ASHRAE GreenGuide

Projeto, Construção e Operação de Edifícios Sustentáveis

Quinta Edição



- Orientação abrangente sobre edifícios sustentáveis
- Principais revisões de todos os capítulos
- Dicas Verdes detalhadas para projeto e operação

ASHRAE®

Traduzido sob licença da ASHRAE

ASHRAE GreenGuide

Projeto, Construção e Operação de Edifícios Sustentáveis

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Esta publicação foi desenvolvida sob os auspícios do Comitê Técnico (TC) ASHRAE 2.8, Building Environmental Impacts and Sustainability. TC 2.8 preocupa-se com os impactos dos edifícios no ambiente local, regional e global; meios para identificar e reduzir esses impactos; e aumentar a consciência dos membros da ASHRAE sobre os impactos.

Atualizações e erratas para esta publicação serão postadas no site da ASHRAE em www.ashrae.org/publicationupdates

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Tom Lawrence, PhD, PE, LEED AP, é presidente do comitê de revisão editorial e co-editor da ASHRAE GreenGuide, Quinta Edição. Ele é associado sênior de serviço público da University of Georgia e tem mais de 35 anos de experiência em engenharia e áreas técnicas relacionadas. Ele é ex-presidente do Comitê Técnico ASHRAE (TC) 2.8 e é membro do comitê que escreveu e mantém a norma ANSI / ASHRAE / USGBC / IES 189.1, *Standard for the Design of High-Performance Green Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. Lawrence é ASHRAE Fellow e Diretor at Large para 2016-2019. Como Distinguished Lecturer da ASHRAE, ele dá seminários e workshops sobre design de edifícios de alto desempenho em locais ao redor do mundo.

Abdel K. Darwich, PE, CEng, LEED AP, HFDP, é um coeditor do ASHRAE GreenGuide, Quinta Edição. Ele é um Associado principal da Guttmann and Blaevoet Consulting Engineers em seu escritório em Sacramento, CA. Darwich tem mais de 20 anos de experiência no projeto de sistemas mecânicos para projetos de saúde, comerciais, industriais, ensino superior e de uso misto, com ênfase em projetos de baixa / zero energia e qualidade do ar interno. Ele é membro da ASHRAE TC 2.8 e Standing Standard Project Committee 62.1, na ASHRAE é um profissional de ASHRAE-certified Healthcare Facility Design e recebeu dois ASHRAE Technology Awards (2013 e 2016) e um prêmio ASHRAE Distinguished Service (2017).

Janice K. Means, PE, LEED AP, FESD é o terceiro coeditor do ASHRAE GreenGuide, Quinta Edição. Ela é Professora associada da Faculdade de Arquitetura e Design da Lawrence Technological University em Southfield, MI. Means têm mais de 30 anos de experiência no setor. Ela é uma apresentadora treinada para ANSI / ASHRAE / IESNA 90.1-2001 e -2004; um membro votante do Comitê de Atividades Estudantis da ASHRAE (do inglês, ASHRAE Student Activities Committee), Comitê de Projeto de Diretrizes (do inglês, Guideline Project Committee -GPC) 34 e TC 6.7; um ex-membro votante do TC 2.8; Vice-presidente regional de atividades estudantis da Região V e autor colaborador do Capítulo 36 do *ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment* e da nova Diretriz 34P da ASHRAE, *Energy Efficiency for Historic Buildings*.

EQUIPE ASHRAE

SPECIAL PUBLICATIONS (PUBLICAÇÃO ESPECIAL)

Cindy Sheffield Michaels, Managing Editor (Editor Chefe)
James Madison Walker, Managing Editor of Standards (Editor Chefe de Normas)
Lauren Ramsdell, Assistant Editor (Editor Assistente)
Mary Bolton, Editorial Assistant (Assistente Editorial)
Michshell Phillips, Editorial Coordinator (Coordenador Editorial)

PUBLISHING SERVICES (SERVIÇOS DE PUBLICAÇÃO)

David Soltis, Group Manager of Publishing Services and Electronic Communications (Gerente de Grupo de Serviços de Publicação e Comunicações Eletrônicas)
Jayne Jackson, Publication Traffic Administrator

PUBLISHER (EDITORA)

Mark S. Owen

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

This publication was translated with permission in 2023 from the English edition published by ASHRAE © 2018. Translation by Sao Paolo Student Branch of ASHRAE Brasil Chapter. 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.

Esta publicação foi traduzida com permissão em 2023 a partir da edição em inglês publicada pela ASHRAE © 2018. Tradução feita pelo ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. A ASHRAE não assume nenhuma responsabilidade pela precisão da tradução. Para adquirir a edição em inglês, entre em contato com ASHRAE, 180 Technology Parkway, Peachtree Corners, GA 30092, EUA, www.ashrae.org.

Lista dos Tradutores vinculados ao
ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter

Alessandra Rodrigues Prata Shimomura
Aparecida Antonio Bou Ghosn
Cristiane Mitiko Sato Furuyama
Eduardo Gasparelo Lima
Fabio Bellucci Figueiredo Dada
Juliana Pellegrini
Laís de Gusmão Coutinho
Miguel Angelo de Carvalho Michalski
Mônica Pereira Marcondes-Cavaleri
Patrícia Coelho da Paixão
Rafael Barreto Castelo da Cruz
Ranny Loureiro Xavier Nascimento Michalski
Rodrigo Dias Machado

Revisores da Tradução

Walter Lenzi, ASHRAE SB Archtec Labaut SP

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

ASHRAE GreenGuide

Projeto, Construção e Operação de Edifícios Sustentáveis

Quinta Edição

Traduzido sob licença da ASHRAE



Peachtree Corners

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

ISBN 978-1-955516-15-0 (paperback)
ISBN 978-1-955516-16-7 (PDF)

© **2023 ASHRAE**

180 Technology Parkway, Peachtree Corners, GA 30092,
www.ashrae.org
Todos os direitos reservados.

Publicado originalmente como *ASHRAE GreenGuide: Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings*, Fifth Edition © 2018.

Edições em inglês:
Primeira edição publicada em 2003. Segunda edição publicada em 2006.
Terceira edição publicada em 2010. Quarta edição publicada em 2013.
Quinta edição publicada em 2018.

