

Relatório Técnico

Produto elaborado para:

Secretaria Nacional de Habitação

Ministério do Desenvolvimento Regional

Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Linha de base e estudo exploratório para redução de emissões de gases de efeito estufa no setor de habitação no Brasil

Elaborado por:

mitsidi
PROJETOS

MITSIDI SERVIÇOS E PROJETOS

Alexandre Schinazi (gestão do contrato)

Arthur Cursino (coordenador)

Bráullio de Souza



Por meio de



RELATÓRIO TÉCNICO

Linha de base e estudo exploratório para redução de emissões de gases de efeito estufa no setor de habitação no Brasil

Produto elaborado para:

Secretaria Nacional de Habitação

Ministério do Desenvolvimento Regional

Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Elaborado por: MITSIDI SERVIÇOS E PROJETOS

Autores: Arthur Cursino
Bráullio de Souza

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 Höppner (GIZ)
Julia Rabello Spinelli (SNH/MDR)

Equipe técnica: Amanda Alves Olalquiaga (SNH/MDR)
Daniel Wagner (GIZ)
Dr. Michael Laar (GOPA)

Julho de 2019

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 - Planta de uma edificação unifamiliar típica definida para o estudo	12
Figura 2 - Planta de uma edificação multifamiliar típica definida para o estudo.....	13
Figura 3 - Modelo 3D termoenergético desenvolvido para a unidade unifamiliar.....	13
Figura 4 - Modelo 3D termoenergético desenvolvido para o edifício multifamiliar	14
Figura 5 - Perfil de ocupação das UHs ao longo dos dias da semana	18
Figura 6 - Software DesignBuilder utilizado para simulação das habitações	19
Figura 7 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do setor residencial em 2016.....	24
Figura 8 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do país em 2016.....	24
Figura 9 - Emissões acumuladas de GEE do cenário Business As Usual (BAU) entre 2014 e 2030 .	25
Figura 10 - Unidades habitacionais entregues e projetadas para o período de 2015 a 2030 na Faixa 1 do PMCMV	26
Figura 11 - Fator de emissões de GEE para a eletricidade gerada no país de 2014 a 2030	26
Figura 12 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do país em 2030	27
Figura 13 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do setor residencial em 2030.....	27
Figura 14 - Emissões de GEE por ano nos diferentes cenários de melhoria em comparação ao BAU para o período de 2019 a 2030	28
Figura 15 - Emissões acumuladas de GEE nos diferentes cenários de melhoria em comparação ao BAU no período de 2019 a 2030.....	29
Figura 16 - Emissões acumuladas de GEE no cenário de melhorias conjuntas em comparação ao BAU para a 2019 a 2030	30
Figura 17 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do setor residencial em 2016 para todas as faixas do PMCMV	31
Figura 18 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do país em 2016 para todas as faixas do PMCMV	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Premissas para as simulações: dados de ocupação e consumo.....	16
Tabela 2 - Premissas para as simulações: dados de emissões de GEE pelo Brasil.....	16
Tabela 3 - Resultados da simulação de consumo de eletricidade por tipologia e região	22

LISTA DE ABREVIações

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BAU - Business as Usual

COP - Coeficiente de Performance

EE - Eficiência Energética

EEDUS - Eficiência Energética no para o Desenvolvimento Urbano Sustentável

EER - Energy Efficiency Rating

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

ER - Energias Renováveis

FAR - Fundo de Arrendamento Residencial

GEE - Gases de Efeito Estufa

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional

NDC - Contribuição Nacionalmente Determinada

OBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem

PMCMV - Programa Minha Casa, Minha Vida

RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

SNH - Secretaria Nacional de Habitação

UFF - Universidade Federal Fluminense

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UH - Unidades Habitacionais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Contexto e justificativa.....	7
1.2 Objetivo	9
2. METODOLOGIA.....	10
2.1 Definição das edificações típicas.....	11
2.2 Especificações para atualização dos modelos	14
2.2 Especificações para projeção das emissões.....	15
2.3 Implementação do PMCMV	18
2.4 Simulação energética.....	18
2.5 Premissas para projeção dos cenários de melhoria	19
3. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES.....	22
3.1 Resultados para linha de base e bau.....	22
3.2 Resultados para os cenários de melhoria	28
3.3 Estimativas das emissões para todas as faixas do PMCMV.....	30
4. DISCUSSÕES SOBRE OS RESULTADOS E CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

Em setembro de 2015 o Brasil divulgou novos objetivos em relação ao clima e anunciou que até 2025 reduziria suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) em até 37% em comparação com os níveis do ano de 2005. Além do uso maior de energias renováveis (ER), o Brasil visa atingir melhoria (sem especificação mais precisa) da eficiência energética (EE) de 10%.

Segundo o Programa do Meio Ambiente das Nações Unidas, as cidades respondem, no mundo inteiro, por mais de 70% do consumo de energia e por 40% a 50% do volume de emissões dos GEE. Segundo informação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2014, 28% da energia produzida no Brasil foi consumida em prédios residenciais, e esta tendência é crescente. Isso contribui para um volume total de emissões de cerca de 18,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂).

Com base na evolução econômica e demográfica, o Plano Nacional de Habitação (PlanHab) estabeleceu premissas para a criação de metas físicas e financeiras relacionadas ao setor habitacional e que envolvem aspectos macroeconômicos, institucionais, demográficos, urbanos, construtivos e financeiros, em diferentes cenários. No referido PlanHab (BRASIL, 2009), as metas apontam para o atendimento do universo dos assentamentos precários, da totalidade do déficit habitacional e, pelo menos, de 50% da demanda futura pertencente aos grupos que requerem subsídios para acessar uma moradia digna. A estimativa de necessidade habitacionais foi calculada então de 31,3 Milhões de domicílios, e a Meta de atendimento de 22,8 Milhões de domicílios, entre 2008 e 2023.

Por essa razão, o Governo Federal tem investido maciçamente na construção de habitações de interesse social (HIS) no marco do Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV). O marco inaugural do PMCMV ocorreu no ano de 2009 através da publicação da Medida Provisória Nº 459 de 25 de março, que foi convertida na Lei Nº 11.977 de 7 de julho de 2009. As especificações e parâmetros construtivos, entretanto, estão dispostos em diferentes normativas subsequentes publicadas pelo Ministério das Cidades.

Desde 2009 foram investidos mais de 474 bilhões de reais em recursos financeiros neste Programa que já entregou mais de 4,4 milhões de residências¹. Apesar do sucesso da produção habitacional em larga escala, notou-se a necessidade de melhoria das condições de conforto destas moradias. Um exemplo é o aumento do consumo energético devido ao uso de aparelhos de ar-condicionado.

Medidas passivas nas próprias edificações (geometria dos prédios, materiais de construção, isolamento térmico, sombreamento, etc.) e utilização de soluções inovadoras de alta eficiência são alternativas possíveis para o aumento da EE, que, aliado à inserção de ER, pode levar a uma redução do impacto energético do PMCMV. A 3ª fase do PMCMV, iniciada em 2015, apresenta evoluções nas

¹ Consultado em julho de 2019, com atualização em 30/04/2019. Ver <http://sishab.cidades.gov.br>.

exigências mínimas para as UH; contudo, ainda há grande potencial para melhoria da sustentabilidade e dos padrões de EE.

A GIZ, em parceria com a Secretaria Nacional de Habitação (SNH) do Ministério das Cidades (MCidades²), está desenvolvendo um projeto de cooperação técnica intitulado “Eficiência Energética no Desenvolvimento Urbano Sustentável, Foco: Habitação Social” (EEDUS), que tem o objetivo de melhorar a eficiência energética em unidades habitacionais de interesse social no Brasil, principalmente no PMCMV.

O EEDUS se concentra, assim, na Faixa 1 do PMCMV que, em função de sua magnitude e importância urbana e social, tem considerável influência no mercado de construção civil de habitação de interesse social. O projeto atua em três campos de ação:

- **Campo de ação 1 – Integração de critérios de EE nas diretrizes dos programas de habitação do governo federal:** O objetivo consiste em elaborar critérios para atualizar diretrizes de tal maneira que elas induzam a melhoria da EE nos Programas habitação de interesse social do Governo Federal, não se restringido apenas às unidades de moradia em si, mas incluindo também à sua inserção urbanística e seus processos construtivos. Para isso, atores-chave envolvidos no projeto são incentivados a elaborar, por conta própria e de modo consensual, recomendações para o estabelecimento de aspectos de EE nas diretrizes do PMCMV e acompanhar sua implementação. Além disso, serão considerados também experiências de projetos-demonstrativos, estudos existentes e outras iniciativas e programas da SNH/MCidades.
- **Campo de ação 2 – Desenvolvimento de métodos, processos e instrumentos novos ou adaptados para o planejamento, a implementação e o monitoramento do programa:** Esse campo de ação cria pressuposto importante para a estruturação eficaz das diretrizes do PMCMV e para sua implementação efetiva. Inadequações construtivas podem ser identificadas com maior rapidez e precisão, e, com isso, aumenta-se a qualidade dos projetos de habitação social. A efetividade e eficiência financeiras e energéticas se tornam transparentes.
- **Campo de ação 3 – Fortalecimento da base de conhecimentos e disponibilização de informações:** Neste campo de ação, o objetivo consiste em possibilitar maior participação das organizações e dos indivíduos envolvidos, em termos objetivos e técnicos, nos processos que ocorrem nas políticas de habitação do governo federal. Processos necessários de discussão e acordos se tornam mais objetivos e ágeis em função de uma base de informações e conhecimentos fortalecida. Os atores-chave aplicam o conhecimento adquirido sobre EE em seu contexto de trabalho. Está prevista cooperação com agentes financeiros e operadores, fundos de investimentos, empresas construtoras, prestadores de serviços e detentores de tecnologia, entre outros.

² Em janeiro de 2019, foram integrados o Ministério da Integração Nacional (MI) com uma parte do Ministério das Cidades (MCid), sendo conformado o Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR). A nova pasta será responsável por coordenar o PMCMV.

1.2 OBJETIVO

O objetivo do estudo é ajustar e atualizar o documento “Linha de base e potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa no setor de Habitações de Interesse Social no Brasil (Programa Minha Casa Minha Vida)”, elaborado pela MITSIDI em novembro de 2015, também como parte de projeto de cooperação entre a SNH e a GIZ.

A partir da atualização busca-se integrar as bases técnicas de redução de emissões de GEE ao projeto EEDUS de forma a:

- A auxiliar a formulação de medidas concretas para auxiliar a implementação operacional do projeto EEDUS;
- Melhor orientar as propostas de medidas de eficiência energética na direção dos impactos esperados;
- Justificar tecnicamente propostas para o desenvolvimento futuro do Programa MCMV e do Projeto EEDUS para incrementar impactos esperados no Programa;
- Ancorar as metas do Projeto EEDUS nas políticas públicas e articular com outras ações do governo federal;
- Apoiar iniciativas existentes e o desenvolvimento de novas iniciativas para aumentar a eficiência energética no setor da construção, como, por exemplo, através de programas estatais de investimento ou incentivos para o setor de edificações; e
- Alinhar as metas do Projeto EEDUS com compromissos nacionais e internacionais, como por exemplo, através de valores mensuráveis e comparáveis para a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), com fim de apoiar possíveis pedidos de financiamento no sistema internacional de doadores.

Para tanto, foram atendidos os seguintes objetivos secundários:

1. Construção da linha de base de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para o Brasil, considerando edificações da Faixa 1 – modalidades FAR e FDS – do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV);
2. Construção de um cenário *Business as Usual* (BAU) para o segmento, considerando o período de 2019 a 2030;
3. Determinação do potencial de redução de emissões de GEE a partir da elaboração de cenários de melhoria das especificações mínimas do PMCMV.

