



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL (PPG ECI)**

**INFLUÊNCIA DA ÁREA HABITACIONAL NA MITIGAÇÃO DE EMISSÕES
DE CO₂ NO BRASIL**

ANA MARIA GULARTE BOGER

Foz do Iguaçu
2021



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL (PPG ECI)**

**INFLUÊNCIA DA ÁREA HABITACIONAL NA MITIGAÇÃO DE EMISSÕES
DE CO₂ NO BRASIL**

ANA MARIA GULARTE BOGER

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Katia Regina Garcia Punhagui

Foz do Iguaçu
2021

ANA MARIA GULARTE BOGER

**INFLUÊNCIA DA ÁREA HABITACIONAL NA MITIGAÇÃO DE EMISSÕES
DE CO₂ NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Katia Regina Garcia Punhagui
UNILA

Prof.^a Dr.^a Helenice Maria Sacht
UNILA

Prof. Dr. Sergio Almeida Pacca
USP

Prof. Dr. Sidnei Junior Guadanhim
UEL

Foz do Iguaçu, 25 de junho de 2021.

Catálogo elaborado pelo Setor de Tratamento da Informação
Catálogo de Publicação na Fonte. UNILA - BIBLIOTECA LATINO-AMERICANA - PTI

B674

Boger, Ana Maria Gularte.

Influência da área habitacional na mitigação de emissões de CO2 no Brasil / Ana Maria Gularte Boger. - Foz do Iguaçu-PR, 2022.
171 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Foz do Iguaçu-PR, 2022.

Orientador: Katia Regina Garcia Punhagui.

1. Tamanho da habitação. 2. Espaço mínimo. 3. Consumo de materiais. 4. Emissões de CO2. 5. Aspectos ambientais. I. Punhagui, Katia Regina Garcia. II. Título.

CDU 728:502.3

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Prof.^a Katia, por todo suporte, incentivo, compreensão e paciência durante toda essa jornada.

As alunas de graduação Heloisa e Beatriz pelo auxílio na compilação dos dados de licença de construção.

A UNILA pelo suporte financeiro com bolsa de estudos oferecido pelo Edital 10/2018-PRPPG de 2018 a 2019.

Aos colegas do mestrado, amigos, e a todos que de forma direta ou indireta me auxiliaram no caminho para obtenção do título de mestre.

Aos meus pais, Gilberto e Ana Teresa, a minha vó, Myriam, e ao meu irmão, Rafael, por toda inspiração, amparo e amor dedicados. Não há palavras suficientes para agradecer tudo o que fizeram por mim.

Aos meus sogros, Mauritonio e Anita, pelo carinho, apoio e acolhimento.

Ao meu amado companheiro Leonardo por toda dedicação, suporte, amor, paciência, encorajamento e exemplo de determinação. Obrigada de todo coração por ter abraçado essa trajetória comigo.

Por toda força concedida por Deus e Jesus Cristo.

“Aos cansados Ele dá novas forças e enche de energia os fracos. Até os jovens se cansam, e os moços tropeçam e caem; mas os que confiam no Senhor recebem sempre novas forças. Voam nas alturas como águias, correm e não perdem as forças, andam e não se cansam.”

Isaías 40: 29-31

RESUMO

O tamanho dos espaços habitacionais é uma das variáveis com potencial para redução das emissões de gases de efeito estufa do setor da construção, pois sua quantificação determina os padrões de uso de energia e consumo de materiais. Foi realizada uma investigação dos efeitos da variação dos espaços habitacionais brasileiros no consumo de materiais e emissões de CO₂ ao longo do tempo. Para isso, foi necessário: reconhecer a evolução das características físicas habitacionais ao longo do tempo; estimar o consumo de materiais e emissões de CO₂ da construção anual de residências brasileiras; e modelar cenários que representem o seu estado atual e cenários hipotéticos de redução do tamanho das moradias e desmaterialização das construções. Foi observada uma tendência em direção a habitações cada vez menores no Brasil, principalmente devido à crise econômica e ao crescente número de unidades de interesse social construídas nos últimos anos. A intensificação da diminuição de área entre 2022 e 2050 poderia auxiliar no controle de consumo de materiais e emissões de CO₂ com reduções de 2% a 8% das emissões totais no período, mediante decréscimos de área de 10% a 30%, comparativamente ao quadro atual. Mudanças no consumo de recursos como aumento do *market share* anual de sistema de projeção mecânica de argamassa de revestimento em 0,5%, de argamassa estabilizada em 0,3%, ou de concreto usinado e lajes pré-fabricadas em 0,5% e 0,7%, também contribuiriam na mitigação de emissões futuras em 0,1%, 0,2% e 3%, individualmente. Em conjunto, as medidas seriam capazes de controlar até 11% das emissões totais acumuladas nos próximos 28 anos. Para isso é necessário incentivar a implementação de melhorias no setor construtivo por parte do governo, institutos de pesquisa e academia, consumidores e profissionais.

Palavras-chave: Tamanho da habitação. Espaço mínimo. Consumo de materiais. Emissões de CO₂. Aspectos ambientais.

ABSTRACT

The size of housing spaces is one of the variables with the potential to reduce greenhouse gas emissions in the construction sector, as its quantification determines the patterns of energy use and consumption of materials. An investigation was carried out on the effects of variation in Brazilian housing spaces on material consumption and CO₂ emissions over time. For this, it was necessary to: recognize the evolution of physical housing characteristics over time; estimate the consumption of materials and CO₂ emissions from the annual construction of Brazilian homes; and modeling scenarios that represent its current state and hypothetical scenarios of reducing the size of homes and dematerialization of buildings. A trend towards smaller and smaller housing in Brazil was observed, mainly due to the economic crisis and the growing number of social interest units built in recent years. The intensification of the gradual area reduction between 2022 and 2050 could help to control material consumption and CO₂ emissions with reductions of 2% to 8% of total emissions in the period, through area decreases of 10% to 30%, compared to the table. current. Changes in resource consumption such as an increase in the annual market share of the mechanical projection system for coating mortar by 0.5%, for stabilized mortar by 0.3%, or machined concrete and prefabricated slabs by 0.5% and 0.7% would also contribute to the mitigation of future emissions by 0.1%, 0.2% and 3% individually. Together, the measures would be able to control up to 11% of the total emissions accumulated in the next 28 years. For this it is necessary to encourage the implementation of improvements in the construction sector by the government, research institutes and academia, consumers and professionals.

Keywords: Housing size. Minimal space. Consumption of materials. CO₂ emissions. Environmental aspects.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	13
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo geral	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
1.2 MÉTODO.....	17
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (CAPÍTULO 1).....	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: ESPAÇOS HABITACIONAIS E SUA RELAÇÃO COM ASPECTOS AMBIENTAIS.....	24
2.1 MÉTODO.....	25
2.2 ESPAÇOS MÍNIMOS.....	25
2.3 ASPECTOS AMBIENTAIS DO SETOR DA CONSTRUÇÃO.....	32
2.4 RELAÇÃO ENTRE O TAMANHO DAS HABITAÇÕES E ASPECTOS AMBIENTAIS.....	33
2.4.1 Energia operacional.....	33
2.4.2 Consumo de materiais e energia incorporada	35
2.5 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (CAPÍTULO 2).....	42
3 ESPAÇOS HABITACIONAIS NACIONAIS E INTERNACIONAIS	47
3.1 MÉTODO	48
3.1.1 Etapa 1	49
3.1.2 Etapa 2	52
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
3.2.1 Área das unidades habitacionais.....	53
3.2.1.1 <i>Australia</i>	57
3.2.1.2 <i>Estados Unidos</i>	58
3.2.1.3 <i>Nova Zelândia</i>	59

3.2.1.4	Canada	59
3.2.1.5	China	60
3.2.1.6	União Europeia	61
3.2.1.7	Japão	63
3.2.1.8	Chile	64
3.2.1.9	Brasil	65
3.2.1.9.1	São Paulo	67
3.2.1.9.2	Rio de Janeiro	69
3.2.1.9.3	Belo Horizonte	71
3.2.1.9.4	Curitiba	72
3.2.1.10	Número de moradores	73
3.2.1.11	Área média habitacional per capita	74
3.2.1.12	Tipo de construção residencial	76
3.3	CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO	78
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (CAPÍTULO 3)	80
4	ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE CO₂ DO SETOR HABITACIONAL BRASILEIRO	96
4.1	MÉTODO	97
4.1.1	Cenário de referência – <i>Business-as-usual</i>	98
4.1.1.1	Argamassa de revestimento	101
4.1.1.2	Concreto	103
4.1.2	Cenários estratégicos	105
4.1.2.1	Cenário estratégico 1 – <i>Redução do espaço</i>	105
4.1.2.2	Cenário estratégico 2 – <i>Planos verticais</i>	106
4.1.2.2.1	Argamassa industrializada com projeção mecânica	107
4.1.2.2.2	Argamassa estabilizada	108
4.1.2.3	Cenário estratégico 3 – <i>Planos horizontais</i>	109
4.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO	111

4.2.1 Cenário de referência – <i>Business-as-usual</i>	111
4.2.2 Cenário estratégico 1 – Redução do espaço	113
4.2.3 Cenário estratégico 2 – Planos verticais	115
4.2.4 Cenário estratégico 3 – Planos horizontais	120
4.3 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO	124
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (CAPÍTULO 4)	126
5 CONCLUSÃO FINAL	136
APÊNDICES	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Estrutura da dissertação	19
Figura 2.1 – <i>Modulor</i> de Le Corbusier, sistema de proporção como modelo para projetos de arquitetura	26
Figura 2.2 – Área por ocupante e os níveis de satisfação do usuário	30
Figura 2.3 – Variação na área construída, população e uso de energia no setor de construções e as emissões relacionadas à energia em todo o mundo, 2010-18	34
Figura 2.4 - Contribuição da energia incorporada e operacional para diferentes tamanhos de casa e agregado familiar	37
Figura 2.5 - Efeito da área total e da ocupação na demanda de energia do ciclo de vida da casa para mais de 50 anos, per capita (superior) e por metro quadrado (inferior).....	38
Figura 2.6 - Energia incorporada inicial estimada e energia do ciclo de vida por metro quadrado	39
Figura 3.1 – Organização das etapas do Capítulo 3	49
Figura 3.2 – Organização do método para compilação dos documentos de construção das quatro capitais brasileiras.....	51
Figura 3.3 - Evolução da área média por unidade habitacional das regiões selecionadas	54
Figura 3.4 – Área média por unidade habitacional dos Estados-Membros da União Europeia entre 2000 e 2016	62
Figura 3.5 – Área média por unidade habitacional em quatro capitais brasileiras.....	67
Figura 3.6 – Área útil por unidade habitacional em São Paulo, Brasil, por distribuição de porcentagem.	68
Figura 3.7 – Área média por unidade habitacional em São Paulo.....	69
Figura 3.8 – Área média por unidade habitacional no Rio de Janeiro	70
Figura 3.9 - Área média por unidade habitacional em Belo Horizonte	71
Figura 3.10 – Área média por unidade habitacional em Curitiba.....	72
Figura 3.11 – Comparação entre os primeiros e últimos dados de número médio de moradores nas regiões selecionadas.....	74
Figura 3.12 – Área média habitacional per capita das regiões selecionadas.....	75
Figura 3.13 – Avanço da área média habitacional per capita e produto interno bruto (PIB) per capita na China e Estados Unidos	76

Figura 3.14 – Porcentagem de unidades multifamiliares nas regiões selecionadas	.77
Figura 4.1 – Organização dos cenários estratégicos a partir do cenário de referência	97
Figura 4.2 – Estimativa de emissões de CO ₂ devido ao consumo de argamassa de revestimento e concreto para lajes no cenário <i>business-as-usual</i> (BAU)	112
Figura 4.3 - Estimativa de emissões de CO ₂ devido ao consumo de argamassa de revestimento e concreto para laje no cenário estratégico 1 (redução de área)	114
Figura 4.4 – Técnica de aplicação do reboco por projeção mecânica	116
Figura 4.5 - Estimativa de emissões de CO ₂ para a primeira proposta do cenário estratégico 2 (Argamassa industrializada: Aplicação convencional x Projeção mecânica)	117
Figura 4.6 – Argamassa estabilizada sendo descarregada e armazenada em obra	118
Figura 4.7 - Estimativa de emissões de CO ₂ para a segunda proposta do cenário estratégico 2 (Argamassa estabilizada x Argamassa dosada em obra x Argamassa industrializada)	119
Figura 4.8 - Estimativa de emissões de CO ₂ para o cenário estratégico 3 (Lajes pré-fabricadas x Lajes maciças; Concreto dosado em obra x Concreto usinado)	120
Figura 4.9 – Tipos de lajes mais comumente utilizadas no Brasil	121
Figura 4.10 – Estimativas de redução das emissões totais de CO ₂ dos três cenários estratégicos propostos	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Princípios básicos de espaço para as habitações	27
Tabela 2.2 - Áreas internas mínimas (m ²) segundo o número de ocupantes, quartos e andares (Inglaterra).....	28
Tabela 2.3 - Área mínima da habitação para cada número de ocupantes (Portugal)	29
Tabela 2.4 – Áreas mínimas de acordo com cada padrão	31
Tabela 2.5 – Resumo dos dados de espaço mínimo levantados	32
Tabela 4.1 –Valores utilizados nos cálculos dos cenários	100
Tabela 4.2 – Consumo de concreto para cada tipo de laje	104
Tabela 4.3 – Valores iniciais e finais de área média por unidade habitacional para as três tipologias de habitação.....	106
Tabela 4.4 – Dados de <i>market share</i> da argamassa industrializada com aplicação convencional e projeção mecânica	108
Tabela 4.5 – Dados de <i>market share</i> da argamassa estabilizada.....	109
Tabela 4.6 – Dados de <i>market share</i> do concreto e consumo de concreto para lajes pré-fabricadas e maciças	111
Tabela 4.7 – Resultados dos cenários de referência e estratégicos	122

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

À medida que a população mundial aumenta, a construção de novas edificações se intensifica. Até 2060, estima-se que mais de 230 bilhões de metros quadrados de área deverão ser adicionados ao planeta. O aumento da área construída é um dos fatores responsáveis pela demanda de energia nos edifícios, que cresceu 5% entre 2010 e 2018. Apesar dos avanços globais nas estratégias de eficiência energética e na descarbonização do setor energético terem amenizado seus efeitos, o consumo de energia e as emissões do setor continuam a crescer, não apenas nos edifícios residenciais, mas também nos não residenciais, sob o qual a área exerce maior influência (IEA; UN, 2017).

O dimensionamento dos espaços habitacionais, embora frequentemente desconsiderado em estudos sobre habitações sustentáveis, exerce um potencial significativo em reduzir as emissões de gases de efeito estufa, uma vez que determina os padrões de uso de energia¹ e de consumo de material das construções (CLUNE; MORRISSEY; MOORE, 2012; FULLER; CRAWFORD, 2011; LETTENMEIER; LIEDTKE; ROHN, 2014). Observa-se, ainda, que a redução no tamanho é uma das formas de reduzir os fluxos de materiais e água durante seu ciclo de vida (KLUNDER, 2004), além de contribuir para a densificação e compactação das cidades, uma das estratégias para alcançar o desenvolvimento sustentável nas cidades (HERMIDA *et al.*, 2015).

Grande parte dos esforços para combater as mudanças climáticas se concentra na eficiência energética de sistemas operacionais, como aquecimento, refrigeração e iluminação (NESS, 2020). Isso porque, embora as proporções de energia operacional e incorporada no ciclo de vida total de uma construção dependam de múltiplos fatores, a energia operacional é considerada convencionalmente superior à energia incorporada² (DIXIT, Manish K., 2017). Por isso suas análises dominam as pesquisas há muitos anos. Porém, mais recentemente o papel da energia incorporada e suas emissões passou a ser reconhecido (CABEZA; BARRENECHE; MIRÓ;

¹ Wilson e Boehland (2008), em um estudo comparativo do desempenho energético de dois tamanhos de casas unifamiliares, concluíram que, para o mesmo padrão energético, ao reduzir a área em 50%, os gastos para refrigeração caem 30%.

² O carbono incorporado em materiais e processos de construção é responsável por cerca de 11% de todas as emissões globais e estima-se que serão responsáveis por metade de toda a pegada de carbono de novas construções até 2050 (WGBC, 2019).

MARTÍNEZ; *et al.*, 2013; CABEZA *et al.*, 2014; DIXIT, Manish Kumar *et al.*, 2010; RAUF; CRAWFORD, 2015). A implementação de tecnologias mais eficientes deverá reduzir o percentual de energia operacional e suas emissões de carbono (DIXIT, Manish Kumar *et al.*, 2010; SARTORI; HESTNES, 2007), aumentando a importância do carbono incorporado na proporção do total de emissões (WGBC, 2019).

Neste sentido, embora sejam reconhecidas as emissões de GEE decorrentes da produção de materiais e das construções (DIXIT, Manish K., 2017; RAUF; CRAWFORD, 2015), normalmente é desconsiderado o fato de que, embora sejam adotadas medidas de economia de energia e de seleção de materiais de baixo carbono, o volume e área construídos em excesso podem compensar qualquer economia de carbono. De fato, o consumo de materiais e energia do ambiente construído e sua configuração futura pode ser um fator crítico para o futuro do planeta (NESS, 2020).

Em contrapartida, é importante que sejam considerados os requisitos de qualidade da edificação que garantem sua sustentabilidade social (VIGGERS *et al.*, 2017). Embora os conceitos de uma moradia adequada sejam distintos em diferentes partes do mundo (KOZHENOVA, 2010), ela deve atender às necessidades e prioridades de seus moradores, contribuindo para seu bem-estar físico, mental e social (FOLZ; MARTUCCI, 2007; HABITAT, 1996). Portanto, é fundamental que se analise a habitação funcional de maneira que ofereça espaço suficiente para atender as condições de estilo de vida, alimentação, descanso, higiene e armazenamento, mas sem exceder aquilo que o planeta pode sustentar (PEDRO, João Branco; BOUERI FILHO, 2011; SANDBERG, 2018).

Se por um lado existem poucas pesquisas sobre a relação entre o tamanho das habitações e seus aspectos ambientais, muitos estudos se concentram na perspectiva social do tema (ALTAŞ; ÖZSOY, 1998; BOUERI FILHO, 2008; GALLENT; MADEDDU; MACE, 2010; GONÇALVES, Susana Carvalho, 2016; ORNSTEIN; VILLA; ONO, 2011; STREIMIKIENE, 2015; TEIGE; DLUHOSCH, 2002). Essas análises abordam, principalmente, a definição de espaços mínimos que atendam às funções e atividades exercidas em cada cômodo, de acordo com suas exigências físicas, características antropométricas e biomecânicas. De modo geral, pretendem determinar quais os limites quantitativos para se alcançar uma satisfação qualitativa, considerando diversos fatores, em diferentes níveis de importância, como densidade da ocupação, circunstâncias culturais, regulamentos, normas sanitárias e de saúde,

eficiência econômica e tecnológica, sustentabilidade, condições climáticas, adaptação, privacidade, ergonomia³ e aspectos psicológicos e sensoriais (BOUERI FILHO, 1991; YUNITSYNA, 2014).

Grande parte das pesquisas que abordam a relação entre a área das habitações e suas questões ambientais associam as características dos espaços ao consumo de energia. Isso porque a energia operacional (EO) representa cerca de 80% da energia total de uma estrutura (TULADHAR; YIN, 2019), influenciada por agentes socioeconômicos, técnicas construtivas, características domésticas e de design, especialmente a envoltória, além da localização, clima, fontes de combustível, volume e área construídos (CLUNE; MORRISSEY; MOORE, 2012; DIXIT, Manish K., 2017; NESS, 2020; SOZER, 2010). Além disso, as edificações residenciais possuem um dos potenciais de custo-benefício mais significativos para reduzir as emissões de GEE relacionadas à energia (IEA; UN, 2017).

Embora o foco deste estudo seja relacionar o tamanho das habitações com as emissões de CO₂, considera-se que essa é apenas uma das múltiplas variáveis capazes de reduzi-las. Design, tipos de construção, disposição de equipamentos, fornecimento de energia, comportamento e características dos usuários (CLUNE; MORRISSEY; MOORE, 2012; KAVOUSIAN; RAJAGOPAL; FISCHER, 2013), bem como a seleção de materiais e técnicas construtivas (WILSON; BOEHLAND, 2008a) são outros elementos importantes considerados nas tentativas de moderar as emissões.

As soluções de projeto, aliadas às tecnologias de eficiência energética também são estratégias para atingir o conceito *NZEB - Net Zero Energy Building*, edifícios com um balanço energético neutro. O conceito *Passive House*, que se refere a um padrão de construção de baixo consumo de energia é uma das maneiras de atingir esse alto desempenho (DALBEM; FREITAS; CUNHA, 2015). Um dos parâmetros para avaliação é a área útil, ou *treated floor área* (TFA)⁴, incluída nas etapas de cálculo e que serve como referência para diferenciar as classificações de eficiência energética para edifícios de tamanhos variados (BASTIAN *et al.*, 2018;

³ A Associação Internacional de Ergonomia (IEA) define a ergonomia como “uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema”.

⁴ O TFA equivale à área interna, exceto pela exclusão das áreas ocupadas pelas paredes (BASTIAN *et al.*, 2018).

STEPHAN; CRAWFORD, 2016b). No entanto, a energia incorporada (EI) não entra na avaliação.

Desta forma, as análises podem ser separadas em duas correntes de pesquisa distintas. A primeira defende o aumento do tamanho da habitação para garantir o bem-estar dos moradores, justificando que moradias apertadas podem levar à problemas sociais e de saúde, gerando custos de médio a longo prazo para a sociedade (PEDRO, João Branco; BOUERI FILHO, 2011; STREIMIKIENE, 2015). A segunda argumenta que o espaço excedente deve ser reduzido para um tamanho suficiente, já que desta forma utilizará menos recursos naturais para construção, refrigeração, aquecimento e iluminação, diminuindo os custos para a construção e operação, os níveis de consumo de energia e as emissões de gases de efeito estufa (FULLER; CRAWFORD, 2011; HAGBERT, 2016; KLUNDER, 2004; STEPHAN; CRAWFORD, 2016b; WILSON; BOEHLAND, 2008a).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a influência da variação do tamanho das edificações habitacionais brasileiras no consumo de materiais e consequentes emissões de CO₂ e, com isso, avaliar possíveis estratégias de mitigação.

1.1.2 Objetivos específicos

- Compreender a relação entre o espaço construído habitacional e os aspectos ambientais (consumo de materiais e emissões de CO₂);
- Caracterizar os espaços habitacionais nacionais e internacionais, fazendo um levantamento da sua evolução ao longo do tempo e dos fatores que influenciam sua variação;
- Modelar a tendência de evolução do espaço habitacional brasileiro e verificar suas aferições nos aspectos ambientais estudados;
- Modelar cenários de mitigação das emissões de CO₂ e redução no consumo de materiais por meio de estratégias relacionadas ao espaço construído habitacional que sejam passíveis de implementação no cenário nacional.

1.2 MÉTODO

Neste tópico é apresentada uma síntese dos métodos empregados para o desenvolvimento integral da pesquisa. As etapas dos procedimentos são apresentadas em cada capítulo, estruturados em forma de artigos.

A compreensão da relação entre o espaço construído habitacional e os aspectos ambientais visou abordar os tópicos essenciais para fundamentar a caracterização das habitações e a proposição de estratégias de redução do consumo de materiais e emissões de carbono do setor residencial. Foi feita a partir de uma revisão bibliográfica para definição das áreas e espaços habitacionais mínimos, obtidos por investigações prévias, e para a compreensão, de acordo com outras abordagens, da associação entre área construída e o consumo de materiais, energia e emissões de CO₂. As informações foram baseadas principalmente em artigos científicos, informes e demais estudos que tratavam do tema, obtidos por meio de pesquisa bibliográfica.

A caracterização dos espaços habitacionais nacionais e internacionais teve como objetivo identificar as tendências de tamanho das habitações e seus fatores influentes. Foi realizada por meio do levantamento de dados estatísticos relacionados às características físicas, especialmente a área média por unidade habitacional de diferentes regiões. As localidades selecionadas foram aquelas consideradas relevantes ao estudo e cujos dados estavam disponíveis para acesso. A partir disso, foram investigados os fatores associados à essas mudanças e as correlações que poderiam ser estabelecidas cruzando elementos quantitativos e qualitativos.

A identificação da tendência de evolução do espaço habitacional brasileiro, com o objetivo de verificar suas interferências nos aspectos ambientais estudados, foi feita a partir de dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e pela compilação de documentos de licença de construção ou habite-se disponíveis nos sites das secretarias municipais de quatro capitais brasileiras, São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba. Por meio de cálculo estatístico, com as informações de área construída e número de unidades, foi estimada a área média por unidade habitacional por tipo de construção para cada capital. Os resultados obtidos se referem apenas às construções formais, uma vez que se tratam de edificações residenciais com

documentações protocoladas e aprovadas pelos respectivos órgãos públicos municipais.

A **modelagem dos cenários de mitigação**, que visa a investigação de possíveis estratégias para redução do consumo de materiais e emissões de dióxido de carbono resultantes dos espaços habitacionais brasileiros, utilizou um cenário de referência *business-as-usual* (BAU) e três cenários estratégicos (CE) para avaliar o consumo de materiais e consequentes emissões de CO₂. O BAU considerou o estado atual da construção de habitação no Brasil para estimar o consumo de materiais e emissões de CO₂. Os cenários estratégicos propuseram modificações das características e consumo de materiais das habitações, subdivididos em dois grupos: planos verticais, com estratégias focadas nas argamassas de revestimento; e planos horizontais, com foco nas lajes de concreto das moradias. No presente estudo optou-se por concentrar as análises dos cenários nestes elementos construtivos, o potencial de outros componentes, como os blocos de vedação, podem ser explorados em pesquisas futuras. Ao final foram analisados os resultados hipotéticos de cada proposta e sua potencialidade em reduzir ou melhorar o consumo de materiais e decorrentes emissões.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está subdividida em cinco capítulos, em formato de artigos, com conteúdo conforme segue:

- O capítulo 1 apresenta uma introdução ao conteúdo e justificativa da pesquisa, com contextualização do tema, objetivos, método de investigação e problema de pesquisa;
- O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica e levantamento sobre os tópicos que serão abordados nos capítulos subsequentes, como a variação dos espaços de morar (áreas mínimas) e sua relação com aspectos ambientais como consumo de materiais, energia e emissões de CO₂;
- O capítulo 3 trata da evolução dos espaços habitacionais nacionais e internacionais ao longo do tempo, identificando as tendências quanto aos seus atributos físicos e os principais fatores que os influenciam;

- O capítulo 4 aborda os efeitos da variação de características dos espaços habitacionais brasileiros no consumo de materiais e emissões de CO₂ relacionadas, e propõe estratégias de mitigação;

- O capítulo 5 apresenta as conclusões finais da pesquisa.

A Figura 1.1 demonstra a estrutura da dissertação.

Figura 1.1 – Estrutura da dissertação

Capítulo 1	• Introdução geral da pesquisa
Capítulo 2	• Revisão bibliográfica: relação entre os espaços habitacionais e aspectos ambientais
Capítulo 3	• Evolução dos espaços habitacionais e fatores influentes
Capítulo 4	• Mitigação de emissões de CO ₂ e consumo de materiais por fatores relacionados aos espaços habitacionais
Capítulo 5	• Conclusão geral da pesquisa

Fonte: Autora (2021)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (CAPÍTULO 1)

- ALTAŞ, N. E.; ÖZSOY, A. Spatial adaptability and flexibility as parameters of user satisfaction for quality housing. **Building and Environment**, v. 33, n. 5, p. 315–323, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(97\)00050-4](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(97)00050-4).
- BASTIAN, Z.; ARNAUTU, D.; SCHNIEDERS, J.; KAUFMANN, B.; TOMAS, M.; PEPPER, S. **Building Certification Guide**. 2018. Disponível em: https://passiv.de/downloads/03_building_certification_guide.pdf.
- BOUERI FILHO, J. J. **Antropometria aplicada à arquitetura, urbanismo e desenho industrial**. Estação das Letras e Cores, 2008. v. 1, (Manual de estudo).
- BOUERI FILHO, J. J. Espaço mínimo e avaliação dimensional da habitação. p. 41, 1991.
- CABEZA, L. F.; BARRENECHE, C.; MIRÓ, L.; MARTÍNEZ, M.; FERNÁNDEZ, A. I.; URGE-VORSATZ, D. Affordable construction towards sustainable buildings: review on embodied energy in building materials. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 2, p. 229–236, jun. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.05.005>.
- CABEZA, L. F.; RINCÓN, L.; VILARIÑO, V.; PÉREZ, G.; CASTELL, A. Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, p. 394–416, jan. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>.
- CLUNE, S.; MORRISSEY, J.; MOORE, T. Size matters: House size and thermal efficiency as policy strategies to reduce net emissions of new developments. **Energy Policy**, v. 48, p. 657–667, set. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.072>.
- DALBEM, R.; FREITAS, J. M. R.; CUNHA, E. G. Conceito Passivhaus Aplicado ao Clima Brasileiro. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 4, n. 1, p. 26–36, 30 jun. 2015. <https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v4n1p26-36>.
- DIXIT, Manish K. Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: A review of literature to investigate embodied energy parameters. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 390–413, nov. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.051>.
- DIXIT, Manish Kumar; FERNÁNDEZ-SOLÍS, J. L.; LAVY, S.; CULP, C. H. Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 8, p. 1238–1247, ago. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.02.016>.
- FOLZ, R. R.; MARTUCCI, R. Habitação mínima: Discussão do padrão de área mínima aplicado em unidades habitacionais de interesse social. **Revista Tópos**, v. 1, n. 1, p. 23–40, 2007.
- FULLER, R. J.; CRAWFORD, R. H. Impact of past and future residential housing development patterns on energy demand and related emissions. **Journal of**

Housing and the Built Environment, v. 26, n. 2, p. 165–183, jun. 2011.
<https://doi.org/10.1007/s10901-011-9212-2>.

GALLEN, N.; MADEDDU, M.; MACE, A. Internal housing space standards in Italy and England. **Progress in Planning**, v. 74, n. 1, p. 1–52, jul. 2010.
<https://doi.org/10.1016/j.progress.2010.04.001>.

GONÇALVES, S. C. **Habitação mínima: Contexto Português**. 2016. 259 f.
 Mestrado Integrado em Arquitetura – Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2016.

HABITAT, U. N. C. for H. S. **An Urbanizing World: Global Report on Human Settlements, 1996**. [S. l.]: Oxford University Press, 1996.

HAGBERT, P. “It’s Just a Matter of Adjustment”: Residents’ Perceptions and the Potential for Low-impact Home Practices. **Housing, Theory and Society**, v. 33, n. 3, p. 288–304, 2 jul. 2016. <https://doi.org/10.1080/14036096.2016.1141797>.

HERMIDA, M. A.; HERMIDA, C.; CABRERA, N.; CALLE, C. La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad: El caso de Cuenca, Ecuador. **EURE (Santiago)**, v. 41, n. 124, p. 25–44, set. 2015. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612015000400002>.

IEA; UN. Global Status Report 2017: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. *In*: GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION, 2017. [S. l.]: International Energy Agency (IEA), 2017. p. 48.
 Acesso em: 6 jan. 2020.

KAVOUSIAN, A.; RAJAGOPAL, R.; FISCHER, M. Determinants of residential electricity consumption: Using smart meter data to examine the effect of climate, building characteristics, appliance stock, and occupants’ behavior. **Energy**, v. 55, p. 184–194, jun. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.086>.

KLUNDER, G. The search for the most eco-efficient strategies for sustainable housing construction; Dutch lessons. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 19, n. 1, p. 111–126, 2004.
<https://doi.org/10.1023/B:JOHO.0000017709.65252.e4>.

KOZHENOVA, B. S. Quality of the Living Space. *Urban Shelter*, p. 13, 2010.

LETTENMEIER, M.; LIEDTKE, C.; ROHN, H. Eight Tons of Material Footprint—Suggestion for a Resource Cap for Household Consumption in Finland. **Resources**, v. 3, n. 3, p. 488–515, 9 jul. 2014. <https://doi.org/10.3390/resources3030488>.

NESS, D. Growth in floor area: the blind spot in cutting carbon. **Emerald Open Research**, v. 2, p. 2, 24 jan. 2020. <https://doi.org/10.35241/emeraldopenres.13420.1>.

ORNSTEIN, S. W.; VILLA, S. B.; ONO, R. Residential high-rise buildings in São Paulo: aspects related to the adequacy to the occupant’s needs. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 26, n. 1, p. 73–84, abr. 2011.
<https://doi.org/10.1007/s10901-010-9200-y>.

PEDRO, J. B.; BOUERI FILHO, J. J. Affordable housing in Portugal and Sao Paulo municipality: Comparison of space standards and socio-economic indicators. *In: COBRA 2011 - RICS INTERNATIONAL RESEARCH CONFERENCE CONSTRUCTION AND PROPERTY*, SALFORD (UK), 13 set. 2011. OTB Research Institute for the Built Environment: Royal Institution of Chartered Surveyors, 13 set. 2011. Disponível em: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A6f66d767-4ef9-4862-a78e-ed5dad9385a>. Acesso em: 11 jan. 2020.

RAUF, A.; CRAWFORD, R. H. Building service life and its effect on the life cycle embodied energy of buildings. **Energy**, v. 79, p. 140–148, jan. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.10.093>.

SANDBERG, M. Downsizing of Housing: Negotiating Sufficiency and Spatial Norms. **Journal of Macromarketing**, v. 38, n. 2, p. 154–167, jun. 2018. <https://doi.org/10.1177/0276146717748355>.

SARTORI, I.; HESTNES, A. G. Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. **Energy and Buildings**, v. 39, n. 3, p. 249–257, mar. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.07.001>.

SOZER, H. Improving energy efficiency through the design of the building envelope. **Building and Environment**, v. 45, n. 12, p. 2581–2593, 1 dez. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.05.004>.

STEPHAN, A.; CRAWFORD, R. H. The relationship between house size and life cycle energy demand: Implications for energy efficiency regulations for buildings. **Energy**, v. 116, p. 1158–1171, dez. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.038>.

STREIMIKIENE, D. Quality of life and housing. **International Journal of Information and Education Technology**, v. 5, n. 2, p. 140–145, 2015. <https://doi.org/10.7763/IJiet.2015.V5.491>.

TEIGE, K.; DLUHOSCH, E. **The minimum dwelling**. Cambridge, Mass: Chicago, Ill: MIT Press ; Graham Foundation for Advanced Studies in the Fine Arts, 2002.

TULADHAR, R.; YIN, S. Sustainability of using recycled plastic fiber in concrete. **Use of Recycled Plastics in Eco-efficient Concrete**. Elsevier, 2019. p. 441–460. DOI 10.1016/B978-0-08-102676-2.00021-9. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081026762000219>. Acesso em: 2 maio 2020.

VIGGERS, H.; KEALL, M.; WICKENS, K.; HOWDEN-CHAPMAN, P. Increased house size can cancel out the effect of improved insulation on overall heating energy requirements. **Energy Policy**, v. 107, p. 248–257, ago. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.045>.

WGBC. **Bringing embodied carbon upfront: Coordinated action for the building and construction sector to tackle embodied carbon**. World Green Building Council, 2019. Disponível em: <https://www.worldgbc.org/embodied-carbon>. Acesso em: 30 abr. 2020.

WILSON, A.; BOEHLAND, J. Small is Beautiful U.S. House Size, Resource Use, and the Environment. **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, n. 1–2, p. 277–287, 8 fev. 2008. <https://doi.org/10.1162/1088198054084680>.

YUNITSYNA, A. Universal space in dwelling: The room for all living needs. *In*: 2ND ICAUD INTERNATIONAL CONFERENCE IN ARCHITECTURE AND URBAN DESIGN, 8 maio 2014. Tirana, Albania, 8 maio 2014. p. 8.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: ESPAÇOS HABITACIONAIS E SUA RELAÇÃO COM ASPECTOS AMBIENTAIS

A configuração do espaço residencial influencia o cotidiano de seus usuários, devendo assegurar condições de conforto, bem-estar e segurança adequadas às características dos moradores, assim como sua funcionalidade deve permitir o desenvolvimento de atividades de convivência, alimentação, descanso, higiene e armazenamento (PEDRO, 2009). Os padrões de espaço devem estar baseados na premissa de que uma habitação funcional é aquela capaz de funcionar adequadamente quando totalmente ocupada (PARK, 2017), garantindo qualidade de vida e perspectivas de desenvolvimento pessoal (PEDRO, 2009). Ao mesmo tempo, deve ser considerado que a construção de áreas excessivas tende a aumentar o consumo de materiais e energia, podendo compensar os esforços de redução de emissões de GEE (gases de efeito estufa) decorrentes da produção de materiais e construções (NESS, 2020).

No setor da construção, as principais estratégias de redução das emissões de carbono consistem em melhorar o desempenho do uso de materiais, desenvolver materiais e serviços de baixo carbono incorporado, promover técnicas de maior eficiência energética e empregar o uso de energia renovável (HUANG *et al.*, 2018). A redução dos espaços habitacionais pode ser uma das estratégias para amenizar os efeitos negativos ao meio ambiente em relação as emissões derivadas tanto do consumo energético durante o uso da edificação (CLUNE; MORRISSEY; MOORE, 2012; WILSON; BOEHLAND, 2008a) quanto do consumo de materiais para sua construção (KHAJEHZADEH; VALE, 2015; STEPHAN; CRAWFORD, 2015). Além disso, a forma urbana influencia significativamente o tamanho das moradias, impactando diretamente na quantidade de material empregado nas construções e suas emissões relacionadas (EWING; RONG, 2008).

Desta forma, o **objetivo deste capítulo é compreender a relação entre o espaço construído habitacional e os aspectos ambientais, abordando tópicos essenciais para fundamentar a caracterização das habitações e a proposição de estratégias de redução do consumo de materiais e emissões de carbono do setor residencial.**

2.1 MÉTODO

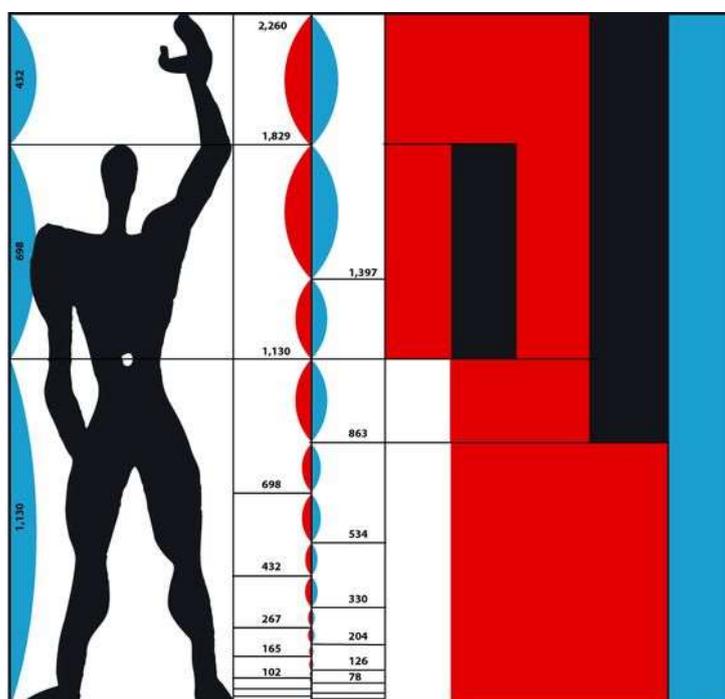
A pesquisa foi realizada a partir de uma revisão bibliográfica, subdivida em duas etapas: 1) na primeira foram verificadas as definições de áreas e espaços mínimos necessários das habitações, segundo diferentes autores, para delimitar o mínimo de área habitável que uma moradia deve oferecer; 2) na segunda foram pesquisadas as abordagens que relacionam os espaços habitacionais com aspectos ambientais, como o consumo de materiais, energia e emissões de CO₂. O levantamento das informações foi realizado por meio de pesquisas via internet, que priorizaram artigos científicos, teses, dissertações e informes.

2.2 ESPAÇOS MÍNIMOS

No contexto da escassez de recursos naturais e de limitação dos custos da construção, os esforços se concentram em racionalizar os métodos construtivos e materiais utilizados, além da redução das dimensões espaciais. Essas estratégias buscam o aperfeiçoamento qualitativo e quantitativo dos espaços, baseadas em experiências que provam a possibilidade de se alcançar uma boa arquitetura trabalhando com delimitações mínimas (GONÇALVES, Iga Jandir de Lima, 2013).

A discussão de área mínima aceitável perdura por mais de um século. São propostas as mais variadas definições, desde a simples delimitação dimensional baseada no layout dos mobiliários até as discussões mais complexas da psicologia ambiental (FOLZ; MARTUCCI, 2007). Le Corbusier foi um dos primeiros a estudar e a desenvolver soluções para entender espaço mínimo necessário, sem prejudicar os princípios higienistas dos inícios do século XX (Figura 2.1) (OLIVEIRA, 2015).

Figura 2.1 – *Modulor* de Le Corbusier, sistema de proporção como modelo para projetos de arquitetura



Fonte: *Modulor* de Le Corbusier (1946), imagem retirada de (ARELLANO, 2019)

Boueri Filho (2008) defendeu que, mais do que a somatória das áreas em função das exigências físicas e características antropométricas e biomecânicas, o espaço mínimo desejável depende das condições socioeconômicas e culturais em que a habitação está inserida. Portas (1969) em uma contribuição importante para a definição de áreas mínimas da habitação em Portugal, considerou também as exigências psicossomáticas⁵, destacando que, mesmo satisfazendo o espaço essencial de atividade, nem sempre é suficiente para a preferência do usuário, podendo originar algum nível de insatisfação. Além disso, as variáveis tecnológicas, de uso e função, atribuídas às moradias, as tornam defasadas ao longo do tempo (CASELLI, 2007).

Em 2015, foi publicado em Londres um padrão técnico de espaços residenciais (*Technical housing standards – nationally described space standard*), desenvolvido por Levitt Bernstein e outros arquitetos, que consiste em uma calculadora para gerar o valor mínimo de área interna total de habitações, combinando

⁵ “Ciência interdisciplinar que abrange especialidades da medicina e da psicologia, para estudar os efeitos de fatores sociais e psicológicos sobre processos orgânicos do corpo e sobre o bem-estar das pessoas” (LOPES, 2012).

a quantidade de pessoas, quartos, camas, banheiros, e número de andares (DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2015). Cada uma dessas variáveis também afeta a quantidade de espaço para circulação e de paredes internas. Ao atribuir um valor numérico a cada uma, gera-se a área interna total, que já possui um valor inicial de acordo com o número de andares, considerando qualquer espaço extra destinado às escadas ou elevadores, e incluindo uma quantidade básica de espaço de estar, jantar, cozinha, armazenamento e circulação e divisórias (BERNSTEIN, 2010).

Na Tabela 2.1 são listados os princípios básicos que determinam condições de moradia de acordo com o número de dormitórios, espaço extra para cada função conforme cada pessoa a mais na residência e as áreas mínimas dos quartos:

Tabela 2.1 – Princípios básicos de espaço para as habitações

Princípios básicos	
Número de dormitórios	Número de moradores
1	1-2
2	3-4
3	4-6
4	5-8
5	6-10
6	7-12
Ambiente	Área mínima
Quarto individual	7,5 m ²
Quarto duplo	11,5 m ²
Atividade/função	Espaço extra (cada pessoa a mais)
Dormir	4 m ² (mudança de um quarto individual para um duplo)
Estar	1 m ²
Cozinhar	0,5 m ²
Comer	0,5 m ²
Armazenamento	0,5 m ²
Circulação e divisórias	2,5 m ²

Fonte: Autora (2021) com base em (BERNSTEIN, 2010)

Com isso, foi montada uma tabela-base para a comparação entre os espaços mínimos de cada configuração, conforme o número de quartos (q), número de camas

ou pessoas (p) e a quantidade de andares da habitação (Tabela 2.2) (DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2015).

Tabela 2.2 - Áreas internas mínimas (m²) segundo o número de ocupantes, quartos e andares (Inglaterra)

Número de quartos (q)	Número de camas (pessoas)	1 andar (m ²)	2 andares (m ²)	3 andares (m ²)
1q	1p	39		
	2p	50	58	
2q	3p	61	70	
	4p	70	79	
3q	4p	74	84	90
	5p	86	93	99
	6p	95	102	108
4q	5p	90	97	103
	6p	99	106	112
	7p	108	115	121
	8p	117	124	130
5q	6p	103	110	116
	7p	112	119	125
	8p	121	128	134
6q	7p	116	123	129
	8p	125	132	138

Fonte: Traduzido de (DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2015)

Em diferentes países são definidos padrões de área mínima habitacional distintos. Esses padrões podem ser requisitos obrigatórios, uma condição para suporte financeiro ou diretrizes definidas pelos desenvolvedores. Pedro (2009) estudou as áreas úteis mínimas necessárias para proporcionar um ambiente seguro, saudável, confortável, funcional e esteticamente agradável nas habitações portuguesas, classificadas em dois níveis: básico, moradia que garante que seus ocupantes não sofram danos físicos ou mentais graves; e mínimo, que atende às necessidades diárias dos usuários (Tabela 2.3).

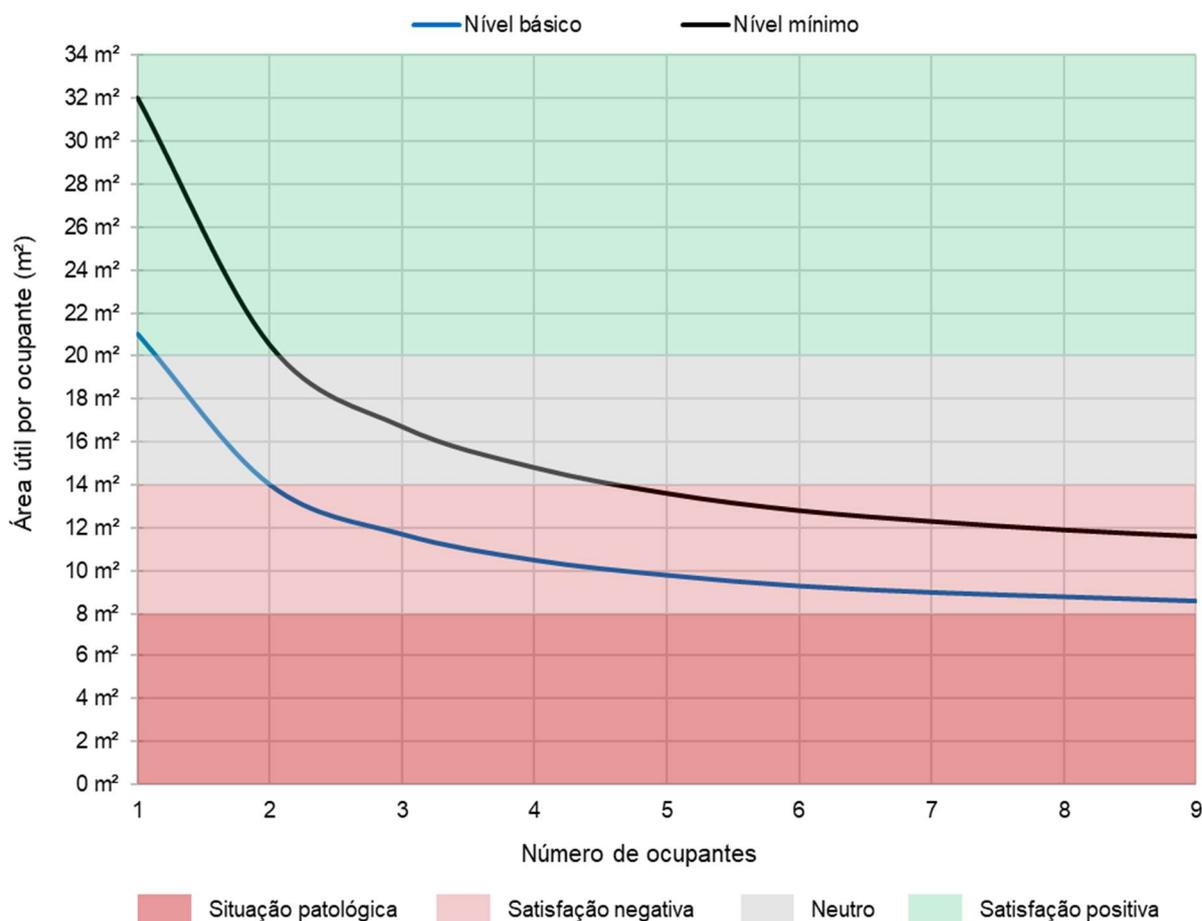
Tabela 2.3 - Área mínima da habitação para cada número de ocupantes (Portugal)

Número de ocupantes	Nível básico (ocupantes não sofrem danos físicos ou mentais graves)			Nível mínimo (atende às necessidades dos usuários)		
	Área habitável	Área útil total	Área útil por ocupante	Área habitável	Área útil total	Área útil por ocupante
1	14	21	21	20,5	32	32
2	19,5	28	14	28	41	20,5
3	25,5	35	11,7	35	50	16,7
4	30,5	42	10,5	42	59	14,8
5	37	49	9,8	49,5	68	13,6
6	42	56	9,3	57	77	12,8
7	48,5	63	9	64,5	86	12,3
8	53,5	70	8,8	72	95	11,9
9	60	77	8,6	79,5	104	11,6

Fonte: Traduzido de (PEDRO, João Antônio de Oliveira, 2009)

A Figura 2.2 mostra os limites de satisfação do usuário e os valores de área útil por ocupante. No nível básico o limite é de 8,6 m² por ocupante e no nível mínimo parte de 12 m² por ocupante para estarem acima da faixa em que a área entra em uma situação patológica. No Brasil, considerando o número médio de moradores por domicílio de 2,90 em 2019 (IBGE, 2019b), a área útil total necessária para atingir o nível mínimo seria de 50 m².

Figura 2.2 – Área por ocupante e os níveis de satisfação do usuário



Fonte: (PEDRO, João Antônio de Oliveira, 2009)

Na região da Catalunha, Espanha, o governo aprovou em 2012 um decreto que reduziu a especificação de área mínima que uma nova habitação deve ter (PACHECO, 2016). No Reino Unido, em 2015, o governo introduziu um novo padrão espacial para qualquer moradia nova (DESIGNING BUILDINGS, 2019; RIBA, 2015). Em 2011, o governo japonês recomendou a quantidade mínima e ideal de espaço habitacional que uma pessoa deve dispor de acordo com o tipo de agregado familiar e região de moradia (MLIT, 2011; REAL ESTATE JAPAN, 2017). O Código Residencial Internacional (*International Residential Code - IRC*), desenvolvido pela International Code Council (ICC) é aplicado, de forma direta ou como base para outros códigos, em várias regiões dos Estados Unidos, Caribe, Colômbia, México, entre outros países (ICC, 2015). Além de outros parâmetros, o código estabelece a área útil mínima que cada unidade habitacional deve dispor (ICC, 2017). Na Tabela 2.4 são apresentados os valores para cada especificação.

Tabela 2.4 – Áreas mínimas de acordo com cada padrão

	Ano	Área mínima por unidade habitacional (m ²)	
Catalunha (Espanha)	2012	36	
Reino Unido	2015	37	
Japão*	2011	25 (mínimo)	40 (ideal)
Código Residencial Internacional (IRC)	2017	1 cômodo com 11,2 m ² (mínimo)	6,5 m ² para cada cômodo** a mais

* Áreas urbanas

** Exceto para a cozinha

Fonte: Autora (2021) com base em (DESIGNING BUILDINGS, 2019; ICC, 2017; MLIT, 2011; PACHECO, 2016; RIBA, 2015)

No Brasil, a ABNT NBR 15575 - Parte 1 (Requisitos Gerais) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que entrou em vigor em 2013, se refere às exigências dos usuários quanto ao seu comportamento em uso. No tópico sobre funcionalidade e acessibilidade são estabelecidos requisitos e critérios para que a habitação disponha de espaços mínimos para uso e operação. De acordo com eles, os ambientes devem ser compatíveis com as necessidades humanas e prever espaço mínimo para colocação e utilização dos móveis e equipamentos-padrão, listados e caracterizados dentro da norma. No entanto, não estabelece dimensões mínimas de cômodos, deixando ao encargo dos projetistas a sua configuração e às legislações estaduais ou municipais a determinação do espaço mínimo dos ambientes.

