



Oportunidades de descarbonização da construção no Brasil

**Estudo preparado para a ABRAINC
por Mauro Zackiewicz**

Setembro/2025



Sumário

Introdução	2
Emissões na construção	2
Estimativas para o mundo	3
Emissões operacionais	4
Emissões incorporadas	8
Emissões totais da construção	14
Oportunidades e estratégias de descarbonização	16
Conclusão	18
Anexo I	20



Introdução

O setor da construção contribui nas emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), seja pelo uso de energia na operação de edifícios, seja pelo carbono incorporado na produção de materiais e processos construtivos.

Este relatório reúne dados relevantes para uma melhor compreensão das particularidades brasileiras. O perfil de emissões da construção no Brasil é muito diferente do perfil médio global, por decorrência de fatores como a composição da matriz energética e elétrica, a ausência de invernos rigorosos e o déficit habitacional.

Emissões na construção

O modelo conceitual mais utilizado internacionalmente para emissões de construções vem da norma europeia EN 15978 que estabelece o Ciclo de Vida da Construção. Essa referência é também adotada pelas diretrizes do IPCC e da World Green Building Council. Esse modelo estabelece 4 fases, cada uma delas subdividida em respectivas subfases.

FASE A – Produção/Construção

- A1 Matérias-primas
- A2 Transporte
- A3 Fabricação
- A4 Transporte ao canteiro
- A5 Construção/instalação

FASE B – Uso/Operação

- B1 Uso
- B2 Manutenção
- B3 Reparos
- B4 Substituições
- B5 Reformas
- B6 Energia operacional
- B7 Água operacional

FASE C – Fim de Vida

- C1 Demolição
- C2 Transporte
- C3 Processamento de resíduos
- C4 Disposição final

FASE D – Benefícios além do sistema

- D1 Reuso
- D2 Reciclagem
- D3 Recuperação energética
- D4 Substituição em outros sistemas

É importante deixar claro que esse modelo e todas as estimativas produzidas a partir dele referem-se primariamente a edifícios residenciais, comerciais e institucionais. Infraestruturas pesadas (rodovias, usinas, telecomunicações, plantas industriais) são contabilizadas em outros setores dos inventários do IPCC (EEA, 2024).

Neste relatório, o foco é dado às emissões incorporadas, incluindo os escopos 1, 2 e 3 da etapa de construção, reformas e manutenções e as emissões operacionais vinculadas ao consumo de energia fóssil, tanto da via direta, quando a queima ocorre localmente, quanto na indireta, para a produção da energia elétrica consumida.





Estimativas para o mundo

Estima-se que o conjunto das emissões de gases de efeito estufa relacionadas ao setor de construção no mundo correspondam a aproximadamente 40% do total global das emissões, valor muito acima da média brasileira de aproximadamente 5% das emissões totais do país.

Entretanto, esse número varia segundo a fonte e as premissas de cálculo adotadas. Algumas metodologias incluem apenas o consumo de energia na Fase B (IEA). Outras incluem mais etapas das FASES A e B, desde a produção de insumos, transporte, construção até o uso e a operação. (IPCC, WEF, Architecture e WorldGBC).

Por sua vez, as Fases C e D, ligadas ao encerramento da vida útil do imóvel, com sua demolição e eventual reciclagem, geralmente não são consideradas em estudos de escopo global, seja por dificuldade em se obter estimativas padronizadas e comparáveis, seja por corresponderem a quantidades pouco expressivas de emissões.

Tabela 1: Estimativas da participação do setor de construção nas emissões totais de gases de efeito estufa no mundo.

Tipo de Medida	Participação nas emissões globais	Fonte
Emissões de edifícios (GEE totais, 2019)	21% das GEE (12 GtCO ₂ e)	IPCC AR6
Operações de edifícios (energia)	26% (8% direta + 18% indireta)	IEA
Cadeia de valor da construção	37%	WEF, UNEP (Nações Unidas)
Emissões operacionais + energia total	39% (28% operação/energia + 11% incorporado)	WorldGBC (Global Building Council)
Ambiente construído (CO ₂ geral)	42% (27% operação + 15% materiais)	Architecture 2030

As emissões da etapa de produção e construção (Fases A, B1, B2, B3, B4, B5, C1, C2, C3 e C4 da norma EN 15978) são também chamadas de emissões incorporadas ou de emissões dos materiais de construção e envolvem todas as emissões ocorridas antes e durante a construção dos edifícios, incluindo todas as emissões diretas e indiretas da produção de todos os materiais e serviços mobilizados pelas construtoras.

As emissões da etapa de operação e uso (Fase B6, B7 e B8 da norma EN 15978) são chamadas de emissões operacionais ou emissões de uso e envolvem principalmente o consumo de energia fóssil durante a vida útil dos imóveis. O consumo pode ser direto, pela queima de combustíveis fósseis ou lenha não renovável, ou indireto, pelo consumo de eletricidade produzida a partir da queima desses combustíveis.

Os dados da Tabela 1 mostram estimativas para o mundo que variam de 26% a 28% para emissões operacionais e de 11% a 15% para emissões incorporadas. É possível observar, portanto, que há prevalência das emissões operacionais sobre as emissões incorporadas. Arredondando as emissões totais da construção em 40%, a proporção entre elas estaria próxima a 25/15, ou 5 para 3, ou 63% operacionais para 37% incorporadas. No Brasil, entretanto, as emissões incorporadas são ligeiramente maiores do que as operacionais, como será detalhado nas seções a seguir.

