem adotados nas residências, uma vez que, a adoção de todos os itens seria inviável ao padrão domiciliar popular.

Para este trabalho foi utilizado o modelo de residência proposto pela Caixa Econômica Federal com o padrão do Programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal, cujos preços são acessíveis à maioria da população brasileira de baixa renda. Fazendo uso de ferramentas e instrumentos para adequar uma casa já construída ou ainda em projeto ao padrão sustentável, ajudando assim, as famílias reduzirem os custos com energia, água, gestão dos resíduos, por exemplo, e, a colaborarem com a conservação do meio ambiente e dos recursos naturais.

Foi avaliado o custo-benefício dos resultados estimados num período de um ano, enfatizando os gastos médios gerados com o uso mensal, e em longo prazo, de utilização do imóvel.

No Quadro 3 são apresentados os pontos que foram considerados passíveis de adaptação numa residência popular, baseados nos critérios das certificações adotadas neste trabalho.

Quadro 3: Critérios a serem adotados para a proposta de adequação do programa Minha Casa Minha Vida ao padrão de construção sustentável.

CRITÉRIOS	SELO CASA AZUL		LEED		AQUA	
	2.1	Paisagismo	Pré-requisito 2	Orientação de Projeto - Carta Solar	2.3	Escolha dos produtos de construção a fim de limitar seus impactos

					socioambientais
2.3	Relação com a vizinhança	Crédito 4	Infraestrutura de Água e Saneamento Básico	4.1	Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica
2.4	Solução Alternativa de Transporte	Crédito 8	Paisagismo	4.2	Redução do consumo de energia primária e dos poluentes associados
2.5	Local para Coleta Seletiva	Crédito 9	Redução de Ilhas de Calor	5.1	Redução do consumo de água potável
2.8	Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Vento	Crédito 10	Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais - Quantidade	5.2	Otimização da gestão de águas pluviais
2.9	Iluminação Natural de Áreas Comuns		Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais - Qualidade	6.1	Otimização da revalorização dos resíduos gerados pelas atividades de uso e operação
2.10	Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros			6.2	Qualidade do sistema de gestão dos resíduos de uso e operação
2.11	Adequação às Condições Físicas do Terreno			7.2	Permanência do desempenho dos sistemas de ventilação
3.1	Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas			7.3	Permanência do desempenho dos sistemas de iluminação
3.2	Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns			8.1	Implementação de medidas arquitetônicas para otimização do conforto de verão e inverno
3.3	Sistema de Aquecimento Solar			8.3	Criação de condições de conforto higrotérmico de verão em ambientes climatizados naturalmente
3.7	Eletrodomésticos Eficientes			9.1	Otimização dos elementos arquitetônicos para proteger os

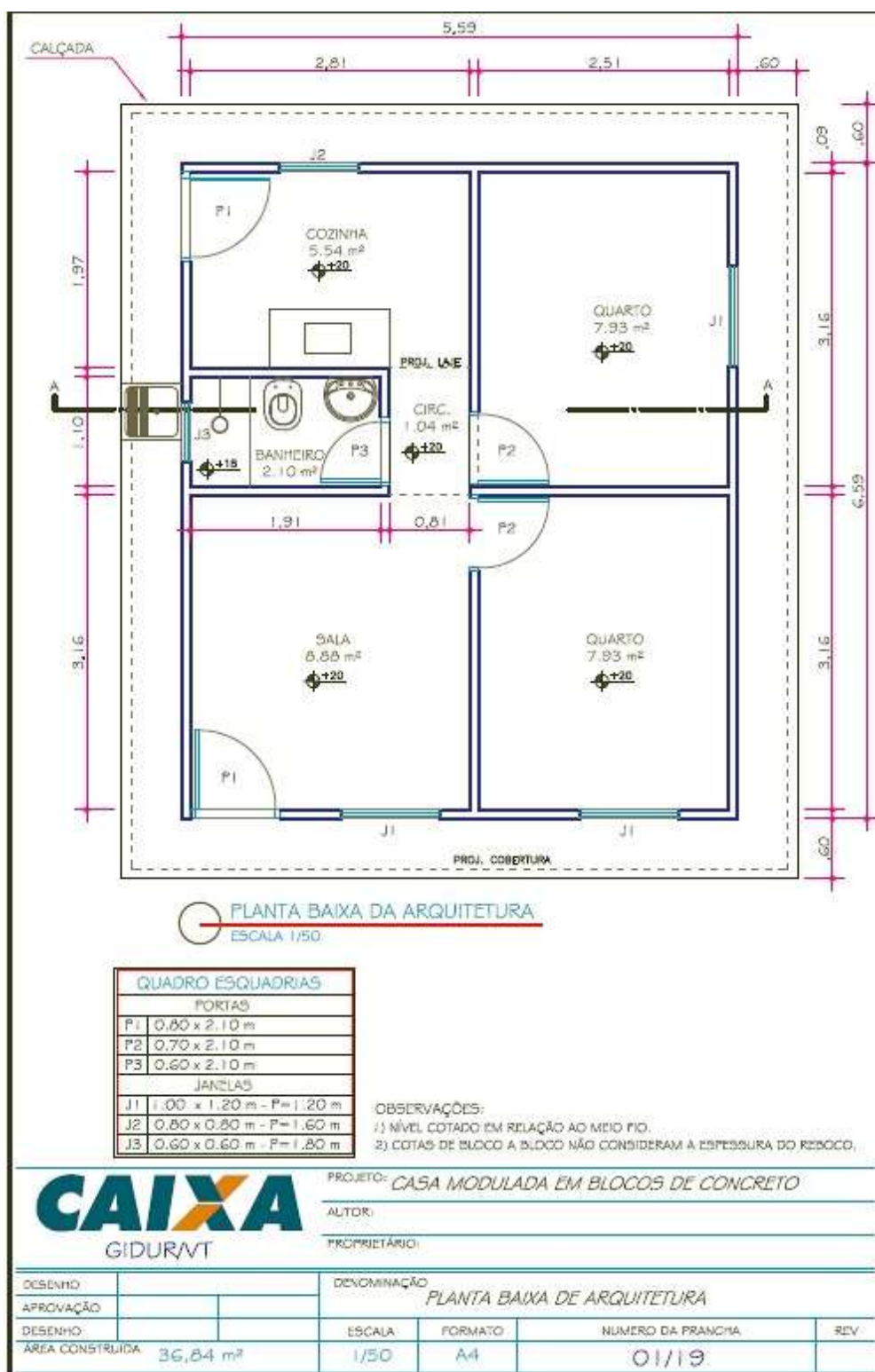
				usuários do edifício de incômodos acústicos
3.8	Fontes Alternativas de Energia		10.1	Garantia de iluminação natural ótima evitando seus inconvenientes (ofuscamento)
4.2	Qualidade de Materiais e Componentes		10.2	Iluminação artificial confortável
5.1	Medição Individualizada – Água		11.1	Garantia de uma ventilação eficaz
5.2	Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga		11.2	Controle das fontes de odores desagradáveis
5.4	Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão		12.2	Criação de Condições de higiene específicas
5.6	Retenção de Águas Pluviais		13.1	Garantia de uma ventilação eficaz
5.8	Áreas Permeáveis		13.2	Controle das fontes de poluição
6.8	Educação Ambiental dos Moradores			

Fonte: Próprio Autor (2019).

Foi utilizado como referência um modelo de residência adotado no Programa Minha Casa Minha Vida. Ressalta-se que os resultados irão variar conforme o tamanho da residência e das quantidades/tipos de equipamentos que forem adotados para a casa para efeito da simulação.

Na Figura 3 apresenta-se o modelo de planta baixa utilizado para realização do presente estudo.

Figura 3: Planta baixa do modelo de residência do Programa Minha Casa Minha Vida utilizado como referência para o estudo



Fonte: CAIXA, 2006.

Foi tomada como base para simulação, uma residência com quatro integrantes, sendo duas pessoas adultas, com renda familiar bruta mensal de R\$ 2.060,00 (Referente a 2 salários mínimos, ano base 2020) e com faixa etária de 30 anos, um adolescente e uma criança. Para calcular o consumo energético da residência foi necessário relacionar os equipamentos/eletrodomésticos comumente encontrados em casas populares, conforme Quadro 4.

Quadro 4: Equipamentos e eletrodomésticos comumente encontrados em residências populares.

Quantidade	Aparelhos Elétricos	Potência média (watts)	Dias Estimados Uso/Mês	Média Utilização/Dia	Consumo Médio Mensal (kWh)
1	Aparelho DVD	12	8	2h	0,192
1	Aparelho de som	80	20	3h	4,80
1	Cafeteira elétrica	600	30	1h	18,00
1	Chuveiro elétrico 3500W	3500	30	40min	70,00
1	Computador	100	30	8h	24,00
1	Decodificador TV a cabo Standby-by	20	30	24h	14,40
1	Fogão comum	60	30	5min	0,15
1	Ferro elétrico	1000	12	1h	12,00
1	Forno micro-ondas	1200	30	20min	12,00
1	Fritadeira elétrica	1000	15	30min	7,50
1	Geladeira 2 portas frost free	120	-	-	55,00
1	Home teacher 350W	350	8	2h	5,60
1	Impressora	15	30	1h	0,45
8	Lâmpada fluorescente compacta 23W	23	30	5h	28,00
1	Lâmpada fluorescente compacta 15W	15	30	5h	2,20
1	Lavadora de roupas	500	12	1h	6,00
1	Liquidificador	300	15	15min	1,10
1	Modem de internet Standby-by	5	30	24h	3,60
1	Monitor LCD	30	30	8h	7,20
1	Notebook	30	30	8h	7,20
1	Roteador	10	30	24h	7,20

1	Secador de cabelo	1400	30	10mim	7,00
1	TV LED 32"	95	30	5h	14,30
2	Ventilador	65	30	8h	31,20
1	Vídeo game	15	15	4h	0,90

Fonte: Adaptado de CEMIG (2014).

Foram selecionados os critérios, propostos em cada certificação analisada que mais se ajustavam ao padrão de uma casa popular e que poderiam significar um retorno direto do ponto de vista econômico e ambiental, além de impactar menos o valor de financiamento. Foram eles: um sistema de reaproveitamento de água pluvial para fins não potáveis como descrito na NBR 15527/2007; utilização de lâmpadas energeticamente eficientes que consomem menos energia e possuem maior vida útil, bem como lâmpadas de led fotovoltaica que permitem a captação de energia solar e geram a energia durante o período noturno, onde o consumo de energia é zero; instalação de equipamentos mais eficientes e que limitem a vazão da água, tais como descargas com controle de vazão (3 e 6 litros), torneiras com fechamento automático, instalação de medidores de vazão e consumo.