Impresso nos Estados Unidos da América

Design da capa por Megan Joyce. Imagem da capa por Costas A. Balaras.

ASHRAE é uma marca registrada no U.S. Patent and Trademark Office, de propriedade da Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado, Inc (do inglês, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc).

A ASHRAE compilou esta publicação com cuidado, mas a ASHRAE não investigou, e a ASHRAE expressamente se isenta de qualquer obrigação de investigar qualquer produto, serviço, processo, procedimento, design ou semelhante que possa ser descrito aqui. A aparência de quaisquer dados técnicos ou material editorial nesta publicação não constitui endosso, garantia ou garantia pela ASHRAE de qualquer produto, serviço, processo, procedimento, design ou semelhante. A ASHRAE não garante que as informações na publicação estejam livres de erros e a ASHRAE não concorda necessariamente com qualquer declaração ou opinião nesta publicação. Todo o risco do uso de qualquer informação desta publicação é assumido pelo usuário.

Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida sem permissão por escrito da ASHRAE, exceto por um revisor que pode citar breves passagens ou reproduzir ilustrações em uma revisão com crédito apropriado, nem pode qualquer parte deste livro ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitido de qualquer forma ou por qualquer meio - eletrônico, fotocópia, gravação ou outro - sem permissão por escrito da ASHRAE. Os pedidos de permissão devem ser enviados em www.ashrae.org/permissions.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Tomorrow's Child

Without a name, an unseen face,
And knowing not the time or place,
Tomorrow's Child, though yet unborn,
I saw you first last Tuesday morn.
A wise friend introduced us two,
And through his shining point of view
I saw a day, which you would see,
A day for you, and not for me.
Knowing you has changed my thinking,
Never having had an inkling
That perhaps the things I do
Might someday threaten you.
Tomorrow's Child, my daughter-son,
I'm afraid I've just begun
To think of you and of your good,
Though always having known I should.
Begin I will to weigh the cost
Of what I squander, what is lost,
If ever I forget that you
Will someday come to live here too.

by Glenn Thomas, ©1996

Reprinted from
Mid-Course Correction:
Toward a
Sustainable Enterprise:
The Interface Model
by Ray Anderson.
Chelsea Green
Publishing Company, 1999

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

CONTEÚDO

Prefácio **xvii**
Prefácio da Quinta Edição **xix**
Quem Deve Usar *ASHRAE GreenGuide* xx
Como Usar a *ASHRAE GreenGuide* xxi
Antecedentes Históricos da *ASHRAE GreenGuide* xxi
Prefácio da Edição em Português **xxiii**
Agradecimentos **xxv**

Seção 1: Básicos

Capítulo 1: Introdução e Contexto **3**
Introdução 3
Relação com a Sustentabilidade 5
Compromisso com Projetos de Alta Performance Verdes/Sustentáveis 5
O que Impulsiona Projetos Verdes 6
Considerações sobre o Impacto do Carbono 6
Sustentabilidade na Arquitetura 10
Fontes e Referências 17
Capítulo 2: Sistemas de Certificação Verde, Normas, e Outras Orientações **21**
Sistemas de Certificação de Edifícios Verdes—Introdução 21
O Sistema de Certificação LEED 23
Outras Diretrizes, Recursos e Programas de Certificação 24
Building Energy Quotient (Building EQ) 26
Programas Europeus 29

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Implementação através de Normas e Regulamentações para o Edifício Verde 30
Norma ANSI/ASHRAE/USGBC/IES *STANDARD 189.1* e *International Green Construction Code* (IgCC) 30
IEQ 33
Edifícios Residenciais 35
Outros Códigos de Edifícios 35
Fontes e Referências 38

Seção 2: O Processo de Projeto

Capítulo 3: Estratégias Projetuais e Fase Inicial de Projeto 43

Componentes para a Obtenção de um Projeto Verde Bem Sucedido 43
O Papel do Proprietário 44
Incentivos para o Projeto Verde 45
O Processo de Projeto—Estágios Iniciais 50
A Equipe de Projeto 53
O Papel do Engenheiro 58
Desenvolvimento Conceitual 62
Expressando e Testando Conceitos 63
Modelagem da Informação da Construção (BIM)/ Modelagem da Energia da Construção (BEM) 66
Fontes e Referências 71

Capítulo 4: Comissionamento 77

A Evolução do Conceito de Comissionamento 78
O Processo e as Fases de Comissionamento 79
Documentos de Comissionamento 81
Etapas de Projeto 83
Decisões a Serem Tomadas durante o Processo de Comissionamento 91
Fontes e Referências 96

Capítulo 5: Projeto Arquitetônico e Previsão de Impactos 97

Visão Geral 97
Breve Histórico do Projeto de Edificações 97
Processo Projetual para Arquitetura Sustentável 99
Intenções na Arquitetura e Desenvolvimento de Sistemas Prediais 106
Fontes e Referências 107

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Capítulo 6: Projeto Conceitual de Engenharia—Determinação de Cargas **109**
O Papel da Modelagem Energética durante o Projeto Conceitual 111
Determinando os Fatores Condicionantes das Cargas com Simulações Paramétricas 112
Impactos Energéticos das Características Arquitetônicas 113
Transferência Térmica/de Massa da Envoltória 115
Fatores Determinantes das Cargas Internas de Engenharia 116
Fontes e Referências 128
Capítulo 7: Terrenos Sustentáveis **131**
Localização do Projeto do Edifício 131
Efeito da Ilha de Calor Urbano 132
Iluminação Externa 135
Gestão de Águas Pluviais 135
Fontes e Referências 139
Capítulo 8: Qualidade Ambiental Interna **149**
Introdução 149
Qualidade do Ar Interior 150
Controle e Conforto Térmico 172
Luz e Iluminação 174
Acústica 176
Fontes e Referências 177
Capítulo 9: Sistemas de Conversão e Distribuição de Energia **181**
Troca de Energia 181
Métodos de Distribuição de Energia 185
Sistemas Hidrônicos 187
Ar 191
Equipamento de Conversão/Geração de Energia 193
Projeto de Estações de Conversão/Geração de Energia 196
Sistemas de Energia Distrital 200
Geração de Eletricidade Distribuída 202
Fontes e Referências 207
Capítulo 10: Fontes de Energia **269**
Fontes Renováveis e Não Renováveis de Energia 269
Nexo Água Energia 270
Solar 272
Energia Eólica 282