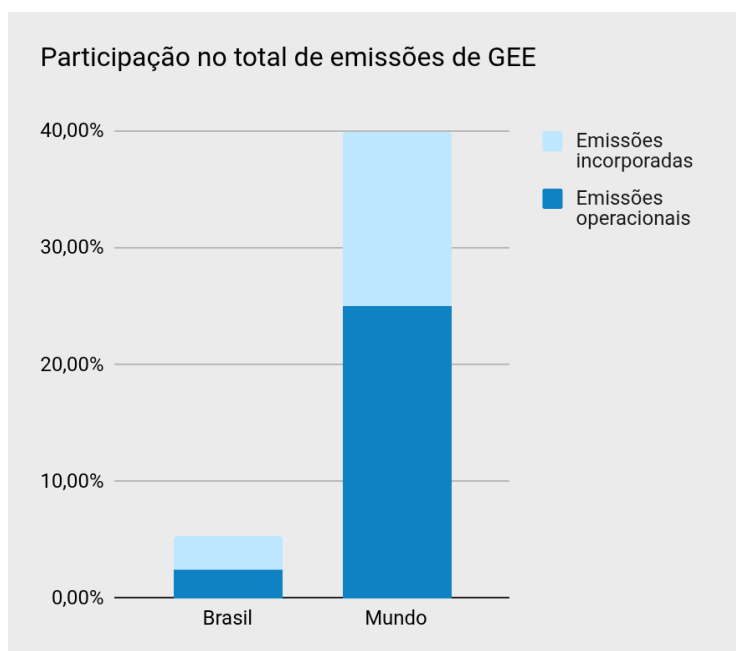


Gráfico 1: Comparação da participação do setor de construção nas emissões totais de gases de efeito estufa no Brasil e no mundo.

Emissões operacionais

A Tabela 2, a seguir, mostra a posição relativa do Brasil quanto às emissões operacionais de edificações e também o peso dessas emissões energéticas de cada país (emissões diretas são aquelas emitidas no próprio imóvel; emissões indiretas são aquelas emitidas para produzir a eletricidade e outras utilidades consumidas no imóvel). No Brasil, a emissão per capita é cerca de oito vezes menor que a média das emissões do G20 e 25 vezes menor do que a média dos EUA.

Tabela 2: Emissões per capita relacionadas à operação de edificações (não inclui carbono incorporado) e parcelas diretas e indiretas das emissões energéticas em países selecionados (fonte: Climate Transparency Report 2022).

País	Emissões (tCO ₂ per capita/ano)	Emissões energéticas diretas	Emissões energéticas indiretas
Brasil	0,2	4,20%	5,00%
Índia	0,4	5,10%	15,90%
Média G20	1,5	8,00%	16,00%
China	1,7	3,90%	15,10%
Alemanha	2,5	13,90%	18,00%
Japão	2,8	9,20%	22,70%
EUA	5,1	10,30%	24,80%

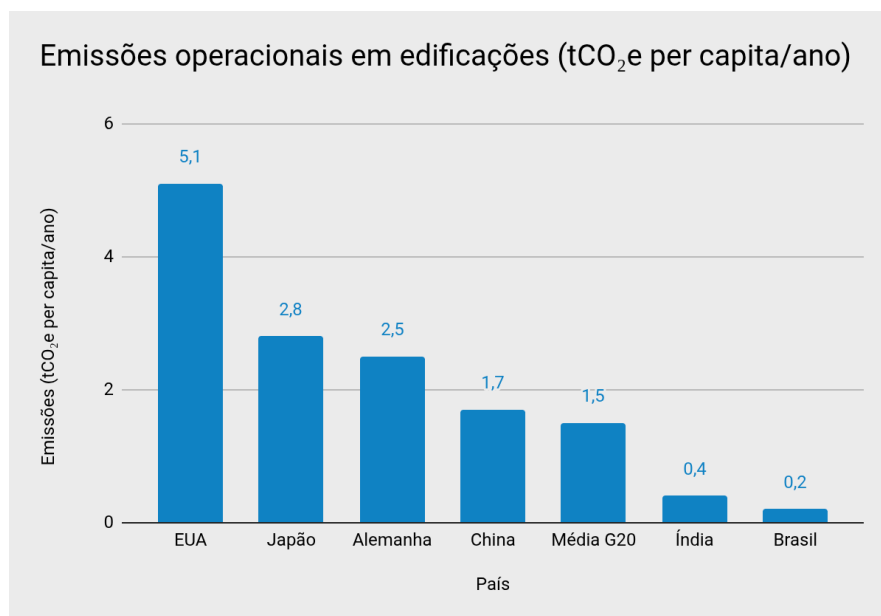


Gráfico 2: Comparação entre países selecionados e Brasil quanto a emissões operacionais em edificações.

No Brasil, a matriz elétrica limpa (Tabela 3), o pouco uso de aquecimento devido às características climáticas, o longo histórico de programas e incentivos de eficiência energética, e a (ainda) alta prevalência de moradias precárias são fatores que se somam para explicar o baixo consumo de energia per capita no ambiente construído. A Índia compartilha de muitas



características do Brasil, mas possui uma matriz de geração elétrica menos favorável, o que aumenta significativamente suas emissões indiretas.

Nos EUA, em contraste, o clima frio em muitos estados, o alto uso de gás, a alta participação de fósseis na geração de eletricidade (Tabela 3) e a grande área construída por pessoa contribuem decididamente para o alto consumo per capita de energia.

Países como Alemanha e Japão, em que pese todos os esforços de descarbonização, com transição energética e reformas estruturais em curso, estão de fato em tendência de queda e redução do consumo per capita de energia, porém ainda distantes da realidade brasileira. A China, por sua vez, está em um patamar intermediário, bem próxima da média do G20, todavia com tendência de crescimento.

Tabela 3: Comparação da matriz elétrica Brasil vs. EUA (2023).