Outro ponto a ser adotado foi a indicação da educação ambiental dos moradores, a qual é fundamental para todo o sistema e operação do projeto. A aquisição de equipamentos de baixo consumo de energia, bem como seu uso racional está nos objetivos do trabalho. A coleta seletiva, o paisagismo e o sistema de drenagem são primordiais para a preservação do meio ambiente, e, por isso também estão presentes nos requisitos selecionados. Adquirir produtos certificados e não poluentes, não tóxicos, que não sejam agressivos ao meio ambiente e não causem impacto ecológico ao longo do tempo.

3.1 Energia solar fotovoltaica

De acordo com Pinho e Galdino (2014), foi em 1839 através de uma diferença de potencial apresentado nos terminais de uma célula eletroquímica causada pela absorção da luz que foi descoberto o efeito fotovoltaico. Mas que o primeiro aparato fotovoltaico foi em 1876 advindo dos estudos da física do estado sólido, e que, a partir do crescimento da área de eletrônica iniciou-se a produção industrial em 1956.

No Brasil, mais de 40% da energia elétrica consumida é utilizada por edificações residenciais, comerciais e públicas; sendo o setor residencial

responsável por 23% do total do consumo nacional e os setores comercial e público responsáveis por 11% e 8% respectivamente (RÜTHER, 2004).

A energia solar fotovoltaica é aquela na qual a irradiação solar é transformada diretamente em energia elétrica, sem passar pela fase de energia térmica (como seria no sistema heliotérmico).

As células fotovoltaicas (ou células de energia solar) são feitas a partir de materiais semicondutores (normalmente o silício). Quando a célula é exposta à luz, parte dos elétrons do material iluminado absorve fótons (partículas de energia presentes na luz solar). O sistema fotovoltaico não requer alta irradiação solar para funcionar. Os painéis solares fotovoltaicos são projetados e fabricados para serem utilizados em ambiente externo, sob sol, chuva e outros agentes climáticos.

Os painéis solares devem instalados sobre a cobertura da construção, os quais são responsáveis por captar a maior quantidade possível de radiação solar. A energia solar é convertida em energia elétrica, através das células fotovoltaicas e depois passa pelo inversor, que é o equipamento responsável por proteger nossa rede e converter a energia dos painéis em nossa eletricidade convencional.

Para a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaico é necessário avaliar as cargas geradas, o local a serem instalados os painéis solares. Tudo isso deve ser feito por profissional habilitado e empresa certificada para tal. Deve ser feito um projeto pelo engenheiro responsável que emite uma ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) perante o CREA. O projeto, memorial descritivo e um conjunto de documentos devem ser entregues à distribuidora de energia para avaliação e aprovação.

Para o projeto de energia solar fotovoltaico proposto para adoção neste trabalho foi realizada uma consultoria com o engenheiro eletricista e especialista na área, Edvar Cordeiro F. Junior, utilizando software específico de projetos fotovoltaicos, chamado de SOLergo – Versão 2019, uma vez que é necessário um profissional habilitado e capacitado para desenvolver o projeto.

De acordo com o Fedrigo, Gonçalves, Lucas (2009), o consumo médio mensal em residências brasileiras é em torno de 152,2 Kwh/mês, o qual foi utilizado para este trabalho, sendo esta utilizada para os cálculos do sistema.

3.1.2 Especificações do sistema fotovoltaico utilizado

O sistema fotovoltaico proposto para ser incorporado ao projeto básico da residência popular do PMCMV é composto de 1 gerador fotovoltaico, composto de 4 módulos fotovoltaicos e 1 inversor.

A potência de pico é de 1,32 kWp para uma produção de 2.662,57 kWh por ano, distribuídos em uma área de 7,8 m². Modalidade de conexão à rede de alimentação em Baixa Tensão Monofásica com tensão de fornecimento 220 V. Na Figura 4, apresenta-se o kit de energia solar caseiro sugerido para o sistema.

Figura 4: Kit Energia solar caseiro 1,32 Kwp.



Fonte: Google acesso em 03/12/2019.

O sistema irá reduzir a emissão de poluentes na atmosfera de acordo com o Quadro 5 (valores anuais).

Quadro 5: Valores de redução de emissão de poluentes do sistema solar fotovoltaico sugerido para o padrão de projeto do PMCMV.

Produção Termo Elétrica Equivalente	
Dióxido de enxofre (SO ₂):	0,32 kg
Óxidos de Nitrogênio (NO _x):	0,40 kg
Poeiras:	0,01 kg
Dióxido de carbono (CO ₂):	0,24 t
Equivalente de energia geotérmica	
Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S) (fluido geotérmico):	0,00 kg
Dióxido de carbono (CO ₂):	0,00 t
Tonelada equivalente de Petróleo (TEP):	0,39TOE

Fonte: SOLergo, 2019.

A avaliação do recurso solar disponível foi realizada de acordo com a fonte ATLAS BRAS. 2017 e o Atlas Solarimétrico do Brasil, tendo como referência o local com os dados históricos e de radiação solar nas imediações de Recife, conforme o Quadro 6.

Quadro 6: Radiação solar na horizontal utilizada para dimensionamento do projeto solar fotovoltaico para o padrão de projeto sustentável do PMCMV sugerido.

Mês	Total diário [kWh]	Total mensal [kWh]
Janeiro	5,953	184,544
Fevereiro	6,198	173,54
Março	6,103	189,205
Abril	5,357	160,721
Mai	4,615	143,067
Junho	4,307	129,215
Julho	4,442	137,688
Agosto	5,251	162,766
Setembro	5,831	174,935
Outubro	6,253	193,849
Novembro	6,331	189,929
Dezembro	6,084	188,605

Fonte: SOLergo, 2019.

Nos Quadros 7 e 8, estão dispostos outros parâmetros relacionados a radiação solar e produção de energia necessários para o dimensionamento do projeto solar fotovoltaico.

Quadro 7: Produção de energia mensal de acordo com o consumo energético diário

Mês	Total diário [kWh]	Total mensal [kWh]
Janeiro	4,638	143,776
Fevereiro	4,706	131,779
Março	4,635	143,674
Abril	4,068	122,044
Mai	3,504	108,639
Junho	3,271	98,12
Julho	3,373	104,554
Agosto	3,987	123,597
Setembro	4,428	132,838
Outubro	4,748	147,2
Novembro	4,916	147,479
Dezembro	4,911	152,23

Fonte: SOLergo, 2019.

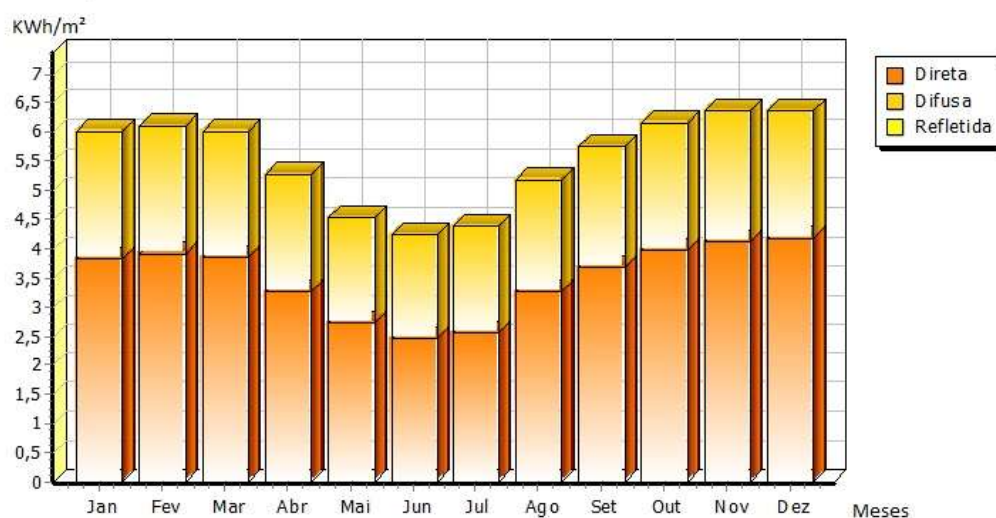
Quadro 8: Níveis de radiação solar absorvido pelo sistema fotovoltaico sugerido e energia gerada

Mês	Radiação direta [kWh/m ²]	Radiação difusa [kWh/m ²]	Radiação refletida [kWh/m ²]	Total das diárias [kWh/m ²]	Total mensal [kWh/m ²]
Janeiro	3,832	2,181	0	6,013	186,39
Fevereiro	3,904	2,197	0	6,101	170,837
Março	3,858	2,15	0	6,008	186,258
Abril	3,257	2,017	0	5,274	158,217
Mai	2,718	1,825	0	4,543	140,838
Junho	2,457	1,783	0	4,24	127,202
Julho	2,55	1,822	0	4,372	135,543
Agosto	3,258	1,911	0	5,169	160,23
Setembro	3,674	2,067	0	5,74	172,21
Outubro	3,97	2,186	0	6,156	190,83
Novembro	4,123	2,25	0	6,373	191,19
Dezembro	4,186	2,181	0	6,366	197,35

Fonte: SOLergo, 2019.

Na Figura 5, apresenta-se os dados referentes a composição da radiação por meses do ano para a região metropolitana do Recife.

Figura 5: Composição da radiação por meses do ano para a região metropolitana do Recife



Fonte: SOLergo, 2019.

Os módulos serão montados em suportes de aço galvanizado aderentes a cobertura, todos terão a mesma exposição. Os sistemas de fixação da estrutura deverão resistir a rajadas de vento, com velocidade de até 120 km / h.

O gerador é composto de 4 módulos fotovoltaicos de Silício poli cristalino com uma vida útil estimada de mais de 25 anos e degradação da produção devido ao envelhecimento de 0,8 % ao ano. No Quadro 9, pode-se verificar as características do gerador e dos módulos sugeridos para a adoção como padrão no projeto do PMCMV.

Quadro 9: Características técnicas do gerador e dos módulos do sistema solar fotovoltaico sugeridos para o projeto

CARACTERÍSTICAS DO GERADOR FOTOVOLTAICO	
Número de módulos:	4
Número de inversores:	1

Potência nominal:	1,32 kW
Potência de pico:	1,32 kWp
Performance ratio:	77,9 %
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS MÓDULOS	
Fabricante:	CSI CANADIAN SOLAR
Modelo:	Dymond CS6X CS6X-330P-FG
Tecnologia de const.:	Silício policristalino
Características elétricas	
Potência máxima:	330 W
Rendimento:	16,9 %
Tensão nominal:	37,2 V
Tensão em aberto:	45,6 V
Corrente nominal:	8,9 A
Corr. de curto-circuito:	9,4 A
Dimensões	
Dimensões:	992 mm x 1968 mm
Peso:	27,5 kg

Fonte: SOLergo, 2019.