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Energia Hidráulica 283
Biomassa 284
Fontes e Referências 285

Capítulo 11: Sistemas de Iluminação 303

Introdução 303
Iluminação Artificial 303
Captação da Luz Natural 311
Condutores de Luz (Dispositivos Tubulares de Iluminação Natural) 315
Controles de Iluminação 315
Considerações sobre Custos 319
Fontes e Referências 320

Capítulo 12: Eficiência Hídrica 325

O Equilíbrio Água-Energia 326
Sistemas de Torres de Resfriamento 328
Aquecimento de Água Sanitária 333
Hidráulica 334
Recuperação e Reutilização de Água 335
Fontes e Referências 336

Capítulo 13: Sistemas Prediais Inteligentes 359

Sistemas de Automação Integrados ao Edifício 360
Detalhando o Projeto de um Sistema de Controle 361
Diagnóstico e Detecção de Falhas Automatizados 365
Hardware Inteligente 367
Sistemas de Controle e Usuários do Edifício 369
Sistemas de Controle e Eficiência Energética e Hídrica 370
Sistemas de Controle e Qualidade do Ambiente Interno (IEQ) 373
Comissionamento de Sistemas de Controle 375
Interação de um Edifício Inteligente com a Rede Inteligente 376
Fontes e Referências 377

Capítulo 14: Completando o Projeto e a Documentação para Construção 379

Desenhos/Fase de Documentação 379
Especificando Materiais/Equipamentos 379
Estimativa de Custo e Consolidação de Orçamento 380
Licitação 380
Gerenciamento de Risco 381

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Métodos de Entrega de Proejto e Seleção do Empreiteiro 382
Fontes e Referências 385

Capítulo 15: Construção 389

Planejamento e Desenvolvimento do Canteiro de Obras 389
O Papel do Engenheiro na Qualidade da Construção 389
Práticas e Métodos de Construção 390
Comissionamento durante a Construção 392
Avançando para a Ocupação e Operação 392
Fontes e Referências 393

Capítulo 16: Operação, Manutenção e Avaliação de Desempenho 395

Modelagem Energética 396
Em Contrução 397
Selagem de Performance do Edifício 398
Preenchendo Lacunas: Medições e Verificações 398
Pesquisa com Ocupantes 399
Em Operação e Manutenção 401
Gerenciamento de Pessoal 401
Fontes e Referências 405

Seção 3: Pós-projeto—Construção e Além

Capítulo 17: Aplicações em Residências 409

Consumo Energético: Setor Residencial 410
Normas 411
Desempenho 416
Arquitetura e Projeto 420
Tendências Futuras 427
Fontes e Referências 434

Capítulo 18: Dicas Verdes por Tipologia de Edifício 441

Introdução 441
Dicas Verdes por Tipologia de Edifício 441

Capítulo 19: Edificações Existentes 471

Introdução 471
Desempenho Energético de Edificações Existentes 471
Auditorias Prediais 472
Aprimorando a Sustentabilidade das Edificações e a IEQ 476
Mecanismos para *Upgrades* de Edifícios Existentes 481
Fontes e Referências 483

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Capítulo 20: Tendências Emergentes e Epílogo **485**
Introdução 485
Sistemas de Energia Distribuídos (Distritais) 486
Edifícios Inteligentes e a Internet das Coisas 487
Realidade Virtual e Aumentada 488
Resiliência 488
Etiquetagem dos Edifícios e Relatórios 489
Novas Técnicas de Construção 490
Fontes e Referências 490
Fontes e Referências **491**
Termos, Definições e Acrônicos **513**

DICAS VERDES

#6-1: Pré-resfriamento Noturno 117
#6-2: Resfriamento de Céu Noturno 122
#6-3: Cargas Instaladas 126
#7-1: Jardins de Chuva 141
#7-2: Sistemas de Telhado Verde 145
#9-1: Sistema de Bombeamento de Fluxo Variável/Velocidade Variável 209
#9-2: Sistemas de Fluxo de Refrigerante Variável 213
#9-3: Ventilação por Deslocamento 218
#9-4: Sistema Dedicado de Ar Exterior (DOAS) 221
#9-5: Controle de Demanda de Ventilação Usando CO_2 224
#9-6: Ventilação Híbrida 227
#9-7: Sistemas Combinados de Aquecimento e Energia 231
#9-8: Queimadores de Baixa Emissão de NO_X 236
#9-9: Pré-aquecimento do Comburente 239
#9-10: Combinação entre Aquecedores de Água e de Ambiente 242
#9-11: Bombas de Calor Geotérmicas 245
#9-12: Sistema de Termoacumulação para Resfriamento (TES) 249
#9-13: *Chillers* de Absorção de Duplo Efeito 254
#9-14: *Chillers* com Motor a Gás 257
#9-15: Resfriamento Dessecante e Desumidificação 259
#9-16: Resfriamento Evaporativo Indireto 263
#9-17: *Boilers* de Condensação 266

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

#10-1: Sistemas Passivos de Condicionamento Térmico por Energia Solar 288
#10-2: Sistemas Ativos de Condicionamento Térmico por Energia Solar 291
#10-3: Sistema de Geração de Energia Solar—PV 295
#10-4: Proteção Solar 299
#11-1: Condutores de Luz (Dispositivos Tubulares de Iluminação Natural) 322
#12-1: Aquecedores de Água Domésticos de Ponto de Uso 341
#12-2: Coleta e Reutilização de Água de Condensação da Unidade de Tratamento de Ar (UTA) 344
#12-3: Coleta de Águas Pluviais 351
#12-4: Sistemas de Águas Cinzas 355
#17-1: Ventilação Mecânica Balanceada com Recuperação de Energia (ERV) 438
#18-1: Espaços para Artes Performáticas 442
#18-2: Unidades de Saúde 445
#18-3: Instalações Laboratoriais 453
#18-4: Residências Estudantis 456
#18-5: Instalações Esportivas e de Recreação 459
#18-6: Edifícios de Escritórios Comerciais 461
#18-7: Edifícios Escolares *K-12* 464
#18-8: Data Centers 466

