

Produto elaborado para:

**Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da  
União/Ministério da Economia (SPU/ME)**

**Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável**

***Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH***

Relatório Final – P4

# Linha de Base e Estudo Exploratório para Redução de Emissões de GEE nos Edifícios da APF

Elaborado por:



Eduardo Jorge Silva Leite Junior  
Priscilla Vasconcelos  
Carlos Eduardo Diniz Vilanova



SECRETARIA NACIONAL DE  
HABITAÇÃO

MINISTÉRIO DO  
DESENVOLVIMENTO REGIONAL



# RELATÓRIO PARCIAL P3 - LINHA DE BASE E ESTUDO EXPLORATÓRIO PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NOS EDIFÍCIOS ADMINISTRATIVOS DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA FEDERAL

Produto Elaborado para:

**Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União/Ministério da Economia (SPU/ME)**

**Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável**

***Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH***

**Elaborado por:** VLN Engenharia

**Autores:** Eduardo Jorge Silva Leite Junior  
Priscilla Gomes Aragão e Vasconcelos  
Carlos Eduardo Diniz Vilanova

Esse documento foi elaborado no âmbito do projeto Eficiência Energética para o Desenvolvimento Urbano Sustentável (EEDUS), resultado de uma articulação bilateral entre os governos do Brasil e da Alemanha. O projeto EEDUS envolve diretamente a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*, agência executora da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável e os nomes dos parceiros governamentais brasileiros, bem como outros parceiros institucionais.

**Coordenação:** Philipp Hoepfner (GIZ) e  
André Luís Pereira Nunes (SPU/ME)

10 de junho de 2020

## Informações Legais

1. Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). No entanto, erros com relação ao conteúdo não podem ser evitados. Consequentemente, nem a GIZ ou o(s) autor(es) podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.

2. A duplicação ou reprodução de todo ou partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que a GIZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento escrito da GIZ.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro e as porcentagens relativas ao território nacional.....	9
Figura 2 - Planta baixa de arquitetura da edificação modelo.....	11
Figura 3 – Número de edificações construídas em cada zona bioclimática.....	xx
Figura 4 – Área construída em cada zona bioclimática.....	xx
Figura 5 - Despesas líquidas com energia elétrica no ano base de 2019 em milhões de reais.....	19
Figura 6 - Consumo de energia elétrica no ano base de 2019 em GWh. ....	19
Figura 7 - Emissões de GEE ano base de 2019 para cada uma das zonas bioclimáticas brasileiras..	20
Figura 8 - Percentual de emissões de GEE em 2019 por Zona Bioclimática Brasileira.....	20
Figura 9 - Linha de base cenário BAU para emissões de GEE até 2030.....	21
Figura 10 - Linha de base cenário BAU e cenário ex-ante para as dez MEE consideradas.....	22
Figura 11 - Emissões totais acumuladas até 2030 no cenário BAU e cenário ex-ante para as dez MEE analisadas.....	23
Figura 12 - Emissões evitadas até 2030 no cenário BAU cenário ex-ante para as dez MEE considerando o consumo total de UHS no período de 10 anos.....	23
Figura 13 - Emissões evitadas até 2030 e valor correspondente em reais economizados ao longo do período de 10 anos.....	24
Figura 14 – Simulação da composição da cobertura para o MAPA (MAA, 2020).....	30
Figura 15 – Composição do isolamento das paredes do MAPA.....	33

## LISTA DE ABREVIações

APF	-	Administração Pública Federal Direta
ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	-	Agência Nacional de Energia Elétrica
AQUA	-	Certificado de Alta Qualidade Ambiental
COP	-	<i>Coefficient of Performance</i>
EDGE	-	<i>Excellence in Design for Greater Efficiencies</i>
EE	-	Eficiência Energética
EEDUS	-	Projeto Eficiência Energética para o Desenvolvimento Urbano Sustentável
ENCE	-	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	-	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	-	Gases do Efeito Estufa
GIZ	-	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
IEA	-	<i>International Energy Agency</i>
IFC	-	<i>International Finance Corporation</i>
iNDC	-	Contribuição Nacionalmente Determinada
LEED	-	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
MCTIC	-	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MEE	-	Medida de Eficiência Energética
MP	-	Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
PBE	-	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PNUMA	-	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
Procel	-	Programa Nacional de Conservação de Energia
SIAFI	-	Sistema Integrado de Administração Financeira
SPU	-	Secretaria do Patrimônio da União

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1. Contexto e justificativa	7
1.2. Objetivo	8
<b>2. METODOLOGIA</b>	<b>9</b>
2.1. Elaboração da Linha Base - Cenário BAU	9
2.2. Elaboração da Linha Base - Cenários <i>ex-ante</i>	9
2.3. Levantamento e Análises de Dados	11
2.4. Definição das Medidas de Eficiência Energética	12
<b>3. LINHA DE BASE</b>	<b>19</b>
3.1. Ano Base 2019	19
3.2. Cenário BAU até 2030	22
3.3. Cenários de Avaliação <i>ex-ante</i> até 2030	23
<b>4. ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA - ESTUDO DE CASO</b>	<b>26</b>
4.1. Cenário MEE 1: Isolamento do telhado	29
4.2. Cenário MEE 2: Isolamento do telhado e tinta refletora para telhas de telhado – reflexividade solar (albedo) de 0,7	31
4.3. Cenário MEE 3: Isolamento das paredes externas	33
4.4. Cenário MEE 4: Isolamento das paredes externas e Redução de Razão Janela – parede WWR 30%	34
4.5. Cenário MEE 5: Sistema de refrigeração com volume de refrigerante variável (VRF)	36
4.6. Cenário MEE 6: Lâmpadas de baixo consumo de energia em ambientes externos e internos	37
4.7. Cenário MEE 7: Lâmpadas de baixo consumo de energia em ambientes externos e internos, controles de iluminação de corredores, escadas, sensores de ocupação em banheiros, salas de conferências, cabines fechadas, sensores de ocupação em escritórios abertos e sensores fotoelétricos de luz natural para espaços internos	38
4.8. Cenário MEE 8: Programa de Etiquetagem	40
4.9. Cenário MEE 9: Diagnóstico e Retrocomissionamento	41
4.10. Cenário MEE 10: Modernização dos elevadores	42
4.11. Considerações Finais da Análise de Viabilidade Financeira	43

<b>5.</b>	<b>ANÁLISE DE INCERTEZAS .....</b>	<b>44</b>
5.1.	Fontes de dados.....	44
5.2.	Conversão das Despesas em Energia Elétrica .....	45
5.3.	Porcentagens de Redução das MEE.....	45
5.4.	Viabilidade Financeira .....	46
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES PARCIAIS – RELATÓRIO P3 .....</b>	<b>46</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contexto e justificativa

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), as cidades respondem, no mundo, por mais de 70% do consumo de energia e por 40% a 50% do volume de emissões dos gases do efeito estufa (GEE). Segundo informação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2018, 28,3% da energia elétrica produzida no Brasil foi consumida em prédios residenciais e prédios públicos, e esta tendência é crescente. Isso contribui para um volume total de emissões de cerca de 24,6 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Segundo a Agência Internacional de Energia, do inglês, *International Energy Agency* (IEA), o setor de edificações deverá reduzir em 77% as emissões de CO<sub>2</sub> até o ano de 2050 para evitar uma mudança climática irreversível. Devido sua grande parcela no consumo final de energia no âmbito mundial, o setor de edificações, caso não tome as medidas necessárias, pode ser responsável por um aumento acima de dois graus na temperatura terrestre. No Brasil, embora o setor de edificações receba uma certa influência favorável para a implementação de eficiência energética através de programas voluntários de certificação como o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) para construções sustentáveis e o certificado de Alta Qualidade Ambiental (AQUA) para novas edificações sustentáveis, por exemplo, verifica-se que a implementação prática dessas certificações tem sido observadas apenas em setores de alto padrão de construção.

No setor público, a Instrução Normativa de número 02/2014, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MP), torna compulsória a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) classe “A” nos projetos de edificações públicas federais novas ou que recebam *retrofit*. Ainda assim, existe uma grande lacuna na implementação de medidas de EE no que tange aos prédios públicos. Segundo o Programa Nacional de Conservação de Energia (Procel), estima-se um potencial de redução da ordem de 20% ou 1,7 bilhões de kWh/ano no consumo de energia por prédios públicos, o que seria equivalente ao consumo de 340 mil consumidores de baixa renda.

Diante do exposto, gerir eficientemente o consumo de energia em edificações públicas reforça a influência do setor público como formador de opinião. Em contraponto, as iniciativas nesse âmbito geralmente não encontram amparo nas ferramentas utilizadas na gestão pública, levando à descontinuidade das medidas eventualmente implantadas. Atualmente, a Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU) possui cerca de 2106 edifícios utilizados pela Administração Pública Federal (APF) cadastrados no Sistema de Gerenciamento dos Imóveis de Uso Especial da União (SUIUnet), para os quais se pode estabelecer diretrizes e normas visando o conforto térmico, eficiência energética e sustentabilidade ambiental, de tal modo que, o escopo

dessa proposta técnica, baseada no Termo de Referência, limita-se ao estudo dos impactos de medidas nestes edifícios de uso especial sob administração da SPU.

Neste relatório parcial a equipe da VLN Engenharia fará um levantamento estatístico sobre dados de consumo de energia e demais dados relativos na base disponível no Sistema de Gerenciamento dos Imóveis de Uso Especial da União (SPIUnet) e no Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI) e fará a avaliação de eficiência energética generalizada dos edifícios vinculados à APF, considerando cada zona bioclimática, com intuito de verificar qual a quantidade atual de emissão de GEE com base nos dados disponibilizados, quantificar, por extrapolação, a quantidade de emissões de GEE conforme o perfil de consumo atual e a redução nas emissões quando aplicadas dez medidas de eficiência energética (MEE) nestes edifícios até o ano de 2030.

## 1.2. Objetivo

O projeto tem como objeto principal a criação da linha base e estudo exploratório para redução de emissões de GEE das edificações da APF sob a administração da Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU). O projeto contará com a escolha dos parâmetros (aspectos construtivos e não construtivos) que impactam no desempenho energético e no conforto térmico e sustentabilidade ambiental das edificações. Por ser uma metodologia generalista, os resultados também ajudarão a nortear futuras políticas administrativas, alterações de normativas e direcionamento de recursos, tendo como objetivo final aumentar a eficiência energética nos edifícios públicos da Administração Federal e melhorar a gestão de recursos destinados à construção, compra e operação desses imóveis. Além de propor cenários de melhorias de tal forma que:

- Tomadores de decisão sejam providos de informações suficientes e compreensíveis sobre a factibilidade, abrangência, custo e prazo, entre outros, para orientação de estudos e ações;
- Contribua com a formulação de critérios concretos para orientar as medidas de conforto térmico, eficiência energética e sustentabilidade na direção dos impactos esperados;
- Apoie o ancoramento das metas do Projeto EEDUS nas políticas públicas e a articulação com outras ações do governo federal;
- Contribua com as iniciativas existentes e desenvolvimentos de novas iniciativas para aumentar a eficiência energética no setor da construção como, por exemplo, através de programas estatais de investimento ou financiamento no setor de edificações;
- Apoie as iniciativas para aumentar o conforto térmico, eficiência energética e sustentabilidade ambiental em prédios públicos;
- Fomente o alinhamento do setor público com compromissos nacionais e internacionais, como por exemplo, através de valores mensuráveis e comparáveis para a Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC); e

- Sirva como base de discussão com outros atores dos setores público e privado.

Neste contexto, objetiva-se entregar como produto final um estudo completo composto por linhas de base, sendo elas apresentando o cenário *business as usual* (BAU) tomando como referência os dados de consumo do ano 2019 e a avaliação *ex-ante* composta por dez cenário de MEE, bem como a análise de viabilidade econômica e financeira das MEE avaliadas e a análise de incertezas presentes no estudo.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Elaboração da Linha Base - Cenário BAU

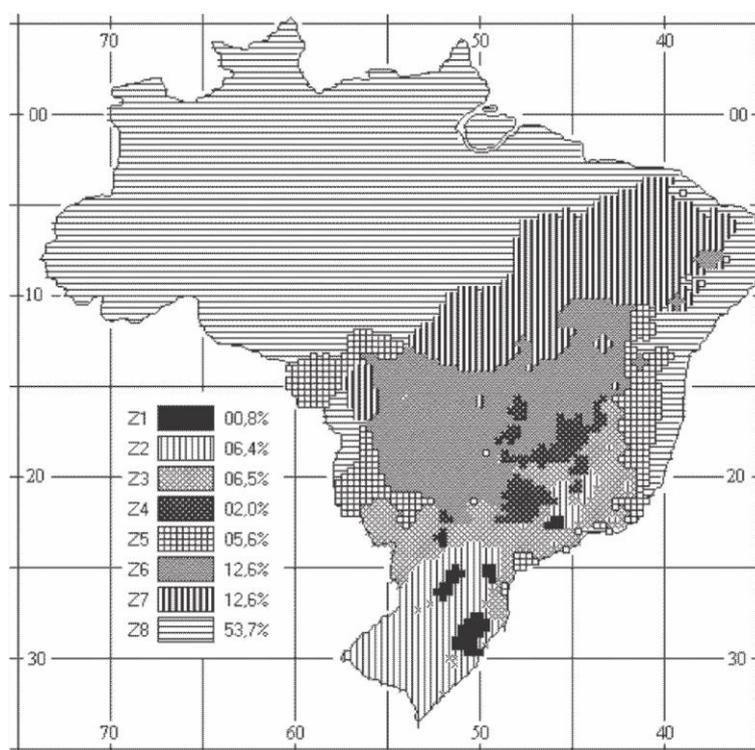
A partir das informações de gastos financeiros com energia elétrica no ano de 2019 para as 2106 edificações da APF objeto deste estudo, pode-se estimar o consumo de energia elétrica por estas unidades e correlacionar este consumo com emissões de GEE. Neste contexto, utiliza-se a taxa de crescimento anual no consumo de energia para o setor em análise para a prospecção dos anos futuros, no entanto, esse dado não se encontra em consenso entre os estudos disponibilizados na literatura. Após uma vasta pesquisa bibliográfica, observou-se que em 2017, a EPE publicou um estudo onde prevê uma taxa de crescimento no consumo de energia anual de 1,90% até 2026 (EPE, 2017). Em 2007 a EPE apresentou a taxa de crescimento de energia, onde apresentaria cerca de 2,3% ao ano no período de 2004 até 2030 (EPE, 2007). Em 2019 a EPE publicou que se espera um crescimento anual de 3,5% na produção de energia primária e um crescimento anual de 2,3% no consumo final de energia (EPE, 2019). Por meio do SIRENE – Sistema de Registro Nacional de Emissões, ferramenta disponibilizada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), encontra-se uma análise entre os anos de 2010 até 2015 das emissões de GEE, chegando a um crescimento anual médio de 3,67% nas emissões neste período de análise (MCTIC, 2017). Outra fonte de dados disponível é a Calculadora 2050, ferramenta disponibilizada pela EPE capaz de simular emissões totais por setor a cada 10 anos. Observou-se na ferramenta que as emissões totais cresceram cerca de 5,23% entre 2020 e 2030 para o setor comercial/público (EPE, 2016). Dentre todas as fontes encontradas, a mais adequada para a análise em questão neste estudo foi publicada em 2020 pela EPE no Atlas da Eficiência Energética do Brasil 2019. A EPE informa que entre 2005 e 2018 o consumo final energético do setor de serviços público cresceu cerca de 1,3% ao ano (EPE, 2020), taxa considerada conservadora frente as demais taxas encontradas e, portanto, utilizada neste estudo. Considerando esta taxa de crescimento do setor em análise e os dados de consumo em 2019 disponibilizados, traça-se uma linha de base cenário BAU para emissões de GEE até 2030 considerando que o percentual médio de crescimento permaneça constante.