Os valores de tensão variam conforme a temperatura de funcionamento (mínima, máxima e de regime) e estão dentro dos valores aceitáveis de funcionamento do inversor. A linha elétrica proveniente dos módulos fotovoltaicos é posta a terra mediante descarregadores de sobre tensão com indicação ótica de fora de serviço.

O sistema de conversão é composto por um conjunto de conversores estáticos (inversores).

O conversor CC/CA utiliza um sistema idôneo de transferência de potência a rede de distribuição, em conformidade aos requisitos técnicos e normas de segurança. Os valores de tensão e corrente do dispositivo de entrada são compatíveis com o sistema fotovoltaico, enquanto os valores de saída são compatíveis com os valores da rede ao qual está conectado ao sistema.

A unidade de conversão consiste no uso de 1 inversor, com características técnicas descritas no Quadro 10.

Quadro 10: Características técnicas do inversor indicado para adoção no projeto de geração de energia solar fotovoltaica do PMCMV

DADOS TÉCNICOS DO INVERSOR	
Fabricante:	NHS SOLAR
Modelo:	GSM1 1K5 - GSM1 (60Hz)
Número de rastreadores:	1
Entrada para rastreador:	1
Características elétricas	
Potência nominal:	1,5 kW
Potência máxima:	1,6 kW
Potência máxima por rastreador:	1,6 kW
Tensão nominal:	400 V
Tensão máxima:	450 V
Tensão mínima por rastreador:	80 V
Tensão máxima por rastreador:	400 V
Tensão máxima de saída:	220 Vac
Corrente nominal:	10 A
Corrente máxima:	10 A
Corrente máxima por rastreador:	10 A
Rendimento:	0,96
Inversor 1	MPPT 1
Módulos em série:	4
Conjunto de módulos em paralelos:	1
Exposições:	Exposição 1
Tensão MPPT (STC):	148,8 V
Número de módulos:	4

Fonte: SOLergo, 2019.

A quantidade de módulos de captação de energia foi calculada mediante a seguinte equação:

$$P = P \text{ módulos} * N^{\circ} \text{ módulos} = 330 \text{ W} * 4 = 1.32 \text{ kWp}$$

O cálculo da energia total produzida pelo sistema nas condições normais de STC (radiação de 1000 W/m², temperatura de 25°C), foi calculado conforme os Quadros 11 e 12.

Quadro 11: Energia produzida pelo sistema nas condições normais STC (radiação de 1000 W/m², temperatura de 25°C).

Exposição	N° módulos	Radiação solar [kWh/m ²]	Energia [kWh]
Exposição 1	4	2.017,1	2.662,57

Fonte: SOLergo, 2019.

Quadro 12: Perdas por sombreamento de obstáculos

Perda por sombreamento totais:	1,0 %		
Perda por aumento de temperatura:	10,0 %		
Perdas por descasamento:	5,0 %		
Perdas de corrente contínua:	1,5 %		
Outras perdas:	5,0 %		
Perdas na conversão:	3,8 %		
Perdas totais:	23,8 %		
Mês	Sem obstáculos [kWh]	Produção efetiva [kWh]	Perdas [kWh]
Janeiro	189,3	184,5	-2,5 %
Fevereiro	173,5	173,5	0,0 %
Março	189,2	189,2	0,0 %
Abril	160,7	160,7	0,0 %
Maio	143,1	143,1	0,0 %
Junho	129,2	129,2	0,0 %
Julho	137,7	137,7	0,0 %
Agosto	162,8	162,8	0,0 %
Setembro	174,9	174,9	0,0 %
Outubro	193,8	193,8	0,0 %
Novembro	194,2	189,9	-2,2 %
Dezembro	200,5	188,6	-5,9 %
Ano	2049,0	2028,1	-1,0 %

Fonte: SOLergo, 2019.

Sendo a perda total de potência do sistema calculada como segue:

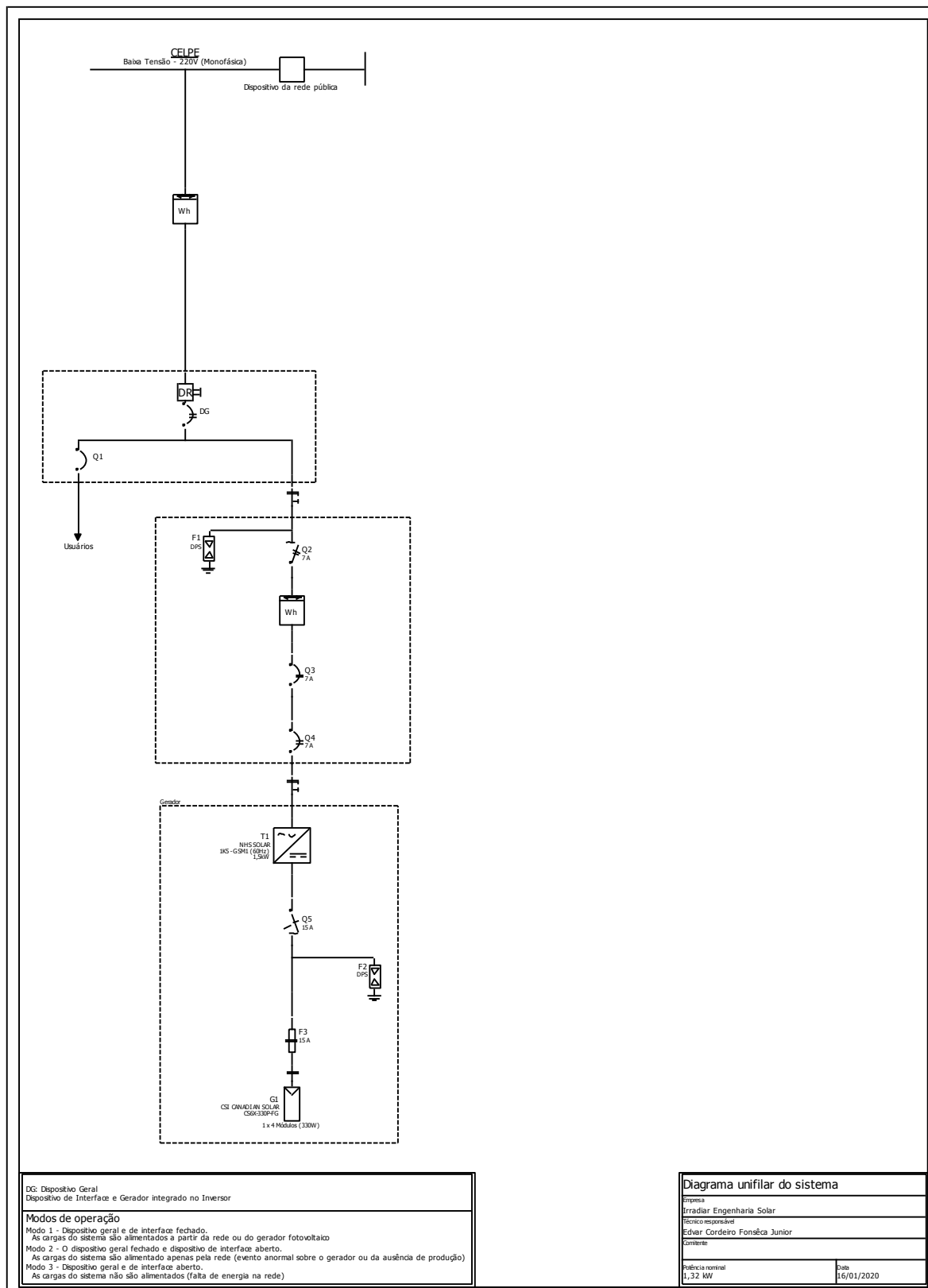
$$E = E_n * (1-Perd) = 2.028,01 \text{ kWh}$$

Perd = Perda de potência obtida.

Quanto maior sombreamento, maior a perda de potência obtida, ou seja, quanto mais obstáculos impedirem a radiação solar chegar até os módulos fotovoltaicos maiores as perdas de potência.

O diagrama elétrico do projeto de geração de energia solar fotovoltaica final está apresentado na Figura 6.

Figura 6: Diagrama elétrico do sistema solar fotovoltaico



Fonte: SOLergo, 2019.

3.2 Luminária de LED fotovoltaica

A luminária solar de LED fotovoltaica é totalmente integrada para instalação nas áreas sem infraestrutura elétrica ou que necessitem de um sistema de iluminação autônomo. Alimentada por energia solar fotovoltaica, a luminária dispõe da sua própria fonte de geração de energia, controladora de carga, baterias e placa de LED, tudo integrado em um único bloco ultrafino que facilita a instalação e manutenção. Utiliza bateria de lítio compacta de alta durabilidade e sistema elétrico desenvolvido para melhor desempenho e economia. Com sistema inteligente de detecção de luz, a luminária acende automaticamente ao anoitecer e se apaga ao amanhecer, alguns modelos ainda possuem tecnologia com sensor de movimento, o qual otimiza ainda mais a autonomia do produto.

O sistema funciona da seguinte maneira:

- Durante o dia, a luz natural do Sol (radiação solar) abundante mantém as baterias da luminária em sua carga máxima.
- À noite, a luminária inicia funcionamento, e sua potência pode ser regulada entre 0 a 100%.
- Caso alguém entre no raio de até 15 metros do sensor de movimento, a luminária emite luz em potência máxima por 30 segundos.

As luminárias de LED fotovoltaicas serão utilizadas na área externa da casa, evitando o consumo de energia e custo com materiais para a instalação. Pode ser instalada tanto em poste quanto em paredes. Na Figura 7, apresenta-se um modelo de luminária fotovoltaica com sensor de movimento e na Figura 8, um modelo de luminária sugerido para adoção pelo projeto básico do PMCMV.

Figura 7: Modelo de luminária solar de LED fotovoltaica com sensor de movimento



Fonte: Google imagem acesso em 03/12/2019

Figura 8: Modelo de luminária solar fotovoltaica utilizada no projeto



Fonte: Google imagem acesso em 03/12/2019

Para este trabalho será utilizado o modelo de luminária mais simples e econômico, porém com o mesmo sistema fotovoltaico.

