



# Documento de Posição da ASHRAE sobre Descarbonização de Edifícios

Aprovado pelo conselho de diretores da ASHRAE  
26 de Junho de 2022

Expira em  
26 de Junho de 2025

Traduzido sob licença da ASHRAE

## MEMBROS DO COMITÊ

O Documento de Posição da ASHRAE sobre Descarbonização de Edifícios foi desenvolvido pelo Comitê do Documento de Posição sobre Descarbonização de Edifícios da Associação.

**Kent W. Peterson (Chair)**  
P2S Inc.  
Long Beach, California, USA

**Constantinos A. Balaras**  
National Observatory of Athens (NOA)  
Athens, Greece

**Drury B. Crawley**  
Bentley Systems, Inc  
Washington, D.C., USA

**Jim Edelson**  
New Building Institute  
Portland, Oregon, USA

**Roger Hedrick**  
NORESO  
Boulder, Colorado, USA

**Clay Nesler**  
World Resources Institute  
Washington, D.C., USA

**Elizabeth K. Tomlinson**  
Stantec  
Saint Paul, Minnesota, USA

**Paul Torcellini**  
National Renewable Energy Laboratory  
Golden, Colorado, USA

ASHRAE é uma marca registrada no U.S. Patent and Trademark Office, de propriedade da American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

## HISTÓRICO DE DATAS DE REVISÃO/REAFIRMAÇÃO/REVOGAÇÃO

A seguir, são apresentadas as datas de revisão, reafirmação e revogação deste documento:

6/26/2022—BOD aprova o Documento de Posição intitulado *Building Decarbonization*

**Nota:** o Conselho de Tecnologia da ASHRAE e o comitê competente recomendam revisão, reafirmação ou revogação a cada 30 meses.

---

This publication was translated with permission in 2022 from the English edition published by ASHRAE © 2022. Translation by Gabriel Berlatto, CTTC chair of the ASHRAE South Brazil Chapter, Tiago Ludtke, and Eduardo de Rosso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English-language edition, contact ASHRAE, 180 Technology Parkway, Peachtree Corners, GA 30092 USA, [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org).

Essa publicação foi traduzida com permissão em 2022 da edição em inglês publicada pela ASHRAE © 2022. Tradução por Gabriel Berlatto, CTTC chair do ASHRAE South Brazil Chapter, Tiago Ludtke e Eduardo de Rosso. A ASHRAE não assume nenhuma responsabilidade pela precisão da tradução. Para adquirir a edição em inglês, entre em contato com a ASHRAE, 180 Technology Parkway, Peachtree Corners, GA 30092 USA, [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org).

---

**Nota:** Os documentos de posição da ASHRAE são aprovados pelo Conselho de Diretores e expressam as opiniões da associação sobre um assunto específico. O objetivo desses documentos é fornecer informações de fundo objetivas e autorizadas a pessoas interessadas em questões da especialidade da ASHRAE, particularmente em áreas em que essas informações serão úteis na elaboração de políticas públicas sólidas. Um objetivo relacionado é também servir como uma ferramenta educacional esclarecendo a posição da ASHRAE para seus membros e profissionais, em geral, promovendo as artes e as ciências do HVAC&R.

## SUMÁRIO

### Documento de Posição da ASHRAE sobre Descarbonização de Edifícios

<b>SEÇÃO</b>	<b>PÁGINA</b>
Resumo . . . . .	1
Introdução . . . . .	2
1 O Problema . . . . .	3
2 Antecedentes . . . . .	4
2.1 Relevância da ASHRAE . . . . .	4
2.2 Descarbonizando o Ambiente Construído . . . . .	6
2.3 Princípios da Redução de Carbono . . . . .	8
2.4 Estratégias de Descarbonização . . . . .	9
2.5 Desafios da Descarbonização . . . . .	11
3 Posições e Recomendações . . . . .	12
3.1 Posições da ASHRAE . . . . .	12
3.2 Compromissos da ASHRAE . . . . .	13
3.3 Recomendações da ASHRAE . . . . .	14
4 Referências . . . . .	14

## RESUMO

Este Documento de Posição recomenda adotar estratégias de descarbonização de edifícios para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) da construção. Os edifícios proporcionam muitos benefícios à sociedade, mas têm um impacto ambiental significativo em todo o mundo devido às suas emissões de GEE. O setor de construção é responsável por cerca de 40% dos GEEs globais, e espera-se que a quantidade global de construções dobre até 2060.

À medida que a sociedade enfrenta o desafio de mitigar as mudanças climáticas, a posição da ASHRAE é que a descarbonização de edifícios e seus sistemas deve ser baseada em uma análise holística, incluindo ambientes saudáveis, seguros e confortáveis; eficiência energética; impactos ambientais; sustentabilidade; segurança operacional; e economia. Até 2030, o ambiente construído global deve reduzir pela metade suas emissões de GEE de 2015, quando:

- todos os novos edifícios sejam zero emissões líquidas de GEE em operação;
- retrofits de eficiência energética amplos de ativos existentes estejam bem encaminhados;
- e
- o carbono incorporado de novas construções seja reduzido em pelo menos 40%.

## INTRODUÇÃO

Os edifícios em que vivemos e trabalhamos são responsáveis por cerca de 40% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) relacionados à energia. À medida que as jurisdições de todo o planeta enfrentam as mudanças climáticas, o termo *descarbonização* está sendo usado para descrever práticas ou políticas que reduzem as emissões de GEE. A métrica padrão usada para quantificar os GEEs é o dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq). Usar uma métrica comum ajuda a avaliar diferentes fontes de GEEs em termos de seu potencial de impactar a atmosfera - também conhecido como seu potencial de aquecimento global (*Global Warming Potential*, GWP).

Este Documento de Posição apresenta a posição da ASHRAE sobre a descarbonização de edifícios juntamente com recomendações para avançar. Os membros da ASHRAE têm experiência, missão e visão para abordar diretamente a descarbonização em edifícios existentes e futuros, enquanto continuam a proporcionar um ambiente construído saudável e sustentável para todos.

As políticas e compromissos globais que impulsionam a transformação no projeto de construção e desempenho são amplamente motivados pelas mudanças climáticas, e espera-se que a quantidade global de construções dobre até 2060. Em resposta a este apelo à ação, as entidades públicas e corporativas de muitos países estabeleceram metas para serem neutras em carbono antes de 2050. Agora é a hora de transformar esses compromissos e objetivos em ação. Até 2050, o mais tardar, todos os ativos novos e existentes devem ter zero emissões líquidas de GEE ao longo de todo o seu ciclo de vida.