APROFUNDANDO-SE

Perspectiva Internacional: Regulamentações e Acordos 11
Algumas Definições e Visões de Sustentabilidade à partir de Outras Fontes 13
Regulamentação CalGreen: Primeira Regulamentação Verde Estadual dos EUA Regulamentação de Edificação Verde 36
Dez Passos de uma Empresa de Projeto para um Edifício Net Zero Energia 71
Justificativas para um Projeto Verde 72
O Processo de Nove Etapas do National Renewable Energy Laboratory para um Projeto de Edifício de Baixo Consumo de Energia 75
Checklist de uma Empresa de Comissionamento 94

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Exemplo de Cálculo para Computar um Consumo Hídrico de Referência Previsto para um Edifício 337
Quanta Água será Recolhida nas Condições de Projeto? 348
Checklist de Especificaçõ de Materiais de uma Empresa de Projeto 387
Fatores de Construção a Considerar em um Projeto Verde 394
Centro de Testes para Casas de *Net Zero* Energia da NIST: *Net Zero* Energia e Além 430

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

PREFÁCIO

originalmente escrito pelo falecido William Coad
editado por Tom Lawrence para a quinta edição

ASHRAE é a sociedade técnica proeminente que representa os engenheiros atuantes nas áreas de aquecimento, refrigeração e ar condicionado - a tecnologia que usa aproximadamente um terço da energia não renovável global consumida anualmente.

Os membros da ASHRAE têm buscado ativamente meios mais eficazes de utilização de preciosos recursos de energia não renovável por muitas décadas, do ponto de vista de disponibilidade de fonte, eficiência de utilização e tecnologia de substituição por fontes renováveis. Uma publicação significativa na ASHRAE Transactions é um artigo de autoria de 1951 por G.W. Gleason, Reitor de Engenharia da Oregon State University, intitulado "Energy-Choose it Wisely Today for Safety Tomorrow" (Gleason 1951). O outro lado da moeda da energia é o meio ambiente e, novamente, a ASHRAE historicamente lidou com o impacto que a prática das ciências HVAC & R teve sobre o meio ambiente interno e global.

No entanto, a comunidade de engenharia, em grande medida, atende às necessidades e desejos das normas econômicas aceitas e do público consumidor, a grande maioria dos quais não adotou uma ética energética / ambiental. Como resultado, grande parte da tecnologia em eficiência energética e sensibilidade ambiental que os membros da ASHRAE desenvolveram ao longo do século passado teve impacto limitado na sociedade

Em 1975, quando a ASHRAE publicou o ASHRAE Standard 90-75, Energy Conservation in New Building Design (ASHRAE 1975), essa norma serviu como nosso esforço inicial de divulgação para desenvolver uma consciência da ética energética e estender nossas capacidades por toda a sociedade como um todo. Desde então, as revisões atualizadas da norma Standard 90 levaram a ciência adiante. Em 1993, o capítulo sobre recursos de energia foi adicionado ao *ASHRAE Handbook—Fundamentals* de 1993. Em 2002, a ASHRAE firmou um acordo de parceria com o US Green Building Council (USGBC), e pretende-se que esta e as futuras edições deste guia de design continuem a auxiliar a

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

ASHRAE em seus esforços para promover o design sustentável, bem como muitos outros organizações que defendem o design de edifícios de alto desempenho.

O público consumidor e outros grupos representativos de profissionais da construção continuam a se tornar cada vez mais conscientes da necessidade da sociedade de fornecer edifícios que sejam mais eficientes em termos de recursos energéticos e ambientalmente compatíveis. Os tópicos envolvidos com "edifícios verdes" ou "edifícios verdes de alto desempenho" também são muito mais do que apenas energia. Isso inclui a eficiência hídrica, a qualidade do ambiente interno e os materiais usados na construção civil, por exemplo. A ASHRAE tem trabalhado para ser reconhecida como uma das autoridades proeminentes em edifícios verdes na indústria, por exemplo, assumindo a liderança na criação do ANSI/ASHRAE/USGBC/ES Standard 189.1, Standard for the Design of High-Performance Green Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Além disso, novas tecnologias emergentes, como smart grid ou edifícios inteligentes, estão surgindo. Esta publicação, de autoria e edição de voluntários da ASHRAE, tem como objetivo complementar os esforços em todas essas áreas temáticas e ajudar os membros a se manterem atualizados.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

PREFÁCIO DA QUINTA EDIÇÃO

por Tom Lawrence

Esta nova edição do *ASHRAE GreenGuide* representa outra atualização e revisão significativa do que se tornou uma das principais contribuições da ASHRAE para o projeto sustentável do ambiente construído.

A nova quinta edição está sendo lançada no final do décimo quinto aniversário do lançamento da primeira edição em janeiro de 2004. Muita coisa mudou na indústria em geral, e nas práticas de projeto verde em particular, durante esses anos. Muitos dos conceitos que pareciam "existentes" no período em que a primeira edição foi publicada agora são considerados convencionais e, em alguns casos, agora são realmente exigidos pelo código. Tentamos incorporar essas tendências ao fazer revisões nesta quinta edição, bem como dar uma olhada na bola de cristal e antecipar tendências futuras. O plano da ASHRAE tem sido manter e atualizar, regularmente, este livro devido a este campo estar em rápida evolução e apoiar o objetivo comprometido da ASHRAE de liderança global em sustentabilidade e educação técnica. Isso também segue o exemplo definido pela reformulação da ASHRAE em 2012.