### 2.2. Elaboração da Linha Base - Cenários *ex-ante*

O outro cenário avaliado consiste em uma análise da redução de emissões de GEE quando aplicadas MEE (cenário *ex-ante*) tomando como base o cenário BAU. Para traçar a linha de base cenário *ex-ante* até 2030 foram definidos dez cenários de MEE que serão aplicadas por *retrofit* nas edificações existentes. Todas as informações encontradas nesse estudo serão anexadas ao final e inseridas em um arquivo complementar do Excel enviado separadamente.

Neste contexto, as aplicações de cada um dos cenários propostos devem implicar na redução do consumo e, conseqüentemente, em uma redução na emissão de GEE. A quantificação dos percentuais de redução pode ser obtida de fontes bibliográficas, métodos descritivos de análise ou simulações computacionais. No escopo deste estudo, utilizou-se estudos oficiais realizados no que se refere a aplicação de MEE e a plataforma online EDGE, do inglês, *Excellence in Design for Greater Efficiencies*, para obtenção dos percentuais de redução de emissões para as dez MEE propostas levando em consideração as características das oito zonas bioclimáticas brasileiras conforme ilustrado na Figura 1. A plataforma EDGE faz parte de um programa de certificação de edificações desenvolvido pela *International Finance Corporation (IFC)*, entidade ligada ao Banco Mundial. A ferramenta gratuita analisa cenários de eficiência energética, visando melhorar os índices de sustentabilidade em edifícios, de acordo com o contexto climático do local avaliado.

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro e as porcentagens relativas ao território nacional.



Fonte: (ABNT, 2005).

Para correta aplicação da ferramenta EDGE, tem-se que determinar um edifício a ser avaliado e, de acordo com as análises que serão realizadas, disponibilizar informações básicas como tipologia, localização, área de construção, quantidade de andares, orientação solar, consumo anual de energia elétrica em kWh (quando avalia-se energia), entre outras informações. Com os dados de entrada lançados na plataforma, o sistema cria um edifício de referência que servirá como base apropriada e calibrada ao país e cidade em questão. Para o Brasil, a plataforma disponibiliza apenas 14 cidades para a simulação, sendo elas: Brasília, Curitiba, Goiânia, Manaus, Paraná, Porto Alegre, Rio de Janeiro, São Paulo, Santos, Belo Horizonte, Recife, Fortaleza, Belém e Salvador. A plataforma disponibiliza 31 opções de cenários de eficiência energética, que podem ser aplicadas juntas ou separadamente, retornando como informação essencial para este estudo os percentuais de redução de energia elétrica.

### **2.3. Levantamento e Análises de Dados**

Uma vez disponibilizadas as informações das 2106 unidades como os tipos de edifícios corporativos e comerciais, suas características, área de construção, sua localidade (como a Zona Bioclimática e Estado) e gastos financeiros com energia elétrica para o ano de 2019, pode-se iniciar as etapas de conversão. Todas as informações avaliadas foram extraídas da base de dados disponível no Sistema de Gerenciamento dos Imóveis de Uso Especial da União (SPIUnet) e do Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI), contendo os 2106 edifícios vinculados à Administração Pública Direita do Poder Executivo Federal para a construção da linha de base.

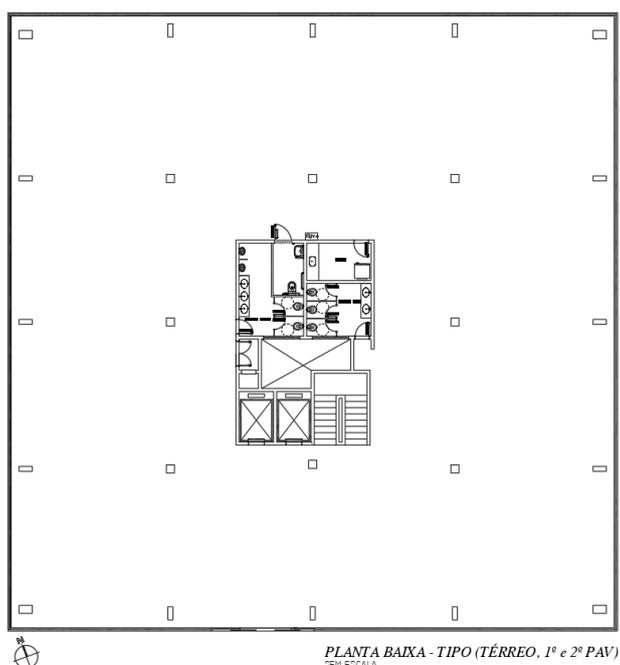
Para a determinação do cenário BAU, os valores em reais gastos nas edificações com energia elétrica foram transformados em kWh, com base nas tarifas básica de energia elétrica fornecidas pela ANEEL, para cada uma das cidades (ANEEL, 2019). Por tratar-se de prédios de serviço público, não foram contabilizados impostos incidentes nos valores gasto com energia. Para a conversão em kWh observou-se também que além de não ser possível determinar a parcela deste gasto referente a iluminação pública, não são disponibilizadas informações mais detalhadas sobre o regime tarifário, sobre as tarifas básicas aplicadas e nem sobre as condições de tarifas em bandeira relacionadas as 2106 unidades em análise. Desta forma, todo o valor gasto em energia elétrica é convertido em kWh utilizando a tarifa média básica aplicada em cada estado resultando na informação base sobre o consumo total em 2019.

Para a realização da conversão de MWh em tCO<sub>2</sub>e utiliza-se a seguinte fórmula: Fator de emissões = tCO<sub>2</sub>e/MWh. O valor médio do fator de emissão para o ano de 2019 é correspondente à 0,5181 o qual encontra-se disponibilizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), através do relatório Fatores de Emissão de CO<sub>2</sub> pela Geração de Energia Elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil - Ano Base 2019 (MCTIC, 2019).

## 2.4. Definição das Medidas de Eficiência Energética

As medidas de eficiência energética serão apresentadas, avaliadas e alinhadas com a simulação da certificação EDGE e outros estudos sobre medidas de eficiência energética presentes na literatura. Para os dados não disponíveis na plataforma EDGE, utiliza-se estudos já realizados. A plataforma necessita do conhecimento de uma edificação modelo para alimentação de dados básicos de entrada e assim fornecer os percentuais de redução para a criação da linha de base cenário *ex-ante*. Foi escolhida uma edificação típica de escritórios conforme ilustrada na Figura 2 para utilização da plataforma EDGE e obtenção dos percentuais de redução de emissões em cada zona bioclimática.

Figura 2 - Planta baixa de arquitetura da edificação modelo.



Os dados do projeto arquitetônico inseridos na plataforma EDGE são:

- Tipologia: Escritórios
- Tipo de subprojeto: Existente
- País: Brasil
- Cidades: Curitiba, Belo Horizonte, Brasília, Santos, Goiânia e Manaus. A plataforma não disponibiliza cidades para simulação das zonas bioclimáticas 2 e 7.
- Área interna bruta excluindo estacionamento de veículos: 4.158 m<sup>2</sup>
- Andares acima do térreo: 4 pavimentos.
- Andares abaixo do térreo: 1 pavimento.
- Altura de piso a piso: 3,50 m.
- Densidade ocupacional: 12 m<sup>2</sup>/pessoa.

- Horas de operação: 10 horas/dia.
- Dias úteis: 5 dias/semana.
- Feriados: 12 dias/ano.
- Dimensões da edificação: 30m Norte; 30m Sul; 30m Oeste; 30m Leste.
- Orientação principal: igual.
- O projeto do edifício inclui sistema de ar condicionado? Sim.
- O projeto do edifício inclui sistema de aquecimento de ambiente? Não.

As análises dos cenários de eficiência energética foram separadas por 8 cidades, sendo elas:

- PR – CURITIBA – ZONA 1 - SUL
- RS - SANTA MARIA – ZONA 2 – SUL
- SP – BELO HORIZONTE – ZONA 3 - SUDESTE
- DF – BRASÍLIA – ZONA 4 – CENTRO OESTE
- RJ – SANTOS – ZONA 5 – SUDESTE
- MS – GOIÂNIA – ZONA 6 – CENTRO OESTE
- PI – TERESINA – ZONA 7 – NORDESTE
- AM – MANAUS – ZONA 8 – NORTE

Foram adotados dez cenários de MEE que servirão como base para a análise de redução de emissões de GEE neste estudo. Os parâmetros escolhidos terão três critérios, sendo eles: relevância (ou impacto) com referência à eficiência energética, facilidade de implementação de medidas relacionadas ao parâmetro e facilidade de levantamento e acompanhamento durante a fase de operação, os quais são correlacionados na Tabela 1. A partir da aplicação de cada cenário, será possível definir quais os percentuais de redução de emissões de GEE considerando as características específicas de todas as zonas bioclimáticas do Brasil.

Tabela 1 - Critérios considerados na escolha de cada uma das MEE.

MEDIDA	CRITÉRIOS			
	RELEVÂNCIA OU IMPACTO	IMPLEMENTAÇÃO	CUSTO DE INVESTIMENTO	REFERÊNCIAS
<b>MEE 1: Isolamento do telhado</b>	Trata-se de uma medida que pode apresentar percentual de redução de até 7,29%.	Verificação e acréscimo de camadas da composição construtiva dos elementos da cobertura. Poderá ser acrescentado isolamento térmico, câmara de ar e forro, visando reduzir a	BAIXO	EDGE

		transmitância de calor a partir da insolação solar na cobertura.		
<b>MEE 2: Isolamento do telhado e tinta refletora para telhas de telhado – reflexividade solar (albedo) de 0.7</b>	Observa-se percentuais de redução até 8,16%.	Verificação e acréscimo de camadas da composição construtiva dos elementos da cobertura e realização de pintura branca nas lajes impermeabilizadas ou telhados.	MUITO BAIXO	EDGE
<b>MEE 3: Isolamento das paredes externas</b>	Trata-se de uma medida que pode apresentar percentual de redução de até 4,26%.	Verificação e acréscimo de camadas da composição construtiva dos elementos das paredes opacas. Visa reduzir a transmitância de calor a partir da insolação solar das fachadas.	BAIXO	EDGE
<b>MEE 4: Isolamento das paredes externas e Redução de Razão janela – parede – WWR 30%</b>	Medida com percentuais de redução de até 9,50%.	Acréscimo de camadas da composição construtiva dos elementos das paredes opacas e redução das áreas de aberturas para 30% em relação à área total das fachadas.	MÉDIO	EDGE
<b>MEE 5: Sistema de refrigeração com volume de refrigerante variável (VRF) – COP de 3,5</b>	MEE de caráter obrigatório e com percentuais de redução de até 15,66%.	Substituição de equipamentos de refrigeração de ar central (sistema VRF)	ALTO	EDGE
<b>MEE 6: Lâmpadas de baixo consumo de energia em ambientes externos e internos</b>	Trata-se de uma medida que pode apresentar percentual de redução de até 17%.	Troca de lâmpadas ou luminárias com LED integrado nos ambientes externos e internos da edificação.	BAIXO	EDGE
<b>MEE 7: Lâmpadas de baixo consumo de energia em ambientes</b>	Medida com percentuais de redução de até 24,39%.	Troca de lâmpadas ou luminárias com LED integrado nos ambientes externos e internos da	MÉDIO	EDGE

<p>externos e internos, controles de iluminação de corredores e escadas, Sensores de ocupação em banheiros, salas de conferência e cabines fechadas, Sensores de ocupação em escritórios abertos e Sensores fotoelétricos de luz natural para espaços internos.</p>		<p>edificação, acréscimo de sensores de iluminação em áreas de circulação. Implementação de sensores de iluminação em ambientes fechados (salas de reuniões) e em escritórios abertos (Open Space). Além de luminárias com sensores de sensibilidade de luz natural, visando a economia de energia quando houver incidência de luz solar no local.</p>		
<p><b>MEE 8: Programa de Etiquetagem</b></p>	<p>MEE de caráter obrigatório e com percentuais de redução a partir de 30%.</p>	<p>Conjunto de aplicações de MEE relacionadas com envoltória, iluminação e sistema de refrigeração de ar, ara atendimento do programa de etiquetagem PROCEL Edifica. Necessidade de consultoria e órgão de inspeção para implementação das estratégias.</p>	<p>ALTO</p>	<p>PBE PROCEL EDIFICA</p>
<p><b>MEE 9: Diagnóstico e Retrocomissionamento</b></p>	<p>Medida de eficiência energética com percentuais de redução de até 15%.</p>	<p>Realizar o diagnóstico energético dos equipamentos da edificação e propor medidas de eficiência de baixo custo. Necessidade de uma consultoria especializada.</p>	<p>MÉDIO</p>	<p>ENERGY IDEAS CLEARING HOUSE</p>
<p><b>MEE 10: Modernização dos elevadores</b></p>	<p>Medida de eficiência energética com percentuais de redução de até 6%.</p>	<p>Modernização dos elevadores, troca do quadro de comando microprocessado com inversor de frequência,</p>	<p>ALTO</p>	<p>THYSSENKRUPP</p>

		sistema de antecipação de chamadas e sistema de regeneração.		
--	--	--	--	--

Os cenários adotados foram:

- **Cenário MEE 1: Isolamento do telhado**

Consiste no acréscimo da composição de materiais que podem reduzir a transmitância solar a partir do telhado da edificação. Em um *retrofit*, pode ser acrescentado isolamento térmico na camada de ar entre o forro e a laje. A definição de quais materiais a ser utilizado, deve ser avaliado caso a caso, visando atingir até 0,44 W/m<sup>2</sup>K para todas as zonas, de acordo com a plataforma EDGE. Já para o Manual para Aplicação do RTQ-C publicado pelo Procel (Procel, 2017) para o atendimento do nível A da etiqueta, os valores são menos restritivos sendo até 0,50 W/m<sup>2</sup>K para as zonas 1 e 2, 1,00 W/m<sup>2</sup>K para as zonas 3 à 8.

- **Cenário MEE 2: Isolamento do telhado e Tinta refletora para telhas de telhado – reflexividade solar (albedo) de 0.7**

Consiste no atendimento da medida anterior, com acréscimo da pintura branca reflexiva no exterior da cobertura, com reflexividade solar de 0,70. Essa medida também é solicitada no Manual para Aplicação do RTQ-C publicado pelo Procel (Procel, 2017) para o atendimento do nível A da etiqueta, porém o índice de reflexividade é menor 0,50 para as zonas bioclimáticas 2 a 8. Não há obrigatoriedade em realizar a pintura na zona bioclimática 1.