A descarbonização de edifícios abrange todo o ciclo de vida de um edifício, incluindo projeto, construção, operação, ocupação e fim de vida. A construção civil, o uso de energia, metano e refrigerantes são as principais fontes de emissões de GEE. A avaliação do ciclo de vida do edifício envolve a consideração das emissões operacionais e incorporadas. As emissões operacionais são geralmente provenientes do uso de energia. As emissões incorporadas incluem emissões de GEE associadas com a construção civil, incluindo a extração, fabricação, transporte e instalação de materiais de construção, bem como as emissões geradas pela manutenção, reparo, substituição, reforma e atividades finais. Emissões incorporadas também incluem liberações de fluido refrigerante ao longo do ciclo de vida do edifício.

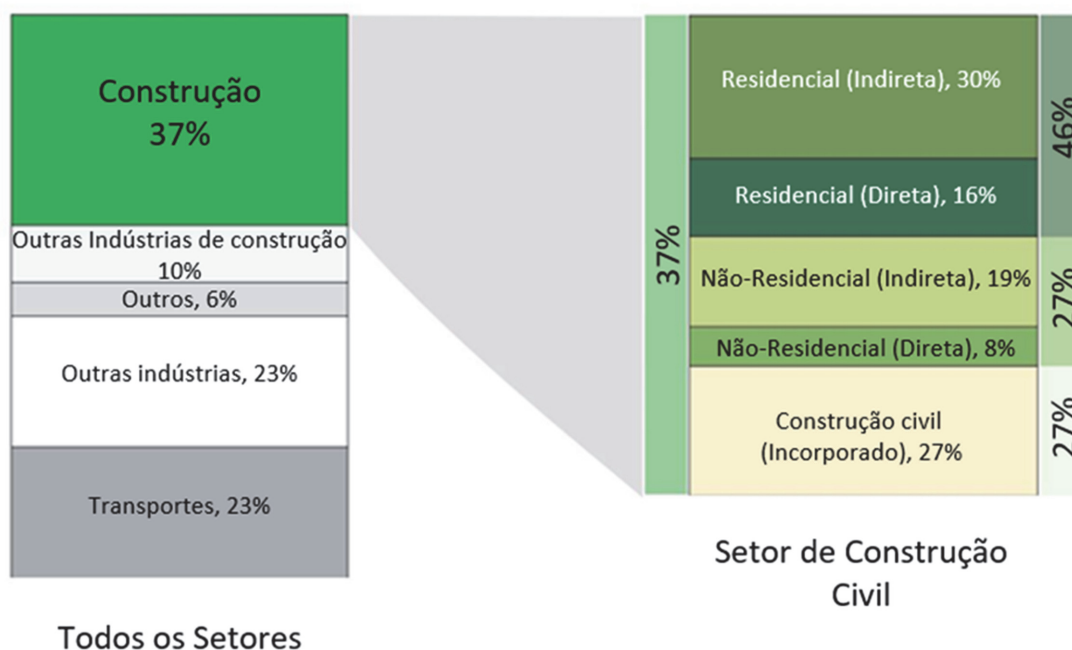
À medida que novas tecnologias se desenvolvem e nossa compreensão sobre os efeitos ambientais destas tecnologias cresce, a ASHRAE está comprometida com os esforços contínuos relacionados à descarbonização da construção nas seguintes áreas:

- Pesquisa e desenvolvimento de normas;
- Aplicações de projetos e equipamentos;
- Orientação técnica e treinamento;
- Diretrizes e medidas regulatórias;
- Recursos educacionais e divulgação.

## 1. O PROBLEMA

Reduções agressivas e sustentadas nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) são necessárias para limitar as mudanças climáticas (IPCC 2021). Os edifícios são uma fonte significativa de emissões de GEE, e espera-se que a quantidade global de construções dobre até 2060 devido à urbanização, crescimento populacional e tendências econômicas relacionadas (UNEP 2021). Os edifícios têm uma longa vida útil e as decisões são tomadas hoje podem estabelecer as emissões por muitas décadas. A descarbonização de edifícios descreve métodos que reduzem as emissões de GEE do edifício para a atmosfera. Descarbonizar o edifício em si e o setor da construção requer ação tanto em edifícios novos como existentes, bem como em processos de operação e manutenção (O&M).

O setor de construção civil é uma fonte de emissão significativa de dióxido de carbono global (CO<sub>2</sub>) e outros gases de efeito estufa. A energia operacional dos edifícios foi responsável por 27% das emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas à energia em 2020, conforme mostrado na Figura 1 (IEA 2021b). A indústria da construção civil (a parcela estimada da indústria geral dedicada à fabricação de materiais de construção civil, como aço, cimento e vidro) foram responsáveis por mais 10% das emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas à energia em 2020, resultando em um impacto total de emissões de 37% (UNEP 2021). Outras fontes, como metano e refrigerantes, não incluídas na Figura 1, adicionam emissões de GEE à atmosfera por meio de vazamentos, falhas de equipamentos e práticas inadequadas de recuperação no fim da vida.



**Figura 1** Emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas à energia em 2020.

*Nota:* Os edifícios não-residenciais também são referidos como edifícios de serviço, comerciais ou terciários. As emissões diretas relacionadas com a energia são provenientes do consumo direto de combustíveis fósseis em edifícios, como o gás natural para aquecimento. As emissões indiretas relacionadas à energia são provenientes da geração de eletricidade ou durante o fornecimento, processamento e transporte de combustíveis atribuídos ao edifício.

IEA 2021b

As decisões tomadas hoje no projeto, fabricação e operação de sistemas de construção terão um impacto substancial nas emissões de GEE relacionadas com a construção. A ASHRAE está na vanguarda no fornecimento de normas, orientação e educação para essas decisões, e seu histórico foco na eficiência energética resultou em reduções significativas de emissões de GEE. Como resultado, a ASHRAE e seus membros têm um papel importante na descarbonização do ambiente construído.