2. METODOLOGIA

De forma a permitir comparação com os resultados anteriores a metodologia adotada neste estudo partiu da metodologia adotada no estudo de 2015, descrita a seguir. A atualização do estudo está baseada em 3 fatores: (1) atualização nas especificações mínimas do PMCMV para a Faixa 1 publicadas pela SNH entre 2015 e 2019; (2) inserção dos critérios de eficiência energética e conforto térmico exigidos pela NBR 15575:2013³ e (3) avaliação dos critérios de eficiência e conforto térmico exigidos pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para edificações residenciais⁴.

Todas as especificações e critérios identificados e inseridos nos modelos de simulação foram tabelados e anexados a esse relatório em arquivo complementar do Excel. O objetivo do arquivo é permitir uma comparação entre os modelos construídos para o estudo de 2015 e os modelos da atualização de 2019, bem como permitir verificações e atualizações futuras por outras instituições.

Em relação às emissões de GEE, a metodologia adotada anteriormente e mantida na presente versão parte primeiramente da definição do estado atual de construções típicas do PMCMV na Faixa 1, delimitado em 2015 a partir do contato com diferentes construtoras participantes do programa, para então definir as projeções com base em um cenário BAU e em cenários de melhoria em relação ao BAU.

Os cenários adotados em 2015 definiam três melhorias do PMCMV para a Faixa 1: (1) medidas de arquitetura passiva nas especificações mínimas; (2) instalação de aquecimento solar nas moradias novas e parte das existentes e (3) instalação de sistema fotovoltaico em habitações uni e multifamiliares.

Para o presente estudo, os cenários adotados são mais numerosos e complementam os cenários anteriores:

- (1) Medidas de arquitetura passiva inseridas por retrofit das unidades construídas nas Fases 1 e 2 do PMCMV Faixa 1;
- (2) Instalação de sistema de aquecimento solar em todas as novas unidades a serem construídas entre 2019 e 2030;
- (3) Instalação de sistema fotovoltaico em todas as novas habitações – uni e multifamiliares – a serem construídas entre 2019 e 2030;
- (4) Instalação de sistema fotovoltaico em parte das unidades anteriores construídas nas Fases 1 e 2 do PMCMV Faixa 1;

³ Somente a partir de julho de 2017 o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) passou a exigir que as incorporadoras construtoras desenvolvessem projetos em atendimento à NBR 15575:2013. A conformidade com o PBQP-H é uma condição fundamental para a participação das construtoras no PMCMV.

⁴ Critérios definidos pelo Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) divulgado na Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012 do INMETRO

- (5) Troca de lâmpadas fluorescentes por LED em todas as unidades construídas anteriormente nas Fases 1 e 2;
- (6) Aumento do nível mínimo de eficiência dos equipamentos de ar condicionado a serem instalados nas residências com EER de 3,37 a partir de 2020 e 3,65 a partir de 2025;
- (7) Obrigatoriedade da certificação de todas as novas unidades no Programa Brasileiro de Eficiência em Edificações Residências (PBE Edifica).

As especificações, critérios e tipologias típicas foram inseridas em modelos 3D termo-energéticos simulados para nove cidades representantes das Zonas Bioclimáticas brasileiras.⁵ Para avaliação as cidades são agrupadas segundo região administrativa (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul).

O estudo é restrito às modalidades PMCMV Fundo de Arrendamento Residencial (FAR)⁶ e Fundo de Desenvolvimento Social (FDS), que atendem famílias com renda mensal bruta de até R\$ 1.800,00. Em função dos níveis de subsídios concedidos às famílias beneficiárias, estas modalidades possuem maior controle por parte do Governo e são, conseqüentemente, as modalidades com maior disponibilidade de informações sobre tipologias, sistemas construtivos e números absolutos por região. As Faixas 1,5, 2 e 3 não possuem especificações mínimas da SNH, apesar de atenderem as normas e regulamentações vigentes no país. Além disso, estas faixas fazem parte de operações de mercado onde os financiamentos contam com níveis de subsídios consideravelmente inferiores aos da Faixa 1.

2.1 DEFINIÇÃO DAS EDIFICAÇÕES TÍPICAS

Apesar da existência de projetos piloto⁷ e de referência no PMCMV Faixa 1, a grande maioria dos empreendimentos apresenta uma homogeneidade em suas tipologias, tanto nas edificações unifamiliares, quanto nas multifamiliares. De forma a permitir uma comparação retroativa dos resultados, as mesmas tipologias adotadas em 2015 foram mantidas no presente estudo.

No estudo anterior, em conjunto com a Caixa Econômica Federal, foi solicitado a empresas do setor da construção civil que atuam no PMCMV Empresas o envio de informações chave referentes a empreendimentos de habitações unifamiliares e multifamiliares considerados típicos. As seguintes construtoras colaboraram com a pesquisa enviando plantas, memorial descritivo e fotos: (1) Bairro Novo; (2) Cury; (3) De Marco; (4) Direcional; (5) Emccamp; (6) MRV; (7) Tecverde e (8) Tenda.

⁵ O Zoneamento Bioclimático Brasileiro define 8 regiões; a NBR 15575:2013 divide a ZB 8 em Norte e Nordeste para determinação da porcentagem mínima de abertura para ventilação.

⁶ A Faixa 1 ainda conta com outras modalidades, como Entidades, Oferta Pública e Rural. A Modalidade FAR é a mais expressiva em quantidade de unidades.

⁷ Como os edifícios HAB no Rio de Janeiro, os residenciais de Juazeiro na Bahia com painéis fotovoltaicos e os projetos construídos em *wood frame* em Pelotas, Rio Grande do Sul.

A principal tipologia identificada no levantamento para as edificações unifamiliares é representada por uma casa térrea com 2 dormitórios, uma cozinha, uma sala e um banheiro totalizando 40,9 m² de área útil (Figura 1). Já para a edificação multifamiliar, a tipologia principal identificada no levantamento é um edifício em formato “H” com 5 pavimentos⁸, 4 apartamentos por andar, sendo cada apartamento com 2 dormitórios, uma sala, cozinha e um banheiro com 38,45 m² de área útil (Figura 2).

Apesar das tipologias e áreas sofrerem variações entre os diversos empreendimentos, a adoção de tipologias típicas busca padronizar os resultados, de forma a permitir uma comparação direta entre os cenários. Além dos projetos, outras variáveis foram mantidas constantes entre as simulações, tais como: (a) orientação; (b) cores externas das paredes; (c) espessura dos vidros; (d) tipos de vedações; (e) número de habitantes por UH; (f) perfil de ocupação das UHs ao longo do dia e (g) potência e perfil de uso dos equipamentos elétricos, incluindo o chuveiro elétrico e a geladeira.

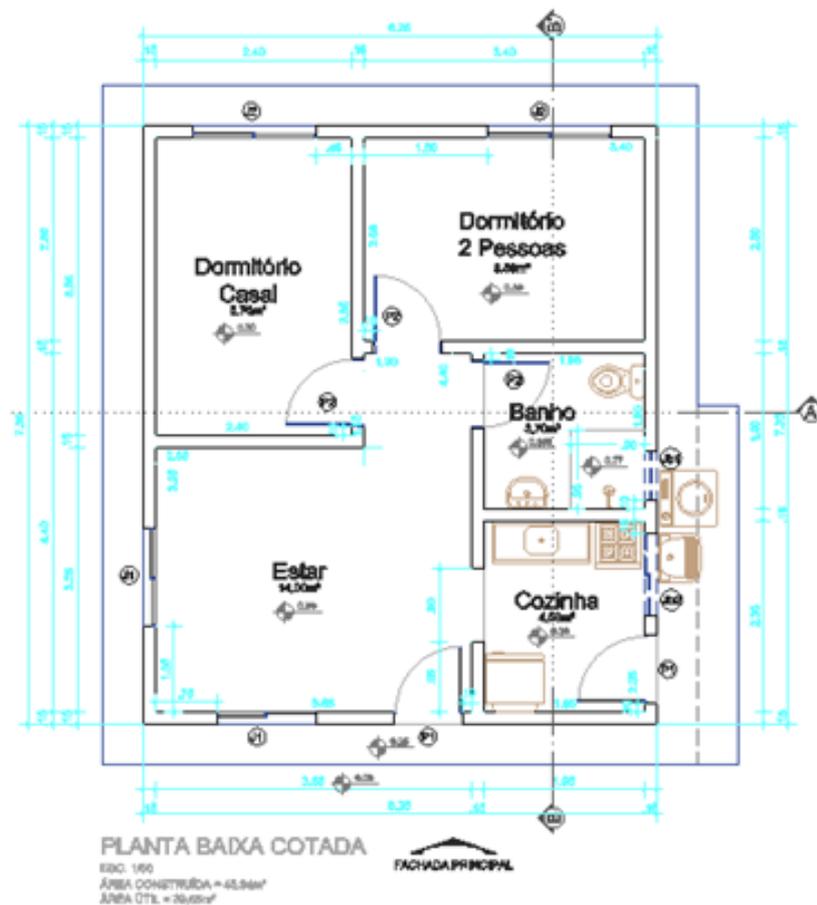


Figura 1 - Planta de uma edificação unifamiliar típica definida para o estudo

Fonte: MITSIDI, 2015^a

⁸ O modelo de 5 pavimentos é comum nos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, diferentemente de outros Estados onde o padrão mais comum são 4 pavimentos. De qualquer forma, os valores foram calculados em média por Unidade Habitacional (UH), de forma que a variação de consumo por UH entre 4 e 5 pavimentos pode ser desprezada.

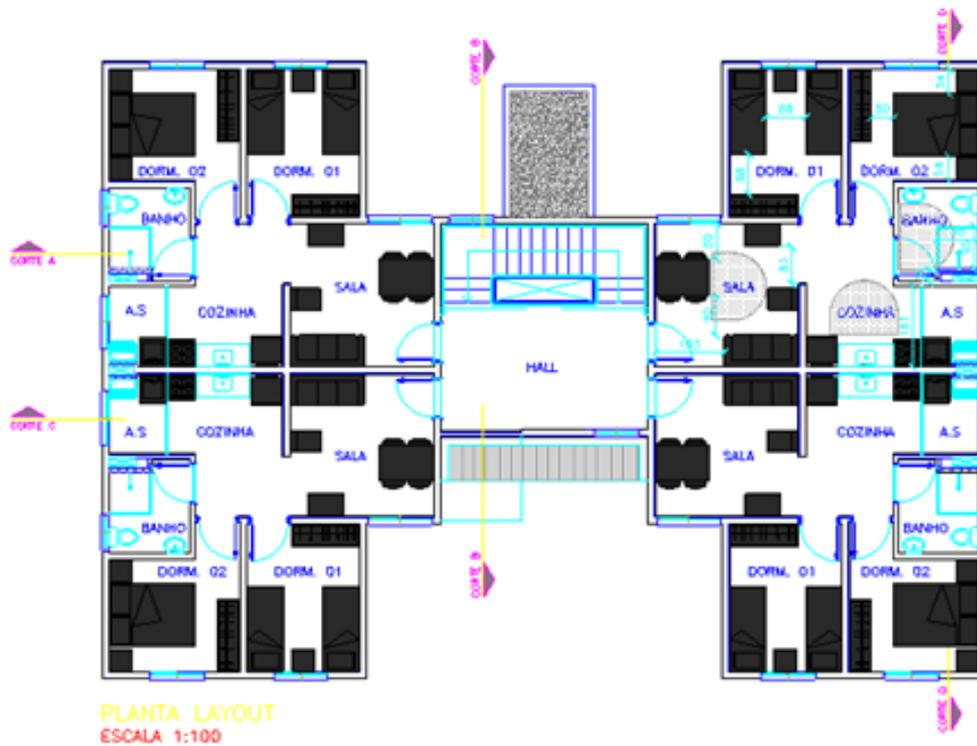


Figura 2 - Planta de uma edificação multifamiliar típica definida para o estudo
 Fonte: MITSIDI, 2015^a

As imagens dos modelos 3D termo-energéticos desenvolvidos são apresentadas na Figura 3 para as edificações unifamiliares e na Figura 4 para as edificações multifamiliares.