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) lançado em 2009 e sucedido pelo Programa Casa Verde e Amarela desde agosto de 2020 subsidia e facilita as condições para aquisição da casa ou apartamento próprio para famílias de baixa renda. As diretrizes gerais para aquisição e alienação dos imóveis, apresentadas pelo Ministério do Desenvolvimento Regional na Portaria nº 959/2021, definem que as casas térreas devem ter dois dormitórios, sala de estar/refeições, cozinha, banheiro e circulação, com uma área mínima de 36 m² se a área de serviço for externa, ou 38 m² se a área de serviços for interna. O tamanho mínimo dos apartamentos não pode ser inferior à 39 m² (BRASIL, 2021).

Tabela 2.5 – Resumo dos dados de espaço mínimo levantados

Localidade/Código	Área mínima por unidade habitacional (m ²)	Referência
Inglaterra (2015)	61 (1 andar)	(DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2015)
Portugal (2009)	50 (nível mínimo)	(PEDRO, 2009)
Catalunha, Espanha (2012)	36	(PACHECO, 2016)
Reino Unido (2015)	37	(DESIGNING BUILDINGS, 2019; RIBA, 2015)
Japão (2011)	40 (ideal)	(MLIT, 2011; REAL ESTATE JAPAN, 2017)
Código Residencial Internacional - IRC (2017)	44	(ICC, 2017)
Brasil – Programa Casa Verde e Amarela (2021)	36 (casas) 39 (apartamentos)	(BRASIL, 2021)

2.3 ASPECTOS AMBIENTAIS DO SETOR DA CONSTRUÇÃO

O setor de construção entrega as infraestruturas e as edificações à sociedade, consumindo grande quantidade de energia não renovável e, conseqüentemente, causando a emissão de gases de efeito estufa (GEE) (HUANG *et al.*, 2018). Desde 1970 essas emissões mais que dobraram em todo o mundo, atingindo 9,18 GtCO_{2e} em 2010, 25% do total de emissões (IPCC, 2014). De todas as emissões, acredita-se que o dióxido de carbono (CO₂) seja o maior contribuinte para as mudanças climáticas, sobretudo nos países emergentes⁶ (HUANG *et al.*, 2018).

Os materiais⁷ utilizados são reconhecidos como a parte mais importante das emissões indiretas de carbono no setor da construção (CABEZA; BARRENECHE; MIRÓ; MARTÍNEZ; *et al.*, 2013; CABEZA; BARRENECHE; MIRÓ; MORERA; *et al.*, 2013). O cimento é uma fonte significativa de emissões globais de dióxido de carbono (GIBBS; SOYKA; CONNEELY, 2002) principalmente devido ao clínquer, um produto

⁶ As economias emergentes são responsáveis por cerca de 60% da emissão total de CO₂ do setor de construção global. A China é o maior colaborador (HUANG *et al.*, 2018).

⁷ Cerca de metade de todos os materiais extraídos anualmente da crosta terrestre são transformados em materiais e produtos de construção (HUANG *et al.*, 2018).

intermediário na fabricação de cimento e que libera pouco menos de 1 t de CO₂ por tonelada de clínquer produzido (CABEZA; BARRENECHE; MIRÓ; MORERA; *et al.*, 2013). Portanto, promover o desenvolvimento de materiais e serviços de baixo carbono incorporado, aperfeiçoar o desempenho no uso dos materiais, melhorar a eficiência energética das edificações, bem como incentivar o uso de energia renovável, são as principais oportunidades para reduzir as emissões de carbono do setor da construção (HUANG *et al.*, 2018).

A avaliação das emissões de GEE relacionadas aos edifícios é inserida no contexto do ciclo de vida da construção (KASPERSEN; LOHNE; BOHNE, 2016), dividido em dois aspectos: consumo de energia operacional e materiais utilizados para construção. A energia operacional inclui o consumo energético durante a ocupação e operação (incluindo aquecimento, refrigeração, ventilação, iluminação, cocção, etc.) (HUANG *et al.*, 2018) e está vinculada ao comportamento do consumidor e de como são utilizados os recursos energéticos disponíveis (PUNHAGUI, 2014). A energia incorporada é estabelecida a partir do consumo de materiais, específica para cada tipo de material, considerando as fases de construção, manutenção, renovação e demolição (CABEZA *et al.*, 2014).

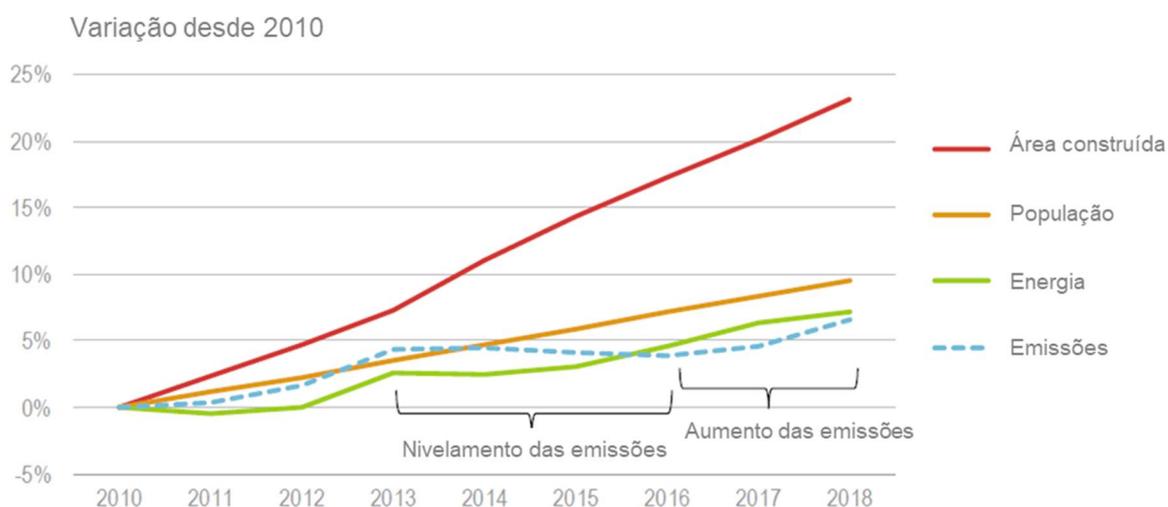
2.4 RELAÇÃO ENTRE O TAMANHO DAS HABITAÇÕES E ASPECTOS AMBIENTAIS

2.4.1 Energia operacional

Diversos fatores influenciaram o crescente consumo global de energia das construções, entre eles as mudanças na população, área construída, demanda de serviços e equipamentos, variações climáticas, métodos construtivos e operacionais. No entanto, o rápido crescimento da área construída, que aumentou a demanda energética para refrigeração dos espaços⁸, foi um dos elementos que mais contribuíram para as emissões de CO₂ relacionadas a energia desde 2010 (Figura 2.3) (IEA; UN, 2019; MOURA; SMITH; BELZER, 2015).

⁸ A demanda de refrigeração do espaço aumentou mais de 33% entre 2010 e 2018 e 5% de 2017 para 2018 (IEA; UN, 2019).

Figura 2.3 – Variação na área construída, população e uso de energia no setor de construções e as emissões relacionadas à energia em todo o mundo, 2010-18



Fonte: Traduzido de (IEA; UN, 2019) com base em *World Energy Statistics and Balances 2019* e *Energy Technology Perspectives - Buildings model*

Neste sentido, apesar da intensidade energética das edificações em geral, em termos de consumo de energia por m^2 , ter diminuído 1,3% ao ano entre 2010 e 2014, graças à contínua adoção e aplicação de códigos de energia e padrões de eficiência, o progresso não acompanhou o crescimento da área construída (cerca de 3% ao ano em todo o mundo) e o aumento da demanda por serviços de energia (IEA, 2017). Segundo a Agência Internacional de Energia, os níveis médios globais de consumo energético por unidade de área devem ser reduzidos em, pelo menos, 30% para estarem no caminho do Cenário de Desenvolvimento Sustentável de limitar o aumento das temperaturas globais médias a menos de 2°C até 2030 (IEA; UN, 2017).

Clune, Morrissey e Moore (2012a) estimaram a capacidade dos códigos de construção em reduzir as emissões de CO_2 com base no tamanho das casas e na eficiência energética da envoltória de habitações australianas. Eles concluíram que o aumento dos espaços diminui a eficácia de códigos mais rigorosos e que casas menores podem ajudar a reduzir 80% das emissões de CO_2 -e⁹ derivadas do

⁹ O aumento do tamanho médio das casas construídas no estado de Victoria entre 2003 e 2009 diminuiu em 38% a eficácia da mudança de um padrão de desempenho 5 estrelas para 6 estrelas, que estipula metas mínimas para cargas de aquecimento e resfriamento por metro quadrado em diferentes condições climáticas.

aquecimento e resfriamento de ambientes. Considerações semelhantes foram feitas por (WILSON; BOEHLAND, 2008a), ao compararem o desempenho energético de casas unifamiliares de 140 m² e 280 m² nos Estados Unidos. Eles descobriram que a casa menor com padrão de eficiência energética inferior, consumirá menos energia para aquecimento e resfriamento quando comparada a casa maior construída com alto padrão energético. Ambas as investigações concluíram que a redução dos espaços pode ser uma estratégia para amenizar os efeitos negativos ao meio ambiente em relação ao consumo de energia.

No entanto, a maioria dos estudos existentes se concentra apenas na redução da energia operacional das habitações, sem considerar os requisitos de energia incorporada, desconsiderando a quantidade significativa de materiais adicionais ao ampliar os espaços (STEPHAN; CRAWFORD, 2015). Essa desconsideração pode ser devido ao fato de muitas pesquisas afirmarem que ela representa de 10 a 20% da demanda de energia do ciclo de vida ao longo de 50 anos (CHAU; LEUNG; NG, 2015). Contudo, essa proporção pode ser de 30 a 70%, dependendo de uma variedade de fatores, como eficiência e tamanho da habitação (CRAWFORD; STEPHAN, 2014; STEPHAN; CRAWFORD, 2015).

2.4.2 Consumo de materiais e energia incorporada

Embora a tendência de uma habitação construída com altos padrões de eficiência energética seja consumir menos energia do que uma habitação de mesmo tamanho construída com padrões menos rigorosos (VIGGERS *et al.*, 2017), é evidente que residências maiores têm uma demanda de energia de ciclo de vida maior devido ao aumento do uso de materiais e maior área para aquecimento, resfriamento e iluminação. Além disso, outros fatores devem ser levados em consideração na avaliação da influência do tamanho da casa no seu desempenho ambiental, como ciclo de vida incorporado à água, consumo de alumínio, vidro, madeira e aço e as emissões de gases de efeito estufa¹⁰ (STEPHAN; CRAWFORD, 2016b). Ainda assim, o principal foco no desenvolvimento de habitações ecológicas costuma ser a seleção

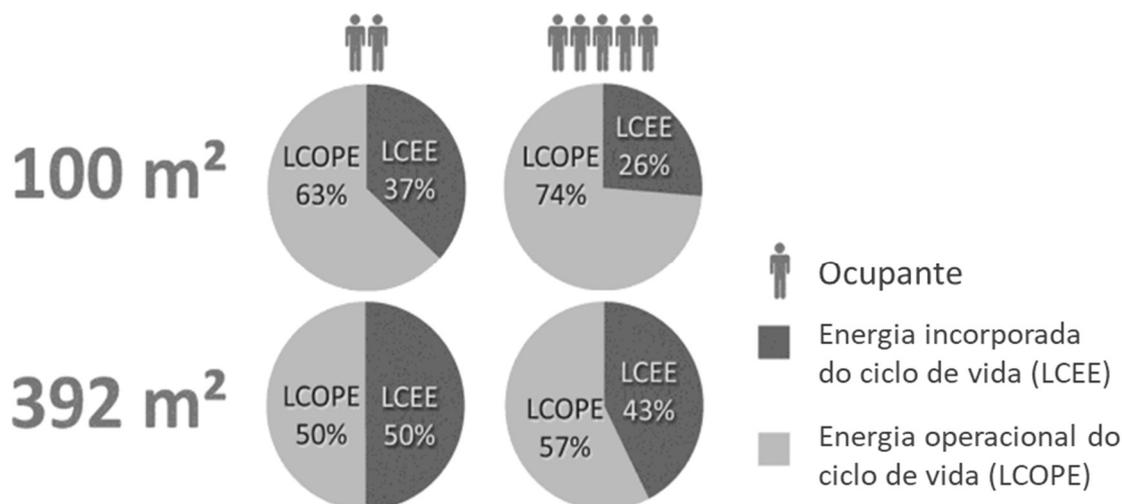
¹⁰ Um estudo de caso em Melbourne, Austrália, concluiu que aumentando a área da casa em 292% o ciclo de vida incorporado à água aumenta 216%, a emissão de gases de efeito estufa aumenta 217% e as quantidades de alumínio, vidro, madeira e aço aumentam 111%, 141%, 118% e 188%, respectivamente (STEPHAN; CRAWFORD, 2016b).

e escolha de materiais e técnicas construtivas que ofereçam alto desempenho e eficiência na redução do consumo de energia, frequentemente negligenciando a consideração do dimensionamento do espaço (WILSON; BOEHLAND, 2008a).

Na construção de uma edificação, a energia incorporada é consumida por materiais de construção, produtos e processos de construção (direta), e durante o fornecimento de serviços necessários para essas operações (indireta) (CABEZA *et al.*, 2014). A energia incorporada usada na construção de um edifício é chamada de energia incorporada inicial (IEE), enquanto a energia incorporada nos processos de manutenção, reparo e substituição é denominada energia incorporada recorrente (REE) (STEPHAN; CRAWFORD, 2015). As diferenças entre os parâmetros e métodos adotados, além de dados imprecisos e incompletos da energia incorporada de materiais de construção dificultam a comparação entre os estudos (DIXIT, Manish K., 2019).

Stephan e Crawford (2015) quantificaram o efeito do tamanho da habitação na demanda de energia do ciclo de vida, usando um modelo paramétrico de uma casa suburbana típica em Melbourne, na Austrália, e variando sua área de 100 a 392 m² para diferentes tamanhos de agregados familiares. Usando uma abordagem abrangente de quantificação de energia incorporada e operacional, constataram que o aumento de tamanho das casas resulta em uma maior demanda de energia no ciclo de vida, especialmente pelo acréscimo na parcela de energia incorporada (Figura 2.4). Isso mostra que os regulamentos de eficiência energética devem levar em conta não apenas a energia operacional, mas a energia incorporada, bem como o tamanho da habitação para garantir reduções reais na demanda de energia do ciclo de vida.

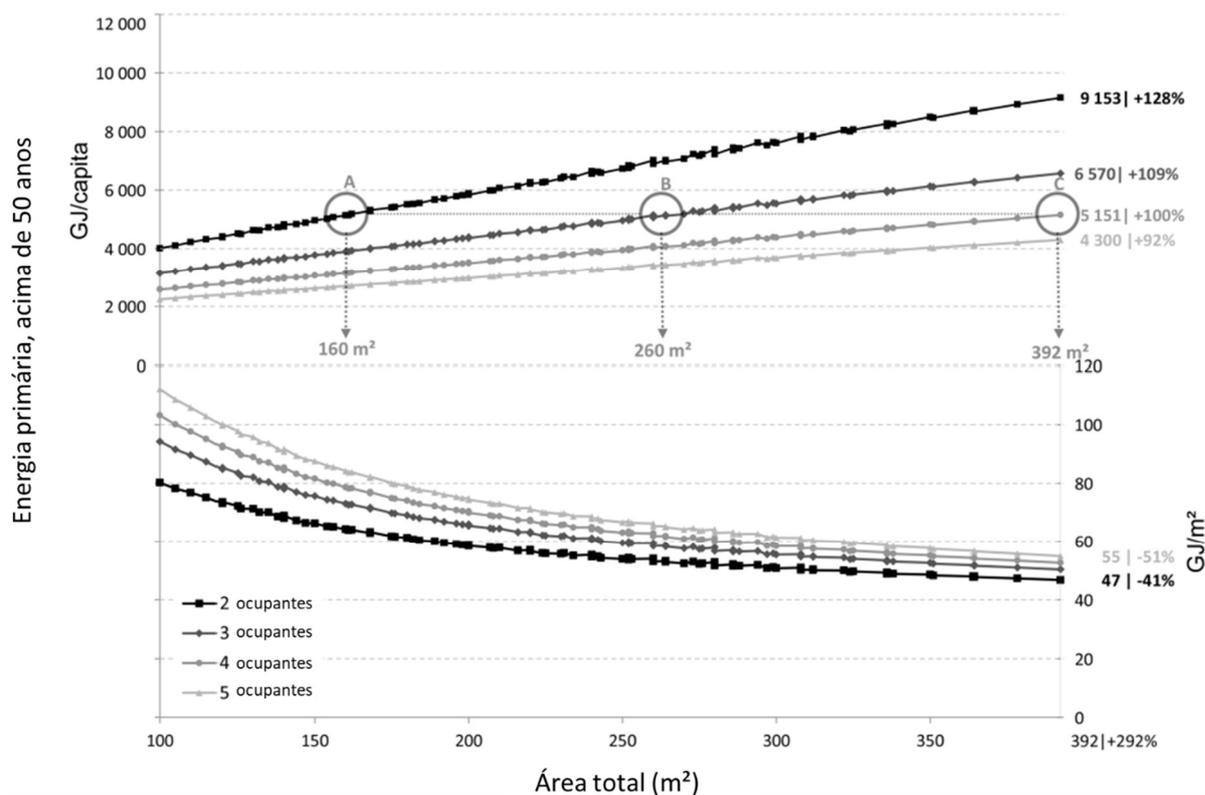
Figura 2.4 - Contribuição da energia incorporada e operacional para diferentes tamanhos de casa e agregado familiar



Fonte: Traduzido de (STEPHAN; CRAWFORD, 2015)

Ao mesmo tempo, os resultados indicaram que as casas maiores parecem ser mais eficientes em termo de energia por m² do que casas menores (parte inferior da Figura 2.5), apesar da demanda de energia de ciclo de vida total ser muito maior. Isso se deve pelo aumento percentual no tamanho da casa ser maior que o aumento associado ao uso de energia tanto operacional quanto incorporada. Já em termos de demanda de energia de ciclo de vida per capita, foi observado um aumento conforme o tamanho da casa (parte superior da Figura 2.5). Portanto, o uso de uma unidade funcional espacial (por exemplo, MJ/m²) para expressar a eficiência energética tende a favorecer casas maiores, mesmo para a energia incorporada.

Figura 2.5 - Efeito da área total e da ocupação na demanda de energia do ciclo de vida da casa para mais de 50 anos, per capita (superior) e por metro quadrado (inferior)



Fonte: Traduzido de (STEPHAN; CRAWFORD, 2015)

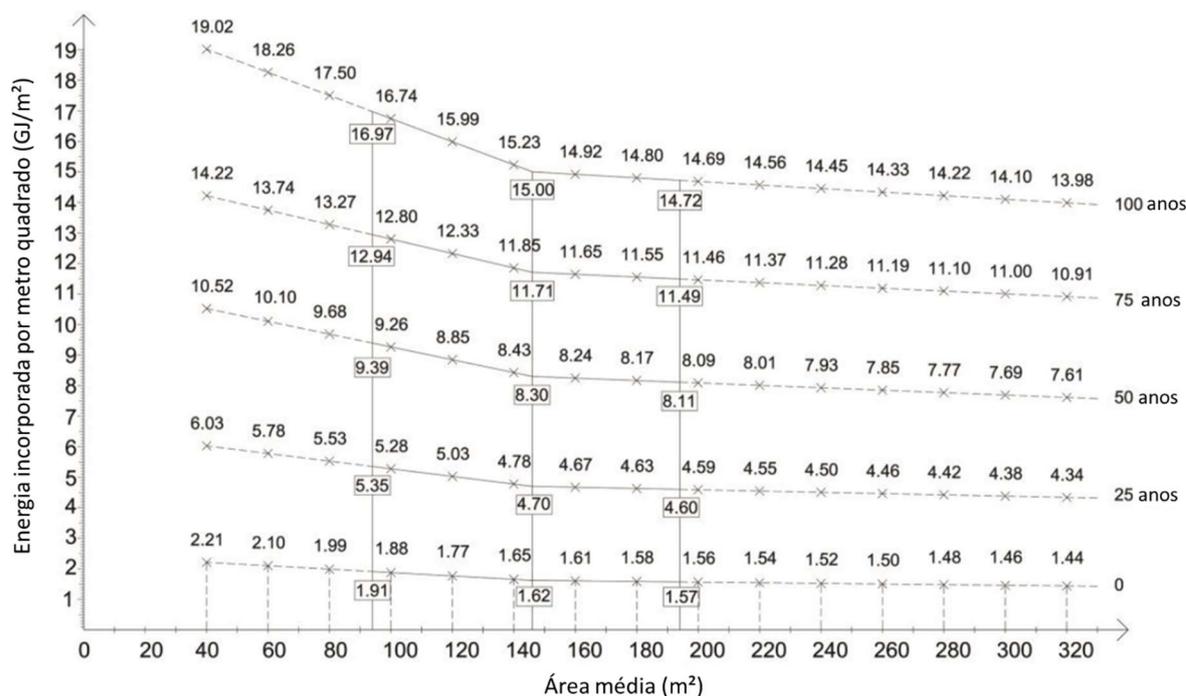
A Figura 2.5 também evidencia a importância do estilo de vida dos ocupantes no consumo de energia. Por exemplo, dois ocupantes que moram em uma casa de 160 m² (ponto A) consomem uma quantidade de energia equivalente à três pessoas morando em uma casa de 260 m² (ponto B) ou de 392 m² com quatro pessoas (ponto C) (STEPHAN; CRAWFORD, 2015).

Khajezadeh e Vale (2015) também investigaram a energia incorporada e operacional associadas às crescentes casas neozelandesas, calculando a energia incorporada inicial e a energia do ciclo de vida por metro quadrado retiradas da literatura disponível para a Nova Zelândia. Uma das descobertas foi que o tamanho da habitação está altamente correlacionado com a maior energia incorporada devido ao aumento do consumo de materiais, e que viver em casas de tamanho adequado pode reduzir significativamente a demanda de energia e recursos. Além disso,

moradores de casas maiores¹¹ consomem muito mais energia quando comparado às casas menores. Ainda, em grandes residências a energia associada à manutenção aumenta, além do número de eletrodomésticos, móveis e equipamentos que, embora as energias incorporadas iniciais não sejam significativas, sua vida útil costuma ser curta, sendo substituídos diversas vezes, o que as torna mais relevantes no ciclo de vida (TRELOAR *et al.*, 1999).

A Figura 2.6 demonstra um gráfico da evolução da energia incorporada do ciclo de vida por metro quadrado durante o período de 25, 50, 75 e 100 anos. A comparação mostra que enquanto a EI total aumenta conforme a área média da casa avança, a EI inicial dos materiais de construção por metro quadrado diminui, isso porque, segundo os autores, em casas maiores há uma menor quantidade de paredes internas.

Figura 2.6 - Energia incorporada inicial estimada e energia do ciclo de vida por metro quadrado



Fonte: Traduzido de (KHAJEZHARDEH; VALE, 2015) e com base em dados de (MITHRARATNE; VALE; VALE, 2007)

¹¹ Habitações grandes neste estudo são definidas como aquelas em que o número de cômodos é maior que o número de moradores, incluindo todos os espaços habitáveis com área útil superior a 4 m², cercados por paredes, piso e teto, e excluindo todas as áreas de serviço (banheiro, lavanderia etc.) (KHAJEZHARDEH; VALE, 2015).

No contexto da mitigação climática, as construções demandam energia durante o ciclo de vida, seja direta ou indiretamente (SARTORI; HESTNES, 2007). Apesar de no Brasil as hidrelétricas serem as principais responsáveis pela produção de energia, cerca de 70% (USP, 2018), globalmente, a maior parte dessa energia vem de combustíveis fósseis, como o, carvão mineral e gás natural, tanto para a construção, operação, reforma e demolição de edificações, quanto pela produção e transporte dos seus materiais de construção (DIXIT, 2017). Essa combustão contribui em larga escala com as emissões anuais de dióxido de carbono na atmosfera (BRECHA *et al.*, 2011).

2.5 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Os espaços mínimos, além de considerar as exigências físicas, características antropométricas e biomecânicas dos usuários, dependem do contexto socioeconômico e cultural a quem se destinam. Além disso, a definição de área mínima para uma unidade habitacional está condicionada, principalmente, pelo número de seus ocupantes, quantidade de cômodos/dormitórios e ao nível de satisfação que pretende oferecer.

À medida que o tamanho da habitação aumenta, a demanda de energia do ciclo de vida também cresce, devido ao maior uso de materiais (energia incorporada) e da maior área para aquecimento, refrigeração e iluminação (energia operacional). Com isso, o consumo de recursos não renováveis se eleva, assim como as emissões de dióxido de carbono.

Por isso a consideração do dimensionamento do espaço é uma das estratégias de mitigação de impactos ambientais decorrentes do setor residencial, assim como o desenvolvimento de materiais e serviços de baixo carbono incorporado, a melhoria de desempenho no uso de materiais, as técnicas de eficiência energética e o uso de energia renovável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (CAPÍTULO 2)

ARELLANO, M. Sobre o deslocamento do corpo na arquitetura: o Modulor de Le Corbusier. 24 fev. 2019. **ArchDaily Brasil**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/911962/sobre-o-deslocamento-do-corpo-na-arquitetura-o-modulor-de-le-corbusier>. Acesso em: 16 maio 2020. (Traduzido por Julia Brant).

BERNSTEIN, L. **A new approach to housing standards**. Londres. set. 2010.

BOUERI FILHO, J. J. **Antropometria aplicada à arquitetura, urbanismo e desenho industrial**. Estação das Letras e Cores, 2008. v. 1, (Manual de estudo).

BRASIL. Dispõe sobre os requisitos para a implementação de empreendimentos habitacionais no âmbito da linha de atendimento Aquisição subsidiada de imóveis novos em áreas urbanas, integrante do Programa Casa Verde e Amarela. seq. 1, n. 93, p. 155, 18 maio 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-959-de-18-de-maio-de-2021-320687425>. Acesso em: 1 abr. 2022.

BRECHA, R. J.; MITCHELL, A.; HALLINAN, K.; KISSOCK, K. Prioritizing investment in residential energy efficiency and renewable energy—A case study for the U.S. Midwest. **Energy Policy**, v. 39, n. 5, p. 2982–2992, maio 2011. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.011>.

CABEZA, L. F.; BARRENECHE, C.; MIRÓ, L.; MARTÍNEZ, M.; FERNÁNDEZ, A. I.; URGE-VORSATZ, D. Affordable construction towards sustainable buildings: review on embodied energy in building materials. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 2, p. 229–236, jun. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.05.005>.

CABEZA, L. F.; BARRENECHE, C.; MIRÓ, L.; MORERA, J. M.; BARTOLÍ, E.; INÉS FERNÁNDEZ, A. Low carbon and low embodied energy materials in buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p. 536–542, jul. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.017>.

CABEZA, L. F.; RINCÓN, L.; VILARIÑO, V.; PÉREZ, G.; CASTELL, A. Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, p. 394–416, jan. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>.

CASELLI, C. K. **100 anos de habitação mínima: Ênfase na Europa e Japão**. 2007. 273 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.

CHAU, C. K.; LEUNG, T. M.; NG, W. Y. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. **Applied Energy**, v. 143, p. 395–413, 1 abr. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.023>.

CLUNE, S.; MORRISSEY, J.; MOORE, T. Size matters: House size and thermal efficiency as policy strategies to reduce net emissions of new developments. **Energy Policy**, v. 48, p. 657–667, set. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.072>.

CRAWFORD, R. H.; STEPHAN, A. A Comparison of the Life Cycle Energy Profile of Residential Buildings in Different Countries. 2014. **World Sustainable Building 2014** [...]. Barcelona Conference, 2014. p. 470.

DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT. **Technical housing standards – nationally described space standard**. Londres, Inglaterra, 2015. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/524531/160519_Nationally_Described_Space_Standard____Final_Web_version.pdf.

DESIGNING BUILDINGS. Minimum space standards. 5 dez. 2019. **Designing Buildings Wiki**. Disponível em: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Minimum_space_standards. Acesso em: 5 maio 2020.

DIXIT, M. K. Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: A review of literature to investigate embodied energy parameters. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 390–413, nov. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.051>.

DIXIT, M. K. Life cycle recurrent embodied energy calculation of buildings: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, p. 731–754, 1 fev. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.230>.

EWING, R.; RONG, F. The impact of urban form on U.S. residential energy use. **Housing Policy Debate**, v. 19, n. 1, p. 1–30, 1 jan. 2008. <https://doi.org/10.1080/10511482.2008.9521624>.

FOLZ, R. R.; MARTUCCI, R. Habitação mínima: Discussão do padrão de área mínima aplicado em unidades habitacionais de interesse social. **Revista Tópos**, v. 1, n. 1, p. 23–40, 2007.

GIBBS, M. J.; SOYKA, P.; CONNEELY, D. CO2 Emissions from cement production. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**, 2002. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/3_1_Cement_Production.pdf.

GONÇALVES, I. J. de L. **O Habitar Mínimo**. 2013. 227 f. Mestrado em Arquitetura – Universidade de Évora (Escola de Artes - Departamento de Arquitectura), Évora, 2013.

HUANG, L.; KRIGSVOLL, G.; JOHANSEN, F.; LIU, Y.; ZHANG, X. Carbon emission of global construction sector. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 1906–1916, jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.001>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNADCA (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual)** - Tabela 6820:

Domicílios e Moradores, por tipo de domicílio. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6820>. Acesso em: 17 mar. 2021.

ICC. **2018 International Building Code**. 1. ed. Codebook Downloads, 2017.

ICC. **The International Residential Code**. 20 mar. 2015. ICC. Disponível em: <https://www.iccsafe.org/products-and-services/i-codes/2018-i-codes/irc/>. Acesso em: 5 maio 2020.

IEA. **Tracking Clean Energy Progress 2017: Energy Technology Perspectives 2017 Excerpt / Informing Energy Sector Transformations**. International Energy Agency (IEA), 2017. Disponível em: <https://webstore.iea.org/download/direct/301>.

IEA; UN. 2019 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector. *In*: GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION, 2019. International Energy Agency (IEA), 2019. p. 41.

IEA; UN. Global Status Report 2017: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. *In*: GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION, 2017. [S. l.]: International Energy Agency (IEA), 2017. p. 48. Acesso em: 6 jan. 2020.

IPCC. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. *In*: FIFTH ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014. **Contribution of Working Group III** [...]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014.

KASPERSEN, B.; LOHNE, J.; BOHNE, R. A. Exploring the CO₂-Impact for Building Height; A Study on Technical Building Installations. **Energy Procedia**, Sustainable Built Environment Tallinn and Helsinki Conference SBE16. v. 96, p. 5–16, 1 set. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.089>.

KHAJEHZADEH, I.; VALE, B. Life cycle energy and large and small housing in New Zealand. p. 11, 2015.

LOPES, R. B. Psicossomática e a Psicanálise. abr. 2012. **Psicologado**. Disponível em: <https://psicologado.com.br/psicossomatica/psicossomatica-e-a-psicanalise>. Acesso em: 5 maio 2020.

MITHRARATNE, N.; VALE, B.; VALE, R. **Sustainable Living: The role of whole life costs and values**. 1. ed. Elsevier, 2007.

MLIT. **Living area level in the Basic Living Plan**. Japan's Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 18 fev. 2011. Disponível em: <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000012t0i-att/2r98520000012t75.pdf>.

MOURA, M. C. P.; SMITH, S. J.; BELZER, D. B. 120 years of U.S. residential housing stock and floor space. **PLOS ONE**, v. 10, n. 8, p. e0134135, 11 ago. 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134135>.

NESS, D. Growth in floor area: the blind spot in cutting carbon. **Emerald Open Research**, v. 2, p. 2, 24 jan. 2020. <https://doi.org/10.35241/emeraldopenres.13420.1>.

OLIVEIRA, A. J. D. P. **Módulos mínimos e multifuncionais de habitação**: Estudo para os números 23 ao 27 da Av. Fontes Pereira de Melo, Lisboa. 2015. Mestrado em Arquitetura – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015. Disponível em: https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/8906/1/tese%20final%20amaro_.pdf.

PACHECO. What is the minimum, legal size for a dwelling in Spain? | Part 1 |. 7 ago. 2016. **Pacheco & Asociados | Spanish Architects**. Disponível em: <http://www.spanisharchitect.info/2016/08/18/what-is-the-minimum-legal-size-for-a-dwelling-in-spain-part-1/>. Acesso em: 5 maio 2020.

PARK, J. **One hundred years of housing space standards: What now?** Reino Unido. jan. 2017. Disponível em: http://housingspacestandards.co.uk/assets/space-standards_onscreen.pdf.

PEDRO, J. A. de O. How small can a dwelling be? A revision of Portuguese building regulations. **Structural Survey**, v. 27, n. 5, p. 390–410, 6 nov. 2009. <https://doi.org/10.1108/02630800911002648>.

PORTAS, N. **Funções e exigências de áreas da habitação**. 4. ed. Lisboa, Portugal: LNEC, 1969(Colecção Informação Técnica de Edifícios).

PUNHAGUI, K. R. G. **Potencial de reducción de las emisiones de CO2 y de la energía incorporada en la construcción de viviendas en Brasil mediante el incremento del uso de la madera**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura e Engenharia Civil) – Universidad Politécnica de Cataluña e Universidade de São Paulo, Barcelona, 2014.

REAL ESTATE JAPAN. How much living space does the average household have in Japan? 12 ago. 2017. **Real Estate Japan**. Disponível em: <https://resources.realestate.co.jp/living/how-much-living-space-does-the-average-household-have-in-japan/>. Acesso em: 13 fev. 2019.

RIBA. **Space standards for homes**. Londres: Royal Institute of British Architects, 2015. Disponível em: <https://www.architecture.com/-/media/gathercontent/space-standards-for-homes/additional-documents/homewisereport2015pdf.pdf>.

SARTORI, I.; HESTNES, A. G. Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. **Energy and Buildings**, v. 39, n. 3, p. 249–257, mar. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.07.001>.

STEPHAN, A.; CRAWFORD, R. House size and future building energy efficiency regulations in Australia. *In*: 49TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE ARCHITECTURAL SCIENCE ASSOCIATION, 2 dez. 2015. **Living and Learning: Research for a Better Built Environment** [...]. Melbourne, Australia, 2 dez. 2015. p. 342–351.

STEPHAN, A.; CRAWFORD, R. H. The relationship between house size and life cycle energy demand: Implications for energy efficiency regulations for buildings.

Energy, v. 116, p. 1158–1171, dez. 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.038>.

TRELOAR, G. J.; MCCOUBRIE, A.; LOVE, P. E. D.; IYER-RANIGA, U. Embodied energy analysis of fixtures, fittings and furniture in office buildings. **Facilities**, v. 17, n. 11, p. 403–410, 1 jan. 1999. <https://doi.org/10.1108/02632779910291877>.

USP. **O potencial hidrelétrico brasileiro e a maior usina geradora de energia do Mundo**. 15 mar. 2018. **Portal Biossistemas Brasil**. Disponível em: <http://www.usp.br/portalbiossistemas/?p=7865>. Acesso em: 17 maio 2020.

VIGGERS, H.; KEALL, M.; WICKENS, K.; HOWDEN-CHAPMAN, P. Increased house size can cancel out the effect of improved insulation on overall heating energy requirements. **Energy Policy**, v. 107, p. 248–257, ago. 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.045>.

WILSON, A.; BOEHLAND, J. Small is Beautiful U.S. House Size, Resource Use, and the Environment. **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, n. 1–2, p. 277–287, 8 fev. 2008. <https://doi.org/10.1162/1088198054084680>.

3 ESPAÇOS HABITACIONAIS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

Habitações atualmente em uso representam o legado de sistemas de construção antigos, assim como aquelas construídas agora se tornarão futuramente (VIGGERS *et al.*, 2017). Por isso, é essencial que, embora existam diferentes conceitos de moradia adequada (KOZHENOVA, 2010), sejam consideradas as tendências quanto ao tamanho das habitações (VIGGERS *et al.*, 2017). Orientada principalmente por questões financeiras, a produção de habitações deve ser dimensionada de modo que atenda às necessidades dos ocupantes (WILSON; BOEHLAND, 2008a) garantindo boas condições de moradia, porém a um nível que seja ambientalmente sustentável (SANDBERG, 2018).

Diferentes regiões enfrentam desafios semelhantes em relação às suas questões habitacionais, refletindo eventos globais e regionais, mudanças em agentes macroeconômicos, variáveis de mercado, e aspectos históricos, sociais e demográficos ligados às mudanças da população (KIERNAN, 2012; MOURA; SMITH; BELZER, 2015; PITTINI; LAINO, 2011; TOWNSEND, 2013; VISOCKA, 2010; YAO; LUO; WANG, 2014). Neste sentido, embora o interesse por movimentos sociais e arquitetônicos que defendem a moradia em pequenos espaços, como o *tiny house movement*¹² e *small house society*¹³, tenha ganhado força nos últimos anos (LIGHT; MEHTA, 2014) devido à preocupação por questões ambientais, simplificação do estilo de vida e busca por habitações acessíveis (ANSON, 2014; EVANS, 2018), muitos países demonstraram um aumento significativo no tamanho médio das suas residências nas últimas décadas (KHAJEHZADEH; VALE, 2017; STEPHAN; CRAWFORD, 2016b).

Apesar de construir e morar em grandes domicílios tenha sido uma tendência consistente ao longo do tempo, especialmente em países desenvolvidos, pouco se sabe sobre os fatores que levaram a essa condição e quais os seus efeitos ambientais em uma perspectiva futura (KHAJEHZADEH; VALE, 2017; VIGGERS *et al.*, 2017) que prevê aumento populacional e de demanda de recursos materiais de forma exponencial (UN, 2019). Além disso, as informações são apresentadas isoladamente

¹² Embora não exista uma definição formal, as habitações enquadradas no *tiny house movement* possuem aproximadamente 93 m² ou menos. São consideradas residências fixadas sobre fundações ou construídas sobre rodas (ANSON, 2014; EVANS, 2018).

¹³ Organização dedicada à promoção de alternativas de moradias menores, que podem ser mais acessíveis e ecológicas (SMALL HOUSE SOCIETY, 2021).

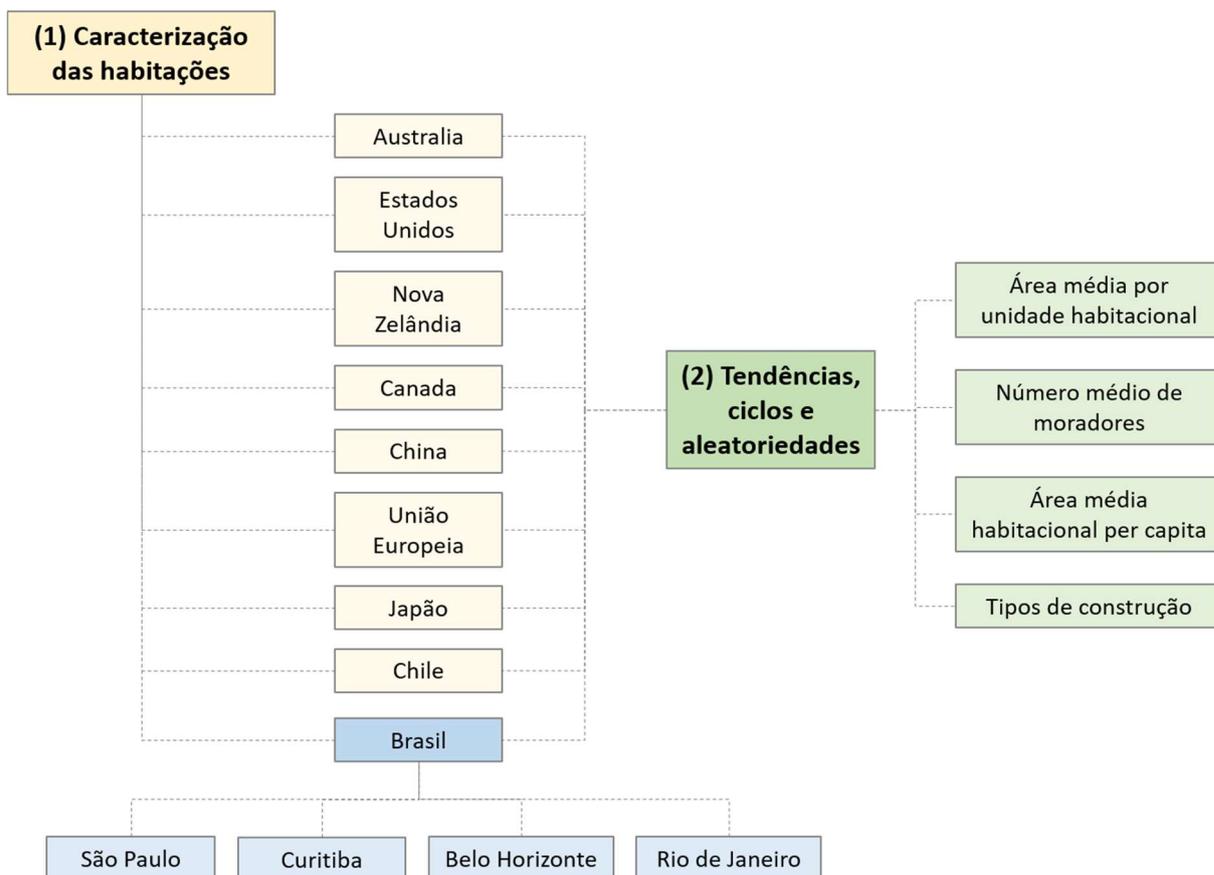
de acordo com o cenário visto em cada região, sendo desconhecidas suas semelhanças e correlações em um contexto geral.

Neste capítulo foi realizado um levantamento da evolução dos espaços habitacionais no Brasil e em outras localidades ao longo do tempo, identificando os principais fatores que os influenciam. Acredita-se que tais informações possam colaborar com ações para um desenvolvimento sustentável do setor habitacional.

3.1 MÉTODO

A pesquisa foi dividida em duas etapas: 1) busca de informações estatísticas acerca das características físicas das habitações brasileiras e de regiões considerados relevantes ao estudo cujos dados estavam disponíveis para acesso, como a área média por unidade habitacional, área média per capita, número médio de cômodos, tipo de construção (multifamiliar, unifamiliar) e número médio de pessoas por agregado familiar; 2) identificação de tendências, ciclos ou aleatoriedades nos dados obtidos e investigação de fatores associados às mudanças ocorridas no perfil das habitações. A caracterização do estado atual do tema e o conteúdo dos indicadores analisados foram baseados em dados bibliográficos, documentos, relatórios, boletins e matérias jornalísticas.

Figura 3.1 – Organização das etapas do Capítulo 3



3.1.1 Etapa 1

O levantamento de dados foi realizado usando os termos de busca: *statistics "region"*, com a substituição do campo *"region"* por cada localidade, com quatro opções de termo para habitação: *dwelling, housing, residential* e *construction*. As regiões foram selecionadas, além da disponibilidade de dados, conforme a importância dada ao tema de dimensionamento dos espaços habitacionais locais e ocorrência de análises técnicas e estudos relacionados ao tema. Nos sites oficiais de dados estatísticos de cada localidade procurou-se por informações normalmente nomeadas como *floor area, floor space* ou *size*, além de outros parâmetros como *household size, floor area per capita*, número médio de cômodos e dormitórios, conforme a disponibilidade e considerando a data mais recente e maior período de abrangência.

Os métodos para classificar e quantificar as informações relacionadas as habitações variam de acordo com cada região. Canadá, Japão e União Europeia

calculam a área média por unidade habitacional a partir do estoque de habitações até aquele momento (EUROPEAN COMMISSION, 2020; NATURAL RESOURCES CANADA, 2018; STATISTICS BUREAU OF JAPAN, 2016; STATISTICS OF JAPAN, 2018, 2013), enquanto nas demais regiões os dados tratam de novas construções aprovadas e/ou regularizadas naquele ano. Essas diferenças de computação dos dados, além de inclusão ou não de apenas as residências principais das pessoas, métodos distintos de medição e a não consideração de construções informais podem interferir na interpretação e comparação das características físicas das habitações entre diferentes regiões.

Chile, Estados Unidos e Nova Zelândia apresentam os dados de área total construída e número total de unidades residenciais, sendo necessário calcular o tamanho médio das habitações (OBSERVATORIO URBANO, 2019; STATISTICS NEW ZEALAND, 2020; U.S. CENSUS BUREAU, 2019). Para se obter a área média por unidade habitacional da China foi necessário multiplicar a área média habitacional per capita (único dado disponível) pelo número médio de pessoas por unidade habitacional (NBS, 2018).

No caso das habitações brasileiras, tendo em conta que a pesquisa de área habitacional realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foi conduzida somente em 2002 e 2003 (IBGE, 2003), foi proposta a compilação de documentos de licença de construção e habite-se¹⁴ de residência recém edificada disponíveis de capitais brasileiras. Somente quatro capitais possuíam dados robustos para análise proposta nesta pesquisa. Dados adicionais foram coletados pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)¹⁵ e pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua)¹⁶ no período entre 1981 e 2019 - primeiros e últimos disponíveis (IBGE, 2017, 2015b, c, d, 2019a).

Os documentos constando informações de área construída e número de unidades de cada licença foram acessados nos sites das prefeituras municipais de quatro capitais brasileiras. Belo Horizonte, Curitiba, Rio de Janeiro e São Paulo representam cerca de 22% do estoque nacional de domicílios e estão entre as sete

¹⁴ O habite-se é um documento que atesta que a residência foi construída de acordo com as normas estabelecidas pela prefeitura local, necessário tanto para novas construções quanto para obras e reformas (ESTADÃO, 2019).

¹⁵ A PNAD foi encerrada em 2016, com a divulgação das informações referentes até o ano de 2015.

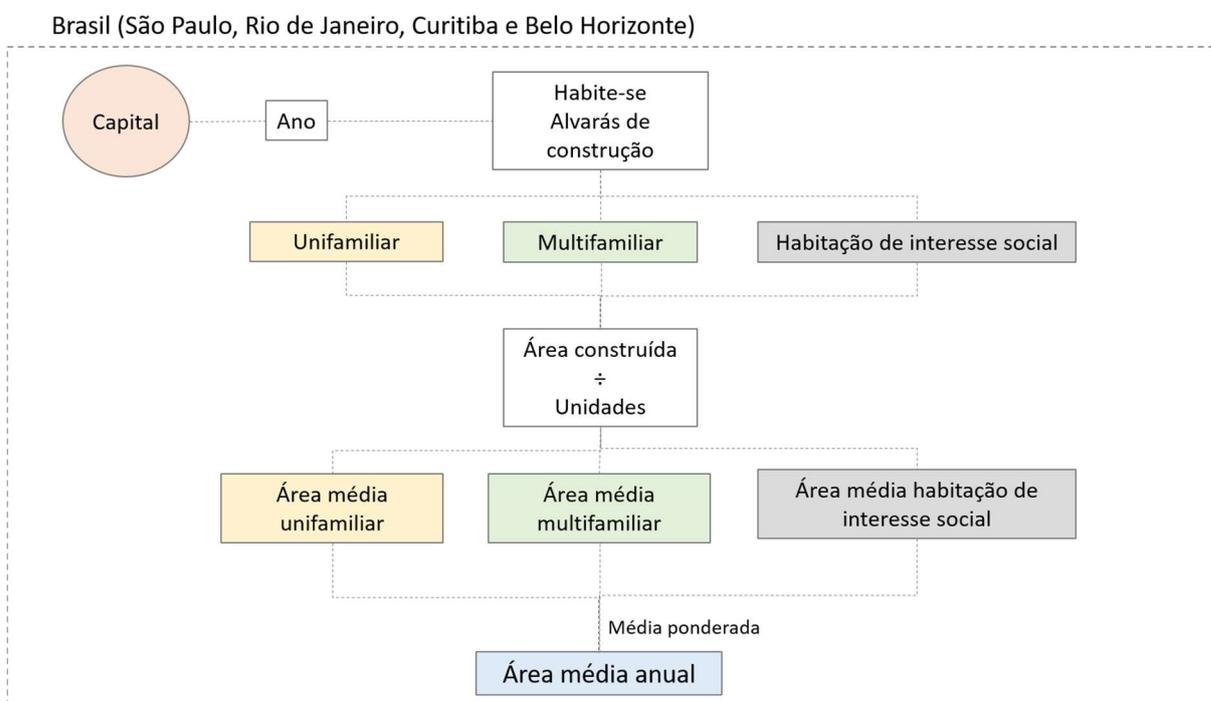
¹⁶ A PNAD Contínua foi implantada a partir de janeiro de 2012 em todo o Território Nacional para produzir resultados de indicadores mensais, trimestrais e anuais.

maiores capitais do país (IBGE, 2015c, 2019b). As informações coletadas se referem apenas às construções formais com documentação protocolada e aprovada pelos respectivos órgãos públicos.

Os limites de valor para área média por unidade habitacional foram determinados entre 20 m², considerando habitações de interesse social entregues pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV)¹⁷ com 35 m² (BRASIL, 2021, 2018) e a crescente oferta de residências menores, e 400 m², observando que a classificação máxima de área apresentada pelo IBGE consiste em habitações maiores que 400 m² (IBGE, 2003).

Os dados de área média para cada cidade foram calculados por média ponderada, considerando o número de unidades de cada tipologia (unifamiliar, multifamiliar e interesse social – tanto casas quanto apartamentos) para cada ano (Figura 3.2). O período de abrangência das informações coletadas foi de 2006 a 2020, variando conforme a disponibilidade de cada capital.

Figura 3.2 – Organização do método para compilação dos documentos de construção das quatro capitais brasileiras.



¹⁷ O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) consiste em uma política de financiamento para fomentar a construção de novas moradias (FIESP, 2018).

Ao total foram gerenciados dados de 1,2 milhões de unidades habitacionais entre 2006 e 2020, sendo 63% de São Paulo, 19% Rio de Janeiro, 12% Curitiba e 6% Belo Horizonte. O tamanho médio das habitações foi calculado por média ponderada de acordo com o número de unidades de cada tipo de construção. Foram analisados os relatórios mensais, trimestrais ou anuais de processos aprovados para licenças de construção de projetos residenciais unifamiliares e multifamiliares, além de interesse social para Curitiba e São Paulo. Foram considerados dados de 2006 a 2020 concedidos pela Secretaria de Urbanismo e Licenciamento de São Paulo (SMUL-SP, 2021), Secretaria Municipal de Urbanismo de Curitiba (SMU-CWB, 2021), Secretaria Municipal de Urbanismo do Rio de Janeiro (SMU-RJ, 2021) e pela Subsecretaria de Regulação Urbana de Belo Horizonte entre 2014 a 2020 (SUREG, 2021). A memória dos cálculos realizados é encontrada no Apêndice A.