- **Cenário MEE 3: Isolamento das paredes externas**

Consiste na troca de revestimentos e acréscimo de camadas das paredes opacas das fachadas, com intuito de reduzir a transmitância de calor a partir da insolação solar das paredes da envoltória. A outra opção pode ser acrescentar paredes na parte interna, quando há pele de vidro do piso ao teto, criando um peitoril na janela. A definição de quais materiais a ser utilizado, deve ser avaliado caso a caso, visando atingir no máximo 2,5 W/m<sup>2</sup>K para as zonas 1 e 2 independentemente da cor utilizada nas paredes. Já para as zonas 3 a 8, atingir no máximo 2,5 W/m<sup>2</sup>K quando utilizar nas paredes opacas materiais de cor média à escura ou 3,7 W/m<sup>2</sup>K quando forem cores claras, de acordo com o Manual para Aplicação do RTQ-C publicado pelo Procel (Procel, 2017) para o atendimento do nível A da etiqueta.

- **Cenário MEE 4: Isolamento das paredes externas e Redução de Razão janela – parede – WWR 30%**

Consiste no cenário MEE 3, com acréscimo da redução de percentual de abertura na fachada, do inglês, *Window to Wall Ratio (WWR)*, para 30% (GHISI, 2005). O atendimento dessa

medida pode acontecer em uma nova construção, tendo no máximo 30% de área de vidro nas fachadas ou durante o *retrofit* da edificação, com acréscimo de paredes internas (peitoris e bandeiras) visando a redução de percentual de abertura na fachada existente.

- **Cenário MEE 5: Sistema de refrigeração com volume de refrigerante variável (VRF) – COP de 3,5**

Este cenário tem seu foco voltado para as condições de ventilação e condicionamento de ar sendo como proposição a substituição dos equipamentos do sistema de ar condicionado com o coeficiente de desempenho COP (*Coefficient of Performance*) com mínimo de 3,50. O COP é o indicador do nível de eficiência de um equipamento de refrigeração de ar. De acordo com a ASHRAE (ASHRAE, 2007) – O termo “*Variable Refrigerant Flow*” (VRF) refere-se à capacidade de um sistema HVAC (do inglês, *heating, ventilation and air conditioning*) de controlar a quantidade de refrigerante que flui para as unidades internas/evaporadores, que podem ser muitas e de diferentes capacidades e configurações, com controle do conforto de forma individualizada, resfriamento e aquecimento simultâneos em diferentes zonas com recuperação de calor de uma zona a outra.

- **Cenário MEE 6: Lâmpadas de baixo consumo de energia em ambientes externos e internos**

Consiste no uso de lâmpadas de baixo consumo (LED) em espaços internos e externos de acordo com as recomendações do programa de etiquetagem PBE Edifica Procel para edifícios comerciais, de serviços e públicos (Procel, 2017) e das opções de eficiência energética disponibilizadas na plataforma EDGE.

- **Cenário MEE 7: Lâmpadas de baixo consumo de energia em ambientes externos e internos, controles de iluminação de corredores e escadas, sensores de ocupação em banheiros, salas de conferência e cabines fechadas, sensores de ocupação em escritórios abertos e sensores fotoelétricos de luz natural para espaços internos.**

Consiste no uso de lâmpadas de baixo consumo (LED) em espaços internos, externos, controle de iluminação em corredores e escadas, sensores de ocupação de banheiros, sala de conferências, sensores de ocupação em escritórios abertos e luminárias com sensores fotoelétricos de luz natural para espaços internos, a partir de um sistema DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*). Trata-se de um padrão internacional especificado pela norma IEC 62386-101:2014 que assegura a intercambialidade e a interoperabilidade de dispositivos comandados por um *dimmer* (IEC, 2014). O sistema de controle de iluminação compreende um sensor pequeno e um controlador, projetados para fácil integração às luminárias. O sensor de luz é sensível à radiação visível e proporciona economia automática com a regulação

conforme a luz natural sem causar qualquer desconforto visual ao usuário. Há também o detector de movimento que é muito sensível e pode ser combinado com retardos prolongados.

- **Cenário MEE 8: Programa de Etiquetagem**

Este cenário considera a obrigatoriedade da etiquetagem das edificações no Programa Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas de acordo com a Instrução Normativa - IN nº 02 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão de 2014 (MPOG, 2014) onde determina que edificações públicas novas ou que passem por reformas, utilizando recurso financeiros da Administração Pública Federal Direta, Autárquica e Fundacional, obtenham a etiqueta nível A. Os percentuais de redução para este cenário foram obtidos a partir dos dados disponibilizados pela Eletrobras – Procel Info.

- **Cenário MEE 9: Diagnóstico e Retrocomissionamento**

Diagnóstico energético e retrocomissionamento para avaliar o desempenho dos equipamentos da edificação e direcionar a correção da operação e implementação de melhorias. O diagnóstico energético irá identificar as áreas de grande potencial de economia na edificação enquanto a realização do retrocomissionamento será fundamental para que os equipamentos estejam operando de forma otimizada, de acordo com o projeto, consumindo o mínimo de energia e oferecendo o máximo de conforto. De acordo, com o MMA (2016), o retrocomissionamento é o processo de comissionamento aplicado a edifícios existentes, que consiste em uma investigação detalhada do sistema, incluindo projeto executivo, instalação e condições de operação e desempenho atuais, a fim de identificar problemas e otimizar o sistema de ar condicionado do edifício. Os percentuais de redução para este cenário foram obtidos a partir do estudo de *Energy Efficiency factsheet*, disponibilizado pela (ENERGY IDEAS CLEARINGHOUSE, 2005).

- **Cenário MEE 10: Modernização dos elevadores**

Consiste na modernização dos elevadores, troca do quadro de comando microprocessado com inversor de frequência, sistema de antecipação de chamadas e sistema de regeneração. O sistema de regeneração de energia, controla bidireccionalmente o fluxo de energia entre a rede elétrica e o motor do elevador, aproveitando a energia devolvida pelo motor do elevador ao invés de desperdiçá-la em forma de calor.

Em resumo, considerando a aplicação em todas as zonas bioclimáticas, as faixas de percentuais de redução encontrados para cada uma das medidas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Faixas de percentuais de redução para cada uma das MEE adotadas.

CENÁRIOS DE MEE	PERCENTUAIS DE REDUÇÃO
MEE 1: Isolamento do telhado	5% - 8%
MEE 2: Isolamento do telhado e tinta refletora para telhas de telhado – reflexividade solar (albedo) de 0,7	6% - 8%
MEE 3: Isolamento das paredes externas	2% - 5%
MEE 4: Isolamento das paredes externas e Redução de Razão janela – parede – WWR 30%	5% - 10%
MEE 5: Sistema de refrigeração com volume de refrigerante variável (VRF) – COP de 3,5	13% - 16%
MEE 6: Lâmpadas de baixo consumo interno e externo	14% - 18%
MEE 7: Lâmpadas de baixo consumo e uso de sensores	19% - 24%
MEE 8: Programa de Etiquetagem	30%
MEE 9: Diagnóstico e Retrocomissionamento	15%
MEE 10: Modernização dos elevadores	6%

### 3. LINHA DE BASE

Como parte parcial do estudo, apresenta-se a linha de base composta pelos cenários BAU e avaliação *ex-ante* para emissões de GEE até 2030 dos 2106 edifícios da APF tomando como base as emissões computadas no ano de 2019

#### 3.1. Ano Base 2019

De acordo com os dados obtidos via SPIUnet, tem-se que dos 2106 edifícios da APF, 10 estão localizados fora do território nacional e 82 possuem área construída inferior a 1 m<sup>2</sup>. Desta forma, a distribuição dos 2016 edifícios restantes nas oito zonas bioclimáticas brasileiras é apresentada na Figura 3 e as áreas totais construídas correspondentes a estes edifícios por zona bioclimática são ilustradas na Figura 4. Observa-se que, embora a zona bioclimática 8 tenha o maior número de edifícios construído, cerca de 30% destes são de pequeno porte classificados como imóveis do tipo casa. Dentre os 862 imóveis construídos na zona bioclimática 8, apenas 674 tem área superior a 120 m<sup>2</sup>. Em contrapartida, na zona bioclimática 4 encontram-se apenas 187 edificações. Dentre estas apenas 2 são consideradas do tipo casa e mais de 90% do total de edificações possuem área superior a 120 m<sup>2</sup>. Neste contexto, tem-se a justificativa pela qual a área construída na zona bioclimática 4 tenha superado a área construída da zona bioclimática 8, mesmo possuindo menor número de edificações construídas. Vale ressaltar que é na zona bioclimática 4 que se encontram a maioria dos edifícios do Governo Federal em Brasília, sendo cerca de 85% do total de edifícios correspondentes a zona bioclimática 4 localizados na capital federal.

Figura 3 - Número de edifícios construídos por zona bioclimática.

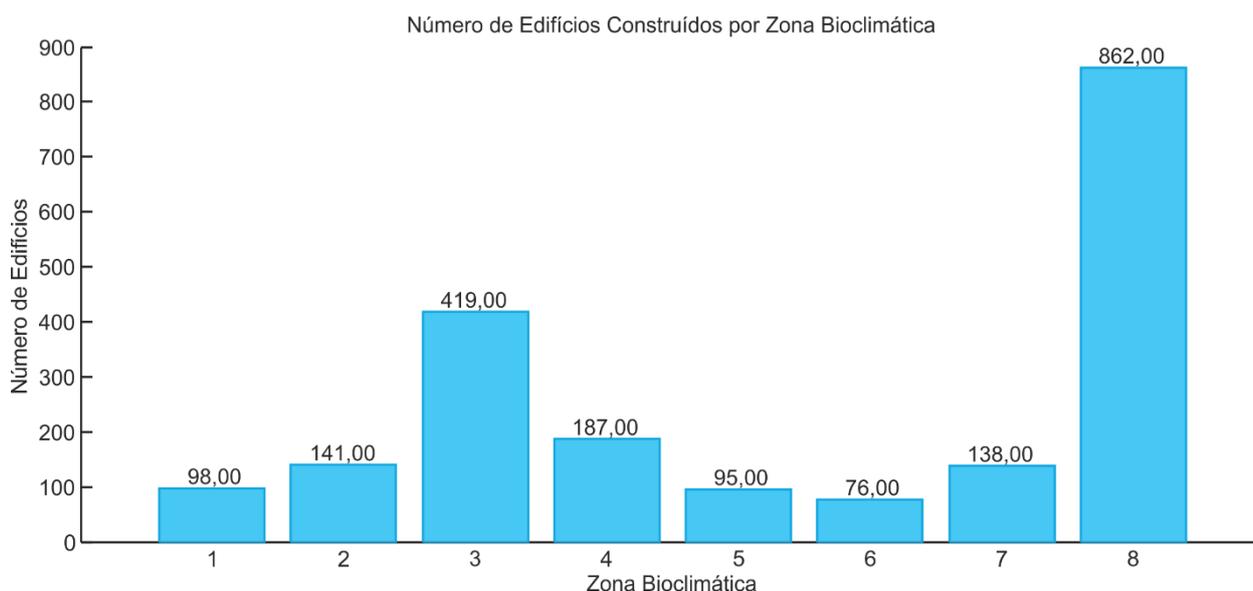
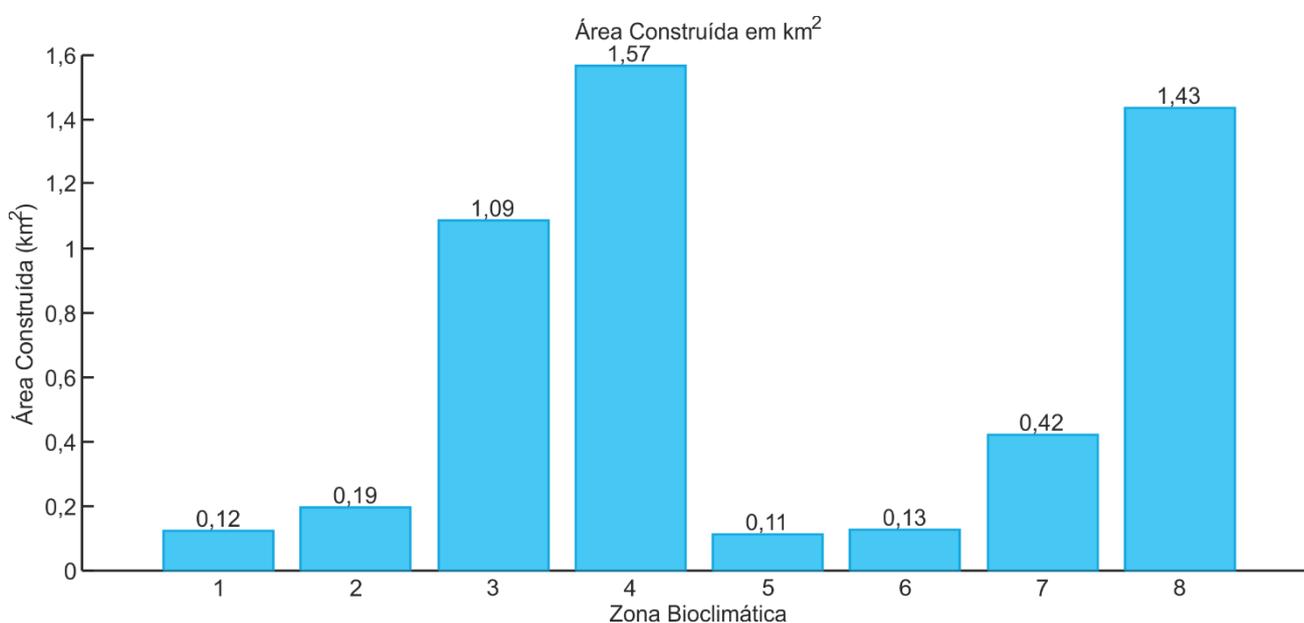


Figura 4 - Área total construída em cada zona bioclimática.



A partir da análise dos dados de execução de despesas com energia elétrica para os 2106 edifícios da APF, observou-se que, ao total, foram gastos cerca de 2,15 bilhões de reais com energia elétrica apenas no ano de 2019. A zona bioclimática 8 apresenta maior parcela no consumo total, onde foram gastos cerca de 941 milhões de reais apenas no ano de 2019, conforme ilustrado na Figura 5, sendo este dado de acordo com a área de abrangência da zona que atinge cerca de 53,7% do território nacional (ABNT, 2005). Uma vez determinados os dados referentes às despesas públicas com energia elétrica a serem avaliados, e as taxas de energia elétrica de acordo com o disponibilizado para o ano de 2019 pela ANEEL (ANEEL, 2019), tem-se que o consumo total no ano de 2019 para

o grupo amostral analisado neste estudo chegou a ordem de 3,58 milhões de MWh. Esse consumo foi subdividido pelas oito zonas bioclimáticas brasileiras conforme ilustrado na Figura 6. A zona bioclimática de maior consumo chegou à ordem de 1440 GWh apenas para o ano de 2019 enquanto para a zona de menor consumo esse valor chegou à ordem de 74,8 GWh no mesmo ano.

Figura 5 - Despesas líquidas com energia elétrica no ano base de 2019 em milhões de reais.