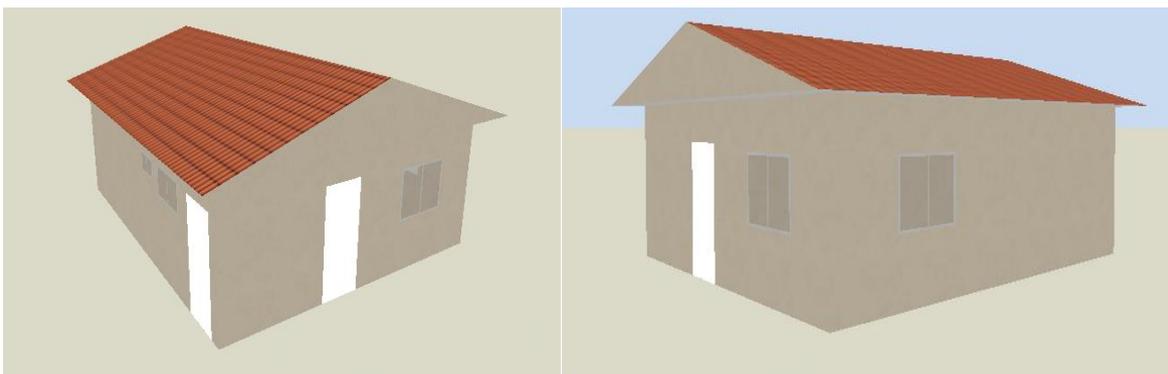


Figura 3 - Modelo 3D termo-energético desenvolvido para a unidade unifamiliar
 Fonte: elaboração própria

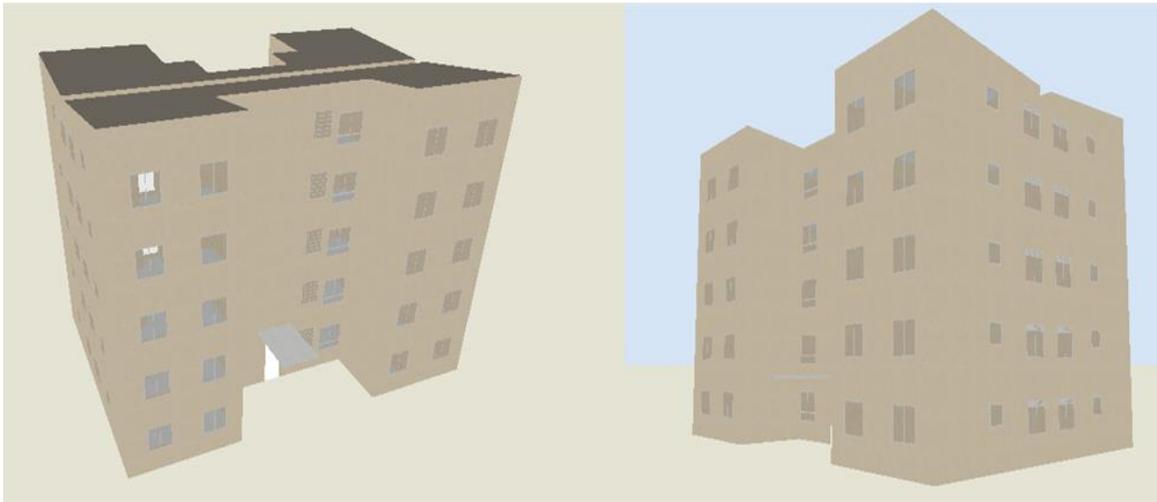


Figura 4 - Modelo 3D termo-energético desenvolvido para o edifício multifamiliar

Fonte: elaboração própria

2.2 ESPECIFICAÇÕES PARA ATUALIZAÇÃO DOS MODELOS

Como dito anteriormente, os modelos de 2015 foram atualizados com base nas especificações da SNH⁹, NBR 15575:2013 e PBE Edifica. Todas as especificações e critérios adotados, comparativamente aos modelos anteriores, foram sistematizados em uma tabela do Excel anexada à esse relatório com nome de “P4_GIZ_Parâmetros-EE_EvNorm_2019”.

O modelo elaborado em 2015 utilizou os arquivos de Roriz, principal base disponível na época. Para a atualização de 2019 foram utilizados os dados de INMET 2018.

Além da série histórica atualizada, os arquivos publicados pelo LabEEE em 2019 apresentam correções executadas no cálculo da nebulosidade, que anteriormente superestimava a radiação solar. Mais informações podem ser obtidas na página da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)¹⁰.

⁹ Versão em vigor: PORTARIA Nº 660, DE 14 DE NOVEMBRO DE 2018 - Diário Oficial da União - Imprensa Nacional. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/50484132/do1-2018-11-16-portaria-n-660-de-14-de-novembro-de-2018-504%E2%80%A6

¹⁰ Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2018>

2.2 ESPECIFICAÇÕES PARA PROJEÇÃO DAS EMISSÕES

Para definição do cenário de linha de base uma série de variáveis são adotadas para estimar as emissões de GEE, a partir da elaboração de uma planilha de cálculo. São elas:

- A. Consumo de eletricidade médio simulado por tipologia construtiva, sem sistema de ar condicionado;
- B. Consumo de eletricidade médio simulado por região do país e por tipologia construtiva, com sistema de ar condicionado;
- C. Consumo de gás LP médio por unidade habitacional por ano;
- D. Fator de emissões de CO₂ pela eletricidade distribuída;
- E. Fator de emissões de CO₂ na margem de operação;
- F. Fator de emissões de CO₂ do gás LP;
- G. Número de UHs total;
- H. Número de UHs por tipologia construtiva;
- I. Número de UHs por região do país;
- J. Emissões totais médias por UH sem ar condicionado;
- K. Emissões totais médias por UH com ar condicionado;
- L. Emissões totais acumuladas por ano e para o período total.

Para os cenários de melhoria algumas variáveis adicionais foram adotadas. Essas variáveis, assim como a metodologia de cálculo, são descritas no Item 2.5 onde cada cenário é apresentado.

Os resultados finais foram analisados frente as emissões nacionais dos diferentes setores do país (Energia, Agropecuária, Uso do Solo e Resíduos), bem como em relação à Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil assumida no âmbito do Acordo de Paris, de reduzir até 2030 em 43% as 2,1 bilhões de toneladas de GEE emitidas em 2005.

A Tabela 1 apresenta os valores adotados como premissas para os dados de ocupação e consumo de cada UH, enquanto a Tabela 2 apresenta os valores adotados para as emissões do país.

Tabela 1 - Premissas para as simulações: dados de ocupação e consumo

Premissa	2014	2019
Número de moradores por UH	4 (ELETROBRAS, 2014)	4 (ELETROBRAS, 2014)
Energéticos considerados	Eletricidade Gás LP (fogão)	Eletricidade Gás LP (fogão)
Consumo médio mensal de eletricidade por UH sem ar condicionado	138,7 kWh	125,3 kWh
Consumo médio mensal de eletricidade por UH com ar condicionado* (média nacional)	286 kWh**	187 kWh
Consumo médio mensal de Gás LP por UH	15,0 kg = 1,2 botijão (TAVARES, 2006)	15,0 kg = 1,2 botijão (TAVARES, 2006)
Posse de ar condicionado	10,8% (adaptado de EPE, 2014)	17,1% (adaptado de EPE, 2014)
*Considera tanto aquecimento, quanto resfriamento de ambientes.		
**Além das medidas de eficiência adotadas na Fase 3 do PMCMV Faixa 1, que reduziram o consumo de energia pelo ar condicionado, o valor de 2014 está superestimado por conta do cálculo da nebulosidade adotado anteriormente nos arquivos climáticos.		

Tabela 2 - Premissas para as simulações: dados de emissões de GEE no Brasil

Premissa	2016*	2030
Emissões totais de CO_{2eq} do país	2.227 Mton (SEEG, 2017)	1.115 Mton (MMA, 2015)
Emissões totais de CO_{2eq} do setor residencial	25,8 Mton (SEEG, 2017)	21,6 Mton (EPE, 2018a)
Fator de emissões de CO_{2eq} da eletricidade gerada	0,0817 kg/kWh (MCTIC, 2019)	0,1560 kg/kWh (EPE, 2007)
Fator de emissões de CO_{2eq} da margem de operação		0,4287 (MCTIC, 2019)

*Dados mais recentes divulgados pelo Observatório do Clima para as emissões desagregadas por setores

O fator de emissões da margem de operação¹¹ desconsidera as fontes hídricas, levando em conta apenas as emissões das usinas termoelétricas, que emitem mais GEE. Esse fator foi utilizado no estudo para avaliar o potencial de redução de emissões de GEE, a partir da redução do consumo de energia nas residências durante os horários de ponta de consumo de eletricidade. Esse fator é utilizado para cálculo de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), pois considera o quanto de GEE deixa de ser emitido quando a eletricidade gerada por uma termoelétrica deixa de ser consumida e, portanto, gerada.

Para aquecimento de água foi mantida a existência de chuveiro elétrico nas UHs em todas as regiões do país, mais sistemas solares de aquecimento de água já entregues nas fases anteriores do PMCMV Faixa 1. A potência adotada ao longo do ano foi de 3750 W, considerando uma média de uso entre os modos de inverno e verão para um chuveiro típico de 5500 W. O uso de aquecedores a gás foi considerado pouco relevante para a Faixa 1 do PMCMV e, portanto, não utilizado nas estimativas.

Para o condicionamento ambiental foram considerados equipamentos com sistema reverso, que permite tanto aquecimento, quanto resfriamento dos ambientes. Apesar do resfriamento ser mais comum na maior parte do país, existem regiões do Sul e Sudeste que apresentam temperaturas de inverno com necessidade de aquecimento. De forma a refletir um consumo mais próximo à realidade, o aquecimento ou resfriamento foram considerados apenas no período noturno, assim como adotado anteriormente no modelo de 2015. As temperaturas de conforto adotadas, de forma conservadora, são de 25 graus Celsius para resfriamento e 18 graus Celsius para aquecimento, enquanto a eficiência adotada para o equipamento é de 3,02 W/W (Nível B de eficiência pela classificação do PBE).

O consumo de gás LP pelo fogão foi obtido em um estudo de Tavares (2006), que faz uma análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. O consumo de 15 kg/mês/residência equivale a 1,2 botijões e representa o consumo de uma UH de interesse social.

O perfil de ocupação dos quatro habitantes das UHs é definido por ambiente de acordo com Eletrobras (2014) e apresentado na Figura 5. Nota-se que a UH está sempre habitada ao longo do dia, sendo que os horários das 10h-11h e das 14h-16h registram a menor ocupação. O perfil é o mesmo adotado no estudo de 2015 e foi baseado na metodologia de simulação do RTQ-R do PBE Edifica.

¹¹ A margem de operação ocorre quando usinas que utilizam combustíveis fósseis são acionadas para suprir o SIN com eletricidade. No caso brasileiro, quando o parque de usinas hidroelétricas e eólicas não é capaz de atender a demanda, as usinas a gás natural são despachadas, resultando em um aumento das emissões de GEE.