3.3 Sistema de captação de águas pluviais

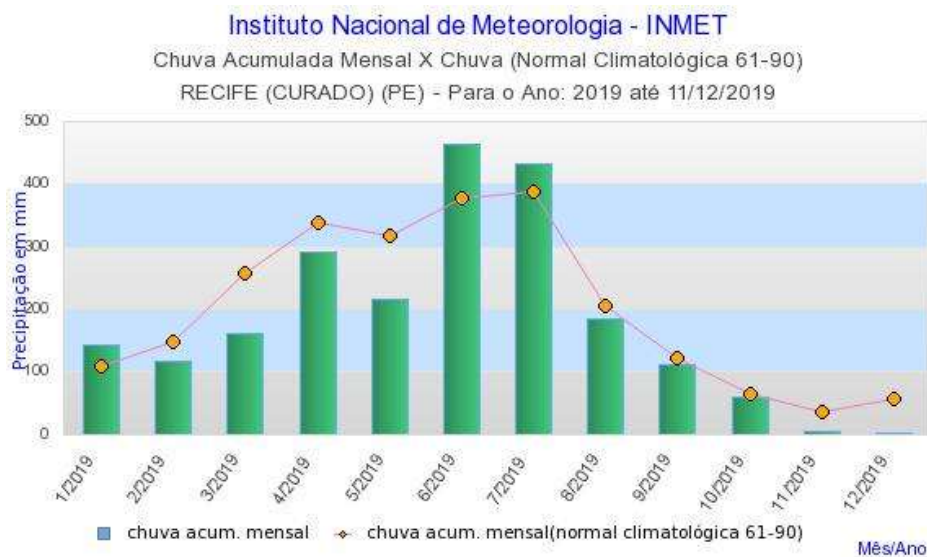
De acordo com Lucas (2016), a água está no centro do desenvolvimento sustentável. Os recursos hídricos e a série de serviços servidos por esses recursos contribuem para a diminuição da pobreza, para o crescimento econômico e para a sustentabilidade ambiental. Desde a segurança alimentar e energética até a saúde humana e ambiental, a água contribui para a melhoria no bem-estar social e do crescimento inclusivo, afetando os meios de subsistência de bilhões de pessoas. A água é um recurso essencial na produção da maioria dos bens e serviços, incluindo alimentos, energia e manufaturados. No entanto, este recurso está se tornando cada vez mais escasso.

Com a grande preocupação com a conservação dos recursos naturais. Será incluso neste projeto o sistema de captação de água de chuva, a fim de ajudar na preservação do meio ambiente e às famílias diminuir custos com o consumo da água.

O sistema de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável consiste de um conjunto de elementos, de tecnologia relativamente simples e econômica, que objetiva captar e armazenar a água de chuva para uso futuro. Composto por: área impermeabilizada de captação, calhas e condutores verticais, filtro autolimpante, reservatório de descarte da água de limpeza do telhado (água da primeira chuva), reservatório de armazenamento e tratamento da água. (FIEMG, 2013).

A água captada poderá ser utilizada para os banheiros, jardins, lavagem de pisos e veículos. Para calcular o tamanho do reservatório foi levado em consideração a NBR 10844/1989, NBR 5626/1988 e a NBR 15527/2007 as quais dão diretrizes para dimensionamento, armazenamento e construção do sistema de captação de água da chuva e seus componentes.

Os dados apresentados nas Figuras 9 e 10 representam o comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano. As médias climatológicas são valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos observados. É possível identificar as épocas mais chuvosas/secas e quentes/frias de uma região. (Climatempo.com.br).

Figura 9: Chuva acumulada mensal x chuva normal

Fonte: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/259/recife-pe>

Figura 10: Temperatura mínima e máxima mensal

Mês	Minima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	22°	30°	108
Fevereiro	23°	30°	148
Março	23°	30°	257
Abril	23°	30°	338
Maio	22°	29°	319
Junho	22°	28°	378
Julho	21°	27°	388
Agosto	21°	28°	205
Setembro	21°	28°	122
Outubro	21°	29°	63
Novembro	22°	30°	36
Dezembro	22°	30°	57

Fonte: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/259/recife-pe>

3.3.1 Cálculos para projeção do sistema de captação de água de chuva

De acordo com a NBR 10844/1989, a área do telhado calcula-se com a equação:

$$A=(a + h/2) \times b$$

Onde:

A= área da superfície inclinada

a= metade da largura do telhado

h= altura da cumeeira

b= comprimento do telhado

Assim temos:

$$A= (3,295+1,12/2) \times (7,59) = 29,295 \text{ m}^2$$

Para o cálculo de vazão de projeto a NBR 10844/1989 adota a equação:

$$Q = (I \times A) / 60$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

A = área de contribuição, em m²

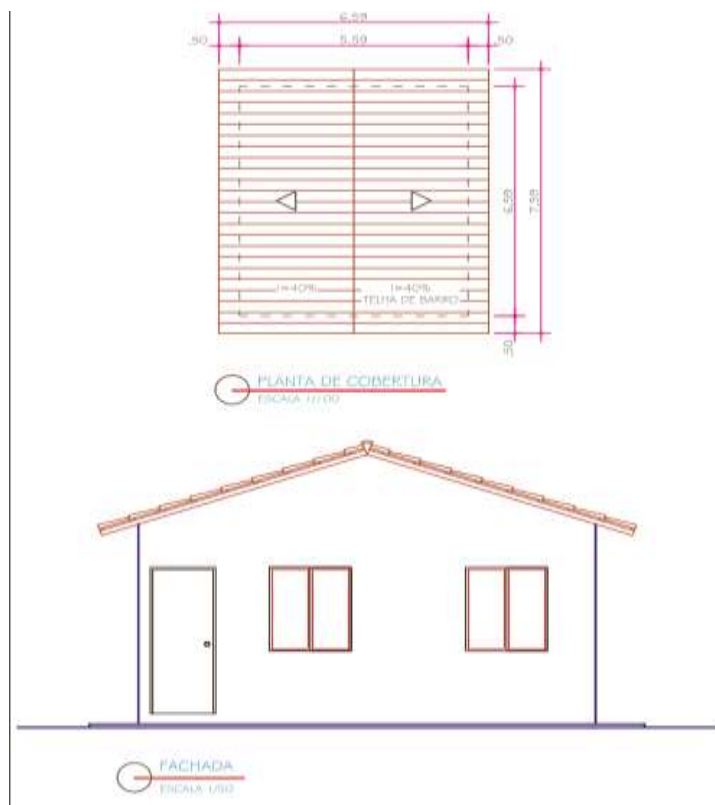
De acordo com o item 5.1.4 da NBR 10844/1989, para construção até 100 m² de área de projeção horizontal, salvo casos especiais, pode-se adotar: I = 150 mm/h.

Assim temos:

$$Q = (150 \times 29,295)/60 = 73,237 \text{ L/min}$$

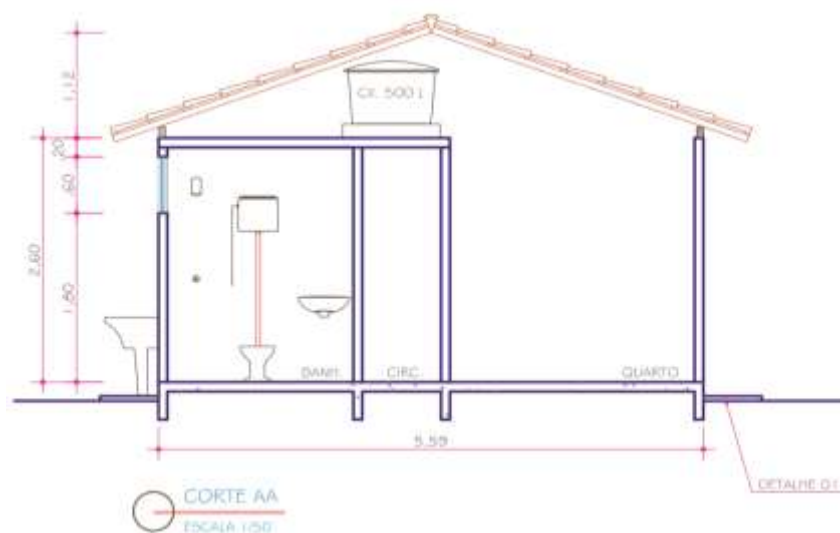
Nas Figuras 11 e 12 apresentam-se a projeção do telhado e do sistema de água da planta base.

Figura 11: Projeção do telhado – projeto base



Fonte: CAIXA, 2006.

Figura 12: Projeção do sistema de água – projeto base



Fonte: CAIXA, 2006.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Nessa sessão serão apresentados os resultados obtidos com as adequações propostas ao projeto da casa do Programa Minha Casa Minha Vida da CAIXA.

4.1 Análise antes da implantação do sistema solar fotovoltaico

A CELPE (Companhia de Eletricidade de Pernambuco) é a responsável pelo fornecimento de energia no estado de Pernambuco. Contudo, existem taxas de cobranças por watt consumido, entre outras taxas.

Para este trabalho foi adotado o consumo médio mensal de 152,2 Kw, adotado por Fedrigo, Gonçalves, Lucas (2009). Partindo desse pressuposto vamos simular uma conta de energia de uma residência com esse consumo na cidade de Recife - PE. (Quadro 13).

Quadro 13: Simulação da conta de energia com o consumo médio mensal adotado

Tarifa de Consumo na Cidade de Recife – PE			
	Quantidade	Preço (R\$)	Valor (R\$)
Consumo Ativo (KWh)	152,2	0,75727874	115,25
Acréscimo Bandeira AMARELA			0,95
Acréscimo Bandeira VERMELHA			7,55
Contribuição Iluminação Pública Municipal			23,94
TOTAL DA FATURA			147,69

Fonte: O Autor, adaptado da CELPE (2019).

Com base no consumo mensal temos:

$$12 \times R\$ 147,69 = R\$ 1.772,28$$

O custo médio anual com energia elétrica é de **R\$ 1.772,28**. Podendo esse valor aumentar ou diminuir dependendo do consumo de cada residência.

4.2 Análise de custo x benefício

A simulação foi realizada tomando como base a análise das condições econômicas para a instalação de um sistema de produção de eletricidade através da conversão fotovoltaica para uma Casa Padrão Popular - Minha Casa Minha Vida a ser instalado na cidade de Recife para uma potência nominal de 1,32 kW, potência de pico de 1,32 kWp e energia produzida no primeiro ano de 1.555,9 kWh.

Os custos para a construção do sistema estão listados nos Quadros de 14 e 15.

Quadro 14: Custo total do sistema solar fotovoltaico

Resumo (ICMS incluído)

Custo total dos módulos (4 Unidades 330W):	R\$ 2.799,00
Custo total do Micro Inversor (1 Unidade 1200W):	R\$ 2.999,00
Custo do Projeto (Aprovado na Concessionária):	R\$ 1.500,00
Custo de Montagem/Mão-de-Obra:	R\$ 600,00
Custo de Outros (String Box/Terminais MC4/Cabos):	R\$ 450,00
Custo com Frete	R\$ 300,00
Custo total do sistema:	R\$ 8.648,00

Fonte: SOLergo, 2019.