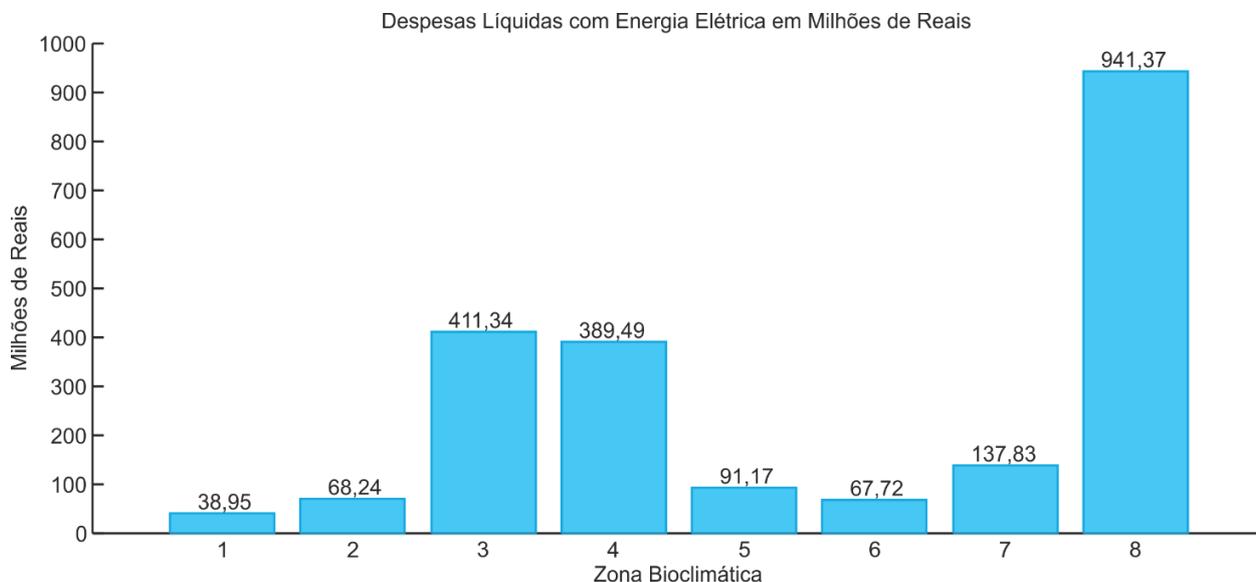
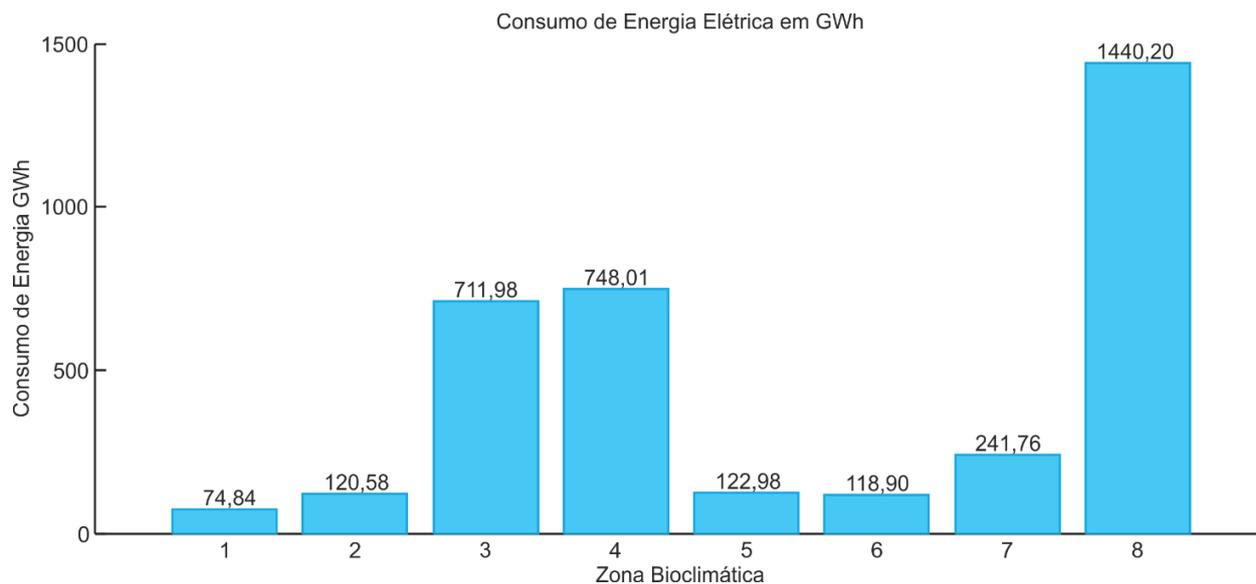


Figura 6 – Consumo de energia elétrica no ano base de 2019 em GWh.



Com a utilização do fator de emissões médio anual de 0,5181 tCO<sub>2</sub>e/MWh em 2019 disponibilizado pelo MCTIC (MCTIC, 2019), têm-se os indicativos de emissões de GEE para o mesmo ano, sendo estes ilustrados por zona bioclimática na Figura 7. Chegando a 746.168 tCO<sub>2</sub>e para a zona bioclimática 8, tem-se que, para o ano de 2019, as emissões totais chegaram a ordem de 1,85 milhões de tCO<sub>2</sub>e, o que representa a emissão de cerca de 2,4 milhões de unidades de habitação

social (UHS) de acordo com valor médio de consumo por UHS apresentado no estudo Linha de Base e Estudo Exploratório para Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor de Habitação no Brasil realizado pela GIZ em 2019 (GIZ, 2019). Os percentuais por zona bioclimática para emissões de GEE no ano de 2019 são ilustrados na Figura 8.

Figura 7 - Emissões de GEE ano base de 2019 para cada uma das Zonas Bioclimáticas brasileiras.

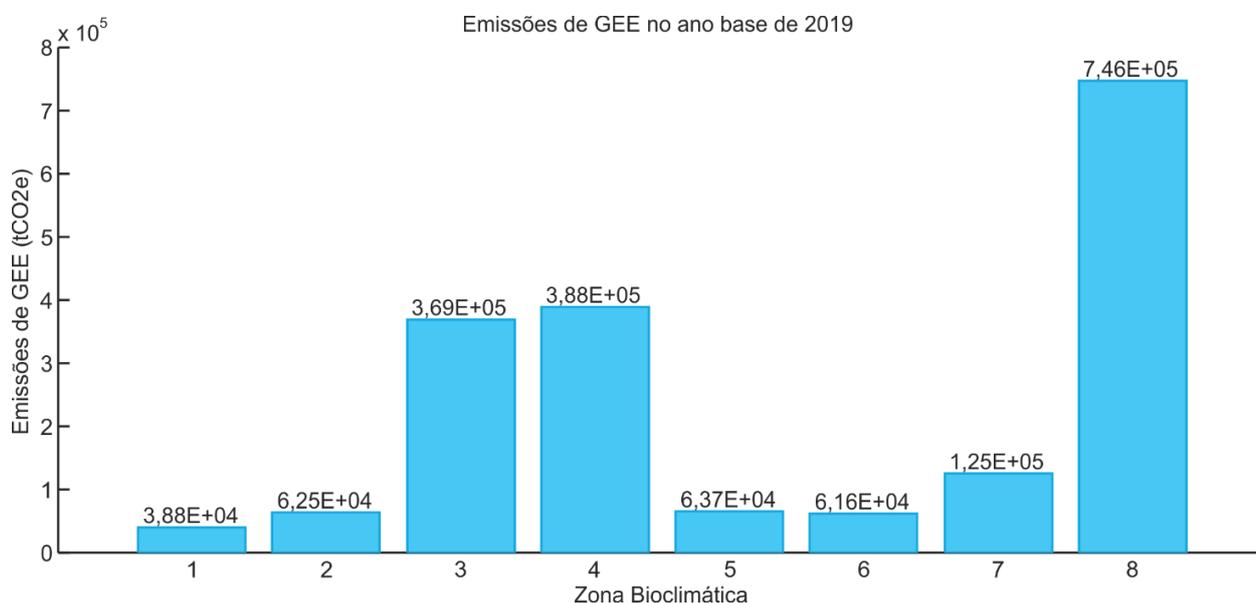
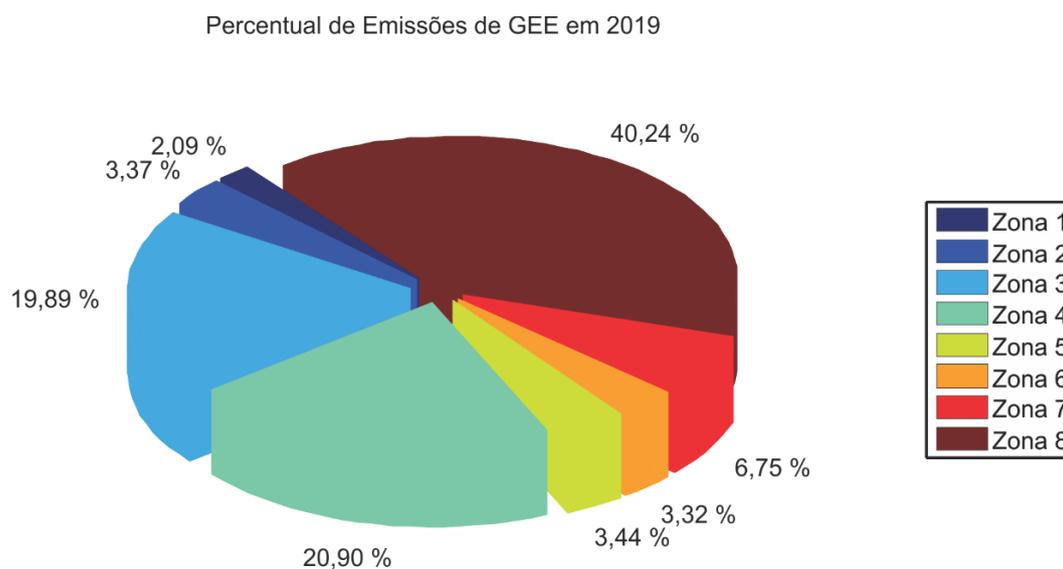


Figura 8 - Percentual de emissões de GEE em 2019 por Zona Bioclimática Brasileira.

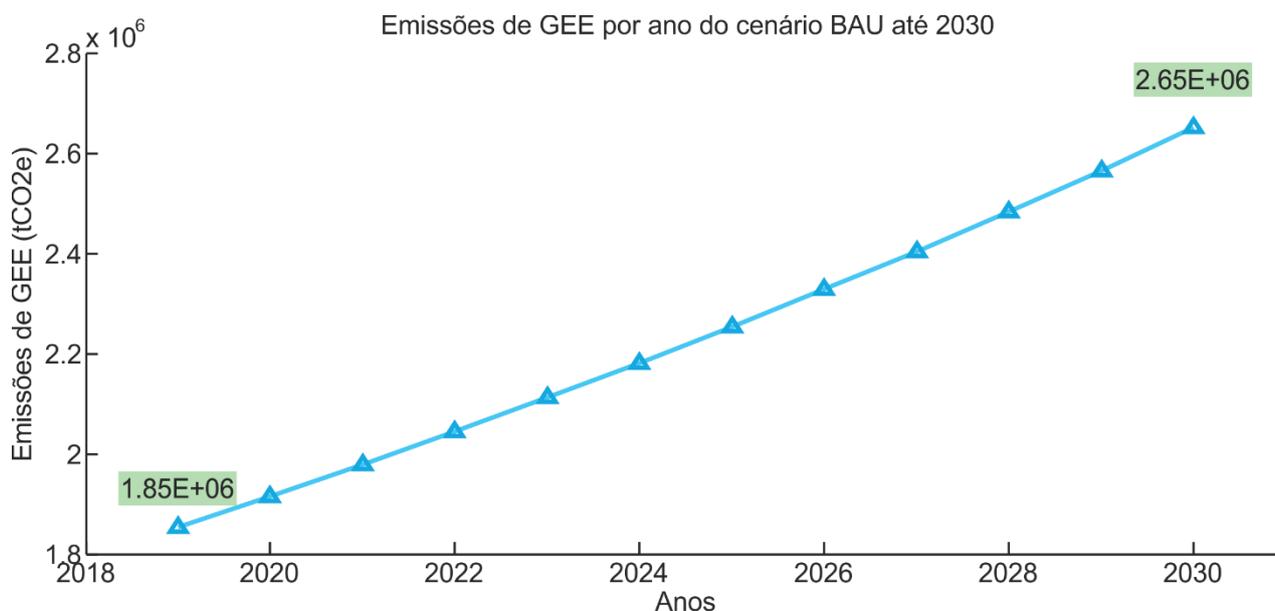


### 3.2. Cenário BAU até 2030

Considerando a taxa média de crescimento no consumo de energia elétrica das edificações do setor público de 1,3% ao ano de acordo com a EPE (EPE, 2020) e os dados obtidos para o ano de 2019,

tem-se a prospecção até 2030 das emissões para as 2.106 edificações em estudo conforme ilustrado na Figura 9. Trata-se da prospecção considerando que até 2030 nenhuma medida que reduza o consumo de energia elétrica ou que reduza as emissões de GEE seja aplicada nas edificações em análise (cenário BAU). De forma geral, espera pela prospecção realizada que no ano de 2030 cerca de 2,65 milhões de tCO<sub>2</sub>e serão emitidos caso nenhuma MEE seja aplicada. De forma acumulada, espera-se que cerca de 30 milhões de tCO<sub>2</sub>e sejam emitidos até 2030 considerando apenas as 2.106 edificações da APF. Este número corresponde a cerca de 5,12 milhões de MWh consumidos apenas no ano de 2030, energia suficiente para alimentar durante 10 anos cerca de 340.223 famílias de acordo com o consumo básico de uma UHS, número 151 vezes maior que o número de prédios da APF em análise.

Figura 9 - Linha de base cenário BAU para emissões de GEE até 2030.