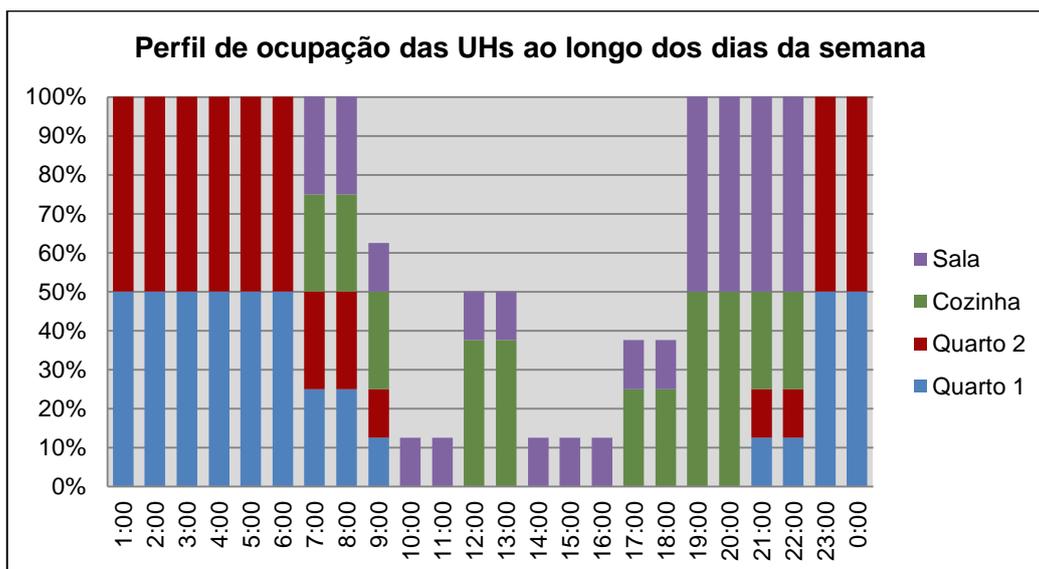


Figura 5 - Perfil de ocupação das UHs ao longo dos dias da semana

Fonte: elaboração própria a partir de Eletrobras, 2014

2.3 IMPLEMENTAÇÃO DO PMCMV

Para determinar os números de UHs contratadas e entregues por ano e por região do país, foram utilizados os dados informados pela Secretaria Nacional de Habitação (SNH) sobre a implementação do PMCMV até 2018, do documento com nome de “20180213_Empreendimentos_FAR_FDS.xlsx”.

As unidades contratadas, porém ainda não entregues, foram distribuídas igualmente ao longo dos anos de 2019 e 2020.

Já para os números de unidades futuras a serem construídas entre 2021 e 2030, foi adotada a média histórica dos últimos dez anos, quando foram entregues 153.068 habitações por ano, de acordo com dados do Sistema de Gestão Habitacional (SISHAB) do Ministério do Desenvolvimento Regional (2019)¹².

2.4 SIMULAÇÃO ENERGÉTICA

Todas as simulações foram realizadas no software DesignBuilder, versão 5.5, mesmo software utilizado para as simulações de 2015 (versão 4.3). A Figura 6 apresenta a interface básica do programa com detalhes do modelo multifamiliar atualizado.

¹² Disponível em <http://sishab.cidades.gov.br/>

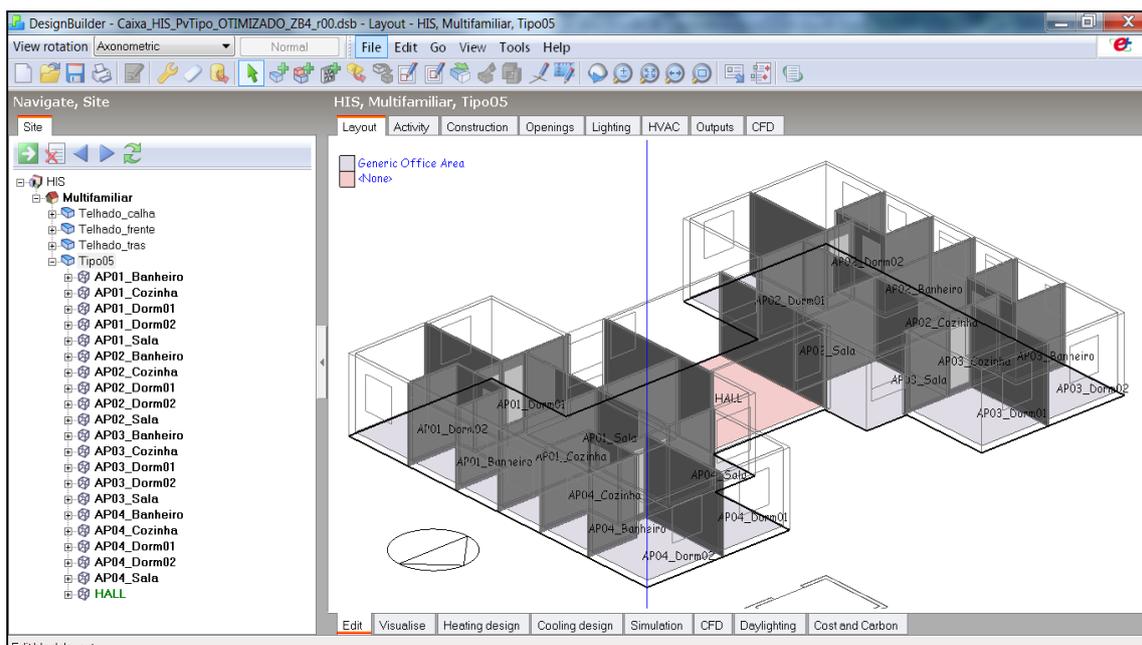


Figura 6 - Software DesignBuilder utilizado para simulação das UHs

As simulações foram realizadas para nove cidades representativas das cinco regiões brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul), de forma a considerar as diferentes realidades climáticas das 8 zonas bioclimáticas nas quais o Brasil está dividido¹³.

As nove cidades adotadas são as mesmas consideradas no estudo anterior de 2015:

1. PR – Curitiba – Zona 1 – Região Sul
2. RS – Santa Maria – Zona 2 – Região Sul
3. SP – São Paulo – Zona 3 – Região Sudeste
4. DF – Brasília – Zona 4 – Região Centro-oeste
5. RJ – Niterói – Zona 5 – Região Sudeste
6. MS - Campo Grande – Zona 6 – Região Centro-oeste
7. PI – Teresina – Zona 7 – Região Nordeste
8. AM - Manaus – Zona 8 – Região Norte
9. BA – Salvador – Zona 8 – Região Nordeste

2.5 PREMISSAS PARA PROJEÇÃO DOS CENÁRIOS DE MELHORIA

Como dito anteriormente, o estudo é restrito às modalidades PMCMV FAR e FDS, que atendem famílias com renda mensal bruta de até R\$ 1.800,00 (Faixa 1) e que, conseqüentemente, possuem

¹³ Ver nota 5.

maiores informações sobre tipologias, sistemas construtivos e números absolutos por região. Dessa forma, os cenários propostos limitam-se a essas modalidades.

Para cada um dos sete cenários de melhoria avaliados, foram adotadas premissas de redução de GEE. As premissas são descritas na sequência, por cenário.

1. Medidas de arquitetura passiva para retrofit das unidades construídas nas Fases 1 e 2 do PMCMV Faixa 1

A partir dos resultados obtidos nas simulações da Fase 3 do PMCMV, foram identificadas melhorias que reduziram o consumo de eletricidade, principalmente quando o uso de equipamentos de ar condicionado é considerado. Essas melhorias são discutidas no capítulo seguinte, e foram utilizadas para a construção de um cenário de retrofit das unidades entregues nas Fases 1 e 2 do PMCMV para a Faixa 1.

Esse cenário buscou identificar as emissões que poderiam ser evitadas entre 2019 e 2030, caso um retrofit das UHs entregues entre os anos 2009 e 2014 fosse realizado. De forma mais realista, foi adotada uma taxa de retrofit anual das UHs, que define a quantidade de unidades reformadas por ano. A taxa de retrofit adotada para o cenário é igual a taxa de penetração do ar condicionado.

2. Instalação de sistema de aquecimento solar em todas as novas unidades a serem construídas entre 2019 e 2030

Nesse cenário todas as novas UHs receberam um sistema de aquecimento solar, incluindo as unidades multifamiliares, com uma média de 50% de Fração Solar (FS) para todo o país. As estimativas consideram não apenas a redução das emissões por conta da redução do consumo de eletricidade para aquecimento de água, mas também a redução da potência demandada no horário de pico de operação do Sistema Interligado Nacional (SIN) em MW, o que reduz as emissões de CO_{2eq} pela margem de operação. O horário de pico foi considerado para as estações de inverno, primavera e outono, uma vez que no verão o horário de pico desloca-se para o meio da tarde, por conta do uso dos sistemas de ar condicionado. Estão incluídas as regiões Norte e Nordeste, onde a instalação dos sistemas solares hoje foi flexibilizada.

3. Instalação de sistema fotovoltaico em todas as novas unidades – uni e multifamiliares – a serem construídas entre 2019 e 2030

Nesse cenário todas as novas UHs a partir de 2019 receberam um sistema fotovoltaico de 1,5 kWp para unidades unifamiliares e 10 kWp para multifamiliares. A capacidade de geração a partir da radiação solar foi fixada em território nacional em 1300 kWh/kWp/ano para todas as regiões, um valor conservador. Os dados utilizados para as projeções foram obtidos em MITSIDI, 2015b.

4. Instalação de sistema fotovoltaico em parte das unidades anteriores construídas nas Fases 1 e 2 do PMCMV Faixa 1

Utilizando as mesmas premissas adotadas no cenário anterior, foi testado o quanto as emissões seriam reduzidas caso os sistemas fotovoltaicos fossem instalados no parque habitacional existente. Para a projeção foi adotado um percentual de instalação de 1,5% a.a. do parque habitacional total, entre 2019 e 2030.

5. Troca de lâmpadas fluorescentes por LED em todas as unidades construídas anteriormente nas Fases 1 e 2

A tecnologia LED encontra-se com custos cada vez mais competitivos, dessa forma, um cenário de troca das lâmpadas fluorescentes por tecnologia LED foi idealizado, contemplando todas as UHs entregues nas Fases 1 e 2 do PMCMV Faixa 1. Esse cenário considera ainda um trabalho de orientação dos moradores, para que outros tipos de lâmpadas não venham a ser instaladas até 2030. A potência adotada da lâmpada LED por ambiente foi de 9W.

6. Aumento do nível mínimo de eficiência dos equipamentos de ar condicionado a serem instalados nas residências com EER de 3,37 a partir de 2020 e 3,65 a partir de 2025

Para as simulações da linha de base e BAU foi considerado um EER de 3,02 para os equipamentos de ar condicionado, o que equivale ao Nível B de eficiência no PBE. Nesse cenário de melhoria o consumo de eletricidade foi simulado com eficiências melhores para os equipamentos, utilizando o valor de 3,37 a partir de 2020 e de 3,65 a partir de 2025. Considera-se que todos os novos equipamentos a serem instalados nas UHs terão essas eficiências.

7. Tornar obrigatória a certificação de todas as novas unidades no Programa Brasileiro de Eficiência em Edificações Residências (PBE Edifica)

O PBE Edifica para edifícios residenciais avalia a eficiência de dois sistemas: (1) envoltória e (2) aquecimento de água. Os parâmetros da envoltória são definidos de forma a privilegiar a ventilação natural (e assim reduzir a penetração dos equipamentos de ar condicionado), enquanto os parâmetros de aquecimento de água definem que para atingir os níveis mais altos de eficiência, os chuveiros elétricos devem ser substituídos por aquecedores a gás natural ou gás LP. Nesse cenário, a penetração do ar condicionado nas novas UHs foi reduzida em 75% por ano, por conta das melhorias decorrentes da obrigatoriedade do PBE Edifica. A troca do chuveiro elétrico pelos aquecedores a gás foi desconsiderada, uma vez que as emissões por ambos os equipamentos são semelhantes, considerando as emissões a partir do consumo de energia primária.

3. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Foram realizadas **108 simulações** para contemplar todos os cenários propostos, incluindo a linha de base das emissões, o cenário BAU e os cenários de melhorias. Os resultados são apresentados primeiramente para a linha de base e BAU e, posteriormente, para o cenários de melhoria.