Para os custos iniciais de construção são adicionados os custos de manutenções anuais e extraordinárias:

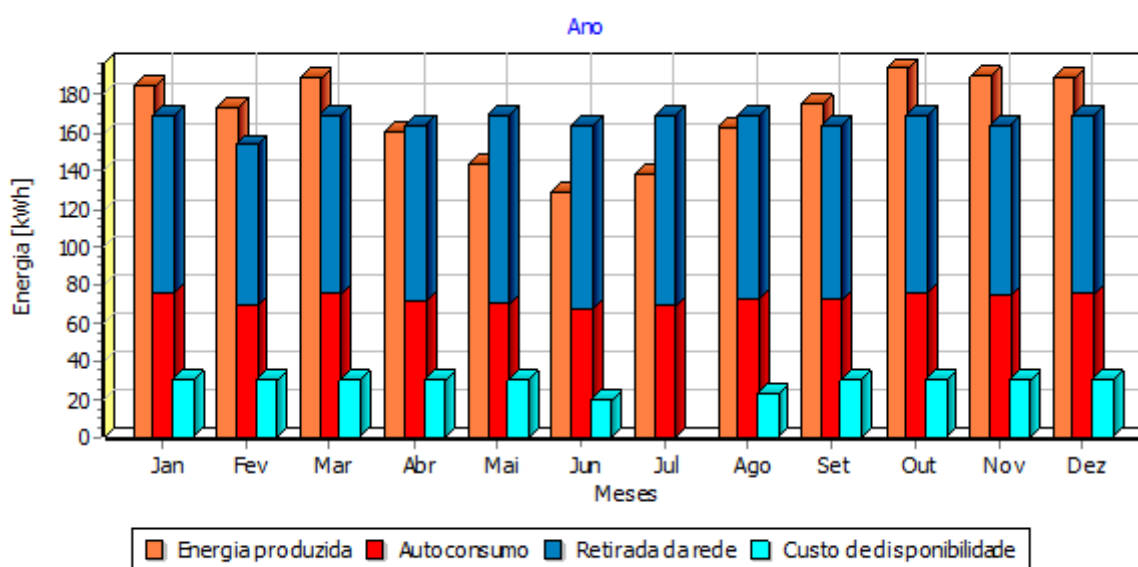
Quadro 15: Consumo de energia introduzida e comprada da unidade consumidora

Consumo de energia da unidade consumidora anual:	1.996,9 kWh
Tarifa de energia elétrica:	CELPE - B1 - Residencial
Energia autoconsumida:	826,6 kWh
Energia introduzida:	1.159,3 kWh
Energia comprada:	1.128,2 kWh

Fonte: SOLergo, 2019.

Na Figura 13, pode-se observar os ganhos e perdas para o sistema no período de 1 ano.

Figura 13: Ganhos e perdas do sistema no período de 1 ano



Fonte: SOLergo, 2019.

A simulação do desempenho econômico do sistema, bem como do retorno financeiro foi feita considerando os seguintes parâmetros (Quadro 16):

Quadro 16: Retorno sobre o investimento feito pelo sistema solar fotovoltaico

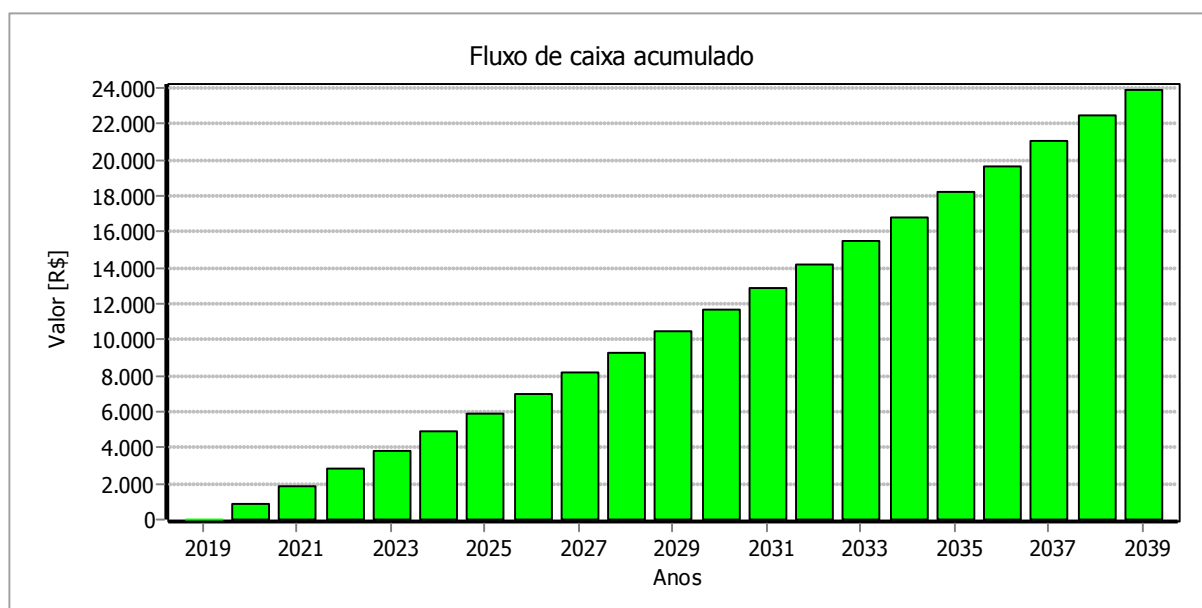
Degradação anual do sistema devido ao envelhecimento:	0,8 %
Taxa de inflação anual:	2 %
Taxa de reajuste da tarifa:	2 %
Taxa de juros ativo:	0 %
Taxa de juros passivo:	-
Consumo simultâneo de energia produzida:	826,6 kWh
Data fim análise:	24/11/2039
Economia de consumo:	R\$ 24.983,73

Economia para a compensação:	R\$ 21.407,86
Juros ativo:	R\$ 0,00
Custos anuais a deduzir:	R\$ 22.489,86
Total:	R\$ 23.901,73
Custos extraordinários	R\$ 0,00
Período de amortização (anos):	1
Montante após anos 21:	R\$ 23.901,73
Taxa composta de retorno:	0 %
Taxa de desconto:	2 %
VPL:	R\$ 18.847,93
TIR:	n.d.

Fonte: SOLergo, 2019.

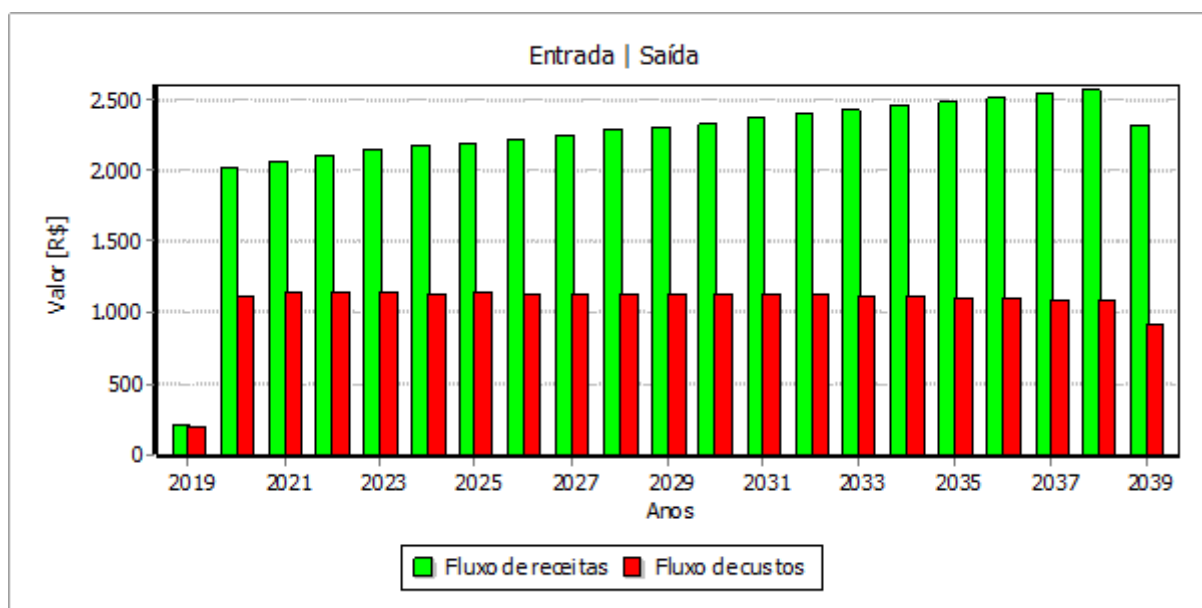
No cálculo do segundo ano e seguintes foram considerados o coeficiente de degradação do sistema, a taxa de inflação e a taxa de juros ativo do capital acumulado, de acordo com a projeção das Figuras de 14 e 15.

Figura 14: Capital acumulado no período de 20 anos



Fonte: SOLergo, 2019.

Figura 15: Custos e receitas geradas no período de 20 anos



Fonte: SOLergo, 2019.

As análises feitas através da simulação do sistema de energia solar fotovoltaico mostram que é viável a instalação do sistema e seu retorno financeiro é em médio prazo, tornando assim positivo o seu uso para a preservação do meio ambiente e bem estar social, uma vez que o seu lucro abre uma lacuna para outros investimentos com o recurso que seria gasto sem o sistema.

4.3 Cálculo do custo x benefício da adoção das luminárias LED fotovoltaicas

A proposta prevê a instalação de 4 (quatro) luminárias de LED fotovoltaica nas paredes externas da casa. Cada luminária custa em média R\$ 100,00, de acordo com a consulta realizada no site das Lojas Americanas em 03/12/2019. A mesma possui tempo de vida útil de 50.000 horas, ou seja, aproximadamente 12 anos.

Considerando um investimento de R\$ 400,00 reais, na aquisição destas 4 (quatro) luminárias, o proprietário da residência passa a ajudar ao meio ambiente e deixará de consumir 4 (quatro) lâmpadas de pelo menos 23W de consumo cada,

mais os custos com materiais e instalação. O que iria gerar um aumento no consumo de energia e consequentemente na conta a ser paga.

Contudo, considerando que o consumo médio mensal de 4 lâmpadas de 23W cada é de 14W/mês, temos: $14W \times 0,75727874 = R\$ 10,60$. Resultando em uma economia de **R\$ 10,60** por mês, ou **R\$ 127,22** por ano.