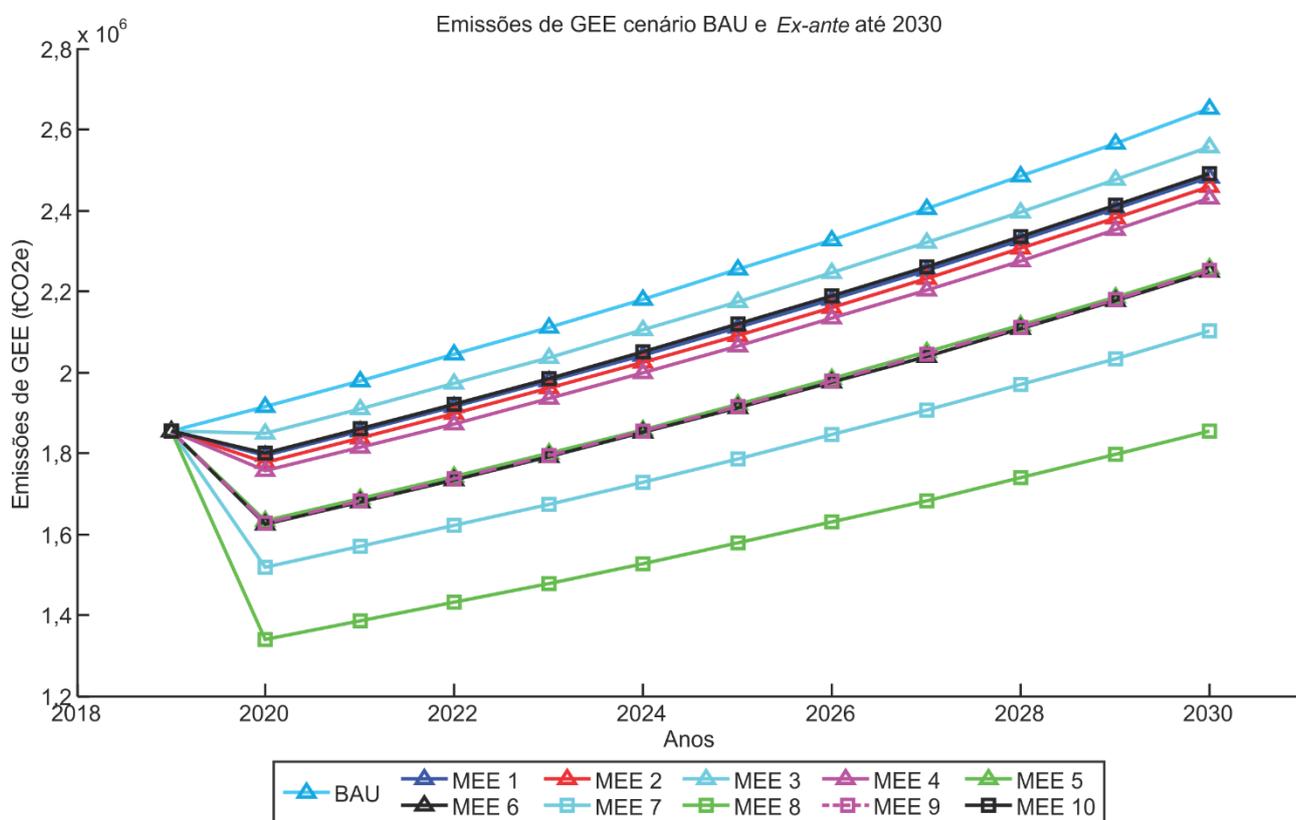
### 3.3. Cenários de Avaliação ex-ante até 2030

Uma vez pré-estabelecidas dez MEE para estudo da redução nas emissões de GEE nas edificações da APF em análise, pode-se determinar, a partir dos percentuais anuais de redução, as emissões esperadas para os anos de 2020 até 2030. Ilustra-se na Figura 10 uma análise comparativa entre o cenário BAU de emissões até 2030 e os cenários considerando cada uma das dez MEE implementadas no ano de 2020 compondo os cenários de avaliação *ex-ante* apresentados neste relatório.

A partir da análise da Figura 10, observa-se que o cenário MEE 8, cujo foco está na obrigatoriedade do programa de etiquetagem, tem o maior índice de redução, o que condiz com a sua taxa de 30% de redução anual esperada. Para o ano de 2030, espera-se que se aplicada a MEE 8 as emissões

sejam de um pouco mais de 1,85 milhões de tCO<sub>2</sub>e enquanto para o cenário BAU esse valor para o mesmo ano é de 2,65 milhões de tCO<sub>2</sub>e, cerca de 43% maior que o obtido no melhor cenário de aplicação de MEE. O cenário MEE 3, que se refere ao isolamento das paredes externas, apresentou as menores taxas de redução, na ordem de 4,26% ao ano, resultando em emissões de cerca de 2,56 milhões de tCO<sub>2</sub>e contra 2,65 milhões de tCO<sub>2</sub>e obtidos via cenário BAU no ano 2030.

Figura 10 - Linha de base cenário BAU e cenário ex-ante para as dez MEE consideradas.



No que se refere ao contexto de redução de emissões, ilustra-se na Figura 11 as emissões acumuladas para os cenários BAU e *ex-ante* até o ano de 2030. Os valores das emissões evitadas até 2030 em comparação ao cenário BAU são ilustrados na Figura 12. Adicionalmente, são indicados o número de UHS que seriam beneficiadas com a energia elétrica economizada correspondente a aplicação de cada um dos cenários de MEE. Observa-se que no melhor dos cenários de MEE, cerca de 7,47 milhões de tCO<sub>2</sub>e serão evitados no entre os anos de 2020 e 2030. Para o cenário MEE 3 que apresentou o menor percentual de redução, a quantidade de GEE evitados é um pouco menos que 1 milhão de tCO<sub>2</sub>e. Observa-se que mesmo para cenários de fácil aplicação e menor custo de implementação agregado, como o caso dos cenários MEE 6 e MEE 7 onde propõe-se a substituição da iluminação, seria possível fornecer energia elétrica para cerca de 662.956 famílias durante o período de 10 anos em análise.

Figura 11 - Emissões totais acumuladas até 2030 no cenário BAU e cenário ex-ante para as dez MEE analisadas.

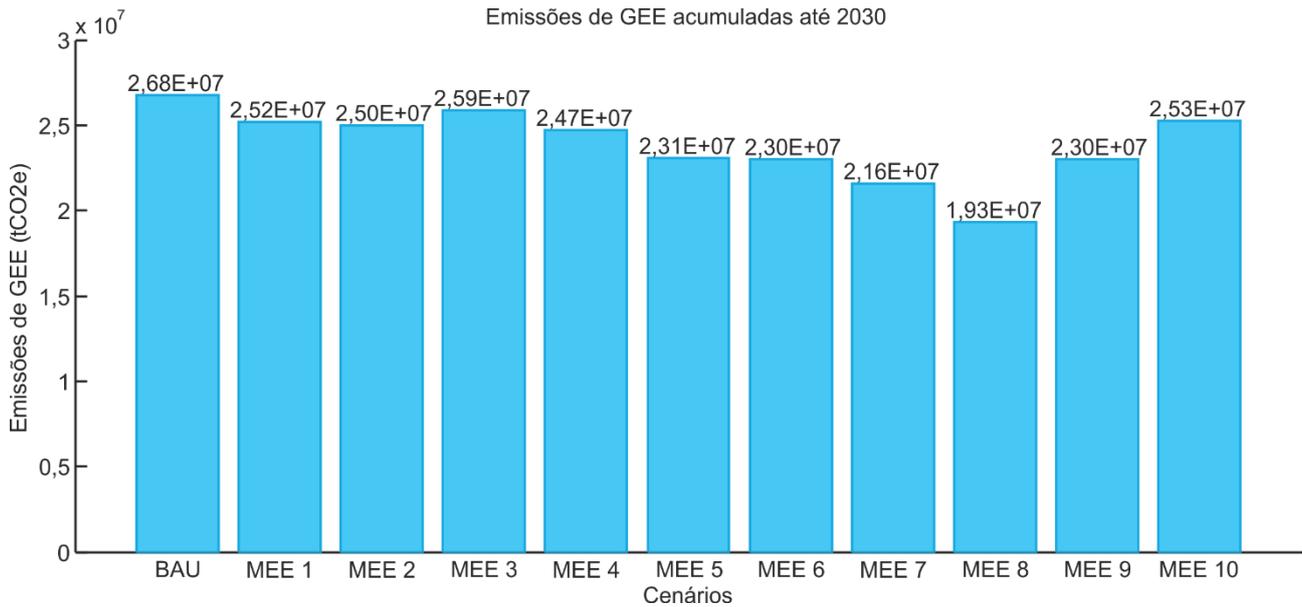
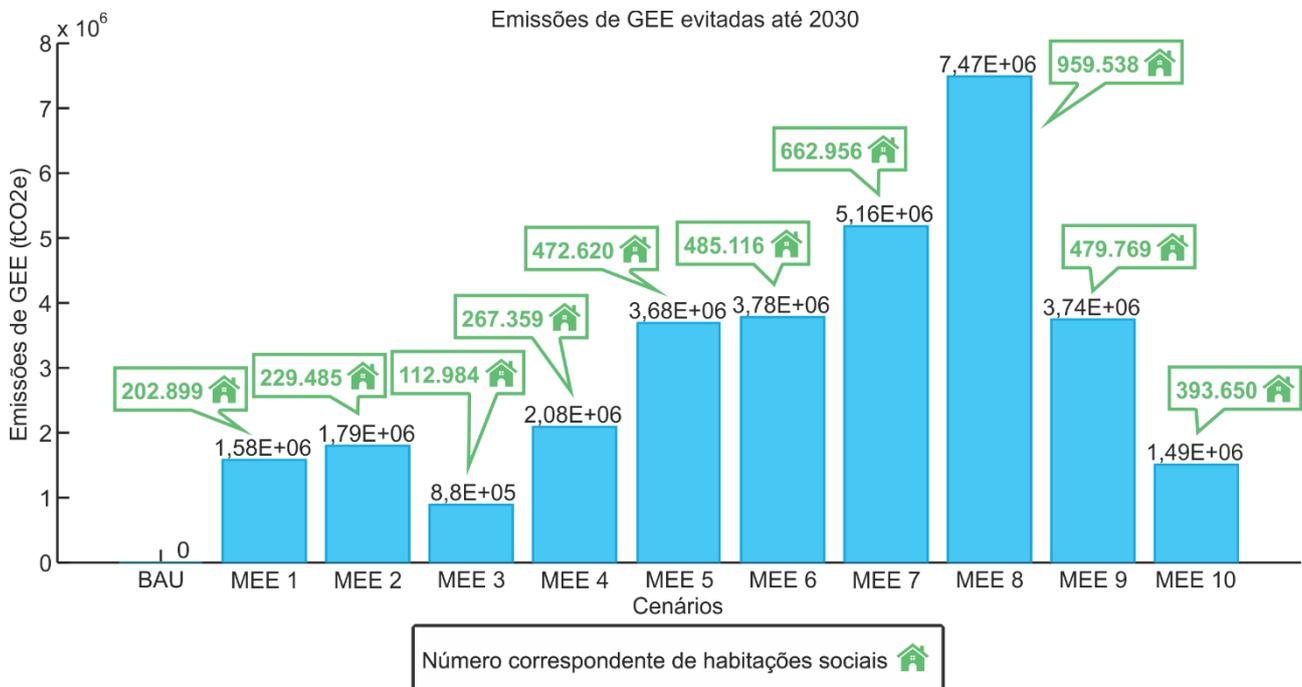


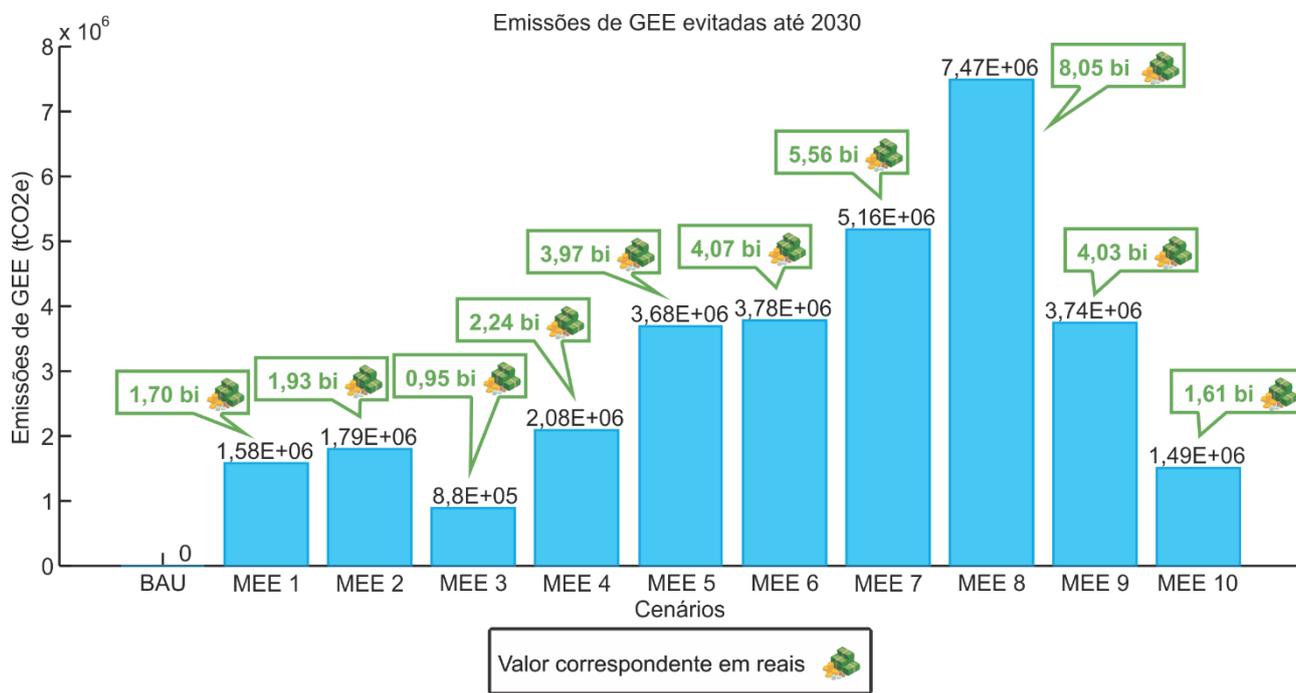
Figura 12 - Emissões evitadas até 2030 no cenário BAU e cenário ex-ante para as dez MEE considerando o consumo total de UHS no período de 10 anos.



A Figura 13 apresenta os mesmos valores para emissões de GEE evitadas até 2030 e adicionalmente são apresentados os valores correspondentes em reais para a economia esperada em casos de aplicação de cada uma das MEE avaliadas. Observa-se que cerca de 1 bilhão de reais seriam economizados aplicando a MEE de menor eficácia entre as dez analisadas. Ao aplicar a MEE de maior índice de redução, seriam economizados cerca de 8,05 bilhões de reais, o equivalente a

construção de 268 hospitais públicos novos com cerca de 150 leitos e orçados, cada um, em 30 milhões de reais aproximadamente.

Figura 13 - Emissões evitadas até 2030 e valor correspondente em reais economizados ao longo do período de 10 anos.



#### 4. ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA - ESTUDO DE CASO

A estratégia é analisar a viabilidade financeira das medidas de eficiência energética através dos critérios de *Triple Bottom Line* e Custo Ideal, apoiando-se na metodológica existente no regulamento da União Europeia (CEE 244/2012, 2012), tomando-lhe como critério de análise. As variáveis têm um impacto econômico conjunto por isso é necessário incluir todos os custos do ciclo de vida (ACV) com a aplicação da medida de eficiência englobando os recursos de operação e manutenção e o valor residual conforme a vida útil (ENSLIC, 2010). A partir desta avaliação global, pode-se obter uma ferramenta verdadeira para tomada de decisões. O *payback* simples é um método ineficiente frequentemente utilizado para a tomada de decisões, tendo em vista que o seu cálculo não leva em consideração todos os custos associados com o projeto e produz uma imagem distorcida e incompleta da situação (Izquierdo e Ahumada, 2013).