3.1 RESULTADOS PARA LINHA DE BASE E BAU

A Tabela 3 resume os resultados para a simulação do consumo de eletricidade por tipologia construtiva e zona bioclimática. Esse resultado é a base para as projeções de emissões realizadas nos cenários.

Tabela 3 - Resultados da simulação de consumo de eletricidade por tipologia e região

ESTADO - CIDADE - ZONA BIOCLIMÁTICA - REGIÃO	CONSUMO DE ELETRICIDADE (kWh/mês)		
	SEM AR CONDICIONADO	COM AR CONDICIONADO*	
	UNIFAMILIAR / MULTIFAMILIAR	UNIFAMILIAR	MULTIFAMILIAR
PR – Curitiba – Zona 1 Região Sul	125,3	218,7	143,6
RS – Santa Maria – Zona 2 Região Sul		208,5	151,4
SP – São Paulo – Zona 3 Região Sudeste		148,4	129,0
DF – Brasília – Zona 4 Região Centro-oeste		133,3	129,0
RJ – Niterói – Zona 5 Região Sudeste		140,2	135,6
MS – Campo Grande – Zona 6 Região Centro-oeste		156,6	147,1
PI – Teresina – Zona 7 Região Nordeste		275,0	205,6
AM – Manaus – Zona 8 Região Norte		201,5	179,0
BA – Salvador – Zona 8 Região Nordeste		196,2	180,5

*Inclui aquecimento e resfriamento dos ambientes, de acordo com as realidades climáticas de cada cidade

Apesar de existirem diferenças regionais, culturais e pessoais em relação ao uso de energia em uma habitação, foi adotado um valor único para o consumo mensal de eletricidade em todas as UHs sem equipamentos de ar condicionado, uni ou multifamiliares. Esse consumo simulado foi de 125,3

kWh/mês ou 1.503,6 kWh/ano. O valor é 9,6% menor ao valor simulado em 2015, de 138,7 kWh/mês. Essa diferença se deu por conta de uma maior utilização iluminação LED, atualmente mais competitiva com preços muito próximos às lâmpadas fluorescentes. Os usos finais da eletricidade para esse consumo são: 43% chuveiro elétrico; 27% geladeira; 16% equipamentos elétricos em geral, como televisão e micro-ondas e 14% iluminação.

Em relação às UHs com equipamentos de ar condicionado, foram registrados consumos semelhantes nas cidades com clima temperado e com clima tropical úmido. Isso se dá pelo fato da necessidade de aquecimento nas cidades frias. Como o coeficiente de performance do sistema de aquecimento é inferior ao coeficiente do sistema de resfriamento (COP de 1,0 W/W para aquecimento e 3,02 W/W para resfriamento), o consumo de eletricidade pelo equipamento de ar condicionado é mais alto, mesmo a demanda térmica sendo menor.

O consumo médio mensal registrado nas unidades multifamiliares é menor que a média das unifamiliares quando o sistema de condicionamento de ar é considerado. Esse resultado era esperado, uma vez que as habitações unifamiliares tem mais fechamentos externos expostos ao ambiente, bem como sofrem maior impacto da temperatura do solo. Nas habitações multifamiliares esses fatores são ponderados entre todas as habitações. Na média o consumo mensal de eletricidade é de 186,8 kWh/mês para as habitações unifamiliares e 175,1 kWh/mês para as multifamiliares.

A partir dos consumos simulados por tipologia e zona bioclimática, foram projetadas as emissões de GEE considerando todas as variáveis apresentadas no Item 2.2. O resultado para o cenário de linha de base no ano de 2014 foi de 1.137.080,8 toneladas de GEE. Esse valor, para o mesmo ano, no estudo de 2015 foi de 996.012,8 toneladas de GEE. A diferença se deu por conta da atualização do número de habitações entregues. No estudo anterior o número mais recente fornecido pela Caixa era de 1.319.883 UHs, enquanto na versão mais recente do monitoramento o valor foi atualizado para 1.506.776 UHs.

Para estimar as emissões da linha de base foi adotado o ano de 2016, uma vez que os dados mais recentes em termos de emissões desagregadas do país datam desse ano. As emissões totais estimadas para o ano de 2016 são de 1.023.356,2 tCO₂ ou 1,02 MMton. O valor é ligeiramente inferior ao do ano de 2014, uma vez que o fator de emissões de GEE da eletricidade gerada no país diminuiu¹⁴. Enquanto em 2014 o fator publicado pelo MCTIC (2019) foi de 0,1355 kg/kWh, em 2016 esse fator foi de 0,0817 kg/kWh.

Os resultados comparativos entre as emissões estimadas para o PMCMV Faixa 1 em relação ao setor residencial brasileiro e as emissões totais do país são apresentados na Figura 7.

¹⁴ O fator de emissões de GEE do SIN reduziu-se por dois motivos principais: (1) maior geração por fontes renováveis, principalmente das novas usinas eólicas e da usina hidroelétrica de Belo Monte e (2) redução do consumo de eletricidade do parque industrial, devido à crise econômica enfrentada pelo país nos últimos anos.

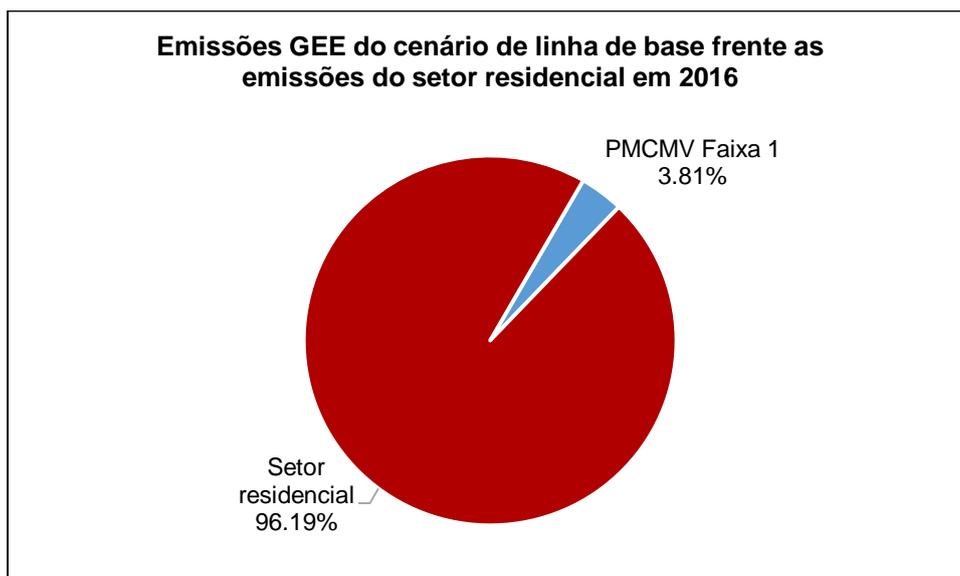


Figura 7 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do setor residencial em 2016

O valor estimado de 3,81% está próximo ao valor calculado no estudo de 2015, que registrou uma participação de 2,86% para o PMCMV Faixa 1 em relação ao setor residencial. Essa diferença de pontos percentuais entre os dois estudos ocorre por conta do número atualizado de unidades habitacionais entregues e das reduções das emissões do Brasil registradas nos últimos anos.

Considerando as emissões totais do país, a representatividade do PMCMV Faixa 1 equivale a 0,04% das emissões totais, como mostra a Figura 8. Este valor também está próximo ao estimado anteriormente em 2015, em 0,03%.

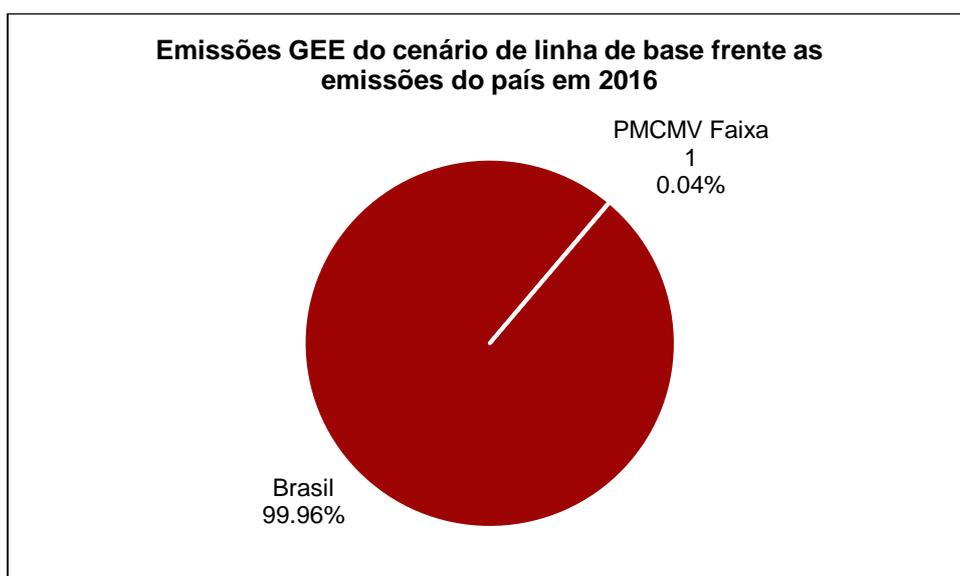


Figura 8 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do país em 2016

Aplicando as estimativas para todo período, foram calculadas as emissões acumuladas por ano até 2030 para o cenário BAU (Figura 9). Optou-se por manter os anos de 2014 a 2018 no gráfico, uma vez que eles estavam presentes no estudo anterior.

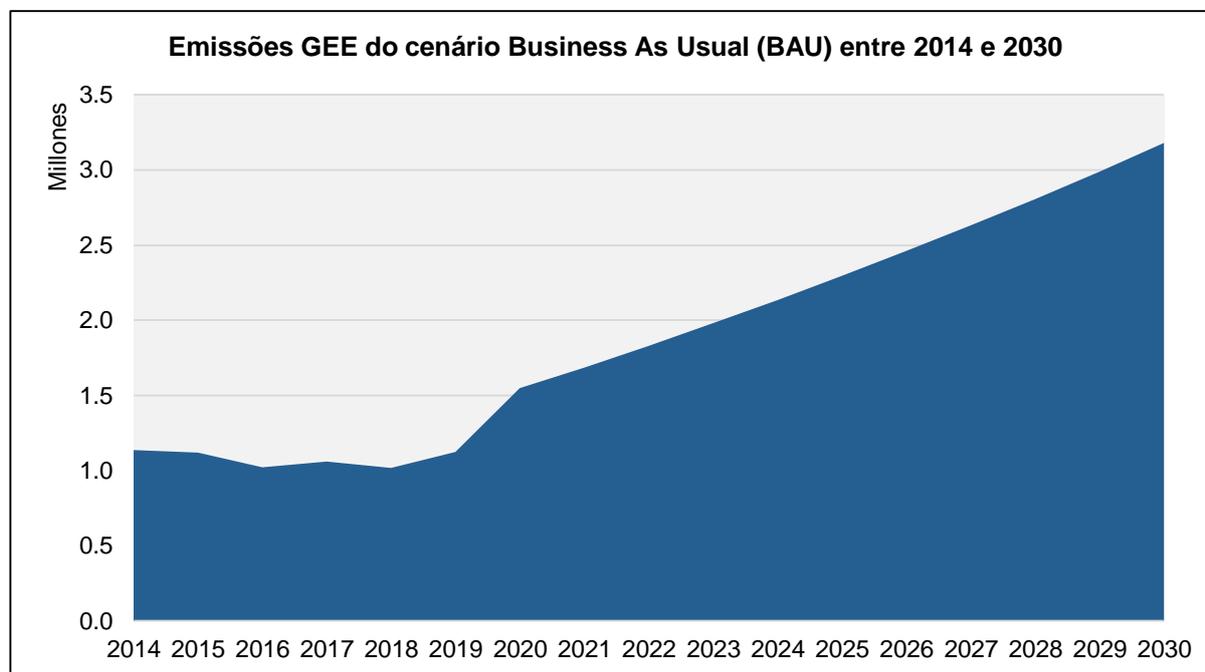


Figura 9 - Emissões acumuladas de GEE do cenário Business As Usual (BAU) entre 2014 e 2030

Nota-se que entre 2014 e 2019 as emissões mantiveram-se praticamente estáveis no PMCMV para a Faixa 1, isso ocorreu por dois fatores: (1) redução no número de novas unidades habitacionais entregues e (2) redução do fator de emissões da eletricidade gerada no país. A Figura 10 apresenta o número de UHs entregues entre 2014 e 2019 adicionado das UHs estimadas para os anos de 2020 a 2030, de acordo com a média de habitações entregues consultadas no SISHAB (MDR, 2019). O número total de UHs entregues entre 2020 e 2030 é de 1.530.680 de unidades na Faixa 1.