Relevância da fonte (% do GWh total)	Brasil	EUA
Combustíveis fósseis (total)	10,7%	60,0%
Gás natural	5,3%	43,1%
Carvão	1,9%	16,2%
Líquidos do petróleo	1,5%	0,3%
Coque de petróleo	0%	0,1%
Outros gases	0%	0,3%
Nuclear	2,0%	18,6%
Renováveis (total)	89,3%	21,4%
Eólica	13,2%	10,2%
Hidroelétrica	58,9%	5,7%
Solar (total)	7,0%	3,9%
Biomassa (total)	8,0%	1,1%
Outros resíduos de biomassa	0,0%	0,1%
Geotérmica	0,0%	0,4%
Outras fontes	2,1%	0,2%

No caso do Brasil, é relevante notar que a baixa emissão energética per capita relacionada ao uso do ambiente construído se refere a uma média que inclui tanto as moradias urbanas formais quanto moradias rurais, comunidades, ocupações urbanas irregulares e casas simples



autoconstruídas, cujas emissões por consumo energético são sistematicamente menores.

A Tabela 4, construída a partir de dados do IBGE, do Operador Nacional do Sistema (ONS), da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e da pesquisa Climate Transparency 2022, mostra que o consumo médio residencial de energia de $\frac{2}{3}$ dos brasileiros é muito baixo (0,09 tCO₂e per capita/ano), configurando uma situação de pobreza energética, condicionada tanto pela precariedade das habitações quanto pelos baixos níveis de renda e consumo. Por sua vez, o consumo médio do $\frac{1}{3}$ da população que vive em condições urbanas não precarizadas é de 0,41 tCO₂e per capita/ano, o dobro da média nacional, porém ainda muito abaixo do padrão dos países listados na Tabela 2.

Tabela 4: Emissões operacionais per capita no Brasil, considerando dois estratos populacionais (fontes dos dados: IBGE, ONS, EPE, Climate Transparency 2022).

	População (milhões)	População (%)	Consumo energético residencial	Emissões (tCO₂ per capita/ano)
Moradia urbana formal	70	33%	70%	0,41
Moradias rurais e autoconstruídas	143	67%	30%	0,09

Portanto, apesar de hoje a emissão média brasileira ser de 0,2 tCO₂e per capita/ano, é de se esperar um aumento desse valor até um limite de 0,4 tCO₂e per capita/ano conforme a parcela hoje em estado de pobreza energética seja promovida aos padrões médios da moradia urbana formal. A inclusão social, nesse caso, é um importante fator de aumento das emissões, embora seja um aumento pouco significativo em termos comparativos frente aos padrões internacionais.

Tendo como base a comparação internacional, o fato é que há relativamente pouco espaço para descarbonizar o consumo energético operacional das construções no Brasil.

Algumas oportunidades existem, mas são limitadas. Por exemplo, a descarbonização da matriz elétrica para níveis ainda mais baixos de emissão (com participação crescente de energia solar e eólica e substituição de óleo combustível por gás natural ou biogás na geração termelétrica e na geração isolada), poderia eventualmente compensar a pressão de aumento de emissões devido à inclusão social, mas dificilmente se sobrepor a ela. Da mesma forma, ganhos de eficiência energética, boas práticas de arquitetura visando eficiência térmica e de iluminação, e uso de



materiais adequados (desde que de baixa pegada de carbono em sua produção) poderiam dar sua contribuição.

Emissões incorporadas

Com os dados da EEIO (Environmentally Extended Input-Output Table) preparada pela DEEP a partir do cruzamento dos dados do Inventário Nacional de Emissões (SIRENE, MCTI) e da Matriz de Insumo-Produto (estimada a partir das Tabelas de Recursos e Usos das Contas Nacionais do IBGE, segundo a metodologia desenvolvida pelo NEREUS/USP), é possível calcular as emissões diretas e indiretas para as atividades econômicas que compõem o setor de construção no Brasil.

A Tabela 5 mostra o total das emissões que decorreram das atividades de Edificações, Obras de infraestrutura e Serviços especializados para construção nos anos de 2019 e 2020.¹ Nas emissões totais estão incluídas as emissões de Escopo 1, 2 e 3 calculadas pela matriz de insumo-produto estendida com dados ambientais, de modo que nelas estão incluídas todas as emissões das atividades econômicas em si e as de suas cadeias de fornecimento, incluindo as emissões decorrentes da produção de toda a energia e matérias-primas consumidas durante os anos de referência.

Tabela 5: Emissões totais (escopos 1, 2 e 3 somados) associadas aos agregados existentes na matriz de insumo-produto brasileira estendida com dados ambientais (EEIO DEEP) relacionados ao setor de construção. (fonte: EEIO DEEP).

	2019		2020	
Agregados (MIP 128)	Emissões totais (ktCO2e GWP-AR5)	Participação nas emissões do Brasil	Emissões totais (ktCO2e GWP-AR5)	Participação nas emissões do Brasil
Edificações	32.784	1,9%	31.761	1,8%
Obras de infraestrutura	10.680	0,6%	12.034	0,7%
Serviços especializados para construção	15.764	0,9%	14.944	0,8%

¹ O ano de 2020 foi um ano prejudicado pela pandemia COVID-19, de modo que é mais seguro adotar a referência de 2019, apesar da diferença ser insignificante para o caso da construção. Para os anos mais recentes ainda não foram publicados dados com detalhamento suficiente para a construção do modelo EEIO.



SETOR CONSTRUÇÃO (amplo) ²	59.228	3,5%	58.740	3,3%
Brasil	1.712.196		1.785.330	

São valores baixos na comparação internacional. Enquanto no mundo as estimativas da participação das emissões incorporadas da construção no total das emissões globais fica entre 11% e 15%, no Brasil ela não passa de 3,5%.

Na maioria dos estudos internacionais, as atividades ligadas a Obras de Infraestrutura não são consideradas para fins analíticos como ambiente construído. As emissões para a construção da infraestrutura são normalmente associadas aos respectivos setores, quais sejam, de transporte, energia, telecomunicações, indústria, etc.