Desde o lançamento da quarta edição do GreenGuide, uma série de desenvolvimentos ocorreram na arena de construção verde. A ASHRAE continuou a refinar e modificar as normas ANSI / ASHRAE / USGBC / IES 189.1, com um novo lançamento de norma publicado no final de 2014 e outro em processo para o final de 2017. Um acordo recente entre o ASHRAE e o International Code Council (ICC) irá resultam na fusão da norma Standard 189.1 e do International Green Construction Code (IgCC) começando com o ciclo de códigos de 2018. A ASHRAE é responsável pelo conteúdo técnico e a ICC é responsável pelas disposições administrativas. Esperamos que isso resulte em uma maior adoção e uso deste código, e outras organizações e jurisdições estão usando-o como base para seus próprios códigos e normas de projeto. Assim, a indústria está testemunhando a evolução contínua dos programas de construção verde de estritamente voluntários para serem mais convencionais dentro da indústria, bem como obrigatórios em jurisdições que adotaram essas normas para seus códigos de construção.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Esta quinta edição apresenta quatro capítulos totalmente novos, bem como informações atualizadas e dicas verdes. As Dicas Verdes de Tipo de Construção específicas foram localizadas em um novo Capítulo 18. O novo Capítulo 19 cobre o projeto de construção ecológica no que se refere a edifícios existentes, e o novo Capítulo 17 discute os diferentes aspectos do projeto ecológico para estruturas residenciais. Finalmente, o Capítulo 20, Tendências emergentes e epílogo, cobre brevemente novos tópicos que estão se tornando essenciais para o setor. Capítulo 13, Sistemas de edifícios inteligentes, incluindo informações sobre sistemas de automação de edifícios, também foi extensivamente revisado e expandido em escopo.

Não se pode esperar que nenhuma pessoa, ou mesmo um pequeno comitê de pessoas, tenha a amplitude e a profundidade de conhecimento para criar um livro que cubra a ampla gama de questões que governam o projeto, a construção e a operação de edifícios verdes. Assim, muitas pessoas com experiências diversas foram recrutadas para ajudar a revisar e editar os capítulos existentes e para escrever os novos capítulos. Uma das metas do comitê editorial para esta revisão era trazer um grande número de revisores externos adicionais. Nós realmente apreciamos aqueles que contribuíram com seu tempo e talento revisando, editando e escrevendo. Finalmente, a edição atual não poderia ter sido possível sem todo o trabalho árduo e dedicação colocados nela por outros que criaram as edições anteriores. Este livro representa verdadeiramente a natureza colaborativa do trabalho realizado por voluntários dedicados dentro da ASHRAE. Todo o trabalho realizado - pelos autores, editores, subcomitês de desenvolvimento, outros revisores e participantes do comitê técnico - foi estritamente voluntário.

QUEM DEVE USAR *ASHRAE GREENGUIDE*

O propósito original declarado para o *ASHRAE GreenGuide* foi criado principalmente para projetistas de HVAC & R, mas o tempo mostrou que também é uma referência útil para arquitetos, proprietários, gerentes de edifícios, operadores, empreiteiros, estudantes e outros na indústria da construção que desejam entender as questões técnicas relativas ao projeto de alto desempenho de uma perspectiva de sistemas de construção integrados. Uma ênfase considerável é colocada no trabalho em equipe e na coordenação próxima entre as partes.

O GreenGuide foi originalmente planejado para ser usado por engenheiros ou arquitetos mais jovens, ou profissionais mais experientes prestes a iniciar seus primeiros projetos de design ecológico. No entanto, uma pesquisa com aqueles que compraram uma das edições anteriores desta publicação revelou que ela estava sendo usada principalmente por indivíduos mais experientes. A pesquisa também indicou uma porcentagem maior de leitores de países fora da América do Norte, talvez refletindo a crescente internacionalização da ASHRAE. Essas tendências foram levadas em consideração no processo de revisão para edições posteriores.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

COMO USAR *ASHRAE GREENGUIDE*

Este livro pretende ser usado mais como uma referência do que como algo que se leria em sequência do início ao fim. O índice é o melhor lugar para qualquer leitor obter uma visão geral do que é abordado nesta publicação. Em todo o GreenGuide, inúmeras técnicas, processos, medidas ou sistemas especiais são descritos sucintamente em um contorno modificado ou forma de marcador. Eles são chamados de ASHRAE Dicas Verdes. Cada Dica Verde termina com uma lista de outras fontes que podem ser referenciadas para maiores detalhes. (Listas de Dicas Verdes e barras laterais "Aprofundando-se" podem ser encontradas no índice.)

Todos os leitores devem reservar um tempo para revisar o Capítulo 1, Introdução e Contexto, que fornece algumas definições e significados essenciais dos termos-chave. O Capítulo 2 descreve os sistemas de classificação verde e os padrões e caminhos relevantes para a conformidade, no que se refere ao trabalho dos engenheiros mecânicos. As fases iniciais do projeto são cobertas, com o Capítulo 3 fornecendo uma visão geral das estratégias do projeto e os estágios iniciais do processo de projeto e o Capítulo 4 cobrindo o processo de comissionamento.

A maior parte deste livro cobre o processo de projeto, começando com o projeto arquitetônico e os impactos do planejamento no Capítulo 5. Esses capítulos são leituras essenciais para todos os interessados em como funciona o processo de projeto verde. Outros tópicos nesta seção incluem projeto de engenharia conceitual, locais sustentáveis, qualidade ambiental interna, sistemas de conversão de energia, recursos hídricos e de energia, iluminação, eficiência hídrica, sistemas de edifícios inteligentes e o processo de conclusão do projeto e documentação.

Os capítulos finais encerram o livro com discussões sobre construção, operação e manutenção. Esta seção final também inclui os capítulos sobre edifícios residenciais, Dicas Verdes para tipos de edifícios específicos e edifícios existentes e termina com o capítulo de tendências emergentes. Em edições anteriores deste livro, essas dicas estavam contidas no final do capítulo sobre o processo de projeto arquitetônico; no entanto, considera-se que elas são importantes o suficiente para justificar como um capítulo separado e não se perder nas páginas finais de um capítulo específico.

No final do guia, há uma seção abrangente de Referências e Recursos, que compila todas as fontes mencionadas ao longo do guia e um índice para localização rápida de um determinado assunto de interesse.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DA *ASHRAE GREENGUIDE*

A ideia para a publicação deste guia foi iniciada em 1999-2000, com o Presidente da ASHRAE, Jim Wolf, e levada adiante pelo então Presidente Eleito (e posteriormente Presidente) William J. Coad. Os membros desse primeiro

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

subcomitê foram David L. Grumman, Fellow ASHRAE, presidente e editor; Jordan L. Heiman, Companheiro ASHRAE; e Sheila Hayter, presidente do TC 1.10 (um precursor do TC 2.8 de hoje).