## 2. ANTECEDENTES

A descarbonização de edifícios abrange todo o ciclo de vida de um edifício, incluindo projeto, construção, operação, ocupação e fim de vida. Construção civil, uso de energia, vazamento de metano e refrigerantes são as principais fontes de emissões de GEE. A avaliação do ciclo de vida do edifício envolve a consideração das emissões operacionais e incorporadas. As emissões operacionais são geralmente do uso de energia. As emissões incorporadas incluem as emissões de GEE associadas à construção de edifícios, incluindo extração, fabricação, transporte e instalação de materiais de construção, bem como as emissões geradas pela manutenção, reparo, substituição, reforma e atividades de fim de vida. As emissões incorporadas também incluem perdas de refrigerante ao longo do ciclo de vida do edifício.

Os principais meios para reduzir as emissões de GEE do edifício são os seguintes:

- Reduzir o uso de energia do edifício por meio da eficiência energética;
- Reduzir o carbono incorporado do edifício;
- Eliminar as liberações de refrigerante, minimizar o vazamento e usar refrigerantes com baixo potencial de aquecimento global (baixo GWP);
- Eletrificação com eficiência energética para as exigências de energia do edifício;
- Projetar edifícios para otimizar a flexibilidade da rede;
- Fornecer energia renovável no local;
- Descarboxionar a rede elétrica.

Enquanto os combustíveis de combustão descarbonizados e o uso e armazenamento de carbono no local (CCUS) não são soluções de construção convencionais hoje, elas podem desempenhar um papel maior à medida que as tecnologias são melhoradas.

As chaves para reduzir as emissões de GEE de carbono incorporado são minimizar o vazamento de refrigerante e a quantidade de materiais usados no local, reduzir a energia para transporte através da aquisição de materiais locais, reutilizar edifícios e materiais existentes, escolher novos materiais de baixo carbono e minimizar os impactos de carbono no fim da vida útil.

### 2.1 Relevância da ASHRAE

A ASHRAE tem um longo histórico na melhoria do projeto e operação de edifícios e no avanço de tecnologias e aplicações referentes ao AVAC&R. As normas robustas de energia de edificações da ASHRAE seguem impulsionando melhorias na eficiência e nos custos de energia de longo prazo (ASHRAE 2019e). A eficiência energética reduz diretamente as emissões de GEE relacionadas à energia. A ASHRAE tem sido uma força motriz por trás das reduções globais nas emissões relacionadas a refrigerantes de edifícios por meio de orientações em suas pesquisas, handbooks e normas (2020b). A ASHRAE também facilita a



descarbonização por meio de oportunidades educacionais e do desenvolvimento de materiais de orientação, como o novo Capítulo 36, "Climate Change", no 2021 *ASHRAE Handbook—Fundamentals* (2021c) e o livro *Smart Grid Application Guide: Integrating Facilities with the Electric Grid* (2020c). O foco adicional da ASHRAE na saúde e segurança dos ocupantes em um ambiente construído é expressa em documentos de guia de projeto, handbooks, normas e outras publicações continuamente atualizados.

Por mais de um século, a ASHRAE tem sido líder em projetos, operações e tecnologia de edificações. A ASHRAE está avançando em estratégias na direção da redução das emissões de GEE no ciclo de vida no ambiente construído, incluindo o carbono incorporado. Muitas normas ASHRAE abordam a descarbonização e outros estão sendo rapidamente evoluindo para resolver o problema. A Tabela 1 lista as normas ASHRAE que abordam a eficiência energética, emissões de GEE, emissões de refrigerantes e/ou energias renováveis ou que podem incluir tais referências em futuras atualizações.

**Tabela 1** Lista das Normas ASHRAE Eficiência Energética, Emissões de GEE e Refrigerantes, e Renováveis

Norma	Tema				
	Eficiência Energética	GEE Operacional Emissões	GEE Incorporado Emissões	Emissões de Refrigerantes	Renováveis
<b>ANSI/ASHRAE Standard 34-2019</b> , <i>Designation and Safety Classification of Refrigerants</i>				✓	
<b>ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019</b> , <i>Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings</i>	✓	⊗			✓
<b>ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.2-2018</b> , <i>Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings</i>	✓	⊗			✓
<b>ANSI/ASHRAE Standard 90.4-2019</b> , <i>Energy Standard for Data Centers</i>	✓				
<b>ANSI/ASHRAE/IES Standard 100-2018</b> , <i>Energy Efficiency in Existing Buildings</i>	✓				
<b>ANSI/ASHRAE Standard 105-2021</b> , <i>Standard Methods of Determining, Expressing, and Comparing Building Energy Performance and Greenhouse Gas Emissions</i>	✓	⊗			✓

**Tabela 1** Lista das Normas ASHRAE Eficiência Energética, Emissões de GEE e Refrigerantes, e Renováveis (*continuação*)

Norma	Tema				
	Eficiência Energética	GEE Operacional Emissões	GEE Incorporado Emissões	Emissões de Refrigerantes	Renováveis
<b>ANSI/ASHRAE Standard 147-2019</b> , <i>Reducing the Release of Halogenated Refrigerants from Refrigerating and Air-Conditioning Equipment and Systems</i>				✓	
<b>International Green Construction Code®</b> and <b>ANSI/ASHRAE/ICC/USGBC/ IES Standard 189.1-2020</b> , <i>Standard for the Design of High-Performance Green Buildings</i>	✓	✓	✓		✓
<b>ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 189.3-2021</b> , <i>Design, Construction, and Operation of Sustainable High-Performance Health Care Facilities</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Proposed ASHRAE Standard 227P</b> , <i>Passive Building Design Standard</i>	✓			✓	
<b>Proposed ASHRAE Standard 228P</b> , <i>Standard Method of Evaluating Zero Net Energy and Zero Net Carbon Building Performance</i>		✓		✓	✓
<b>Proposed ASHRAE Standard 240P</b> , <i>Evaluating Greenhouse Gas (GHG) and Carbon Emissions in Building Design, Construction and Operation</i>	✓	✓	✓	✓	✓

Legenda:

- ✓ Incluído na norma
- ✓ Metodologia de cálculo de carbono incluída na norma
- ✓ Em consideração para inclusão na próxima atualização da norma
- ✓ Incluída na norma proposta
- ✓ Metodologia de cálculo de carbono incluída na norma proposta

Nota: A eficiência energética contribui diretamente para as reduções operacionais de emissões de GEE.