Do ponto de vista da comparação internacional, portanto, não faz sentido a inclusão das emissões de Obras de Infraestrutura, por sua vinculação conceitual a outros setores. Por outro lado, faz sentido a inclusão das emissões de Serviços Especializados para Construção, dado que a maioria das atividades desse setor está relacionada com serviços de manutenção e reformas no ambiente já construído.³ Tal inclusão, a rigor, extrapola a definição tipicamente considerada nos estudos internacionais dado que no caso brasileiro este agregado também considera serviços prestados para outras infraestruturas.

Com isso, somando Edificações e Serviços Especializados para Construção, atinge-se um valor total de emissões, eventualmente levemente sobre estimadas, de 2,8% das emissões nacionais para emissões incorporadas.

Levando em consideração mais uma camada de complexidade, parte substantiva dos 0,9% de emissões decorrentes de Serviços Especializados para Construção, deveria ser alocada, segundo a norma EN 15978, como emissões operacionais. Seria o caso das manutenções, reformas, reparos e a instalação de novos equipamentos. Infelizmente, porém, não há detalhamento suficiente nos dados que permita fazer essa desagregação. Por sua vez, as estimativas para emissões operacionais da Climate Transparency, por exemplo, não incluem esses itens, focalizando

² Cf. Anexo I para o detalhamento de todas as atividades econômicas que fazem parte de cada um dos 3 produtos agregados definidos na matriz de insumo-produto brasileira.

³ Examinando a MIP de 2019, temos 70,4% do valor gerado pelos Serviços Especializados em Construção sendo incorporados à Formação de Capital Fixo, que inclui tanto o ambiente construído para habitação quanto o capital fixo relacionado a outras infraestruturas. Temos ainda 9% do valor indo para Edificações; 2,7% para Obras de Infraestrutura; 2,1% para Telecomunicações; e 1,6% para Saúde Pública.

prioritariamente no consumo de energia. Ao incluir tais itens na conta das emissões incorporadas, apesar da imprecisão de classificação, garante-se, afinal, que essas emissões sejam também contabilizadas nas emissões totais da construção no Brasil.

Quanto às Edificações, principal responsável pelas emissões incorporadas, com 1,9% do total nacional, a Tabela 6 mostra que as emissões de Escopo 3 são predominantes e corresponderam a 94,8% de todas as emissões do setor em 2019. As emissões de Escopo 1 (diretamente atribuídas às atividades de construção) corresponderam a 5% e as de Escopo 2 a 0,3%.

Tabela 6: Detalhamento das emissões de escopo 1, 2 e 3 para Edificações (fonte: EEIO DEEP).

Emissões	2019			2020		
	ktCO ₂ e GWP-AR5	Fator de emissão (kgCO ₂ e/R\$)	Participação	ktCO ₂ e GWP-AR5	Fator de emissão (kgCO ₂ e/R\$)	Participação
Escopo 1	1.629	0,0049	5,0%	1.258	0,0036	4,0%
Escopo 2	82	0,0002	0,3%	65	0,0002	0,2%
Escopo 3	31.073	0,0943	94,8%	30.438	0,0875	95,8%
Totais	32.784	0,0995	100,0%	31.761	0,0913	100,0%

No escopo 1 das Edificações, segundo os dados fornecidos pelo Inventário Nacional, a composição das emissões inventariadas pela metodologia da SIRENE/MCTI se resume à queima de combustíveis fósseis e, marginalmente, ao uso de produtos não energéticos de combustíveis e solventes (Tabela 7).⁴

Tabela 7: Emissões de escopo 1 de Edificações (2019) estimadas a partir do Inventário Nacional de Emissões (SIRENE/MCTI) (fonte: EEIO DEEP).

Categoria IPCC	Descrição	Emissões (CO ₂ e)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
1.A.2.g.	Energia: Atividades de queima de combustíveis (abordagem setorial): Indústrias de transformação e construção:	1.602	0	20	1.622

⁴ O Inventário Nacional aloca as emissões do setor de construção em uma categoria mais ampla (Equipamentos de Transporte). Os valores da Tabela 7 foram proporcionalmente rateados para o produto 41801 da MIP de 2019 utilizando os dados de consumo de combustíveis fósseis fornecidos pela própria MIP.



	Equipamentos de transporte				
2.D.	Processos industriais e uso de produtos (PPU): Produtos não energéticos de combustíveis e solventes	7	0	0	7
	Total	1.609	0	20	1.629

A Tabela 8 traz um panorama setorial dos principais componentes da cadeia de fornecimento do setor de Edificações, ordenados pela participação no total das emissões indiretas (escopos 2 e 3).⁵

Tabela 8: Emissões incorporadas detalhadas segundo a cadeia de fornecimento em Edificações no Brasil em 2019 (fonte: EEIO DEEP).

Insumos do setor Edificações	ktCO ₂ e	% Setor	% Acumulado
Cimento	8.399	27,0%	27,0%
Vidros, cerâmicos e outros produtos de minerais não metálicos	6.388	20,5%	47,5%
Artefatos de cimento, gesso e semelhantes	3.970	12,7%	60,2%
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	1.801	5,8%	66,0%
Transporte terrestre de carga	1.427	4,6%	70,6%
Serviços especializados para construção	1.427	4,6%	75,1%
Produtos de metal, exclusive máquinas e equipamentos	1.173	3,8%	78,9%
Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores	986	3,2%	82,1%
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	579	1,9%	83,9%
Artigos de plástico	533	1,7%	85,6%
Minerais não metálicos	418	1,3%	87,0%

⁵ Esse detalhamento é obtido através de multiplicadores calculados a partir dos dados da MIP. Os montantes de emissão assim estimados representam a soma dos escopos 2 e 3 do setor de Edificações. Por exemplo, no caso do cimento, as emissões incluem as da produção do cimento utilizado por Edificações (escopo 1 do cimento) e também as emissões indiretas dessa produção (escopos 2 e 3 do cimento). O raciocínio se estende para os insumos utilizados para a produção do cimento, e assim por diante, em *tier infinito*.