O subcomitê GreenGuide responsável pela segunda e terceira edições consistia em John Swift e Tom Lawrence, junto com as pessoas indicadas na seção Agradecimentos. O trabalho na quarta e quinta edições foi supervisionado por um subcomitê do TC 2.8 liderado por Tom Lawrence.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

PREFÁCIO DA EDIÇÃO EM PORTUGUÊS

por

Alessandra Rodrigues Prata Shimomura
Arquiteta e Urbanista/Advisor SB ArchTech Labaut

Ranny Loureiro Xavier Nascimento Michalski
Engenheira Mecânica/Co Advisor SB ArchTech Labaut

O ASHRAE GreenGuide é uma referência valiosa em projetos sustentáveis tanto para profissionais experientes quanto para novos. Escrito por especialistas do setor e organizado pelo Comitê Técnico 2.8 (Building Environmental Impacts and Sustainability) da ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), esta publicação fornece informações que podem ser a chave para projetos bem-sucedidos.

Neste guia, "Dicas Verdes" são destacadas e evidenciam técnicas, processos, medidas ou sistemas especiais em um formato compreensível e resumido. Incluídas em cada capítulo, fornecem informações e conselhos sobre práticas sustentáveis de projeto e operação para os principais tipos de instalações com necessidades específicas. Ademais, em cada capítulo é possível obter uma lista de referências e recursos adicionais.

Com vinte capítulos divididos em três sessões (Básicos, O Processo de Projeto e Pós-projeto - Construção e além), esta edição ganhou quatro novos capítulos que se destacam: Aplicações em residências (Capítulo 17), Dicas verdes por tipologia de edifício (Capítulo 18), Edificações existentes (Capítulo 19) e Tendências emergentes na indústria de construção verde (Capítulo 20). Além das "Dicas Verdes", há também as sessões "Aprofundando-se", ao longo dos capítulos, que apresentam exemplos práticos e detalhados.

A versão original foi traduzida para a língua portuguesa pelos membros do Student Branch ArchTech - Labaut SP, ASHRAE Brasil Chapter, um grupo de docentes, estudantes de graduação e pós-graduação que se debruçam sobre as temáticas da ASHRAE, com foco no conforto do usuário e sob a ótica da arquitetura.

Com uma versão em português, objetiva-se ampliar o conhecimento e a aplicação do guia por projetistas de HVAC & R, arquitetos, engenheiros, proprietários, gerentes de construção, operadores, empreiteiros e outros na indústria da construção. Para profissionais que almejam entender projetos de alto desempenho a partir de uma perspectiva de sistemas integrados de construção, o ASHRAE GreenGuide é uma importante e muito útil referência.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

AGRADECIMENTOS

Os seguintes profissionais atuaram como coeditores nesta edição do *ASHRAE GreenGuide*, forneceram materiais escritos e conteúdo editorial e formaram o Grupo Editorial Sênior do subcomitê ASHRAE TC 2.8 GreenGuide para a quinta edição:

Thomas Lawrence
University of Georgia
Athens, GA

Abdel K Darwich
Guttmann and Blaevoet Consulting Engineers, Sacramento, CA

Janice K. Means
Lawrence Technological University
Southfield, MI

Dunstan Macauley
WSP
Arlington, VA

Além disso, os seguintes profissionais contribuíram com novos materiais escritos sobre vários tópicos para a quinta edição do *ASHRAE GreenGuide*. Todas ou partes dessas contribuições foram incorporadas, com pequenas edições.

Constantinos A. Balaras
Kevin Brown
Kevin Cross
Philip Fairey
Dave Grumman
Paul Haydock
Mark MacCracken
Farhan Mehboob
Jason Morosko
Lisa Ng
Ashish Rakheja
Max Sherman
Annie Smith
Stanton Stafford
Mitchell Swann
Ted Tiffany
Paul Torcellini
Fatih Turan
Tania Ullah

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

A ASHRAE estende seu agradecimento à equipe do International Code Council (ICC), Misty Guard e Mike Pfeiffer, e à equipe da Solar Rating & Certification Corporation (ICC-SRCC), Eileen Prado e Shawn Martin, por sua revisão e comentários de alto nível para aprimorar ainda mais esta publicação. ICC, ICC-SRCC e seus associados não devem ser responsáveis por quaisquer erros, omissões ou danos decorrentes das informações contidas nesta publicação.

O comitê é profundamente grato por todos os indivíduos que ajudaram ou contribuíram para as primeiras quatro edições do GreenGuide. A quinta edição não estaria onde está sem a ajuda deles. No entanto, devido a limitações de espaço, seus nomes não podem ser listados na quinta edição.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Seção 1: Básicos

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

CAPÍTULO UM

INTRODUÇÃO E CONTEXTO

INTRODUÇÃO

Ainda é crescente a conscientização sobre o impacto do ambiente construído no ambiente natural. O uso de conceitos de engenharia sustentável evoluiu muito rapidamente nos últimos anos, e agora é reconhecido em HVAC&R e demais profissionais relacionados a engenharia. Isso, por sua vez, se torna um incentivo no aumento da demanda dos clientes por edifícios mais sustentáveis, comumente chamados de edifícios verdes.

O interesse por edifícios verdes ou sustentáveis (a distinção entre os dois é discutida abaixo) tem sido particularmente evidente na preocupação com o consumo de energia e recursos hídricos, mas também inclui preocupações mais amplas, como a qualidade do ar no ambiente interior, o uso de materiais e o desenvolvimento e planejamento "inteligentes". Muitos países do mundo possuem atualmente sistemas de certificação de construção verde (voluntários) e/ou regulamentações (obrigatórias), além de organizações dedicadas a edifícios verdes. Mesmo que o conceito de projeto verde esteja alcançando a aceitação consensual, essas organizações continuam a promover esses conceitos, estimulando a indústria e a sociedade à ação, esforçando-se para motivar os profissionais da indústria e proprietários de edifícios, alertando sobre as consequências de ignorar esses conceitos e instruindo a como alcançar o projeto verde.