4.4 Cálculo de Consumo água na residência com os padrões de referencia adotados pra a simulação

Segundo a NTS 181/2017 Rev. 4, no anexo C, o consumo médio diário nas residências por pessoa é de 120 litros de água. No entanto, para Rodrigues (2016), esse consumo pode chegar a 200 litros por dia devido ao desperdício. Onde esse consumo pode ser dividido em:

54 Litros (27%) - para cozinhar e beber

50 Litros (25%) - para tomar banho e escovar os dentes

66 Litros (33%) - em descarga de banheiro

24 Litros (12%) - para lavagem de roupa

6 Litros (3%) - para outras tarefas (lavagem de carro, etc).

Para este trabalho foi adotado uma residência com 4 pessoas, podemos calcular:

$$C = N_p \times C_d$$

Onde:

C= consumo médio diário

N_p = quantidade de pessoas

C_d = consumo diário per capita

Temos:

$$C = 4 \times 200 \text{ l/dia} = 800 \text{ l/dia} = 0,80 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$C_m = N \times C$$

Onde:

C_m = consumo médio mensal

N = número de dias no mês

C = consumo médio diário

Temos:

$$C_m = 30 \text{ dias} \times 800 \text{ l/dia} = 24.000 \text{ l/mês}$$

$$C_m = 24,00 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Considerando que o consumo de água para a descarga e outras tarefas como regar jardim, lavagem de carros, etc. seja de:

- 66 litros para descarga de banheiro (33%)

- 6 litros para outras tarefas (3%),

C_{mac} = consumo médio utilizado de água de chuva é:

$$C_{mac} = 24,00 \text{ m}^3/\text{mês} - 36\% \text{ de economia}$$

$$C_{mac} = 24,00 \text{ m}^3/\text{mês} - 8,64 \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$C_{mac} = 15,36 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Ou seja, uma economia de $8,64 \text{ m}^3$ de água por mês.

4.4.1 Cálculo de dimensionamento do reservatório

Segundo a NBR 15527/2007 existem vários métodos de dimensionamento de reservatórios. Para dimensionar o reservatório de água de chuva foi adotado o Método Azevedo Neto disponível no anexo A, da NBR 15527/2007.

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m^2);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

De acordo com a consulta feita ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMT), e ao site Climatempo.com.br, a cidade de Recife – PE possui precipitações quase todos os meses do ano. A média de precipitação segundo dados do site Climatempo.com.br é 201,58 mm ao ano. No entanto para o dimensionamento da cisterna foi levado em consideração os índices pluviométricos acima de 200 mm, ou seja, 6 meses com chuva intensa ou moderada e 6 meses com pouca chuva ou sem chuva.

Diante no explanado, temos:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

$$V = 0,042 \times 201,58 \times 60 \times 6$$

$$V = 3.047,88 \text{ L}$$

Através do Método Azevedo Neto, podemos concluir que a capacidade do reservatório será de 3.000,00 litros. Será utilizado um reservatório superior de 500 litros exclusivo para água pluvial com sistema de bomba.

4.4.2 Cálculo de custo para Implementação do sistema

Para a simulação do valor do sistema de captação da água da chuva, os preços foram pesquisados em armazéns locais e internet. Os valores obtidos podem ser vistos no Quadro 17.

Quadro 17: Relação de material utilizado no sistema de captação de água de chuva

Material	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
Calha em PVC (Tigre)	15 metros ou 5 unidades com 3 metros	R\$ 109,00 com 3 metros	R\$ 545,00
Terminal para calha (Tigre)	2	R\$ 25,90	R\$ 51,80
Tubo PVC 75 mm de diâmetro (Tigre)	12 metros ou 2 unidades com 6 metros	R\$ 52,20 com 6 metros	R\$ 104,40

Joelho 90° PVC 75 mm de diâmetro (Tigre)	2	R\$ 6,50	R\$ 13,00
Junção dupla PVC 75 mm (Tigre)	1	R\$ 19,95	R\$ 19,95
Luva PVC 75 mm de diâmetro (Tigre)	2	R\$ 4,50	R\$ 9,00
Filtro autolimpante para captação de água de chuva	1	R\$ 79,00	R\$ 79,00
Caixa d'água com tampa 500 litros – 22.99.314.3 TIGRE	1	R\$ 184,90	R\$ 184,90
Bomba Monoestágio Schneider Bc-98 1/2 Cv Monofásica 220V	1	R\$ 387,83	R\$ 387,83
Tanque Polietileno 5.000 litros Bx Com Tampa - Fortlev	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
		Valor	R\$ 3.894,88

Fonte: Próprio Autor (2019).

Através de pesquisa feita com profissionais na área de hidráulica, a estimativa de valor do sistema instalado é R\$ 4.500,00. Já com as instalações hidráulicas de recalque e sucção da bomba.

Foi utilizado o reservatório de 5.000 litros, pois foi levado em consideração a comparação de preço entre o de 3.000 litros, onde a diferença é irrelevante e o custo benefício seria bem maior, e, a quantidade armazenada também. Na Figura 16, podemos verificar a projeção do sistema instalado na residência.

Figura 16: Projeção do sistema de captação de água de chuva instalado



Fonte: Próprio autor (2019).

4.4.3 Cálculo de custo do volume de água

O cálculo da conta de água foi realizado através das especificações da COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento), sendo utilizada a divisão por faixas. No caso estudado, o consumo sem a captação de água pluvial seria de 24,00 m³/mês e com a captação de água pluvial o consumo seria de 15,36 m³/mês, gerando uma economia de 8,64 m³/mês. Contudo, a COMPESA apresenta uma tabela de preço e consumo por residência, apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Tabela de preço por m³ consumido

Até 10 m ³	R\$ 44,08 por unidade
11 m ³ a 20 m ³	RS 5,05 por m ³
21 m ³ a 30 m ³	RS 6,01 por m ³

Fonte: o Autor, adaptado da COMPESA (2019).

- **Para o consumo de 24 m³ temos:**

1ª Faixa com 10 m³ com valor fixo de R\$ 44,08

2ª Faixa de 11 a 20 m³ multiplica pela segunda tarifa de R\$ 5,05 / m³, ou seja, o valor parcial obtido será de 10 m³ x RS 5,05 que resulta num total de R\$ 50,50.

3ª Faixa de 21 a 30 m³ multiplica pela terceira tarifa de R\$ 6,01/m³, ou seja, o valor parcial obtido será de 4 m³ x RS 6,01 que resulta num total de R\$ 24,04. Assim, o valor total será:

Valor total= R\$ 44,08 +R\$ 50,50 + R\$ 24,04 = R\$ 118,62.

- **Para o consumo de 15,64 m³ temos:**

1ª Faixa com 10 m³ com valor fixo de R\$ 44,08

2ª Faixa de 11 a 20 m³ multiplica pela segunda tarifa de R\$ 5,05 / m³, ou seja, o valor parcial obtido será de 5,36 m³ x RS 5,05 que resulta num total de R\$ 27,068.

Assim, o valor total será:

Valor total= R\$ 44,08 +R\$ 27,068 = R\$ 71,148.

4.4.4 Cálculo do valor economizado por ano

- Valor por ano = Valor total R\$ 118,62 x 12 = R\$ 1.423,44 (sem captação da água pluvial)
- Valor por ano = Valor total R\$ 71,148 x 12 = R\$ 853,776 (com captação da água pluvial)
- **Economia = R\$ 1.423,44 - R\$ 853,76 = R\$ 569,68/ano.**

4.4.5 Cálculo de retorno de investimento do sistema

A estimativa de retorno do investimento com a implementação do sistema de captação de água pluvial é o tempo de retorno do capital investido.

Retorno = Valor do sistema /valor economizado = R\$ 4.500,00 / R\$ 569,68 = 7,899 anos.

O tempo de retorno do investimento é de aproximadamente 8 anos.

Stefanuto e Henkes (2013), em estudo de caso sobre critérios e procedimentos para obtenção da certificação LEED em um supermercado concluíram que os sistemas de aproveitamento de água da chuva e o sistema de energia solar apresentaram viabilidade de implantação, trazendo benefícios quanto a diminuição do desperdício de água potável para fins não nobres e ganhos energéticos, respectivamente.

Corroborando também Fedozzi (2013) em sistema de baixo custo implantado em um condomínio de casas que obteve um retorno do investimento inicial em pouco tempo, além de colaborar com a redução do consumo de água.

Já Marinoski (2007), em estudo de caso com a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no Senai/Florianópolis, determinou o potencial de economia de água potável em torno de 45,8% e realizou análise de viabilidade econômica que representou um período de retorno do investimento de 4 anos e 10 meses.

Franco (2017), em estudo de caso na Escola Municipal de Ensino Fundamental Olavo Bilac, localizada no Passo da Areia, 2º Distrito do interior do

município de Rio Pardo – RS apresenta uma redução 67% do consumo de água com a substituição das válvulas de descarga de 9 litros por descargas com 3/6 litros. Também mostra uma economia de 45% com a substituição das torneiras comuns por torneiras com fechamento automático. Com o sistema de captação de água de chuva, apresenta uma redução de mais 50% de uso de água potável. E, com a instalação do sistema solar fotovoltaico, apresenta uma redução de consumo de energia em quase 100%, resultando somente no pagamento da taxa mensal mínima de serviço de energia elétrica.

Entretanto, Souza (2015), em um estudo feito com a implantação da certificação LEED empregada no bloco b da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-campus Londrina, ressalva a inviabilidade da implantação de todo o sistema LEED em um prédio construído. Visto que seriam necessárias intervenções na estrutura, o que geraria um gasto econômico elevado. O melhor procedimento seria a implantação do selo na fase de construção.

4.5 Simulação de custo para a construção da casa – projeto base

Para a simulação de custo de construção da casa foi consultado a tabela do IVV (Índice de Velocidade de Vendas), um índice que tem como parceiros o FIEPE (Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco) e a CNI (Confederação Nacional das Indústrias). Os valores por m² variam de região para região. Na Figura 17, estão os valores para a região metropolitana do Recife.

Figura 17: Valor médio do m² ofertado na região metropolitana do Recife



Fonte: FIEPE, 2019.

Para este trabalho foi utilizado como parâmetro a região de Recife – Sudoeste, que estão representadas pelos Bairros do Curado e Tejió, onde o valor por m² está em R\$ 3.315,58. (FIEPE, 2019).

De acordo com a planta baixa utilizada neste trabalho (Figura 18), a área construída é de 36,84 m², assim obtemos o valor para de construção da residência.

$$36,84\text{m}^2 \times \text{R}\$/\text{m}^2 3.315,58 = \text{R}\$ 122.145,96.$$

Na Figura 18, apresenta-se o modelo padrão original dos projetos do Programa Minha Casa Minha Vida.

Figura 18: Projeção da casa – modelo padrão original




Fonte: CAIXA, 2006.