Produtos da metalurgia de metais não ferrosos	413	1,3%	88,3%
Diesel - biodiesel	398	1,3%	89,6%
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	357	1,1%	90,7%
Outros (114 itens)	2.886	9,3%	100,0%
Total	31.155	100,0%	

Os materiais de construção se destacam na composição das emissões indiretas do setor de Edificações. Em 90% das emissões indiretas, quase todos os itens são materiais empregados na construção. Cimento, vidros e cerâmicos, artefatos de cimento, aço, produtos de metal, tintas, plásticos, minerais não-metálicos (areia, pedra, brita, etc.), não-ferrosos (ex. produtos de alumínio), materiais elétricos, sendo que os 5 primeiros dessa lista respondem por cerca de 70% das emissões.

A Tabela 9, complementa a anterior, mostrando o grau de vinculação de cada um desses setores da cadeia de fornecimento ao setor Edificações. Esse índice permite avaliar o nível de dependência intersetorial entre fornecedores e compradores, quanto maior a vinculação, maior será o poder de comando, por exemplo na implementação de políticas de descarbonização, e vice-versa. As conexões mais fortes estão em artefatos de cimento (48%), cimento (33%), tintas (25%), vidros e cerâmicas (23%) e minerais não metálicos (18%).

Tabela 9: Grau de vinculação das emissões a Edificações dos principais setores da cadeia de fornecimento em 2019 (fonte: EEIO DEEP).

Insumos do setor Edificações	Parcela Edificações (ktCO ₂ e)	Emissões totais (ktCO ₂ e)	% vinculado a Edificações
Cimento	8.399	25.711	32,70%
Vidros, cerâmicos e outros produtos de minerais não metálicos	6.388	28.030	22,80%
Artefatos de cimento, gesso e semelhantes	3.970	8.203	48,40%
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	1.801	28.099	6,40%
Transporte terrestre de carga	1.427	139.188	1,00%
Serviços especializados para construção	1.427	15.764	9,00%

Produtos de metal, exclusive máquinas e equipamentos	1.173	10.418	11,30%
Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores	986	59.513	1,70%
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	579	2.289	25,30%
Artigos de plástico	533	6.016	8,90%
Minerais não metálicos	418	2.309	18,10%
Produtos da metalurgia de metais não ferrosos	413	20.087	2,10%
Diesel - biodiesel	398	21.421	1,90%
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	357	5.022	7,10%

Na Tabela 10, é possível perceber que o perfil de emissões em função dos insumos consumidos pelo setor de Serviços Especializados para Construção é bastante similar ao de Edificações.⁶

Tabela 10: Emissões incorporadas detalhadas segundo a cadeia de fornecimento em Serviços Especializados para Construção no Brasil em 2019 (fonte: EEIO DEEP).

Insumos do setor Serviços Especializados para Construção	ktCO ₂ e	% Setor	% Acumulado
Cimento	3.713	24,8%	24,8%
Vidros, cerâmicos e outros produtos de minerais não metálicos	2.846	19,0%	43,8%
Artefatos de cimento, gesso e semelhantes	1.754	11,7%	55,5%
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	797	5,3%	60,8%
Edificações	791	5,3%	66,1%
Transporte terrestre de carga	675	4,5%	70,6%
Bovinos e outros animais vivos, produtos animal, caça e serviços	634	4,2%	74,8%

⁶ As menções a insumos da agropecuária estão relacionadas a matérias-primas e/ou a compras para alimentação, as emissões desses insumos são altas porque elas incluem emissões devido ao desmatamento para a expansão da fronteira agropecuária, que é a maior fonte de emissões brasileira.

Produtos de metal, exclusive máquinas e equipamentos	520	3,5%	78,3%
Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores	452	3,0%	81,3%
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	256	1,7%	83,0%
Artigos de plástico	236	1,6%	84,6%
Milho em grão	213	1,4%	86,0%
Diesel - biodiesel	197	1,3%	87,3%
Minerais não metálicos	185	1,2%	88,6%
Produtos da metalurgia de metais não ferrosos	182	1,2%	89,8%
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	158	1,1%	90,8%
Outros (112 itens)	1.372	9,2%	100,0%
Total	14.981	100,0%	

O Gráfico 3 mostra a participação consolidada dos principais insumos das cadeias de fornecimento dos setores Edificações e Serviços especializados para construção. Essas emissões, correspondentes ao Escopo 3 do setor consolidado, totalizaram 46.136 ktCO₂e em 2019.