A ASHRAE identificou a necessidade de orientação sobre os conceitos de construção verde, especialmente direcionados à prática de profissionais diariamente envolvidos no processo de projeto em mecânica/elétrica/encanamento (MEP [*Mechanical/Electrical/Plumbing*]) dos edifícios. No entanto, os leitores podem achar que este guia também pode atender a outras necessidades—como por exemplo, servir de base para cursos universitários em projeto de edifícios sustentáveis. A partir de uma pesquisa realizada em 2011, uma ampla gama de pessoas usa o *ASHRAE GreenGuide*, incluindo estudantes e outros profissionais em disciplinas relacionadas. Os temas abordados neste guia são globais e, portanto, tem havido um esforço para manter este guia aplicável internacionalmente.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Verde é uma dessas palavras que podem ter muitos significados, dependendo das circunstâncias. Uma delas é o verde presente na natureza e na flora ao nosso redor. Essa referência simbólica à natureza é o significado a que este termo se relaciona nesta publicação. A diferença entre um projeto verde e um projeto sustentável é o grau em que este ajuda a minimizar o impacto da construção no meio ambiente, ao mesmo tempo em que proporciona um ambiente interno saudável e confortável. Quando o termo *verde* é usado, é comumente considerado como focado na energia e nos recursos envolvidos, enquanto o *sustentável* é mais amplo no escopo e considera os três Ps*: people, profit and planet*, que no português se traduziria como: pessoas, economia e planeta. No entanto, alguns podem não reconhecer uma diferença entre os dois termos e usá-los de forma intercambiável; esta é também a abordagem geral tomada neste guia. Este guia não se destina a cobrir toda a amplitude da sustentabilidade, pois para isso exigiria uma série extensa de volumes, mas é uma boa visão geral dos principais tópicos e questões envolvidas. Para obter características-chave adicionais e discussão detalhada sobre sustentabilidade nos edifícios e no ambiente construído, consulte o capítulo "Sustaintability" no Manual da *ASHRAE Handbook—Fundamentals* (ASHRAE 2017a).

É importante notar que a definição de *edifícios verdes* coloca ênfase no projeto integrado entre os sistemas mecânicos, elétricos, arquitetônicos e outros. Especificamente, um projeto de construção verde/sustentável é aquele que alcança alta performance ao longo de todo o seu ciclo de vida, nas seguintes áreas:

- Minimizando o consumo de recursos naturais através da utilização mais eficiente das energias não renovável e outros recursos naturais, da terra, da água e de materiais de construção, incluindo a utilização de recursos de energia renovável com o esforço para obter o consumo de energia *net zero*.
- Minimizando as emissões que impactam negativamente na atmosfera global e, em última análise, no ambiente interno, especialmente aqueles relacionados à qualidade do ar interior (IAQ, do inglês Indoor Environmental Quality), gases de efeito estufa, aquecimento global, partículas ou chuva ácida.
- Minimizando a descarga de resíduos sólidos e efluentes líquidos, incluindo demolição e resíduos oriundo dos ocupantes, esgoto e águas pluviais, e a infraestrutura associada necessária para acomodar a remoção.
- Minimizando os impactos negativos no canteiro de obras.
- Otimizando a qualidade do ambiente interno, incluindo qualidade do ar, regime térmico, iluminação, acústica/ruído e aspectos visuais para proporcionar percepções fisiológicas e psicológicas humanas confortáveis.
- Otimizando a integração do novo edifício construído, no ambiente construído e no urbano. Um edifício verdadeiramente verde/sustentável não deve ser pensado ou considerado no vácuo, mas sim em como ele se integra no contexto social geral.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Em última análise, mesmo que um projeto não tenha objetivos verdes/sustentáveis declarados de forma expressa, as abordagens, processos e conceitos globais apresentados neste guia fornecem uma filosofia, útil a qualquer projeto. Utilizando os princípios deste guia, o proprietário ou um membro da equipe pode documentar os objetivos e critérios a serem estabelecidos em um projeto, formando a base para uma abordagem colaborativa e integrada de entrega de projetos. Isso pode reduzir os custos de projeto, construção e operação, resultando em um custo total menor para a vida útil do empreendimento.

RELAÇÃO COM A SUSTENTABILIDADE

O termo *projeto sustentável* é comumente utilizado, quase a ponto de perder seu significado consistente. Embora haja algumas definições variadas e complexas relacionadas ao termo (veja em "Aprofundando-se" a sessão intitulada "Algumas Definições e Visões de Sustentabilidade a partir de Outras Fontes"), uma delas é adaptada neste guia: a sustentabilidade está suprindo as necessidades do presente sem prejudicar a capacidade de atender às necessidades do futuro.

A discussão anterior sugere que os conceitos de projeto verde e projeto sustentável não são absolutos—ou seja, não podem ser definidos em termos literais. Esses termos são mais úteis quando pensados com o seguinte *mindset*: um objetivo a ser buscado e um processo a ser seguido. Este guia é o meio de (1) incentivar os projetistas do ambiente construído a empregar estratégias para o desenvolvimento de um projeto verde, e (2) estabelecer algumas técnicas práticas para ajudar os projetistas a alcançar o objetivo do projeto verde, contribuindo significativamente para a sustentabilidade.

Outro método de avaliação da sustentabilidade é através do conceito do tripé da sustentabilidade, do inglês *triple bottom line* (Savitz e Weber 2006). Esse conceito promove a ideia de que o custo monetário não é a única maneira de valorizar as opções de projeto. O tripé da sustentabilidade defende os critérios para incluir os impactos econômicos, sociais e ambientais das decisões de projeto e operações do edifício.

COMPROMISSO COM PROJETOS DE ALTA PERFORMANCE VERDES/SUSTENTÁVEIS

Projetos verdes exigem mais do que uma equipe de projetos com boas intenções; exigem comprometimento do proprietário e da equipe do projeto, estabelecendo desde o início uma documentação com metas sustentáveis/verdes definidas pela *OPR* (*Owner's Project Requirement*) e com o *BOD* (*Basis of Design*) do projetista. Os projetos verdes mais bem sucedidos, são aqueles onde os proprietários são mais dedicados e proativos, e que estão dispostos a investigar (ou dar à equipe de projeto a liberdade de investigação) todo o espectro da propriedade—do projeto à construção até a operação de longo prazo de suas instalações. Esses proprietários entendem que os edifícios verdes exigem mais planejamento, melhor execução e

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

melhores procedimentos operacionais, exigindo um forte compromisso em mudar a forma como os edifícios são projetados, construídos, operados e mantidos para alcançar um menor custo total do empreendimento e menores impactos ambientais a longo prazo.