Para a construção da residência sem as adaptações sugeridas neste trabalho, seria investido um valor de **R\$ 122.145,96**. No entanto, foi realizada uma simulação de financiamento no site da CAIXA para a construção. Contudo, feito a simulação de financiamento sem as adequações, temos conforme a Figura 19:


Figura 19: Simulação de financiamento da residência sem as adequações sugeridas

Minha Casa Minha Vida Faixa 1,5 - Aquisição de Imóvel Novo - Balcão.


Valor do imóvel	RS 122.145,96
Prazo máximo	360 meses
Cota máxima financiamento	80%
Subsídio Minha Casa Minha Vida - Faixa 1	RS 16.518,00
Valor da entrada	RS 7.911,19 Alterar
Prazo desejável	360 meses Alterar
Valor do financiamento	RS 97.716,77
Sistema de amortização	PRICE Alterar
Prestação máxima desejada	RS 0,00 Alterar




[Clique para detalhar](#)



[Clique para detalhar](#)



[Clique para detalhar](#)



[Clique para detalhar](#)

Juros Nominais	4,5000 % a.a. + TR			
Juros Efetivos	4,5939 % a.a. + TR			
1ª Prestação	RS 515,27	RS 514,67	RS 512,13	RS 523,58
	Demais prestações	Demais prestações	Demais prestações	Demais prestações
Última Prestação	RS 495,12	RS 495,12	RS 495,12	RS 495,12
CET (Custo Efetivo Total)				
	Calcular	Calcular	Calcular	Calcular
CESH (Custo Efetivo de Seguro Habitacional)				
	Calcular	Calcular	Calcular	Calcular

Fonte: CAIXA, 2019.

De acordo com a simulação feita, o comprador recebeu um subsídio do Programa Minha Casa Minha Vida de **R\$ 16.518,00**, num prazo de 360 meses (30 anos) e com uma entrada de **R\$ 7.911,19** o qual poderá ser pago com o FGTS do comprador. O valor financiado é de **R\$ 97.716,77**. A primeira parcela ficou no valor de **R\$ 515,27** e a última parcela no valor de **R\$ 495,12**. No quadro 18, temos o resumo da simulação feita para o projeto base.

Quadro 18: Resumo da simulação para o financiamento do projeto base

Valor do imóvel	R\$ 122.145,96
Prazo para pagamento	360 meses
Subsídio do Programa MCMV	R\$ 16.518,00
Valor da entrada	R\$ 7.911,19
Valor financiado	R\$ 97.716,77
Valor da primeira parcela	R\$ 515,27
Valor da última parcela	R\$ 495,12

Fonte: Próprio Autor (2019).

4.6 Simulação de custo para a construção da casa – com as adequações

Para a simulação com as adequações propostas neste trabalho foi adicionado ao valor do financiamento o sistema de energia solar, as lâmpadas de led fotovoltaicas e o sistema de captação de água de chuva, além de 1 m² de construção de laje para a instalação do reservatório para a captação de água de chuva. De acordo com o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), o valor de construção por m² em Pernambuco é de R\$ 1.035,22. (IBGE, 2019).

Assim temos no quadro 19, o valor do imóvel com as adequações sugeridas.

Quadro 19: Valor do imóvel com as adequações

Valor do imóvel – projeto base	R\$ 122.145,96
Sistema solar fotovoltaico	R\$ 8.648,00
Lâmpadas de LED fotovoltaica	R\$ 400,00
Sistema de captação de água de chuva	R\$ 4.500,00
1 m ² de laje para instalação da caixa d'água do sistema de captação	R\$ 1.035,22
Valor do imóvel com as adequações sugeridas	R\$ 136.728,80

Fonte: Próprio Autor (2019)

O valor da construção final da casa com as adequações é de **R\$ 136.728,80**, uma diferença de **R\$ 14.582,84** em relação ao projeto base.

No entanto, feito a simulação de financiamento com as adequações, temos conforme a Figura 20:

Figura 20: Simulação de financiamento da residência com as adequações sugeridas.

Minha Casa Minha Vida - Aquisição de Imóvel Novo - Balcão.

Valor do imóvel	R\$ 136.728,80
Prazo máximo	360 meses
Cota máxima financiamento	80%
Subsídio Minha Casa Minha Vida	R\$ 16.518,00
Valor da entrada	R\$ 11.018,55 Alterar
Prazo desejável	360 meses Alterar
Valor do financiamento	R\$ 109.192,25
Sistema de amortização	PRICE Alterar
Prestação máxima desejada	R\$ 0,00 Alterar



[Clique para detalhar](#)



[Clique para detalhar](#)



[Clique para detalhar](#)



[Clique para detalhar](#)

Juros Nominais	5,0000 % a.a. + TR			
Juros Efetivos	5,1161 % a.a. + TR			
1ª Prestação	R\$ 608,71	R\$ 608,04	R\$ 605,19	R\$ 618,00
	Demais prestações	Demais prestações	Demais prestações	Demais prestações
Última Prestação	R\$ 586,17	R\$ 586,17	R\$ 586,17	R\$ 586,17
CET (Custo Efetivo Total a.a.)	Calcular	Calcular	Calcular	Calcular
CESH (Custo Efetivo de Seguro Habitacional)	Calcular	Calcular	Calcular	Calcular

De acordo com a simulação feita, o comprador recebeu um subsídio do Programa Minha Casa Minha Vida de **R\$ 16.518,00**, num prazo de 360 meses (30 anos) e com uma entrada de **R\$ 11.018,55** o qual poderá ser pago com o FGTS do comprador. O valor financiado é de **R\$ 109.192,25**. A primeira parcela ficou no valor de **R\$ 608,71** e a última parcela no valor de **R\$ 586,17**. No quadro 20, temos o resumo da simulação feita com as adequações sugeridas para o projeto base.

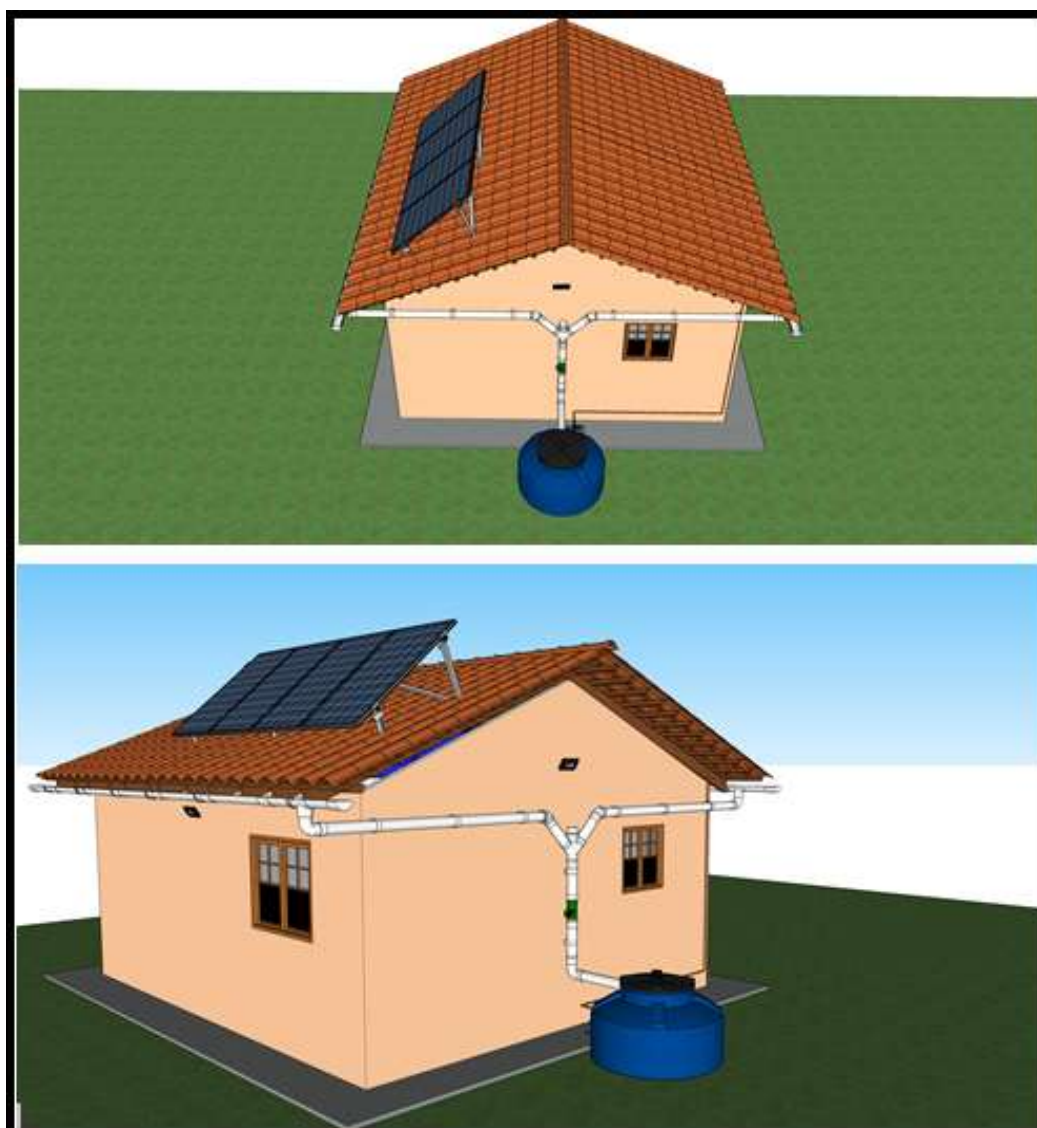
Quadro 20: Resumo da simulação para o financiamento do imóvel com as adequações sugeridas

Valor do imóvel	R\$ 136.728,80
Prazo para pagamento	360 meses
Subsídio do Programa MCMV	R\$ 16.518,00
Valor da entrada	R\$ 11.018,55
Valor financiado	R\$ 109.192,25
Valor da primeira parcela	R\$ 608,71
Valor da última parcela	R\$ 586,17

Fonte: Próprio Autor (2019)

Na Figura 21, temos a projeção da residência com as adequações sugeridas para incorporação no projeto base do PMCMV.

Figura 21: Projeção da residência com as adequações sugeridas para incorporação no projeto base do PMCMV



Fonte: Próprio autor (2019).

Comparando os valores de investimento vimos que a diferença na parcela das duas simulações é de **R\$ 608,71 – R\$ 515,27**, que resulta em um total de **R\$ 93,44** ao mês. Assim temos: **R\$ 93,44 x 12 meses = R\$ 1.121,28**. Uma diferença de **R\$ 1.121,28** ao ano nas parcelas.

Considerando que com o sistema de captação de água trará uma economia de **R\$ 569,68/ano**, e o sistema de energia solar fotovoltaico uma economia de **R\$ 1.772,28/ano**, somando esses valores temos uma economia anual de **R\$ 2.341,96**, ou **R\$ 195,16/mês**. Contudo, as adequações trarão uma economia 2 vezes mais que

o valor da diferença das parcelas do financiamento. Resultando e um retorno imediato do investimento. No quadro 21, apresenta-se a relação de custo x benefício das adequações sugeridas ao projeto base do PMCMV.