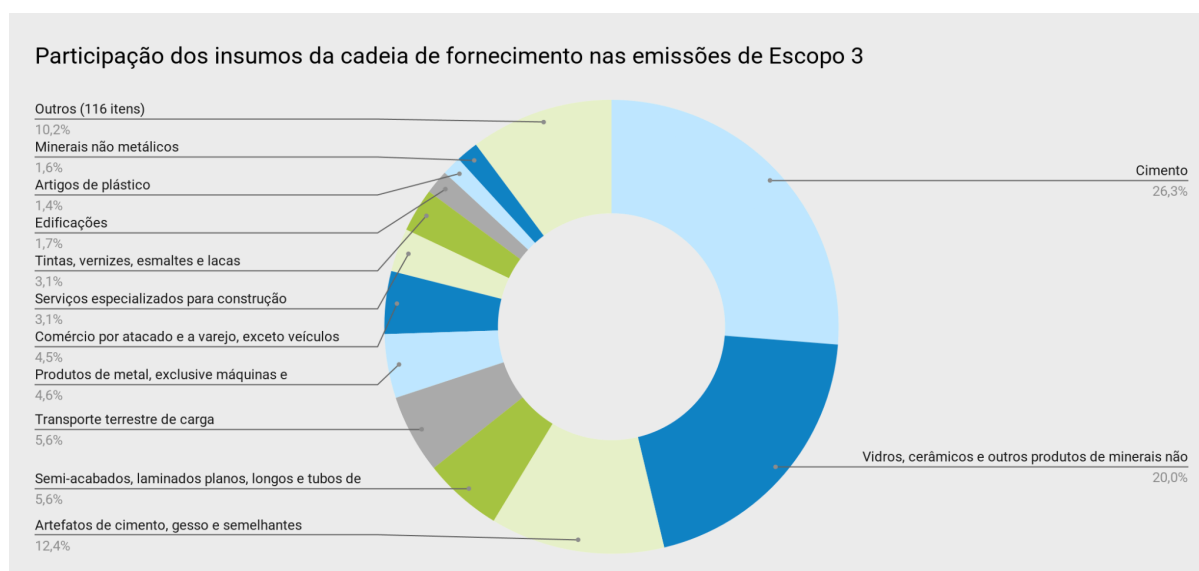


Gráfico 3: Principais componentes do Escopo 3 de emissões com valores consolidados dos setores Edificações e Serviços especializados para construção.



Emissões totais da construção

A Tabela 11 consolida os dados de emissões incorporadas e operacionais do setor de construção no Brasil, nos anos de 2019 e 2020. Conforme discutido acima, as emissões incorporadas incluem tanto as emissões de Edificações quanto de Serviços Especializados para Construção, dada a impossibilidade de isolar dessas últimas os serviços de reparo e manutenção, que poderiam ser mais precisamente alocadas como emissões operacionais (norma EN 15978). Além disso, uma pequena parcela dessas emissões não está diretamente relacionada ao ambiente construído, de modo que a estimativa obtida pode ser considerada ligeiramente sobre estimada.

Tabela 11: Consolidado das emissões incorporadas e operacionais do setor de construção no Brasil, 2019 e 2020 (fonte: EEIO DEEP).

	2019		2020	
	ktCO2e	Parcela das emissões brasileiras	ktCO2e	Parcela das emissões brasileiras
Emissões incorporadas (na construção e na manutenção)	48.548	2,8%	46.705	2,6%
Emissões operacionais (consumo de energia no uso)	42.020	2,5%	42.360	2,4%
Total	90.568	5,3%	89.065	5,0%

Do ponto de vista da comparação internacional, um objetivo importante deste estudo, essas divergências à norma não chegam a ser problemáticas. Os dados para emissões operacionais no mundo usam a mesma base de referência, ou seja, a energia consumida pelo uso das edificações do ambiente construído. Quanto às emissões incorporadas, uma das razões para a grande variação encontrada nas estimativas globais é justamente a definição do que entra e do que não entra na contabilidade (vide discussão acerca da Tabela 1), de modo que adotar um número levemente sobre estimado para o Brasil retira qualquer possibilidade de dúvida sobre o melhor desempenho brasileiro quanto a emissões nesse item.

A Tabela 12 compara lado a lado o desempenho da construção no Brasil e no mundo quanto às emissões de gases de efeito estufa, segundo diversos indicadores. Primeiro a comparação é feita quanto a emissões absolutas, evidenciando a enorme diferença quantitativa entre as emissões no Brasil



e no mundo. O Brasil emite apenas 1/261 de todo o carbono relacionado à construções no mundo, com uma participação relativa às emissões totais 8 vezes menor do que a média mundial.

Tabela 12: Comparação consolidada das emissões de gases de efeito estufa do setor de construção brasileiro com a média mundial (ano base 2019).

Indicador	Brasil	Mundo	Mundo/Brasil
Emissões absolutas – operacionais	42 MtCO ₂ e	15.900 MtCO ₂ e	379
Emissões absolutas – incorporadas	48,5 MtCO ₂ e	7.700 MtCO ₂ e	159
Emissões absolutas – totais	90,5 MtCO ₂ e	23.600 MtCO ₂ e	261
Participação no total nacional/global	5,30%	~40%	8
Per capita – operacionais	0,20 t/hab	2,06 t/hab	10
Per capita – incorporadas	0,23 t/hab	1,00 t/hab	4
Per capita – total	0,43 t/hab	3,06 t/hab	7
Por m ² construído/ano	490–565 kgCO ₂ e/m ²	1.534 kgCO ₂ e/m ²	3

As emissões per capita e as emissões por m² construído⁷ também são menores no Brasil, especialmente quanto a emissões operacionais, refletindo a matriz elétrica limpa e as características climáticas. As emissões totais per capita são 7 vezes menores no Brasil e as emissões por m² construído por ano são 3 vezes menores. Este último indicador se aplica apenas ao carbono incorporado, uma vez que incluir as emissões operacionais a um denominador de obra nova mistura fluxos com temporalidades diferentes (construção vs. operação anual do estoque).

Oportunidades e estratégias de descarbonização

Em comparação ao mundo, as oportunidades de descarbonização no ambiente construído brasileiro são relativamente menores e mais difíceis.

⁷ Para estimar as emissões por m² construído foram utilizados como base os seguintes dados: (i) área total anual de novas construções no Brasil: de 86 a 99 milhões de m² (estimados a partir do valor total de edificações, R\$127,3 bilhões, PAIC/IBGE, 2019; do custo médio por m², R\$1,83-1,93 mil, CUB/SINAPI 2019, mais acréscimo de informalidade e pequeno porte na faixa de 30% a 50%); (ii) área total anual de novas construções no mundo: aproximadamente 5 bilhões de m² (IEA, GlobalABC).