## 2.2 Descarbonizando o Ambiente Construído

A Coalizão #BuildingToCOP26 (UNEP 2021) estabeleceu a seguinte meta global:

Até 2030, o ambiente construído deve reduzir pela metade suas emissões, quando 100% dos novos edifícios devem ser zero carbono líquido em operação, com retrofit de eficiência energética generalizada de ativos existentes em bom andamento, e o carbono incorporado deve ser reduzido em pelo menos 40%, com projetos líderes alcançando

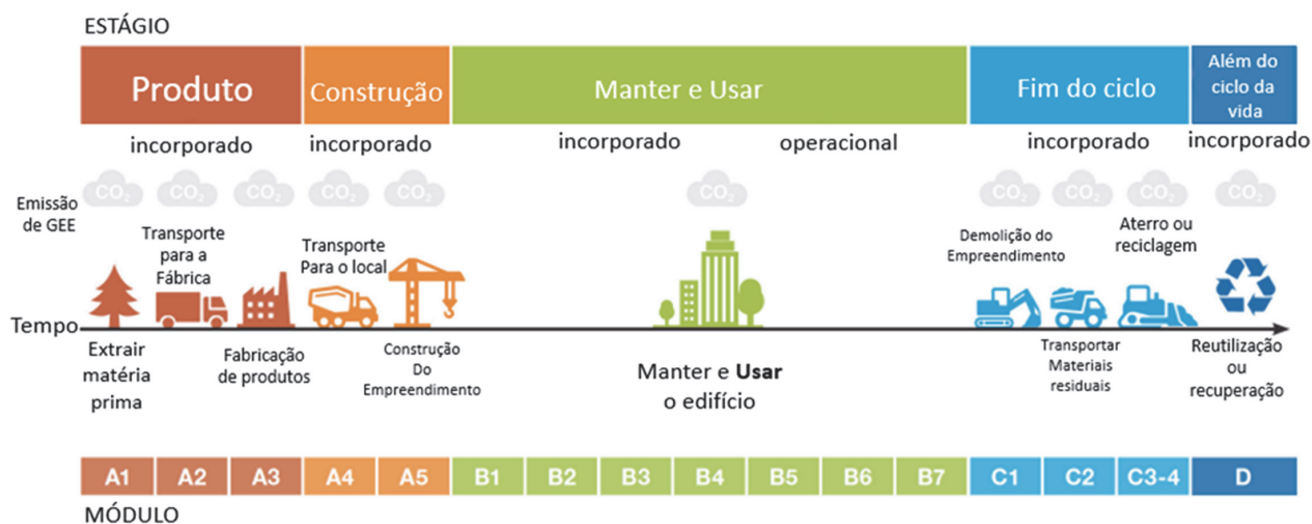
peelo menos 50% de redução no carbono incorporado. Até 2050, o mais tardar, todos os empreendimentos novos e existentes devem ser emissão líquida zero em todo o ciclo de vida, incluindo emissões operacionais e incorporadas.

Isso implica que as emissões globais do setor de construção devem cair aproximadamente 6% ao ano de 2020 a 2030. Atingir este objetivo requer a rápida renovação dos edifícios existentes, além de melhorar os novos projetos de construção. Embora a principal prioridade deva ser dada à implementação de medidas de eficiência energética, eletrificação e energia renovável, quaisquer emissões residuais ao longo de todo o ciclo de vida podem precisar ser compensadas por meio de projetos de redução ou armazenamento de carbono fora do local, certificados por meio de verificação independente de terceiros (WorldGBC 2021).

Tanto o carbono operacional quanto o incorporado são fontes significativas no impacto de carbono do ciclo de vida de um edifício. As emissões de GEE incorporadas relacionadas à energia representam aproximadamente 25% do total anual de emissões globais de GEE relacionadas à energia de edifícios e são estabelecidas assim que o edifício é construído, mesmo antes de sua operação. Com a previsão de que a quantidade de construções dobrará de 2020 a 2060, é imperativo que a indústria da construção crie estratégias de carbono incorporado para reduzir o impacto ambiental dos edifícios (UNEP 2021). A Figura 2 (NBI 2022) ilustra a importância do carbono incorporado ao longo do ciclo de vida de um edifício.

As seguintes medidas de projeto de descarbonização de edifícios podem ajudar a orientar a tomada de decisões antecipadas:

- Reutilizar edifícios, estruturas e materiais existentes sempre que possível;
- Otimizar a envoltória, orientação e geometria do edifício para reduzir o uso de energia e maximizar o potencial solar;
- Implementar medidas passivas e ativas de eficiência energética;
- Utilizar fluxos de energia residuais;
- Minimizar o carbono incorporado em novos materiais de construção e no processo de construção;



**Figura 2** Estágios do ciclo de vida do carbono da edificação. NBI 2022

- Utilizar eletrificação energeticamente eficiente do aquecimento do local e de aquecimento de água;
- Utilizar refrigerantes de baixo GWP e minimizar o volume de refrigerante enquanto se mantém a eficiência energética;
- Usar sistemas de controle integrados à rede para otimizar o armazenamento de energia do edifício e aumentar flexibilidade de demanda;
- Utilizar recursos de energia renovável no local e/ou fora do local;
- Fornecer O&M eficaz de longo prazo.