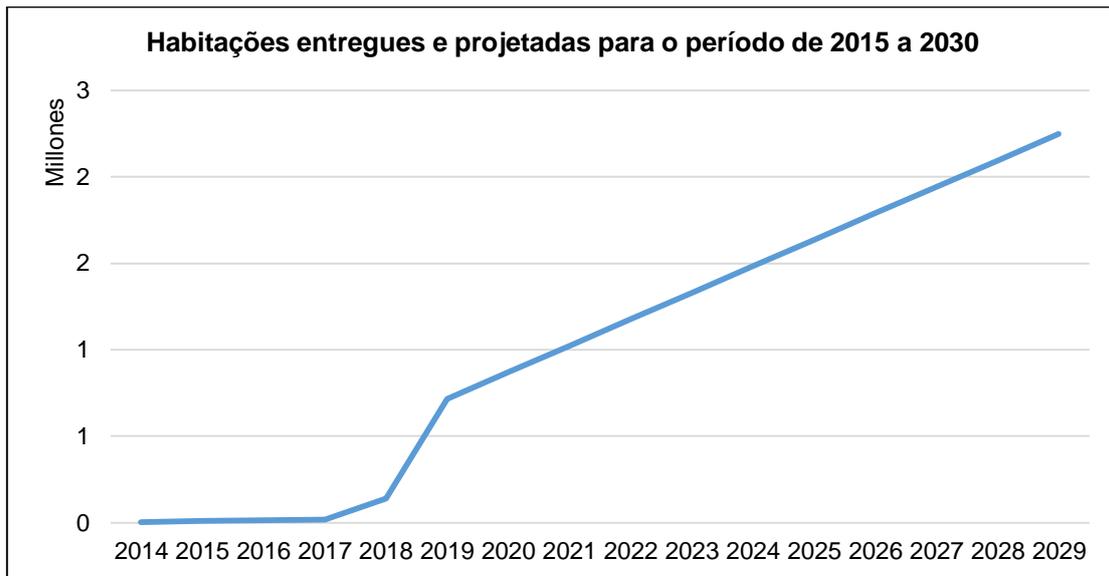


Figura 10 - Unidades habitacionais entregues e estimadas para o período de 2014 a 2030 na Faixa 1 do PMCMV

Fonte: elaboração própria a partir de MDR, 2019

Em relação ao fator de emissões de GEE da eletricidade gerada e distribuída no país, os valores adotados para o período de 2014 a 2018 são disponibilizados pelo MCTIC (2019), sendo a projeção para 2019 a 2030 baseada em EPE (2007).

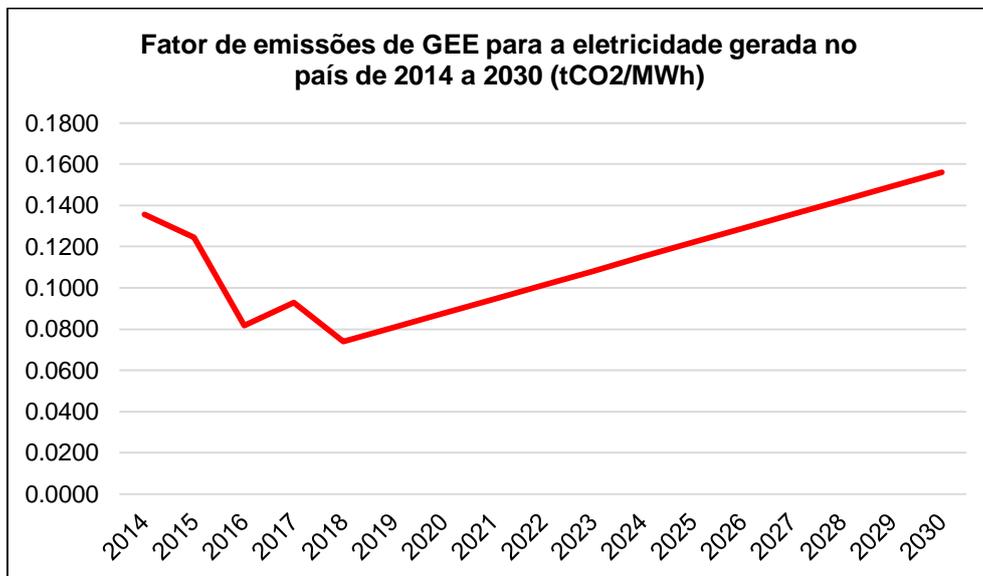


Figura 11 - Fator de emissões de GEE para a eletricidade gerada no país de 2014 a 2030

Fonte: elaboração própria a partir de MCTIC, 2019 e EPE, 2007

Considerando as estimativas e o número de unidades habitacionais projetadas para 2030, o total de emissões para esse ano será de 5.915.864,6 tCO₂, um aumento de 5,8 vezes em relação às emissões de 2016. Esse total equivale a 0,28% das emissões totais do país em 2030 (Figura 12) e 13% das emissões do setor residencial (Figura 13). As emissões estimadas terão um crescimento médio de 16% a.a. para o período entre 2019 e 2030.

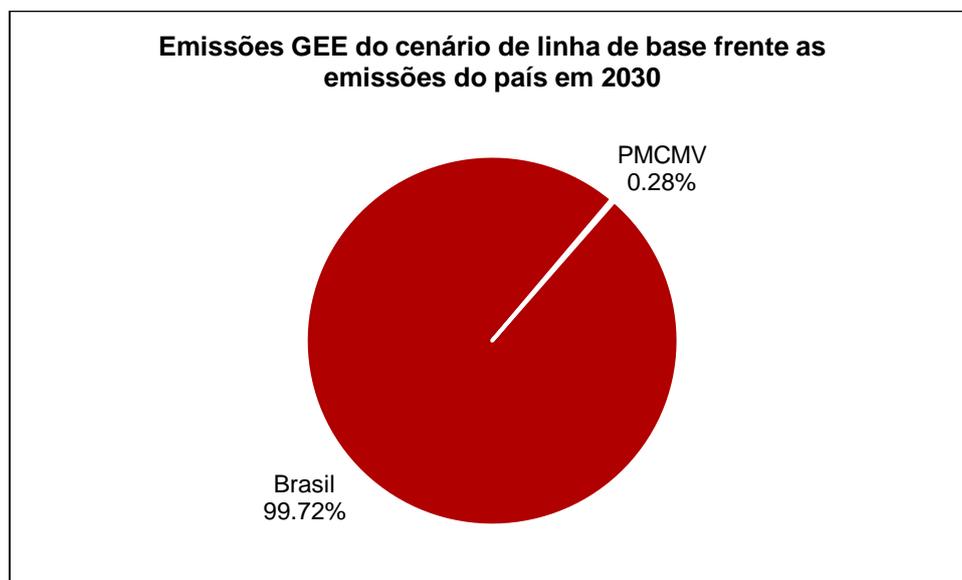


Figura 12 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do país em 2030

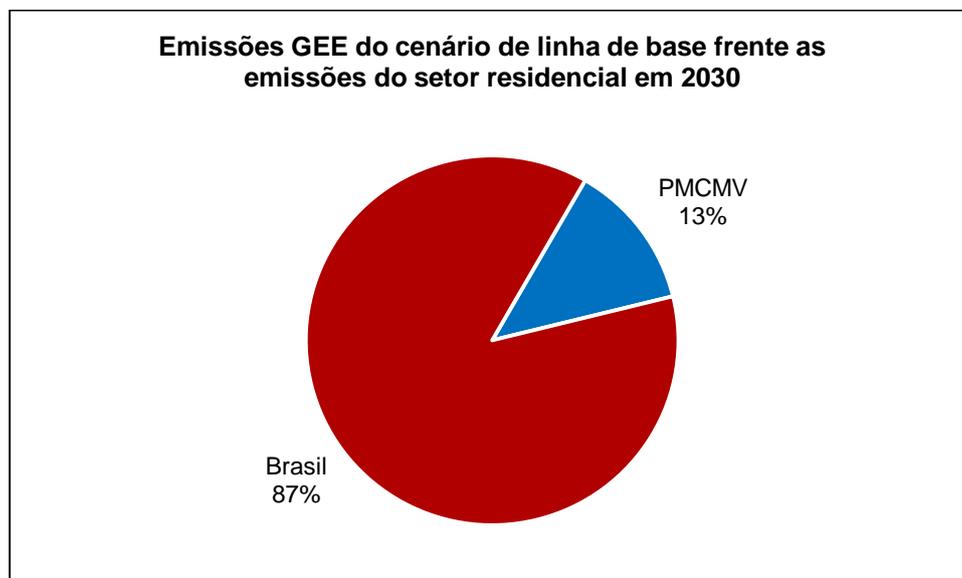


Figura 13 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do setor residencial em 2030

Os resultados demonstram que apesar das emissões atualmente serem praticamente irrelevantes em nível nacional no momento, até 2030 o PMCMV Faixa 1 pode representar 13% das emissões do setor residencial, caso nenhuma medida de redução seja adotada e as projeções se realizem.

3.2 RESULTADOS PARA OS CENÁRIOS DE MELHORIA

A partir dos sete cenários de melhoria descritos no Item 2.5, foram estimadas as emissões acumuladas para o período de 2019 a 2030. Os resultados são apresentados na Figura 14.