Quadro 21: Relação de custo x benefício das adequações sugeridas ao projeto base do PMCMV

Relação custo x benefício		
	Projeto base	Projeto com as adequações
Valor da parcela de financiamento	R\$ 515,27	R\$ 608,71
Valor da conta de água por mês	R\$ 118,62	R\$ 71,14
Valor da conta de energia por mês	R\$ 147,69	-
Valor total pago por ano	R\$ 9.378,96	R\$ 8.158,20
Valor total economizado por ano	R\$ 1.220,76	

Fonte: Próprio Autor (2019)

Na figura 22, apresenta-se a projeção da residência pronta com as adequações sugeridas para a incorporação no projeto base do PMCMV.

Figura 22: Projeção da residência pronta com as adequações sugeridas para incorporação no projeto base do PMCMV



Fonte: Próprio Autor (2019)

5 CONSIDERAÇÕES

Através das simulações feitas neste trabalho, podemos concluir que:

- Com a adoção do sistema de captação de água de chuva foi possível ter uma economia anual de R\$ 569,68;
- Obteve-se uma economia de R\$ 1.772,28 por ano na conta de energia;
- A diferença entre as parcelas do projeto base e do projeto com as adequações implantadas foi de R\$ 93,44 por mês;
- Através dos coletores seletivos pode-se diminuir a quantidade de resíduos nos aterros sanitários, além de gerar renda para as pessoas através da venda dos mesmos;
- A educação ambiental torna-se um agente multiplicador, uma vez que, com a adoção das adequações a vizinhança poderá também adotar e ajudar a preservação dos recursos naturais.

Diante dos resultados obtidos, espera-se despertar na população interesse em preservar o meio ambiente, através da economia de água, energia elétrica, praticando a coleta seletiva, entre outros. Além disso, despertar também na população o interesse em adequar as casas já construídas com o sistema de captação de água de chuva e o sistema solar fotovoltaico, visto que, o retorno é garantido a médio e longo prazo.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações elétricas de baixa tensão**: NBR 5410. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalação predial de água fria**: NBR 5626. Rio de Janeiro, 1998.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **instalações prediais de águas pluviais**: NBR 10844. Rio de Janeiro, 1989.

ANDRADE, Sérgio Jerônimo de. **Os edifícios inteligentes, a engenharia de segurança e a sustentabilidade**. Intercursos, Ituiutaba, v. 14, n. 2, Jul - Dez. 2015.

BRAIN Pesquisa e Consultoria. **Reportagem do Jornal do Comércio** de 23 de Junho de 2019.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.424. Altera a Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009, que dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas, as Leis nºs 10.188, de 12 de fevereiro de 2001, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 4.591, de 16 de dezembro de 1964, 8.212, de 24 de julho de 1991, e 10.406, de 10 de janeiro de 2002 - Código Civil; revoga dispositivos da Medida Provisória nº 2.197-43, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Casa Civil**, Brasília, DF, 16 jun. 2011. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12424.htm. Acesso em 03 nov. 2019.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). **Boas práticas para habitação mais sustentável** / coordenadores Vanderley Moacyr John, Racine Tadeu Araújo Prado. - São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Cadernos CAIXA Projeto padrão – casas populares**. Espírito Santo. Vitória. 2006. 36 p.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Simulador de investimentos**. Disponível em <http://www8.caixa.gov.br/siopiinternet-web/simulaOperacaoInternet.do?method=inicializarCasoUso&isVoltar=true>. Acesso em 16 dez. 2019.

CELPE. **Tabela de preços da Celpe**. Disponível em <https://pt.scribd.com/doc/46144930/Tabela-de-precos-da-Celpe>. Acesso em 03 nov. 2019.

CEMIG. **Energia Inteligente - Guia do melhor consumo dicas de economia de energia e segurança com a rede elétrica**. 2014. 44 p.

COMPESA. **Estrutura tarifária**. Disponível em <https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalAktion.do>. Acesso em 19 nov. 2019.

ELETRO GRAPHICS. **Projeto de sistemas fotovoltaicos conectados à rede ou isolados**. Software: SoLergo, 2019. Em 25 nov. 2019.

FEDOZZI, Felipe Augusto. **Captação de Água da Chuva: Condomínio Plaza das Flores, em Campinas/SP**. 2013. 62 f. Monografia (Especialização). Universidade São Francisco, Campinas. 2013.

FIEMG. **Aproveitamento de água pluvial – conceitos e informações gerais**. 2013. 42 p.

FRANCO, Lourdes Jaqueline do Canto. **Aplicação de alguns critérios da certificação ambiental LEED em projeto do FNDE – escola pública**. 2017. 95 p. Monografia (Especialização). Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul. 2017.

FEDRIGO, Natália Sens; GONÇALVES, Guilherme; LUCAS, Paulo Figueiredo. **Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro**. 2009. 104 f. Relatório de Iniciação Científica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

FIEPE. **IVV – Índice de velocidade de vendas**. Ano 24 – Nº 02 – fev./2019. 15 p.

FUNDAÇÃO VANZOLINI e CERQUAL. **Referencial Técnico de Certificação**. Edifícios Habitacionais, v.2, 2013.

FUNDAÇÃO VANZOLINI e CERWAY. **Referencial Técnico de Certificação AQUA-HQE™ Sistema de Gestão do Empreendimento - SGE para Edifícios em Construção**, 2014.

GBC BRASIL. **Guia rápido - Certificação GBC Brasil Casa**. 2017. 119 p. Disponível em <https://www.gbcbrasil.org.br/wp-content/uploads/2019/08/Guia-Ra%CC%81pido-GBC-Brasil-Casa.pdf>. Acesso em 14 dez. 2019.

GBC BRASIL. **Referencial GBC Brasil Casa - Guia prático: porque e como certificar seu projeto**. 2014. 28 p. Disponível em <https://www.gbcbrasil.org.br/wp-content/uploads/2019/08/Guia-Pratico-Casa.pdf>. Acesso em 12 dez. 2019.

GOOGLE, Imagem. **Kit energia solar caseiro 1,32 Kwp**. 2019. Disponível em https://www.submarino.com.br/produto/102806458/kit-completo-usina-solar-com-4-painel-fotovoltaico-1-320-kwp-inmetro?WT.srch=1&acc=d47a04c6f99456bc289220d5d0ff208d&epar=bp_pl_00_go_pla_aic_geral_gmv&qclid=EAlaIQobChMI7e71re2A5wIVkAyRCh3uWg43EAQYCSA BEqIY1PD_BwE&i=5d3a8cfd49f937f625a4cf01&o=5d4375576c28a3cb5049539d&opn=XMLGOOGLE&sellerid=1280862001150&sellerid=1280862001150&wt.srch=1. Acesso em 03 dez. 2019.

GOOGLE, Imagem. **Luminária de LED fotovoltaica**. 2019. Disponível em https://www.javalicenter.com/products/luminaria-solar-led-poderosa-100leds-frete-gratis?variant=30324423393335¤cy=BRL&qclid=EAlaIQobChMli_2l8ueA5wIVhQWRCh3LEArNEAQYDCABEqlOkvD_BwE. Acesso em 03 dez. 2019.

GRITTI, Giovana Cássia Marinelli; LANDINI, Marcelo Camargo. **CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: Uma opção racional**. 2010. 88 f. Monografia (Especialização). Universidade São Francisco, Itatiba. 2010.

IBGE. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPE**. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?edicao=19444&t=resultados>. Acesso em 19 nov. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Média de precipitações na cidade de Recife – PE. 2019. Disponível em:** <https://www.climatempo.com.br/climatologia/259/recife-pe>, Acesso em 03 dez. 2019.

LEITE, Vinicius Fares. **Certificação ambiental na construção Civil – Sistemas LEED E AQUA**. 2011. 59 f. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2011.

LUCAS, Felipe Vitoriano. **Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em indústria de alimentos**. 2016. 159 f. Monografia (Especialização). Universidade de Brasília, Brasília. 2016.

MAGNANI, Juliana Mattos. **Análise comparativa do selo Casa Azul e do sistema de certificação LEED for Homes**. 2011. 77 f. Monografia (Especialização). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2011.

MANDAJI, Priscilla dos Santos. **Habitação de Interesse Social e Certificação AQUA – Bairros e Loteamentos: Análise do Plano de Ocupação Integrado Campo de Santana – Curitiba/PR Através dos Indicadores da Qualidade Ambiental do Bairro (QAB)**. 2014. 142 f. Monografia (Especialização) – Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba. 2014.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de Água Pluvial para fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC**. 2007. 118 f. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.

NORMA TÉCNICA SABESP. **Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação: NTS 181**. São Paulo. 2017. rev. 4.

PINHEIRO, Manoel D. **Construção Sustentável – Mito ou Realidade?**. VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente. Lisboa, nov. 2003.10 p.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. CEPEL: Rio de Janeiro, 2014.

RODRIGUES, Marina Lopes. **Dimensionamento de um sistema de captação da água da chuva no Centro de Energias Renováveis da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá-Unesp**. 2016. 60 f. Monografia (Especialização) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá. 2016.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaico: O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil**. 2004. 118 p. Florianópolis. Editora UFSC / LABSOLAR. 2004. 1ª ed.

SCHMIDT, Franciele Taise Manica. **Aplicação do Conceito de Sustentabilidade em uma Edificação Residencial Unifamiliar– Estudo de Caso**. 2009. 97 f. Monografia (Especialização) – Unijuí - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí. 2009.

SEBRAE. **Boletim: Ecoeficiência na Produção**. 2014, 6p. Disponível em http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/10/2014_05_16_BO_Abr_Mad_Mov_Ecoefic_valid.pdf. Acesso em 14 dez. 2019.

SILVA, Camilla de Abreu. **Processo de Implantação da Certificação AQUA em Empreendimento de Edificações Comercial e Residencial**. 2017. 113 f. Monografia (Especialização) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2017.

SOUZA, Isabela Cristina de. **Certificação LEED empregada no bloco b da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-campus Londrina**. 2015. 176 f. Monografia (Especialização) – Universidade Tecnológica do Paraná, Londrina. 2015.

STEFANUTO, Ágata Pâmela Olivari; HENKES, Jairo Afonso. **Crítérios para obtenção da certificação LEED: um estudo de caso no Supermercado Pão de Açúcar em Indaiatuba/SP**. Revista de gestão da sustentabilidade ambiental, Florianópolis, v. 1, n. 2, p.282 - 332, out. 2012/mar.2013.