### 2.3 Princípios da Redução de Carbono

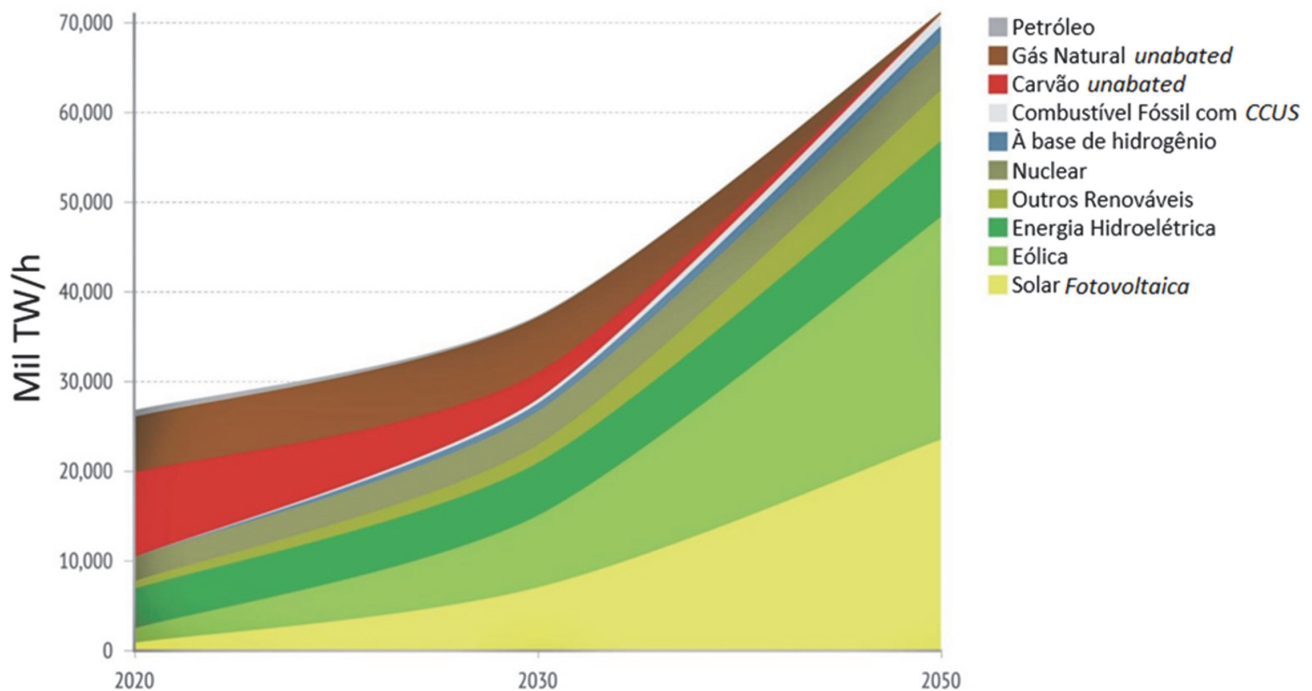
O projeto de construção deve priorizar práticas de alto desempenho. As alterações de projeto tornam-se cada vez mais desafiadoras e caras quanto mais tarde em um projeto são feitas. Os processos de projeto integrados iniciais podem otimizar as estratégias de redução de carbono. As avaliações do ciclo de vida da fase de projeto podem fornecer aos projetistas as informações para minimizar as emissões de GEE durante todo o ciclo de vida.

O projeto de construção e as decisões de aquisição devem levar em conta o carbono incorporado. Os arquitetos e engenheiros da construção podem ter um impacto direto na redução do carbono incorporado por meio de decisões de projeto informadas, usando a avaliação do ciclo de vida de novos edifícios e reformas. O carbono incorporado na construção pode ser reduzido em 25% ou mais pela reutilização de materiais, especificando materiais alternativos de baixo carbono e limitando os materiais intensivos em carbono. Mais pesquisas são necessárias para determinar o impacto do carbono incorporado de vários componentes e sistemas de construção.

As métricas de construção são uma ferramenta importante para minimizar as emissões de GEE. Decisões de projeto eficazes dependem da priorização das métricas usadas para tomar as melhores decisões para atingir os objetivos do projeto. Uma estratégia de minimizar as emissões de GEE significa que o uso de opções elétricas energeticamente eficientes, como bombas de calor, deve ser considerado, mesmo quando os preços dos combustíveis fósseis são baixos. Essa abordagem pode ser conduzida por meio de uma métrica de emissões de GEE para avaliar o desempenho do edifício, principalmente em conformidade com o código de energia.

O aumento da eficiência energética e a flexibilidade da demanda da rede do edifício serão necessários para reduzir o impacto da eletrificação do edifício. O crescimento da eletrificação de edifícios e transportes pode exigir um aumento significativo na capacidade da rede elétrica. Isso enfatiza a necessidade de eficiência energética, armazenamento de energia e alinhamento do consumo com geração livre de carbono para minimizar os aumentos necessários. Em todo o mundo, o setor de construção foi responsável por cerca de 50% do consumo total anual de eletricidade entre 2010 e 2020. O consumo de eletricidade do setor de construção aumentou 24% de 2010 a 2019, uma taxa média de crescimento anual de 2,7% (IEA 2021c). A solução de menor custo é melhorar agressivamente a eficiência elétrica e a operação de um edifício com controles inteligentes e flexibilidade de carga com base nas variações minuto a minuto na intensidade de carbono da rede.

Para o setor de construção de fato descarbonizar, as redes elétricas globais devem descarbonizar. Atualmente, a geração e entrega de eletricidade são os principais contribuintes para as emissões globais de GEE. Os combustíveis representam cerca de 65% da produção bruta global de eletricidade. O cenário Net Zero até 2050 (IEA 2021a) mostra um caminho para



**Figura 3** Previsão da geração global de eletricidade por fonte no cenário Net Zero até 2050.  
 Fonte: IEA 2021a

a rede elétrica atingir emissões zero: a geração global a partir de fontes renováveis deve triplicar até 2030 e crescer oito vezes até 2050, conforme mostrado na Figura 3.

## 2.4 Estratégias de Descarbonização

A descarbonização pode acontecer em qualquer edifício. Muitas vezes, a descarbonização é mais simples em edifícios menores, incluindo edifícios residenciais e comerciais de pequeno porte. Embora o impacto individual possa ser pequeno, soluções prontas para uso amplamente aplicadas podem ter um grande impacto. Equipamentos de bomba de calor e outras estratégias de descarbonização estão prontamente disponíveis para uma ampla gama de aplicações. Os campi e sistemas distritais geralmente oferecem oportunidades para descarbonização em larga escala. Os sistemas geotérmicos podem ser projetados para atender a um distrito inteiro, enquanto a recuperação de calor de águas residuais, data centers, refrigeração e processos industriais pode fornecer calor a outros edifícios.

A avaliação do ciclo de vida de todo o edifício (Whole-Building Life-Cycle Assessment, WBLCA) é uma ferramenta importante para minimizar o impacto ambiental dos edifícios e seus sistemas AVAC&R. O WBLCA inclui a avaliação das emissões de GEE incorporadas e operacionais, além de outros impactos ambientais.

Novos edifícios oferecem a oportunidade de definir metas de descarbonização durante a fase de projeto. Eles podem usar técnicas arquitetônicas e de engenharia que minimizam o consumo de energia e integram energia renovável com armazenamento de energia para deslocar cargas para alinhar com períodos de baixo carbono na rede. As cargas desacopláveis da construção, que permitem redução ou deslocamento de carga, podem usar o "aprendizado de máquina" (machine learning) para entender cada construção individualmente e antecipar

quando atingirá o pico de carga. Os códigos de construção são o principal instrumento de política para promover a adoção generalizada de práticas de descarbonização em novas construções. Os edifícios existentes são mais complexos, pois cada um é único, mas a análise inicial e as escolhas de projeto podem ter resultados dramáticos de descarbonização a longo prazo.