Cabe ressaltar que esses dados se referem apenas às construções formais e, especialmente no Brasil, as construções informais e a autoconstrução¹⁸ são fatores importantes a serem considerados. Uma pesquisa do Instituto Datafolha de 2015 mostrou que cerca de 85% da população economicamente ativa que já construiu ou reformou algum imóvel o fizeram por conta própria, sem a participação de um profissional habilitado (CAUBR, 2015; MORETTI; ANDRADE, 2018). Dados do IBGE (2017) revelaram que a quase totalidade das grandes cidades brasileiras têm em torno de 30% de áreas ocupadas por favelas, chegando às vezes a 50%. Ainda, das pessoas que vivem em concentrações urbanas no Brasil, 76% estão em péssimas condições, considerando acesso ao abastecimento de água, sistema de coleta de esgoto e lixo, material de construção do imóvel, entre outras características (IBGE, 2017; MORETTI; ANDRADE, 2018).

3.1.2 Etapa 2

A segunda etapa de pesquisa para identificar agentes associados às mudanças ocorridas no perfil das habitações ao longo do tempo foi realizada compilando-se

¹⁸ Construção onde a família, de posse de um lote urbano, decide construir por conta própria a sua casa, utilizando seus próprios recursos e até mesmo mão-de-obra familiar, de amigos ou contratada, sem a interferência ou participação daqueles que detêm o conhecimento técnico, jurídico, social, ambiental, histórico, político, econômico ou cultural (NASCIMENTO, 2011).

artigos científicos em plataformas como *ScienceDirect*, *Scielo* e *Scopus*, além de notícias e informes no buscador *Google* com os termos de busca: *floor area*, *size*, *average size*, *floor space*, *average space* combinados com: *home*, *housing*, *dwelling* e *residential* e o nome de cada localidade. A seleção de referências foi feita buscando informações referentes ao tema, selecionando apenas postagens fundamentadas cientificamente ou notícias baseadas no conhecimento de profissionais da área de estudo. Depois de obtidas as análises do mercado imobiliário, essas informações foram confrontadas com as características físicas das residências identificadas na primeira fase da pesquisa; e uma análise crítica qualitativa foi efetuada.

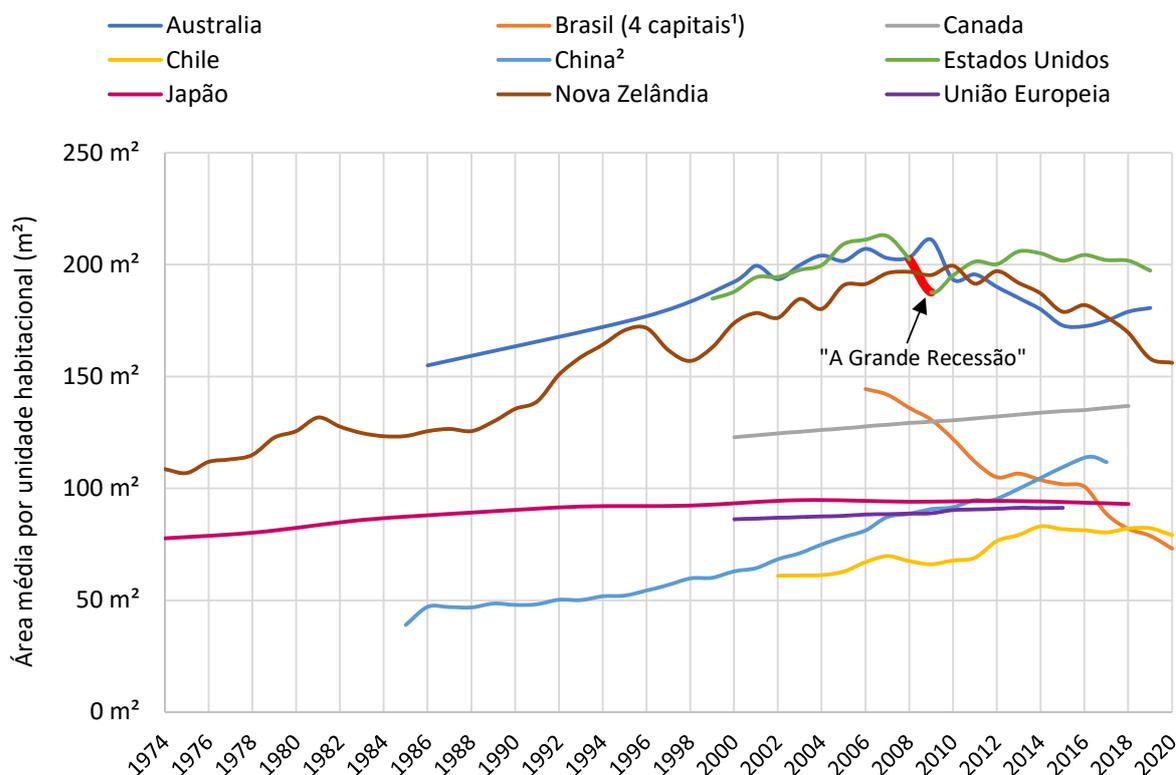
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações foram subdivididas em quatro partes: aspectos gerais e específicos sobre o tamanho das moradias de cada região, número de moradores, área habitacional per capita e tipos de construções residenciais.

3.2.1 Área das unidades habitacionais

A maioria das localidades estudadas teve seu espaço habitacional médio ampliado ao longo do tempo (Figura 3.3). Variáveis econômicas como o PIB (produto interno bruto), agentes macroeconômicos como renda, inflação e desemprego, e variáveis de mercado como as hipotecas e os preços das moradias, são potenciais impulsionadores do estoque habitacional e indicativos das tendências do espaço habitacional, uma vez que os custos com habitação representam uma parte significativa da renda da população (MOURA; SMITH; BELZER, 2015). Antes e durante uma crise econômica as residências costumam diminuir de tamanho pela restrição orçamentária dos compradores, voltando a aumentar depois pelo retorno de investidores de imóveis de alto padrão ao mercado (DIETZ, 2017). Um exemplo dessa relação é visto na profunda queda da área média habitacional nos Estados Unidos em 2008 e 2009 (Figura 3.3), período conhecido como “A Grande Recessão” (EXAME, 2010), com uma redução de 7% de um ano para o outro (202 m² em 2008 e 187 m² em 2009) (U.S. CENSUS BUREAU, 2019).

Figura 3.3 - Evolução da área média por unidade habitacional das regiões selecionadas



¹ Dados de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba, compilados pela autora.

² Apenas dados de áreas urbanas.

Fonte: Autora (2021) com base em (ABS, 2001b, 2009, 2013, 2020; EUROPEAN COMMISSION, 2020; NATURAL RESOURCES CANADA, 2018; NBS, 2018; OBSERVATORIO URBANO, 2019; SMU-CWB, 2021; SMUL-SP, 2021; SMU-RJ, 2021; STATISTICS BUREAU OF JAPAN, 2016; STATISTICS NEW ZEALAND, 2020; STATISTICS OF JAPAN, 2018, 2013; SUREG, 2021; U.S. CENSUS BUREAU, 2019)

Por outro lado, o aumento no número de habitações de área menor, como na cidade de São Paulo (SECOVI-SP, 2017, 2018, 2019), principal referência de produção de moradias brasileiras, também está associado aos aspectos econômicos do país. A crise econômica contribuiu para a perda do poder de compra dos consumidores e a escassez de espaço nas cidades elevou o preço dos terrenos e, conseqüentemente, dos imóveis (IPEA, 2012), pressionando a produção de residências menores para compatibilizar a demanda e a oferta de unidades (CAMARGO, 2003a). O mesmo aconteceu no Japão durante as décadas de 1950 e 1960 (LOUREIRO, 2013), devido à crise pós guerra.

Outro fator que influenciou na redução dos espaços habitacionais brasileiros foi o surgimento de programas habitacionais, agentes de uma série de mudanças no perfil dos domicílios no país (FIESP, 2018). O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) lançado pelo Governo Federal em 2009 e que passou a ser chamado de Casa Verde Amarela a partir agosto de 2020 visa facilitar o acesso e comercialização de moradias para famílias com renda familiar restrita (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL; GOVERNO FEDERAL, 2009; MENDONÇA; VILLA, 2014a). Oferecendo condições para a aquisição de imóveis de menores dimensões (BRASIL, 2021), redefiniu os preços dos empreendimentos de acordo com os incentivos financeiros, forçando as construtoras a adequarem seus projetos ao preço máximo financiável (PONCE, 2019) e os clientes a aceitarem imóveis de tamanho menor a fim de receber seus benefícios (FIESP, 2018).

Além disso, mudanças sociodemográficas, de hábitos, cultura e estilo de vida como as modificações na estrutura da família patriarcal convencional, redução no tamanho das famílias, aumento no número de pessoas morando sozinhas e de separações e divórcios e novos papéis desempenhados pela mulher (BRANDÃO, 2002) passaram a exigir arranjos espaciais alternativos para atender as necessidades das novas estruturas familiares que, somada à limitação de renda, desejam morar em áreas centrais e próximas ao trabalho, especialmente nos grandes centros (ELIAS, 2019; INGAIA, 2019; SOUZA, Mayara Dias de, 2007; TRAMONTANO, 1997). Diante disso, muitas empresas passaram a tentar compensar esses espaços menores, principalmente dos apartamentos, investindo nos setores de publicidade e marketing (AMORIM; LOUREIRO, 2005) e oferecendo áreas comuns com diversos serviços e opções de lazer (CARVALHO, 2008; DÁVILA, 2017).

As regulamentações que controlam o uso do solo pelas edificações residenciais, características de cada país, também induzem as tendências de tamanho das moradias uma vez que especificam os requisitos de qualidade da construção (PARK, 2017). Os níveis de exigência das leis de zoneamento, códigos de obra, normas regulamentadoras ou quaisquer conjunto de regras de cada região qualificam e modelam as propriedades de suas moradias (PEDRO, João Antônio de Oliveira, 2009; VIGGERS *et al.*, 2017). As variações de densidade populacional, concentração de habitações em áreas urbanizadas, preços da terra e da habitação, distribuição de renda, tamanho das famílias e estoque disponível para aluguel ou para compra também influenciam as características habitacionais (EUROSTAT, 2017).

Neste sentido, é possível comparar a área média das residências estadunidenses, consideravelmente maiores, com as europeias, o que é resultado de regulamentações mais brandas, além da maior extensão territorial do país norte-americano (PINSKER, 2019; WORLD POPULATION REVIEW, 2020). Outro fato é que a expansão urbana nos Estados Unidos também foi projetada pensando na dinâmica do uso do automóvel, com o desenvolvimento de uma rede de rodovias mais conectada, diferente das cidades europeias, enraizadas na antiguidade clássica e com um desenvolvimento completamente particular devido as limitações topográficas, fronteiras, muros e mecanismos de controle que restringiam sua expansão, se adaptando aos carros posteriormente (BUEHLER, 2014; PINSKER, 2019).

É interessante observar que Austrália e Canadá, ambas ex-colônias britânicas com raízes culturais semelhantes às dos Estados Unidos, também tendem a ter habitações de grandes dimensões (ABS, 2020; NATURAL RESOURCES CANADA, 2018). A tendência é de que quanto melhor é a economia de um país mais espaço as pessoas podem comprar para si (PINSKER, 2019). Populações de baixa renda possuem uma percepção de privacidade diferente das mais desenvolvidas, convivendo em comunidade e socializando mais e, conseqüentemente, destinando os espaços internos apenas para dormir. Além disso, as circunstâncias climáticas também influenciam as características físicas das habitações. Normalmente em países de clima frio os espaços internos devem ser suficientemente amplos para a realização das principais atividades domésticas, diferentemente de regiões de clima predominantemente quente onde o cotidiano costuma ser voltado para o exterior, incentivando os moradores a passarem menos tempo dentro de suas residências (KOZHENOVA, 2010).

Embora não faça parte do escopo deste estudo, é importante destacar os potenciais efeitos do tamanho e qualidade da moradia durante os bloqueios nacionais implementados globalmente para conter a propagação do SARS-CoV-2 na pandemia de COVID-19 a partir de março de 2020, quando uma grande parte da população passou a permanecer a maior parte do tempo em casa, desenvolvendo atividades de trabalho, educação, lazer e exercícios físicos (GROOT *et al.*, 2022). Nesta conjuntura, evidenciou desigualdades nas condições habitacionais em diversos países, com alguns moradores enfrentando o isolamento em grandes casas com jardins, enquanto outros lutam em condições de superlotação e restrição de espaço (MOURATIDIS, 2021; TINSON; CLAIR, 2020), impactando a saúde mental dos ocupantes e

aumentando o risco de desenvolverem sintomas depressivos e ansiedade (AMERIO *et al.*, 2020). Na Itália, um dos países mais atingidos pela pandemia na Europa, já foi observado um aumento do interesse da população por habitações unifamiliares e maiores (GUGLIELMINETTI *et al.*, 2021).

Estas foram considerações gerais em relação ao desenvolvimento espacial das habitações, porém há especificidades em cada localidade detalhadas a seguir.

3.2.1.1 Austrália

Nos últimos 30 anos a área média das residências australianas aumentou consideravelmente. Com uma média de 181 m² por unidade habitacional em 2019, estavam atrás apenas dos Estados Unidos. Durante muitos anos liderou o ranking de maior área média, atingindo o pico máximo em 2009 com 212 m², 20% a mais que em 1996 (ABS, 2001b, 2009, 2013, 2020). Nas capitais a área média das habitações são ainda maiores quando comparadas com o restante do país, bem como as unidades unifamiliares são maiores que as multifamiliares (ABS, 2001b; STEPHAN; CRAWFORD, 2016a). O costume australiano de ter diversos cômodos em suas casas contribuiu para as grandes áreas residenciais construídas no país (ALEXANDER, 2019). Além disso, apesar da construção de habitações de alta densidade nos grandes centros, até mesmo micro apartamentos, em geral, as pessoas ainda aspiram por ter mais espaço e acreditam no potencial de investimento de grandes habitações (SORENSEN, 2013).

O tamanho médio das casas unifamiliares, no entanto, não está alcançando novos máximos, tendo atingido o pico em 2009 com 247,70 m², o que indica que ainda estão sendo construídas grandes mansões, mas em menor quantidade (JAMES; FELSMAN, 2017; ROSEWALL; SHOORY, 2017). Desde 2009 houve um declínio relevante na área média devido ao aumento do número de apartamentos construídos (ROSEWALL; SHOORY, 2017). As taxas de juros mais baixas e o aumento da oferta de apartamentos mais baratos levaram casais mais velhos a morarem em habitações menores. Além disso, a geração Y têm procurado sair de casa e morar em acomodações mais adequadas às suas necessidades, mais próximas ao trabalho e principais locais de serviços (JAMES; FELSMAN, 2017). Esse aumento na construção de habitações de menor densidade impulsionou a construção de novas moradias a

um nível historicamente alto, o que contribuiu para o crescimento econômico do país (ROSEWALL; SHOORY, 2017).

3.2.1.2 *Estados Unidos*

Os Estados Unidos possuem algumas das maiores residências do mundo, popularmente conhecidas por “*McMansions*”¹⁹ (CRAVEN, 2019). Isto é, em grande parte, resultado de políticas governamentais do século passado que direcionaram os americanos a ideia de que “quanto maior, melhor” (WILSON; BOEHLAND, 2008a) e quanto mais dinheiro conseguir emprestado, maior o valor que receberá como proprietário, além de regulamentações mais brandas para construir, da vasta extensão territorial do país e a invenção de materiais de construção mais baratos juntamente com o marketing dos construtores (PINSKER, 2019; WORLD POPULATION REVIEW, 2020).

Em 2008 e 2009, período conhecido como “A Grande Recessão”, quando o país sofreu a maior crise financeira desde os anos 1930 (BIANCHI, 2020), a tendência de aumento do tamanho das residências foi revertida, voltando a crescer após esse período, o que reflete como a construção de novas habitações acompanha os ciclos econômicos (CLARK, 2017). No entanto, o tamanho dos novos apartamentos americanos não recuperou sua média, após a crise econômica devido ao fraco mercado multifamiliar para venda (DIETZ, 2017). As moradias unifamiliares, após atingirem a máxima área média por em 2015, passaram a diminuir de tamanho, demonstrando que a indústria de construção residencial está se preparando para atender a chegada dos *millennials*²⁰ no mercado imobiliário (THOMPSON, 2017) que são mais cautelosos com suas finanças e priorizam o funcionamento e desempenho das residências (OLICK, 2016).

¹⁹ A designação “McMansion” foi criada na década de 1980 por arquitetos e críticos de arquitetura em resposta a muitas casas amplas e extravagantes, mal projetadas e mal construídas nos subúrbios americanos. A palavra é derivada do nome McDonald's, popular restaurante da cadeia de fast food (CRAVEN, 2019).

²⁰ Indivíduos nascidos entre 1982 e 2004 que atingiram ou atingirão a idade adulta no início século XXI (HOWE; STRAUSS, 1992).

3.2.1.3 Nova Zelândia

Entre 1974 e 2010 a área média das unidades habitacionais neozelandesas aumentou mais de 90 m² por unidade habitacional²¹ (STATISTICS NEW ZEALAND, 2020). Sua participação na Segunda Guerra Mundial e a Grande Depressão do país limitou o tamanho das moradias até a década de 1940 (QV, 2011). No período pós-guerra foram aprovados regulamentos de melhoria habitacional, em vigor até hoje, aumentando o tamanho médio das residências. Em 1991 a reformulação do Código de Construção da Nova Zelândia (NZBC - *New Zealand Broadcasting Corporation*) desconsiderou os requisitos de tamanho mínimo e até 2010 não havia nenhum código prescritivo sobre áreas mínimas, exceto em áreas específicas, como banheiros acessíveis (MARRIAGE, 2010). Além disso, as mudanças no estilo de vida dos moradores, que acreditam na maior flexibilidade de casas maiores, e a presença de novos tipos de cômodos também contribuíram para o acréscimo na área média total das moradias (KHAJEHZADEH; VALE, 2017, 2015).

Até 2010, uma outra justificativa para as elevadas dimensões das habitações neozelandesas era o sistema tributário do país que, diferentemente da maioria dos países, tinha impostos menores sobre os domicílios que de outros bens, levando as pessoas a comprarem casas maiores (COLEMAN, 2017). A partir daquele ano houve uma redução do tamanho das moradias devido ao seu custo que passou a ser 8,3 vezes o salário médio de um neozelandês em 2009. Como resultado dessa mudança, um único assalariado não conseguia arcar nem com metade do preço de uma casa média optando, então, por apartamentos mais baratos e, muitas vezes, de menor tamanho (MARRIAGE, 2010).

3.2.1.4 Canadá

O Canadá tem uma das maiores áreas médias por unidade habitacional do mundo (QUALMAN, 2018). No entanto, segundo a empresa de contabilidade e consultoria *PricewaterhouseCoopers* (PWC) essa tendência pode começar a ser revertida. O aumento da imigração pode iniciar a redução do espaço habitacional, uma vez que aqueles que chegam ao país não tem necessariamente as mesmas

²¹ As medidas de área incluem os espaços comuns em edifícios multifamiliares (GOVERNMENT STATISTICIAN, 2016).

expectativas em relação às características das residências que os canadenses (MARR, 2016). Em Vancouver, as casas unifamiliares de proprietários imigrantes e canadenses apresentaram uma média de 265 e 235 metros quadrados, respectivamente, em 2019 (GOVERNMENT OF CANADA, 2019). Os canadenses prezam muito pela amplitude do seu espaço (QUALMAN, 2018).

3.2.1.5 *China*

A partir dos anos 1980, a população chinesa iniciou um processo rápido de urbanização com o acentuado movimento das habitações em áreas rurais para as áreas urbanas, intensificando os investimentos em habitação. A associação entre a rápida urbanização e a construção residencial foi uma importante fonte de crescimento econômico na China (D'ARCY; VEROUDE, 2014). O crescimento da renda junto à redução no tamanho médio dos agregados familiares, influenciaram na qualidade no estoque habitacional (D'ARCY; VEROUDE, 2014; NBS, 2018). À medida que a economia cresceu as famílias passaram a investir suas rendas mais altas em residências de maior qualidade, com maior área útil e, como consequência, o espaço residencial per capita aumentou (BERKELMANS; WANG, 2012; RODIONOV, 2017). Em 1978 a média de área habitacional per capita em áreas urbanas era de 6,7 m² e em 1989 chegou a 13,5 m² (NBS, 2018).

Com o fim da distribuição de habitação pública em 1998 foi iniciado o sistema de habitação orientado para o mercado imobiliário e as famílias chinesas passaram a ter mais opções de moradia, em melhores condições (REN; HU, 2016). No entanto, a construção em massa de habitações e o processo contínuo de urbanização provocaram o desequilíbrio na oferta de habitação, com muitas casas grandes no mercado. O excesso de investimentos imobiliários e o aumento dos preços da habitação as tornaram inacessíveis para a grande maioria dos residentes (GAO; ASAMI, 2011; YAO; LUO; WANG, 2014). Foi então que, em 2006, para controlar estes crescentes preços, o governo chinês determinou que pelo menos 70% dos novos projetos residenciais deveriam ser de apartamentos com menos de 90 m². Popularizada como a “política 7090”, foi uma tentativa de controlar o aumento do tamanho das habitações (SIMA, 2015).

No final de 2009, com outra bolha econômica do mercado imobiliário chinês surgindo, o governo tentou resfriar o mercado, mas a taxa de crescimento mensal dos

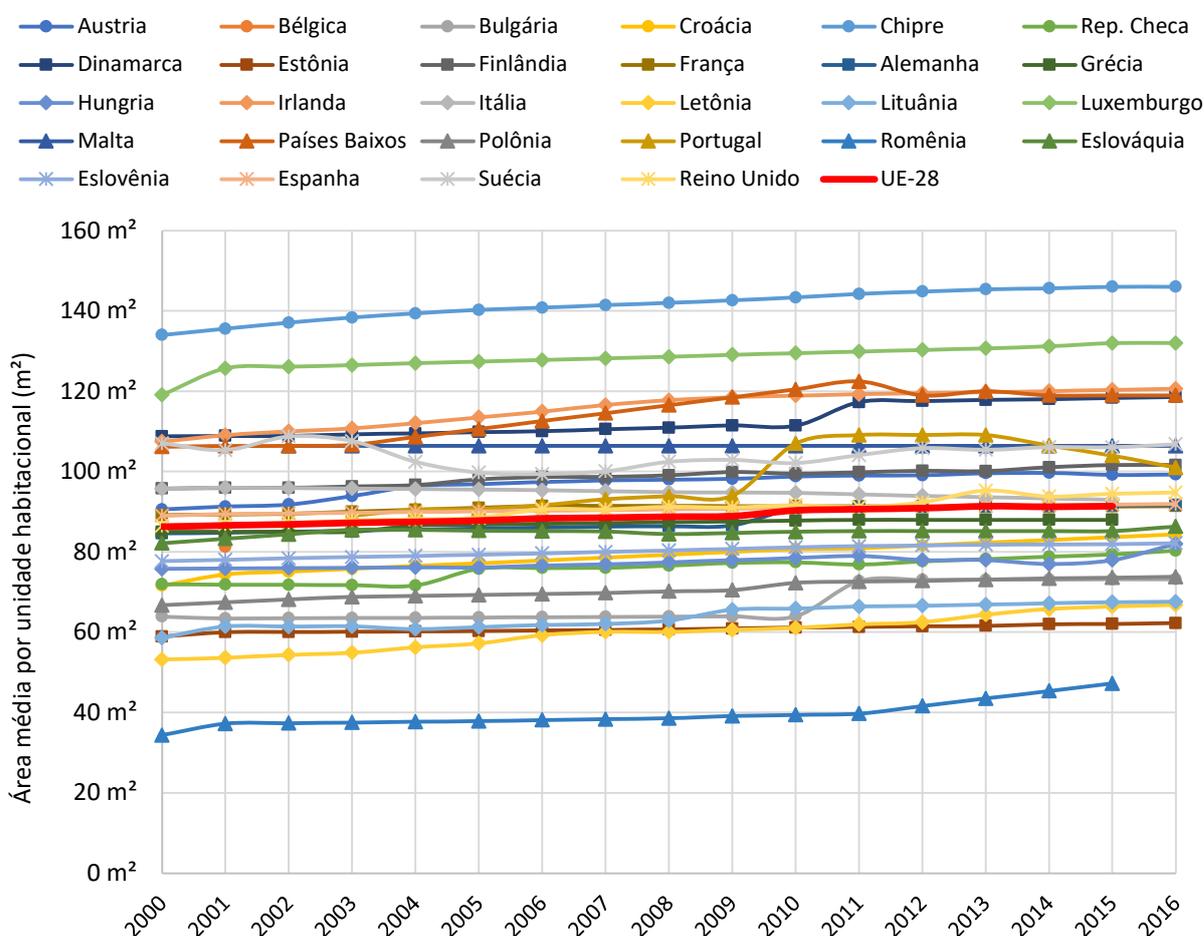
preços de venda permaneceu em um nível muito alto, alimentada pelos *land kings*, terras vendidas a preços extremamente altos nas grandes cidades. Chegando a um nível insustentável, o governo passou a emitir regulamentações nos meses seguintes, visando apaziguar o mercado. Restrições no número de casas que uma família poderia comprar e taxas de juros diferenciadas fizeram com que os preços fossem estabilizados. Por outro lado, como consequência dessas medidas, houve uma redução no número de vendas nos meses seguintes. Assim, a China enfrentou um importante dilema em sua política de habitação: como melhorar o espaço de vivência das pessoas, mas, ao mesmo tempo, garantir que pessoas de baixa e média renda sejam capazes de encontrar moradia acessível (YAO; LUO; WANG, 2014).

3.2.1.6 *União Europeia*

Cerca de 501 milhões de habitantes espalhados por 27 países da União Europeia residem em uma variedade de moradias, com um estoque de edificações em constante expansão. Seguida pela China e pelos Estados Unidos, a Europa tem a maior densidade de construção (BPIE, 2011). O bloco político-econômico não tem responsabilidades específicas em relação à habitação, os governos nacionais desenvolvem suas próprias políticas habitacionais. No entanto, muitos Estados-Membros enfrentam desafios semelhantes, como renovar o estoque habitacional, planejar a expansão urbana, viabilizar o desenvolvimento sustentável, facilitar a entrada de jovens e grupos desfavorecidos ao mercado imobiliário e promover a eficiência energética das moradias (EUROSTAT, 2019b).

A Segunda Guerra Mundial (1939-1945) teve um impacto profundo na indústria da construção europeia (LABC, 2018). Durante a reconstrução pós-guerra (1946 – 1970), caracterizada pelo crescimento econômico e demográfico, em muitas regiões da EU foi construída uma parte considerável do estoque habitacional atual. De fato, existem relativamente poucos exemplos de regiões onde a maior parcela de habitações foi construída nas últimas décadas (EUROSTAT, 2017, 2016).

Figura 3.4 – Área média por unidade habitacional dos Estados-Membros da União Europeia entre 2000 e 2016



Fonte: Autora (2021) com base em (EUROPEAN COMISSION, 2020)

Em relação ao tamanho das habitações, o Chipre lidera com a maior média de espaço habitacional, estando entre os maiores do mundo (CBS, 2016; CNA, 2018; EUROSTAT, 2017; HUDSON, 2015; KHAJEHZADEH; VALE, 2017). Em 2016 o país apresentou uma média de 146 m² por unidade habitacional, cerca de 55 m² a mais do que a média da União Europeia no ano anterior (91 m²) (EUROPEAN COMISSION, 2020). Além de ser uma ilha com muitas propriedades de luxo (KNEWS, 2018), sua população apresenta as menores taxas de privação severa de habitação e de superlotação, menos de 1% desde 2011 e 1,4% em 2015, respectivamente (EUROSTAT, 2020b).

As menores residências entre os Estados-Membros pertencem aos romenos (EUROPEAN COMISSION, 2020). A questão habitacional no país envolve condições de superlotação, 49,7% em 2015 (EUROSTAT, 2020a), além de degradação,

ausência de manutenção e falta de serviços básicos, herança do sistema socialista que tentou resolver o problema habitacional construindo moradias de má qualidade e baixo conforto, além da ineficiência das medidas de política habitacional após a mudança de regime (GYONGYI; LASZLO, 2008; PĂTRĂȘCOIU; KRUZLIAK, 2018).

Exceto pela Itália e Suécia, em geral a área média habitacional aumentou nos Estados-Membros (EUROPEAN COMMISSION, 2020). A redução percebida na Itália está ligada à crise econômica entre 2006 a 2013, que levou ao colapso do mercado imobiliário italiano, diminuindo o número de transações e aumentando os preços de venda e aluguel das moradias, enquanto a renda crescia a um ritmo menor (PITTINI *et al.*, 2017). Apesar de demonstrar sinais de crescimento a partir de 2014, os preços e aluguéis permaneceram altos, ao mesmo tempo em que a oferta de moradias públicas era limitada, dificultando o acesso das famílias aos imóveis (BALDINI; POGGIO, 2012; FIGARI *et al.*, 2017).

Em 2011, as capitais da EU registraram a maior proporção de residências com menos de 50 m² de área útil. Os benefícios de morar nessas regiões, como o acesso a diversos serviços se sobressaem à área reduzida das moradias. O fluxo de oportunidades profissionais, educacionais e de lazer atrai jovens que geralmente optam por morarem sozinhos. No mesmo ano, mais de um terço (34,7%) das residências nas capitais da UE eram ocupadas por apenas uma pessoa. À medida que a idade avança, é relativamente comum, principalmente com a mudança de estilo de vida, os residentes saírem das capitais e mudarem para áreas mais distantes onde as moradias são mais acessíveis, os ambientes mais espaçosos e os bairros mais seguros, adequados para a criação de uma família (EUROSTAT, 2016, 2017).

3.2.1.7 Japão

Durante as décadas de 1950 e 1960 ocorreu uma massiva migração da população para os grandes centros. O crescimento populacional urbano aumentou a dificuldade de fornecimento de habitações e a escassez de terrenos disponíveis para construção de moradias levou à valorização do solo, culminando em uma pressão para a redução do tamanho das habitações como medida de redução dos custos (LOUREIRO, 2013). Apesar disso, nota-se um crescimento da área média por unidade habitacional entre 1968 e 2018, de 74 m² a 93 m². Contudo, durante um período de

10 anos, entre 2003 e 2013, essa medida se manteve praticamente constante, um cenário muito diferente quando comparado a outros países.

A maior parte das moradias japonesas é extremamente densa. Seu tamanho médio varia conforme a região do país e o tipo de construção, com residências unifamiliares geralmente apresentando uma área média maior que as multifamiliares (LOUREIRO, 2013), 127 m² e 51 m² em 2018. Na capital Tóquio, popularmente conhecida pelos edifícios de apartamentos extremamente pequenos, o tamanho médio de todos os tipos de construção é, de fato, menor que a média nacional (66 m² e 93 m² em 2018). Entretanto, a moradia típica do país não pode ser considerada esta, já que as menores unidades multifamiliares se concentram nos grandes centros urbanos (WASWO, 2013). O custo do solo restringe o tamanho das habitações e geralmente é necessário escolher entre espaço ou localização. Aqueles que optam por morar nos grandes centros perdem em termos de espaço habitacional (CASELLI, 2007).

3.2.1.8 Chile

Em 2014 a área média dos apartamentos chilenos atingiu 85 m², superando pela primeira vez a das casas de 80 m² no mesmo ano (OBSERVATORIO URBANO, 2021). Esse aumento pode ser explicado principalmente pelo *boom* de apartamentos de luxo e espaçosos, resultado do crescimento econômico e das mudanças nas preferências das famílias, que optam por apartamentos maiores e mais bem localizados. O segmento com maior proporção de licenças emitidas entre 2002 e 2020 corresponde às unidades entre 36 e 140 m², com maiores avanços concentrados nos tamanhos entre 71 e 140 m² e maiores que 140 m², o que explica o aumento do tamanho médio das residências nesse período (OBSERVATORIO URBANO, 2021). O número de aprovações de ambos os tipos de moradia com até 35 m² foram ínfimos comparado aos outros segmentos, chegando a praticamente zero em 2011 (OBSERVATORIO URBANO, 2019). Isto se deve principalmente ao aumento das exigências do *Ministerio de Vivienda y Urbanismo* em relação ao tamanho mínimo da habitação social, além do fato de que os antigos programas habitacionais que incluíam moradia desse porte não foram mais subsidiados (CCHC, 2014, 2018).

3.2.1.9 *Brasil*

Nas quatro capitais brasileiras, que representam 12% do estoque nacional de habitação (IBGE, 2019b), houve uma redução de tamanho das habitações. Entre os motivos, a extinção e alteração de alguns tipos de cômodos (VILLA, 2012), como os bidês dos banheiros, dependências de empregada, entradas de serviço (DÁVILA, 2017), louçaria, prataria e chapelaria (VILLA, 2012). A cozinha e a área de serviços foram integradas e reduzidas de tamanho, assim como a sala de estar e a varanda (DÁVILA, 2017). Por fim, a sala de jantar, antes delimitada, foi desfeita, já que as pessoas passaram a não fazer todas as refeições em casa (FERRONATO, 2015). Apesar disso, dados da PNAD mostraram que, embora a variação seja pequena, de 1981 para 2015 o número médio de cômodos²² por residência aumentou de 5,22 para 5,80, enquanto o número médio de dormitórios²³ caiu de 2,05 para 1,83 no mesmo período (IBGE, 2015b).

No entanto, os aspectos econômicos do país foram os principais motivadores dessa redução de tamanho (FERRONATO, 2015; O GLOBO, 2015; TRAMONTANO; VILLA, 2000). A crise econômica modificou o contexto habitacional e o mercado imobiliário passou a se adaptar ao novo cenário, intensificando a especulação imobiliária e conciliando os preços dos terrenos com as expectativas dos usuários (CAMARGO, 2003a) limitando o tamanho das unidades, especialmente nas grandes cidades (FANTONI, 2017; ZILLIG, 2019). Diante disso, muitas empresas passaram a tentar compensar esses espaços menores, principalmente dos apartamentos, investindo nos setores de publicidade e marketing (AMORIM; LOUREIRO, 2005) e oferecendo áreas comuns com diversos serviços e opções de lazer (CARVALHO, 2008; DÁVILA, 2017).

Além disso, desde a promulgação da Constituição de 1988, que transferiu a responsabilidade sobre a questão das moradias da União para os estados e municípios, surgiram diversos programas habitacionais pelo país (DECICINO, 2014), agentes de uma série de mudanças no perfil dos domicílios, inclusive a redução de

²² São considerados cômodos todo compartimento coberto por um teto e limitado por paredes que seja parte integrante do domicílio, inclusive cozinha e banheiro, exclusive corredor, alpendre e varanda aberta, garagem, depósito e outros compartimentos usados exclusivamente para fins não residenciais (IBGE, 2015b).

²³ O número de dormitórios corresponde ao total de cômodos integrantes do domicílio que estiverem servindo, em caráter permanente, de dormitório para os moradores, inclusive aqueles que assim são utilizados em função de não haver acomodação adequada para esta finalidade (IBGE, 2015a).

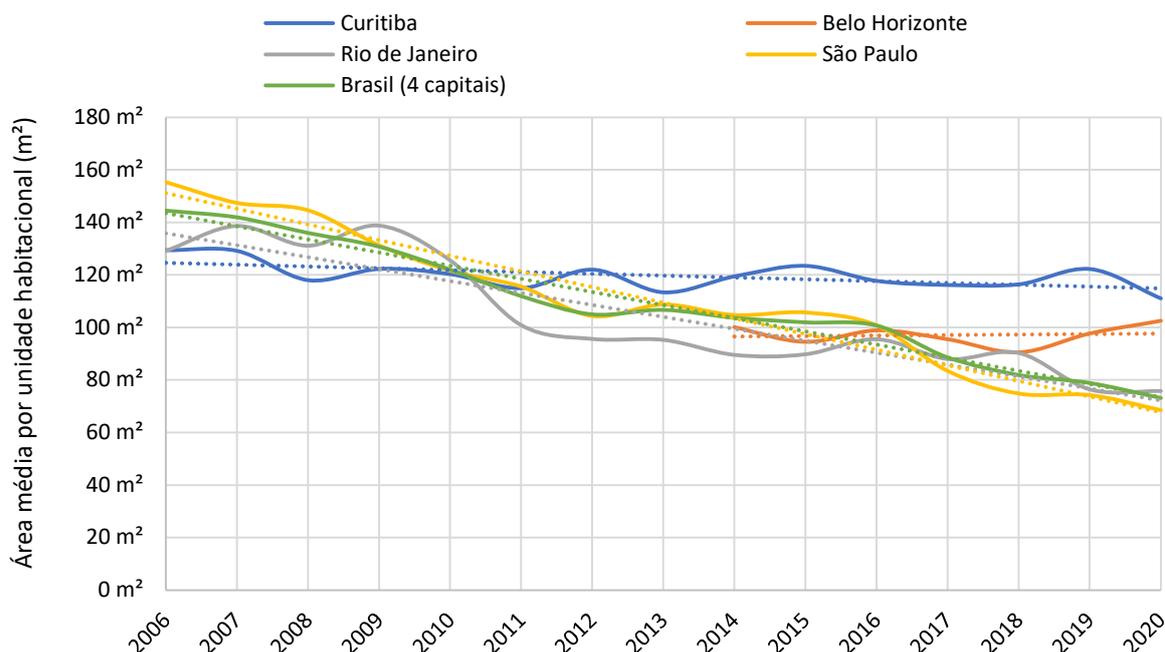
área. Em 2009, com o lançamento do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), os preços dos empreendimentos foram redefinidos de acordo com os incentivos financeiros, forçando as empresas a adequarem seus projetos ao preço máximo financiável (PONCE, 2019). Os clientes, por sua vez, passaram a ter que aceitar imóveis de tamanho menor para poder receber seus benefícios. Porém, deve-se reconhecer que, apesar dos diversos questionamentos quanto à qualidade dessas unidades, ocorreram algumas melhorias das condições habitacionais, como a redução do número de cortiços²⁴ (FIESP, 2018).

Por último, embora menos evidente, existe a tendência comportamental do compartilhamento e da busca pelo desapego material (FERRONATO, 2015). Alguns brasileiros, especialmente os mais jovens, deixaram de lado o grande sonho da “casa própria” com a ideia de mantê-la por toda a vida em detrimento da praticidade em não acumular tantos itens e ter menos espaço para manutenção, fomentando, assim, o mercado de vendas de apartamentos com áreas reduzidas (SECOVI RIO, 2019).

A investigação realizada por meio de documentos de licença para construção e habite-se das quatro capitais brasileiras **São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba**, corroborou com a observação de outros autores (DÁVILA, 2017; FANTONI, 2017; FERRONATO, 2015; MENDONÇA, 2015; SECOVI RIO, 2019; TRAMONTANO; VILLA, 2000; VERISSÍMO; BITTAR, 1999; VILLA, 2012; VILLA *et al.*, 2018) de que as unidades habitacionais brasileiras, de forma geral, diminuíram de tamanho (Figura 3.5) (SMU-CWB, 2021; SMUL-SP, 2021; SMU-RJ, 2021; SUREG, 2021). Grande parte deste cenário é explicado pelo aumento do número de imóveis multifamiliares no país (IBGE, 2015c; VILLA *et al.*, 2018) e suas áreas menores. O crescente número de habitações de interesse social produzidas ao longo dos últimos anos - aproximadamente 4 milhões de moradias pelo PMCMV de 2009 a 2019 (CNM, 2019) - também impulsionou essa redução.

²⁴ Os cortiços são habitações coletivas precárias, muito populares na cidade de São Paulo até as primeiras décadas do século XX, que cederam lugar às casas autoconstruídas e as favelas (KOWARICK, 2013).

Figura 3.5 – Área média por unidade habitacional em quatro capitais brasileiras



Fonte: Autora (2021) com base em (SMU-CWB, 2021; SMUL-SP, 2021; SMU-RJ, 2021; SUREG, 2021)

O desvio padrão calculado para as áreas médias por unidade habitacional anuais das quatro capitais é de aproximadamente $\pm 17 \text{ m}^2$.

3.2.1.9.1 São Paulo

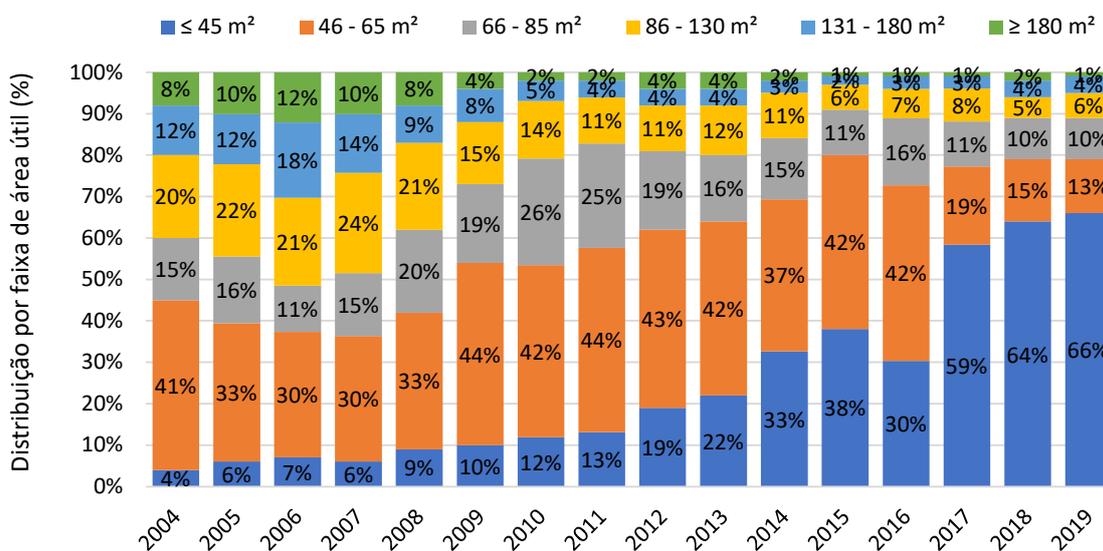
São Paulo, diferentemente do cenário nacional, foi analisada por diversos autores em relação ao seu contexto habitacional, principalmente quanto à qualidade dos apartamentos produzidos (ALENCAR; JOHN; JÚNIOR, 2011; ANITELLI, 2010; CAMARGO, 2003a; ORNSTEIN; VILLA; ONO, 2011; QUEIROZ, 2008; QUEIROZ; TRAMONTANO, 2009; VILLA, 2004, 2006). As tendências vistas na maior capital do país servem como referências em cidades de médio e grande porte no restante do país, induzindo a produção imobiliária com particularidades semelhantes (MENDONÇA; VILLA, 2014b; VILLA, 2008a, 2012).

Dados do Secovi-SP (Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Comerciais e Residenciais de São Paulo) mostraram o crescente número de imóveis residenciais com até 45 m² de área útil²⁵ (Figura 3.6).

²⁵ Área do imóvel de uso privativo e exclusivo do proprietário, sem contar a vaga de garagem (SECOVI-SP, 2018).

Em 2017 eles passaram a representar a maioria dos lançamentos, com um tamanho médio de 37,4 m² (SECOVI-SP, 2017, 2018). Essa mudança se deve, principalmente, às características predominantes dos imóveis econômicos enquadrados no Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) que tiveram uma atuação fundamental no mercado (SECOVI-SP, 2017). Na capital as residências com um dormitório foram as que mais encolheram, com uma área útil média de 39,5 m² em 2012 e 29,4 m² em 2017. Já as moradias com três dormitórios aumentaram em todas as regiões durante o mesmo período, especialmente na Região Metropolitana de São Paulo (FANTONI, 2017; SECOVI-SP, 2017, 2018; ZILLIG, 2019).

Figura 3.6 – Área útil por unidade habitacional em São Paulo, Brasil, por distribuição de porcentagem.

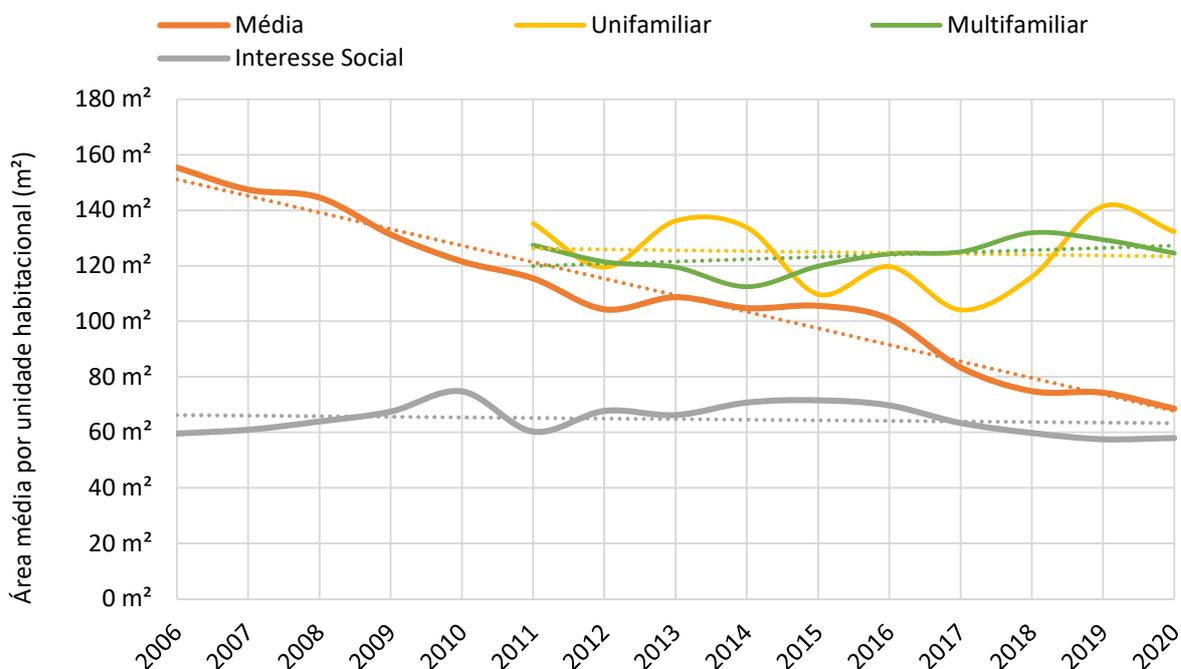


Fonte: (SECOVI-SP, 2019)

A compilação dos alvarás fornecidos pela Secretaria de Licenciamento de São Paulo (SMUL) entre 2008 e 2018 demonstrou uma tendência consistente com as informações produzidas pelo Secovi-SP (SMUL-SP, 2021). Apesar de haver uma variação considerável nas médias, pode ser observada uma redução no tamanho médio das unidades habitacionais formais na capital (Figura 3.7). De fato, o aumento do número de unidades destinadas à população de baixa renda contribuiu para que a média total de área tendesse a diminuir. Em 14 anos, de 2006 a 2020, a porcentagem de habitações de interesse social do total de moradias com documentação aprovada

passou de 21% para 84%. O desvio padrão médio calculado para as áreas médias por unidade habitacional anuais é de aproximadamente $\pm 20 \text{ m}^2$.

Figura 3.7 – Área média por unidade habitacional em São Paulo

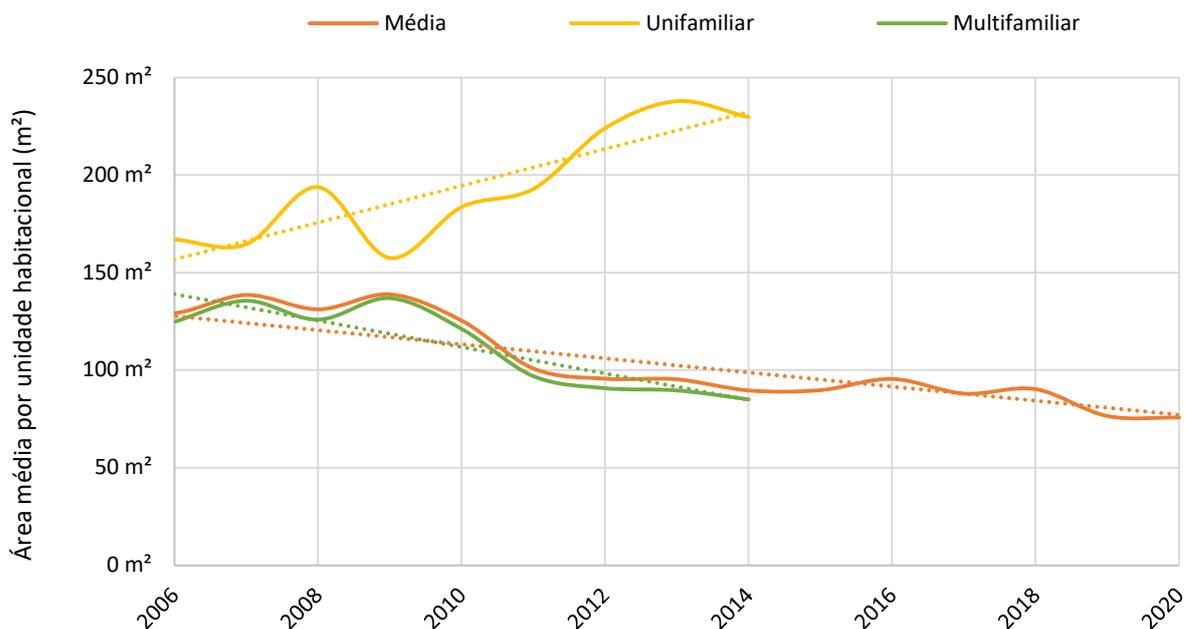


Fonte: Autora (2021) com base em (SMUL-SP, 2021)

3.2.1.9.2 Rio de Janeiro

No Rio de Janeiro no geral todas as habitações encolheram entre as décadas de 1970 e 2010 segundo o jornal O Globo, que analisou as plantas de apartamentos de dois dormitórios lançados na cidade e apontou que o tamanho médio dos imóveis diminuiu $40,40 \text{ m}^2$ neste período, com 100 m^2 em 1970 e $59,60 \text{ m}^2$ em 2010 (FERRONATO, 2015; O GLOBO, 2015). Ainda, em 2019, o novo Código de Obras estabeleceu que o tamanho mínimo de um apartamento construído, antes de 55 m^2 , passou a ser de 25 m^2 em boa parte da cidade (O GLOBO, 2018; PREFEITURA RIO, 2018). Isso demonstra a direção do mercado e dos regulamentos em atender à demanda dos novos perfis de compradores e moradores (SECOVI RIO, 2019).