A análise de viabilidade financeira será realizada utilizando as informações como área de construção, gastos de energia, água e manutenção, fornecido pelo SPIUnet e SIAFI, da edificação do Ministério

da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), localizada em Brasília, na zona bioclimática 4, detalhados na Tabela 3. A escolha de um edifício tomou como critérios principais ser localizado na zona onde a soma das áreas construídas compõe a maior parcela dentre todas as demais zonas bioclimáticas e a disponibilidade de dados e informações específicos para melhor avaliação de viabilidade econômica sem comprometer os resultados finais.

A análise de viabilidade financeira de cada medida de eficiência energética foi analisada a partir da plataforma gratuita SAFEE - Simulador para Análise Financeira em Projetos de Eficiência Energética, desenvolvida para o Procel Info e tem como objetivo:

Tabela 3 - Quadro resumo gastos anuais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PEC E ABASTECIMENTO - BRASÍLIA	
ÁREA DE CONSTRUÇÃO	23.480 m <sup>2</sup>
MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO DE BENS	R\$ 8.128.109,24
SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO	R\$ 2.243.942,01
SERVIÇO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 10.808.473,99
VALORE TOTAL	R\$ 21.180.525,24

- Oferecer a engenheiros e gerentes de projetos uma ferramenta para cálculo financeiro, prática, interativa e baseada na web;
- Propiciar uma compreensão dos conceitos financeiros para determinar a viabilidade de projetos e para a comunicação com investidores;
- Mostrar a gestão da energia como um centro de receitas quantificáveis, medidas por ferramentas financeiras padrão, permitindo uma comparação objetiva com outros projetos potenciais;
- Apresentar os assuntos em estágios de complexidade crescente beneficiando assim usuários de diferentes níveis de conhecimento;
- Mostrar aos usuários quando se deve recorrer à ajuda de especialistas;
- Mostrar à comunidade de investidores a abordagem que está sendo transmitida aos clientes.

Com a inserção dos dados sobre a edificação, é possível fazer uma ACV para determinar a viabilidade econômica de um projeto de eficiência energética. A abordagem utilizada dá destaque à segregação de economias e investimentos para uma compreensão facilitada, entrada de dados simplificada e resultados das economias da ACV absolutas (Valor Presente Líquido - VPL) e relativas (relação benefício-custo – RBC), além da Taxa Interna de Retorno (TIR) e Retorno Simples (RS) em anos. A seguir são descritas de forma resumida as definições necessárias para o correto entendimento das análises financeiras apresentadas.

- VPL: Um valor positivo para o VPL apresenta quanto dinheiro o projeto vai gerar ao longo de sua vida. Já um VPL negativo apresenta quanto dinheiro o projeto irá perder. O VPL mostra a viabilidade de um projeto em termos monetários. O VPL é um indicador de ciclo de vida, significando que considera o custo do capital descontando todas as receitas futuras.
- RBC: Com uma RBC maior que 1, o projeto gera mais receita do que demanda em investimento. Com RBC menor que 1, o projeto gasta mais do que gera. A RBC mostra a viabilidade relativa de um projeto. A razão pela qual o projeto no exemplo é tão lucrativo é que futuros reinvestimentos para manter equipamentos atuais em serviço serão muito elevados. Não incluir esta informação faria com que uma importante vantagem na análise fosse ignorada. Se desejado, a RBC pode ser invertida para demonstrar a relação custo-benefício (RCB).
- TIR: A taxa interna de retorno (TIR) É a taxa de juros que representa a receita obtida com o investimento. É calculada como a hipotética taxa de desconto para a qual o VPL se iguala à zero, ou a RBC se iguala a 1. Teoricamente, qualquer projeto com uma TIR superior ao custo de capital da empresa é lucrativo (e terá um VPL positivo).
- RS: O retorno simples, expresso em anos, não considera a taxa de desconto ou futuros reinvestimentos. O retorno simples é utilizado somente para projetos com um retorno muito rápido. Se um projeto pode ser pago em um ano, por exemplo, há pouca necessidade de considerar valores de desconto futuros. Para retornos mais longos, o retorno simples se torna impreciso. Além disso, não indica quanto de investimento é excessivo.

De acordo com as diretrizes da plataforma, a análise do ciclo de vida de cada medida de eficiência energética deverá ser preenchida com dados da edificação em 6 passos:

1. Determinar custos atuais (condições de referência existentes). Dados obtidos a partir de reinvestimentos, custos anuais com energia e custos anuais com manutenção e operação de cada medida de eficiência energética.
2. Determinar custos futuros (implementação e posteriores). Os custos dos investimentos iniciais e reinvestimentos periódicos para prevenir redução do desempenho adicionados dos custos anuais com energia, manutenção e operação.
3. Calcular as diferenças. Diferença de custos entre economias atual x proposto.
4. Determinar a taxa de desconto. A taxa de desconto para um investimento depende do tipo de financiamento, capital próprio ou empréstimo. No caso de investimento apenas com capital próprio, a taxa de desconto é igual à melhor taxa de retorno possível com qualquer outro investimento. No caso de unicamente um empréstimo, a taxa de desconto é igual à taxa de juros adotada pela instituição financeira. Se há uma combinação entre capital próprio e empréstimo, a

taxa de desconto do projeto é uma média ponderada das duas taxas de desconto. As normas europeias colocam esse valor em 4%, que precisa ser adaptado às condições econômicas no Brasil, na ausência de outro valor justificado podem ser usadas as taxas oficiais dos títulos públicos do Tesouro Nacional prefixadas. Nesse estudo será considerado o valor da taxa de 6,8%, consultada em maio de 2020 (MF, 2020).

Mercado Aberto 9h30min às 18h		Investir		
Preços e taxas dos títulos públicos disponíveis para Investir				
Título	Vencimento	Taxa de Rendimento (% a.a.)	Valor Mínimo	Preço Unitário
<b>Indexados ao IPCA</b>				
Tesouro IPCA+ 2026	15/08/2026	IPCA + 3,54	R\$53,14	R\$2.657,11
Tesouro IPCA+ 2035	15/05/2035	IPCA + 4,58	R\$33,80	R\$1.690,46
Tesouro IPCA+ 2045	15/05/2045	IPCA + 4,58	R\$32,44	R\$1.081,58
Tesouro IPCA+ com Juros Semestrais 2030	15/08/2030	IPCA + 4,15	R\$38,48	R\$3.848,38
Tesouro IPCA+ com Juros Semestrais 2040	15/08/2040	IPCA + 4,45	R\$40,20	R\$4.020,02
Tesouro IPCA+ com Juros Semestrais 2055	15/05/2055	IPCA + 4,51	R\$41,56	R\$4.156,71
<b>Prefixados</b>				
Tesouro Prefixado 2023	01/01/2023	4,73	R\$35,43	R\$85,83
Tesouro Prefixado 2026	01/01/2026	7,32	R\$33,60	R\$672,17
Tesouro Prefixado com Juros Semestrais 2031	01/01/2031	8,24	R\$34,70	R\$1.156,82
<b>Indexados à Taxa Selic</b>				
Tesouro Selic 2025	01/03/2025	Selic + 0,03	R\$106,05	R\$10.605,77
Mercado Aberto 9h30min às 18h		Resgatar		

- Determinar a duração do período de análise. Em uma situação econômica instável com altas taxas de juros somente um período de análise curto (por exemplo, 10 anos) deve ser usado. Economias e despesas após 10 anos se tornam insignificantes devido a esta taxa de desconto. Períodos mais longos (por exemplo, 20 anos) mostram um retorno maior com baixas taxas de desconto. Será considerado no estudo a viabilidade para o período de 20 anos.
- Estimar o valor residual dos equipamentos ao término de sua vida útil. Como regra geral, o valor residual de um equipamento ao final de sua vida útil pode ser considerado como igual a 10% do valor de aquisição de qualquer item que ainda tenha valor de mercado. Se o equipamento foi recentemente inspecionado, o valor de mercado pode ser superior a 10%. Caldeiras e bombas são exemplos de equipamentos com valor de mercado residual, se tiverem sido mantidos em boas condições de operação. Lâmpadas, isolamento térmico e outros pequenos itens, por outro lado, não possuem valor de mercado.

#### 4.1. Cenário MEE 1: Isolamento do telhado

Para redução de 7,29% de energia elétrica na edificação localizada na zona bioclimática 4 a partir da aplicação da medida de isolamento do telhado, o edifício deverá passar por intervenções na

composição da cobertura como alterar o índice de transmitância para até 0,44 W/m<sup>2</sup>·K, de acordo a plataforma EDGE. Cabe ressaltar que o Manual para Aplicação do RTQ-C publicado pelo Procel (Procel, 2017) para o atendimento do nível A da etiqueta o índice é de até 1,00 W/m<sup>2</sup>·K, sendo menos restritivo.

De acordo com a plataforma Projeteer (MAA, 2020), a simulação da composição da cobertura apresenta as camadas necessárias para reduzir a transmitância do índice desejado de até 0,44 W/m<sup>2</sup>·K. Conclui-se que será necessário a inserção de lã de rocha com espessura de no mínimo 10 cm aplicada no entre forro do último pavimento da edificação conforme ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Simulação da composição da cobertura para o MAPA (MAA, 2020).

CAMADA	MATERIAL	RESISTÊNCIA TÉRMICA
1	Concreto maciço   10	0,057
2	Câmara de ar > 5cm Fluxo Horizontal   0	0,17
3	Lã de rocha   10	2,2227
4	Forro gesso   1	0,0287

ADICIONAR CAMADA NA BASE

**SEU MATERIAL**

Resistência Térmica Total: **2,65**  
 Atraso Térmico  $\phi$  (horas): **4,0**  
 Capacidade Térmica (kJ/m<sup>2</sup>K): **255,3**  
 Transmitância Térmica (W/m<sup>2</sup>K): **0,4**

Considerando que o MAPA já possui forro em gesso no último pavimento da edificação, após pesquisa de mercado dos custos de material e mão de obra de lã de rocha, o valor médio encontrado foi de R\$ 18,90 por m<sup>2</sup> de área de cobertura. A área de cobertura do edifício corresponde à aproximadamente 1800 m<sup>2</sup>, de acordo com a medição feita no Geoportal (SEDUH, 2020). Dessa forma, o valor de investimento para aplicação da medida de eficiência será de R\$ 34.020,00.

**Custos totais atuais (condições de referência existentes) R\$ 18.936.589,10**, sendo:

- Custos anuais com energia: **R\$ 10.808.479,99**
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Custos totais futuros (implementação e posteriores):**

- Investimentos iniciais: **R\$ 34.020,00**
- Considerar reinvestimentos a cada 5 anos (15% do gasto inicial): **R\$ 5.103,00**
- Custos anuais com energia: **R\$ 10.020.541,70** (7,29% de redução)
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

### Calcular as diferenças: Custos de energia

- R\$ 10.808.479,99 – R\$ 10.020.541,70 = **R\$ 787.938,18**

### Determinar a taxa de desconto:

- 6,75% - Juros prefixados (MF, 2020)

### Determinar a duração do período de análise:

- 20 anos.

### Estimar o valor residual dos equipamentos ao término de sua vida útil:

- Não há.

Tabela 4 - Análise do ciclo de vida para o cenário MEE 1.

ACV – CENÁRIO MEE 1	
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	R\$ 8.436.534,00
RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO (RBC)	200,7
TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	2316 %
RETORNO SIMPLES (MESES)	05

### 4.2. Cenário MEE 2: Isolamento do telhado e tinta refletora para telhas de telhado – reflexividade solar (albedo) de 0,7

Visando a redução de 8,16% de energia elétrica na zona bioclimática 4, o cenário 2 consiste no atendimento da medida anterior, com acréscimo da pintura branca reflexiva no exterior da cobertura. A pintura deverá ter a reflexividade solar de no máximo 0,70 para reduzir o percentual encontrado na plataforma EDGE. Vale ressaltar que para as zonas bioclimáticas 2 a 8, de acordo com o Manual para Aplicação do RTQ-C publicado pelo Procel (Procel, 2017) para o atendimento do nível A da etiqueta, o índice é mesmo restritivo, podendo ter a reflexividade solar de até 0,50.

Com a área de cobertura do edifício corresponde à aproximadamente 1800 m<sup>2</sup>, de acordo com a medição feita no Geoportal (SEDUH, 2020), o valor encontrado de material e mão de obra para aplicação da tinta na cobertura foi de R\$ 3.700,00. Dessa forma, o valor de investimento para

aplicação da medida de eficiência será a soma da medida anterior com o valor da aplicação da pintura, resultando em R\$ 37.720,00.

**Custos totais atuais (condições de referência existentes) R\$ 18.936.589,10**, sendo:

- Custos anuais com energia: **R\$ 10.808.479,99**
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Custos totais futuros (implementação e posteriores):**

- Investimentos iniciais: **R\$ 37.720,00**
- Considerar reinvestimentos a cada 5 anos (15% do gasto inicial): **R\$ 5.658,00**
- Custos anuais com energia: **R\$ 9.926.507,94** (8,16% de redução)
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Calcular as diferenças: Custos de energia**

- R\$ 10.808.479,99 – R\$ 9.926.507,94 = **R\$881.971,96**

**Determinar a taxa de desconto:**

- 6,75% - Juros prefixados (MF, 2020)

**Determinar a duração do período de análise:**

- 20 anos.

**Estimar o valor residual dos equipamentos ao término de sua vida útil:**

- Não há.

Tabela 5 - Análise do ciclo de vida para o cenário MEE 2.

ACV – CENÁRIO MEE 2	
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	R\$ 9.443.813,00
RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO (RBC)	202,7
TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	2338 %
RETORNO SIMPLES (MESES)	05

### 4.3. Cenário MEE 3: Isolamento das paredes externas

Para redução de 4,26% de energia elétrica na edificação localizada na zona bioclimática 4, o edifício deverá passar por intervenções como acréscimo de camadas das paredes opacas nas fachadas, com intuito de reduzir a transmitância de calor a partir da insolação solar das paredes da envoltória. Considerando que as esquadrias do MAPA são do piso ao teto, deverá ser acrescentado paredes na parte interna das fachadas, criando um peitoril na janela com um metro de altura. A composição deve atingir no máximo 0,44 W/m<sup>2</sup>·K, de acordo com a plataforma EDGE.

De acordo com a plataforma Projeteer (MAA,2020), a simulação da composição da parede apresenta as camadas necessárias para reduzir a transmitância do índice desejado de até 0,44 W/m<sup>2</sup>·K. Conclui-se que será necessário a inserção de lã de rocha com espessura de no mínimo 9,50 cm aplicada no entre uma placa cimentícia e outra de gesso conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 - Composição do isolamento das paredes do MAPA (MAA, 2020).



A dimensão aproximada da edificação é de 18 m x 100 m x 40 m, de acordo com a medição feita no Geoportal (SEDUH, 2020) e define-se a altura do peitoril de 1 m. Após pesquisa de mercado dos custos de material e mão de obra dos itens acima, o valor médio encontrado foi de R\$ 189,75 por m<sup>2</sup> de área de peitoril criado, que será de aproximadamente 3.146 m<sup>2</sup>. Dessa forma, o valor de investimento para aplicação da medida de eficiência será de R\$ 596.953,50.