O retrofit de um grande número de edifícios existentes para descarbonização é fundamental. Isso pode ser realizado de forma mais eficaz nos principais eventos do ciclo de vida do edifício, como auditorias periódicas e inspeções, mudanças de propriedade ou arrendamento, renovações de licenças, mudanças de uso do edifício, e permissão de acréscimos, alterações e substituição de equipamentos em fim de vida. Políticas de construção existentes, como códigos existentes de construção de edifícios, atualizações obrigatórias, normas de emissão de aparelhos e normas de desempenho de edifícios (building performance standards, BPS) são orientados em torno desses gatilhos (ASHRAE 2021d). Um relatório da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA 2021) descobriu que

várias jurisdições voltaram sua atenção para as políticas de BPS para reduzir as emissões de GEE de edifícios comerciais e residenciais existentes. As políticas do BPS exigem que esses edifícios atendam a uma meta de desempenho específica, como emissões de GEE, intensidade de uso de energia local, intensidade de uso de energia normalizada pelo clima ou uma pontuação ENERGY STAR acima da mediana local.

O ANSI/ASHRAE/IES Standard 100 é a única norma ANSI que define metas de desempenho energético para edifícios existentes e fornece uma forte estrutura técnica para avaliar os atuais níveis de desempenho energético (ASHRAE 2018b).

As melhores práticas na O&M de construções podem impactar significativamente na redução de emissões, reduzindo uso de energia em 10% ou mais, ao mesmo tempo que prolonga a vida útil dos sistemas e equipamentos do edifício. Aumentar a eficiência de O&M também é econômico, com um retorno muito mais curto do que retrofits de edifícios ou outros grandes projetos de melhoria. A O&M eficaz de uma edificação começa com a instalação de um sistema eficaz de medição e monitoramento de energia e implementação de um processo estruturado de comissionamento seguido de reajuste e retrocomissionamento periódico ou contínuo do edifício. Observe que, embora prolongar a vida útil do equipamento possa reduzir as emissões incorporadas de GEE da substituição prematura de equipamentos, a vida útil de equipamentos ineficientes não deve ser estendida, pois isso pode resultar em maiores emissões operacionais ao longo do ciclo de vida do edifício.

As políticas de descarbonização de edifícios terão impactos abrangentes. Num momento em que o mundo está em transição social, os profissionais da ASHRAE e da indústria da construção estão bem posicionados para incentivar a liderança comunitária para melhorar permanentemente o ambiente construído em comunidades previamente mal servidas. Embora nem todos os benefícios da descarbonização possam ser medidos diretamente, a consideração de todos os impactos -econômicos, de acessibilidade, de equidade, de saúde, de conforto, de segurança, de proteção, e ambientais- é necessária para desenvolver políticas e investimentos de descarbonização apropriados. As divulgações financeiras corporativas avaliam cada vez mais os critérios ambientais, sociais e de governança (environment, social and governance, ESG) para gerenciar riscos de ativos, financeiros, de reputação e de responsabilidade legal. Esses critérios divulgam a conformidade com os requisitos

governamentais locais, estaduais, nacionais e internacionais, gestão ambiental e prontidão climática futura. Critérios ESG corporativos exigem cada vez mais a adoção de infraestrutura de baixa emissão de carbono e mudanças tecnológicas por gerentes e consultores de gestão e projetos.

Reputação, posição social e influência dos investidores desempenham papéis cada vez maiores na tomada de decisões corporativas sobre sustentabilidade e mitigação das mudanças climáticas. Os membros da ASHRAE podem desempenhar um papel crítico na descarbonização global como consultores especializados no ambiente construído dentro de suas vidas pessoais e profissionais.

Edifícios descarbonizados devem manter, se não melhorar, ambientes internos saudáveis e resilientes. Projetistas e operadores de edifícios descarbonizados devem contemplar os desafios que as mudanças climáticas atuais e futuras representam para os edifícios e a saúde e segurança gerais do público.

## 2.5 Desafios da Descarbonização

Climas frios apresentam desafios quanto aos equipamentos do edifício para atingir as metas de descarbonização. As bombas de calor de fonte de ar têm limitações para aquecimento em climas muito frios. Mais pesquisas e desenvolvimento são necessárias para avançar as tecnologias de bomba de calor para climas muito frios. O uso de caldeiras e fornos de combustível fóssil como backups pode precisar ser considerado até que as tecnologias de clima frio e as capacidades da rede possam atender a cargas de aquecimento de maneira econômica. As tecnologias emergentes devem ser consideradas à medida que se tornam viáveis.

Existem desafios de infraestrutura de rede elétrica para atingir as metas de descarbonização de edifícios. A eletrificação generalizada dos sistemas de aquecimento de edifícios e de água quente sanitária pode exigir uma infraestrutura de rede elétrica substancialmente maior, a menos que haja uma redução substancial no uso de energia do edifício por meio da eficiência energética. Complementar eficiência energética com flexibilidade de demanda e estratégias de armazenamento pode reduzir o impacto da rede.

Projeções incertas de retorno sobre o investimento para construção e remodelação de edifícios, fabricação e seleção de sistemas de edifícios representam desafios para o progresso da descarbonização da indústria da construção. Mudanças potenciais nos principais parâmetros de custo incluem futuros mandatos locais e nacionais, disponibilidade futura de fontes ou sistemas de energia não-tradicionais, incentivos existentes de utilidades e estruturas tarifárias, e capacidades de sistemas de utilidades existentes e confiabilidade futura. As condições climáticas em mudança complicam ainda mais as estimativas confiáveis de retorno sobre o investimento. A mudança climática em curso e transições de infraestrutura tornam cada vez mais difícil projetar de forma confiável os custos com gasto de energia, a economia de emissões de GEE e o retorno do investimento.