Figura 3.8 – Área média por unidade habitacional no Rio de Janeiro



Fonte: Autora (2021) com base em (SMU-RJ, 2021)

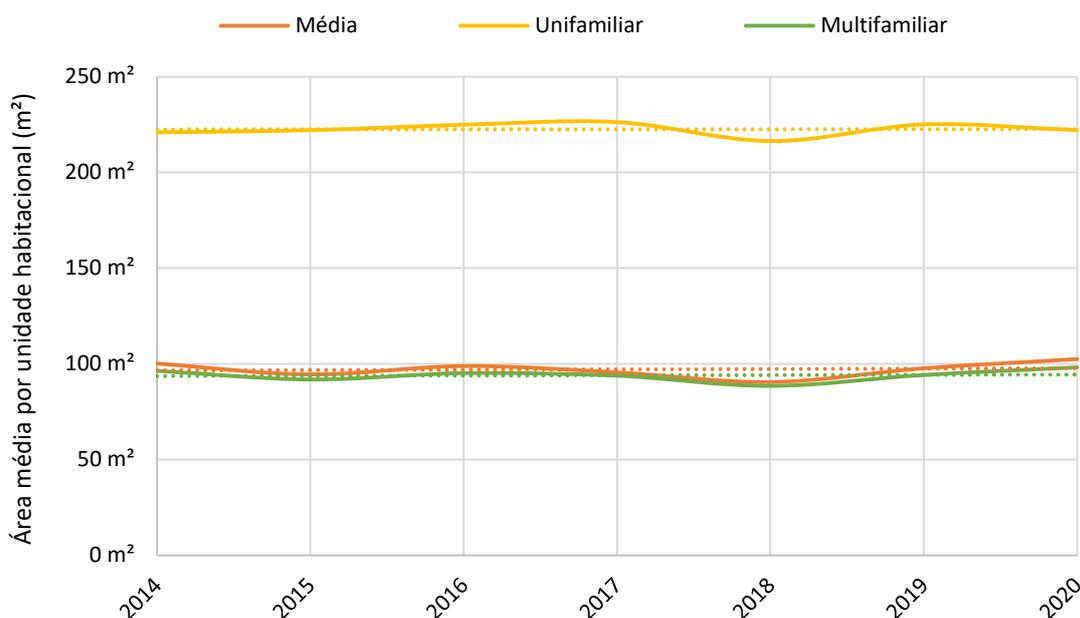
As unidades residenciais licenciadas pela Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU) entre 2006 e 2020 também indicaram uma tendência de redução na área das habitações formais cariocas (Figura 3.8) (SMU-RJ, 2021). No entanto, o tamanho médio das unidades unifamiliares aumentou expressivamente nesse período, de 167 m² em 2006 para 229 m² em 2014. Ao mesmo tempo as multifamiliares diminuíram de 125 m² para 85 m² no mesmo período, e, como a participação desta tipologia no total de licenças é muito maior (97% em 2014), contribuíram para a redução geral na média de 129 m² em 2006 a 76 m² em 2020. O desvio padrão médio calculado para as áreas médias anuais é de ± 19 m² por unidade habitacional.

É importante ressaltar que essa análise considerou apenas as habitações licenciadas. No Rio de Janeiro a parcela de moradias irregulares exerce um papel fundamental na investigação das características habitacionais devido à grande presença de favelas e assentamentos urbanos informais. As favelas representam quase 86% dos bairros na cidade e sua área cresceu mais de 220 mil metros quadrados de 2016 para 2017 (SANTOS, 2018). Segundo dados do Censo 2010, em 2017 cerca de 22% da população morava em favelas (IBGE, 2010). A exclusão dos dados dessas unidades na estimativa deste estudo certamente afeta a integralidade do cenário retratado, uma vez que a área média das habitações em favelas é de aproximadamente 42 m² (CARDOSO; DENALDI, 2018).

3.2.1.9.3 Belo Horizonte

Os dados dos documentos de licença de construção e moradia de residências da capital mineira, divulgados pela Subsecretaria de Regulação Urbana (SUREG) entre 2014 e 2020 (Figura 3.9) (SUREG, 2021), não demonstraram uma tendência clara do tamanho médio das unidades habitacionais. O que se observa é que há uma diferença relevante entre a área média de unidades multifamiliares (entre 96 m² e 88 m²) e unifamiliares (entre 226 m² e 218 m²). Além disso, a participação de unidades multifamiliares é significativamente maior quando comparada com as unifamiliares, cerca de 97% e 3% respectivamente. Por isso mesmo a evolução de tamanho durante o período manteve a média próxima aos valores das multifamiliares. O desvio padrão médio calculado para as áreas médias anuais é de ± 4 m² por unidade habitacional.

Figura 3.9 - Área média por unidade habitacional em Belo Horizonte



Fonte: Autora (2021) com base em (SUREG, 2021)

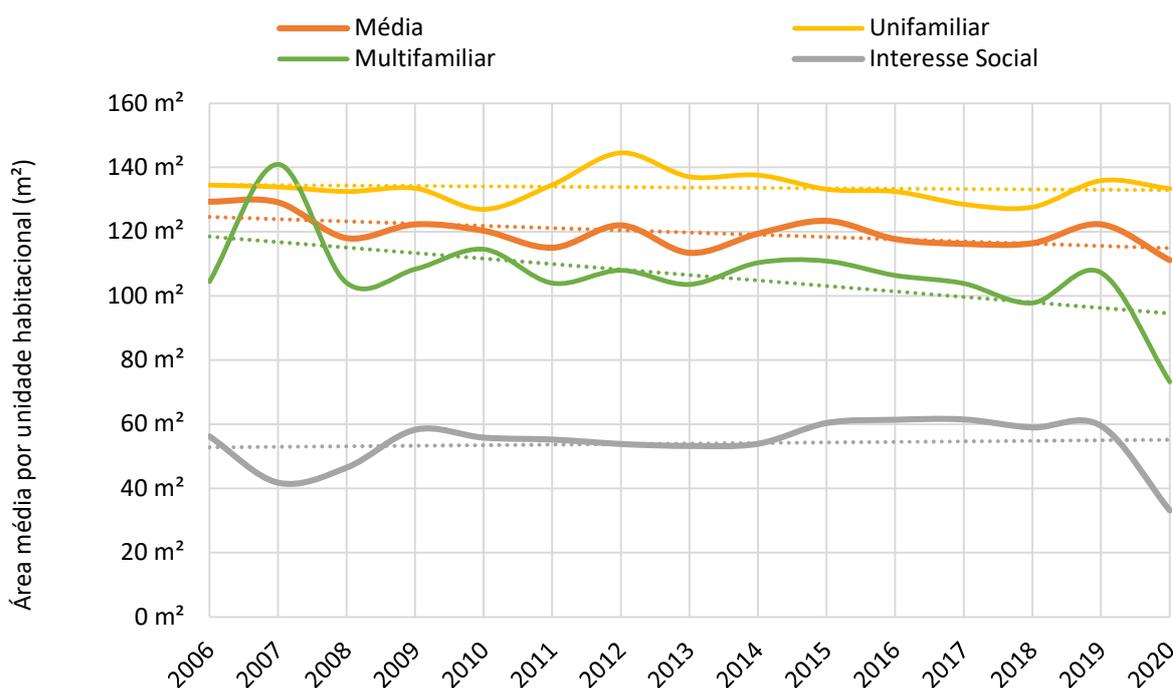
Mendonça e Villa (2014) analisaram exemplares de plantas de apartamentos destinados à classe média com três dormitórios lançados nas décadas de 1970, 1980, 1990, 2000 e 2010 na cidade de Uberlândia, também localizada no Estado de Minas Gerais. O estudo concluiu que as unidades dessa tipologia também acompanharam a tendência da produção imobiliária observada em São Paulo, de expressiva redução do tamanho médio das unidades. Entre 1975 e 2011 esses apartamentos reduziram

sua área média de 135 m² para 55 m². Segundo as autoras, esses dados demonstram como o mercado imobiliário paulista induz a produção de habitações nas cidades médias brasileiras.

3.2.1.9.4 Curitiba

Em Curitiba, os relatórios de unidades habitacionais licenciadas apresentados pela Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU-CWB, 2021) indicaram que, de forma geral, a tendência do tamanho das habitações formais na capital paranaense entre 2006 e 2020 foi de redução, em média 129 m² em 2006 e 111 m² em 2020 (Figura 3.10). O desvio padrão médio calculado para as áreas médias anuais é de ± 6 m² por unidade habitacional.

Figura 3.10 – Área média por unidade habitacional em Curitiba



Fonte: Autora (2021) com base em (SMU-CWB, 2021)

A tendência de redução pode ser explicada pelo aumento de unidades multifamiliares de menor tamanho na cidade. Em 2006 a tipologia apresentava em média 104 m² com 5% de participação no total de unidades aprovadas, e em 2020 73 m² e 21% do total, enquanto as unifamiliares tinham 135 m² em 2006 e 91% e 133 m² e 70% em 2020. O aumento no tamanho médio das habitações unifamiliares pode ser

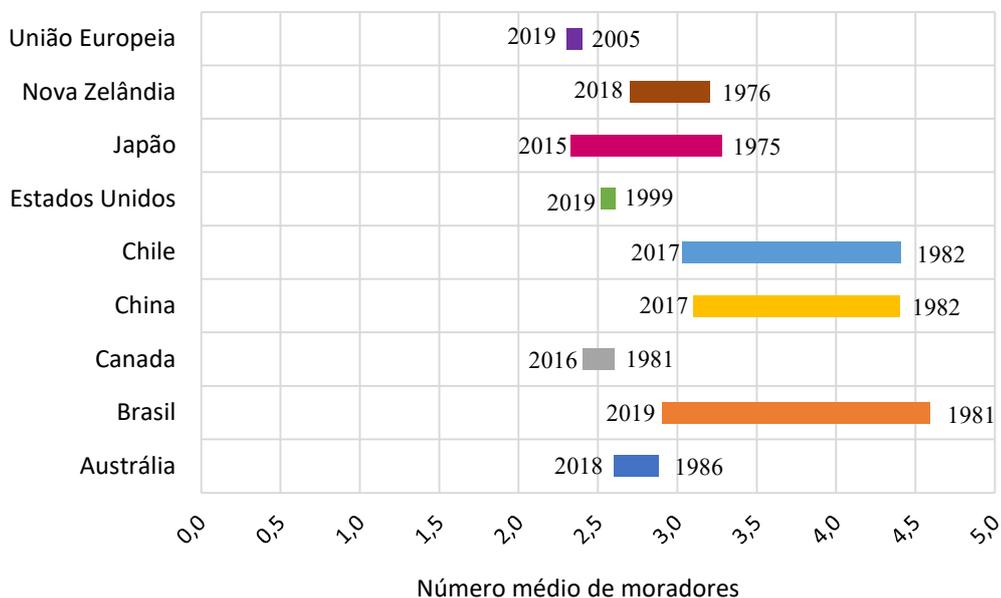
devido ao mercado de imóveis de luxo em Curitiba ter sido menos influenciado pela crise econômica (LUC, 2019), além da entrada de grandes construtoras e incorporadoras de São Paulo no mercado imobiliário curitibano (SCHEFFER, 2010).

3.2.2 Número de moradores

Outra tendência observada foi a redução do tamanho médio dos agregados familiares nas localidades selecionadas (Figura 3.11). As motivações foram diversas, como mudanças de estilo de vida, transformações sociais, históricas e demográficas (BRANDÃO, 2002), melhorias na saúde pública (GARRIDO, 2018), aumento da renda e da mobilidade urbana, envelhecimento da população (MOURA; SMITH; BELZER, 2015) e maior longevidade (STATISTICS BUREAU, 2019), redução do número de casamentos e de filhos e aumento da idade média no primeiro casamento (U.S. CENSUS BUREAU, 2010).

Esse fator é determinante na evolução dos espaços habitacionais e suas atribuições físicas, uma vez que o perfil dos consumidores indica ao mercado imobiliário em qual direção deve seguir para atender a sua demanda. Os arranjos espaciais são influenciados pelos modos de vida e pelas novas atividades desenvolvidas dentro do espaço doméstico que, por sua vez, são influenciadas pelas mudanças sociodemográficas (BRANDÃO, 2003; CBIC, 2018).

Figura 3.11 – Comparação entre os primeiros e últimos dados de número médio de moradores nas regiões selecionadas



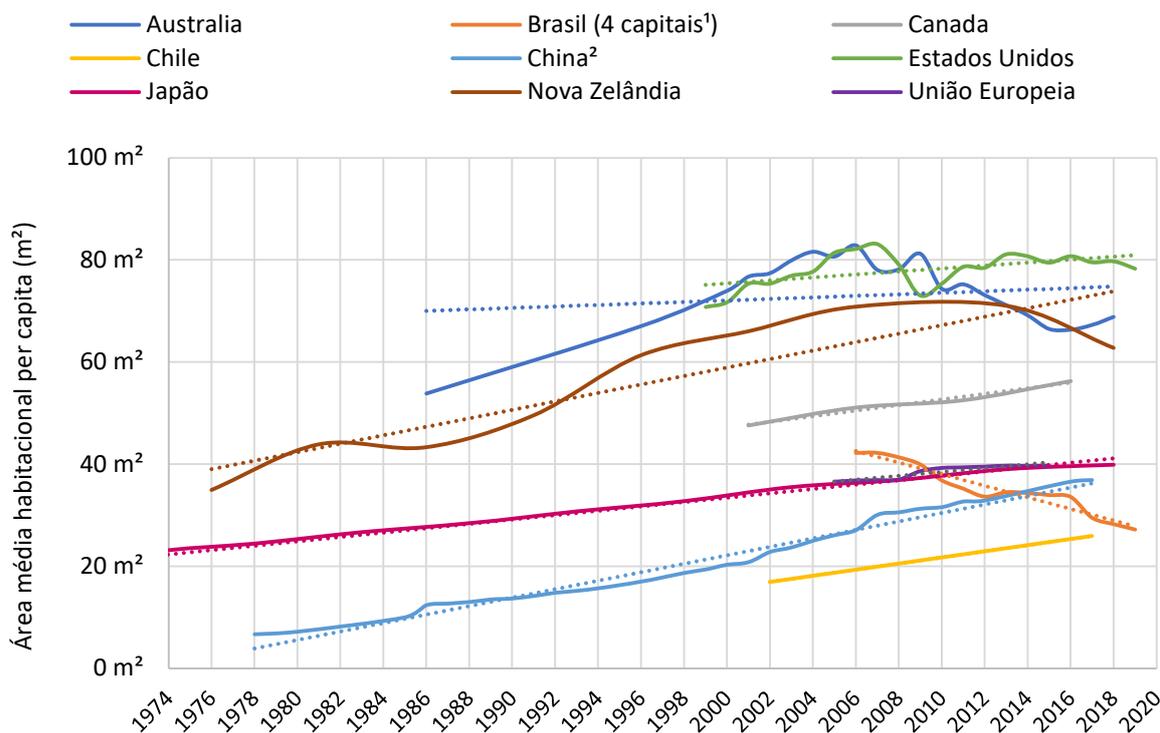
Fonte: Autora (2021) com base em (ABS, 2001a, 2017; EUROSTAT, 2019a; IBGE, 2017, 2015d; INE, 2018; NBS, 2018; STATISTA, 2018; STATISTICS BUREAU, 2014, 2012, 2018; STATISTICS CANADA, 2019, 2015; U.S. CENSUS BUREAU, 2019).

3.2.3 Área média habitacional per capita

As mudanças na composição das famílias interferem na demanda por moradias ao mesmo tempo em que o fornecimento de moradias direciona a estrutura da população (QUALMAN, 2018). Neste sentido, a intensa redução do número médio de pessoas por agregado familiar somada ao aumento do tamanho das habitações, ocorrida na maioria dos países deste estudo, fez com que o espaço habitacional per capita tenha crescido ainda mais rápido ao longo do tempo (Figura 3.12), fato que descarta a ideia de que as moradias cresceram para abrigar mais pessoas (STATISTICS NEW ZEALAND, 2015, 2017).

No Brasil, embora a área média por unidade habitacional tenha diminuído, bem como o número de pessoas por agregado familiar (IBGE, 2017, 2015d), a área média habitacional per capita também diminuiu, pois a redução do espaço foi maior que o ritmo de redução do tamanho das famílias.

Figura 3.12 – Área média habitacional per capita das regiões selecionadas



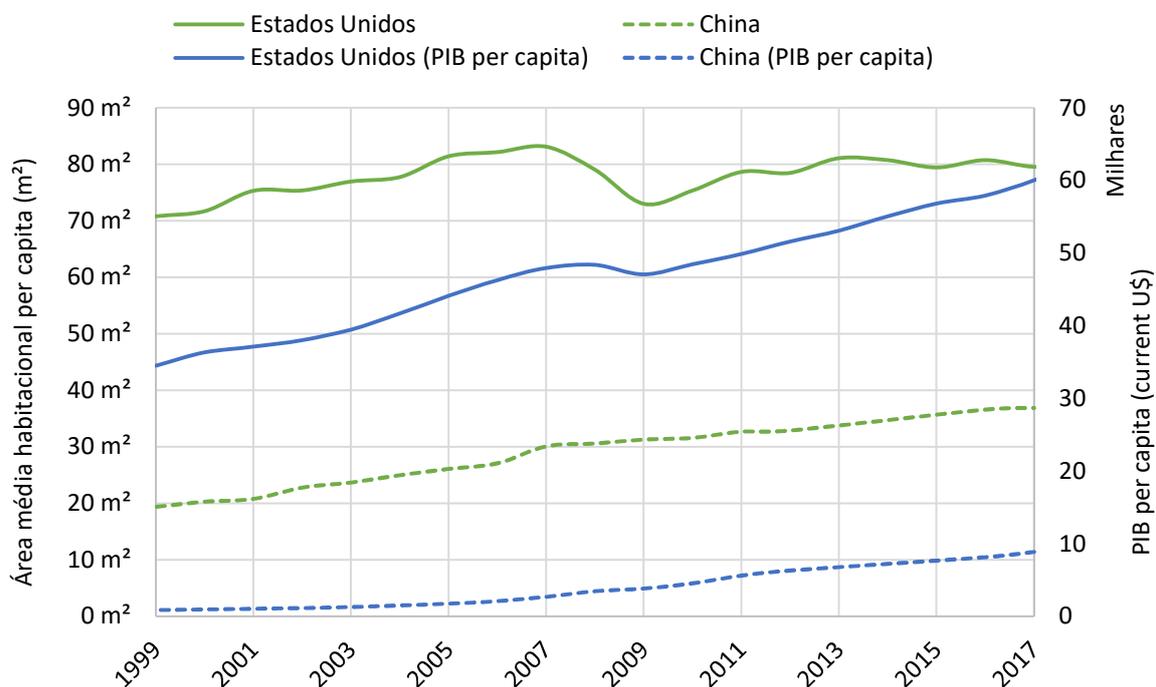
¹ Dados de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba, compilados pela autora.

² Apenas dados de áreas urbanas.

Fonte: Autora (2021) com base em (ABS, 2001a, 2017, 2001b, 2009, 2013, 2020; EUROPEAN COMMISSION, 2020; EUROSTAT, 2019a; IBGE, 2017, 2015d; INE, 2018; NATURAL RESOURCES CANADA, 2018; NBS, 2018; OBSERVATORIO URBANO, 2019; SMU-CWB, 2021; SMUL-SP, 2021; SMU-RJ, 2021; STATISTA, 2018; STATISTICS BUREAU, 2014, 2012, 2018; STATISTICS BUREAU OF JAPAN, 2016; STATISTICS CANADA, 2019, 2015; STATISTICS NEW ZEALAND, 2020; STATISTICS OF JAPAN, 2018, 2013; SUREG, 2021; U.S. CENSUS BUREAU, 2019)

À medida que o desenvolvimento econômico de um país aumenta, a área útil habitacional per capita costuma acompanhar esse crescimento (KOZHENOVA, 2010). Em alguns casos, como na China e Estados Unidos, o avanço do PIB per capita é visivelmente similar à área média habitacional per capita em um longo prazo (Figura 3.13). Isso porque os custos com habitação representam uma parcela significativa da renda da população (MOURA; SMITH; BELZER, 2015) e, conforme a renda das famílias aumenta, elas tendem a investir em residências de maior qualidade, com maior área útil e, como consequência, o espaço residencial per capita aumenta (BERKELMANS; WANG, 2012; RODIONOV, 2017).

Figura 3.13 – Avanço da área média habitacional per capita e produto interno bruto (PIB) per capita na China e Estados Unidos



Fonte: Autora (2021) com base em (NBS, 2018; THE WORLD BANK, 2021; U.S. CENSUS BUREAU, 2019)

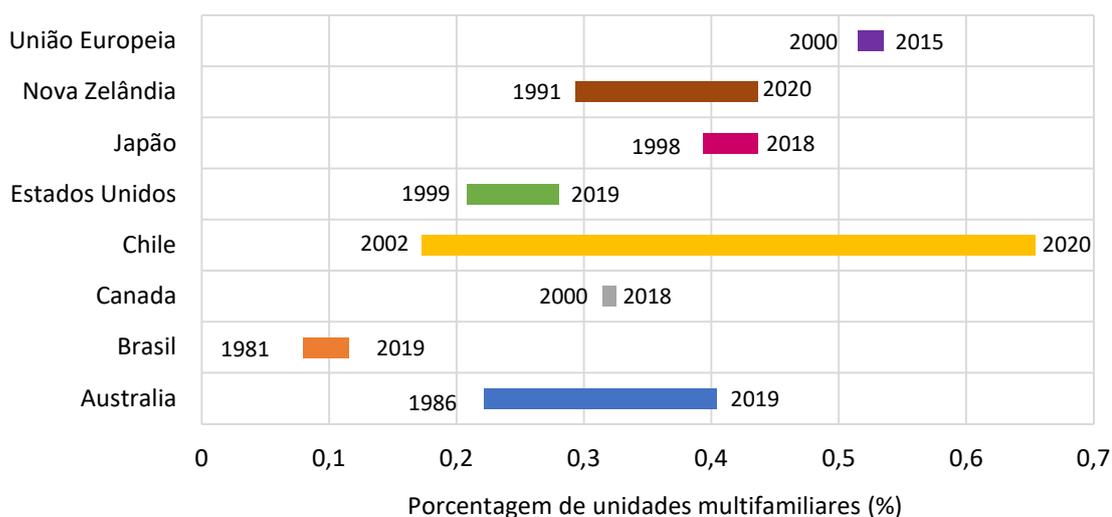
3.2.4 Tipo de construção residencial

Em todos os países mencionados há uma tendência de aumento do número de habitações multifamiliares ao longo do tempo (Figura 3.14), exceto pela China que não disponibilizou esse tipo de dado, o que demonstra uma tendência em direção à verticalização (FIESP, 2018). A crescente demanda de pessoas à procura de um lugar para morar em cidades de médio e grande porte (VILLA, 2008b), motivadas pela promessa de novas oportunidades, aumentou a competitividade pelo espaço, elevando o custo da terra e, diante disso, as edificações verticais ganharam destaque no mercado imobiliário pela lucratividade para os empreendedores e pela otimização do espaço com a produção do maior número de unidades possível (CAMARGO, 2003a; EUROSTAT, 2016; TRAMONTANO; VILLA, 2000).

Além disso, a indústria da construção passou a se adaptar às novas necessidades da geração Y, ou *millennials*, na medida em que eles foram introduzidos ao mercado imobiliário. Em geral, essa geração prioriza viver mais perto do trabalho e dos principais locais de serviço, além de valorizar o bom funcionamento,

desempenho e conforto em suas moradias (JAMES; FELSMAN, 2017; OLICK, 2016; SWANSON, 2006; THOMPSON, 2017). De forma geral, os indivíduos que vivem sozinhos tem uma probabilidade maior de viver em unidades multifamiliares do que os casais, assim como os casais sem filhos quando comparados com casais com filhos (RAPPAPORT, 2015; ROSEWALL; SHOORY, 2017).

Figura 3.14 – Porcentagem de unidades multifamiliares nas regiões selecionadas



Fonte: Autora (2021) com base em (ABS, 2001b, 2009, 2013; EUROPEAN COMISSION, 2020; IBGE, 2015c, c; NATURAL RESOURCES CANADA, 2018; NBS, 2018; OBSERVATORIO URBANO, 2019; STATISTICS BUREAU OF JAPAN, 2016; STATISTICS NEW ZEALAND, 2020; STATISTICS OF JAPAN, 2018, 2013; U.S. CENSUS BUREAU, 2019)

3.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Considerando a amostra levantada de unidades habitacionais, os resultados mostram uma tendência em direção a habitações cada vez maiores na maior parte dos países selecionados. As razões são diversas: fatores econômicos, culturais, urbanísticos, demográficos, climáticos, históricos, de colonização, além da crença muito comum de que espaços maiores oferecem maior flexibilidade e conforto.

Paralelamente, o tamanho dos agregados familiares tem diminuído constantemente, refletindo as transformações da sociedade contemporânea como mudanças de estilo de vida, melhorias na saúde pública, envelhecimento da população, maior longevidade, redução do número de casamentos e de filhos. A junção desses cenários resulta em maior espaço per capita.

Quanto maior é a riqueza de um país, a tendência é de que as pessoas possam comprar mais espaço para si. Evidentemente, nem sempre isso acontece, mas, muito embora existam outros fatores envolvidos, as questões econômicas de uma população e de um país são os principais elementos que influenciam os espaços habitacionais. Antes e durante uma crise financeira o tamanho das habitações tende a diminuir devido à perda de poder de compra dos consumidores. Após esse período o tamanho normalmente aumenta, já que os investidores de imóveis de alto padrão retornam ao mercado mais rapidamente. De fato, essa associação depende muito da capacidade de recuperação econômica de um país e a velocidade de retomada do seu crescimento.

O aumento gradativo do número de unidades multifamiliares indica uma tendência de verticalização, incentivada pela urbanização e crescente demanda de moradias nas cidades. Diante disso, o mercado imobiliário se movimentou para solucionar a maior competitividade pelo espaço, despontada na valorização dos terrenos, construindo o maior número possível de unidades dentro dele e, assim, otimizar a lucratividade dos empreendedores. Além disso, os novos modos de viver dos consumidores e investidores, que passaram a ter que optar entre localização e áreas maiores, moldou a produção de novas habitações.

No Brasil, nas capitais analisadas que representam 12% do estoque habitacional nacional, o tamanho médio das unidades habitacionais está diminuindo, independentemente da classe social a que se destinam. Essa tendência vai na contramão do cenário das demais localidades analisadas. A tentativa de viabilizar os

preços das habitações diante da crise econômica e do aumento do valor da terra, foi refletida na redução dos espaços. Além disso, o crescente número de unidades de interesse social construídas ao longo dos últimos anos, promovida pelo plano de desenvolvimento do Governo Federal, contribuiu para esse decréscimo de área. Os efeitos da diminuição do espaço na qualidade de vida dos ocupantes, no mundo pós-pandêmico, ainda não foram avaliados.

Por fim, verifica-se que a variação da área das unidades habitacionais é influenciada pela interação de aspectos econômicos, culturais, históricos, tecnológicos e políticos. Ainda assim, embora os desafios habitacionais se assemelhem em diferentes países, os fatores que os influenciam devem ser investigados de acordo com as condicionantes locais de cada região. Sendo a ampliação dos espaços uma tendência concreta para a habitação formal das localidades avaliadas - exceto Brasil - deve-se atentar às implicações em relação à demanda de recursos materiais, de espaço e decorrente incremento do valor do imóvel que interferem na sustentabilidade do setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (CAPÍTULO 3)

- ABS. 1301.0 - Year Book Australia, 2001. 25 jan. 2001a. **Australian Bureau of Statistics**. Disponível em: <https://www.abs.gov.au/Ausstats/abs@.nsf/0/0B82C2F2654C3694CA2569DE002139D9?Open>. Acesso em: 3 fev. 2020.
- ABS. 2016 Census QuickStats: New South Wales. 23 out. 2017. **Australian Bureau of Statistics**. Disponível em: https://quickstats.censusdata.abs.gov.au/census_services/getproduct/census/2016/quickstat/1. Acesso em: 3 fev. 2020.
- ABS. 8731.0 - Building Approvals, Australia, Jul 2001. 22 nov. 2001b. **Australian Bureau of Statistics**. Disponível em: <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/Previousproducts/8731.0Feature%20Article240Jul%202001?opendocument&tabname=Summary&prodno=8731.0&issue=Jul%202001&num=&view=>. Acesso em: 22 out. 2018.
- ABS. 8752.0 - Building Activity, Australia, Dec 2008. 17 abr. 2009. **Australian Bureau of Statistics**. Disponível em: <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/Previousproducts/8752.0Feature%20Article1Dec%202008>. Acesso em: 5 nov. 2018.
- ABS. 8752.0 - Building Activity, Australia, Jun 2013. 11 nov. 2013. **Australian Bureau of Statistics**. Disponível em: <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/Previousproducts/8752.0Feature%20Article1Jun%202013>. Acesso em: 22 out. 2018.
- ABS. Characteristics of new residential dwellings. 15 abr. 2020. **Australian Bureau of Statistics**. Disponível em: <https://www.abs.gov.au/articles/characteristics-new-residential-dwellings-15-year-summary>. Acesso em: 8 mar. 2021.
- ALENCAR, C. T.; JOHN, V. M.; JÚNIOR, H. F. L. Evolução do espaço destinado à automóveis em relação a área total construída dos edifícios de São Paulo. *In*: 11^a CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DA LARES, 2011. **11^a Conferência Internacional da LARES**. São Paulo: Latin American Real Estate Society, 2011. DOI 10.15396/lares-2011-506-769-3-rv. Disponível em: <https://lares.architexturez.net/doc/oai-lares-id-lares-2011-506-769-3-rv>. Acesso em: 15 jan. 2020.
- ALEXANDER, S. **Australia has some of the biggest houses in the world**. 6 maio 2019. **Property Update**. Disponível em: <https://propertyupdate.com.au/australia-has-some-of-the-biggest-houses-in-the-world/>. Acesso em: 7 abr. 2020.
- AMERIO, A.; BRAMBILLA, A.; MORGANTI, A.; AGUGLIA, A.; BIANCHI, D.; SANTI, F.; COSTANTINI, L.; ODONE, A.; COSTANZA, A.; SIGNORELLI, C.; SERAFINI, G.; AMORE, M.; CAPOLONGO, S. COVID-19 Lockdown: Housing Built Environment's Effects on Mental Health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 16, p. 5973, jan. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165973>.

AMORIM, L. M. do E.; LOUREIRO, C. Dize-me teu nome, tua altura e onde moras e te direi quem és: estratégias de marketing e a criação da casa ideal. v. 5, mar. 2005. Disponível em: <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.058/490>. Acesso em: 11 maio 2020.

ANITELLI, F. **Como nasce um modelo: O projeto de apartamento na cidade de São Paulo**. 2010. 183 f. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (Mestrado) – Universidade de São Paulo (Escola de Engenharia de São Carlos), São Carlos, 2010.

ANSON, A. “The World is my Backyard”: Romanticization, Thoreauvian Rhetoric, and Constructive Confrontation in the Tiny House Movement. *In*: HOLT, W. G. (org.). **Research in Urban Sociology**. Emerald Group Publishing Limited, 2014. v. 14, p. 289–313. DOI 10.1108/S1047-004220140000014013. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/S1047-004220140000014013/full/html>. Acesso em: 12 jan. 2020.

BALDINI, M.; POGGIO, T. Housing Policy Towards the Rental Sector in Italy: A Distributive Assessment. **Housing Studies**, v. 27, n. 5, p. 563–581, 1 jul. 2012. <https://doi.org/10.1080/02673037.2012.697549>.

BERKELMANS, L.; WANG, H. Chinese Urban Residential Construction to 2040. **Research Discussion Paper**. p. 40, 2012.

BIANCHI, F. The Great Depression and the Great Recession: A view from financial markets. **Journal of Monetary Economics**, v. 114, p. 240–261, 1 out. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2019.03.010>.

BPIE. **Europe’s buildings under the microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings**. Bruxelas, Bélgica: Lies Verheyen, 2011.

BRANDÃO, D. Q. **Diversidade e potencial de flexibilidade de arranjos espaciais de apartamentos: Uma análise do produto imobiliário no Brasil**. 2002. 443 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2002.

BRANDÃO, D. Q. Tipificação e aspectos morfológicos de arranjos espaciais de apartamentos no âmbito da análise do produto imobiliário brasileiro. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 1, p. 35–53, mar. 2003.

BRASIL. Dispõe sobre os requisitos para a implementação de empreendimentos habitacionais no âmbito da linha de atendimento Aquisição subsidiada de imóveis novos em áreas urbanas, integrante do Programa Casa Verde e Amarela. seq. 1, n. 93, p. 155, 18 maio 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-959-de-18-de-maio-de-2021-320687425>. Acesso em: 1 abr. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades. Gabinete do Ministro. Portaria nº 660, de 14 de novembro de 2018. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ed. 220, seq. 1, p. 105, 16 nov. 2018.

BUEHLER, R. 9 Reasons the U.S. Ended Up So Much More Car-Dependent Than Europe. 4 fev. 2014. **CityLab**. Disponível em:

<http://www.theatlanticcities.com/commute/2014/02/9-reasons-us-ended-so-much-more-car-dependent-europe/8226/>. Acesso em: 11 maio 2020.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL; GOVERNO FEDERAL. **Cartilha Minha Casa Minha Vida**. 2009.

CAMARGO, É. N. de. **Desenho e uso do espaço habitável do apartamento metropolitano na virada do século 21: um olhar sobre o tipo “dois-dormitórios” na cidade de São Paulo**. 2003. Mestrado em Estruturas Ambientais Urbanas – Universidade de São Paulo (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2003. DOI 10.11606/D.16.2003.tde-23062003-104614. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-23062003-104614/>. Acesso em: 15 jan. 2020.

CARDOSO, A. L.; DENALDI, R. **Urbanização de favelas no Brasil: Um balanço preliminar do PAC**. 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2018. Disponível em: <https://www.observatoriodasmetroles.net.br/wp-content/uploads/2019/06/Adauto-CARDOSO-e-Rosana-DENALDI-Urbaniza%C3%A7%C3%A3o-de-favelas-no-Brasil.pdf>.

CARVALHO, J. P. de. **A tipologia dos edifícios de apartamentos e sua relação com o tecido urbano da cidade: Um estudo de suas transformações nos últimos 40 anos**. 2008. 224 f. Mestrado em Planejamento Urbano e Regional – Universidade de São Paulo (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2008. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-25032010-113204/publico/dissertacao_jorge_pessoa_de_carvalho.pdf.

CASELLI, C. K. **100 anos de habitação mínima: Ênfase na Europa e Japão**. 2007. 273 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.

CAUBR. **Percepções da sociedade sobre Arquitetura e Urbanismo**. 12 out. 2015. **CAU/BR**. Disponível em: <https://www.caubr.gov.br/pesquisa-caubr-datafolha-revela-visoes-da-sociedade-sobre-arquitetura-e-urbanismo/>. Acesso em: 11 maio 2020.

CBIC. Ministério das Cidades lança estudo sobre demanda futura por moradias. 13 jul. 2018. **CBIC**. Disponível em: <https://cbic.org.br/industria imobiliaria/2018/07/13/ministerio-das-cidades-lanca-estudo-sobre-demanda-futura-por-moradias-2/>. Acesso em: 11 mar. 2020.

CBS. Romanians have smallest dwelling space. 11 ago. 2016. **Statistics Netherlands**. Disponível em: <https://www.cbs.nl/en-gb/news/2016/32/romanians-have-smallest-dwelling-space>. Acesso em: 13 fev. 2020.

CCHC. **Balance de la vivienda en Chile**. Santiago, Chile: Camara Chilena de la Construcción, jun. 2014.

CCHC. **Informe: Macroeconomía y construcción**, n. 48. Santiago, Chile: Camara Chilena de la Construcción, 2018.

CLARK, P. U.S. Homes are finally shrinking. 1 jun. 2017. **Bloomberg**. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-06-01/u-s-homes-are-finally-getting-smaller>. Acesso em: 13 jul. 2018.

CNA. Average size of dwelling in Cyprus the biggest in Europe. 2018. **Cyprus News Agency**. Disponível em: <http://www.cna.org.cy/WebNews-en.aspx?a=e48b56536ba44ec2adfbaa465f93163e>. Acesso em: 17 fev. 2020.

CNM. **CNM faz análise dos 10 anos do Minha Casa, Minha Vida**. Confederação Nacional de Municípios, 25 mar. 2019. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/cnm-faz-analise-dos-10-anos-do-minha-casa-minha-vida>. Acesso em: 10 abr. 2021.

COLEMAN, A. **Why does New Zealand keep building such massive houses?** 15 maio 2017. **The Spinoff**. Disponível em: <https://thespinoff.co.nz/society/15-05-2017/why-does-new-zealand-keep-building-such-massive-houses/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

CRAVEN, J. How to Tell a McMansion From a Big House. 19 maio 2019. **ThoughtCo**. Disponível em: <https://www.thoughtco.com/what-kind-of-house-mcmansion-178015>. Acesso em: 8 maio 2020.

D'ARCY, P.; VEROUDE, A. Housing Trends in China and India. **Reserve Bank of Australia**, Sidney, Australia. p. 63–68, 2014.

DÁVILA, L. Mudanças nos apartamentos vão além do tamanho para acomodar modas. 3 set. 2017. **Folha de S.Paulo**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/sobretudo/morar/2017/09/1915189-mudancas-nos-apartamentos-vaio-alem-do-tamanho-para-acomodar-modas.shtml>. Acesso em: 16 mar. 2020.

DECICINO, R. Questão habitacional: Urbanização mundial se acelera. 15 jan. 2014. **UOL**. [Geografia]. Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/questao-habitacional-urbanizacao-mundial-se-acelera.htm>. Acesso em: 11 mar. 2020.

DIETZ, R. New Single-Family Home Size Continues to Trend Down. 17 maio 2017. **Eye On Housing**. Disponível em: <http://eyeonhousing.org/2017/05/new-single-family-size-continues-to-trend-down/>. Acesso em: 12 jul. 2018.

ELIAS, J. Preço alto levará a mais imóveis compactos e com serviços compartilhados. 11 jul. 2019. **Exame**. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/seu-dinheiro/preco-alto-levara-a-mais-imoveis-compactos-e-com-servicos-compartilhados/>. Acesso em: 26 jan. 2020.

ESTADÃO. **O que é e como tirar o habite-se**. 29 mar. 2019. **Imóveis - Estadão**. Disponível em: <https://imoveis.estadao.com.br/compra/o-que-e-e-como-tirar-o-habite-se/>. Acesso em: 23 maio 2021.

EUROPEAN COMMISSION. **Building stock characteristics**. European Union: European Commission, 2020. Disponível em:

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/eu_bso_topic_1_building_stock_characteristics.xlsx. Acesso em: 2 mar. 2020.

EUROSTAT. **Average household size**. European Union: Eurostat, 2019a.

EUROSTAT. Housing statistics. **Statistics Explained**, jun. 2019b. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Housing_statistics. Acesso em: 13 fev. 2020.

EUROSTAT. **Overcrowding rate by sex**. Annual. European Union: Eurostat, 30 mar. 2020a. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/product?code=tessi170>.

EUROSTAT. People in the EU - statistics on housing conditions. **Statistics Explained**, 2017. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=People_in_the_EU_-_statistics_on_housing_conditions. Acesso em: 13 fev. 2020.

EUROSTAT. **Severe housing deprivation rate by household type**. Population and social conditions. European Union: Eurostat, 30 mar. 2020b. Disponível em: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdho06b&lang=en.

EUROSTAT. Statistics on cities, towns and suburbs - housing in cities. **Urban Europe**, Statistics Explained. 2016. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Urban_Europe_%E2%80%94_statistics_on_cities,_towns_and_suburbs_%E2%80%94_housing_in_cities#Main_statistical_findings. Acesso em: 13 fev. 2020.

EVANS, K. Overcoming Barriers to Tiny and Small Home Urban Integration: A Comparative Case Study in the Carolinas. **Journal of Planning Education and Research**, , p. 0739456X1878893, 19 jul. 2018. <https://doi.org/10.1177/0739456X18788938>.

EXAME. Cronologia das crises mais graves desde 1929. 24 jun. 2010. **EXAME**. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/mundo/cronologia-crises-mais-graves-1929-572924/>. Acesso em: 13 abr. 2020.

FANTONI, É. O limite para encolher o tamanho dos apartamentos: 10m². 11 set. 2017. **VEJA**. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/o-limite-para-encolher-o-tamanho-dos-apartamentos-10m%C2%B2/>. Acesso em: 15 mar. 2020.

FERRONATO, M. A evolução dos apartamentos de 2 quartos nos últimos 50 anos. 2015. **Marketing Imobiliário - Marketingimob**. Disponível em: <http://www.marketingimob.com/2015/09/a-evolucao-dos-apartamentos-de-2.html>. Acesso em: 16 mar. 2020.

FIESP. Avanços nas condições habitacionais e demanda futura por moradias. 2018. **FIESP**. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/observatoriadaconstrucao/noticias/avancos-nas-condicoes-habitacionais-e-demanda-futura-por-moradias/>. Acesso em: 11 mar. 2020.

FIGARI, F.; HOLLAN, K.; MATSAGANIS, M.; ZOLYOMI, E. **Recent changes in housing policies and their distributional impact across Europe**. Research note 10/2016. Brussels, Belgium: Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion, jan. 2017.

GAO, X.; ASAMI, Y. Preferential size of housing in Beijing. **Habitat International**, v. 35, n. 2, p. 206–213, abr. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.09.002>.

GARRIDO, P. S. En Chile ya hay más de un millón de departamentos y son el 17% de los hogares. 27 maio 2018. **La Tercera**. Disponível em: <https://www.latercera.com/tendencias/noticia/chile-ya-mas-millon-departamentos-17-los-hogares/181244/>. Acesso em: 21 ago. 2018.

GOVERNMENT OF CANADA, S. C. Immigrant Ownership of Residential Properties in Toronto and Vancouver. 29 jan. 2019. **Statistics Canada**. Disponível em: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-626-x/11-626-x2019001-eng.htm>. Acesso em: 7 abr. 2021.

GOVERNMENT STATISTICIAN. We're building bigger 40 years on. 5 out. 2016. **Stats NZ**. Disponível em: http://archive.stats.govt.nz/browse_for_stats/industry_sectors/Construction/building-bigger-5oct-16.aspx. Acesso em: 3 jul. 2018.

GROOT, J.; KELLER, A.; JOENSEN, A.; NGUYEN, T.-L.; NYBO ANDERSEN, A.-M.; STRANDBERG-LARSEN, K. Impact of housing conditions on changes in youth's mental health following the initial national COVID-19 lockdown: a cohort study. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1939, 4 fev. 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-04909-5>.

GUGLIELMINETTI, E.; LOBERTO, M.; ZEVI, G.; ZIZZA, R. **Living on my own: the impact of the Covid-19 pandemic on housing preferences**, n. 627. [S. l.]: Bank of Italy, Economic Research and International Relations Area, jun. 2021. Disponível em: https://ideas.repec.org/p/bdi/opques/qef_627_21.html. Acesso em: 2 abr. 2022.

GYONGYI, P.; LASZLO, P. Urban Housing Problem in Romania: The Legacy of Communist Block of Flats. **Studia Universitatis Babeș-Bolyai Sociologia**, v. LIV, p. 79–100, 5 out. 2008.

HOWE, N.; STRAUSS, W. **Generations: The History of America's Future, 1584 to 2069**. Quill, 1992. Acesso em: 15 jul. 2018.

HUDSON, N. Size matters. 2015. **Savills UK**. Disponível em: https://www.savills.co.uk/research_articles/229130/188035-0. Acesso em: 17 fev. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Aglomerados Subnormais**. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNAD Contínua (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua)**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/habitacao/9173-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-trimestral.html?edicao=20653&t=downloads>. Acesso em: 26 mar. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) - Cômodos como dormitório, número (SERVIND1)**. Banco Multidimensional de Estatísticas - Consultas Livres. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015a. Disponível em: <https://www.bme.ibge.gov.br/app/adhoc/index.jsp>. Acesso em: 26 mar. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) - Cômodos, número (NRCOMO1)**. Banco Multidimensional de Estatísticas - Consultas Livres. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015b. Disponível em: <https://www.bme.ibge.gov.br/app/adhoc/index.jsp>. Acesso em: 26 mar. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) - Domicílio, área construída (V2010)**. Banco Multidimensional de Estatísticas - Consultas Livres. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2003. Disponível em: <https://www.bme.ibge.gov.br/app/adhoc/index.jsp>. Acesso em: 21 jan. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) - Domicílio, tipo (TPDOM)**. Banco Multidimensional de Estatísticas - Consultas Livres. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015c. Disponível em: <https://www.bme.ibge.gov.br/app/adhoc/index.jsp>. Acesso em: 26 mar. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) - Moradores, número (TLPESS1)**. Banco Multidimensional de Estatísticas - Consultas Livres. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015d. Disponível em: <https://www.bme.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 jan. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNADCA (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual) - Tabela 6578: Número médio de moradores, por domicílio**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6578>. Acesso em: 17 mar. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNADCA (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual) - Tabela 6820: Domicílios e Moradores, por tipo de domicílio**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6820>. Acesso em: 17 mar. 2021.

INE. **Síntesis de resultados: Censo 2017**. Chile: Instituto Nacional de Estadísticas, 2018. Disponível em: <http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2018.

INGAIA. A evolução do mercado de locação e as tendências para 2019. 27 fev. 2019. **Ingaia**. Disponível em: <https://www.ingaia.com.br/evolucao-do-mercado-de-locacao-e-as-tendencias-para-2019/>. Acesso em: 26 jan. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tipologia intraurbana: espaços de diferenciação socioeconômica nas concentrações urbanas do Brasil**. [S. l.]: IBGE, 2017(Coordenação de Geografia). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101470.pdf>.

IPEA. Existe bolha no mercado imobiliário brasileiro? p. 66, 2012.

JAMES, C.; FELSMAN, R. **Australian home size hits 20-year low**. Commonwealth Research (CommSec), 17 nov. 2017. Acesso em: 22 out. 2018.

KHAJEHZADEH, I.; VALE, B. How house size impacts type, combination and size of rooms: a floor plan study of New Zealand houses. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 13, n. 4, p. 291–307, 4 jul. 2017. <https://doi.org/10.1080/17452007.2017.1324401>.

KHAJEHZADEH, I.; VALE, B. Life cycle energy and large and small housing in New Zealand. p. 11, 2015.

KIERNAN, G. Will new dwellings keep getting bigger? 17 set. 2012. **Infometrics**. Disponível em: <https://www.infometrics.co.nz/will-new-dwellings-keep-getting-bigger/>. Acesso em: 17 fev. 2020.

KNEWS. Average Cyprus home is bigger than anywhere in Europe. 8 maio 2018. **Knews: The english edition of Kathimerini Cyprus**. Disponível em: <https://knews.kathimerini.com.cy/en/life/average-cyprus-home-is-bigger-than-anywhere-in-europe>. Acesso em: 7 abr. 2020.

KOWARICK, L. Cortiços: a humilhação e a subalternidade. **Tempo Social**, Dossiê - As ciências sociais e o espaço. v. 25, n. 2, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-20702013000200004>.

KOZHENOVA, B. S. Quality of the Living Space. Urban Shelter. p. 13, 2010.

LABC. What is the average house size in the UK? 29 ago. 2018. **LABC Warranty**. Disponível em: <https://www.labc.co.uk/news/what-average-house-size-uk>. Acesso em: 17 fev. 2020.

LIGHT, J.; MEHTA, N. T. Are Tiny Houses a Viable Affordable Housing Solution? 6 out. 2014. **Bill Moyers**. Disponível em: <https://billmoyers.com/2014/10/06/are-tiny-houses-one-solution-to-homelessness/>. Acesso em: 10 mar. 2020.

LOUREIRO, R. R. **Cruzamentos sobre a questão da habitação mínima no contexto europeu e japonês**. 2013. 212 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Arquitetura) – Universidade Lusíada de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2013.

LUC, M. Na crise, mercado de imóveis de luxo cresce 250% em Curitiba. 9 set. 2019. **Jornal Plural**. Disponível em: <https://www.plural.jor.br/noticias/vizinhanca/na->

crise-mercado-de-imoveis-de-luxo-cresce-250-em-curitiba/. Acesso em: 19 maio 2020.

MARR, G. Canadians have the third-largest homes, but they may downsize to deal with affordability. 26 out. 2016. **Financial Post**. Disponível em: <https://financialpost.com/personal-finance/mortgages-real-estate/canadians-have-the-third-largest-homes-but-they-may-downsize-to-deal-with-affordability-report>. Acesso em: 6 fev. 2020.

MARRIAGE, G. Minimum vs. maximum: Size and the New Zealand house. *In: 5TH AUSTRALASIAN HOUSING RESEARCHERS' CONFERENCE (AHRC), 2010*. Wellington, New Zealand: J Dixon, A Dupuis, P. Lysnar, 2010. p. 10.

MENDONÇA, R. N. **Apartamentos mínimos contemporâneos: Análises e reflexões para obtenção de sua qualidade**. 2015. 303 f. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (Mestrado) – Universidade Federal De Uberlândia, Uberlândia, 2015.

MENDONÇA, R. N.; VILLA, S. B. Menores e piores: Os modelos de habitação verticalizada coletiva ofertados no mercado imobiliário brasileiro e sua ineficiência. *In: 2 COLÓQUIO DE PESQUISA BRASIL-PORTUGAL, 2014a. 2 Colóquio de Pesquisa Brasil-Portugal [...]*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia (UFU), 2014. p. 11.

MENDONÇA, R. N.; VILLA, S. B. O fenômeno da minimização dos apartamentos residenciais: Um olhar sobre a cidade de Uberlândia. *In: COLÓQUIO DE INVESTIGAÇÃO EM ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN BRASIL - PORTUGAL, 3º.*, 2014b. Lisboa: FAUeD UFU e FA-ULisboa, 2014. v. 3º, p. 11.

MORETTI, B. V.; ANDRADE, V. Arqfuturo - 75% de informalidade nas cidades brasileiras. 15 mar. 2018. **Arq.futuro**. Disponível em: <https://arqfuturo.com.br/post/75--de-informalidade-nas-cidades-brasileiras>. Acesso em: 11 maio 2020.

MOURA, M. C. P.; SMITH, S. J.; BELZER, D. B. 120 years of U.S. residential housing stock and floor space. **PLOS ONE**, v. 10, n. 8, p. e0134135, 11 ago. 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134135>.

MOURATIDIS, K. How COVID-19 reshaped quality of life in cities: A synthesis and implications for urban planning. **Land Use Policy**, v. 111, p. 105772, 1 dez. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105772>.

NASCIMENTO, D. M. Estado e capital imobiliário: Convergências atuais na produção do espaço urbano brasileiro. *In: MENDONÇA JUPIRA GOMES DE; COSTA, HELOÍSA SOARES DE MOURA (ORG.)*, 2011. **Estado e capital imobiliário: convergências atuais na produção do espaço urbano brasileiro [...]**. Belo Horizonte: Ed. C/Arte, 2011. p. 217–230.

NATURAL RESOURCES CANADA. **Residential housing stock and floor space**. Ottawa, Canada: Natural Resources Canada, 2018. Disponível em: <http://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/showTable.cfm?type=HB§or=res&juris=00&rn=11&page=3#sources>.

NBS. Floor space of newly built of residential buildings and housing conditions of urban and rural residents. China: National Bureau of Statistics of China, 2018.

O GLOBO. Exemplos de plantas de apartamentos de dois quartos ao longo das décadas. 31 ago. 2015. **Infográficos - O Globo.** Disponível em: <https://infograficos.oglobo.globo.com/economia/exemplos-de-plantas-de-apartamentos-de-dois-quartos-ao-longo-das-decadas.html>. Acesso em: 21 mar. 2020.

O GLOBO. Rio poderá ter apartamento de 25 metros quadrados. 19 dez. 2018. **O Globo.** Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/rio-podera-ter-apartamento-de-25-metros-quadrados-23315137>. Acesso em: 27 abr. 2020.

OBSERVATORIO URBANO. **Boletín permisos de edificación.** Santiago, Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2021. Disponível em: <https://www.observatoriourbano.cl/estadisticas-habitacionales/#permisos-de-edificacion>.

OBSERVATORIO URBANO. **Estadísticas Anuales de Edificación Aprobada: Obra nueva y regularización de obra nueva, unidades y superficie de vivienda por sistema de agrupamiento.** Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, jul. 2019. Disponível em: <https://www.observatoriourbano.cl/estadisticas-habitacionales/>.

OLICK, D. Why houses in America are getting smaller. 23 ago. 2016. **CNBC.** Disponível em: <https://www.cnbc.com/2016/08/23/why-houses-in-america-are-getting-smaller.html>. Acesso em: 15 jul. 2018.

ORNSTEIN, S. W.; VILLA, S. B.; ONO, R. Residential high-rise buildings in São Paulo: aspects related to the adequacy to the occupant's needs. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 26, n. 1, p. 73–84, abr. 2011. <https://doi.org/10.1007/s10901-010-9200-y>.