**Custos totais atuais (condições de referência existentes) R\$ 18.936.589,10**, sendo:

- Custos anuais com energia: **R\$ 10.808.479,99**

- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

#### **Custos totais futuros (implementação e posteriores):**

- Investimentos iniciais: **R\$ 596.953,50**
- Considerar reinvestimentos a cada 5 anos (15% do gasto inicial): **R\$ 89.543,02**
- Custos anuais com energia: **R\$ 10.348.038,70** (4,26% de redução)
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

#### **Calcular as diferenças: Custos de energia**

- $R\$ 10.808.479,99 - R\$ 10.348.038,70 = R\$ 460.441,24$

#### **Determinar a taxa de desconto:**

- 6,75% - Juros prefixados (MF, 2020)

#### **Determinar a duração do período de análise:**

- 20 anos.

#### **Estimar o valor residual dos equipamentos ao término de sua vida útil:**

- Não há.

Tabela 6 - Análise do ciclo de vida para o cenário MEE 3.

<b>ACV – CENÁRIO MEE 3</b>	
<b>VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)</b>	R\$ 4.213.518,00
<b>RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO (RBC)</b>	6,7
<b>TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)</b>	76%
<b>RETORNO SIMPLES (MESES)</b>	15

#### **4.4. Cenário MEE 4: Isolamento das paredes externas e Redução de Razão Janela – parede WWR 30%**

Visando a redução de 9,5% de energia na conta de energia do MAPA, o cenário 4 consiste na soma do no cenário MEE 3 mais a redução de percentual de abertura na fachada, do inglês, *Window to*

*Wall Ratio* (WWR), para 30% (GHISI, 2005). O atendimento dessa medida pode acontecer durante o *retrofit*, permanecendo no máximo 30% de área de vidro nas fachadas, a partir do acréscimo de paredes internas (peitoris e bandeiras) visando a redução de percentual de abertura na fachada existente. A composição deve atingir no máximo 0,44 W/m<sup>2</sup>·K, de acordo com a plataforma EDGE.

De acordo com a plataforma Projeteer (MAA,2020), a simulação da composição da parede apresenta as camadas necessárias para reduzir a transmitância do índice desejado de até 0,44 W/m<sup>2</sup>·K. Conclui-se que será necessário a inserção de lã de rocha com espessura de no mínimo 9,50 cm aplicada no entre uma placa cimentícia e outra de gesso conforme ilustrado na Figura 15.

A dimensão aproximada da edificação é de 18 m x 100 m x 40 m, de acordo com a medição feita no Geoportal (SEDUH, 2020), encontra-se 9.440 m<sup>2</sup> de área de fachadas. Com a redução de 30%, a quantidade de parede opaca a ser construída será de 6.608 m<sup>2</sup>. Após pesquisa de mercado dos custos de material e mão de obra dos itens acima, o valor médio encontrado foi de R\$ 189,75 por m<sup>2</sup>, sendo assim, o valor de investimento para aplicação da medida de eficiência será de R\$ 1.253,868,00.

**Custos totais atuais (condições de referência existentes) R\$ 18.936.589,10**, sendo:

- Custos anuais com energia: **R\$ 10.808.479,99**
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Custos totais futuros (implementação e posteriores):**

- Investimentos iniciais: **R\$ 1.253.868,00**
- Considerar reinvestimentos a cada 5 anos (15% do gasto inicial): **R\$ 188.080,20**
- Custos anuais com energia: **R\$ 9.781.674,31** (9,50% de redução)
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Calcular as diferenças: Custos de energia**

- R\$ 10.808.479,99 – R\$ 9.781.674,31 = **R\$ 1.026.805,59**

**Determinar a taxa de desconto:**

- 6,75% - Juros prefixados (MF, 2020).

**Determinar a duração do período de análise:**

- 20 anos.

**Estimar o valor residual dos equipamentos ao término de sua vida útil:**

- Não há.

Tabela 7 - Análise do ciclo de vida para o cenário MEE 4.

ACV – CENÁRIO MEE 4	
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	R\$ 9.492.409,00
RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO (RBC)	7,1
TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	81%
RETORNO SIMPLES (MESES)	14

#### 4.5. Cenário MEE 5: Sistema de refrigeração com volume de refrigerante variável (VRF)

Para redução de 15,66% de energia elétrica na edificação localizada na zona bioclimática 4, deverá ser adquirido novos equipamentos de ventilação e condicionamento de ar do sistema VRF, visando obter um sistema que possua o coeficiente de desempenho COP (*Coefficient of Performance*) com mínimo de 3,50. O COP é o indicador do nível de eficiência de um equipamento de refrigeração de ar. Após pesquisa de mercado através do fornecedor Samsung, o valor encontrado para a instalação do sistema VRF em uma edificação com uso exclusivo de escritórios, foi de R\$ 108,14 para cada m<sup>2</sup> de área construída. Dessa forma, considerando a área construída do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de 23.480 m<sup>2</sup>, o valor de investimento para aplicação da medida de eficiência será de R\$ 2.539.127,00.

**Custos totais atuais (condições de referência existentes) R\$ 18.936.589,10, sendo:**

- Custos anuais com energia: **R\$ 10.808.479,99**
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Custos totais futuros (implementação e posteriores):**

- Investimentos iniciais: **R\$ 2.539.127,00**
- Considerar reinvestimentos a cada 5 anos (15% do gasto inicial): **R\$ 380.869,05**
- Custos anuais com energia: **R\$ 9.155.871,95** (15,66% de redução)
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

### Calcular as diferenças: Custos de energia

- R\$ 10.808.479,99 – R\$ 9.155.871,95 = **R\$ 1.692.607,95**

### Determinar a taxa de desconto:

- 6,75% - Juros prefixados (MF, 2020)

### Determinar a duração do período de análise:

- 20 anos.

### Estimar o valor residual dos equipamentos ao término de sua vida útil:

- R\$ 253.912,70 (10% do valor de investimento dos equipamentos).

Tabela 8 - Análise do ciclo de vida para o cenário MEE 5.

ACV – CENÁRIO MEE 5	
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	R\$ 15.129.303,00
RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO (RBC)	5,9
TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	66%
RETORNO SIMPLES (MESES)	17

#### 4.6. Cenário MEE 6: Lâmpadas de baixo consumo de energia em ambientes externos e internos

Para a redução de 13,90% de energia elétrica na edificação localizada na zona bioclimática 4, será necessário o uso de lâmpadas de baixo consumo em espaços internos e externos. Após levantamento de gastos de edificações com uso de escritórios que realizaram essa medida de eficiência e pesquisa de mercado dos itens citados acima, o valor encontrado foi de R\$ 20,73 por m<sup>2</sup> de área construída. Dessa forma, o valor de investimento para aplicação da medida de eficiência será de R\$ 486.740,40, considerando a área construída do MAPA de 23.480 m<sup>2</sup>.

### Custos totais atuais (condições de referência existentes) **R\$ 18.936.589,10**, sendo:

- Custos anuais com energia: **R\$ 10.808.479,99**
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

### Custos totais futuros (implementação e posteriores):

- Investimentos iniciais: **R\$ 486.740,40**
- Considerar reinvestimentos a cada 5 anos (15% do gasto inicial): **R\$ 73.011,06**
- Custos anuais com energia: **R\$ 9.306.101,19** (13,90% de redução)
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

### Calcular as diferenças: Custos de energia

- $R\$ 10.808.479,99 - R\$ 9.306.101,19 = R\$ 1.502.378,71$

### Determinar a taxa de desconto:

- 6,75% - Juros prefixados (MF, 2020)

### Determinar a duração do período de análise:

- 20 anos.

### Estimar o valor residual dos equipamentos ao término de sua vida útil:

- Não há.

Tabela 9 - Análise do ciclo de vida para o cenário MEE 6.

ACV – CENÁRIO MEE 6	
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	R\$ 15.562.347,00
RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO (RBC)	26,8
TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	309%
RETORNO SIMPLES (MESES)	03

#### 4.7. Cenário MEE 7: Lâmpadas de baixo consumo de energia em ambientes externos e internos, controles de iluminação de corredores, escadas, sensores de ocupação em banheiros, salas de conferências, cabines fechadas, sensores de ocupação em escritórios abertos e sensores fotoelétricos de luz natural para espaços internos.

Para a redução de 19,01% de energia elétrica na edificação localizada na zona bioclimática 4, será necessário o uso de lâmpadas de baixo consumo em espaços internos e externos, além de sensores de presença nos ambientes internos. Considerando as lâmpadas LED com sistema DALI da Phillips, após levantamento dos valores gastos por edificações com uso de escritórios que realizaram essa medida de eficiência e pesquisa de mercado dos itens citado acima, o valor encontrado foi de R\$ 40,79 por m<sup>2</sup> de área construída. Dessa forma, o valor de investimento para aplicação da medida de eficiência será de R\$ 957.749,20, considerando a área construída do MAPA de 23.480 m<sup>2</sup>.

**Custos totais atuais (condições de referência existentes) R\$ 18.936.589,10, sendo:**

- Custos anuais com energia: **R\$ 10.808.479,99**
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Custos totais futuros (implementação e posteriores):**

- Investimentos iniciais: **R\$ 957.749,20**
- Considerar reinvestimentos a cada 5 anos (15% do gasto inicial): **R\$ 143.662,38**
- Custos anuais com energia: **R\$ 8.753.787,87**(19,01% de redução)
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Calcular as diferenças: Custos de energia**

- $R\$ 10.808.479,99 - R\$ 8.753.787,87 = R\$ 2.054.692,03$

**Determinar a taxa de desconto:**

- 6,75% - Juros prefixados (MF, 2020)

**Determinar a duração do período de análise:**

- 20 anos.

**Estimar o valor residual dos equipamentos ao término de sua vida útil:**

- Não há.

Tabela 10 - Análise do ciclo de vida para o cenário MEE 7.

ACV – CENÁRIO MEE 7

<b>VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)</b>	R\$ 20.920.842,00
<b>RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO (RBC)</b>	18,6
<b>TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)</b>	214%
<b>RETORNO SIMPLES (MESES)</b>	05

#### 4.8. Cenário MEE 8: Programa de Etiquetagem

Para economia de 30% de energia elétrica, essa medida de eficiência energética considera a obrigatoriedade da etiquetagem das edificações no Programa Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas de acordo com a Instrução Normativa - IN nº 02 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão de 2014 (MPOG, 2014). Considerando que a etiqueta de eficiência energética avalia obrigatoriamente três medidas das eficiências energéticas já citadas acima (envoltória, iluminação e ar condicionado), o valor de investimento será a soma das medidas de eficiência 02, 03, 05 e 06 mais os valores de mercado referente à vistoria do organismo de inspeção OIA – INMETRO para emissão da etiqueta de edificação construída e da empresa de consultoria para o acompanhamento de etiquetagem. Após pesquisa de mercado, o valor encontrado para inspeção e consultoria foi de aproximadamente R\$ 50.000,00 para uma edificação como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Dessa forma, o valor de investimento para aplicação da medida de eficiência será de R\$ 3.710.540,40.

**Custos totais atuais (condições de referência existentes): R\$ 18.936.589,10, sendo:**

- Custos anuais com energia: **R\$ 10.808.479,99**
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Custos totais futuros (implementação e posteriores):**

- Investimentos iniciais: **R\$ 3.710.540,40**
- Considerar reinvestimentos a cada 5 anos (15% do gasto inicial): **R\$ 556.581,06**
- Custos anuais com energia: **R\$ 7.565.935,93** (30% de redução)
- Custos anuais com água e esgoto: **R\$ 2.243.942,01**
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Calcular as diferenças: Custos de energia**

- R\$ 10.808.479,99 – R\$ 7.565.935,93 = **R\$ 3.242.543,97**

#### Determinar a taxa de desconto:

- 6,75% - Juros prefixados (MF, 2020)

#### Determinar a duração do período de análise:

- 20 anos.

#### Estimar o valor residual dos equipamentos ao término de sua vida útil:

- R\$ 371.054,04 (10% do valor de investimento).

Tabela 11 - Análise do ciclo de vida para o cenário MEE 8.

ACV – CENÁRIO MEE 8	
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	R\$ 30.384.760,00
RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO (RBC)	7,7
TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	87%
RETORNO SIMPLES (MESES)	13

#### 4.9. Cenário MEE 9: Diagnóstico e Retrocomissionamento

O retrocomissionamento tem como premissa atender os pré-requisitos desempenho, economia e qualidade do funcionamento dos sistemas prediais durante o ciclo de vida do prédio. De acordo com ISHIDA (2015), os custos podem variar dependendo do tamanho, da complexidade e do uso, mas em geral, o custo do comissionamento em edifícios existentes varia de 3% a 5% do custo total da operação. Será considerado para análise um investimento inicial de 5% do custo anual de manutenção, energia e água/esgoto e redução de 15% de energia elétrica com a aplicação da medida de eficiência energética. Dessa forma, o valor de investimento para aplicação da medida de eficiência será de R\$ 1.059.026,26.

**Custos totais atuais (condições de referência existentes) R\$ 21.180.525,24 sendo:**

- Custos anuais com energia: **R\$ 10.808.479,99**
- Custos anuais com água e esgoto: **R\$ 2.243.942,01**
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

### Custos totais futuros (implementação e posteriores):

- Investimentos iniciais: **R\$ 1.059.026,26**
- Considerar reinvestimentos a cada 5 anos: **R\$ 1.059.026,26**
- Custos anuais com energia: **R\$ 9.187.207,92** (15% de redução)
- Custos anuais com água e esgoto: **R\$ 2.243.942,01**
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

### Calcular as diferenças: Custos de energia

- $R\$ 10.808.479,99 - R\$ 9.187.207,92 = R\$ 1.621.271,98$

### Determinar a taxa de desconto:

- 6,75% - Juros prefixados do Tesouro Direto (MF, 2020)

### Determinar a duração do período de análise:

- 20 anos

### Estimar o valor residual dos equipamentos ao término de sua vida útil:

- Não há como prever.

Tabela 12 - Análise do ciclo de vida para o cenário MEE 9.

ACV – CENÁRIO MEE 9	
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	R\$ 14.681.557,00
RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO (RBC)	6,3
TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	152%
RETORNO SIMPLES (MESES)	07

#### 4.10. Cenário MEE 10: Modernização dos elevadores

Visando a redução de 6% da energia elétrica através da modernização dos elevadores do MAPA, será considerado a troca do quadro de comando microprocessado com inversor de frequência, sistema de antecipação de chamadas e sistema de regeneração. A partir de pesquisa de mercado

com empresas do ramo de elevadores, o valor encontrado para quatro elevadores foi de R\$ 721.244,13.

**Custos totais atuais (condições de referência existentes) R\$ 18.936.589,10, sendo:**

- Custos anuais com energia: **R\$ 10.808.479,99**
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Custos totais futuros (implementação e posteriores):**

- Investimentos iniciais: **R\$ 721.244,13**
- Considerar reinvestimentos a cada 5 anos (15% do gasto inicial): **R\$ 108.186,62**
- Custos anuais com energia: **R\$ 10.159.971,10** (6% de redução)
- Custos anuais com manutenção e operação: **R\$ 8.128.109,24**

**Calcular as diferenças: Custos de energia**

R\$ 10.808.479,99 – R\$ 10.159.971,10 = **R\$ 648.508,79**

**Determinar a taxa de desconto:**

- 6,75% - Juros prefixados do Tesouro Direto (MF, 2020)

**Determinar a duração do período de análise:**

- 20 anos

**Estimar o valor residual dos equipamentos ao término de sua vida útil:**

- R\$ 72.124,41 (10% do valor de investimento).