Nas últimas décadas, o Brasil alcançou ganhos expressivos de eficiência energética no segmento residencial, graças a diversas campanhas incentivando o uso racional da energia elétrica, a frequência de bandeiras vermelhas tarifárias e a etiquetagem imposta pelo INMETRO para eletrodomésticos e equipamentos elétricos ou de combustão de uso doméstico. Existe sempre espaço para melhorias de eficiência energética e se espera que, ao longo do tempo, esta curva de melhorias incrementais se sustente. Entretanto, não estão disponíveis oportunidades para ganhos mais substanciais no curto prazo. Pelo contrário, o movimento de inclusão das milhões de pessoas que hoje vivem em moradias precárias deve puxar para cima a média de consumo energético. Nesse sentido, os ganhos de eficiência energética, tanto relacionados às instalações e eletrodomésticos quanto às otimizações e inovações arquitetônicas, tais como o exemplo da NBR 15.575 para o desempenho térmico de construções, deverão funcionar mais como compensação a esse movimento do que como redutores efetivos da emissão total.

Por exemplo, se 50% da população que hoje vive em situação precária mudar de patamar, seguindo os números da Tabela 4, o consumo energético habitacional per capita subiria de 0,2 tCO₂/ano para 0,3 tCO₂/ano. Nesse cenário, os ganhos de eficiência energética, eventualmente somados com melhorias na matriz de geração, precisam ser de 33% para compensar o efeito da inclusão. Pelo mesmo raciocínio, a inclusão de 100% dessa população elevaria as emissões médias devido ao consumo de energia a 0,4 tCO₂/ano e os ganhos de eficiência energética precisariam ser de 50% frente aos padrões atuais.

Existem também ações de descarbonização e neutralidade de emissões em curso em diversas indústrias da cadeia de fornecimento, notadamente nos setores de cimento e aço. O Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC), por exemplo, publicou em 2019 um roadmap descrevendo uma série de ações para reduzir as emissões de CO₂ do cimento em 33% até 2050, partindo de um patamar em 2020 de emissões já abaixo da média mundial (565 kgCO₂/t de cimento produzido no Brasil contra 633 kg CO₂/t no mundo). O setor de cimento é um caso emblemático de *hard-to-abate*, uma vez que as emissões se dão a partir da principal reação química que define o processo de produção. No mundo, as projeções de neutralidade passam necessariamente por inovações como a captura de carbono, o uso de novas tecnologias que reduzam o uso de concreto nas construções e o emprego de métodos industrializados de construção *onsite* e *offsite*.

A Tabela 13 mostra o resultado de uma simulação que considera os condicionantes discutidos acima para estimar qual seria uma projeção de descarbonização viável para o setor de construção no Brasil. Nas condições simuladas, o potencial de descarbonização realista para o setor seria de 16,6%. Nesta análise, não foi explicitado o horizonte temporal, uma vez que a descarbonização do setor depende e acompanha em grande medida os avanços obtidos por seus fornecedores (escopo 3).

Tabela 13: Potencial de descarbonização do setor de construção no Brasil.

Parcela	Situação atual (ktCO ₂ /ano)	Projeção com descarbonização	Premissas
operacional (energia direta)	19.448	19.448	Eficiência energética compensam o aumento devido à inclusão social
operacional (energia indireta)	23.152	23.152	Aumento de renováveis e eficiência na matriz de geração compensam o aumento devido à inclusão social
incorporada (principais materiais*)	29.668	19.284	Redução média de 35% (redução de emissões na fabricação e respectivas cadeias, substituição e menor uso de materiais)
incorporada (outros insumos)	16.468	12.351	Redução média de 25% (redução de emissões na fabricação e respectivas cadeias, substituição e menor uso de materiais)
incorporadas (escopos 1 e 2)	2.412	1.809	Redução média de 25% nas emissões por queima de combustíveis fósseis na construção e nos serviços especializados e eficiência energética
Total	91.148	76.044	Potencial de descarbonização: 16,6%

* cimento, artefatos de cimento, vidros, cerâmicos e aço.

A questão da inclusão social merece discussão adicional. A ABRAINCO estima uma demanda anual de 1 milhão de novas unidades habitacionais ao ano, parte importante delas destinadas a suprir um déficit atualmente estimado em mais de 6 milhões de unidades. Além disso, temos $\frac{2}{3}$ da população vivendo em moradias com consumo energético bastante reprimido pela baixa renda. Nesse contexto, não faz sentido buscar a



descaracterização do setor reduzindo a oferta anual de novas moradias nem tampouco pressupondo a manutenção de vastos contingentes populacionais em pobreza energética. A inclusão social, portanto, significa a manutenção ou até mesmo a ampliação das emissões de gases de efeito estufa. Na Tabela 13, adotou-se a premissa de manutenção do nível de emissões operacionais per capita brasileiro, que já é dos mais baixos do mundo (Tabela 2), supondo que para isso serão necessários grandes investimentos e esforços de eficiência energética para compensar o aumento de consumo energético vinculado à inclusão social (tanto pela migração para moradias formais quanto pelo aumento de renda). Quanto mais robusta for a inclusão social, mais ambiciosa a meta de manutenção das atuais emissões operacionais per capita se torna.

Conclusão

O diagnóstico comparativo evidencia que o setor da construção no Brasil apresenta um perfil de emissões singular no contexto global. Enquanto no mundo o ambiente construído responde por aproximadamente 40% das emissões de gases de efeito estufa, no Brasil sua participação é de apenas 5,3%. Essa diferença se explica sobretudo pela matriz elétrica predominantemente renovável, pelo clima que dispensa aquecimento intensivo e pelo déficit habitacional que mantém parte expressiva da população em situação de baixo consumo energético.