PARK, J. **One hundred years of housing space standards: What now?** Reino Unido, jan. 2017. Disponível em: http://housingspacestandards.co.uk/assets/space-standards_onscreen.pdf.

PĂTRĂȘCOIU, R.; KRUZLIAK, M. Habitat for Humanity in Romania. 3 ago. 2018. **Habitat for Humanity.** Disponível em: <http://www.habitat.org/where-we-build/romania>. Acesso em: 1 mar. 2020.

PEDRO, J. A. de O. How small can a dwelling be? A revision of Portuguese building regulations. **Structural Survey**, v. 27, n. 5, p. 390–410, 6 nov. 2009. <https://doi.org/10.1108/02630800911002648>.

PINSKER, J. Why Are American Homes So Big? 12 set. 2019. **The Atlantic.** Disponível em: <https://www.theatlantic.com/family/archive/2019/09/american-houses-big/597811/>. Acesso em: 2 fev. 2020.

PITTINI, A.; KOESSL, G.; DIJOL, J.; LAKATOS, E.; GHEKIERE, L. **The State of Housing in the EU 2017.** Brussels, Belgium: Housing Europe, out. 2017.

PITTINI, A.; LAINO, E. **Housing Europe Review 2012: The nuts and bolts of European social housing systems**. Brussels, Belgium: CECODHAS Housing Europe's Observatory, out. 2011.

PONCE, E. Em 10 anos, apartamentos “encolhem” 8,5 metros quadrados no Grande Recife. 16 jun. 2019. **JC**. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/canal/economia/pernambuco/noticia/2019/06/16/em-10-anos-apartamentos-encolhem-85-metros-quadrados-no-grande-recife-381106.php>. Acesso em: 16 mar. 2020.

PREFEITURA RIO. Câmara Municipal aprova novo Código de Obras do Rio de Janeiro. 19 dez. 2018. **Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro - prefeitura.rio**. Disponível em: <https://prefeitura.rio/planejamento-urbano/camara-municipal-aprova-novo-codigo-de-obras-do-rio-de-janeiro/>. Acesso em: 27 maio 2021.

QUALMAN, D. Home grown: 67 years of US and Canadian house size data. 8 maio 2018. **Darrin Qualman**. Disponível em: <https://www.darrinqualman.com/house-size/>. Acesso em: 6 fev. 2020.

QUEIROZ, F. A. **Apartamento modelo: Arquitetura, modos de morar e produção imobiliária na cidade de São Paulo**. 2008. 140 f. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (Mestrado) – Universidade de São Paulo (Escola de Engenharia de São Carlos), São Carlos, 2008.

QUEIROZ, F. A.; TRAMONTANO, M. Apartamentos paulistanos: um olhar sobre a produção privada recente. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 2, p. 139–150, 2009.

QV. Average house size by age. 10 maio 2011. **QV.co.nz**. Disponível em: <https://www.qv.co.nz/property-insights-blog/average-house-size-by-age/62>. Acesso em: 11 jul. 2018.

RAPPAPORT, J. Millennials, baby boomers, and rebounding multifamily home construction. **Federal Reserve Bank of Kansas City Working Paper**, 2015. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2637622>.

REN, Q.; HU, R. Housing inequality in urban China. **Chinese Journal of Sociology**, v. 2, n. 1, p. 144–167, jan. 2016. <https://doi.org/10.1177/2057150X15624894>.

RODIONOV, A. R. The impact of economic growth on floor space per capita in China and Russia. **Экономика и социум**, Moscow, Russia, ed. 3, p. 9, 2017.

ROSEWALL, T.; SHOORY, M. Houses and apartments in Australia. *Bulletin*. p. 12, 2017.

SANDBERG, M. Downsizing of Housing: Negotiating Sufficiency and Spatial Norms. **Journal of Macromarketing**, v. 38, n. 2, p. 154–167, jun. 2018. <https://doi.org/10.1177/0276146717748355>.

SANTOS. Favelas do Rio tiveram o maior crescimento territorial desde 2012. 29 ago. 2018. **G1**. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2018/08/29/favelas-do-rio-tiveram-o-maior-crescimento-territorial-desde-2012.ghtml>. Acesso em: 12 maio 2020.

SCHEFFER, C. Mercado imobiliário da capital vira show do milhão. 9 jan. 2010. **Gazeta do Povo**. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/mercado-imobiliario-da-capital-vira-show-do-milhao-bjpxofiasakchaguutt4lh0su/>. Acesso em: 19 maio 2020.

SECOVI RIO. Mercado registra aumento na busca por imóveis pequenos. 14 ago. 2019. **Secovi Rio**. Acesso em: 27 abr. 2020.

SECOVI-SP. **Anuário do Mercado Imobiliário 2017**. 2017. Disponível em: <http://www.secovi.com.br/downloads/url/2289>. Acesso em: 24 mar. 2020.

SECOVI-SP. **Anuário do Mercado Imobiliário 2018**. 2018. Disponível em: <http://www.secovi.com.br/downloads/url/2394>. Acesso em: 24 mar. 2020.

SECOVI-SP. **Anuário do Mercado Imobiliário 2019**. 2019. Disponível em: <http://www.secovi.com.br/downloads/url/2540>. Acesso em: 18 mar. 2021.

SIMA, L. A Study on Small Apartment Design in China: Evaluation on the Impressions of and Preferences for the Floor Plans. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, v. 14, n. 2, p. 307–314, 2015. <https://doi.org/10.3130/jaabe.14.307>.

SMALL HOUSE SOCIETY. Home: Better living through simplicity. 2021. **Small House Society**. Disponível em: <https://smallhousesociety.net/>. Acesso em: 20 maio 2021.

SMU-CWB. **Relatório Mensal: Alvará de Construção**. Curitiba: Secretaria Municipal do Urbanismo, 2021. Disponível em: http://www5.curitiba.pr.gov.br/gtm/pmat_alvaraconstrucao/Default.aspx. Acesso em: 18 mar. 2021.

SMUL-SP. **Relatório dos processos aprovados**. Secretaria Municipal de Licenciamento, 2021. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/servicos/index.php?p=3334>. Acesso em: 18 mar. 2021.

SMU-RJ. **Licenças e habite-se concedidos por ano**. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Urbanismo, 2021. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smu/exibeconteudo?id=4257827>. Acesso em: 18 mar. 2021.

SORENSEN, E. Australian houses are getting bigger. 10 dez. 2013. **Real Estate**. Disponível em: <https://www.realestate.com.au/advice/is-bigger-better/>. Acesso em: 7 abr. 2020.

SOUZA, M. D. de. **[Des]interesse social: Procedimentos metodológicos para análise de peças gráficas de apartamentos**. 2007. 168 f. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (Mestrado) – Universidade de São Paulo (Escola de Engenharia de São Carlos), São Carlos, 2007.

STATISTA. Average number of people per household in Australia from 1911 to 2011. 1 mar. 2018. **Statista Research Department**. Disponível em:

<https://www.statista.com/statistics/611523/australia-household-size/>. Acesso em: 3 fev. 2020.

STATISTICS BUREAU. **Dwellings used exclusively for living and area of floor space per dwelling by tenure and type of building (1998-2013)**. Japan: Ministry of Internal Affairs and Communications, 2014. Disponível em: <https://www.stat.go.jp/data/nenkan/65nenkan/zuhyou/y652109000.xls>.

STATISTICS BUREAU. **Households and household members by type of household and size of household (1980-2010)**. Japan: Ministry of Internal Affairs and Communications, 2012. Disponível em: <https://www.stat.go.jp/data/nenkan/65nenkan/zuhyou/y650216000.xls>.

STATISTICS BUREAU. Statistical handbook of Japan 2018. Statistics Japan. p. 211, 2018.

STATISTICS BUREAU. Statistical handbook of Japan 2019. Statistics Japan. p. 213, set. 2019.

STATISTICS BUREAU OF JAPAN. **Japan Statistical Yearbook 2016**. Housing and Land Survey. Japan: Ministry of Internal Affairs and Communications, 2016. Disponível em: <https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/65nenkan/1431-21.html>. Acesso em: 25 abr. 2020.

STATISTICS CANADA. **2016 Census of Population**. Canada: Statistics Canada, 17 jun. 2019. Disponível em: <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/dt-td/Rp-eng.cfm?LANG=E&APATH=3&DETAIL=0&DIM=0&FL=A&FREE=0&GC=0&GID=0&GK=0&GRP=1&PID=109532&PRID=10&PTYPE=109445&S=0&SHOWALL=0&SUB=0&Temporal=2016&THEME=116&VID=0&VNAMEE=&VNAMEF=>.

STATISTICS CANADA. The shift to smaller households over the past century. 23 nov. 2015. **Statcan**. Disponível em: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-630-x/11-630-x2015008-eng.htm>. Acesso em: 11 fev. 2020.

STATISTICS NEW ZEALAND. **A century of censuses – dwellings and households time series**. New Zealand: Statistics New Zealand, 2015. Disponível em: <http://archive.stats.govt.nz/Census/2013-census/profile-and-summary-reports/century-censuses-dwellings.aspx>. Acesso em: 11 jul. 2018.

STATISTICS NEW ZEALAND. **Building consents by region (Annual-Dec)**. New Zealand: STATS NZ, 2020. Disponível em: <http://archive.stats.govt.nz/infoshare/SelectVariables.aspx?pxID=28aad1db-4d4a-4b95-acf4-c9690856ef4b>. Acesso em: 11 jul. 2018.

STATISTICS NEW ZEALAND. Trending topics – Housing. 21 ago. 2017. **Stats NZ**. Disponível em: <https://www.stats.govt.nz/reports/trending-topics-housing>. Acesso em: 11 jul. 2018. (ISBN 978-1-98-852827-4).

STATISTICS OF JAPAN. **Table 11-1: Size of Dwelling**. Housing and Land Survey. Japan: Japanese Government Statistics, 2018. Disponível em: <https://www.e-stat.go.jp/en/stat->

search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200522&tstat=000001127155&cycle=0&tclass1=000001129435&tclass2=000001129436. Acesso em: 25 abr. 2020.

STATISTICS OF JAPAN. **Table 16: Size of Dwelling**. Japan: Japanese Government Statistics, 2013. Disponível em: <https://www.e-stat.go.jp/en/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200522&tstat=000001063455&cycle=0&tclass1=000001080435>.

STEPHAN, A.; CRAWFORD, R. Size does matter: Australia's addiction to big houses is blowing the energy budget. 13 dez. 2016a. **The Conversation**. Disponível em: <http://theconversation.com/size-does-matter-australias-addiction-to-big-houses-is-blowing-the-energy-budget-70271>. Acesso em: 22 out. 2018.

STEPHAN, A.; CRAWFORD, R. H. The relationship between house size and life cycle energy demand: Implications for energy efficiency regulations for buildings. **Energy**, v. 116, p. 1158–1171, dez. 2016b. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.038>.

SUREG. **Relatório mensal de processos de licenciamento e regularização**. Belo Horizonte: SUREG - Subsecretaria de Regulação Urbana, 2021. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/regulacao-urbana/relatorios/edificacoes>. Acesso em: 18 mar. 2021.

SWANSON, M. The Enthrall Of Small. 12 dez. 2006. **13 WTHR Indianapolis**. Disponível em: <https://www.wthr.com/article/the-enthrall-of-small>. Acesso em: 15 jul. 2018.

THE WORLD BANK. **GDP per capita (current US\$), (NY.GDP.PCAP.CD)**. United Nations World Population Prospects, 2021. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>. Acesso em: 16 mar. 2021.

THOMPSON, E. Buyers willing to trade square footage for amenities, survey results show. 12 jan. 2017. **National Association of Home Builders**. Disponível em: <https://www.nahb.org:443/en/news-and-publications/press-releases/2017/01/buyers-willing-to-trade-square-footage-for-amenities-survey-results-show.aspx>. Acesso em: 16 jul. 2018.

TINSON, A.; CLAIR, A. Better housing is crucial for our health and the COVID-19 recovery. 28 dez. 2020. **The Health Foundation**. Disponível em: <https://www.health.org.uk/publications/long-reads/better-housing-is-crucial-for-our-health-and-the-covid-19-recovery>. Acesso em: 1 abr. 2022.

TOWNSEND, A. Why Japan is crazy about housing. 21 nov. 2013. **ArchDaily**. Disponível em: <http://www.archdaily.com/450212/why-japan-is-crazy-about-housing/>. Acesso em: 24 set. 2019.

TRAMONTANO, M. **Habitções, metrópoles e modos de vida: Por uma reflexão sobre o espaço doméstico contemporâneo**. São Paulo, 1997. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/documentos/livraria/A02-HabMetropolis.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2020.

TRAMONTANO, M.; VILLA, S. B. Apartamento metropolitano: evolução tipológica. 2000. **Seminário História da Cidade e do Urbanismo** [...]. Natal, UFRN. 2000. p. 09. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/documentos/livraria/A07-Apartamento%20Metropolitano.pdf>.

UN. **World Population Prospects: The 2019 Revision**. United Nations, 2019.

U.S. CENSUS BUREAU. **Characteristics of new housing**. Censo. United States: U.S. Department of Commerce, 2019. Disponível em: <https://www.census.gov/construction/chars/>. Acesso em: 16 mar. 2021.

U.S. CENSUS BUREAU. Families: A changing nation. 10 nov. 2010. **The United States Census Bureau**. Disponível em: <https://www.census.gov/newsroom/blogs/random-samplings/2010/11/families-a-changing-nation.html>. Acesso em: 12 abr. 2021.

VERISSÍMO, F. S.; BITTAR, W. S. M. **500 anos da casa no Brasil: As transformações da arquitetura e da utilização do espaço de moradia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

VIGGERS, H.; KEALL, M.; WICKENS, K.; HOWDEN-CHAPMAN, P. Increased house size can cancel out the effect of improved insulation on overall heating energy requirements. **Energy Policy**, v. 107, p. 248–257, ago. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.045>.

VILLA, S. B. A arquitetura e o mercado imobiliário: Análise da produção de apartamentos recentes na cidade de São Paulo. *In*: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 18 jul. 2004. **X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído** [...]. São Paulo. 18 jul. 2004. p. 11.

VILLA, S. B. **Morar em apartamentos: A produção dos espaços privados e semi-privados nos edifícios ofertados pelo mercado imobiliário no século XXI em São Paulo e seus impactos na cidade de Ribeirão Preto. Critérios para Avaliação Pós-Ocupação**. 2008a. 360 f. Doutorado em Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2008).

VILLA, S. B. **Morar em apartamentos: A produção dos espaços privados e semi-privados nos edifícios ofertados pelo mercado imobiliário no século XXI em São Paulo e seus impactos na cidade de Ribeirão Preto. Critérios para avaliação pós-ocupação**. 2008b. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VILLA, S. B. O produto imobiliário paulistano: Uma crítica a produção de apartamentos ofertados no mercado imobiliário a partir de 2000. *In*: VI SEMINÁRIO INTERNACIONAL DA LARES, 2006. **VI Seminário Internacional da LARES** [...]. São Paulo: Latin American Real Estate Society, 2006. DOI 10.15396/lares_2006_artigo-simone-villa-vfinal. Disponível em: <https://lares.architexturez.net/doc/oai-lares-id-lares-2006-artigo-simone-villa-vfinal>. Acesso em: 15 jan. 2020.

VILLA, S. B. **O produto imobiliário paulistano: Uma crítica a produção de apartamentos ofertados no mercado imobiliário a partir de 2000**. 2012.

Disponível em: <https://simonevilla.files.wordpress.com/2012/02/artigo-simone-villa-vfinal.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2020.

VILLA, S. B.; SARAMAGO, R. de C. P.; CARDOSO, C. C. M.; PAULINO, M. J. de A. Habitar vertical: avaliação da qualidade espacial e ambiental de edifícios de apartamentos. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 519–538, mar. 2018.

VISOCKA, S. An analysis of building construction based on building permits statistics. **Industry, trade and services**, n. 55, p. 8, 16 nov. 2010.

WASWO, A. **Housing in Postwar Japan - A social history**. Londres, Inglaterra: Routledge Curzon, 2013. Acesso em: 13 fev. 2019.

WILSON, A.; BOEHLAND, J. Small is Beautiful U.S. House Size, Resource Use, and the Environment. **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, n. 1–2, p. 277–287, 8 fev. 2008. <https://doi.org/10.1162/1088198054084680>.

WORLD POPULATION REVIEW. Minimum House Size By State 2020. 30 mar. 2020. **World Population Review**. Disponível em: <https://worldpopulationreview.com/states/minimum-house-size-by-state/>. Acesso em: 19 abr. 2020.

YAO, S.; LUO, D.; WANG, J. Housing development and urbanisation in China. **The World Economy**, v. 37, n. 3, p. 481–500, mar. 2014. <https://doi.org/10.1111/twec.12105>.

ZILLIG, J. **Imóvel em São Paulo perde 10 metros quadrados nos últimos dez anos**. 12 maio 2019. **Estadão Economia & Negócios**. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/blogs/radar-imobiliario/imovel-em-sao-paulo-perde-10-metros-quadrados-nos-ultimos-dez-anos/>. Acesso em: 16 mar. 2020. (Radar Imobiliário).

4 ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE CO₂ DO SETOR HABITACIONAL BRASILEIRO

O aumento no consumo de recursos minerais para construção gera impactos ambientais relevantes, como a poluição do ar e da água e alterações nos ecossistemas (HABERT *et al.*, 2010). De todos os materiais destinados à construção destaca-se o cimento, maior produto manufaturado do planeta e o segundo elemento mais usado depois da água, que compõe uma proporção substancial do ambiente construído (SCRIVENER; JOHN; GARTNER, 2018). Ao mesmo tempo, o aumento da população mundial, da área construída (IEA; UN, 2019), da industrialização e a tendência de crescimento do índice de desenvolvimento humano (IDH) poderão impulsionar o consumo de recursos para 218Gt/ano em 2050, se mantidos os mesmos padrões de consumo e de produção atuais (KRAUSMANN *et al.*, 2018).

No Brasil, apesar do aumento do consumo de minerais não metálicos (WEST; SCHANDL, 2013), consumo de biomassa da indústria da cana-de-açúcar é expressivo e em 2017 representou 70% do total, enquanto os minerais não metálicos representaram apenas 22% (REIS, 2018). Os minerais não metálicos são a principal categoria na indústria da construção. Incluem materiais como argila e calcário para produção de cimento, areia e brita para produção de materiais cimentícios e argila para produção de materiais cerâmicos (KLEEMANN *et al.*, 2017).

No Brasil a indústria do cimento já registra um dos menores níveis mundiais de emissão de CO₂ por tonelada de cimento devido à tecnologia da indústria e da redução do percentual de filler no cimento, mas ainda pode continuar avançando (PACCA *et al.*, 2018; SNIC, 2019). Para isso serão necessárias estratégias para desacelerar o consumo de recursos naturais e reduzir as perdas e emissões (UN, 2015).

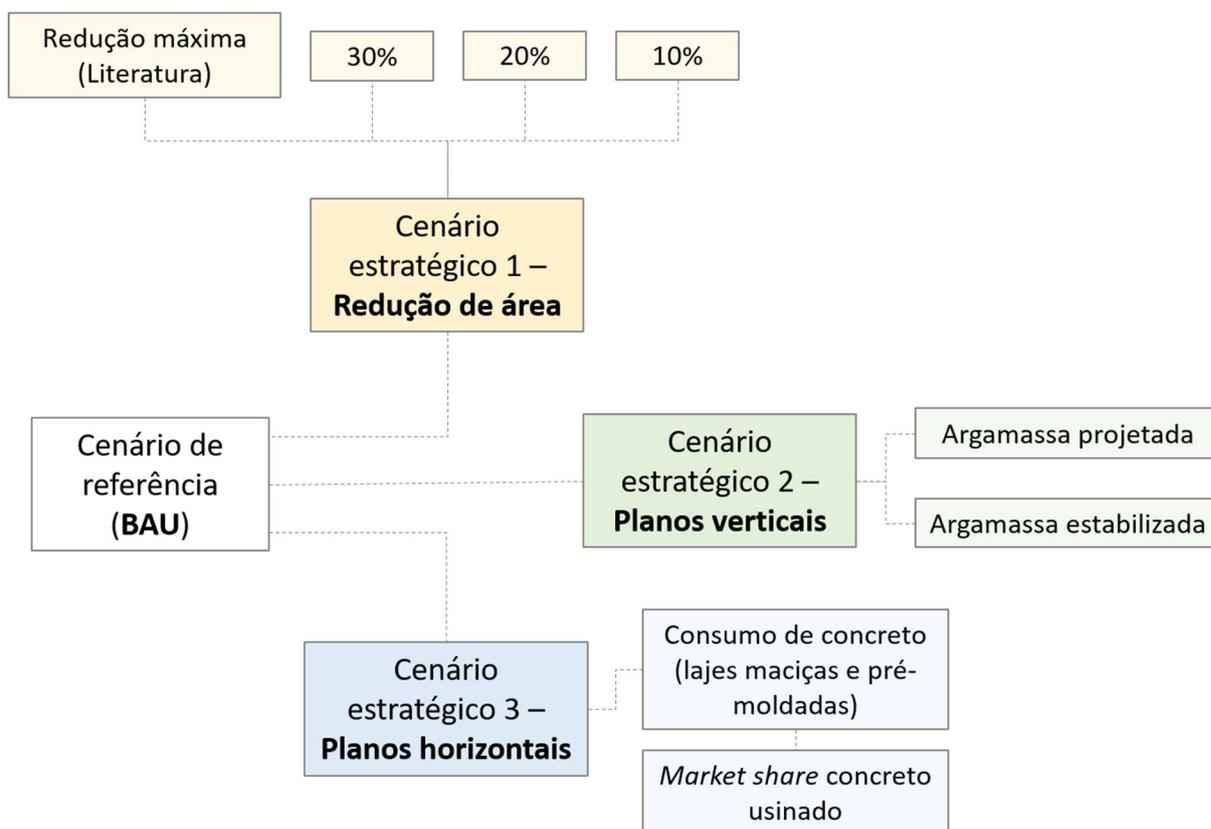
No contexto da habitação, a redução no tamanho das habitações é uma maneira direta de diminuir os níveis de consumo, reduzindo a quantidade de espaço e, portanto, os recursos naturais utilizados para sua construção e operação (SANDBERG, 2018). Aumentar a eficiência no uso de recursos, a taxa de reciclagem e a desmaterialização também são algumas opções para reduzir o consumo de recursos materiais primários e mitigar os impactos ambientais consequentes (WORRELL *et al.*, 1995).

Assim, o objetivo deste capítulo foi investigar os efeitos da variação dos espaços habitacionais brasileiros no consumo de materiais e nas emissões de CO₂ relacionadas, e explorar estratégias de mitigação das emissões de CO₂ mediante redução no tamanho das habitações e desmaterialização das construções.

4.1 MÉTODO

Para se alcançar o objetivo deste capítulo foram propostos três cenários estratégicos, hipotéticos, de alteração de parâmetros relacionados ao consumo de materiais na construção de habitações brasileiras. Um cenário de referência, sem a interferência de estratégias e seguindo a evolução natural do setor de construção, foi estabelecido para avaliação dos efeitos que as alternativas desempenhariam no consumo de materiais e consequentes emissões de CO₂. A descrição da composição dos cenários é apresentada na sequência.

Figura 4.1 – Organização dos cenários estratégicos a partir do cenário de referência



O escopo do estudo foi delimitado pela análise das consequências da variação no consumo dos materiais. Neste estudo não foram considerados outros aspectos pertinentes aos materiais como desempenho, vida útil e durabilidade; pois partiu-se do princípio de que as estratégias escolhidas (cenários 2 e 3) cumprem minimamente estes aspectos normativos uma vez que são tecnologias consolidadas no mercado. Igualmente não se considerou a viabilidade econômica de implementação no mercado de construção brasileiro.

Baseados em tecnologias já existentes, os cenários assumem uma visão otimista de medidas adotadas a longo prazo e admitem que as barreiras não técnicas, como aceitação social e déficits de informação, sejam superadas (SNIC, 2019). Além disso, as propostas não são previsões, mas sim análises de possibilidades para atender determinados objetivos ambientais.

4.1.1 Cenário de referência – *Business-as-usual*

Este cenário descreve o estado atual da produção de habitação no Brasil e sua tendência de evolução, *business-as-usual* (BAU), sem a interferência de estratégias. Considera as técnicas construtivas e materiais mais usuais encontrados no mercado e os fatores de emissão de CO₂ da indústria nacional. Para isso, utiliza dados históricos e estima a construção de moradias anualmente e suas características predominantes.

A quantidade de habitações construídas foi estimada a partir de dados da PNAD e PNADCA do IBGE de 2006 a 2019 (IBGE, 2015c, 2019b), levando em conta: a) o estoque de habitações ; b) a porcentagem de unidades em alvenaria (IBGE, 2015e, 2019c), com laje de concreto (IBGE, 2019d, e); c) a variação anual de unidades e d) o número de habitações demolidas considerando uma vida útil (VU) de 50 anos e aplicado um fator de 0,02 (ou 1/50).

De 2020 a 2040 o número de residências construídas considerou o estoque de domicílios projetados (GIVISIEZ; OLIVEIRA, 2018). De 2041 a 2050 foi gerada uma planilha de previsão pelo Excel a partir dos dados históricos disponíveis e com intervalo de confiança de 95%. As porcentagens de unidades em alvenaria e com laje de concreto de 2020 a 2050 foram mantidas constantes desde 2019, últimos dados disponíveis.

Para calcular a área total construída anualmente, os dados de área média e unidades construídas foram subdivididos em unifamiliar (casas), multifamiliar (apartamentos) e de interesse social. A participação anual de casas e apartamentos de 2006 a 2019 foi retirada de (IBGE, 2015c, 2019b) e o número de unidades entregues anualmente pelo PMCMV entre 2009 e 2018 foi obtido de (CONGRESSO NACIONAL, 2017; GOVERNO FEDERAL, 2019). Juntamente com a área média anual de cada tipologia para as quatro capitais brasileiras (São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba), estimadas no Capítulo 3, foi possível determinar a área total construída anualmente de 2006 a 2020.

A partir de 2021 foi necessário gerar planilhas de projeção pelo Excel para obtenção da área média de cada tipologia. Foram adotados os limites de confiança superiores para as unidades unifamiliares e multifamiliares por ser um cenário mais realista e condizente com a tendência observada nos anos anteriores, sem grandes mudanças. Para as habitações de interesse social foram considerados os valores previstos para a área média entre 2021 e 2050, que apresentou as menores variações das médias anteriormente estimadas. Assim, foi possível calcular a área total construída anualmente de unidades em alvenaria e com laje de concreto (Equação 4.1). Todas as memórias dos cálculos realizados se encontram no Apêndice B.

Equação 4.1

$$A_{alv;conc} = \sum (A_u \times U_u) + (A_m \times U_m) + (A_{is} \times U_{is})$$

$A_{alv;conc}$: área total construída no ano de unidades em alvenaria, ou com laje de concreto (m²);

$A_{u,m;is}$: área média por unidade habitacional de moradias unifamiliares, multifamiliares e de interesse social (m²);

$U_{u,m;is}$: número total de unidades construídas de moradias unifamiliares, multifamiliares e de interesse social;

O consumo de material e emissões de CO₂ dos materiais, além de outros dados necessários para a simulação dos cenários, foram obtidos em outras pesquisas nacionais e internacionais (Tabela 4.1). Como os cenários estratégicos propostos se concentram em medidas relacionadas ao consumo de argamassa e concreto nas

construções, o cenário de referência também considerou esses dois materiais para estimativa futura.

Tabela 4.1 – Valores utilizados nos cálculos dos cenários

Dado	Material/componente/sistema	Unidade	Valor		Referência
			2021	2050	
Participação ¹	Alvenaria		95		(IBGE, 2019c)
	Laje de concreto	%	48		(IBGE, 2019e)
	Casas (unifamiliar)		86	72	(IBGE, 2019b)
	Apartamentos (multifamiliar)		14	28	
	Habitação de interesse social (PMCMV/Casa verde e amarela)	unidade	404.000 ²		(CONGRESSO NACIONAL, 2017; GOVERNO FEDERAL, 2019)
Área média por unidade habitacional ¹	Unifamiliar		141	138	Capítulo 3 (SMU-CWB, 2021; SMUL-SP, 2021; SMU-RJ, 2021; SUREG, 2021)
	Multifamiliar		120	88	
	Habitação de interesse social	m ²	62	58	
Market share ^{1,3}	Argamassa dosada em obra		94	89	(PACCA <i>et al.</i> , 2018; REIS; MACK-VERGARA; JOHN, 2019; SNIC, 2019)
	Argamassa industrializada		5	10	
	Concreto dosado em obra		41	32	(FARIA; MENDOZA; TOLEDO FILHO, 2019)
	Concreto industrializado		59	68	
	Argamassa estabilizada	%	1	1	
	Aplicação convencional (argamassa industrializada)		87%		
Projeção mecânica (argamassa industrializada)		13%		(AECWEB, 2015)	
Intensidade de parede	Parede	m ² parede/m ² superfície	2,40		(PUNHAGUI, 2014) (MORAES; ROVARIS; PUNHAGUI, 2018)
Consumo de argamassa de revestimento ⁴	Aplicação convencional	kg/m ² parede	76		(PARAVISI, 2008)
	Projeção mecânica		43		
Consumo de material	Argamassa industrializada	Cimento	239		(REIS <i>et al.</i> , 2021; REIS; MACK-VERGARA; JOHN, 2019; SNIC, 2019)
		Areia	1214		
	Argamassa dosada em obra	Cal	14		
		Cimento	259		
		Areia	1442		
Cal	17				

	Concreto industrializado	Cimento	285	
		Areia	770	
		Brita	1165	
	Concreto dosado em obra	Cimento	350	
		Areia	700	
		Brita	1150	
		Cimento	194	
		Areia	1162	
	Argamassa estabilizada	Aditivo incorporador de ar (AIA)	0,10	(FARIA; MENDOZA; TOLEDO FILHO, 2019)
		Aditivo estabilizador de hidratação (AEH)	0,24	
Densidade	Argamassa dosada em obra		1718	
	Argamassa industrializada		1467	(REIS <i>et al.</i> , 2021)
	Concreto dosado em obra		2220	
	Concreto industrializado	kg/m ³		(FARIA; MENDOZA; TOLEDO FILHO, 2019)
	Argamassa estabilizada		1356	(FARIA; MENDOZA; TOLEDO FILHO, 2019)
Fator de emissão de CO ₂		Cimento	571 ⁵	(GNR, 2018; REIS <i>et al.</i> , 2021; SNIC, 2019)
		Areia	6	(PUNHAGUI, 2014)
		Brita	3	(MONTES, 2016; SOUZA, 2012)
		Cal hidratada	547	(JOHN; PUNHAGUI; CINCOTTO, 2014)
		Aditivo incorporador de ar (AIA)	0,0527	(EFCA, 2015a)
		Aditivo estabilizador de hidratação (AEH)	1,31	(EFCA, 2015b)

¹Apêndice B.

²Mediana entre os valores informados de 2009 a 2018 (CONGRESSO NACIONAL, 2017; GOVERNO FEDERAL, 2019).

³*Market share* do cimento como referência.

⁴Foi utilizada a média ponderada entre os dois tipos de aplicação conforme a participação de cada uma no mercado para o cenário de referência.

⁵Valor para 2006, variado anualmente segundo (REIS *et al.*, 2021; SNIC, 2019).

4.1.1.1 Argamassa de revestimento

A quantidade total de argamassa de revestimento consumida anualmente foi calculada considerando a área total construída em alvenaria (Equação 4.1),

intensidade de parede e consumo de argamassa por metro quadrado de parede (Equação 4.2). O valor utilizado de consumo de argamassa por área de parede foi 59 kg/m², a mediana dos valores de (PARAVISI, 2008), considerando aplicação manual e mecânica (Tabela 4.1).

A argamassa foi subdividida em três tipos: dosada em obra, industrializada e estabilizada. A dosada em obra costuma ser a mais tradicional, composta por cimento, cal, areia e água, é misturada manualmente em obra. A argamassa industrializada é dosada e ensacada previamente em instalações industriais, sendo necessária apenas a adição de água e a mistura mecânica no canteiro de obra (AGOPYAN *et al.*, 1998). Já a argamassa estabilizada é dosada em central, composta, além de cimento e areia, por aditivo incorporador de ar (AIA) e aditivo estabilizador de hidratação (AEH) e é transportada e misturada em caminhões betoneiras até o canteiro de obra (MATOS, 2013; SCHMID, 2011).

A partir disso, o *market share* de cada tipo de argamassa e a previsão de avanço da participação das argamassas dosada em obra e industrializada até 2050 foi obtida em Reis *et al.*, (2021), Reis, Vergara, John (2019) e (SNIC, 2019). Já para a argamassa estabilizada a porcentagem de mercado foi retirada de (MACIOSKI *et al.*, 2013) e mantida constante para o cenário de referência.

Após a estimativa anual de consumo dos materiais necessários para argamassa, a emissão de CO₂ total foi calculada considerando os respectivos fatores de emissão de CO₂ dos materiais, explicitados na Tabela 4.1.

Equação 4.2

$$C_A = A_{alv} \times I \times c$$

$$eCO_{2a} = C_a \times MS_a \times d_a \times FCO_{2a}$$

$$E_{CO_2} = \sum eCO_{2a}$$

C_A : consumo de argamassa total (t);

A_{alv} : área total construída em alvenaria no ano (m²);

I : intensidade de parede (m² parede/m² superfície);

c : consumo de argamassa (t/m² parede);

a : argamassa dosada em obra, industrializada ou estabilizada;

eCO_2 : emissão de CO₂ de argamassa (tCO₂);

C : consumo de argamassa (t);

MS : *market share* do tipo de argamassa (%);

d : densidade da argamassa (t/m³);

FCO_2 : fator de emissão da argamassa (tCO₂/m³);

E_{CO_2} : emissão total de CO₂ dos três tipos de argamassa (tCO₂).

4.1.1.2 Concreto

Para o concreto, inicialmente foi quantificada a área total de laje prevista para execução das unidades habitacionais construídas no ano, classificadas com laje de concreto²⁶ conforme Equação 4.1. De 2016 a 2019 as porcentagens de unidades foram retiradas da PNADCA (IBGE, 2019d, e), nos anos posteriores os valores foram mantidos constantes de acordo com o último informado considerando um cenário conservador. O consumo de concreto foi estimado a partir de valores específicos de volume de concreto por área de superfície com base nas duas tipologias de laje mais comumente utilizadas nas moradias, maciça e pré-fabricada com enchimento de EPS ou cerâmica (BESEGGIO, 2020).

Filho e Shiramizu (2011) analisaram os procedimentos de fabricação e montagem de lajes e entrevistaram fabricantes, projetistas e construtores em São Carlos, São Paulo, e verificaram que 70% das construções utilizavam lajes pré-fabricadas. Ainda, os elementos de enchimento mais comumente usados eram blocos de EPS (85% do total), seguidos por blocos de cerâmica (55%) e blocos de concreto (5%). A soma total supera 100% porque muitas construções usavam mais de um tipo de enchimento. Por isso, devido a inexistência da informação acerca da frequência de utilização de cada tipo de laje no Brasil foi considerado 70% de *market share* para as lajes pré-fabricadas e 30% para lajes maciças, moldadas in loco, tendo em vista um cenário conservador.

A laje pré-fabricada, muito recorrente na construção de unidades de interesse social (BRUNO *et al.*, 2012; NIENKOETTER *et al.*, 2014; SPOSTO; PAULSEN, 2014), é a mais utilizada em todo o país principalmente pelo preço, qualidade e facilidade de

²⁶ Foram computadas as unidades classificadas como telha com laje de concreto e somente laje de concreto como material predominante na cobertura (telhado) (IBGE, 2019d) e cimento como material predominante no piso (IBGE, 2019e).

montagem (DEMERTINE, 2013). A estrutura, constituída por vigotes e elementos de enchimento de cerâmica ou EPS (polietileno expandido), serve de base para a capa de concreto distribuída na laje (DEMERTINE, 2013). O custo para a execução desse tipo de laje é cerca de 40% menor quando comparado às maciças (BRANDALISE; WESSLING, 2015; DEMERTINE, 2013), principalmente devido a redução das quantidades de concreto, aço, fôrmas e escoramento empregados e pelo menor tempo de trabalho (aproximadamente 0,7h/m² a menos) (BRANDALISE; WESSLING, 2015; SINAPI, 2015, 2018).

Outros tipos de laje como a nervurada, alveolar, *steel deck* ou *bubbledeck*, sistemas ainda considerados inovadores no Brasil, apesar de prometerem a economia de consumo de concreto, ainda são pouco encontradas nas construções brasileiras (FILHO, Márcios Alves de Oliveira *et al.*, 2017), especialmente de unidades habitacionais tradicionais. Sendo assim, foi calculado o consumo médio de concreto para lajes por média ponderada, o que resultou em 0,11 m³/m².

Tabela 4.2 – Consumo de concreto para cada tipo de laje

	Consumo de concreto (m ³ /m ²)	Espessura (cm)	Referência	Market share (%)
Laje pré-fabricada (EPS ou cerâmica)	0,073	20	(SINAPI, 2018)	70%
Laje maciça	0,20		(ALMEIDA, 2019)	30%

O concreto foi, então, subdividido em dois grupos: concreto dosado em obra e usinado. O *market share* de cada um e a previsão de avanço até 2050, bem como o consumo de materiais (cimento, areia e agregado graúdo - Tabela 4.1) foram obtidos em Reis *et al.*, (2021), Reis, Vergara, John (2019) e (SNIC, 2019).

Após a estimativa anual de consumo dos materiais, a emissão de CO₂ total foi calculada considerando os respectivos fatores de emissão de CO₂ (Tabela 4.1). Ao final, obteve-se as emissões de CO₂ totais anuais devido ao consumo de concreto dosado em obra e usinado para a construção de habitações com laje de concreto (Equação 4.3).

Equação 4.3

$$C_C = A_{conc} \times c_{conc}$$

$$eCO_{2c} = C_C \times MS_c \times d_c \times FCO_{2c}$$

$$E_{CO_2} = \sum eCO_{2c}$$

C_C : consumo de concreto total (t);

A_{conc} : área total construída em laje de concreto no ano (m²);

c_{conc} : consumo de concreto para execução de laje (m³/m²);

c : concreto dosado em obra ou usinado;

eCO_2 : emissão de CO₂ do concreto (tCO₂);

C : consumo de concreto (t);

MS : *market share* do tipo de concreto (%);

d : densidade do concreto (t/m³);

FCO_2 : fator de emissão do concreto (tCO₂/m³);

E_{CO_2} : emissão total de CO₂ dos dois tipos de concreto (tCO₂).

4.1.2 Cenários estratégicos

São inicialmente propostos três cenários estratégicos de forma independente, capazes de atuar na redução do consumo de materiais e consequente emissões de CO₂. As medidas sugeridas foram subdivididas em dois grupos: a) planos verticais, com estratégias focadas nas argamassas de revestimento das paredes de habitações em alvenaria (IBGE, 2015e, 2019c); e b) planos horizontais, com foco nas lajes de concreto das moradias classificadas com laje de concreto (IBGE, 2019d, e).

Ao final foram analisados os resultados hipotéticos de cada proposta e sua potencialidade em reduzir ou melhorar o consumo de materiais e decorrentes emissões. As propostas de modelagens são detalhadas na sequência.

4.1.2.1 *Cenário estratégico 1 – Redução do espaço*

O primeiro cenário estratégico propõe reduções gradativas da área média por unidade habitacional, estimada no Capítulo 3, a partir de 2022 até 2050. Para isso foram estabelecidas metas hipotéticas de redução, partindo do cenário de referência

e chegando em 2050 com áreas médias anuais de unidades unifamiliares e multifamiliares: a) 10% menores para um cenário conservador; b) 20% intermediário; c) 30% otimista; e d) de redução máxima, inclusive para habitações de interesse social, chegando ao valor mediano de espaço mínimo habitável (estimado no Capítulo 2) de 43 m² por unidade habitacional. Para as três primeiras metas não foi alterada a área média anual das habitações de interesse social pelo fato do seu padrão dimensional já ser considerado abaixo dos limites considerados em diferentes estudos (FOLZ; MARTUCCI, 2007).

Os valores anuais são apresentados detalhadamente no Apêndice B.

Tabela 4.3 – Valores iniciais e finais de área média por unidade habitacional para as três tipologias de habitação

Cenário de redução	Área média por unidade habitacional (m ²)					
	Unifamiliar		Multifamiliar		Interesse Social	
	2020	2050	2020	2050	2020	2050
10%		125		103		
20%		111		91		58
30%	138	97	114	80	58	
Máxima		43		43		43

Fonte: Autora (2021) com base em (DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2015; ICC, 2017; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018; MLIT, 2011; PACHECO, 2016; PEDRO, João António Costa Branco de Oliveira, 2009; REAL ESTATE JAPAN, 2017; SMU-CWB, 2021; SMUL-SP, 2021; SMU-RJ, 2021; SUREG, 2021)

Nesta simulação não há variação dos parâmetros de consumo específico de material ou fatores de emissão de CO₂, exceto para o cimento variado anualmente segundo (REIS *et al.*, 2021). Também não há variação na distribuição de mercado dos componentes analisados, já que a estratégia consiste em alterar apenas a medida de área e avaliar sua influência nas emissões totais a cada ano, sem mudanças tecnológicas no processo de produção dos materiais.

4.1.2.2 Cenário estratégico 2 – Planos verticais

O segundo cenário estratégico, relacionado aos planos verticais das construções, propõe duas alternativas para aumentar a eficiência no consumo de materiais destinados à produção e aplicação de argamassas de revestimento. A

primeira sugere a ampliação do uso de sistemas mecânicos de projeção da argamassa, com acréscimo do *market share* da técnica, e a segunda preconiza o aumento do consumo de argamassa estabilizada. Ambas as estratégias foram comparadas, individualmente, com o cenário de referência simulado anteriormente, em que não houve alteração da proporção atual das técnicas na construção de habitações brasileiras.

4.1.2.2.1 Argamassa industrializada com projeção mecânica

Nesta proposta foram analisadas as emissões de CO₂ referentes à execução de revestimento em argamassa por duas técnicas distintas: de reboco projetado e reboco convencional. A projeção mecânica consiste na utilização de bombas que permitem a aplicação contínua de argamassa industrializada, garantindo uma boa adesão em toda a região de trabalho, reduzindo desperdícios e aumentando a produtividade e qualidade do resultado (ALBUQUERQUE; LIRA; SPOSTO, 2018; RIBEIRO; MORAIS; LORDSLEEM JÚNIOR, 2020). Já a aplicação convencional é executada manualmente por um trabalhador com o uso de colher de pedreiro, dependendo da habilidade e experiência no manuseio e aplicação do material no substrato e podendo apresentar heterogeneidades no produto final (GEREK *et al.*, 2016).

A simulação deste cenário consistiu no aumento gradativo do *market share* da aplicação de argamassa projetada no contexto nacional e redução proporcional da aplicação convencional. Foi considerado o percentual de utilização de argamassa de revestimento industrializada das unidades construídas em alvenaria, cerca de 4% em 2006 e aumento anual progressivo até 2050 (REIS *et al.*, 2021), uma vez que independentemente do tipo de sistema de projeção a argamassa deve ser, obrigatoriamente, industrializada. Dentro disso, foram consideradas as unidades com a utilização de aplicação projetada, aproximadamente 13% (AECWEB, 2015), ou convencional (87%). Para ambas as técnicas a espessura foi de 2 cm (PARAVISI, 2008). Os valores anuais são apresentados no Apêndice B.

Os diferentes consumos de material e fatores de emissões de CO₂ das duas técnicas (Tabela 4.1) foram introduzidos, primeiramente, sem que houvesse alteração da participação de aplicação mecânica nas construções e, posteriormente com um acréscimo anual hipotético de 0,5% a partir de 2022 até 2050 do uso de bombas de

projeção e redução proporcional da aplicação convencional. Esse acréscimo representa cerca de 458 mil unidades habitacionais construídas a mais entre 2022 e 2050 que deixariam de usar o sistema convencional de aplicação de reboco e passariam a operar com sistema de aplicação mecânico dentro da categoria de argamassa industrializada.

Os valores de consumo de material e intensidade de parede não foram alterados (Tabela 4.1), apenas os fatores de emissão de CO₂ do cimento, variados anualmente segundo (REIS *et al.*, 2021). Os dados dos dois métodos de aplicação foram retirados de (PARAVISI, 2008). As demais informações se basearam em (ALBUQUERQUE; LIRA; SPOSTO, 2018), um estudo de caso de uma edificação em Brasília, Distrito Federal que utilizou a ACVCO₂, fronteira *gate-to-gate*, para quantificar as emissões de CO₂ dos dois tipos de aplicação.

Tabela 4.4 – Dados de *market share* da argamassa industrializada com aplicação convencional e projeção mecânica

Market share (%)	Sem alteração			Com alteração
	2021	2050		2050
Argamassa industrializada	5%	10%	(REIS <i>et al.</i> , 2021)	10%
Aplicação convencional	87%		(AECWEB, 2015)	72%
Projeção mecânica	13%			28%

4.1.2.2.2 Argamassa estabilizada

Este cenário analisou a utilização de argamassa estabilizada, dosada em central e composta por cimento, areia, aditivo incorporador de ar (AIA) e aditivo estabilizador de hidratação (AEH). Esse produto possibilita o aumento de produtividade da obra e redução das perdas de material (BAUER, 2005), comparativamente às argamassas dosadas em obra, tradicionalmente utilizadas e de sistema de fabricação empírico, e às argamassas industrializadas, previamente dosadas e ensacadas em instalações industriais com posterior adição de água no canteiro de obras (AGOPYAN *et al.*, 1998).

Para isso, foi considerada a porcentagem de distribuição em massa dos três produtos na produção nacional anual de argamassa de revestimento, calculada no cenário de referência, sendo argamassa dosada em obra 95%, industrializada 4% (REIS *et al.*, 2021) e estabilizada 1% (MACIOSKI *et al.*, 2013). Como base foram

utilizadas informações de Faria, Mendoza, Toledo Filho (2019), que compararam as três formas de produção de argamassas por meio de ACV, considerando a fronteira *cradle-to-grave*. Os dados de consumo de material, intensidade de parede e fatores de emissão de CO₂ utilizados constam na Tabela 4.1. Não foram contabilizadas as perdas de material ou redução das mesmas por modificação tecnológica, apenas o material aplicado diretamente.

A proposta neste cenário foi aumentar a porcentagem de argamassa estabilizada utilizada na construção de habitações a partir de 2022 e até 2050, na mesma proporção de acréscimo da argamassa industrializada proposta por (REIS *et al.*, 2021), aproximadamente 0,2% ao ano. Esse acréscimo representa em média 1,5 milhões de toneladas de argamassa estabilizada a mais por ano no período. O avanço do *market share* de argamassa industrializada foi mantido o mesmo do cenário de referência. Depois de estimados os consumos de material das três alternativas, com e sem alteração do *market share*, foram calculadas suas emissões de CO₂ totais.

Tabela 4.5 – Dados de *market share* da argamassa estabilizada

Market share (%)	Sem alteração			Com alteração
	2021	2050		2050
Argamassa dosada em obra	94%	89%	(REIS <i>et al.</i> , 2021)	84%
Argamassa industrializada	5%	10%	(MACIOSKI <i>et al.</i> , 2013)	10%
Argamassa estabilizada	1%	1%		6%

4.1.2.3 Cenário estratégico 3 – Planos horizontais

A terceira proposta de cenário estratégico se refere às lajes construídas em concreto das habitações brasileiras. Nesta investigação não foram considerados os aspectos de desempenho estrutural e acústico das lajes, bem como de dimensionamento do concreto armado ou de elementos estruturais como vigas, pilares e fundações. Ainda que a caracterização da laje dependa da análise conjunta de todos os elementos estruturais, propôs-se sua avaliação isolada por ser um plano com massa observável dentro da composição das unidades habitacionais e apresentar mínimas condições de modelagem em cenário.

Admite-se as limitações desta proposta que envolve múltiplas incertezas e uma base de informações escassa sobre estudos prévios acerca dos aspectos ambientais dos planos horizontais nas moradias. Ainda assim, considera-se relevante

este ensaio estratégico devido ao impacto da massa nas unidades habitacionais e pela potencialidade de aprofundamento em trabalhos futuros uma vez identificada alguma possibilidade de mitigação das emissões de CO₂ por este meio.

O processo de delimitação da estratégia iniciou com o consumo de concreto determinado no cenário de referência (BAU) como base. Considerando os parâmetros definidos inicialmente, a proposta foi aumentar a proporção da participação de lajes pré-fabricadas de 2022 a 2050 na construção de habitações. A partir das informações da Tabela 4.2 foi sugerido que em 2050 a proporção de lajes pré-fabricadas chegasse a 90% e de lajes maciças a 10%, aumento e redução proporcionais de 20 p.p. a partir de 2022 (FILHO; SHIRAMIZU, 2011). A transição ocorreria gradativamente, anualmente, de 2022 a 2050.

Essas porcentagens foram aplicadas no consumo anual médio de concreto para execução de lajes, calculado por média ponderada entre os dois tipos de laje. Como as lajes pré-fabricadas apresentam um consumo de concreto 63% menor que as lajes maciças, 0,073 m³/m² (SINAPI, 2018) e 0,2 m³/m² (ALMEIDA, 2019), respectivamente, considerando espessuras de 20 cm, o consumo médio seria reduzido anualmente conforme o avanço da participação de lajes pré-fabricadas. De 0,11 m³ de concreto por m² de laje em 2021 (70% pré-fabricadas e 30% maciças), chegaria a 0,086 m³/m² em 2050 (90% pré-fabricadas e 10% maciças).

Também foi proposto que, além do aumento progressivo de *market share* do concreto usinado já previsto por (REIS *et al.*, 2021) de aproximadamente 0,3% ao ano de 2022 a 2050 e redução proporcional do concreto dosado em obra, esse crescimento anual fosse intensificado para 0,5%, como sugere o cenário estratégico 2 do mesmo estudo (REIS *et al.*, 2021). Os consumos específicos dos materiais necessários para produção de concreto não foram alterados neste cenário, bem como os fatores de emissão (Tabela 4.1), exceto pelo cimento, variado anualmente como já mencionado.

Por fim, as emissões totais de CO₂ resultantes do consumo de concreto para construção de lajes com as mudanças propostas foram comparadas com as emissões sem alteração de tendência, *business as usual*.