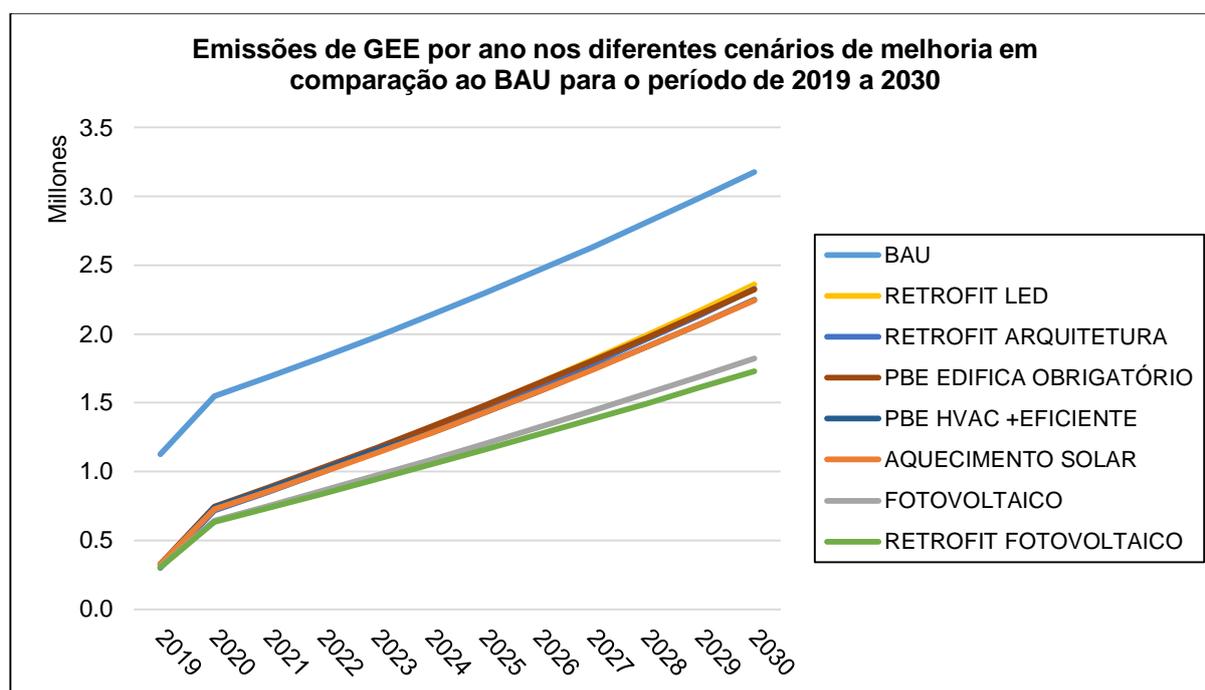


Figura 14 - Emissões de GEE por ano nos diferentes cenários de melhoria em comparação ao BAU para o período de 2019 a 2030

Nota-se que todos os cenários mostraram potenciais significativos de redução de GEE, apesar de estarem divididos em basicamente dois grupos. O primeiro grupo – que inclui os cenários de retrofit, PBE e aquecimento solar - permite uma redução de cerca de 27% das emissões do BAU, enquanto o segundo grupo - que agrupa os dois cenários fotovoltaicos – expressa um potencial maior de redução, na faixa de 45%.

Na Figura 15 apresenta-se o potencial de redução de emissões acumuladas de GEE para o período entre os anos de 2019 e 2030.

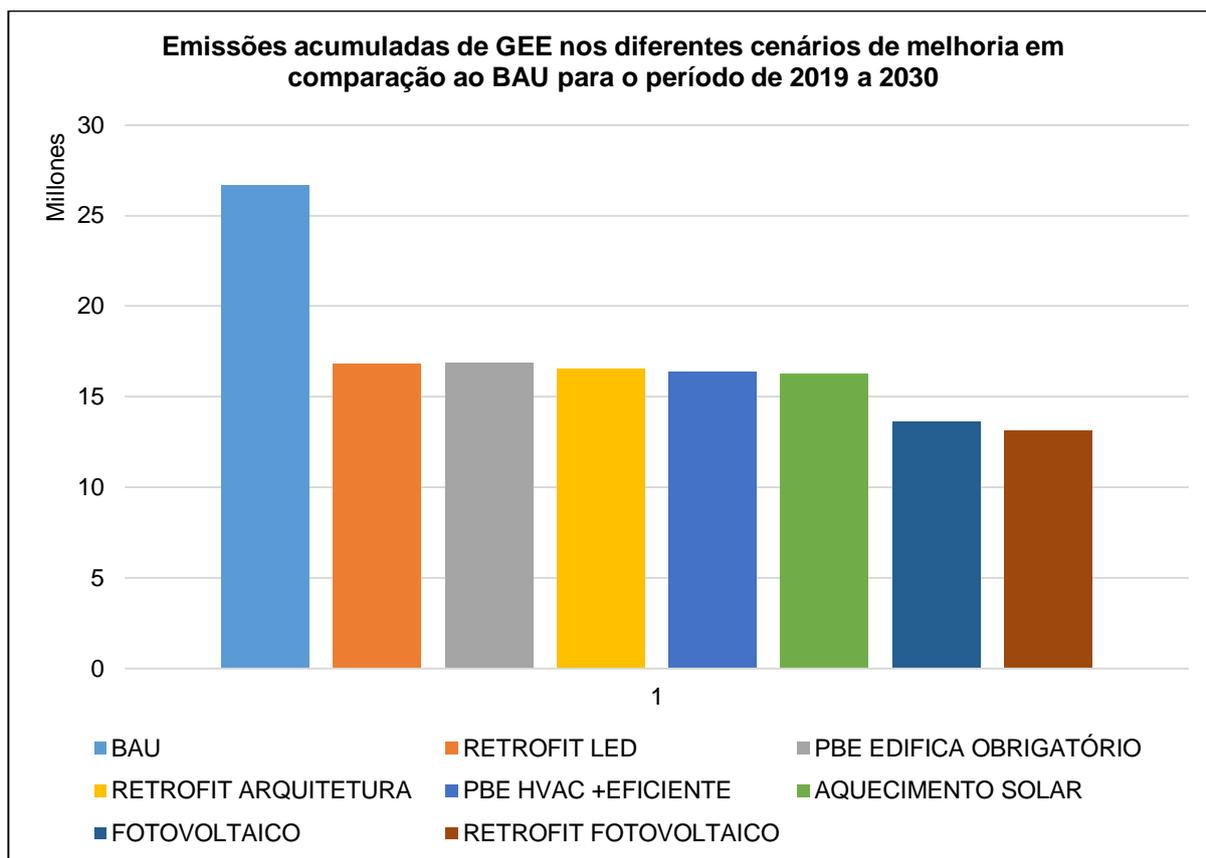


Figura 15 - Emissões acumuladas de GEE nos diferentes cenários de melhoria em comparação ao BAU no período de 2019 a 2030

Para os cenários do primeiro grupo – que inclui os cenários de retrofit, PBE e aquecimento solar - estima-se uma economia aproximada de 10 milhões de toneladas de GEE para o período completo por cenário, enquanto que para o segundo grupo - que agrupa os dois cenários fotovoltaicos - o total é de pouco mais de 13 milhões de toneladas por cenário.

Apesar dos cenários não serem diretamente comparáveis, uma vez que novas simulações energéticas são necessárias para avaliar o potencial de atuação conjunto das medidas de eficiência¹⁵, é possível inferir o potencial de um cenário de atuação conjunta de 2 cenários de melhorias: (1) fotovoltaico e (2) retrofit LED, onde as emissões de GEE são praticamente zeradas. O resultado estimado é mostrado na Figura 16, em comparação ao cenário BAU.

¹⁵ Por exemplo, a adoção do LED reduz a carga térmica do interior da edificação, reduzindo, conseqüentemente, o consumo dos cenários de ar condicionado. A instalação do sistema fotovoltaico na cobertura reduz a radiação solar absorvida pelos ambientes, reduzindo também a carga térmica e o consumo de energia do ar condicionado. Essas interações permitem ganhos maiores quando os cenários são simulados de forma conjunta, o que não foi realizado no exemplo da Figura 15.

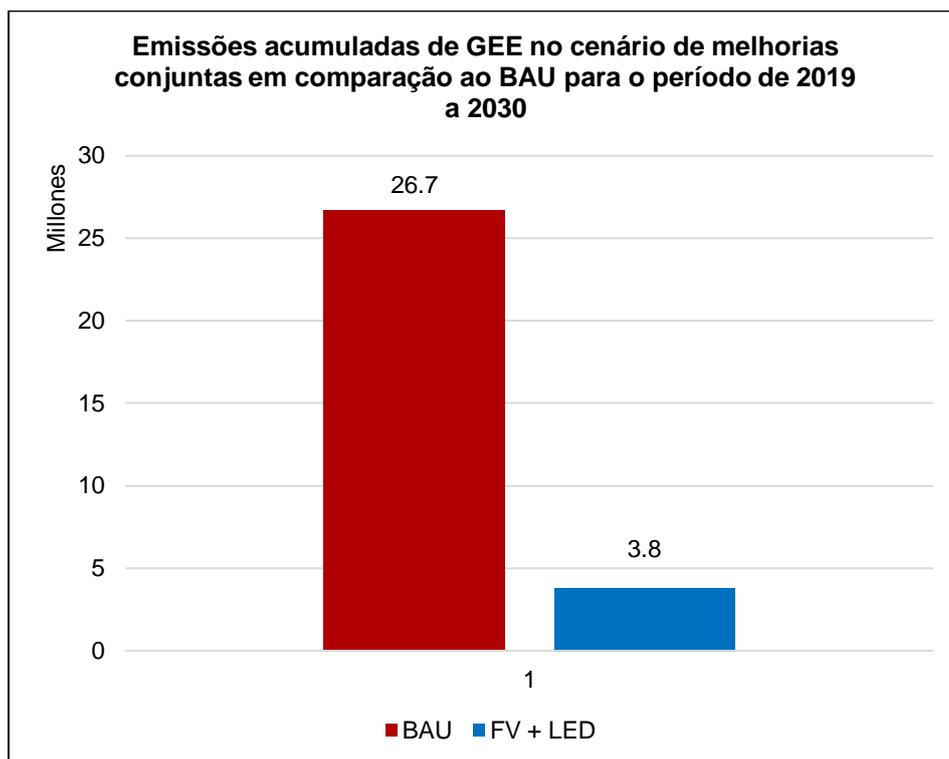


Figura 16 - Emissões acumuladas de GEE no cenário de melhorias conjuntas em comparação ao BAU para a 2019 a 2030

3.3 ESTIMATIVAS DAS EMISSÕES PARA TODAS AS FAIXAS DO PMCMV

Por fim, uma última comparação foi realizada estimando as emissões do PMCMV como um todo para o ano de 2016, considerando não apenas as habitações da Faixa 1, mas também as Faixas 1,5, 2 e 3. Essa comparação apresenta uma margem de erro maior, uma vez que não existem especificações mínimas de projeto que permitam realizar simulações energéticas para todos os empreendimentos das Faixas 1,5, 2 e 3.

As comparações apresentadas nas Figuras 17 e 18 partem das mesmas premissas de ocupação, uso e demanda por energia adotadas em todo estudo, sendo alterados apenas os números de habitações totais entregues até 2016. O número total de habitações para as outras faixas foi obtido em MDR (2019) e UFF (2018).

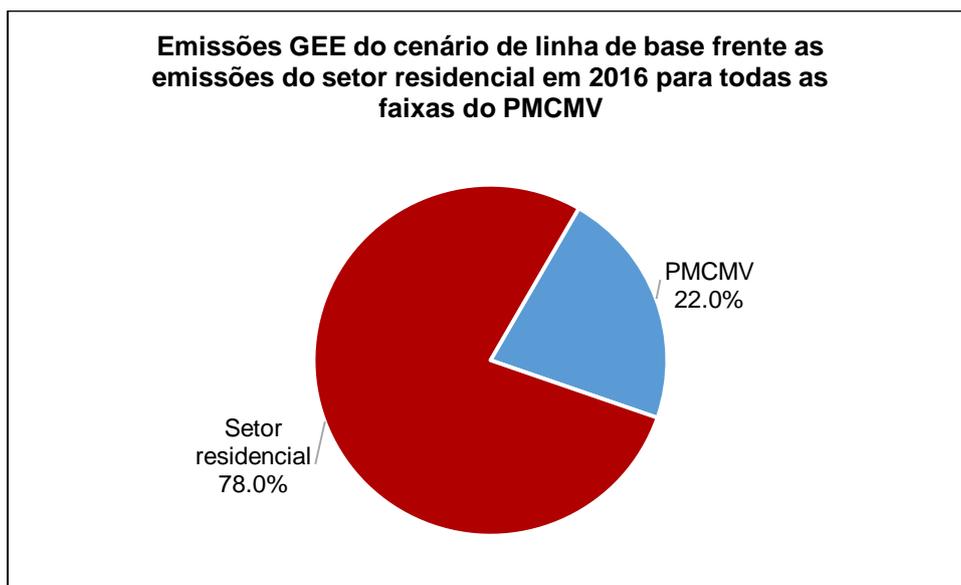


Figura 17 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do setor residencial em 2016 para todas as faixas do PMCMV