Mesmo com esse desempenho destacado, ainda existem oportunidades para a descarbonização do setor. O carbono incorporado em materiais de construção, em especial cimento, aço, vidro e cerâmicos, concentra a maior parcela das emissões e deve ser alvo prioritário de políticas públicas e de inovação tecnológica, dadas as dificuldades tecnológicas envolvidas. A trajetória de inclusão social — que levará milhões de brasileiros para moradias mais adequadas — inevitavelmente elevará o consumo energético operacional per capita, exigindo ganhos contínuos de eficiência para que o patamar de consumo brasileiro se mantenha entre os mais baixos do mundo.

Assim, uma agenda de descarbonização do setor de construção no Brasil poderia combinar quatro frentes: (i) fortalecimento da circularidade e da inovação em materiais intensivos em carbono; (ii) inovações construtivas visando a redução do uso de materiais intensivos em carbono; (iii) aprofundamento das políticas de eficiência energética em edificações; e (iv) estratégias de compensação das emissões adicionais advindas da



inclusão social. Nessa direção, o setor pode não apenas contribuir para o cumprimento das metas climáticas nacionais, mas também se projetar como referência internacional de baixo carbono em operações, ao mesmo tempo em que enfrenta o desafio de alinhar crescimento habitacional, inclusão social e sustentabilidade ambiental.



Anexo I

41801 Edificações

4110700 INCORPORAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS

4120400 CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

41802 Obras de infra-estrutura

4211101 CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS E FERROVIAS

4211102 PINTURA PARA SINALIZAÇÃO EM PISTAS RODOVIÁRIAS E AEROPORTOS

4212000 CONSTRUÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

4213800 OBRAS DE URBANIZAÇÃO - RUAS, PRAÇAS E CALÇADAS

4221901 CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS E REPRESAS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

4221902 CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÕES E REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

4221903 MANUTENÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

4221904 CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÕES E REDES DE TELECOMUNICAÇÕES

4221905 MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES E REDES DE TELECOMUNICAÇÕES

4222701 CONSTRUÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, COLETA DE ESGOTO E CONSTRUÇÕES CORRELATAS, EXCETO OBRAS DE IRRIGAÇÃO

4222702 OBRAS DE IRRIGAÇÃO

4223500 CONSTRUÇÃO DE REDES DE TRANSPORTES POR DUTOS, EXCETO PARA ÁGUA E ESGOTO

4291000 OBRAS PORTUÁRIAS, MARÍTIMAS E FLUVIAIS

4292801 MONTAGEM DE ESTRUTURAS METÁLICAS

4292802 OBRAS DE MONTAGEM INDUSTRIAL

4299501 CONSTRUÇÃO DE INSTALAÇÕES ESPORTIVAS E RECREATIVAS

4299599 OUTRAS OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL NÃO ESPECIFICADAS ANTERIORMENTE

41803 Serviços especializados para construção

4311801 DEMOLIÇÃO DE EDIFÍCIOS E OUTRAS ESTRUTURAS

4311802 PREPARAÇÃO DE CANTEIRO E LIMPEZA DE TERRENO

4312600 PERFURAÇÕES E SONDAGENS



4313400 OBRAS DE TERRAPLENAGEM

4319300 SERVIÇOS DE PREPARAÇÃO DO TERRENO NÃO ESPECIFICADOS ANTERIORMENTE

4321500 INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO ELÉTRICA

4322301 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS, SANITÁRIAS E DE GÁS

4322302 INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS CENTRAIS DE AR CONDICIONADO, DE VENTILAÇÃO E REFRIGERAÇÃO

4322303 INSTALAÇÕES DE SISTEMA DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO

4329101 INSTALAÇÃO DE PAINÉIS PUBLICITÁRIOS

4329102 INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA ORIENTAÇÃO À NAVEGAÇÃO MARÍTIMA FLUVIAL E LACUSTRE

4329103 INSTALAÇÃO, MANUTENÇÃO E REPARAÇÃO DE ELEVADORES, ESCADAS E ESTEIRAS ROLANTES

4329104 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE ILUMINAÇÃO E SINALIZAÇÃO EM VIAS PÚBLICAS, PORTOS E AEROPORTOS

4329105 TRATAMENTOS TÉRMICOS, ACÚSTICOS OU DE VIBRAÇÃO

4329199 OUTRAS OBRAS DE INSTALAÇÕES EM CONSTRUÇÕES NÃO ESPECIFICADAS ANTERIORMENTE

4330401 IMPERMEABILIZAÇÃO EM OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL

4330402 INSTALAÇÃO DE PORTAS, JANELAS, TETOS, DIVISÓRIAS E ARMÁRIOS EMBUTIDOS DE QUALQUER MATERIAL

4330403 OBRAS DE ACABAMENTO EM GESSO E ESTUQUE

4330404 SERVIÇOS DE PINTURA DE EDIFÍCIOS EM GERAL

4330405 APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS E DE RESINAS EM INTERIORES E EXTERIORES

4330499 OUTRAS OBRAS DE ACABAMENTO DA CONSTRUÇÃO

4391600 OBRAS DE FUNDAÇÕES

4399101 ADMINISTRAÇÃO DE OBRAS

4399102 MONTAGEM E DESMONTAGEM DE ANDAIMES E OUTRAS ESTRUTURAS TEMPORÁRIAS

4399103 OBRAS DE ALVENARIA

4399104 SERVIÇOS DE OPERAÇÃO E FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTOS PARA TRANSPORTE E ELEVAÇÃO DE CARGAS E PESSOAS PARA USO EM OBRAS

4399105 PERFURAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE ÁGUA

4399199 SERVIÇOS ESPECIALIZADOS PARA CONSTRUÇÃO NÃO ESPECIFICADOS ANTERIORMENTE