Tabela 4.6 – Dados de *market share* do concreto e consumo de concreto para lajes pré-fabricadas e maciças

Market share (%)	Sem alteração		Com alteração
	2021	2050	2050
Concreto dosado em obra	41%	32%	(REIS <i>et al.</i> , 2021) 26%
Concreto usinado	59%	68%	74%
Laje pré-fabricada (EPS ou cerâmica)	70%	70%	(FILHO; SHIRAMIZU, 2011) 90%
Laje maciça	30%	30%	10%
Consumo de concreto para lajes (m³/m²)			
Laje pré-fabricada (EPS ou cerâmica)	0,073	(SINAPI, 2018)	0,073
Laje maciça	0,2	(ALMEIDA, 2019)	0,2
Média ponderada	0,11	Calculada	0,086

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

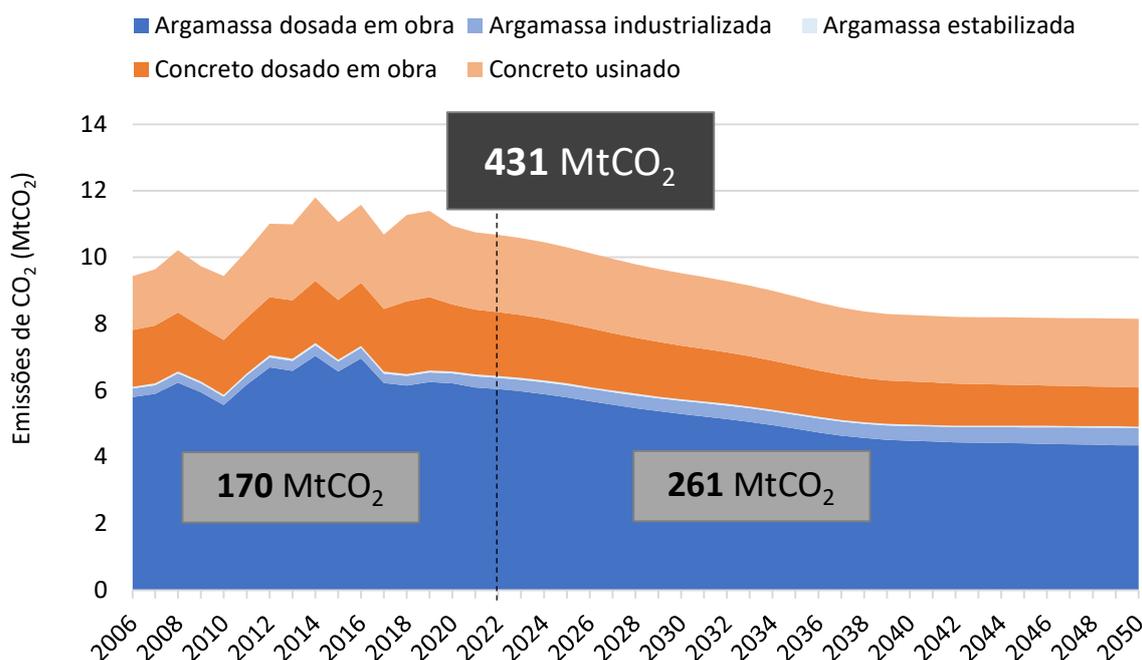
4.2.1 Cenário de referência – *Business-as-usual*

A Figura 4.2, cenário de referência *business-as-usual*, apresenta as emissões totais de CO₂ resultantes do consumo de argamassa dosada em obra e industrializada e do concreto dosado em obra e usinado de 2006 a 2020, e previstas de 2022 a 2050, sem a interferência de estratégias e seguindo o padrão atual de tendência. Este cenário levou em consideração a produção projetada de novas habitações no Brasil (GIVISIEZ; OLIVEIRA, 2018) e a invariabilidade da proporção de unidades em alvenaria e com laje de concreto (IBGE, 2015e, 2019c, d, e). Também considerou a tendência de área média para unidades unifamiliares, multifamiliares e de interesse social, pensando em um quadro realista e partindo dos resultados do Capítulo 3.

As emissões totais previstas no BAU para o período de 2006-2050 são de 431 milhões de toneladas de CO₂ devido ao consumo de argamassa de revestimento e concreto para lajes da construção de habitações no Brasil, supondo que as estimativas feitas para as quatro capitais brasileiras, Curitiba, Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo, possam representar uma visão geral das habitações em todo o país. De 2006 a 2020 foram emitidos aproximadamente 159 milhões de toneladas de CO₂ e de 2021 a 2050 estima-se que cerca de 271 MtCO₂ serão emitidos, sem a interferência de estratégias de mitigação.

A redução de emissões durante o período refletem a tendência já observada de redução do tamanho médio dos domicílios (CAMARGO, 2003b; MENDONÇA, 2015; TRAMONTANO, 2006; VILLA, 2008a) que acarretam na diminuição do volume de materiais consumidos (EVANGELISTA *et al.*, 2018).

Figura 4.2 – Estimativa de emissões de CO₂ devido ao consumo de argamassa de revestimento e concreto para lajes no cenário *business-as-usual* (BAU)



O *market share* tanto de argamassas quanto de concreto prevê a produção industrializada crescendo a uma taxa maior do que a dosada em obra (REIS *et al.*, 2021), isso porque há uma tendência generalizada de participação no mercado de cimento para produtos industrializados (CWGRP, 2019; MILLER *et al.*, 2018; SCRIVENER; JOHN; GARTNER, 2018). O período entre 2006 e 2019 apresenta variações acentuadas nas emissões devido às significativas oscilações das áreas médias por unidade habitacional.

Os concretos misturados em obra, por terem um consumo de cimento de 350 kg/m³, enquanto os produzidos em concreteira apresentam um consumo de aproximadamente 285 kg/m³ (REIS *et al.*, 2021; REIS; MACK-VERGARA; JOHN, 2019), representam uma parcela importante nas emissões. O mesmo acontece com as argamassas de revestimento dosadas em obra que, além do consumo de cimento de 259 kg/m³ em comparação com 239 kg/m³ da industrializada, ainda consomem

aproximadamente 3 kg/m³ a mais de cal hidratada (REIS *et al.*, 2021; REIS; MACK-VERGARA; JOHN, 2019), elemento com alta emissão de CO₂ devido, principalmente, a etapa de calcinação (JOHN; PUNHAGUI; CINCOTTO, 2014). Por outro lado, a argamassa industrializada não apresenta vantagem de custos de produção em função da necessidade de embalagem, uso de areia seca, além dos impostos da atividade industrial. Por isso, no cenário atual, o ganho de mercado do produto é muito baixo, em torno de 2% a 3% da produção de cimento (SNIC, 2019).

Embora não seja alvo principal deste estudo, a industrialização dos produtos à base de cimento, como argamassa e concreto, demonstra potencial medida de redução de CO₂, não apenas pela desmaterialização e diminuição da taxa de desperdício de materiais - cerca de 47% para concreto e 66% para argamassa, incluindo uso de água e perdas em obra (REIS; MACK-VERGARA; JOHN, 2019) - mas pela possibilidade de controle das taxas de substituição e redução de ligantes (SCRIVENER; JOHN; GARTNER, 2018).

4.2.2 Cenário estratégico 1 – Redução do espaço

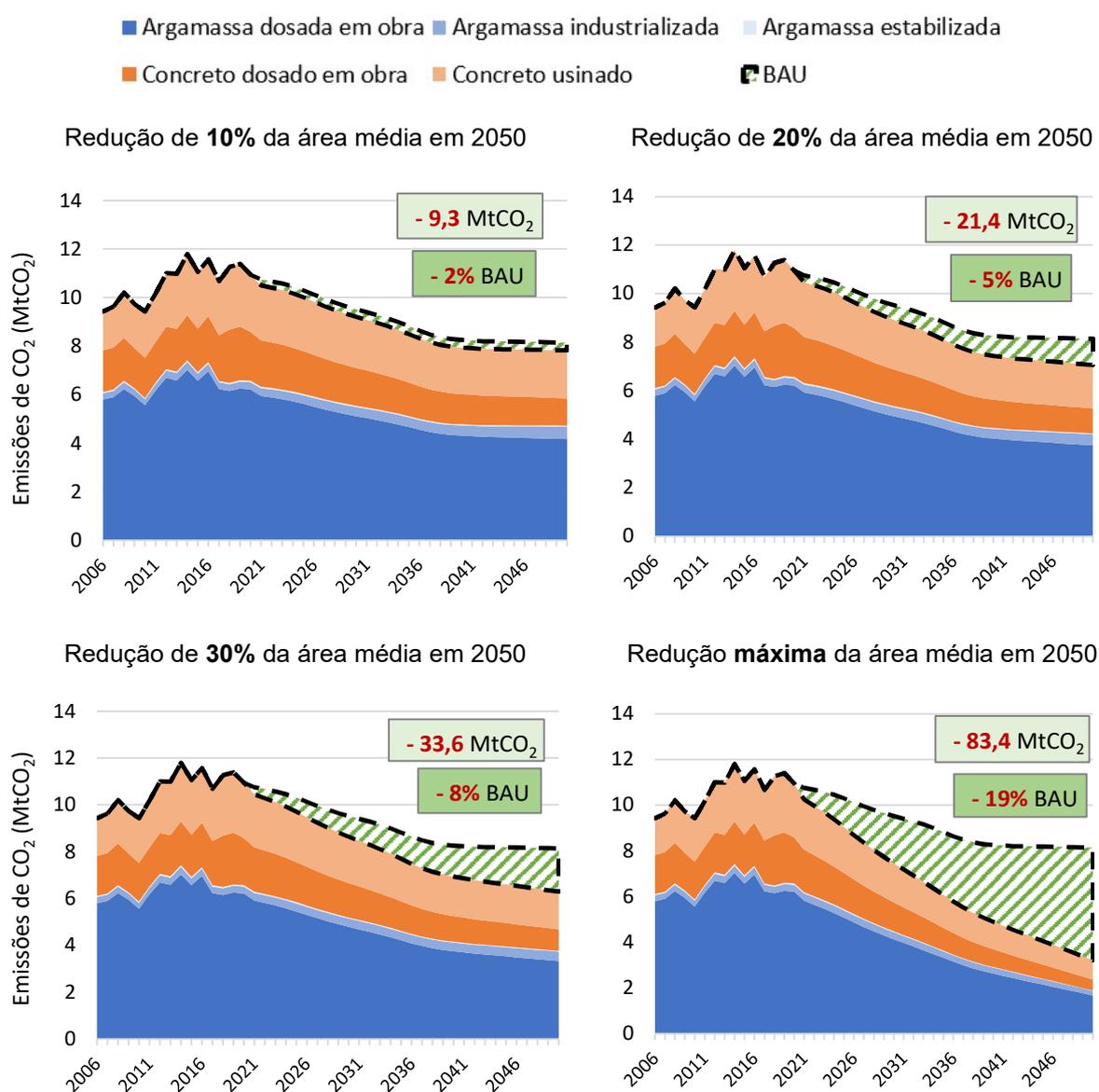
A redução da área média por unidade habitacional, medida proposta para o primeiro cenário hipotético, também é uma potencial redutora de emissões de CO₂, como mostra a Figura 4.3. Ao atingir a redução de 10% nas áreas médias anuais das unidades unifamiliares e multifamiliares em 2050, passando de 138 m² e 114 m² em 2020 para 125 m² e 103 m² em 2050, respectivamente, o que caracteriza um cenário mais conservador, limitaria as emissões totais de dióxido de carbono em mais de 9 MtCO₂ durante o período.

As reduções das áreas médias em 20% e 30% em 2050, chegando a 111 m² e 97 m² para unifamiliares e 91 m² e 80 m² para multifamiliares, visões mais otimistas em longo prazo, levariam a uma economia de aproximadamente 21,4 MtCO₂ e 33,6 MtCO₂, respectivamente, 5% e 8% a menos que as emissões do cenário de referência. Isso porque a medida de área está diretamente relacionada a argamassa e concreto utilizados e, conseqüentemente, às emissões associadas ao seus processos produtivos (EVANGELISTA *et al.*, 2018). Conforme o tamanho aumenta, maior é o consumo de recursos e energia (WILSON; BOEHLAND, 2008b).

Uma outra análise de emissões relacionadas a variação de tamanho das moradias foi feita considerando um cenário extremo e utópico em que o tamanho

médio por unidade das moradias unifamiliares, multifamiliares e de interesse social atingiriam o mínimo aceitável, conforme exposto no Capítulo 2. É evidente que tal situação seria improvável, já que se deve levar em conta as drásticas mudanças sociais, culturais e econômicas que tal cenário exigiria (BOUERI FILHO, 2008). No entanto, a análise é válida como ferramenta de observação da potencialidade que a variável exerce sobre aspectos ambientais, como o consumo de material e emissões. Adicionalmente, para marcar um teto de potencial máximo explorável.

Figura 4.3 - Estimativa de emissões de CO₂ devido ao consumo de argamassa de revestimento e concreto para laje no **cenário estratégico 1** (redução de área)



4.2.3 Cenário estratégico 2 – Planos verticais

O consumo de argamassas de revestimento, objeto de investigação do segundo cenário estratégico, representa cerca de 12,6% das emissões totais de uma obra devido às concentrações de cimento e cal (FREITAS JUNIOR, 2012 et al.) devido as reações químicas ocorridas na produção do clínquer e da alta quantidade de combustão de origem fóssil para a ativação dos fornos (SANTORO; KRIPKA, 2016). Por isso há uma necessidade emergente em melhorar o processo convencional de produção de argamassa para revestimento, que gera perdas de materiais e baixos índices de produtividade na aplicação (COSTA, 2005). Além disso, as baixas participações das argamassas industrializadas (4%) (REIS; MACK-VERGARA; JOHN, 2019) e estabilizadas (1%) (MACIOSKI *et al.*, 2013) demonstram o relevante potencial de mitigação de impactos ambientais a ser explorado, uma vez que oferecem a possibilidade de desmaterialização das construções (REIS; MACK-VERGARA; JOHN, 2019).

O lançamento por projeção mecânica (Figura 4.4), além de conferir maior aderência e controle da qualidade na aplicação (DUAILIBE; CAVANI; OLIVEIRA, 2005), propicia menores taxas de perda de material nas etapas de transporte em obra e execução, principalmente pela possibilidade de reutilização da argamassa lançada em excesso no substrato (COSTA, 2005; GAMA JUNIOR, 2013). Além disso, o método contribui para reduzir as emissões de CO₂ por ser utilizado necessariamente com argamassa industrializada (AECWEB, 2015) que emite menores quantidades de CO₂ (GAMA JUNIOR, 2013; REIS *et al.*, 2021).

Além disso, segundo Albuquerque, Lira e Sposto (2018), a técnica pode emitir cerca de 50% a menos de dióxido de carbono em comparação ao método convencional, mesmo com o aumento do gasto energético pela utilização de equipamentos. Por outro lado, apresenta limitações relacionadas a trabalhabilidade da argamassa (ZANELATTO *et al.*, 2013) e aos elevados níveis de pressão necessários para transportar a argamassa até pavimentos superiores (PARAVISI, 2008), além de requerer manutenção dos equipamentos e treinamento de pessoal.

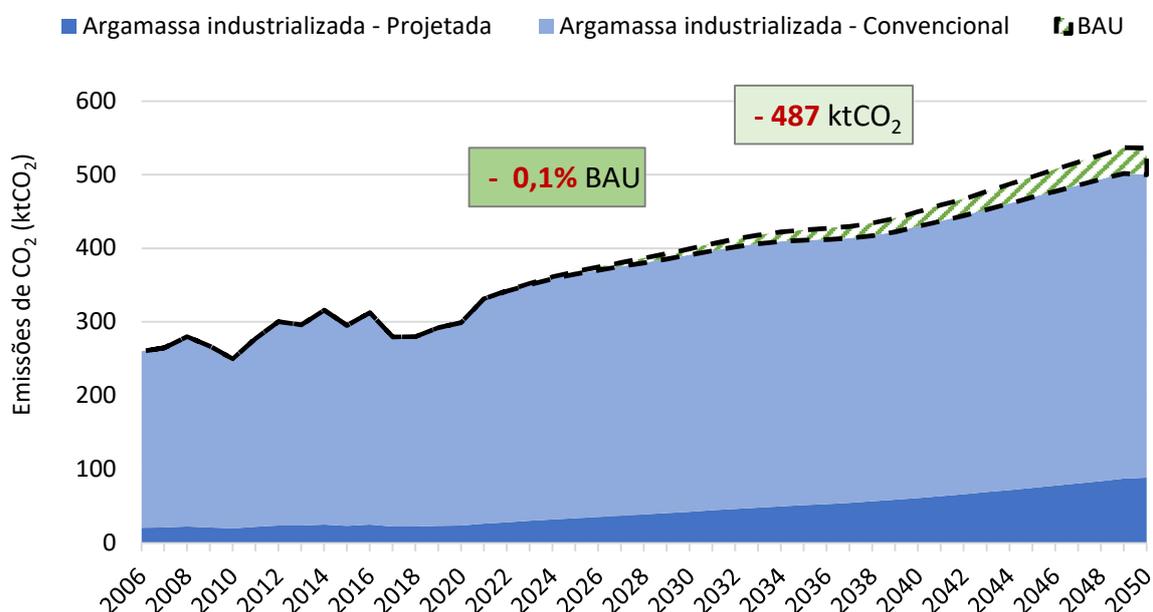
Figura 4.4 – Técnica de aplicação do reboco por projeção mecânica



Fonte: (SERRAGLIO, 2013)

No cenário nacional a substituição da técnica manual pela mecanizada ainda é considerada lenta, em 2014 em torno de 12,4% das construtoras brasileiras aplicavam argamassa projetada no revestimento externo e 14,2% no revestimento interno (AECWEB, 2015). Por isso a proposta do cenário foi aumentar a proporção de unidades habitacionais com utilização de projeção mecânica de argamassa de revestimento industrializada em 0,5% ao ano a partir de 2022 até 2050, o que representa em média 458 mil unidades a mais utilizando o sistema anualmente. A partir da implementação gradual da técnica nas construções residenciais haveria um potencial de redução total das emissões de cerca de 487 ktCO₂ (Figura 4.5) durante esse período, 0,1% a menos que o cenário BAU, em média 18 ktCO₂ anualmente. Na Figura 4.5 foi demonstrada apenas a evolução da argamassa industrializada com os dois tipos de aplicação para viabilizar a visualização da mitigação de emissões.

Figura 4.5 - Estimativa de emissões de CO₂ para a primeira proposta do **cenário estratégico 2** (Argamassa industrializada: Aplicação convencional x Projeção mecânica)



Outro possível recurso para contenção das emissões de dióxido de carbono é o emprego de argamassa estabilizada (Figura 4.6). Diferentemente das industrializadas, são previamente dosadas em central, misturadas em caminhões betoneiras e chegam ao local de aplicação prontas para o uso e com a capacidade de se manterem trabalháveis por 72 horas (ANTONIAZZI, 2019). Sua utilização aumenta a produtividade da obra e pode reduzir as perdas de material em 5% (DUARTE, 2007; FARIA; MENDOZA; TOLEDO FILHO, 2019), além de melhorar a homogeneidade e acabamento (ANTONIAZZI, 2019).

Figura 4.6 – Argamassa estabilizada sendo descarregada e armazenada em obra

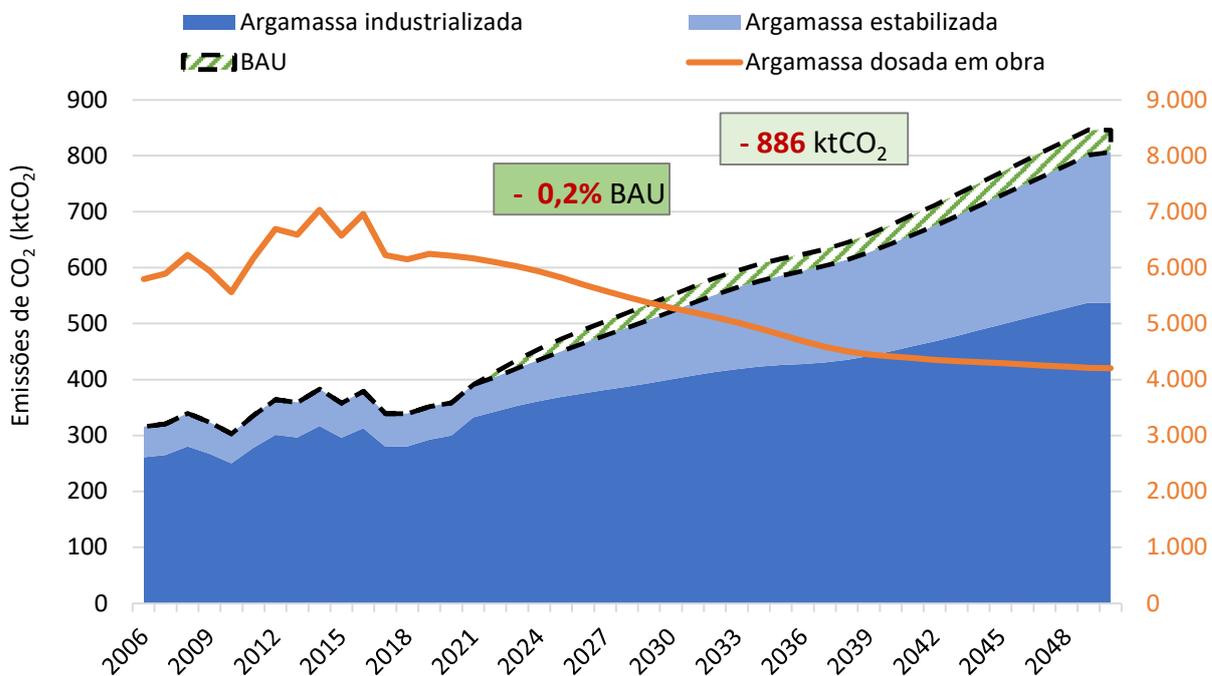


Fonte: (MATOS, 2013)

A argamassa estabilizada é composta por cimento, areia, aditivo estabilizador de hidratação e aditivo incorporador de ar. Este último substitui a cal hidratada para manter a plasticidade da massa (MATOS, 2013) e reduz a densidade da argamassa, reduzindo o consumo de material para o mesmo nível de serviço e permitindo a desmaterialização da construção (REIS, 2018). Por isso mesmo apresentam menores emissões de CO₂, uma vez que a cal hidratada é responsável por emitir cerca de 547 kgCO₂ por kg do insumo (JOHN; PUNHAGUI; CINCOTTO, 2014), enquanto os fatores de emissão dos aditivos incorporador de ar e estabilizador de hidratação são 0,527 kgCO₂/kg e 1,31 kgCO₂/kg (EFCA, 2015a, b), respectivamente.

Contudo, a aplicação do produto ainda é pouco explorada no Brasil. Segundo Schmid (2011) em 2007 a Europa já contava com mais de 500 fábricas de argamassa estabilizada produzindo 18 mil m³ anualmente, enquanto o Brasil, no mesmo ano, apresentava somente 12 fabricantes produzindo 0,4 mil m³ ao ano. Por esse motivo o avanço no consumo do produto foi alvo da segunda proposta envolvendo argamassas nas construções habitacionais do cenário estratégico 2.

Figura 4.7 - Estimativa de emissões de CO₂ para a segunda proposta do **cenário estratégico 2** (Argamassa estabilizada x Argamassa dosada em obra x Argamassa industrializada)



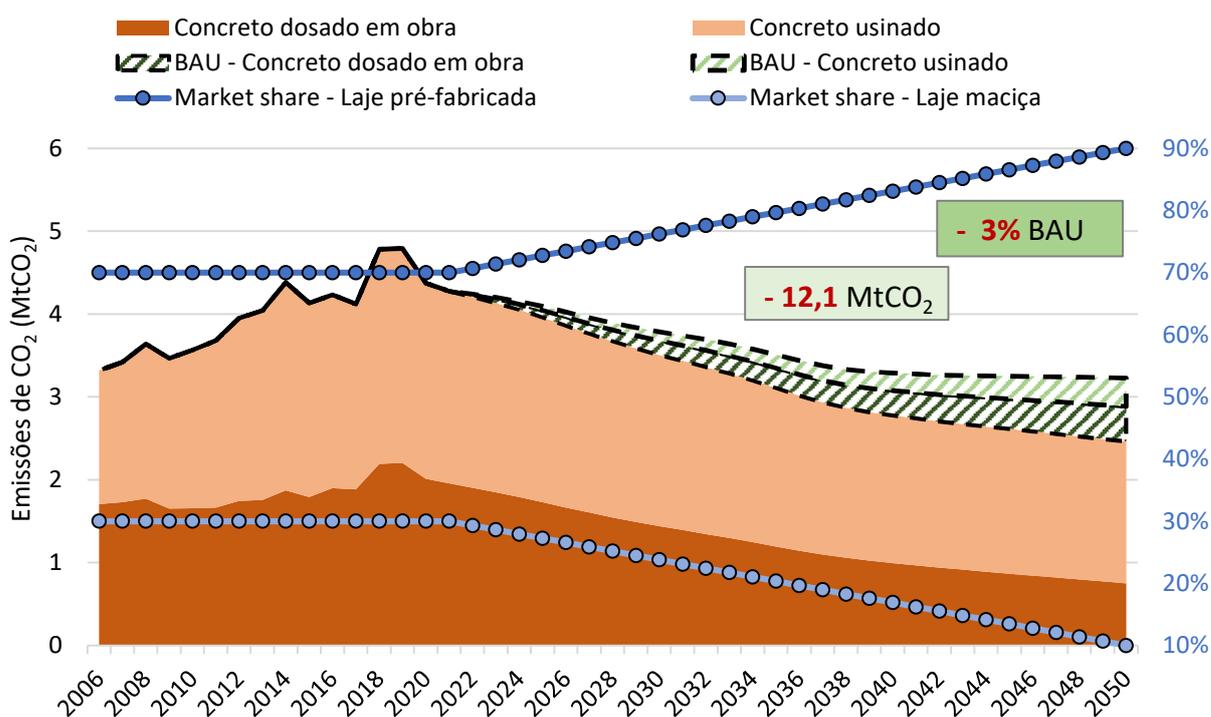
Com um crescimento anual de aproximadamente 0,2% a partir de 2022 até 2050 no consumo de argamassa estabilizada e industrializada (REIS *et al.*, 2021), e redução proporcional da argamassa misturada em obra, partindo de 1% (MACIOSKI *et al.*, 2013), 5% e 95% (REIS *et al.*, 2021) na participação de mercado, respectivamente, seria possível diminuir um total de 886 ktCO₂, em média 32 ktCO₂ emitidos anualmente. Na Figura 4.7 não é ilustrada as emissões dos demais materiais empregados nas construções para facilitar a visualização da estratégia.

O ganho de eficiência na redução de 5% das perdas, proporcionado pelo uso da argamassa estabilizada, não foi considerado no cenário, pois as perdas não foram contabilizadas, apenas a aplicação direta do produto. A redução de emissões geradas pelo consumo de argamassa dosada em obra durante o período se deve à sua perda de participação no mercado e não a melhorias tecnológicas, pois seu fator de emissão de CO₂ é comparativamente maior às industrializadas e estabilizadas, em média 171 kgCO₂/m³, 156 kgCO₂/m³ e 121 kgCO₂/m³, respectivamente, calculados de acordo com os dados apresentados na Tabela 4.1.

4.2.4 Cenário estratégico 3 – Planos horizontais

A respeito dos planos horizontais das habitações, a terceira modificação sugerida, de aumento da proporção de lajes pré-fabricadas em detrimento das maciças e de concreto usinado no lugar do concreto dosado em obra, demonstrou uma redução total de 12,1 MtCO₂ no período analisando, 3% a menos em comparação ao cenário *business-as-usual*, como ilustra a Figura 4.8. No gráfico não constam as emissões dos demais materiais para possibilitar a avaliação individual desta estratégia.

Figura 4.8 - Estimativa de emissões de CO₂ para o **cenário estratégico 3** (Lajes pré-fabricadas x Lajes maciças; Concreto dosado em obra x Concreto usinado)

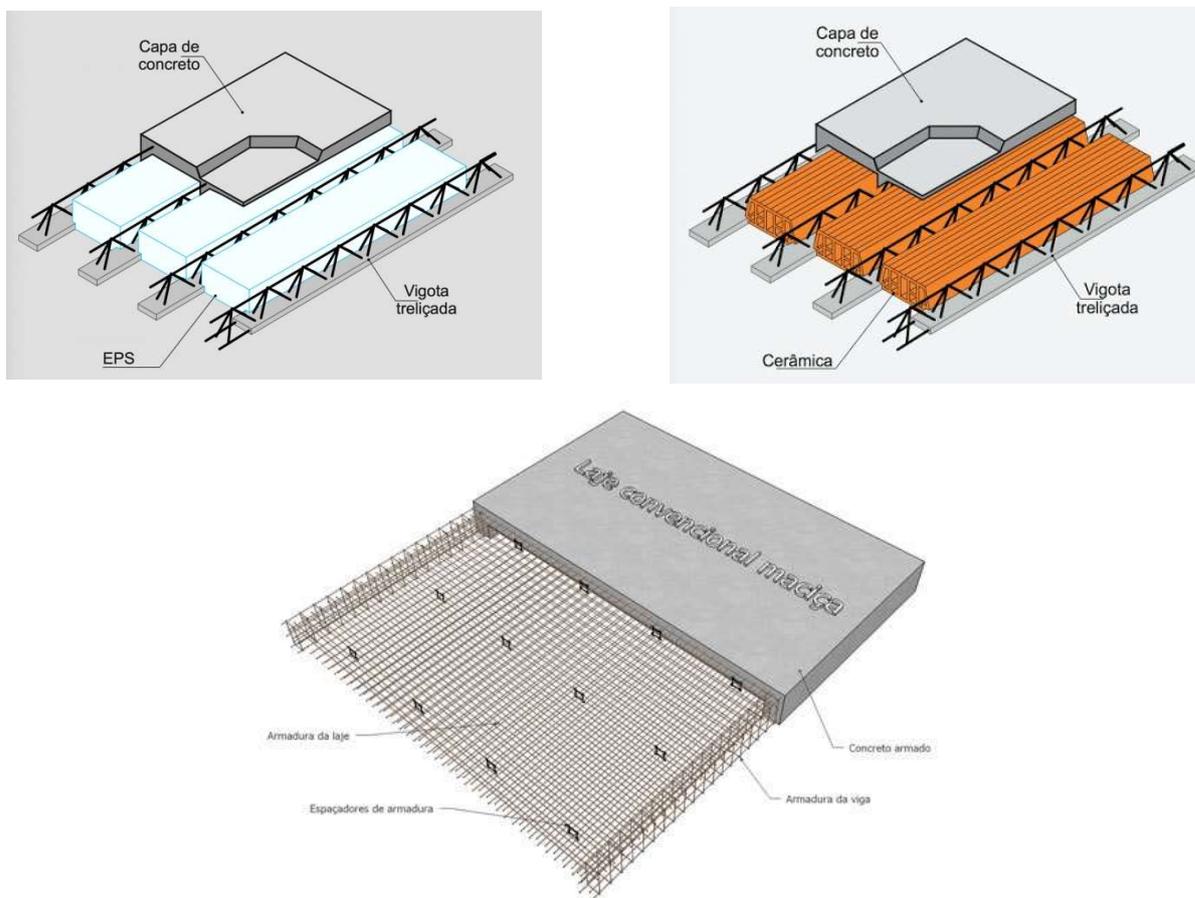


As lajes pré-fabricadas, formadas por vigotas pré-fabricadas de concreto estrutural, intercaladas por elementos de enchimento e capeadas por camada de concreto (SINAPI, 2018) favorecem a economia de fôrmas, tempo de execução e de materiais quando comparadas com as lajes maciças, uma vez que procuram eliminar o concreto abaixo da linha neutra, criando vazios e permitindo aumentar a altura da laje sem o aumento do consumo de concreto (DROPPA JÚNIOR, 1999; LIMA; LIMA; OLIVEIRA, 2020).

Já as lajes maciças contém armaduras longitudinais de flexão e, eventualmente, armaduras transversais e são compostas por concreto em toda sua espessura (BASTOS, 2015) por isso seu consumo é maior quando comparadas com as pré-fabricadas (ALMEIDA, 2019; NAPPI, 1993) e, conseqüentemente suas emissões de CO₂ também. O aumento da proporção de lajes pré-fabricadas reduziria anualmente em média 2,2 Mt de concreto consumido na construção habitacional e 0,4 MtCO₂ de emissões resultantes.

Não estão contabilizadas as emissões da cerâmica ou EPS que substituem o concreto nas lajes pré-fabricadas e a redução das formas de madeira para concretagem.

Figura 4.9 – Tipos de lajes mais comumente utilizadas no Brasil



Fonte: (LAJES JUNDIAÍ, 2021a, b; VASCONCELLOS, 2012)

Além do avanço das lajes pré-fabricadas, o crescimento anual ainda mais acentuado do concreto usinado no lugar do concreto dosado em obra - de 0,3% proposto por Reis et al. (2021) para 0,5% - a partir de 2022 ajudaria a reduzir ainda

mais as emissões de CO₂, que passariam de em média 9,8 MtCO₂ ao ano no cenário de referência para 8,3 MtCO₂. Isso porque o concreto industrializado, diferentemente do dosado em obra, não gera perdas de produção pois as centrais usualmente têm processos e instalações próprias de controle de geração de resíduos de areia e brita. Além disso, reduz a emissão de CO₂ proveniente da calcinação e combustão em aproximadamente 38 kg por metro cúbico, considerando que consome até 17% menos de cimento para a mesma resistência à compressão (fck) (REIS, 2018).

É importante destacar que, não apenas as alternativas de redução do consumo de materiais e emissões de CO₂ do setor habitacional brasileiro apresentadas neste estudo, mas também medidas tradicionais como mudança de combustíveis (DE SOUZA, Jhonathan Fernandes Torres; PACCA, 2019; TSILYANNIS, 2018) e redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras, enfrentariam desafios ao encarar as dimensões continentais do Brasil e suas diferenças regionais. Por isso, deve-se considerar que as ações apontadas não necessariamente poderiam ser replicadas em todas as regiões da mesma maneira (SNIC, 2019).

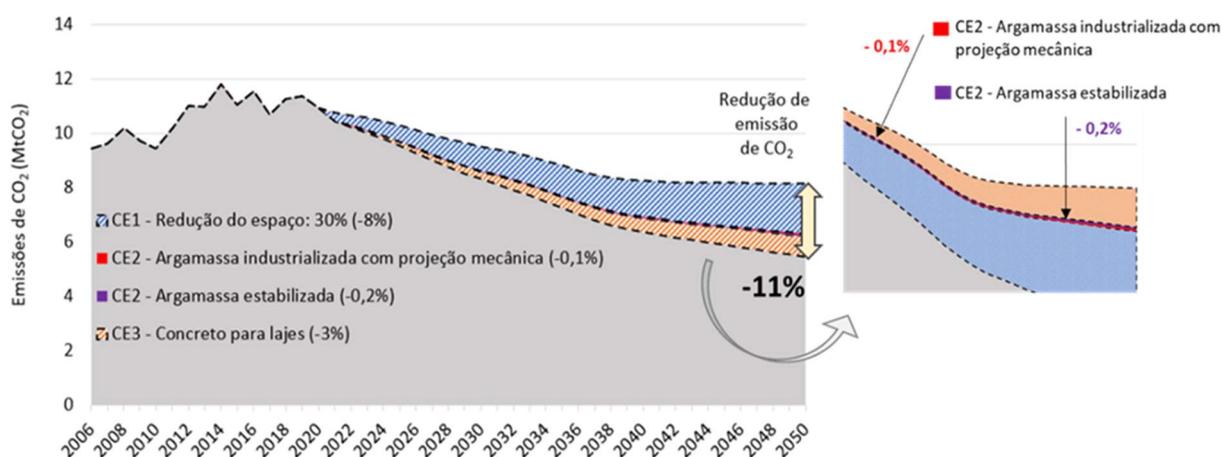
Na Tabela 4.7 abaixo é apresentado um resumo com os resultados dos cenários e o potencial de mitigação das estratégias propostas.

Tabela 4.7 – Resultados dos cenários de referência e estratégicos

Cenário	Consumo de material (Mt)		Emissões totais 2006-2050 (MtCO ₂)	Mitigação de CO ₂ 2022-2050 (MtCO ₂)	Mitigação de CO ₂ em relação ao BAU (%)
	Argamassa	Concreto			
Referência (BAU)	2.655	882	431	-	-
CE1 – Redução do espaço					
10%	2.598	863	421	9,3	2%
20%	2.523	839	409	21,4	5%
30%	2.448	815	397	33,6	8%
Máxima	2.148	712	347	83,4	19%
CE2 – Argamassa industrializada com projeção mecânica	2.651	882	430	487 ktCO ₂	0,1%
CE2 – Argamassa estabilizada	2.655	882	430	886 ktCO ₂	0,2%
CE3 – Concreto para lajes	2.655	821	419	12,1	3%
CE1 (30%) + CE2 + CE3	-	-	384	47	11%

Os resultados dos cenários são apresentados de forma independente, porém, as estratégias poderiam ser implementadas em conjunto para potencializar as ações de mitigação. A união dos cenários apresenta uma complexa análise de interação tecnológica, econômica, social e política e, portanto, não foi tratada nesta pesquisa. Porém, apenas com finalidade de explorar essa possibilidade e visualizar os máximos potenciais de mitigação das estratégias propostas, apresenta-se na Figura 4.10 a mitigação de CO₂ gerada pelas estratégias 1 (com redução da área em 30%), 2 e 3 em conjunto.

Figura 4.10 – Estimativas de redução das emissões totais de CO₂ dos três cenários estratégicos propostos



4.3 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

A redução da área média por unidade habitacional pode auxiliar no controle de emissões de CO₂ devido a redução do consumo de materiais. A meta de diminuição gradativa das áreas de unidades unifamiliares e multifamiliares em 10%, 20% ou 30% em 2050 limitaria as emissões totais acumuladas de dióxido de carbono em 2%, 5% e 8% entre 2022 e 2050. Isso porque a conforme o tamanho aumenta, maior é o consumo de recursos. Também, considerando a determinação do espaço mínimo habitável, a máxima redução do tamanho médio por unidade habitacional poderia reduzir em 19% as emissões totais no mesmo período. Porém, este é um teto máximo apontado e hipotético.

A necessidade em melhorar o processo convencional de produção de argamassa para revestimento, que gera perdas de materiais e baixos índices de produtividade, pode ser beneficiada pela efetivação do método de projeção mecânica nas construções. Além de exigir a utilização de argamassa industrializada, que por si só já contribui para a redução de emissões de CO₂, as menores taxas de perda de material proporcionadas pelo método contribuem ainda mais para otimizar o consumo de material e emissões. A implementação gradual da técnica a partir de 2022 nas construções residenciais poderia reduzir um total de 487 ktCO₂ até 2050, 0,1% a menos em comparação ao cenário de referência.

Atualmente, o sistema de projeção mecânica da argamassa de revestimento é utilizado por aproximadamente 13% das construtoras brasileiras, 12,4% aplicam para o revestimento externo e 14,2% para o revestimento interno (AECWEB, 2015). Limitações relacionadas a trabalhabilidade, viscosidade e aderência da argamassa (BAUER, 2005; ZANELATTO *et al.*, 2013), além de restrições devido a necessidade de altos níveis de pressão para transporte da argamassa até pavimentos superiores, gastos com a manutenção dos equipamentos e treinamento dos profissionais impedem um aumento significativo da implementação da técnica no mercado nacional (COSTA, 2005; GAMA JUNIOR, 2013; PARAVISI, 2008).

A utilização de incorporador de ar nas argamassas estabilizadas, ainda pouco explorada no Brasil - 1% do total de argamassa consumida (MACIOSKI *et al.*, 2013) - é capaz de reduzir o consumo de material mantendo o mesmo nível de serviço e permitindo a desmaterialização da construção. A dispensabilidade de cal hidratada na mistura contribui para a redução das emissões de CO₂ e, com incentivos para o uso

de argamassa estabilizada nas construções seria possível diminuir um total de 886 ktCO₂ entre 2022 e 2050, 0,2% a menos que no cenário *business-as-usual*, mediante acréscimo de 0,5% anualmente no mercado nacional.

O uso de concreto para execução de lajes nas habitações teria um potencial de redução total de 12,1 MtCO₂ entre 2022 e 2050, combinando a aceleração de substituição das lajes maciças por pré-fabricadas e de acréscimo anual de concreto usinado no lugar do concreto dosado em obra. Esse decréscimo representa 3% de emissões a menos que o cenário de referência. A junção das duas estratégias motivaria a redução do consumo de concreto, uma vez que as lajes pré-fabricadas consomem significativamente menos produto, e de perdas nos processos de produção do concreto, já que o concreto industrializado, diferentemente do dosado em obra, controla a geração de resíduos, principalmente de areia e brita.

Considera-se as estratégias propostas conservadoras e factíveis de implementação, uma vez que propõem o aumento do *market share* de tecnologias consolidadas no mercado. Ademais, outros ganhos advindos da redução de perdas e formas foram desconsiderados. Para que a mitigação de CO₂ pelas estratégias propostas seja possível é necessário incentivar e facilitar o acesso à informação sobre melhorias metodológicas e tecnológicas no setor construtivo por parte do governo, institutos de pesquisa e academia, além da aceitação por parte dos consumidores e profissionais. Ou ainda, promover programas de isenção ou redução de impostos para implementação de medidas auxiliares na redução de emissões, como os produtos provenientes da atividade industrial, e viabilizar a aquisição de equipamentos, tecnologias e treinamentos necessários para introdução de medidas mitigadoras nas construções.

Cabe ressaltar que além dos cenários propostos existem outras medidas para redução das emissões mais comumente discutidas, como mudança de combustíveis convencionais para alternativos não fósseis ou biomassa (DE SOUZA, Jhonathan Fernandes Torres; PACCA, 2019; TSILYANNIS, 2018), aumento do teor de filler em argamassa e concreto para aumentar a captura de CO₂ (REIS *et al.*, 2021; SNIC, 2019), diminuição do desperdício de materiais nos canteiros de obras, aumento da reciclagem (HABERT *et al.*, 2020; HERTWICH, EDGAR *et al.*, 2019), diferentes sistemas de envoltórias (AZEVEDO; GERALDI; GHISI, 2020), modificação da configuração espacial das habitações (BRANDÃO, 2002), além de modelos que propõem a densificação as cidades (AHMADIAN *et al.*, 2019), etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (CAPÍTULO 4)

- AECWEB. Argamassa projetada aumenta produtividade e qualidade do revestimento. 2015. **AECweb**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/argamassa-projetada-aumenta-produtividade-e-qualidade-do-revestimento/12147>. Acesso em: 18 maio 2021.
- AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L. de; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. de. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras: relatório final**. Epusp/PCC, 1998.
- AHMADIAN, E.; SODAGAR, B.; MILLS, G.; BYRD, H.; BINGHAM, C.; ZOLOTAS, A. Sustainable cities: The relationships between urban built forms and density indicators. **Cities**, v. 95, p. 102382, dez. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.06.013>.
- ALBUQUERQUE, H. R.; LIRA, J.; SPOSTO, R. M. Emissões de CO2 de sistemas de revestimento de argamassa: estudo de caso de aplicação de argamassa projetada comparativamente à aplicação convencional. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 4, p. 377–393, out. 2018. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000400311>.
- ALMEIDA, T. P. de. **Análise comparativa entre lajes bubbledeck e lajes lisas**. 2019. 61 f. Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10030776.pdf>.
- ANTONIAZZI, J. **O efeito dos aditivos incorporador de ar e estabilizador de hidratação nas propriedades das argamassas estabilizadas**. 2019. Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019.
- AZEVEDO, L. D. de; GERALDI, M. S.; GHISI, E. Avaliação do Ciclo de Vida de diferentes envoltórias para habitações de interesse social em Florianópolis. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 4, p. 123–141, dez. 2020. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000400463>.
- BASTOS, P. S. S. **Notas de aula – Estruturas de Concreto I: Flexão Normal Simples – Vigas**. Bauru, 2015.
- BAUER, E. Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades. **Brasília: LEM-UnB**, 2005.
- BESEGGIO, B. O. C. **Análise Comparativa entre Sistemas Construtivos de Laje Nervurada em Concreto Armado moldado no Local em Edifícios Comerciais**. 2020. Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2020.
- BOUERI FILHO, J. J. **Antropometria aplicada à arquitetura, urbanismo e desenho industrial**. Estação das Letras e Cores, 2008. v. 1, (Manual de estudo).

BRANDALISE, G. M.; WESSLING, L. I. **Estudo comparativo de custo entre laje maciça simples e laje de vigotas pré-fabricadas treliçadas em edifícios de até quatro pavimentos no município de Pato Branco, Paraná, Brasil**. 2015. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, 2015.

BRANDÃO, D. Q. **Diversidade e potencial de flexibilidade de arranjos espaciais de apartamentos: Uma análise do produto imobiliário no Brasil**. 2002. 443 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2002.

BRUNO, P. M. M.; BARBOSA, M. de V.; CALHADO, P. M.; RODRIGUES, M. V. Estudo de caso sobre a viabilidade econômica e análise de riscos do uso de lajes treliçadas e maciças na construção de casas populares. *In: VII SEPRONE, 2012. A Engenharia de Produção frente ao novo contexto de desenvolvimento sustentável do Nordeste: coadjuvante ou protagonista? [...]*. Mossoró-RN, 2012.

CAMARGO, É. N. **Desenho e uso do espaço habitável do apartamento metropolitano na virada do século 21: Um olhar sobre o tipo “dois-dormitórios” na cidade de São Paulo**. 2003. 220 f. Mestrado em Estruturas Ambientais Urbanas – Universidade de São Paulo (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2003.

CONGRESSO NACIONAL. **Avaliação de políticas públicas: Programa Minha Casa Minha Vida**. [S. l.]: Consultoria de Orçamentos, Fiscalização e Controle - SF e Consultoria de Orçamento e Fiscalização Financeira - CD, out. 2017. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/orcamento/documentos/estudos/tipos-de-estudos/notas-tecnicas-e-informativos/avaliacao-de-politicas-publicas-programa-minha-casa-minha-vida-feff>.

COSTA, F. N. **Processo de Execução de Revestimento de Fachada de Argamassa**. 2005. 180 f. Mestrado em Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CWGRP. World cement bag & bagging equipment industry & forecast. 2019. Disponível em: <https://www.cwgrp.com/bulkweek-reports/product/18-world-cement-bag-bagging-equipment-industry-forecast>. Acesso em: 22 maio 2021.

DE SOUZA, J. F. T.; PACCA, S. A. How far can low-carbon energy scenarios reach based on proven technologies? **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 24, n. 5, p. 687–705, jun. 2019. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9826-8>.

DEMERTINE, M. L. B. **Comparação entre lajes pré-fabricadas, treliçadas, maciças e painéis na construção civil**. 2013. 39 f. Trabalho de Estágio Curricular Supervisionado – Universidade do Planalto Catarinense, Lages, Santa Catarina, 2013.

DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT. **Technical housing standards – nationally described space standard**. Londres, Inglaterra, 2015. Disponível em:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/524531/160519_Nationally_Described_Space_Standard____Final_Web_version.pdf.

DROPPA JÚNIOR, A. **Análise estrutural de lajes formadas por elementos pré-moldados tipo vigota com armação treliçada**. 1999. 195 f. Mestrado em Engenharia de Estruturas – Universidade de São Paulo (Escola de Engenharia de São Carlos), São Carlos, 1999.

DUALIBE, R. P.; CAVANI, G. R.; OLIVEIRA, M. C. B. Influência do tipo de projeção da argamassa na resistência de aderência à tração e permeabilidade à água. *In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS E I INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MORTARS TECHNOLOGY*, 2005. Florianópolis, 2005. p. 508–517.

DUARTE, C. M. Inovação nas argamassas de construção para alvenaria. *In: SEMINÁRIO SOBRE PAREDES DE ALVENARIA*, 2007. Lisboa: Universidade do Minho, 2007. p. 11.

EFCA. **Environmental Product Declaration – Air entrainers**. [S. l.]: European Federation of Concrete Admixtures Associations Ltd. (EFCA), 2015a.

EFCA. **Environmental Product Declaration – Retarders**. [S. l.]: European Federation of Concrete Admixtures Associations Ltd. (EFCA), 2015b.

EVANGELISTA, P. P. A.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A.; GONÇALVES, J. P. Environmental performance analysis of residential buildings in Brazil using life cycle assessment (LCA). **Construction and Building Materials**, v. 169, p. 748–761, abr. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.045>.

FARIA, F.; MENDOZA, O.; TOLEDO FILHO, R. Redução potencial do impacto ambiental de argamassas através do uso de CCA e mudança do método produtivo. *In: XXII ENMC E X ECTM*, 8 out. 2019. **Anais do XXII ENMC – Encontro Nacional de Modelagem Computacional e X ECTM – Encontro de Ciências e Tecnologia de Materiais** [...]. Juiz de Fora-MG, 8 out. 2019.

FILHO, J. R. F.; SHIRAMIZU, A. K. H. Design, manufacture and construction of buildings with precast lattice-reinforced concrete slabs. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 4, n. 1, p. 123–146, mar. 2011. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952011000100007>.

FILHO, M. A. de O.; MELO, N. F. de; OLIVEIRA, F. D. de; SILVA, J. R. da. Utilização do sistema bubbledeck em edifícios. **Revista Mirante**, v. 10, n. 2, p. 201–2015, 2017.

FOLZ, R. R.; MARTUCCI, R. Habitação mínima: Discussão do padrão de área mínima aplicado em unidades habitacionais de interesse social. **Revista Tópos**, v. 1, n. 1, p. 23–40, 2007.

FREITAS JUNIOR, J. Estudo comparativo da carga de CO2 em edifício, analisado em concreto armado e alvenaria estrutural. *In: IBRACON*, 54., 2012. Alagoas, 2012. v. 54.

GAMA JUNIOR, A. C. de A. **Diretrizes com base em avaliação do ciclo de vida para redução de emissões de dióxido de carbono em revestimentos de argamassa**. 2013. 121 f. Mestrado em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/7347>. Acesso em: 6 maio 2021.

GEREK, I. H.; ERDIS, E.; MISTIKOGLU, G.; USMEN, M. A. Evaluation of plastering crew performance in building projects using data envelopment analysis. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 22, n. 6, p. 926–940, 1 nov. 2016. <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.909903>.

GIVISIEZ, G. H. N.; OLIVEIRA, E. L. de. **Demanda futura por moradias: Demografia, habitação e mercado**. 1. ed. Niterói, RJ: UFF, 2018 (Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação).

GNR. **GNR project: Reporting CO2**. Londres, Inglaterra: Global Cement and Concrete Association, 2018. Disponível em: <https://gccassociation.org/gnr/>.

GOVERNO FEDERAL. Número de unidades do Minha Casa Minha Vida entregues no período janeiro-maio - Pedido 80200000086201971. 25 jan. 2019. **Acesso à Informação**. Disponível em: <http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Item/displayifs.aspx?List=0c839f31-47d7-4485-ab65-ab0cee9cf8fe&ID=1269395&Source=http%3a%2f%2fwww.consultaesic.cgu.gov.br%2fbusca%2fSitePages%2fresultadopesquisa.aspx%3f%3dminha%2520casa%2520minha%2520vida%2520unidades%2520entregues%23k%3dminha%2520casa%2520minha%2520vida%2520unidades%2520entregues&Web=88cc5f44-8cfe-4964-8ff4-376b5ebb3bef>. Acesso em: 7 jun. 2021.

HABERT, G.; BOUZIDI, Y.; CHEN, C.; JULLIEN, A. Development of a depletion indicator for natural resources used in concrete. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 6, p. 364–376, abr. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.09.002>.

HABERT, G.; MILLER, S. A.; JOHN, V. M.; PROVIS, J. L.; FAVIER, A.; HORVATH, A.; SCRIVENER, K. L. Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 1, n. 11, p. 559–573, nov. 2020. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0093-3>.

HERTWICH, EDGAR; LIFSET, REID; PAULIUK, STEFAN; HEEREN, NIKO; ALI, SALEEM; TU, QINGSHI; ARDENTE, FULVIO; BERRILL, PETER; FISHMAN, TOMER; KANAOKA, KOICHI; KULCZYCKA, JOANNA; MAKOV, TAMAR; MASANET, ERIC; WOLFRAM, PAUL. **Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future**. Zenodo, 31 dez. 2019. DOI 10.5281/ZENODO.3542680. Disponível em: <https://zenodo.org/record/3542680>. Acesso em: 19 maio 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) - Domicílio, tipo (TPDOM)**. Banco Multidimensional de Estatísticas - Consultas Livres. Rio de Janeiro: Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015a. Disponível em: <https://www.bme.ibge.gov.br/app/adhoc/index.jsp>. Acesso em: 26 mar. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) - Parede, tipo**. Banco Multidimensional de Estatísticas - Consultas Livres. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015b. Disponível em: <https://www.bme.ibge.gov.br/app/adhoc/index.jsp>. Acesso em: 26 mar. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNADCA (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual) - Tabela 6820: Domicílios e Moradores, por tipo de domicílio**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6820>. Acesso em: 17 mar. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNADCA Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual) - Tabela 6822: Domicílios e Moradores, por material predominante nas paredes**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6824>. Acesso em: 26 mar. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNADCA Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual) - Tabela 6823: Domicílios e Moradores, por material predominante na cobertura (telhado)**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019c. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6823>. Acesso em: 26 mar. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNADCA Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual) - Tabela 6824: Domicílios e Moradores, por material predominante no piso**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019d. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6824>. Acesso em: 26 mar. 2020.