Os edifícios históricos apresentam desafios únicos na descarbonização. Os edifícios históricos precisam ser incluídos na descarbonização de edifícios existentes, com garantias de que os retrofits mantenham as suas características históricas. Os desafios técnicos dos edifícios históricos também aumentarão à medida que o objetivo passa da eficiência energética para a descarbonização. Desafios adicionais incluem infraestrutura elétrica subdimensionada; sistemas de distribuição de calor a vapor que são difíceis de descarbonizar; e espaços internos,

conjuntos de envoltórias e superfícies externas que não podem facilmente acomodar novos projetos elétricos e térmicos.

Dois terços dos países não têm códigos obrigatórios ou voluntários para requisitos mínimos de desempenho energético de novos edifícios. O aumento da adoção de códigos e políticas de construção é necessário para mover o mundo em direção a zero emissões operacionais. Os códigos de energia atuais são focados em métricas de eficiência e custo de energia, mas não em métricas de GEE. Enquanto a eficiência energética reduz as emissões de GEE, alguns códigos de energia estão começando a abordar diretamente as emissões de GEE.

Edifícios que podem modificar suas cargas elétricas para atender à disponibilidade de eletricidade de baixo carbono podem maximizar as reduções de carbono. Isso requer informações em tempo real sobre o teor de carbono da energia fornecida pela rede. No entanto, informações em tempo real que descrevem as emissões de GEE associadas à eletricidade fornecida ao edifício muitas vezes não estão disponíveis. As emissões de carbono da rede elétrica são dinâmicas, variando localmente, sazonalmente e por hora do dia.

### **3. POSIÇÕES E RECOMENDAÇÕES**

#### **3.1 Posições da ASHRAE**

As posições da ASHRAE sobre a descarbonização responsável de edifícios são as seguintes:

- Eliminar as emissões de GEE do ambiente construído é essencial para enfrentar as mudanças climáticas.
- Até 2030, o ambiente construído global deve reduzir pela metade suas emissões de GEE de 2015, quando:
  - todos os novos edifícios em operação sejam zero emissões líquidas de GEE em operação;
  - retrofits de eficiência energética amplos de ativos existentes estejam bem encaminhados; e
  - carbono incorporado de novas construções seja reduzido em pelo menos 40%.
- Até 2050, o mais tardar, todos os ativos novos e existentes deverão ser zero emissões líquidas de GEE ao longo de todo o ciclo de vida.
- A descarbonização de edifícios oferece benefícios além da redução de GEEs, incluindo redução da poluição do ar interno e externo, economia de energia, melhoria da saúde e bem-estar da comunidade, maior responsabilidade social e valorização da propriedade.
- As emissões operacionais de GEE relacionadas à energia podem ser reduzidas implementando medidas de eficiência e eletrificação predial; melhorando a O&M; usando refrigerantes de baixo GWP e minimizando o volume de refrigerante enquanto mantém a eficiência energética; melhorando o gerenciamento de refrigerante; e aumentando o uso de fontes de energia renováveis tanto no local como fora do local, de armazenamento de energia e integração do edifício à rede.
- O projeto e as operações do edifício devem ser capazes de responder a sinais de carbono em tempo real da rede elétrica para reduzir as emissões de GEE.
- O aumento do rigor e a aplicação dos códigos de energia são críticos para a descarbonização.



- A avaliação do ciclo de vida de todo o edifício (whole-building life-cycle assessment, WBLCA) deve ser considerada em futuros códigos de obra para reduzir as emissões de GEE incorporadas e operacionais relacionadas a edifícios e seus sistemas AVAC&R.
- Normas de desempenho de edifícios (building performance standards, BPS) devem ser considerados como uma ferramenta de política para descarbonização do edifício.
- As políticas de descarbonização devem considerar e mitigar os impactos nas comunidades desfavorecidas e nações menos desenvolvidas.
- As estratégias e políticas de descarbonização de edifícios devem considerar ambientes saudáveis, seguros e confortáveis; impactos ambientais e sociais; sustentabilidade; resiliência; e economia.

### 3.2 Compromissos da ASHRAE

A ASHRAE se compromete com o seguinte:

- Desenvolver orientação técnica, normas, treinamentos e outras ferramentas para apoiar as metas de política de descarbonização de edifícios.
- Apoiar pesquisas que desenvolvam e avancem em tecnologias e práticas para minimizar as emissões de GEE de edifícios.
- Desenvolver políticas e recomendações baseadas na ciência global relacionadas ao impacto do setor de construção no meio ambiente.
- Assumir um papel de liderança na determinação e harmonização de um conjunto de definições e terminologia alinhadas para todos os termos de carbono relacionados à construção.
- Fortalecer os componentes de descarbonização das normas ASHRAE a cada três a cinco anos, consistente com a obtenção de um ambiente construído totalmente descarbonizado até 2050.
- Fornecer recursos para apoiar o desenvolvimento, implementação e conformidade de normas de desempenho de edifícios (building performance standards, BPS).
- Desenvolver e revisar diretrizes e normas para reduzir as emissões de GEE de edifícios enquanto mantem ou melhora a qualidade, a sustentabilidade e a resiliência do ambiente interno do edifício.
- Promover a avaliação do ciclo de vida de todo o edifício (whole-building life-cycle assessment, WBLCA).
- Colaborar com outras organizações para promover e avançar na descarbonização global da construção.
- Avançar as tecnologias e práticas de AVAC&R que minimizam o impacto dos refrigerantes no meio ambiente ao mesmo tempo que melhora o desempenho, a relação custo-benefício e a segurança.
- Mobilizar os membros de base da ASHRAE em todo o mundo para incentivar estratégias sólidas, equilibradas e inovadoras de redução de carbono e se envolver com entidades de definição de políticas.
- Apoiar a eletrificação benéfica do aquecimento através da educação, disseminação de informações, e treinamento focado.
- Educar e treinar a futura força de trabalho para a descarbonização predial.

### 3.3 Recomendações da ASHRAE

Para apoiar a descarbonização global da construção, a ASHRAE recomenda que os governos e as instituições não-governamentais concentrem-se nas seguintes áreas.

#### 3.3.1 Pesquisa, Normas e Desenvolvimento de Diretrizes

- Promover programas de pesquisa e desenvolvimento que investiguem e adotem estratégias de descarbonização de edifícios que reduzam as emissões de GEE e aumentem a flexibilidade da rede sem comprometer a qualidade e a segurança do ambiente interno.
- Promover a investigação e o desenvolvimento de tecnologias referentes a bombas de calor.
- Apoiar o desenvolvimento, atualização e adoção de normas e diretrizes relevantes que facilitem a redução das emissões de GEE de todo o ciclo de vida de edifícios novos e existentes.
- Incentivar a padronização da medição e rotulagem de carbono incorporado em materiais de construção, sistemas e equipamentos.