Tabela 13 - Análise do ciclo de vida para o cenário MEE 10.

ACV – CENÁRIO MEE 10	
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	R\$ 6.102.299,00
RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO (RBC)	8,0
TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	89%
RETORNO SIMPLES (MESES)	13

#### **4.11. Considerações Finais da Análise de Viabilidade Financeira**

Após a realização da ACV de cada uma das medidas, observa-se que, embora algumas destas medidas tenham elevado valor inicial de investimento, os retornos em termos de economia nos custos com energia elétrica são rapidamente observados conforme apresentado de forma detalhada nas

subseções anteriores e de forma resumida na Tabela 14. A partir da análise realizada, observa-se que é possível ter retorno financeiro em termos da economia no consumo de energia elétrica a partir de 3 meses após o investimento inicial. Observa-se também que a aplicação com maior custo inicial envolvido seria totalmente amortizada em um período de 13 meses, gerando após a amortização, economia de 3,24 milhões de reais aproximadamente.

Tabela 144 - Quadro resumo das análises de viabilidade financeira.

CENÁRIO DE MEE	INVESTIMENTO INICIAL	PERCENTUAL DE REDUÇÃO	ECONOMIA ANUAL	RETORNO SIMPLES (MESES)
MEE 1	R\$ 34.020,00	7.29%	R\$ 787.938,18	5
MEE 2	R\$ 37.720,00	8.16%	R\$ 881.971,96	5
MEE 3	R\$ 596.953,50	4.26%	R\$ 460.441,24	15
MEE 4	R\$ 1.253.868,00	9.50%	R\$ 1.026.805,59	14
MEE 5	R\$ 2.539.127,00	15.66%	R\$ 1.692.607,95	17
MEE 6	R\$ 486.740,40	13.90%	R\$ 1.502.378,71	3
MEE 7	R\$ 957.749,20	19.01%	R\$ 2.054.692,03	5
MEE 8	R\$ 3.710.540,40	30%	R\$ 3.242.543,97	13
MEE 9	R\$ 1.059.026,26	15%	R\$ 1.621.271,98	7
MEE 10	R\$ 721.244,13	6%	R\$ 648.508,79	13

## 5. ANÁLISE DE INCERTEZAS

Uma vez que os estudos realizados neste relatório apresentam fontes de incertezas, dedica-se nesta seção suas descrições e como podem impactar na análise final dos dados apresentados.

### 5.1. Fontes de dados

Os estudos realizados tomaram como base dados disponibilizados pela SPU os quais foram obtidos via sistema SPIUnet e SIAFI, relativos ao ano de 2019, e pesquisas em documentos oficiais no que se diz respeito ao crescimento do setor público e medidas de eficiência energética. As informações contidas nas fontes de dados provenientes do SPIUnet e SIAFI estão sujeitas a erro de entrada por parte dos fornecedores das informações (encontrada em qualquer outra fonte), como por exemplo, área construída da edificação, onde muitas vezes pode ter sido informada como área disponível ou estar desatualizada. Sobre as informações de execução de despesa com energia elétrica no ano de 2019, não é informado com detalhes a qual período de consumo se refere aquela despesa, sendo ela possível de ter sido liquidada no ano de 2019 referente a um consumo em anos anteriores. No

entanto, esse cenário pode se repetir para despesas relativas a um consumo no ano de 2019 e não liquidada. Nota-se que, em termos gerais, a influência da fonte da despesa não influencia de forma significativa no objetivo geral deste estudo que é fornecer insumo e informações gerais para tomadores de decisões.

Para prospecção do consumo de energia elétrica esperado entre 2020 e 2030, utilizou-se uma taxa de crescimento esperada para o setor de serviços públicos. Após uma vasta pesquisa bibliográfica, observou-se que, a depender da forma de análise do estudo, essa taxa varia de 1,3% ao ano até 5,23% ao ano. Dentre todas as fontes encontradas, a mais adequada para a análise em questão neste estudo foi publicada em 2020 pela EPE no Atlas da Eficiência Energética do Brasil 2019, por ser considerada conservadora frente as demais. A EPE informa que entre 2005 e 2018 o consumo final energético do setor de serviços público cresceu cerca de 1,3% ao ano (EPE, 2020). Tal escolha reduz a possibilidade de obtenção de resultados que criem uma expectativa de economia elevada e irreal.

## **5.2. Conversão das Despesas em Energia Elétrica**

Após a identificação das despesas com energia elétrica no ano de 2019, foi necessária a conversão destes custos em reais em consumo de energia elétrica em kWh tendo em vista a ausência das informações de consumo de cada uma dessas unidades que só seriam possíveis com acesso ao histórico de consumo registrado nas concessionárias de energia das regiões onde estão localizados cada um dos edifícios em análise. Neste contexto, as despesas foram convertidas em sua totalidade em kWh utilizando a tarifa convencional média da localidade das fontes das despesas, não levando em consideração taxa de iluminação pública, regime tarifário, eventual demanda contratada, consumo em horário ponta e fora ponta e multas. Com relação a taxa para custeio da iluminação pública (CIP) seja isenta em alguns estados, não se tem informação suficiente para determinar se esta é isenta em todos os estados e se as referidas contas de energia estão registradas como finalidade para o serviço público, tendo em vista a existência de edifícios particulares alugados sob administração da SPU. No que se refere a consumo de ponta e fora ponta, observa-se que o serviço público geralmente tem seu funcionamento em horário comercial e predominantemente em horário fora ponta. Eventual demanda contratada considerando este cenário pode implicar em aplicação de tarifa na ordem de 17% menor que a tarifa convencional considerada neste estudo.

## **5.3. Porcentagens de Redução das MEE**

Nota-se que para determinação da eficácia de medidas de eficiência energética, necessita-se de estudos detalhados da edificação na qual esta medida será aplicada, uma vez que são inúmeras as variáveis e influenciam no resultado de um projeto de eficiência energética com o objetivo de redução

do consumo de energia elétrica e emissões de GEE. Por exemplo, dados como a orientação geográfica da fachada principal, tipo de vidro utilizado nas janelas, tipo de material utilizado na construção, são de extrema importância para determinação da eficiência das MEE. No âmbito da APF, foram disponibilizados dados de 2106 edificações sem a possibilidade da avaliação individual de cada uma delas de tal forma que a metodologia abordada para determinação dos percentuais de redução de consumo da maioria das MEE avaliadas neste relatório utiliza como base a ferramenta EDGE. Esta ferramenta, conforme detalhado na seção de metodologia, utiliza como entrada, entre outras, informações acerca de uma edificação base para realização dos cálculos de redução. Neste contexto, utilizou-se uma edificação modelo típica de escritório que não necessariamente representa as características gerais de todos os edifícios avaliados, sendo, portanto, uma fonte de incerteza incorporada nos resultados apresentados. No entanto, a aproximação da edificação modelo resultou em dados próximos aos encontrados na literatura e, em muitos casos, considerados os valores mais conservacionistas encontrados, com a finalidade de fornecer o cenário mínimo provável de resultado sem comprometer as análises apresentadas e nem as decisões tomadas como base este relatório.

#### **5.4. Viabilidade Financeira**

A análise de viabilidade financeira realizada e apresentada neste relatório teve como passos iniciais a definição de uma edificação em uma zona bioclimática de tal forma que os dados disponíveis tornassem viáveis todos os cálculos necessários. Embora é de conhecimento que as MEE podem apresentar percentuais de redução maiores ou menores a depender da zona bioclimática, nota-se que os resultados obtidos para estes percentuais não apresentaram desvios padrão superiores a 1,54% e 2,1% para os cenários de MEE 6 e 7, respectivamente, sendo os desvios padrão dos demais cenários inferiores a 1,08%. Com o objetivo de fornecer uma visão geral da viabilidade financeira para aplicação das medidas estudadas neste relatório, conclui-se que a avaliação em apenas uma zona bioclimática não resulta em incertezas significativas capazes de comprometer o resultado global do estudo.

### **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS – RELATÓRIO P4**

Neste relatório final a equipe da VLN Engenharia realizou um levantamento estatístico sobre dados de consumo de energia e demais dados relativos na base disponível no Sistema de Gerenciamento dos Imóveis de Uso Especial da União (SPIUnet) e no Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI). Realizou-se uma avaliação de eficiência energética generalizada dos 2106 edifícios vinculados à Administração Pública Federal Direta, considerando cada zona bioclimática, e verificou-se a quantidade atual de emissões de gases de efeito estufa com base nos dados disponibilizados. Por extrapolação, tomando como base a quantidade de emissões de GEE conforme

o perfil de consumo atual, construiu-se a linha de base cenário BAU e cenário *ex-ante* quando consideras dez medidas de eficiência energética nos edifícios até o ano de 2030.

Diante dos resultados obtidos, observa-se que, mesmo para cenários de fácil aplicação e menor custo de implementação agregado, como nos casos dos cenários MEE 6 e MEE 7 onde propõe-se a substituição da iluminação, seria possível economizar 5,56 bilhões de reais, o que equivale a fornecer energia elétrica para cerca de 662.956 famílias durante o período de 10 anos em análise. Observa-se também que cerca de 1 bilhão de reais seriam economizados aplicando a MEE de menor eficácia entre as dez analisadas e que esse valor pode ainda ser maior, chegando a cerca de 8,05 bilhões de reais ao aplicar o cenário com maior potencial de redução entre os analisados neste estudo. Vale ressaltar que algumas dessas medidas ainda podem ser combinadas entre si para resultar em percentuais de redução de consumo ainda maiores, obtendo assim maiores benefícios ambientais e economia financeira. No que se refere a economia relacionada a implementação das MEE avaliadas, apresentou-se uma análise de viabilidade financeira na qual ficou evidenciada as baixas taxas de retorno interno, indicando, portanto, a viabilidade das implementações e o rápido retorno do investimento com as reduções no consumo de energia elétrica esperadas. De fato, taxas de retorno simples com uma mediana de 10 meses são atrativas, apresentando um retorno financeiro do capital investido em um período inferior a 1 ano.

Adicionalmente, foi apresentada uma breve discussão sobre as fontes de incertezas presente neste estudo na qual concluiu-se que, embora os percentuais de redução possam sofrer variações a depender das características construtivas do edifício no qual as MEE serão aplicadas, o potencial de redução de emissões para os 2106 edifícios da APF é de extremo interesse uma vez que se trata de um grupo de consumo na casa dos milhões de MWh. Para um consumo nesta ordem, qualquer percentual de redução implica em uma grande quantidade de recurso financeiro economizado, podendo este ser direcionado para outras políticas públicas de interesse dos órgãos envolvidos.

## 7. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações - Parte 1 a 5**. Rio de Janeiro. ABNT, 2005.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifas médias por classe de consumo e região - 2019: Relatório de Indicadores**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/dados/tarifas>. Acessado em janeiro de 2020. ANEEL, 2019.

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*. **Standard 90.1: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. Disponível em: [https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/90-1-2007/90\\_1\\_2007\\_ce\\_cp.pdf](https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/90-1-2007/90_1_2007_ce_cp.pdf). Acessado em abril de 2020. ASHRAE, 2007.

CANADIAN SOLAR. **Catálogo de produtos e especificações técnicas**. Disponível em: <https://www.canadiansolar.com/>. Acessado em janeiro de 2020. CANADIAN, 2020.

EDGE APP – *EDGE BUILDINGS*. **Plataforma Online**. Disponível em: <https://app.edgebuildings.com/project/offices>. Acessado em fevereiro de 2020. EDGE, 2020.

ELETOBRAS – **Edificações – PROCEL INFO**. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B82BBD82C-FB89-48CA-98A9-620D5F9DBD04%7D>. Acessado em fevereiro de 2020. ELETROBRAS, 2006.

ENERGY IDEAS CLEARINGHOUSE. **Energy efficiency fact sheet: building commissioning for new buildings**. Washington: Washington State University – Extension Energy Program, Oct. 2005.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2007**. EPE, 2007.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Calculadora 2050**. Disponível em: <http://calculadora2050brasil.epe.gov.br/calculadora.html>. Acessado em fevereiro de 2020. EPE, 2016.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. EPE, 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. EPE, 2019.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Atlas da Eficiência Energética do Brasil - 2019: Relatório de Indicadores**. EPE, 2020.

GHISI, E.; TINKER, J. A.; IBRAHIM, S. H. Área de Janela e Dimensões de Ambientes para Iluminação Natural e Eficiência Energética: literatura versus simulação computacional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 81-93, out./dez. 2005.

GIZ - *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH*. **Elaboração de estudos e insumos para auxiliar o desenvolvimento do Plano de Ação de Eficiência Energética – Edificações**. GIZ, 2018.

GIZ - *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH*. **Linha de Base e Estudo Exploratório para Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor de Habitação no Brasil (GIZ, 2019)**. GIZ, 2019.

IEC – *International Electrotechnical Commission*. **IEC 62386-101:2014 – Digital Addressable Lighting Interface – Part 101: General Requirements – System Components**. IEC, 2014.

ISHIDA, C. S. F. **Modelo Conceitual para Comissionamento de Sistemas Prediais**. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-17062016-114157/publico/Dissertacao\\_Christianne\\_Ishida\\_Comissionamento.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-17062016-114157/publico/Dissertacao_Christianne_Ishida_Comissionamento.pdf). Acessado em Março de 2020. ISHIDA, 2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Plataforma Projeteee**. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/componentes-construtivos/>. Acessado em abril de 2020. MAA, 2020.

MF – Ministério da Fazenda. **Tesouro Direto: Preços e Taxas dos Títulos**. Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br/tesouro-direto-precos-e-taxas-dos-titulos>. Acessado em março de 2020. MF, 2020.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **SIRENE – Sistema de Registro Nacional de Emissões**. Disponível em: <http://sirene.mctic.gov.br>. Acessado em janeiro de 2020. MCTIC, 2017.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Fatores de emissão da margem de operação pelo método da análise de despacho**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-da-eficiencia-energetica-brasil-2019>. Acessado em janeiro de 2020. MCTIC, 2019.

MPOG - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa nº 02**. Disponível em: <https://www.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/legislacao/instrucoes-normativas/304-instrucao-normativa-n-2-de-04-de-junho-de-2014>. Acessado em janeiro de 2020. MPOG, 2014.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia. Manual para Aplicação do RTQ-C: Comercial, de Serviço e Público. Disponível em:

49

[http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manualv02\\_1.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manualv02_1.pdf). Acessado em janeiro de 2020. Procel, 2017.

PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. **SAFEE - Simulador para Análise Financeira em Projetos de Eficiência Energética**. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>. Acessado em março de 2020. PROCELINFO, 2020.

SEDUH – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação. **GEOPORTAL - Dados georreferenciados do território e da população do Distrito Federal**. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/#>. Acessado em abril de 2020. SEDUH, 2020

WESTPHAL, F. S.. Manual Técnico do Vidro Plano para Edificações: 1 Ed. Revolução Ebooks, 2016.