ICC. **2018 International Building Code**. 1. ed. Codebook Downloads, 2017.

IEA; UN. 2019 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector. *In*: GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION, 2019. International Energy Agency (IEA), 2019. p. 41.

JOHN, V. M.; PUNHAGUI, K. R. G.; CINCOTTO, M. A. **Economia de baixo carbono: Produção de cal**. Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: http://www.comexresponde.gov.br/portalmdic/arquivos/dwnl_1423738707.pdf.

KLEEMANN, F.; LEDERER, J.; RECHBERGER, H.; FELLNER, J. GIS-based Analysis of Vienna's Material Stock in Buildings. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 2, p. 368–380, 2017. <https://doi.org/10.1111/jiec.12446>.

KRAUSMANN, F.; LAUK, C.; HAAS, W.; WIEDENHOFER, D. From resource extraction to outflows of wastes and emissions: The socioeconomic metabolism of the global economy, 1900–2015. **Global Environmental Change**, v. 52, p. 131–140, set. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.07.003>.

LAJES JUNDIAÍ. Laje Treliçada Cerâmica. 2021a. **Lajes Jundiaí**. Disponível em: <http://www.lajesjundiai.com.br/produtos/laje-trelicada-ceramica>. Acesso em: 21 maio 2021.

LAJES JUNDIAÍ. Laje Treliçada Isopor. 2021b. **Lajes Jundiaí**. Disponível em: <http://www.lajesjundiai.com.br/produtos/laje-trelicada-isopor>. Acesso em: 21 maio 2021.

LIMA, N. B.; LIMA, N. B. D.; OLIVEIRA, R. A. Lajes Maciças Pré-moldadas e Maciças Com Painéis Treliçados Em Pavimentos de Edificações: Logística, Montagem e Custos. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 5, n. 4, p. 59–67, 11 ago. 2020. <https://doi.org/10.25286/rep.v5i4.958>.

MACIOSKI, G.; KUSZKOWSKI, H.; COSTA, M.; CASALI, J. **Avaliação de Propriedades no Estado Fresco e Endurecido de Argamassas Estabilizadas**. 2013.

MATOS, P. R. de. **Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto**. 2013. 74 f. Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2013.

MENDONÇA, R. N. **Apartamentos mínimos contemporâneos: Análises e reflexões para obtenção de sua qualidade**. 2015. 303 f. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (Mestrado) – Universidade Federal De Uberlândia, Uberlândia, 2015.

MILLER, S. A.; JOHN, V. M.; PACCA, S. A.; HORVATH, A. Carbon dioxide reduction potential in the global cement industry by 2050. **Cement and Concrete Research**, v. 114, p. 115–124, dez. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.08.026>.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Portaria nº 660 - Anexo II: Especificações mínimas das unidades habitacionais. Portal da Imprensa Nacional do Brasil. Diário Oficial da União. seq. 1, n. 220, p. 105, 14 nov. 2018. Disponível em: <http://www.in.gov.br/materia>. Acesso em: 19 maio 2020.

MLIT. **Living area level in the Basic Living Plan**. [S. l.]: Japan's Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 18 fev. 2011. Disponível em: <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000012t0i-att/2r98520000012t75.pdf>.

MONTES, M. A. T. **Abordagem integrada no ciclo de vida de habitação de interesse social considerando mudanças climáticas**. 2016. 474 f. Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/176656>.

MORAES, E. S. de; ROVARIS, C.; PUNHAGUI, K. R. G. Avaliação de impactos ambientais na produção de habitações no Brasil, com foco no uso da madeira -

primeiros resultados. *In*: XVI ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA E III CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA, 2018. **Anais eletrônicos do 16º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras & 3º Congresso Latino-americano de Estruturas de Madeira** [...]. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 2018. Disponível em: <http://soac.eesc.usp.br/index.php/ebramem/xviebramem>. Acesso em: 3 maio 2021.

NAPPI, S. C. B. **Análise comparativa entre lajes maciças, com vigotes pré-moldados e nervuradas**. 1993. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

NIENKOETTER, G.; JÚNIOR, R.; ROMAN, H.; MARCHIORI, F.; SOUZA, M. Impacto do tratamento acústico de lajes no custo das edificações residenciais multifamiliares do CUB. *In*: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 11 nov. 2014. **Avanços no desempenho das construções - pesquisa, inovação e capacitação profissional** [...]. Maceió, AL, 11 nov. 2014. p. 1215. <https://doi.org/10.17012/entac2014.270>.

PACCA, S. A.; SOUZA, J. F. T. de; OLIVEIRA, B. P. de; FERRER, J. T. V. **Estudo de baixo carbono para a indústria no estado de São Paulo de 2014 a 2030**. 1. ed. São Paulo: CETESB, 2018. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2018/09/SINTESE-PUBLICA%C3%87%C3%83O_online.pdf.

PACHECO. What is the minimum, legal size for a dwelling in Spain? | Part 1 |. 7 ago. 2016. **Pacheco & Asociados | Spanish Architects**. Disponível em: <http://www.spanisharchitect.info/2016/08/18/what-is-the-minimum-legal-size-for-a-dwelling-in-spain-part-1/>. Acesso em: 5 maio 2020.

PARAVISI, S. **Avaliação de sistemas de produção de revestimento de fachada com aplicação mecânica e manual de argamassa**. 2008. 181 f. Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PEDRO, J. A. C. B. de O. How small can a dwelling be? A revision of Portuguese building regulations. **Structural Survey**, v. 27, n. 5, p. 390–410, 6 nov. 2009. <https://doi.org/10.1108/02630800911002648>.

PUNHAGUI, K. R. G. **Potencial de reducción de las emisiones de CO2 y de la energía incorporada en la construcción de viviendas en Brasil mediante el incremento del uso de la madera**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura e Engenharia Civil) – Universidad Politécnica de Cataluña e Universidade de São Paulo, Barcelona, 2014.

REAL ESTATE JAPAN. How much living space does the average household have in Japan? 12 ago. 2017. **Real Estate Japan**. Disponível em: <https://resources.realestate.co.jp/living/how-much-living-space-does-the-average-household-have-in-japan/>. Acesso em: 13 fev. 2019.

REIS, D. C. **Metodologia para quantificar a pegada de materiais na cadeia produtiva da construção**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

REIS, D. C.; MACK-VERGARA, Y.; JOHN, V. M. Material flow analysis and material use efficiency of Brazil's mortar and concrete supply chain. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 6, p. 1396–1409, dez. 2019. <https://doi.org/10.1111/jiec.12929>.

REIS, D. C.; QUATTRONE, M.; SOUZA, J. F. T.; PUNHAGUI, K. R. G.; PACCA, S. A.; JOHN, V. M. Potential CO reduction and uptake due to industrialization and efficient cement use in Brazil by 2050. **Journal of Industrial Ecology**, v. 25, n. 2, p. 344–358, abr. 2021. <https://doi.org/10.1111/jiec.13130>.

RIBEIRO, D.; MORAIS, G. A. T. de; LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. Research on coating technology with wet-process sprayed mortar: waste and productivity. **Gestão & Produção**, v. 27, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2020000300208&nrm=iso.

SANDBERG, M. Downsizing of Housing: Negotiating Sufficiency and Spatial Norms. **Journal of Macromarketing**, v. 38, n. 2, p. 154–167, jun. 2018. <https://doi.org/10.1177/0276146717748355>.

SANTORO, J. F.; KRIPKA, M. Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias primas do concreto produzido na região norte do Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, v. 16, p. 35–49, 2016.

SCHMID, A. G. Argamassa estabilizada, uma importante ferramenta para melhorar a sustentabilidade na construção. *In*: 53º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 4 nov. 2011. **Seminário COPEL de Sustentabilidade da Cadeia Produtiva do Concreto** [...]. Florianópolis, 4 nov. 2011.

SCRIVENER, K. L.; JOHN, V. M.; GARTNER, E. M. Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO₂ cement-based materials industry. **Cement and Concrete Research**, Report of UNEP SBCI WORKING GROUP ON LOW-CO₂ ECO-EFFICIENT CEMENT-BASED MATERIALS. v. 114, p. 2–26, 1 dez. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>.

SERRAGLIO, L. Reboco projetado. 7 jun. 2013. **ESO**. [Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=1548>. Acesso em: 22 maio 2021.

SINAPI. **Concretagem para estruturas de concreto armado**. [S. l.]: Caixa Econômica Federal, 2015. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-aferidas-lote1-habitacao-fundacoes-estruturas/SINAPI_CT_LOTE1_CONCRETAGEM ESTRUTURA CONCRETO_ARM ADO_V001.pdf.

SINAPI. **Lajes pré-moldadas (pré-fabricadas)**. [S. l.]: Caixa Econômica Federal, 2018. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes->

aferidas-lote1-habitacao-fundacoes-
estruturas/SINAPI_CT_LOTE1_LAJES_PRE_MOLDADAS_v002.pdf.

SMU-CWB. **Relatório Mensal: Alvará de Construção**. Curitiba: Secretaria Municipal do Urbanismo, 2021. Disponível em: http://www5.curitiba.pr.gov.br/gtm/pmat_alvaraconstrucao/Default.aspx. Acesso em: 18 mar. 2021.

SMUL-SP. **Relatório dos processos aprovados**. Secretaria Municipal de Licenciamento, 2021. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/servicos/index.php?p=3334>. Acesso em: 18 mar. 2021.

SMU-RJ. **Licenças e habite-se concedidos por ano**. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Urbanismo, 2021. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smu/exibeconteudo?id=4257827>. Acesso em: 18 mar. 2021.

SNIC. **ROADMAP tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050**. Rio de Janeiro, 2019.

SOUZA, M. P. R. **Avaliação das emissões de CO₂ antrópico associadas ao processo de produção do concreto, durante a construção de um edifício comercial, na Região Metropolitana de São Paulo**. 2012. Dissertação de mestrado – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, 2012.

SPOSTO, R. M.; PAULSEN, J. S. Energia incorporada em habitações de interesse social na fase de pré-uso: o caso do programa Minha Casa Minha Vida no Brasil. **Oculum Ensaios**, v. 11, n. 1, p. 39, 15 abr. 2014. <https://doi.org/10.24220/2318-0919v11n1a2281>.

SUREG. **Relatório mensal de processos de licenciamento e regularização**. Belo Horizonte: SUREG - Subsecretaria de Regulação Urbana, 2021. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/regulacao-urbana/relatorios/edificacoes>. Acesso em: 18 mar. 2021.

TRAMONTANO, M. Apartamentos, arquitetura e mercado: estado das coisas. *In*: OFICINA VERTICALIZAÇÃO DAS CIDADES BRASILEIRAS, 2006. São Paulo, 2006. Disponível em: http://www.nomads.usp.br/documentos/livraria/A06-arq_aptos_mercado.pdf. Acesso em: 15 mar. 2020.

TSILYANNIS, C. A. Industrial Wastes and By-products as Alternative Fuels in Cement Plants: Evaluation of an Industrial Symbiosis Option. **Journal of Industrial Ecology**, v. 22, n. 5, p. 1170–1188, 2018. <https://doi.org/10.1111/jiec.12644>.

UN. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. **Sustainable Development Knowledge Platform**. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>. Acesso em: 19 maio 2020.

VASCONCELLOS, J. **LAJES MACIÇAS DE CONCRETO ARMADO**. 3 abr. 2012. **Catálogo Digital de Detalhamento da Construção**. Disponível em: <https://cddcarqfeevale.wordpress.com/2012/04/03/lajes-macicas-de-concreto-armado/>. Acesso em: 21 maio 2021.

VILLA, S. B. **Morar em apartamentos: A produção dos espaços privados e semi-privados nos edifícios ofertados pelo mercado imobiliário no século XXI em São Paulo e seus impactos na cidade de Ribeirão Preto. Critérios para Avaliação Pós-Ocupação**. 2008. 360 f. Doutorado em Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2008).

WEST, J.; SCHANDL, H. Material use and material efficiency in Latin America and the Caribbean. **Ecological Economics**, v. 94, p. 19–27, 1 out. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.06.015>.

WILSON, A.; BOEHLAND, J. Small is Beautiful U.S. House Size, Resource Use, and the Environment. **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, n. 1–2, p. 277–287, 8 fev. 2008. <https://doi.org/10.1162/1088198054084680>.

WORRELL, E.; FAAIJ, A. P. C.; PHYLIPSEN, G. J. M.; BLOK, K. An approach for analysing the potential for material efficiency improvement. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 13, n. 3, p. 215–232, 1 jun. 1995. [https://doi.org/10.1016/0921-3449\(94\)00050-F](https://doi.org/10.1016/0921-3449(94)00050-F).

ZANELATTO, K. C.; BARROS, M. M. S. B. de; MONTE, R.; SABBATINI, F. H. Avaliação da influência da técnica de execução no comportamento de revestimento de argamassa aplicado com projeção mecânica contínua. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 87–109, 26 jun. 2013.

5 CONCLUSÃO FINAL

Considerando os países estudados a tendência geral é de aumento da área média das unidades habitacionais. Muito embora sejam influenciadas por diversos fatores, em geral à medida que aumenta o poder econômico do país ou região a tendência das pessoas em construir habitações grandes é maior. O tamanho das unidades tende a diminuir antes e durante uma crise econômica, como consequência da perda do poder de compra dos consumidores. Depois o tamanho normalmente cresce devido ao rápido retorno dos investidores de imóveis de alto padrão ao mercado. Ao mesmo tempo, houve um aumento significativo na proporção de unidades multifamiliares na maioria dos países. A urbanização e a crescente demanda de moradia nas cidades são as principais razões para o direcionamento à verticalização.

No Brasil a tendência é oposta. De modo geral a área média das habitações vem diminuindo, independentemente da classe social a que se destinam. Isso se deve, principalmente, à tentativa de viabilizar os preços das habitações diante da valorização da terra, somado ao crescente número de imóveis de interesse social de tamanho reduzido ofertados. Além disso, também houve um aumento no número de unidades multifamiliares, que normalmente possuem áreas menores quando comparadas às unifamiliares.

A quantificação do espaço habitacional depende principalmente do contexto socioeconômico e cultural, da configuração das famílias e do nível de satisfação pretendido. À medida que o seu tamanho aumenta, há uma maior demanda de energia do ciclo de vida, não somente pelo acréscimo de energia operacional, como pela energia incorporada resultante do maior consumo de materiais, o que eleva as emissões de dióxido de carbono. Por isso a importância em serem consideradas as dimensões das habitações nas estratégias de mitigação de impactos ambientais, além das variações tecnológicas, melhorias de desempenho no uso de materiais e eficiência energética.

Considerando estratégias de redução da área média por unidade habitacional nos próximos 28 anos no Brasil, há um potencial significativo de controle das emissões de CO₂, devido ao menor consumo de materiais ao serem aplicados decréscimos hipotéticos e gradativos futuros. O planejamento urbano integrado, que poderia conduzir a cidades mais compactas e, portanto, com maior verticalização, seria uma

direção plausível no sentido de reduzir significativamente o tamanho médio das unidades. Igualmente, embora significativamente menos impactante, o emprego de avanços tecnológicos na construção precisa ter uma aceleração, que também dependeria de um planejamento objetivo e de longo prazo.

Ademais, apesar das restrições na implementação no mercado nacional, incentivos metodológicos relacionados aos revestimentos argamassados executados na construção de habitações brasileiras, como a aplicação de sistema de projeção mecânica para revestimentos argamassados que oferece menores taxas de perda de material e o uso de argamassa estabilizada que dispensa a cal hidratada, contribuiriam para mitigar as emissões geradas pelo emprego do material nas obras, mediante aumento da eficiência do uso de recursos. Igualmente, o concreto empregado na execução de lajes proporcionaria estratégias adicionais de redução de emissões a serem exploradas. Cita-se a aceleração da participação de concreto usinado no *market share* nacional em detrimento do concreto dosado em obra, proporcionando desmaterialização das construções, bem como das lajes pré-fabricadas no lugar das maciças, oferecendo menor consumo de concreto.

Por fim, para possibilitar a mitigação de CO₂ mediante estratégias que buscam o desenvolvimento sustentável, são necessários incentivos ao acesso à informação sobre melhorias metodológicas e tecnológicas do setor construtivo por parte de políticas públicas, institutos de pesquisa e academia, além da receptividade por parte dos consumidores e profissionais. Também, o estímulo a programas de isenção ou redução de impostos para medidas auxiliares na redução de emissões, como os produtos industrializados, e viabilização de aquisição de equipamentos, tecnologias e treinamentos necessários para introdução de medidas mitigadoras nas construções.

APÊNDICES

Apêndice A – Capítulo 3

São Paulo e Curitiba

$$A_m = \frac{\sum_1^n \left(\frac{A_1}{u_1}\right) + \dots + \left(\frac{A_n}{u_n}\right)}{n} \quad u_m = \sum_1^n u_1 + \dots + u_n$$

$$A_u = \frac{\sum_1^n \left(\frac{A_1}{u_1}\right) + \dots + \left(\frac{A_n}{u_n}\right)}{n} \quad u_u = \sum_1^n u_1 + \dots + u_n$$

$$A_{is} = \frac{\sum_1^n \left(\frac{A_1}{u_1}\right) + \dots + \left(\frac{A_n}{u_n}\right)}{n} \quad u_{is} = \sum_1^n u_1 + \dots + u_n$$

$$A_{ano} = \frac{(A_m \times u_m) + (A_u \times u_u) + (A_{is} \times u_{is})}{(u_m + u_u + u_{is})}$$

A_m : área média por unidade habitacional (m²) das unidades multifamiliares.

u_m : unidades totais de habitações multifamiliares.

A_u : área média por unidade habitacional (m²) das unidades unifamiliares.

u_u : unidades totais de habitações unifamiliares.

A_{is} : área média por unidade habitacional (m²) das unidades de interesse social.

u_{is} : unidades totais de habitações de interesse social.

A_{ano} : área média por unidade habitacional (m²) total daquele ano.

n : cada licença de construção ou habite-se.

Rio de Janeiro

$$A_u = \frac{\text{Área total}_m}{u_u}$$

$$A_u = \frac{\text{Área total}_u}{u_u}$$

$$A_{ano} = \frac{(A_m \times u_m) + (A_u \times u_u)}{(u_m + u_u)}$$

A_m : área média por unidade habitacional (m²) das unidades multifamiliares.

u_m : unidades totais de habitações multifamiliares.

A_u : área média por unidade habitacional (m²) das unidades unifamiliares.

u_u : unidades totais de habitações unifamiliares.

A_{ano} : área média por unidade habitacional (m²) total daquele ano.

Belo Horizonte

$$A_m = \frac{\sum_1^n \left(\frac{A_1}{u_1}\right) + \dots + \left(\frac{A_n}{u_n}\right)}{n} \quad u_m = \sum_1^n u_1 + \dots + u_n$$

$$A_u = \frac{\sum_1^n \left(\frac{A_1}{u_1}\right) + \dots + \left(\frac{A_n}{u_n}\right)}{n} \quad u_u = \sum_1^n u_1 + \dots + u_n$$

$$A_{ano} = \frac{(A_m \times u_m) + (A_u \times u_u)}{(u_m + u_u)}$$

A_m : área média por unidade habitacional (m²) das unidades multifamiliares.

u_m : unidades totais de habitações multifamiliares.

A_u : área média por unidade habitacional (m²) das unidades unifamiliares.

u_u : unidades totais de habitações unifamiliares.

A_{ano} : área média por unidade habitacional (m²) total daquele ano.

n: cada licença de construção ou habite-se.

Relação dos resultados dos documentos de licença para construção

Curitiba								
Ano	Unifamiliar		Multifamiliar		Habitação de interesse social		Total	
	Habitação unifamiliar, Habitação unifamiliar em série e conjunto habitacional de residências isoladas		Conjunto habitacional de edifícios de apartamentos		Casa popular, moradia popular			
	Área média m ²	Unidades	Área média m ²	Unidades	Área média m ²	Unidades	Área média m ²	Unidades
2006	135	2370	104	118	56	127	129	2615
2007	134	3314	141	1374	42	370	129	5058
2008	133	3576	104	2476	46	238	118	6290
2009	134	4315	108	2829	58	136	122	7280
2010	127	4462	115	3841	56	120	120	8423
2011	135	4492	104	7009	55	185	115	11686
2012	145	5738	108	8791	54	89	122	14618
2013	137	5924	104	13750	53	103	113	19777
2014	138	5235	110	9934	54	84	119	15253
2015	133	5849	111	4394	60	33	123	10276
2016	133	4125	106	5230	61	27	118	9382
2017	129	4117	104	4025	62	19	116	8161
2018	128	6871	98	4111	59	14	116	10996
2019	136	3940	107	3526	60	13	122	7479
2020	133	3086	73	916	33	438	111	4440

Fonte: Autora (2021) com base em (SMU-CWB, 2021)

Belo Horizonte						
Ano	Unifamiliar		Multifamiliar		Total	
	Unidade = 1		Unidades > 1			
	Área média m ²	Unidades	Área média m ²	Unidades	Área média m ²	Unidades
2014	221	223	96	7238	100	7461
2015	222	374	92	18049	95	18423
2016	225	319	95	10662	99	10981
2017	226	272	94	19982	96	20254
2018	216	118	88	7136	91	7254
2019	225	191	94	6969	98	7160
2020	222	185	98	5155	103	5340

Fonte: Autora (2021) com base em (SUREG, 2021)

Rio de Janeiro						
Ano	Unifamiliar		Multifamiliar		Total	
	Unifamiliar		Bifamiliar e multifamiliar		Área média m ²	Unidades
	Área média m ²	Unidades	Área média m ²	Unidades		
2006	167	957	125	8237	129	9194
2007	165	970	136	8273	139	9243
2008	194	1096	126	13127	131	14223
2009	157	540	137	5441	139	5981
2010	184	549	121	7401	126	7950
2011	193	868	97	20381	101	21249
2012	224	799	91	21273	96	22072
2013	238	766	90	19212	95	19978
2014	230	653	85	20298	90	20951
2015	-	-	-	-	90	22865
2016	-	-	-	-	96	27141
2017	-	-	-	-	88	17538
2018	-	-	-	-	90	8537
2019	-	-	-	-	76	15942
2020	-	-	-	-	76	1833

Fonte: Autora (2021) com base em (SMU-RJ, 2021)

São Paulo								
Ano	Unifamiliar		Multifamiliar		Habitação de interesse social		Total	
	R1 ¹ , R2h-1 ²		R2h-2 ³ , R2v ⁴		EHIS ⁵ , EHMP ⁶		Prédio residencial ⁷	
	Área média m ²	Unidades	Área média m ²	Unidades	Área média m ²	Unidades	Área média m ²	Unidades
2006	-	-	-	-	60	3483	155	16420
2007	-	-	-	-	61	3674	147	17216
2008	-	-	-	-	64	4229	145	20957
2009	-	-	-	-	68	3783	131	21236
2010	-	-	-	-	75	3495	122	32100
2011	135	60	127	45814	60	9942	116	55816
2012	120	65	121	43731	68	20487	104	64283
2013	136	82	120	37628	66	9580	109	47290
2014	134	290	112	63170	71	14524	105	77984
2015	110	243	120	36088	72	15101	106	51432
2016	120	118	124	30363	70	22987	101	53468
2017	104	71	125	22195	63	46175	83	68441
2018	116	197	132	14859	60	56964	75	72020
2019	142	195	129	21110	58	70552	74	91857
2020	132	22	125	11426	58	60713	69	72161

¹Uma unidade habitacional por lote.

²Casas geminadas: conjunto de unidades habitacionais agrupadas horizontalmente, todas com frente e acesso independente para a via oficial de circulação.

³Casas superpostas: duas unidades habitacionais agrupadas verticalmente no mesmo lote, com frente e acesso independente para via oficial de circulação, podendo o conjunto ser agrupado horizontalmente.

⁴Edifício residencial.

⁵Empreendimento de Habitação de Interesse Social: corresponde a uma edificação ou um conjunto de edificações, destinado total ou parcialmente à Habitação de Interesse Social e usos complementares, conforme disposto na legislação específica.

⁶Empreendimento de Habitação de Mercado Popular: corresponde a uma edificação ou um conjunto de edificações, destinados a HMP, HIS 2 e usos complementares, conforme disposto na legislação específica.

⁷De 2006 a 2010 as licenças foram classificadas apenas em habitação de interesse social e prédio residencial pela Secretaria de Licenciamento de São Paulo.

Fonte: Autora (2021) com base em (SMUL-SP, 2021)

Unifamiliar										
Ano	Curitiba		Belo Horizonte		Rio de Janeiro		São Paulo		Total	
	Área média m ²	Unidades								
2006	135	2370	-	-	167	957	-	-	144	3327
2007	134	3314	-	-	165	970	-	-	141	4284
2008	133	3576	-	-	194	1096	-	-	147	4672
2009	134	4315	-	-	157	540	-	-	136	4855
2010	127	4462	-	-	184	549	-	-	133	5011
2011	135	4492	-	-	193	868	135	60	144	5420
2012	145	5738	-	-	224	799	120	65	154	6602
2013	137	5924	-	-	238	766	136	82	149	6772
2014	138	5235	221	223	230	653	134	290	150	6401
2015	133	5849	222	374	-	-	110	243	137	6466
2016	133	4125	225	319	-	-	120	118	139	4562
2017	129	4117	226	272	-	-	104	71	134	4460
2018	128	6871	216	118	-	-	116	197	129	7186
2019	136	3940	225	191	-	-	142	195	140	4326
2020	133	3086	222	185	-	-	132	22	138	3293

Multifamiliar										
Ano	Curitiba		Belo Horizonte		Rio de Janeiro		São Paulo		Total	
	Área média m ²	Unidades								
2006	104	118	-	-	125	8237	-	-	125	8355
2007	141	1374	-	-	136	8273	-	-	136	9647
2008	104	2476	-	-	126	13127	-	-	122	15603
2009	108	2829	-	-	137	5441	-	-	127	8270
2010	115	3841	-	-	121	7401	-	-	119	11242
2011	104	7009	-	-	97	20381	127	45814	117	73204
2012	108	8791	-	-	91	21273	121	43731	111	73795
2013	104	13750	-	-	90	19212	120	37628	108	70590
2014	110	9934	96	7238	85	20298	112	63170	106	100640
2015	111	4394	92	18049	-	-	120	36088	111	58531
2016	106	5230	95	10662	-	-	124	30363	116	46255
2017	104	4025	94	19982	-	-	125	22195	110	46202
2018	98	4111	88	7136	-	-	132	14859	115	26106
2019	107	3526	94	6969	-	-	129	21110	119	31605
2020	73	916	98	5155	-	-	125	11426	114	17497

Habitação de interesse social						
Ano	Curitiba		São Paulo		Total	
	Área média	Unidades	Área média	Unidades	Área média	Unidades
	m ²		m ²		m ²	
2006	56	127	60	3483	59	3610
2007	42	370	61	3674	59	4044
2008	46	238	64	4229	63	4467
2009	58	136	68	3783	67	3919
2010	56	120	75	3495	74	3615
2011	55	185	60	9942	60	10127
2012	54	89	68	20487	68	20576
2013	53	103	66	9580	66	9683
2014	54	84	71	14524	71	14608
2015	60	33	72	15101	72	15134
2016	61	27	70	22987	70	23014
2017	62	19	63	46175	63	46194
2018	59	14	60	56964	60	56978
2019	60	13	58	70552	58	70565
2020	33	438	58	60713	58	61151

Média										
Ano	Curitiba		Belo Horizonte		Rio de Janeiro		São Paulo		Total	
	Área	Unidades								
	m ²		m ²		m ²		m ²		m ²	
2006	129	2615	-	-	129	9194	155	16420	144	28229
2007	129	5058	-	-	139	9243	147	17216	142	31517
2008	118	6290	-	-	131	14223	145	20957	136	41470
2009	122	7280	-	-	139	5981	131	21236	131	34497
2010	120	8423	-	-	126	7950	122	32100	122	48473
2011	115	11686	-	-	101	21249	116	55816	112	88751
2012	122	14618	-	-	96	22072	104	64283	105	100973
2013	113	19777	-	-	95	19978	109	47290	107	87045
2014	119	15253	100	7461	90	20951	105	77984	104	121649
2015	123	10276	95	18423	90	22865	106	51432	102	102996
2016	118	9382	99	10981	96	27141	101	53468	101	100972
2017	116	8161	96	20254	88	17538	83	68441	89	114394
2018	116	10996	91	7254	90	8537	75	72020	82	98807
2019	122	7479	98	7160	76	15942	74	91857	79	122438
2020	111	4440	103	5340	76	1833	69	72161	73	83774

Apêndice B – Capítulo 4

Cenário de referência – *Business-as-usual*

Ano	Estoque de habitações	Ano	Estoque de habitações
	Milhões unidades		Milhões unidades
2006	55	2029	80
2007	56	2030	81
2008	58	2031	82
2009	59	2032	83
2010	57	2033	83
2011	62	2034	84
2012	64	2035	85
2013	65	2036	85
2014	67	2037	85
2015	68	2038	86
2016	69	2039	86
2017	70	2040	87
2018	71	2041	87
2019	72	2042	87
2020	71	2043	88
2021	72	2044	88
2022	73	2045	89
2023	75	2046	89
2024	76	2047	89
2025	77	2048	90
2026	78	2049	90
2027	79		
2028	80	2050	91

Fonte: Autora (2021) com base em (GIVISIEZ; OLIVEIRA, 2018; IBGE, 2015c, 2019b)

Unidades em alvenaria

Ano	Unidades em alvenaria															
						Casas				Apartamentos				Habitação de interesse social		
	Participação	Estoque	Varição de estoque	Demolição (VU 50 anos)	Construção	Participação	Construção	Área média por unidade habitacional	Área total construída	Participação	Construção	Área média por unidade habitacional	Área total construída	Construção	Área média por unidade habitacional	Área total construída
%	Milhões unidades	Milhões unidades	Milhões unidades	Milhões unidades	%	Milhões unidades	m²	Milhões m²	%	Milhões unidades	m²	Milhões m²	Milhões unidades	m²	Milhões m²	
2006	90%	49	1,6	-1,0	3	89%	2,3	144	331	11%	0,3	125	35	-	59	-
2007	90%	51	1,7	-1,0	3	89%	2,4	141	342	11%	0,3	136	40	-	59	-
2008	91%	53	2,0	-1,1	3	89%	2,7	147	396	11%	0,3	122	39	-	63	-
2009	91%	54	1,3	-1,1	2	89%	2,1	136	286	10%	0,2	127	31	0,1	67	5
2010	91%	55	0,9	-1,1	2	89%	1,8	133	240	11%	0,2	119	26	0,3	74	21
2011	92%	57	2,1	-1,1	3	89%	2,9	144	415	11%	0,4	117	41	0,3	60	18
2012	93%	59	2,0	-1,2	3	88%	2,8	154	435	11%	0,4	111	41	0,4	68	27
2013	93%	60	1,3	-1,2	3	88%	2,3	149	335	11%	0,3	108	32	0,5	66	32
2014	93%	63	2,0	-1,3	3	88%	2,9	150	434	12%	0,4	106	40	0,6	71	41
2015	94%	64	1,1	-1,3	2	88%	2,1	137	288	11%	0,3	111	30	0,4	72	28
2016	95%	66	1,9	-1,3	3	86%	2,8	139	383	14%	0,4	116	51	0,7	70	51
2017	95%	66	0,6	-1,3	2	87%	1,7	134	222	13%	0,3	110	28	0,4	63	28
2018	95%	67	1,4	-1,3	3	86%	2,3	129	301	14%	0,4	115	43	0,4	60	24
2019	95%	69	1,4	-1,4	3	86%	2,4	140	331	14%	0,4	119	47	0,4	58	23
2020	95%	68	1,3	-1,4	3	86%	2,3	138	312	14%	0,4	114	43	0,4	58	23
2021	95%	69	1,2	-1,4	3	85%	2,2	141	307	15%	0,4	120	45	0,4	62	25
2022	95%	70	1,1	-1,4	3	85%	2,2	141	304	15%	0,4	119	46	0,4	61	25
2023	95%	71	1,1	-1,4	3	84%	2,1	141	300	16%	0,4	118	46	0,4	61	25
2024	95%	72	1,1	-1,4	2	84%	2,1	141	295	16%	0,4	117	47	0,4	61	25
2025	95%	73	1,0	-1,5	2	84%	2,1	140	289	16%	0,4	116	47	0,4	61	25
2026	95%	74	0,9	-1,5	2	83%	2,0	140	283	17%	0,4	115	47	0,4	61	25
2027	95%	75	0,9	-1,5	2	83%	2,0	140	277	17%	0,4	113	47	0,4	61	25
2028	95%	76	0,8	-1,5	2	82%	1,9	140	271	18%	0,4	112	47	0,4	61	25
2029	95%	77	0,8	-1,5	2	82%	1,9	140	266	18%	0,4	111	47	0,4	60	24
2030	95%	77	0,7	-1,5	2	82%	1,9	140	261	19%	0,4	110	47	0,4	60	24
2031	95%	78	0,7	-1,6	2	81%	1,8	140	257	19%	0,4	109	47	0,4	60	24
2032	95%	79	0,7	-1,6	2	81%	1,8	140	253	19%	0,4	108	47	0,4	60	24
2033	95%	79	0,6	-1,6	2	80%	1,8	140	248	20%	0,4	107	47	0,4	60	24
2034	95%	80	0,6	-1,6	2	80%	1,7	139	242	20%	0,4	106	47	0,4	60	24
2035	95%	80	0,5	-1,6	2	79%	1,7	139	237	21%	0,4	105	46	0,4	60	24
2036	95%	81	0,5	-1,6	2	79%	1,7	139	230	21%	0,4	103	46	0,4	60	24
2037	95%	81	0,4	-1,6	2	78%	1,6	139	225	22%	0,4	102	46	0,4	59	24
2038	95%	82	0,4	-1,6	2	78%	1,6	139	221	22%	0,5	101	46	0,4	59	24
2039	95%	82	0,4	-1,6	2	77%	1,6	139	218	23%	0,5	100	46	0,4	59	24
2040	95%	82	0,4	-1,6	2	77%	1,6	139	217	23%	0,5	99	46	0,4	59	24
2041	95%	83	0,4	-1,7	2	77%	1,6	139	215	23%	0,5	98	47	0,4	59	24
2042	95%	83	0,4	-1,7	2	76%	1,5	139	214	24%	0,5	97	47	0,4	59	24

2043	95%	84	0,4	-1,7	2	76%	1,5	138	213	24%	0,5	96	47	0,4	59	24
2044	95%	84	0,4	-1,7	2	75%	1,5	138	212	25%	0,5	95	48	0,4	59	24
2045	95%	84	0,4	-1,7	2	75%	1,5	138	211	25%	0,5	93	48	0,4	58	24
2046	95%	85	0,4	-1,7	2	74%	1,5	138	211	26%	0,5	92	49	0,4	58	24
2047	95%	85	0,4	-1,7	2	74%	1,5	138	210	26%	0,5	91	49	0,4	58	24
2048	95%	85	0,4	-1,7	2	73%	1,5	138	209	27%	0,6	90	50	0,4	58	23
2049	95%	86	0,4	-1,7	2	73%	1,5	138	209	27%	0,6	89	50	0,4	58	23
2050	95%	86	0,4	-1,7	2	72%	1,5	138	208	28%	0,6	88	51	0,4	58	23

Fonte: Autora (2021) com base em (CONGRESSO NACIONAL, 2017; GIVISIEZ; OLIVEIRA, 2018; GOVERNO FEDERAL, 2019; IBGE, 2015c, e, 2019b, c, d, e; SMU-CWB, 2021; SMUL-SP, 2021; SMU-RJ, 2021; SUREG, 2021)

Unidades com laje de concreto

Ano	Unidades com laje de concreto																
	Participação	Estoque	Variação de estoque	Demolição (VU 50 anos)	Construção	Casas				Apartamentos				Habitação de interesse social			
						Participação	Construção	Área média por unidade habitacional	Área total construída	Participação	Construção	Área média por unidade habitacional	Área total construída	Construção	Área média por unidade habitacional	Área total construída	
%	Milhões unidades	Milhões unidades	Milhões unidades	Milhões unidades	%	Milhões unidades	m ²	Milhões m ²	%	Milhões unidades	m ²	Milhões m ²	Milhões unidades	m ²	Milhões m ²		
2006	46%	25	0,6	-0,5	1,1	89%	1,0	144	144	11%	0,1	125	15	-	59	-	
2007	46%	26	0,7	-0,5	1,2	89%	1,1	141	156	11%	0,1	136	18	-	59	-	
2008	46%	27	0,8	-0,5	1,4	89%	1,2	147	180	11%	0,1	122	18	-	63	-	
2009	46%	27	0,5	-0,5	1,0	89%	0,9	136	125	10%	0,1	127	14	0,1	67	5	
2010	46%	28	0,7	-0,6	1,2	89%	1,1	133	143	11%	0,1	119	15	0,1	74	21	
2011	46%	28	0,7	-0,6	1,2	89%	1,1	144	156	11%	0,1	117	15	0,1	60	18	
2012	46%	29	0,8	-0,6	1,3	88%	1,2	154	182	11%	0,2	111	17	0,2	68	27	
2013	46%	30	0,6	-0,6	1,2	88%	1,1	149	160	11%	0,1	108	15	0,1	66	32	
2014	46%	31	0,9	-0,6	1,5	88%	1,3	150	196	12%	0,2	106	18	0,2	71	41	
2015	46%	31	0,5	-0,6	1,1	88%	1,0	137	131	11%	0,1	111	14	0,1	72	28	
2016	46%	32	0,5	-0,6	1,2	86%	1,0	139	140	14%	0,2	116	19	0,2	70	51	
2017	46%	32	0,5	-0,6	1,2	87%	1,0	134	136	13%	0,2	110	17	0,2	63	28	
2018	47%	34	1,5	-0,7	2,2	86%	1,9	129	240	14%	0,3	115	34	0,3	60	24	
2019	48%	34	0,8	-0,7	1,5	86%	1,3	140	178	14%	0,2	119	25	0,2	58	23	
2020	48%	34	-0,6	-0,7	0,0	86%	0,0	138	4	14%	0,0	114	1	0,0	58	23	
2021	48%	34	0,6	-0,7	1,3	85%	1,1	141	154	15%	0,2	120	23	0,2	62	25	
2022	48%	35	0,6	-0,7	1,3	85%	1,1	141	152	15%	0,2	119	23	0,2	61	25	
2023	48%	36	0,6	-0,7	1,3	84%	1,1	141	150	16%	0,2	118	23	0,2	61	25	
2024	48%	36	0,5	-0,7	1,2	84%	1,0	141	148	16%	0,2	117	23	0,2	61	25	
2025	48%	37	0,5	-0,7	1,2	84%	1,0	140	145	16%	0,2	116	23	0,2	61	25	
2026	48%	37	0,5	-0,7	1,2	83%	1,0	140	142	17%	0,2	115	23	0,2	61	25	
2027	48%	37	0,4	-0,7	1,2	83%	1,0	140	139	17%	0,2	113	23	0,2	61	25	
2028	48%	38	0,4	-0,8	1,2	82%	1,0	140	136	18%	0,2	112	23	0,2	61	25	
2029	48%	38	0,4	-0,8	1,2	82%	1,0	140	133	18%	0,2	111	23	0,2	60	24	
2030	48%	39	0,4	-0,8	1,1	82%	0,9	140	131	19%	0,2	110	23	0,2	60	24	
2031	48%	39	0,4	-0,8	1,1	81%	0,9	140	129	19%	0,2	109	23	0,2	60	24	
2032	48%	39	0,3	-0,8	1,1	81%	0,9	140	126	19%	0,2	108	23	0,2	60	24	
2033	48%	40	0,3	-0,8	1,1	80%	0,9	140	124	20%	0,2	107	23	0,2	60	24	
2034	48%	40	0,3	-0,8	1,1	80%	0,9	139	121	20%	0,2	106	23	0,2	60	24	
2035	48%	40	0,3	-0,8	1,1	79%	0,8	139	118	21%	0,2	105	23	0,2	60	24	
2036	48%	40	0,2	-0,8	1,0	79%	0,8	139	115	21%	0,2	103	23	0,2	60	24	
2037	48%	41	0,2	-0,8	1,0	78%	0,8	139	113	22%	0,2	102	23	0,2	59	24	
2038	48%	41	0,2	-0,8	1,0	78%	0,8	139	111	22%	0,2	101	23	0,2	59	24	
2039	48%	41	0,2	-0,8	1,0	77%	0,8	139	109	23%	0,2	100	23	0,2	59	24	
2040	48%	41	0,2	-0,8	1,0	77%	0,8	139	108	23%	0,2	99	23	0,2	59	24	
2041	48%	41	0,2	-0,8	1,0	77%	0,8	139	108	23%	0,2	98	23	0,2	59	24	
2042	48%	42	0,2	-0,8	1,0	76%	0,8	139	107	24%	0,2	97	23	0,2	59	24	

2043	48%	42	0,2	-0,8	1,0	76%	0,8	138	107	24%	0,2	96	24	0,2	59	24
2044	48%	42	0,2	-0,8	1,0	75%	0,8	138	106	25%	0,3	95	24	0,3	59	24
2045	48%	42	0,2	-0,8	1,0	75%	0,8	138	106	25%	0,3	93	24	0,3	58	24
2046	48%	42	0,2	-0,8	1,0	74%	0,8	138	105	26%	0,3	92	24	0,3	58	24
2047	48%	43	0,2	-0,9	1,0	74%	0,8	138	105	26%	0,3	91	25	0,3	58	24
2048	48%	43	0,2	-0,9	1,0	73%	0,8	138	105	27%	0,3	90	25	0,3	58	23
2049	48%	43	0,2	-0,9	1,0	73%	0,8	138	104	27%	0,3	89	25	0,3	58	23
2050	48%	43	0,2	-0,9	1,0	72%	0,8	138	104	28%	0,3	88	25	0,3	58	23

Fonte: Autora (2021) com base em (CONGRESSO NACIONAL, 2017; GIVISIEZ; OLIVEIRA, 2018; GOVERNO FEDERAL, 2019; IBGE, 2015c, e, 2019b, c, d, e; SMU-CWB, 2021; SMUL-SP, 2021; SMU-RJ, 2021; SUREG, 2021)

Consumo de argamassa em unidades de alvenaria										
Ano	Argamassa total	Argamassa dosada em obra		Argamassa industrializada		Argamassa estabilizada				
	Milhões t	<i>Market share</i> %	Milhões t	Milhões m ³	<i>Market share</i> %	Milhões t	Milhões m ³	<i>Market share</i> %	Milhões t	Milhões m ³
2006	63	95%	60	35	4%	3	2	1%	0,6	0,5
2007	66	95%	63	36	4%	3	2	1%	0,7	0,5
2008	75	95%	71	42	4%	3	2	1%	0,8	0,6
2009	56	95%	53	31	4%	2	2	1%	0,6	0,4
2010	49	95%	47	27	4%	2	1	1%	0,5	0,4
2011	82	95%	78	45	4%	3	2	1%	0,8	0,6
2012	87	95%	82	48	4%	3	2	1%	0,9	0,6
2013	69	95%	65	38	4%	3	2	1%	0,7	0,5
2014	89	95%	84	49	4%	4	2	1%	0,9	0,7
2015	60	95%	57	33	4%	2	2	1%	0,6	0,4
2016	84	95%	79	46	4%	3	2	1%	0,8	0,6
2017	48	95%	46	26	4%	2	1	1%	0,5	0,4
2018	64	95%	60	35	4%	3	2	1%	0,6	0,5
2019	69	95%	65	38	4%	3	2	1%	0,7	0,5
2020	65	94%	62	36	5%	3	2	1%	0,7	0,5
2021	65	94%	61	36	5%	3	2	1%	0,7	0,5
2022	65	94%	61	35	5%	3	2	1%	0,6	0,5
2023	64	94%	60	35	5%	3	2	1%	0,6	0,5
2024	63	94%	59	34	5%	3	2	1%	0,6	0,5
2025	62	94%	58	34	6%	3	2	1%	0,6	0,5
2026	61	93%	57	33	6%	3	2	1%	0,6	0,5
2027	60	93%	56	33	6%	4	2	1%	0,6	0,4
2028	59	93%	55	32	6%	4	2	1%	0,6	0,4
2029	58	93%	54	31	6%	4	2	1%	0,6	0,4
2030	57	93%	53	31	6%	4	3	1%	0,6	0,4
2031	57	92%	52	30	7%	4	3	1%	0,6	0,4
2032	56	92%	51	30	7%	4	3	1%	0,6	0,4
2033	55	92%	51	29	7%	4	3	1%	0,6	0,4
2034	54	92%	50	29	7%	4	3	1%	0,5	0,4
2035	53	92%	49	28	7%	4	3	1%	0,5	0,4
2036	52	91%	47	28	8%	4	3	1%	0,5	0,4
2037	51	91%	46	27	8%	4	3	1%	0,5	0,4
2038	50	91%	46	27	8%	4	3	1%	0,5	0,4
2039	50	91%	45	26	8%	4	3	1%	0,5	0,4
2040	49	91%	45	26	8%	4	3	1%	0,5	0,4
2041	49	91%	45	26	9%	4	3	1%	0,5	0,4
2042	49	90%	44	26	9%	4	3	1%	0,5	0,4
2043	49	90%	44	26	9%	4	3	1%	0,5	0,4
2044	49	90%	44	26	9%	4	3	1%	0,5	0,4

2045	49	90%	44	26	9%	5	3	1%	0,5	0,4
2046	49	90%	44	25	9%	5	3	1%	0,5	0,4
2047	49	89%	44	25	10%	5	3	1%	0,5	0,4
2048	49	89%	43	25	10%	5	3	1%	0,5	0,4
2049	49	89%	43	25	10%	5	3	1%	0,5	0,4
2050	49	89%	43	25	10%	5	3	1%	0,5	0,4

Fonte: Autora (2021) com base em (AECWEB, 2015; ALBUQUERQUE; LIRA; SPOSTO, 2018; FARIA; MENDOZA; TOLEDO FILHO, 2019; MACIOSKI *et al.*, 2013; PARAVISI, 2008; REIS *et al.*, 2021)

Consumo de concreto em unidades com laje de concreto							
Ano	Concreto total		Concreto dosado em obra		Concreto usinado		
	Milhões m ³	<i>Market share</i> %	Milhões m ³	Milhões t	<i>Market share</i> %	Milhões m ³	Milhões t
2006	18	47%	8	3	53%	9	3
2007	19	44%	9	3	56%	11	3
2008	22	40%	9	3	60%	13	4
2009	16	40%	6	2	60%	10	3
2010	20	39%	8	3	61%	12	3
2011	21	38%	8	3	62%	13	4
2012	25	37%	9	3	63%	16	4
2013	23	37%	9	3	63%	14	4
2014	28	37%	10	4	63%	18	5
2015	19	40%	8	3	60%	11	3
2016	23	43%	10	4	57%	13	4
2017	20	43%	9	3	57%	11	3
2018	33	41%	14	5	59%	20	6
2019	25	42%	10	4	58%	15	4
2020	3	41%	1	0	59%	2	1
2021	22	41%	9	3	59%	13	4
2022	22	41%	9	3	59%	13	4
2023	22	40%	9	3	60%	13	4
2024	22	40%	9	3	60%	13	4
2025	21	40%	8	3	60%	13	4
2026	21	39%	8	3	61%	13	4
2027	21	39%	8	3	61%	13	4
2028	20	39%	8	3	61%	13	4
2029	20	38%	8	3	62%	12	4
2030	20	38%	8	3	62%	12	4
2031	20	38%	7	3	62%	12	3

2032	19	37%	7	3	63%	12	3
2033	19	37%	7	2	63%	12	3
2034	19	37%	7	2	63%	12	3
2035	18	36%	7	2	64%	12	3
2036	18	36%	6	2	64%	12	3
2037	18	36%	6	2	64%	11	3
2038	17	35%	6	2	65%	11	3
2039	17	35%	6	2	65%	11	3
2040	17	35%	6	2	65%	11	3
2041	17	34%	6	2	66%	11	3
2042	17	34%	6	2	66%	11	3
2043	17	34%	6	2	66%	11	3
2044	17	34%	6	2	66%	11	3
2045	17	33%	6	2	67%	11	3
2046	17	33%	6	2	67%	11	3
2047	17	33%	6	2	67%	11	3
2048	17	32%	6	2	68%	11	3
2049	17	32%	5	2	68%	12	3
2050	17	32%	5	2	68%	12	3

Fonte: Autora (2021) com base em (ALMEIDA, 2019; FILHO; SHIRAMIZU, 2011; REIS *et al.*, 2021; SINAPI, 2018)

Fator de emissão de CO ₂ do cimento		Fator de emissão de CO ₂ do cimento	
Ano	kgCO ₂ /t	Ano	kgCO ₂ /t
2006	571	2029	592
2007	579	2030	592
2008	583	2031	592
2009	592	2032	592
2010	591	2033	593
2011	579	2034	593
2012	566	2035	593
2013	575	2036	594
2014	566	2037	594
2015	572	2038	594
2016	588	2039	595
2017	588	2040	595
2018	587	2041	595
2019	587	2042	595
2020	589	2043	596
2021	589	2044	596
2022	589	2045	596
2023	590	2046	597
2024	590	2047	597
2025	590	2048	597
2026	591	2049	597
2027	591		
2028	591	2050	598

Fonte: (REIS *et al.*, 2021; SNIC, 2019)

Emissões de CO ₂ das argamassas							
	Argamassa dosada em obra		Argamassa industrializada		Argamassa estabilizada		Argamassa
	Fator de emissão kgCO ₂ /t	Emissão MtCO ₂	Fator de emissão kgCO ₂ /t	Emissão MtCO ₂	Fator de emissão kgCO ₂ /t	Emissão MtCO ₂	Emissões totais MtCO ₂
2006	166	5,79	151	0,26	118	0,05	6,1
2007	168	6,12	153	0,28	119	0,06	6,5
2008	169	7,02	154	0,32	120	0,07	7,4
2009	171	5,27	156	0,24	122	0,05	5,6
2010	171	4,68	156	0,21	122	0,04	4,9
2011	168	7,60	153	0,34	119	0,07	8,0
2012	165	7,89	150	0,36	117	0,07	8,3

2013	167	6,35	152	0,29	118	0,06	6,7
2014	164	8,08	150	0,36	117	0,08	8,5
2015	166	5,48	152	0,25	118	0,05	5,8
2016	170	7,87	155	0,35	121	0,07	8,3
2017	170	4,51	155	0,20	121	0,04	4,8
2018	170	5,97	155	0,28	121	0,06	6,3
2019	170	6,48	155	0,32	121	0,06	6,9
2020	170	6,13	156	0,32	121	0,06	6,5
2021	171	6,09	156	0,33	121	0,06	6,5
2022	171	6,03	156	0,34	121	0,06	6,4
2023	171	5,97	156	0,35	121	0,06	6,4
2024	171	5,89	156	0,36	121	0,06	6,3
2025	171	5,79	156	0,36	122	0,06	6,2
2026	171	5,68	156	0,37	122	0,05	6,1
2027	171	5,57	156	0,38	122	0,05	6,0
2028	171	5,47	156	0,38	122	0,05	5,9
2029	171	5,37	156	0,39	122	0,05	5,8
2030	171	5,29	156	0,39	122	0,05	5,7
2031	171	5,22	156	0,40	122	0,05	5,7
2032	171	5,14	157	0,41	122	0,05	5,6
2033	171	5,05	157	0,41	122	0,05	5,5
2034	172	4,95	157	0,41	122	0,05	5,4
2035	172	4,85	157	0,42	122	0,05	5,3
2036	172	4,73	157	0,42	122	0,05	5,2
2037	172	4,64	157	0,42	122	0,05	5,1
2038	172	4,57	157	0,43	122	0,05	5,0
2039	172	4,52	157	0,43	122	0,04	5,0
2040	172	4,49	157	0,44	122	0,04	5,0
2041	172	4,47	157	0,45	122	0,04	5,0
2042	172	4,44	157	0,46	122	0,04	4,9
2043	172	4,43	157	0,47	123	0,04	4,9
2044	172	4,42	157	0,48	123	0,04	4,9
2045	172	4,41	157	0,49	123	0,04	4,9
2046	172	4,39	158	0,50	123	0,04	4,9
2047	173	4,38	158	0,50	123	0,04	4,9
2048	173	4,37	158	0,51	123	0,04	4,9
2049	173	4,35	158	0,52	123	0,04	4,9
2050	173	4,35	158	0,52	123	0,04	4,9