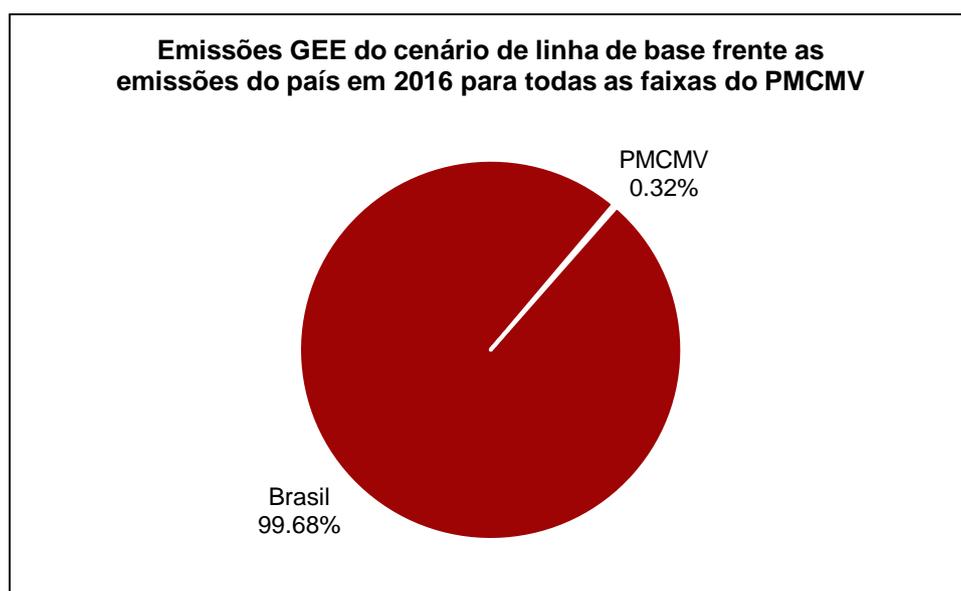


Figura 18 - Emissões GEE do cenário de linha de base frente as emissões do país em 2016 para todas as faixas do PMCMV

Apesar dos números terem uma precisão menor, os resultados indicam que quando todas as faixas são consideradas, o PMCMV passa a ser representativo nas emissões de GEE do setor residencial do país, respondendo com 21,99% do total em 2016. Em relação às emissões totais do país, entretanto, o valor obtido ainda é pequeno, representando apenas 0,32%.

4. DISCUSSÕES SOBRE OS RESULTADOS E CONCLUSÕES

A partir das simulações, foi observada uma redução no consumo médio mensal de eletricidade para o modelo sem ar condicionado de 9,7% (redução de 138,7 kWh/mês em 2015 para 125,3 kWh/mês em 2019). O motivo dessa redução é o uso das lâmpadas com tecnologia LED em substituição às lâmpadas fluorescentes. Apesar das normativas ainda não exigirem a adoção do LED, o preço de mercado tornou-se tão competitivo nos últimos quatro anos que sua adoção pode ser considerada preferencial. Em relação ao estudo anterior de 2015, vale ressaltar que o INMETRO passou a certificar as lâmpadas LED em 2016 e proibiu a comercialização das lâmpadas sem selo em julho de 2018, fatos esses que tornam a adoção da tecnologia mais segura para o consumidor.

Foram registradas também reduções no consumo de eletricidade das habitações que utilizam equipamentos de ar condicionado. Isso se deu devido aos avanços nas especificações mínimas da SNH em relação à eficiência energética e ao conforto térmico das UHs. O consumo de ar condicionado é diretamente impactado pelas modificações realizadas nas envoltórias das habitações, bem como pelas proteções solares adicionadas. Comparando diretamente os modelos de 2015 com os de 2019, uma redução média nacional de 32% foi observada, no entanto, essa redução está exagerada pela diferença nos arquivos climáticos adotados em ambos os estudos. Os arquivos climáticos adotados nos modelos mais recentes apresentam correções na nebulosidade das cidades. Os arquivos de 2015, sem essas correções, consideravam de forma exagerada o impacto da radiação solar nas habitações¹⁶. Utilizando o mesmo arquivo climático atualizado em ambos os modelos – 2015 e 2019 – a redução média observada foi de 25,2%. Essa redução está associada às especificações mínimas adotadas pela SNH, bem como pelas exigências da NBR 15575:2013 e utilização de LED supracitada.

Considerando as especificações mínimas da SNH, bem como as exigências da NBR 15575:2013, as principais evoluções que resultaram em impactos positivos entre os modelos de 2015 e o de 2019 são: (a) melhoria da transmitância térmica da laje da cobertura e paredes externas, de acordo com os valores limites da NBR 15575; (b) proteção solar nas zonas bioclimáticas mais quentes (zonas 7 e 8); (c) melhoria da estanqueidade das habitações, devido à laje na cobertura e melhores caixilhos e (d) menor absorvância solar das coberturas.

Devido à importância dos resultados associados às habitações a partir da contribuição da NBR 15575, é interessante a participação do Ministério do Desenvolvimento Regional e da SNH em futuras revisões da norma.

Em relação às emissões de GEE, apesar dos valores atuais serem pouco representativos em relação às emissões do setor residencial como um todo, caso novos cenários de melhoria não sejam pensados e implementados, as emissões atribuídas às UHs da Faixa 1 do PMCMV poderão saltar de uma participação de 3,8% em 2016 para 13% em 2030 (no setor residencial). Em relação às emissões

¹⁶ Mais detalhes em LabEEE, 2016: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>

frente ao total do país, caso zeradas (através da composição de cenários conjuntos de melhoria), o PMCMV, na Faixa 1, poderá contribuir em 2030 com 0,28% na meta de redução assumida pelo país no Acordo de Paris. Caso as outras faixas do programa sejam consideradas, essa contribuição seria maior.

Considerando as demais faixas do programa (Faixas 1,5, 2 e 3), a contribuição do PMCMV para as emissões do setor residencial foi estimada em 22% em 2016. Esse resultado demonstra que as outras faixas do programa tem uma representatividade maior nas emissões do que a Faixa 1. Esse valor sugere que medidas adotadas na Faixa 1 devem ser exigidas também para as outras faixas, juntamente com a exigência e fiscalização do atendimento à NBR 15575:2013.

A partir das estimativas dos sete cenários de melhorias, nota-se que os cenários que geram as maiores reduções são aqueles que exigirão agendas com outras instituições para sua execução. Ambos os cenários fotovoltaicos, que permitem reduções acumuladas da ordem dos 40%, necessitam de financiamento adicional para se tornarem factíveis. Já o cenário de revisão dos índices mínimos dos equipamentos de ar condicionado certificados pelo PBE necessitará de uma discussão ampla com o Inmetro.

Esses fatos revelam que as medidas de eficiência pontuais adotadas no ambiente construtivo das habitações, portanto passíveis de serem incorporadas nas especificações mínimas, apresentam efetividade limitada se dissociadas de ações inseridas além da escala do edifício e no contexto das instituições. Neste sentido, a melhoria da qualidade dos projetos arquitetônicos e urbanísticos e dos programas e políticas públicas apresentam-se como vias mais efetivas para, por exemplo, promover adaptações às múltiplas Zonas Bioclimáticas.

A revisão de limites normativos e especificações se faz necessária, bem como sua fiscalização. Porém, o alcance de objetivos holísticos de sustentabilidade seria mais factível por meio do atendimento ao programa de necessidades via medidas definidas por análises de custo benefício, considerando ciclo de vida de materiais e componentes, custos de manutenção e o uso e aceitação do usuário.

Não obstante, os resultados sugerem, por exemplo, que definir especificações mínimas para as demais faixas do programa, ou definir uma estratégia nacional para implantação de sistemas fotovoltaicos em massa, se mostram como alternativas impactantes para a redução das emissões.

Por fim, é importante ressaltar que as estimativas são baseadas em simulações simplificadas que não refletem exatamente o ambiente construído do PMCMV. O objetivo das simulações e estimativas realizadas é fomentar a discussão de políticas públicas, fornecendo dados para facilitar o processo de tomada de decisão. Simulações específicas, com mais tipologias e cidades, podem ser realizadas no futuro para refinar os valores apresentados.

A partir da execução dos objetivos propostos, indicam-se ainda sugestões de mais estudos sobre o tema: (1) realização de estudo com foco nas Faixas 1,5, 2 e 3 para refinamento dos dados e análise do potencial de cenários de melhoria; (2) análise de sensibilidade no número de moradias a serem construídas no período de 2021 e 2030, seja para a Faixa 1, seja para as demais faixas; (3) atualização

do modelo a partir da definição das metas do PMCMV pelo MDR; (4) estudo de novos cenários de melhoria baseados nas reduções das emissões do uso do fogão, considerando uma maior penetração do gás natural e dos fogões elétricos e (5) análise de custo-benefício dos cenários de melhoria propostos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Avaliação de Políticas Públicas: Programa Minha Casa Minha Vida**. Consultoria de Orçamentos, Fiscalização e Controle – SF. Brasília, outubro de 2017. Disponível em <https://www12.senado.leg.br/orcamento/documentos/estudos/tipos-de-estudos/informativos/avaliacao-de-politicas-publicas-programa-minha-casa-minha-vida-feff>, acessado em março de 2019.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Norma e Desempenho NBR 15575 – Atuação da Caixa**. Apresentação de Simone Cristina Ormiéres, GEHPA, São Paulo, novembro de 2014a.

_____. **Empreendimentos FAR do PMCMV**. Planilha de 13 de fevereiro de 2019.

ELETOBRAS. **Manual para Aplicação do RTQ-R**. Versão 1, Brasília, 2014. Disponível em http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_RTQR_102014.pdf

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional – BEN**. Séries históricas. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Completas>, acessado em março de 2019.

_____. **Calculadora 2050**. Rio de Janeiro, 2018a. Disponível em <http://calculadora2050.epe.gov.br/calculadora.html>, acessado em março de 2019.

_____. **Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro**. Nota Técnica EPE 030/2018. Rio de Janeiro, 2018b. Disponível em http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-341/NT%20EPE%20030_2018_18Dez2018.pdf, acessado em março de 2019.

_____. **Demanda de Energia 2050**. Rio de Janeiro, agosto de 2014.

_____. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030>, acessado em março de 2019.

FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Défict Habitacional no Brasil**. Publicado em 17 de outubro de 2013 e atualizado em 13 de março de 2019. Disponível em <http://fjp.mg.gov.br/index.php/produtos-e-servicos/2742-deficit-habitacional-no-brasil-3>, acessado em março de 2019.

MCTIC – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Fator Médio – Inventários corporativos**. Brasília, 2019. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html, acessado em março de 2019.

MDR – MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO NACIONAL. **Sistema de Gerenciamento da Habitação (SISHAB)**. Programa Minha Casa Minha Vida. Contratações Brasil (2009-2019). Disponível em <http://sishab.cidades.gov.br/>, acessado em julho de 2019.

MITSIDI PROJETOS E SERVIÇOS. **Linha de base e potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa no setor de Habitações de Interesse Social no Brasil (Programa Minha Casa Minha Vida)**. 2ª. Edição. São Paulo, novembro de 2015a.

_____. **Viabilidade e modelos de negócio para sistemas fotovoltaicos no PMCMV**. São Paulo, novembro de 2015b.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG)**. Estimativa de Emissões e Remoções de GEE (CO₂ e GWP) no Brasil em 2016. SEEG, 15 de janeiro de 2018. Disponível em <http://www.observatoriodoclima.eco.br/origem-dos-gases-de-efeito-estufa-no-brasil/>, acessado em março de 2019.

TAVARES, SÉRGIO FERNANDO. **Metodologia de Análise de Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**. Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, abril de 2006.

UFF – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. **Demanda Futura por Moradias: Demografia, Habitação e Mercado**. Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação. Niterói, 2018.