#### 3.3.2 Projeto aprimorado e aplicações de equipamentos

- Equilibrar segurança, eficiência energética, custo e impactos ambientais para alcançar a descarbonização de edifícios.
- Avançar no projeto, desenvolvimento e aplicação de equipamentos e sistemas AVAC&R que minimizem as emissões de GEE durante a vida útil do equipamento.
- Incentivar uma maior colaboração e o desenvolvimento de normas e diretrizes entre os setores de energia, transporte e construção para melhorar a integração segura do edifício à rede, comunicação de dados e otimização do desempenho energético (geração, uso e armazenagem).
- Desenvolver ferramentas, equipamentos, metodologias e práticas para minimizar ou prevenir as emissões de GEE durante a instalação, operação, manutenção, retrofit e descomissionamento de edifícios e seus sistemas.
- Desenvolver os dados e métodos necessários para calcular procedimentos práticos, repetíveis e verificáveis para estimar o carbono incorporado em equipamentos AVAC&R e sistemas mecânicos.

#### 3.3.3 Desenvolvimento da Força de Trabalho

- Trabalhar em parceria com a indústria para aumentar a capacidade e as oportunidades de uma força de trabalho qualificada para apoiar a descarbonização de edifícios.
- Apoiar o financiamento para treinamento em descarbonização de edifícios e no desenvolvimento curricular.

## 4. REFERÊNCIAS

ASHRAE. n.d. Proposed ASHRAE Standard 227P, *Passive building design standard*. Forthcoming. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.

- ASHRAE. n.d. Proposed ASHRAE Standard 228P, *Standard method of evaluating zero net energy and zero net carbon building performance*. Forthcoming. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. n.d. Proposed ASHRAE Standard 240P, *Evaluating greenhouse gas (GHG) and carbon emissions in building design, construction and operation*. Forthcoming. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2018a. ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.2-2018, *Energy-efficient design of low-rise residential buildings*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2018b. ANSI/ASHRAE/IES Standard 100-2018, *Energy efficiency in existing buildings*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2019a. ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019, *Energy standard for buildings except low-rise residential buildings*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2019b. ANSI/ASHRAE Standard 34-2019, *Designation and safety classification of refrigerants*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2019c. ANSI/ASHRAE Standard 90.4-2019, *Energy standard for data centers*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2019d. ANSI/ASHRAE Standard 147-2019, *Reducing the release of halogenated refrigerants from refrigerating and air-conditioning equipment and systems*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2019e. *ASHRAE position document on energy efficiency in buildings*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE. [www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd\\_energyefficiencyinbuildings\\_2020.pdf](http://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd_energyefficiencyinbuildings_2020.pdf).
- ASHRAE. 2020a. ANSI/ASHRAE/ICC/USGBC/IES Standard 189.1-2020, *Standard for the design of high-performance green buildings*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2020b. *ASHRAE position document on refrigerants and their responsible use*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE. [www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd\\_refrigerants-and-their-responsible-use-pd-6.29.2020.pdf](http://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd_refrigerants-and-their-responsible-use-pd-6.29.2020.pdf).
- ASHRAE. 2020c. *Smart grid application guide: Integrating facilities with the electric grid*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2021a. ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 189.3-2021, *Design, construction, and operation of sustainable high-performance health care facilities*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2021b. ANSI/ASHRAE Standard 105-2021, *Standard methods of determining, expressing, and comparing building energy performance and greenhouse gas emissions*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2021c. Chapter 36, Climate change. In *ASHRAE Handbook—Fundamentals*. Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2021d. *Using building performance standards to address carbon emissions*. A product of the ASHRAE Task Force for Building Decarbonization. Peachtree Corners, GA: ASHRAE. [www.ashrae.org/file%20library/about/building-performance-standards-overview-2021-9-16---staff-review.pdf](http://www.ashrae.org/file%20library/about/building-performance-standards-overview-2021-9-16---staff-review.pdf).
- CEN. 2011. EN 15978:2011, *Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method*. Brussels: European Committee For Standardization (CEN).
- EPA. 2021. *Understanding and choosing metrics for building performance standards and zero-carbon recognition*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.

- [www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/BPS-White\\_paper\\_v14May2021.pdf](http://www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/BPS-White_paper_v14May2021.pdf).
- ICC. 2021. *International Green Construction Code*<sup>®</sup>. Washington, DC: International Code Council.
- IEA. 2021a. *Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector*. Paris: International Energy Agency. [https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector\\_CORR.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf).
- IEA. 2021b. *Tracking buildings 2021*. Paris: International Energy Agency. [www.iea.org/reports/tracking-buildings-2021](http://www.iea.org/reports/tracking-buildings-2021).
- IEA. 2021c. *World energy outlook 2021*. Paris: International Energy Agency. [www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021](http://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021).
- IPCC. 2021. *Climate change 2021: The physical science basis*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. [www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/](http://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/).
- NBI. 2022. Figure 1 adapted from EN 15978. *Lifecycle GHG impacts in building codes*. Portland, OR: New Buildings Institute. [https://gettingtozeroforum.org/wp-content/uploads/sites/2/2022/01/NBI\\_Lifecycle-GHG-Impacts-in-Codes\\_Jan2022.pdf](https://gettingtozeroforum.org/wp-content/uploads/sites/2/2022/01/NBI_Lifecycle-GHG-Impacts-in-Codes_Jan2022.pdf).
- UNEP. 2021. *2021 Global status report for buildings and construction: Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*. Nairobi: United Nations Environment Programme. [https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC\\_Buildings-GSR-2021\\_BOOK.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC_Buildings-GSR-2021_BOOK.pdf).
- WorldGBC. 2021. *Advancing net zero whole life carbon: Offsetting residual emissions from the building and construction sector*. London: World Green Building Council. [https://www.worldgbc.org/sites/default/files/WorldGBC%20Advancing%20Net%20Zero%20Whole%20Life%20Carbon\\_PUBLICATION.pdf](https://www.worldgbc.org/sites/default/files/WorldGBC%20Advancing%20Net%20Zero%20Whole%20Life%20Carbon_PUBLICATION.pdf).