Fonte: (AECWEB, 2015; FARIA; MENDOZA; TOLEDO FILHO, 2019; GNR, 2018; MONTES, 2016; MORAES; ROVARIS; PUNHAGUI, 2018; PACCA *et al.*, 2018; PARAVISI, 2008; PUNHAGUI, 2014; REIS *et al.*, 2021; REIS; MACK-VERGARA; JOHN, 2019; SNIC, 2019; SOUZA, 2012)

Emissões de CO₂ do concreto para lajes					
Ano	Concreto dosado em obra		Concreto usinado		Concreto para lajes
	Fator de emissão	Emissão	Fator de emissão	Emissão	Emissões totais
	kgCO ₂ /t	MtCO ₂	kgCO ₂ /t	MtCO ₂	MtCO ₂
2006	207	1,7	171	1,6	3,3
2007	210	1,8	173	1,9	3,7
2008	212	1,9	174	2,3	4,2
2009	214	1,4	176	1,7	3,1
2010	214	1,7	176	2,1	3,8
2011	210	1,7	173	2,3	4,0
2012	206	1,9	169	2,7	4,6
2013	209	1,8	172	2,5	4,3
2014	205	2,1	169	3,0	5,2
2015	208	1,6	171	2,0	3,6
2016	213	2,1	175	2,3	4,5
2017	213	1,9	175	2,0	3,9
2018	213	2,9	175	3,4	6,3
2019	213	2,2	175	2,6	4,8
2020	213	0,3	176	0,3	0,6
2021	214	2,0	176	2,3	4,3
2022	214	1,9	176	2,3	4,2
2023	214	1,9	176	2,3	4,2
2024	214	1,9	176	2,3	4,2
2025	214	1,8	176	2,3	4,1
2026	214	1,8	176	2,3	4,0
2027	214	1,7	176	2,2	4,0
2028	214	1,7	176	2,2	3,9
2029	214	1,6	176	2,2	3,8
2030	215	1,6	177	2,2	3,8
2031	215	1,6	177	2,2	3,7
2032	215	1,5	177	2,1	3,7
2033	215	1,5	177	2,1	3,6
2034	215	1,5	177	2,1	3,6
2035	215	1,4	177	2,1	3,5
2036	215	1,4	177	2,0	3,4
2037	215	1,4	177	2,0	3,4
2038	215	1,3	177	2,0	3,3
2039	215	1,3	177	2,0	3,3
2040	216	1,3	177	2,0	3,3
2041	216	1,3	177	2,0	3,3
2042	216	1,3	178	2,0	3,3
2043	216	1,3	178	2,0	3,3
2044	216	1,2	178	2,0	3,3
2045	216	1,2	178	2,0	3,3

2046	216	1,2	178	2,0	3,2
2047	216	1,2	178	2,0	3,2
2048	216	1,2	178	2,0	3,2
2049	216	1,2	178	2,1	3,2
2050	217	1,2	178	2,1	3,2

Fonte: (AECWEB, 2015; FARIA; MENDOZA; TOLEDO FILHO, 2019; GNR, 2018; MONTES, 2016; MORAES; ROVARIS; PUNHAGUI, 2018; PACCA *et al.*, 2018; PARAVISI, 2008; PUNHAGUI, 2014; REIS *et al.*, 2021; REIS; MACK-VERGARA; JOHN, 2019; SNIC, 2019; SOUZA, 2012)

Emissões de CO₂ totais (MtCO₂)						
Ano	Argamassa dosada em obra	Argamassa industrializada	Argamassa estabilizada	Concreto dosado em obra	Concreto usinado	Total
2006	5,8	0,3	0,1	1,7	1,6	9,4
2007	5,9	0,3	0,1	1,7	1,7	9,6
2008	6,2	0,3	0,1	1,8	1,9	10,2
2009	5,9	0,3	0,1	1,7	1,8	9,7
2010	5,6	0,3	0,1	1,7	1,9	9,4
2011	6,2	0,3	0,1	1,7	2,0	10,2
2012	6,7	0,3	0,1	1,7	2,2	11,0
2013	6,6	0,3	0,1	1,8	2,3	11,0
2014	7,0	0,3	0,1	1,9	2,5	11,8
2015	6,6	0,3	0,1	1,8	2,3	11,1
2016	7,0	0,3	0,1	1,9	2,3	11,6
2017	6,2	0,3	0,1	1,9	2,2	10,7
2018	6,1	0,3	0,1	2,2	2,6	11,3
2019	6,2	0,3	0,1	2,2	2,6	11,4
2020	6,2	0,3	0,1	2,0	2,4	10,9
2021	6,1	0,3	0,1	2,0	2,3	10,8
2022	6,0	0,3	0,1	1,9	2,3	10,7
2023	6,0	0,3	0,1	1,9	2,3	10,6
2024	5,9	0,4	0,1	1,9	2,3	10,5
2025	5,8	0,4	0,1	1,8	2,3	10,3
2026	5,7	0,4	0,1	1,8	2,3	10,1
2027	5,6	0,4	0,1	1,7	2,2	10,0
2028	5,5	0,4	0,1	1,7	2,2	9,8
2029	5,4	0,4	0,1	1,6	2,2	9,6
2030	5,3	0,4	0,1	1,6	2,2	9,5
2031	5,2	0,4	0,1	1,6	2,2	9,4
2032	5,1	0,4	0,1	1,5	2,1	9,3
2033	5,1	0,4	0,0	1,5	2,1	9,2
2034	5,0	0,4	0,0	1,5	2,1	9,0
2035	4,8	0,4	0,0	1,4	2,1	8,8
2036	4,7	0,4	0,0	1,4	2,0	8,6
2037	4,6	0,4	0,0	1,4	2,0	8,5
2038	4,6	0,4	0,0	1,3	2,0	8,4
2039	4,5	0,4	0,0	1,3	2,0	8,3
2040	4,5	0,4	0,0	1,3	2,0	8,3
2041	4,5	0,4	0,0	1,3	2,0	8,2
2042	4,4	0,5	0,0	1,3	2,0	8,2
2043	4,4	0,5	0,0	1,3	2,0	8,2
2044	4,4	0,5	0,0	1,2	2,0	8,2
2045	4,4	0,5	0,0	1,2	2,0	8,2
2046	4,4	0,5	0,0	1,2	2,0	8,2

2047	4,4	0,5	0,0	1,2	2,0	8,2
2048	4,4	0,5	0,0	1,2	2,0	8,2
2049	4,4	0,5	0,0	1,2	2,1	8,2
2050	4,3	0,5	0,0	1,2	2,1	8,1

Cenário estratégico 1 – Redução do espaço

Redução de 10% na área média de unidades unifamiliares e multifamiliares												
Ano	Área média por unidade habitacional		Área total construída Milhões m ²				Consumo de material		Emissões de CO ₂		Totais	
	Casas	Apartamentos	Unidades em alvenaria		Unidades com laje de concreto		Argamassa Milhões t	Concreto Milhões m ³	Argamassa	Concreto MtCO ₂		
			Casas	Apartamentos	Casas	Apartamentos						
2006	144	125	331	35	144	15	63	18	6,1	3,3	9,4	
2007	141	136	342	40	156	18	66	19	6,5	3,7	10,1	
2008	147	122	396	39	180	18	75	22	7,4	4,2	11,6	
2009	136	127	286	31	125	14	56	16	5,6	3,1	8,6	
2010	133	119	240	26	143	15	49	20	4,9	3,8	8,7	
2011	144	117	415	41	156	15	82	21	8,0	4,0	12,0	
2012	154	111	435	41	182	17	87	25	8,3	4,6	12,9	
2013	149	108	335	32	160	15	69	23	6,7	4,3	11,0	
2014	150	106	434	40	196	18	89	28	8,5	5,2	13,7	
2015	137	111	288	30	131	14	60	19	5,8	3,6	9,3	
2016	139	116	383	51	140	19	84	23	8,3	4,5	12,8	
2017	134	110	222	28	136	17	48	20	4,8	3,9	8,6	
2018	129	115	301	43	240	34	64	33	6,3	6,3	12,6	
2019	140	119	331	47	178	25	69	25	6,9	4,8	11,7	
2020	138	114	312	43	4	1	65	3	6,5	0,6	7,1	
2021	138	114	301	43	150	22	64	22	6,3	4,2	10,5	
2022	138	113	297	44	148	22	63	22	6,3	4,1	10,4	
2023	137	113	292	45	146	22	62	21	6,2	4,1	10,3	
2024	137	113	287	45	143	23	61	21	6,1	4,0	10,2	
2025	136	112	280	45	140	23	60	21	6,0	4,0	10,0	
2026	136	112	274	46	137	23	59	20	5,9	3,9	9,8	
2027	135	112	267	46	134	23	58	20	5,8	3,8	9,7	
2028	135	111	261	46	130	23	57	20	5,7	3,8	9,5	
2029	134	111	255	46	128	23	56	19	5,6	3,7	9,3	
2030	134	110	250	47	125	23	55	19	5,5	3,7	9,2	
2031	133	110	245	47	123	24	55	19	5,5	3,6	9,1	
2032	133	110	240	48	120	24	54	19	5,4	3,6	9,0	
2033	132	109	235	48	118	24	53	18	5,3	3,5	8,8	
2034	132	109	229	48	115	24	52	18	5,2	3,5	8,7	
2035	132	108	223	48	112	24	51	18	5,1	3,4	8,5	
2036	131	108	217	48	108	24	50	17	5,0	3,3	8,3	
2037	131	108	211	48	106	24	49	17	4,9	3,3	8,2	
2038	130	107	207	48	104	24	48	17	4,8	3,2	8,1	
2039	130	107	204	49	102	24	48	17	4,8	3,2	8,0	
2040	129	107	202	50	101	25	47	17	4,8	3,2	7,9	
2041	129	106	200	51	100	25	47	17	4,8	3,2	7,9	
2042	128	106	198	51	99	26	47	16	4,7	3,1	7,9	

2043	128	105	197	52	98	26	47	16	4,7	3,1	7,9
2044	127	105	195	53	98	27	47	16	4,7	3,1	7,9
2045	127	105	194	54	97	27	47	16	4,7	3,1	7,9
2046	126	104	193	55	97	28	47	16	4,7	3,1	7,9
2047	126	104	192	56	96	28	47	16	4,7	3,1	7,9
2048	126	104	191	57	95	29	47	16	4,7	3,1	7,8
2049	125	103	189	58	95	29	47	16	4,7	3,1	7,8
2050	125	103	188	59	94	30	47	16	4,7	3,1	7,8

Redução de 20% na área média de unidades unifamiliares e multifamiliares

Ano	Área média por unidade habitacional		Área total construída Milhões m ²				Consumo de material		Emissões de CO ₂		Totais
	m ²		Unidades em alvenaria		Unidades com laje de concreto		Argamassa	Concreto	Argamassa	Concreto	
	Casas	Apartamentos	Casas	Apartamentos	Casas	Apartamentos	Milhões t	Milhões m ³	Milhões t	MtCO ₂	
2006	144	125	331	35	144	15	63	18	6,1	3,3	9,4
2007	141	136	342	40	156	18	66	19	6,2	3,4	9,6
2008	147	122	396	39	180	18	75	22	6,6	3,6	10,2
2009	136	127	286	31	125	14	56	16	6,3	3,5	9,7
2010	133	119	240	26	143	15	49	20	5,9	3,6	9,4
2011	144	117	415	41	156	15	82	21	6,5	3,7	10,2
2012	154	111	435	41	182	17	87	25	7,1	4,0	11,0
2013	149	108	335	32	160	15	69	23	6,9	4,0	11,0
2014	150	106	434	40	196	18	89	28	7,4	4,4	11,8
2015	137	111	288	30	131	14	60	19	6,9	4,1	11,1
2016	139	116	383	51	140	19	84	23	7,3	4,2	11,6
2017	134	110	222	28	136	17	48	20	6,6	4,1	10,7
2018	129	115	301	43	240	34	64	33	6,5	4,8	11,3
2019	140	119	331	47	178	25	69	25	6,6	4,8	11,4
2020	138	114	312	43	4	1	65	3	6,6	4,4	10,9
2021	138	113	300	43	150	21	63	22	6,3	4,2	10,5
2022	137	113	295	44	147	22	63	22	6,2	4,1	10,4
2023	136	112	289	44	145	22	62	21	6,1	4,1	10,2
2024	135	111	283	44	141	22	61	21	6,0	4,0	10,0
2025	134	110	276	45	138	22	60	21	5,9	3,9	9,9
2026	133	110	268	45	134	22	58	20	5,8	3,8	9,6
2027	132	109	261	45	130	22	57	20	5,7	3,8	9,4
2028	131	108	254	45	127	22	56	19	5,6	3,7	9,3
2029	130	107	247	45	124	23	55	19	5,5	3,6	9,1
2030	129	107	241	45	121	23	54	19	5,4	3,6	8,9
2031	128	106	236	45	118	23	53	18	5,3	3,5	8,8
2032	127	105	230	46	115	23	52	18	5,2	3,4	8,6
2033	126	104	224	46	112	23	51	18	5,1	3,4	8,5
2034	126	104	218	46	109	23	50	17	5,0	3,3	8,3

2035	125	103	211	46	106	23	48	17	4,9	3,2	8,1
2036	124	102	205	45	102	23	47	17	4,7	3,2	7,9
2037	123	101	199	45	99	23	46	16	4,6	3,1	7,7
2038	122	100	194	45	97	23	45	16	4,6	3,0	7,6
2039	121	100	190	46	95	23	45	16	4,5	3,0	7,5
2040	120	99	187	46	94	23	44	16	4,5	3,0	7,4
2041	119	98	185	47	92	23	44	16	4,4	3,0	7,4
2042	118	97	182	47	91	24	44	15	4,4	2,9	7,3
2043	117	97	180	48	90	24	43	15	4,4	2,9	7,3
2044	116	96	178	49	89	24	43	15	4,4	2,9	7,3
2045	115	95	177	49	88	25	43	15	4,3	2,9	7,2
2046	114	94	175	50	87	25	43	15	4,3	2,9	7,2
2047	114	94	173	51	86	25	43	15	4,3	2,9	7,2
2048	113	93	171	51	86	26	42	15	4,3	2,8	7,1
2049	112	92	169	52	85	26	42	15	4,3	2,8	7,1
2050	111	91	167	53	84	26	42	15	4,2	2,8	7,1

Redução de 30% na área média de unidades unifamiliares e multifamiliares

Ano	Área média por unidade habitacional		Área total construída				Consumo de material		Emissões de CO ₂		Totais
	m ²		Milhões m ²				Argamassa Milhões t	Concreto Milhões m ³	Argamassa	Concreto MtCO ₂	
	Casas	Apartamentos	Unidades em alvenaria		Unidades com laje de concreto						
			Casas	Apartamentos	Casas	Apartamentos					
2006	144	125	331	35	144	15	63	18	6,1	3,3	9,4
2007	141	136	342	40	156	18	66	19	6,2	3,4	9,6
2008	147	122	396	39	180	18	75	22	6,6	3,6	10,2
2009	136	127	286	31	125	14	56	16	6,3	3,5	9,7
2010	133	119	240	26	143	15	49	20	5,9	3,6	9,4
2011	144	117	415	41	156	15	82	21	6,5	3,7	10,2
2012	154	111	435	41	182	17	87	25	7,1	4,0	11,0
2013	149	108	335	32	160	15	69	23	6,9	4,0	11,0
2014	150	106	434	40	196	18	89	28	7,4	4,4	11,8
2015	137	111	288	30	131	14	60	19	6,9	4,1	11,1
2016	139	116	383	51	140	19	84	23	7,3	4,2	11,6
2017	134	110	222	28	136	17	48	20	6,6	4,1	10,7
2018	129	115	301	43	240	34	64	33	6,5	4,8	11,3
2019	140	119	331	47	178	25	69	25	6,6	4,8	11,4
2020	138	114	312	43	4	1	65	3	6,6	4,4	10,9
2021	137	113	299	43	149	21	63	22	6,3	4,2	10,4
2022	136	112	293	43	146	22	62	21	6,2	4,1	10,3
2023	134	111	286	44	143	22	61	21	6,1	4,0	10,1
2024	133	110	279	44	140	22	60	21	6,0	4,0	9,9
2025	132	108	271	44	136	22	59	20	5,8	3,9	9,7
2026	130	107	262	44	131	22	57	20	5,7	3,8	9,5

2027	129	106	254	44	127	22	56	19	5,6	3,7	9,2
2028	127	105	246	44	123	22	54	19	5,4	3,6	9,0
2029	126	104	239	44	120	22	53	18	5,3	3,5	8,8
2030	125	103	233	44	116	22	52	18	5,2	3,4	8,6
2031	123	102	227	44	113	22	51	18	5,1	3,4	8,5
2032	122	100	220	44	110	22	50	17	5,0	3,3	8,3
2033	120	99	214	44	107	22	49	17	4,9	3,2	8,1
2034	119	98	207	43	104	22	47	17	4,7	3,2	7,9
2035	118	97	200	43	100	22	46	16	4,6	3,1	7,7
2036	116	96	192	43	96	21	45	16	4,5	3,0	7,5
2037	115	95	186	42	93	21	44	15	4,4	2,9	7,3
2038	114	94	180	42	90	21	43	15	4,3	2,9	7,1
2039	112	92	176	42	88	21	42	15	4,2	2,8	7,0
2040	111	91	173	43	86	21	41	15	4,2	2,8	6,9
2041	109	90	170	43	85	21	41	14	4,1	2,8	6,9
2042	108	89	167	43	83	22	40	14	4,1	2,7	6,8
2043	107	88	164	44	82	22	40	14	4,0	2,7	6,7
2044	105	87	161	44	81	22	40	14	4,0	2,7	6,7
2045	104	86	159	44	79	22	39	14	3,9	2,7	6,6
2046	102	84	156	45	78	22	39	14	3,9	2,6	6,5
2047	101	83	154	45	77	23	38	14	3,9	2,6	6,5
2048	100	82	151	45	76	23	38	14	3,8	2,6	6,4
2049	98	81	149	46	74	23	38	13	3,8	2,6	6,4
2050	97	80	146	46	73	23	37	13	3,8	2,5	6,3

Redução máxima na área média de unidades unifamiliares, multifamiliares e de interesse social

Ano	Área média por unidade habitacional			Área total construída						Consumo de material		Emissões de CO ₂		
	m ²			Unidades em alvenaria			Unidades com laje de concreto			Argamassa	Concreto	Argamassa	Concreto	Totais
	Casas	Apartamentos	Habitação de interesse social	Casas	Apartamentos	Habitação de interesse social	Casas	Apartamentos	Habitação de interesse social	Milhões t	Milhões m ³		MtCO ₂	
2006	144	125	59	331	35	-	144	15	-	63	18	6,1	3,3	9,4
2007	141	136	59	342	40	-	156	18	-	66	19	6,2	3,4	9,6
2008	147	122	63	396	39	-	180	18	-	75	22	6,6	3,6	10,2
2009	136	127	67	286	31	5	125	14	5	56	16	6,3	3,5	9,7
2010	133	119	74	240	26	21	143	15	21	49	20	5,9	3,6	9,4
2011	144	117	60	415	41	18	156	15	18	82	21	6,5	3,7	10,2
2012	154	111	68	435	41	27	182	17	27	87	25	7,1	4,0	11,0
2013	149	108	66	335	32	32	160	15	32	69	23	6,9	4,0	11,0
2014	150	106	71	434	40	41	196	18	41	89	28	7,4	4,4	11,8
2015	137	111	72	288	30	28	131	14	28	60	19	6,9	4,1	11,1

2016	139	116	70	383	51	51	140	19	51	84	23	7,3	4,2	11,6
2017	134	110	63	222	28	28	136	17	28	48	20	6,6	4,1	10,7
2018	129	115	60	301	43	24	240	34	24	64	33	6,5	4,8	11,3
2019	140	119	58	331	47	23	178	25	23	69	25	6,6	4,8	11,4
2020	138	114	58	312	43	23	4	1	23	65	3	6,6	4,4	10,9
2021	135	112	57	295	42	23	147	21	23	62	21	6,2	4,1	10,3
2022	132	109	57	285	42	23	143	21	23	60	21	6,0	4,0	10,0
2023	129	107	56	275	42	23	137	21	23	59	20	5,8	3,9	9,7
2024	126	105	56	264	42	23	132	21	23	57	20	5,6	3,7	9,4
2025	123	102	55	253	41	22	126	21	22	55	19	5,4	3,6	9,0
2026	119	100	55	241	41	22	120	20	22	52	18	5,2	3,5	8,7
2027	116	98	54	230	40	22	115	20	22	50	17	5,0	3,3	8,4
2028	113	95	54	219	40	22	110	20	22	48	17	4,8	3,2	8,0
2029	110	93	54	209	39	22	104	19	22	46	16	4,6	3,1	7,7
2030	107	91	53	199	38	21	100	19	21	45	16	4,5	3,0	7,5
2031	104	88	53	190	38	21	95	19	21	43	15	4,3	2,9	7,2
2032	100	86	52	182	37	21	91	19	21	41	15	4,1	2,8	6,9
2033	97	83	52	173	37	21	86	18	21	40	14	4,0	2,7	6,6
2034	94	81	51	164	36	21	82	18	21	38	13	3,8	2,6	6,4
2035	91	79	51	154	35	20	77	17	20	36	13	3,6	2,4	6,1
2036	88	76	50	145	34	20	73	17	20	34	12	3,5	2,3	5,8
2037	85	74	50	137	33	20	68	17	20	33	12	3,3	2,2	5,5
2038	81	72	49	129	32	20	65	16	20	31	11	3,1	2,1	5,3
2039	78	69	49	123	32	20	61	16	20	30	11	3,0	2,1	5,1
2040	75	67	48	117	31	19	59	16	19	29	10	2,9	2,0	4,9
2041	72	65	48	112	31	19	56	15	19	28	10	2,8	1,9	4,7
2042	69	62	47	106	30	19	53	15	19	27	10	2,7	1,8	4,5
2043	66	60	47	101	30	19	50	15	19	26	9	2,6	1,8	4,4
2044	62	58	46	96	29	19	48	15	19	25	9	2,5	1,7	4,2
2045	59	55	46	91	29	19	45	14	19	24	9	2,4	1,7	4,1
2046	56	53	45	86	28	18	43	14	18	23	8	2,3	1,6	3,9
2047	53	50	45	81	27	18	40	14	18	22	8	2,2	1,5	3,7
2048	50	48	44	75	27	18	38	13	18	21	8	2,1	1,5	3,6
2049	47	46	44	70	26	18	35	13	18	20	7	2,0	1,4	3,4
2050	43	43	43	65	25	18	33	12	18	19	7	1,9	1,3	3,2

Cenário estratégico 2 – Planos verticais

Cenário estratégico 2 – Argamassa industrializada com projeção mecânica																		
Ano	Argamassa industrializada		Market share %				Unidades Milhares unidades				Consumo de argamassa industrializada Milhares t				Emissões de CO ₂ MtCO ₂			
	Market share %	Unidades	Cenário de referência		Cenário estratégico		Cenário de referência		Cenário estratégico		Cenário de referência		Cenário estratégico		Cenário de referência	Cenário estratégico	Cenário de referência	Cenário estratégico
		Milhares unidades	Aplicação convencional	Projeção mecânica	Aplicação convencional	Projeção mecânica	Aplicação convencional	Projeção mecânica	Aplicação convencional	Projeção mecânica	Aplicação convencional	Projeção mecânica	Aplicação convencional	Projeção mecânica	Argamassa industrializada		Totais	
2006	4%	103	87%	13%	87%	13%	90	14	90	14	2325	200	2325	200	261	261	9432	9432
2007	4%	109	87%	13%	87%	13%	94	14	94	14	2426	208	2426	208	265	265	9635	9635
2008	4%	121	87%	13%	87%	13%	105	16	105	16	2763	237	2763	237	280	280	10211	10211
2009	4%	97	87%	13%	87%	13%	84	13	84	13	2048	176	2048	176	267	267	9734	9734
2010	4%	92	87%	13%	87%	13%	80	12	80	12	1820	156	1820	156	250	250	9432	9432
2011	4%	142	87%	13%	87%	13%	123	19	123	19	3011	259	3011	259	278	278	10192	10192
2012	4%	144	87%	13%	87%	13%	125	19	125	19	3190	274	3190	274	301	301	11008	11008
2013	4%	121	87%	13%	87%	13%	105	16	105	16	2532	218	2532	218	296	296	10991	10991
2014	4%	154	87%	13%	87%	13%	134	21	134	21	3269	281	3269	281	316	316	11802	11802
2015	4%	110	87%	13%	87%	13%	96	15	96	15	2193	188	2193	188	295	295	11060	11060
2016	4%	157	87%	13%	87%	13%	136	21	136	21	3076	264	3076	264	313	313	11573	11573
2017	4%	94	87%	13%	87%	13%	81	12	81	12	1762	151	1762	151	280	280	10683	10683
2018	4%	131	87%	13%	87%	13%	113	17	113	17	2451	211	2451	211	280	280	11271	11271
2019	4%	138	87%	13%	87%	13%	120	18	120	18	2783	239	2783	239	292	292	11391	11391
2020	5%	139	87%	13%	87%	13%	120	18	120	18	2745	236	2745	236	299	299	10943	10943
2021	5%	141	87%	13%	87%	13%	122	19	122	19	2844	244	2844	244	328	328	10752	10752
2022	5%	146	87%	13%	86%	14%	126	19	125	20	2933	252	2916	261	338	338	10674	10673
2023	5%	150	87%	13%	86%	14%	130	20	129	21	3016	259	2981	279	348	346	10578	10577
2024	5%	154	87%	13%	85%	15%	134	21	131	23	3088	265	3035	295	357	354	10455	10452
2025	6%	158	87%	13%	85%	15%	137	21	134	24	3148	270	3075	311	364	360	10300	10297
2026	6%	161	87%	13%	84%	16%	139	21	135	25	3198	275	3105	326	369	365	10124	10120
2027	6%	164	87%	13%	84%	16%	142	22	137	27	3245	279	3133	342	375	370	9954	9949
2028	6%	167	87%	13%	83%	17%	145	22	139	28	3293	283	3160	357	381	375	9794	9787
2029	6%	170	87%	13%	83%	17%	148	23	141	29	3342	287	3188	373	387	379	9648	9641
2030	6%	174	87%	13%	82%	18%	150	23	143	31	3394	292	3218	390	393	385	9520	9512
2031	7%	177	87%	13%	82%	18%	154	24	145	32	3449	296	3251	408	400	390	9406	9397
2032	7%	180	87%	13%	81%	19%	156	24	146	34	3500	301	3278	425	405	395	9286	9275
2033	7%	183	87%	13%	81%	19%	159	24	148	35	3541	304	3296	441	410	399	9150	9138
2034	7%	186	87%	13%	80%	20%	161	25	149	37	3572	307	3304	457	414	402	8995	8982
2035	7%	188	87%	13%	80%	20%	163	25	150	38	3591	309	3301	471	417	403	8822	8808
2036	8%	189	87%	13%	79%	21%	164	25	150	39	3603	310	3291	484	418	404	8638	8624
2037	8%	191	87%	13%	79%	21%	166	25	151	41	3624	311	3289	499	421	405	8485	8469
2038	8%	194	87%	13%	78%	22%	168	26	152	42	3659	314	3300	515	425	408	8370	8354
2039	8%	198	87%	13%	78%	22%	171	26	154	44	3710	319	3325	534	431	413	8296	8278
2040	8%	202	87%	13%	77%	23%	175	27	156	46	3779	325	3365	557	439	420	8261	8242
2041	9%	207	87%	13%	77%	23%	179	28	159	48	3851	331	3407	580	448	427	8237	8216
2042	9%	211	87%	13%	76%	24%	183	28	161	50	3919	337	3444	602	456	434	8203	8181
2043	9%	216	87%	13%	76%	24%	188	29	164	53	4000	344	3492	628	466	442	8199	8175
2044	9%	222	87%	13%	75%	25%	192	29	167	55	4081	351	3539	654	475	450	8193	8168
2045	9%	227	87%	13%	75%	25%	197	30	170	57	4161	357	3585	680	485	458	8187	8160
2046	9%	232	87%	13%	74%	26%	201	31	172	60	4240	364	3629	707	494	466	8180	8151

2047	10%	238	87%	13%	74%	26%	206	32	175	62	4320	371	3672	734	504	473	8172	8142
2048	10%	243	87%	13%	73%	27%	211	32	178	65	4398	378	3713	761	513	481	8164	8132
2049	10%	248	87%	13%	73%	27%	215	33	180	68	4476	385	3753	789	523	488	8155	8121
2050	10%	249	87%	13%	72%	28%	216	33	180	69	4469	384	3722	803	522	487	8144	8109

Cenário estratégico 2 – Argamassa estabilizada

Ano	Cenário de referência										Cenário estratégico									
	Market share %			Consumo de argamassa Milhões t			Emissões de CO ₂ MtCO ₂				Market share %			Consumo de argamassa Milhões t			Emissões de CO ₂ MtCO ₂			
	Dosada em obra	Industrializada	Estabilizada	Dosada em obra	Industrializada	Estabilizada	Dosada em obra	Industrializada	Estabilizada	Totais	Dosada em obra	Industrializada	Estabilizada	Dosada em obra	Industrializada	Estabilizada	Dosada em obra	Industrializada	Estabilizada	Totais
2006	95%	4%	1%	60,0	2,5	0,6	5,8	0,3	0,05	9,4	95%	4%	1%	60,0	2,5	0,6	5,8	0,3	0,05	9,4
2007	95%	4%	1%	62,7	2,6	0,7	6,1	0,3	0,06	9,6	95%	4%	1%	62,7	2,6	0,7	6,1	0,3	0,06	9,6
2008	95%	4%	1%	71,3	3,0	0,8	7,0	0,3	0,07	10,2	95%	4%	1%	71,3	3,0	0,8	7,0	0,3	0,07	10,2
2009	95%	4%	1%	52,9	2,2	0,6	5,3	0,2	0,05	9,7	95%	4%	1%	52,9	2,2	0,6	5,3	0,2	0,05	9,7
2010	95%	4%	1%	47,0	2,0	0,5	4,7	0,2	0,04	9,4	95%	4%	1%	47,0	2,0	0,5	4,7	0,2	0,04	9,4
2011	95%	4%	1%	77,8	3,3	0,8	7,6	0,3	0,07	10,2	95%	4%	1%	77,8	3,3	0,8	7,6	0,3	0,07	10,2
2012	95%	4%	1%	82,4	3,5	0,9	7,9	0,4	0,07	11,0	95%	4%	1%	82,4	3,5	0,9	7,9	0,4	0,07	11,0
2013	95%	4%	1%	65,4	2,8	0,7	6,3	0,3	0,06	11,0	95%	4%	1%	65,4	2,8	0,7	6,3	0,3	0,06	11,0
2014	95%	4%	1%	84,4	3,6	0,9	8,1	0,4	0,08	11,8	95%	4%	1%	84,4	3,6	0,9	8,1	0,4	0,08	11,8
2015	95%	4%	1%	56,6	2,4	0,6	5,5	0,2	0,05	11,1	95%	4%	1%	56,6	2,4	0,6	5,5	0,2	0,05	11,1
2016	95%	4%	1%	79,5	3,3	0,8	7,9	0,4	0,07	11,6	95%	4%	1%	79,5	3,3	0,8	7,9	0,4	0,07	11,6
2017	95%	4%	1%	45,5	1,9	0,5	4,5	0,2	0,04	10,7	95%	4%	1%	45,5	1,9	0,5	4,5	0,2	0,04	10,7
2018	95%	4%	1%	60,3	2,7	0,6	6,0	0,3	0,06	11,3	95%	4%	1%	60,3	2,7	0,6	6,0	0,3	0,06	11,3
2019	95%	4%	1%	65,5	3,0	0,7	6,5	0,3	0,06	11,4	95%	4%	1%	65,5	3,0	0,7	6,5	0,3	0,06	11,4
2020	94%	5%	1%	61,8	3,0	0,7	6,1	0,3	0,06	10,9	94%	5%	1%	61,8	3,0	0,7	6,1	0,3	0,06	10,9
2021	94%	5%	1%	61,4	3,1	0,7	6,1	0,3	0,06	10,8	94%	5%	1%	61,4	3,1	0,7	6,1	0,3	0,06	10,8
2022	94%	5%	1%	60,8	3,2	0,6	6,0	0,3	0,06	10,7	94%	5%	1%	60,6	3,2	0,8	6,0	0,3	0,07	10,7
2023	94%	5%	1%	60,1	3,3	0,6	6,0	0,3	0,06	10,6	94%	5%	1%	59,8	3,3	0,9	5,9	0,3	0,08	10,6
2024	94%	5%	1%	59,2	3,4	0,6	5,9	0,4	0,06	10,5	93%	5%	2%	58,9	3,4	1,0	5,9	0,4	0,09	10,4
2025	94%	6%	1%	58,2	3,4	0,6	5,8	0,4	0,06	10,3	93%	6%	2%	57,7	3,4	1,1	5,7	0,4	0,10	10,3
2026	93%	6%	1%	57,0	3,5	0,6	5,7	0,4	0,05	10,1	92%	6%	2%	56,5	3,5	1,2	5,6	0,4	0,11	10,1
2027	93%	6%	1%	55,9	3,5	0,6	5,6	0,4	0,05	10,0	92%	6%	2%	55,3	3,5	1,3	5,5	0,4	0,11	9,9
2028	93%	6%	1%	54,9	3,6	0,6	5,5	0,4	0,05	9,8	92%	6%	2%	54,1	3,6	1,4	5,4	0,4	0,12	9,8
2029	93%	6%	1%	53,9	3,6	0,6	5,4	0,4	0,05	9,6	91%	6%	3%	53,1	3,6	1,5	5,3	0,4	0,13	9,6
2030	93%	6%	1%	53,1	3,7	0,6	5,3	0,4	0,05	9,5	91%	6%	3%	52,1	3,7	1,5	5,2	0,4	0,14	9,5
2031	92%	7%	1%	52,3	3,8	0,6	5,2	0,4	0,05	9,4	91%	7%	3%	51,2	3,8	1,6	5,1	0,4	0,15	9,4
2032	92%	7%	1%	51,5	3,8	0,6	5,1	0,4	0,05	9,3	90%	7%	3%	50,3	3,8	1,7	5,0	0,4	0,15	9,3
2033	92%	7%	1%	50,6	3,9	0,6	5,1	0,4	0,05	9,2	90%	7%	3%	49,4	3,9	1,8	4,9	0,4	0,16	9,1
2034	92%	7%	1%	49,6	3,9	0,5	5,0	0,4	0,05	9,0	89%	7%	3%	48,3	3,9	1,9	4,8	0,4	0,17	9,0
2035	92%	7%	1%	48,5	3,9	0,5	4,8	0,4	0,05	8,8	89%	7%	4%	47,1	3,9	1,9	4,7	0,4	0,17	8,8
2036	91%	8%	1%	47,4	3,9	0,5	4,7	0,4	0,05	8,6	89%	8%	4%	45,9	3,9	2,0	4,6	0,4	0,18	8,6
2037	91%	8%	1%	46,4	3,9	0,5	4,6	0,4	0,05	8,5	88%	8%	4%	44,9	3,9	2,0	4,5	0,4	0,18	8,5
2038	91%	8%	1%	45,6	4,0	0,5	4,6	0,4	0,05	8,4	88%	8%	4%	44,1	4,0	2,1	4,4	0,4	0,19	8,3
2039	91%	8%	1%	45,1	4,0	0,5	4,5	0,4	0,04	8,3	88%	8%	4%	43,4	4,0	2,2	4,3	0,4	0,20	8,3
2040	91%	8%	1%	44,8	4,1	0,5	4,5	0,4	0,04	8,3	87%	8%	5%	43,1	4,1	2,3	4,3	0,4	0,20	8,2
2041	91%	9%	1%	44,6	4,2	0,5	4,5	0,4	0,04	8,2	87%	9%	5%	42,7	4,2	2,3	4,3	0,4	0,21	8,2
2042	90%	9%	1%	44,3	4,3	0,5	4,4	0,5	0,04	8,2	86%	9%	5%	42,4	4,3	2,4	4,2	0,5	0,22	8,2
2043	90%	9%	1%	44,2	4,3	0,5	4,4	0,5	0,04	8,2	86%	9%	5%	42,1	4,3	2,5	4,2	0,5	0,23	8,2
2044	90%	9%	1%	44,0	4,4	0,5	4,4	0,5	0,04	8,2	86%	9%	5%	41,9	4,4	2,6	4,2	0,5	0,24	8,2
2045	90%	9%	1%	43,9	4,5	0,5	4,4	0,5	0,04	8,2	85%	9%	6%	41,7	4,5	2,7	4,2	0,5	0,24	8,1
2046	90%	9%	1%	43,8	4,6	0,5	4,4	0,5	0,04	8,2	85%	9%	6%	41,5	4,6	2,8	4,2	0,5	0,25	8,1
2047	89%	10%	1%	43,6	4,7	0,5	4,4	0,5	0,04	8,2	85%	10%	6%	41,2	4,7	2,9	4,1	0,5	0,26	8,1
2048	89%	10%	1%	43,5	4,8	0,5	4,4	0,5	0,04	8,2	84%	10%	6%	41,0	4,8	3,0	4,1	0,5	0,27	8,1

2049	89%	10%	1%	43,3	4,9	0,5	4,4	0,5	0,04	8,2	84%	10%	6%	40,8	4,9	3,0	4,1	0,5	0,28	8,1
2050	89%	10%	1%	43,3	4,9	0,5	4,3	0,5	0,04	8,1	84%	10%	6%	40,7	4,9	3,0	4,1	0,5	0,28	8,1

Cenário estratégico 3 – Planos horizontais

Cenário 3 – Concreto usinado e lajes pré-fabricadas																				
Ano	Cenário de referência										Cenário estratégico									
	Lajes		Consumo de concreto		Market share		Consumo de concreto		Emissões de CO ₂		Lajes		Consumo de concreto		Market share		Consumo de concreto		Emissões de CO ₂	
	%		m ³ /m ²	%		Milhões m ³		MtCO ₂		Totais	%		m ³ /m ²	%		Milhões m ³		MtCO ₂		
	Pré-fabricadas	Maciças		Dosado em obra	Usinado	Dosado em obra	Usinado	Dosado em obra	Usinado		Pré-fabricadas	Maciças		Dosado em obra	Usinado	Dosado em obra	Usinado	Dosado em obra	Usinado	Dosado em obra
2006	70%	30%	0,11	47%	53%	8,2	9,5	1,7	1,6	9,4	70%	30%	0,11	47%	53%	8,2	9,5	1,7	1,6	9,4
2007	70%	30%	0,11	44%	56%	8,5	10,8	1,7	1,7	9,6	70%	30%	0,11	44%	56%	8,5	10,8	1,8	1,9	9,6
2008	70%	30%	0,11	40%	60%	8,8	13,1	1,8	1,9	10,2	70%	30%	0,11	40%	60%	8,8	13,1	1,9	2,3	10,2
2009	70%	30%	0,11	40%	60%	6,4	9,6	1,7	1,8	9,7	70%	30%	0,11	40%	60%	6,4	9,6	1,4	1,7	9,7
2010	70%	30%	0,11	39%	61%	7,8	12,1	1,7	1,9	9,4	70%	30%	0,11	39%	61%	7,8	12,1	1,7	2,1	9,4
2011	70%	30%	0,11	38%	62%	8,0	13,1	1,7	2,0	10,2	70%	30%	0,11	38%	62%	8,0	13,1	1,7	2,3	10,2
2012	70%	30%	0,11	37%	63%	9,4	15,7	1,7	2,2	11,0	70%	30%	0,11	37%	63%	9,4	15,7	1,9	2,7	11,0
2013	70%	30%	0,11	37%	63%	8,6	14,4	1,8	2,3	11,0	70%	30%	0,11	37%	63%	8,6	14,4	1,8	2,5	11,0
2014	70%	30%	0,11	37%	63%	10,5	17,9	1,9	2,5	11,8	70%	30%	0,11	37%	63%	10,5	17,9	2,1	3,0	11,8
2015	70%	30%	0,11	40%	60%	7,7	11,5	1,8	2,3	11,1	70%	30%	0,11	40%	60%	7,7	11,5	1,6	2,0	11,1
2016	70%	30%	0,11	43%	57%	10,1	13,3	1,9	2,3	11,6	70%	30%	0,11	43%	57%	10,1	13,3	2,1	2,3	11,6
2017	70%	30%	0,11	43%	57%	8,7	11,4	1,9	2,2	10,7	70%	30%	0,11	43%	57%	8,7	11,4	1,9	2,0	10,7
2018	70%	30%	0,11	41%	59%	13,7	19,5	2,2	2,6	11,3	70%	30%	0,11	41%	59%	13,7	19,5	2,9	3,4	11,3
2019	70%	30%	0,11	42%	58%	10,5	14,7	2,2	2,6	11,4	70%	30%	0,11	42%	58%	10,5	14,7	2,2	2,6	11,4
2020	70%	30%	0,11	41%	59%	1,3	1,8	2,0	2,4	10,9	70%	30%	0,11	41%	59%	1,3	1,8	0,3	0,3	10,9
2021	70%	30%	0,11	41%	59%	9,2	13,2	2,0	2,3	10,8	70%	30%	0,11	41%	59%	9,2	13,2	2,0	2,3	10,8
2022	70%	30%	0,11	41%	59%	9,0	13,2	1,9	2,3	10,7	71%	29%	0,11	40%	60%	8,9	13,1	1,9	2,3	10,6
2023	70%	30%	0,11	40%	60%	8,8	13,1	1,9	2,3	10,6	71%	29%	0,11	40%	60%	8,6	13,0	1,8	2,3	10,5
2024	70%	30%	0,11	40%	60%	8,7	13,1	1,9	2,3	10,5	72%	28%	0,11	39%	61%	8,4	12,9	1,8	2,3	10,4
2025	70%	30%	0,11	40%	60%	8,5	13,0	1,8	2,3	10,3	73%	27%	0,11	39%	61%	8,1	12,7	1,7	2,2	10,2
2026	70%	30%	0,11	39%	61%	8,3	12,8	1,8	2,3	10,1	73%	27%	0,11	38%	62%	7,8	12,5	1,7	2,2	10,0
2027	70%	30%	0,11	39%	61%	8,1	12,7	1,7	2,2	10,0	74%	26%	0,11	38%	62%	7,5	12,3	1,6	2,2	9,8
2028	70%	30%	0,11	39%	61%	7,9	12,5	1,7	2,2	9,8	75%	25%	0,10	37%	63%	7,2	12,1	1,5	2,1	9,6
2029	70%	30%	0,11	38%	62%	7,7	12,4	1,6	2,2	9,6	76%	24%	0,10	37%	63%	7,0	11,9	1,5	2,1	9,4
2030	70%	30%	0,11	38%	62%	7,5	12,3	1,6	2,2	9,5	76%	24%	0,10	36%	64%	6,7	11,7	1,4	2,1	9,2
2031	70%	30%	0,11	38%	62%	7,4	12,2	1,6	2,2	9,4	77%	23%	0,10	36%	64%	6,5	11,6	1,4	2,0	9,1
2032	70%	30%	0,11	37%	63%	7,2	12,1	1,5	2,1	9,3	78%	22%	0,10	35%	65%	6,3	11,4	1,3	2,0	9,0
2033	70%	30%	0,11	37%	63%	7,0	12,0	1,5	2,1	9,2	78%	22%	0,10	35%	65%	6,0	11,2	1,3	2,0	8,8
2034	70%	30%	0,11	37%	63%	6,9	11,9	1,5	2,1	9,0	79%	21%	0,10	34%	66%	5,8	11,0	1,2	2,0	8,6
2035	70%	30%	0,11	36%	64%	6,7	11,7	1,4	2,1	8,8	80%	20%	0,10	34%	66%	5,6	10,8	1,2	1,9	8,4
2036	70%	30%	0,11	36%	64%	6,5	11,5	1,4	2,0	8,6	80%	20%	0,10	33%	67%	5,3	10,6	1,1	1,9	8,2
2037	70%	30%	0,11	36%	64%	6,3	11,4	1,4	2,0	8,5	81%	19%	0,10	33%	67%	5,1	10,4	1,1	1,8	8,0
2038	70%	30%	0,11	35%	65%	6,2	11,3	1,3	2,0	8,4	82%	18%	0,10	32%	68%	4,9	10,2	1,1	1,8	7,9
2039	70%	30%	0,11	35%	65%	6,1	11,3	1,3	2,0	8,3	82%	18%	0,10	32%	68%	4,7	10,1	1,0	1,8	7,8
2040	70%	30%	0,11	35%	65%	6,0	11,3	1,3	2,0	8,3	83%	17%	0,09	31%	69%	4,6	10,1	1,0	1,8	7,8
2041	70%	30%	0,11	34%	66%	5,9	11,3	1,3	2,0	8,2	84%	16%	0,09	31%	69%	4,5	10,0	1,0	1,8	7,7
2042	70%	30%	0,11	34%	66%	5,8	11,3	1,3	2,0	8,2	84%	16%	0,09	30%	70%	4,3	9,9	0,9	1,8	7,6
2043	70%	30%	0,11	34%	66%	5,8	11,3	1,3	2,0	8,2	85%	15%	0,09	30%	70%	4,2	9,9	0,9	1,8	7,6

2044	70%	30%	0,11	34%	66%	5,7	11,4	1,2	2,0	8,2	86%	14%	0,09	29%	71%	4,1	9,9	0,9	1,8	7,6
2045	70%	30%	0,11	33%	67%	5,7	11,4	1,2	2,0	8,2	87%	13%	0,09	29%	71%	4,0	9,8	0,9	1,7	7,5
2046	70%	30%	0,11	33%	67%	5,6	11,4	1,2	2,0	8,2	87%	13%	0,09	28%	72%	3,9	9,8	0,8	1,7	7,5
2047	70%	30%	0,11	33%	67%	5,6	11,5	1,2	2,0	8,2	88%	12%	0,09	28%	72%	3,8	9,8	0,8	1,7	7,5
2048	70%	30%	0,11	32%	68%	5,5	11,5	1,2	2,0	8,2	89%	11%	0,09	27%	73%	3,7	9,7	0,8	1,7	7,4
2049	70%	30%	0,11	32%	68%	5,5	11,5	1,2	2,1	8,2	89%	11%	0,09	27%	73%	3,6	9,7	0,8	1,7	7,4
2050	70%	30%	0,11	32%	68%	5,4	11,5	1,2	2,1	8,1	90%	10%	0,09	26%	74%	3,5	9,6	0,7	1,7	7,4

Emissões de CO₂MtCO₂

Ano	Cenário de referência business-as-usual	Cenário estratégico 1 - Redução do espaço				Máxima	CE2 - Argamassa industrializada com projeção mecânica	CE2 - Argamassa estabilizada	CE3 - Concreto usinado e lajes pré- fabricadas
		10%	20%	30%					
2006	9,432	9,432	9,432	9,432	9,432	9,432	9,432	9,432	
2007	9,635	10,110	9,635	9,635	9,635	9,635	9,635	9,635	
2008	10,211	11,554	10,211	10,211	10,211	10,211	10,211	10,211	
2009	9,735	8,624	9,735	9,735	9,735	9,734	9,735	9,735	
2010	9,433	8,727	9,433	9,433	9,433	9,432	9,433	9,433	
2011	10,193	11,966	10,193	10,193	10,193	10,192	10,193	10,193	
2012	11,009	12,913	11,009	11,009	11,009	11,008	11,009	11,009	
2013	10,991	10,950	10,991	10,991	10,991	10,991	10,991	10,991	
2014	11,802	13,696	11,802	11,802	11,802	11,802	11,802	11,802	
2015	11,061	9,330	11,061	11,061	11,061	11,060	11,061	11,061	
2016	11,573	12,769	11,573	11,573	11,573	11,573	11,573	11,573	
2017	10,684	8,609	10,684	10,684	10,684	10,683	10,684	10,684	
2018	11,271	12,642	11,271	11,271	11,271	11,271	11,271	11,271	
2019	11,391	11,671	11,391	11,391	11,391	11,391	11,391	11,391	
2020	10,943	7,097	10,943	10,943	10,943	10,943	10,943	10,943	
2021	10,753	10,505	10,473	10,441	10,256	10,752	10,753	10,753	
2022	10,674	10,414	10,351	10,287	9,978	10,673	10,666	10,640	
2023	10,579	10,308	10,213	10,119	9,687	10,577	10,565	10,510	
2024	10,455	10,174	10,050	9,925	9,374	10,452	10,436	10,353	
2025	10,301	10,012	9,859	9,705	9,039	10,297	10,279	10,167	
2026	10,125	9,830	9,649	9,467	8,692	10,120	10,101	9,960	
2027	9,954	9,654	9,446	9,238	8,357	9,949	9,929	9,760	
2028	9,794	9,489	9,255	9,021	8,036	9,787	9,768	9,571	
2029	9,649	9,339	9,079	8,819	7,734	9,641	9,621	9,398	
2030	9,521	9,206	8,921	8,636	7,450	9,512	9,493	9,242	
2031	9,407	9,089	8,778	8,468	7,183	9,397	9,378	9,101	
2032	9,286	8,965	8,630	8,296	6,914	9,275	9,257	8,954	
2033	9,150	8,827	8,469	8,112	6,640	9,138	9,120	8,793	
2034	8,996	8,672	8,293	7,914	6,357	8,982	8,966	8,615	
2035	8,822	8,500	8,101	7,703	6,068	8,808	8,793	8,420	
2036	8,639	8,319	7,903	7,486	5,780	8,624	8,610	8,217	
2037	8,485	8,168	7,733	7,298	5,517	8,469	8,456	8,043	
2038	8,371	8,054	7,599	7,144	5,284	8,354	8,341	7,907	
2039	8,296	7,979	7,502	7,025	5,078	8,278	8,265	7,810	
2040	8,262	7,944	7,442	6,940	4,898	8,242	8,229	7,751	
2041	8,238	7,918	7,391	6,864	4,724	8,216	8,203	7,701	
2042	8,204	7,884	7,333	6,781	4,545	8,181	8,168	7,643	
2043	8,199	7,878	7,300	6,722	4,382	8,175	8,162	7,612	
2044	8,194	7,872	7,267	6,662	4,218	8,168	8,155	7,581	
2045	8,188	7,866	7,234	6,602	4,053	8,160	8,148	7,549	

2046	8,181	7,860	7,200	6,541	3,887	8,151	8,140	7,516
2047	8,173	7,853	7,166	6,479	3,720	8,142	8,131	7,483
2048	8,165	7,847	7,132	6,418	3,552	8,132	8,122	7,449
2049	8,155	7,840	7,098	6,355	3,383	8,121	8,112	7,415
2050	8,145	7,832	7,062	6,292	3,214	8,109	8,107	7,379