A implementação de práticas verdes/sustentáveis poderia, de fato, elevar os *soft costs* em projeto, inicialmente associados ao desenvolvimento do empreendimento, principalmente quando comparado a projeto do edifício que busque os requisitos mínimos exigidos pelos códigos ou regulamentações. A primeira cotação orçamentária de um empreendimento é uma questão importante e, muitas vezes, é um obstáculo para a mudança do projeto que esteja atingindo apenas os requisitos mínimo das regulamentações ("projeto bom ou adequado") para um que seja verdadeiramente mais sustentável. A implementação do processo de comissionamento no início da fase de pré-projeto adiciona um item na linha de orçamento inicial, mas muitas vezes pode realmente reduzir os custos totais de projeto/construção e o custo final do empreendimento.

Além disso, economias significativas e o aumento de produtividade dos ocupantes do edifício podem ser adquiridas para toda a vida útil do edifício, reduzindo o custo total do proprietário e/ou proporcionando melhor valor para os locatários. Para obter benefícios ao longo da vida útil, também são requeridos procedimentos operacionais e manutenção adequada para monitorar o desempenho, realizando ajustes (por meio de comissionamento contínuo) quando necessário.

O QUE IMPULSIONA PROJETOS VERDES

Os defensores do edifício verde podem elencar diversas razões pelas quais os edifícios devem ser projetados utilizando conceitos verdes integrados. O fato destas razões existirem não faz com que isso aconteça de maneira rotineira nos projetos, nem a existência de projetistas—ou empresas de projeto—com experiência em projetos verdes. O principal impulsionador do projeto de edifício verde é a motivação do proprietário—aquele que inicia a criação de um projeto, aquele que paga por ele (ou quem carrega o ônus de seu financiamento), e aquele que precisa (ou identifica a necessidade de) ser atendido pelo projeto em questão. Se o proprietário não acredita que o projeto verde é necessário, entendendo não ser importante, ou presumindo ser de importância secundária à outras necessidades, então o projeto não acontecerá. Além disso, as tendências recentes do setor estão caminhando para que as práticas de edifícios verdes sejam obrigatórias, seja por meio da adoção local de novas regulamentações e normativas ou através de uma política organizacional. Essas tendências são discutidas com mais detalhes no Capítulo 2.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O IMPACTO DO CARBONO

A atenção dada às preocupações com as emissões de gases de efeito estufa certamente aumentaram em grande parte do mundo. Durante a primeira década do século XXI, duas organizações lançaram desafios ao setor para projetar e

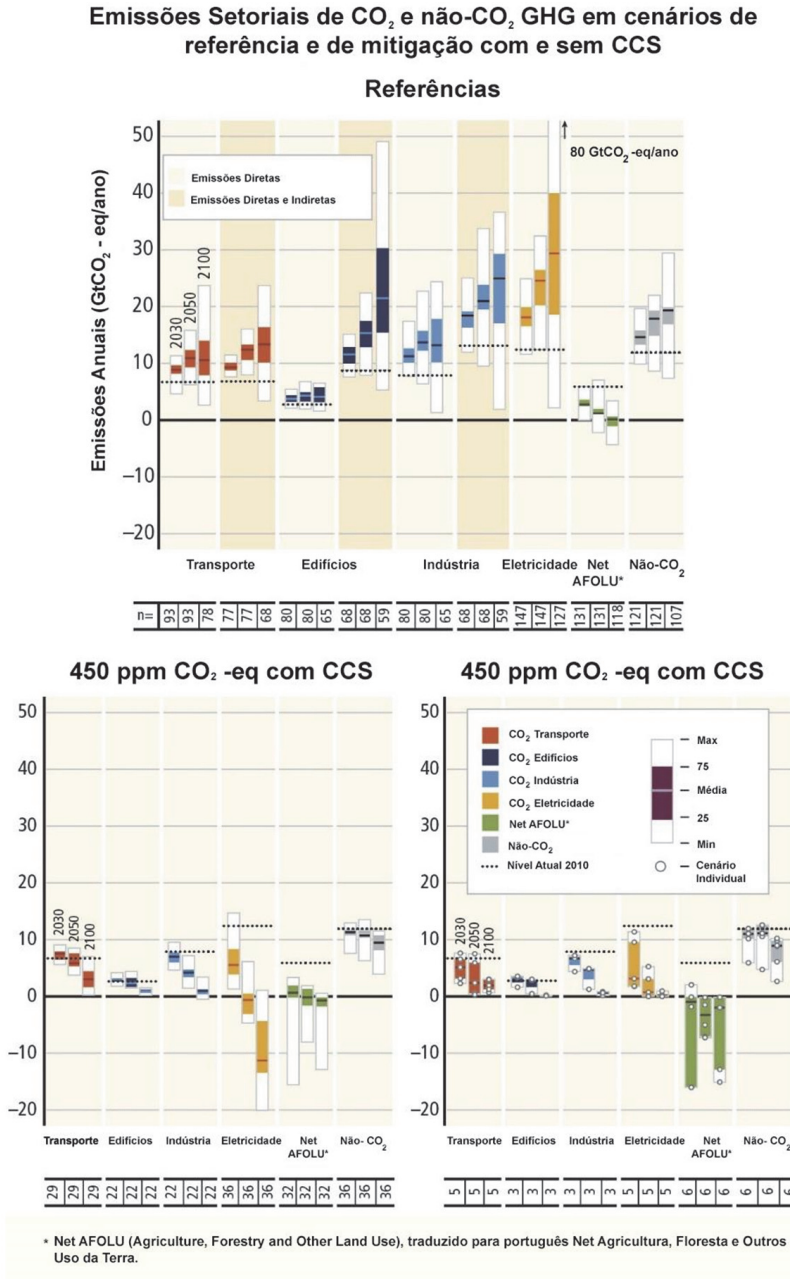
© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

implementar edifícios que consumam significativamente menos energia, em comparação com os edifícios típicos dos padrões atuais. O *Architecture 2030 Challenge* é uma delas (veja a seção "Fontes e Referências" no final do capítulo para obter mais informações). *Architecture 2030* foi iniciada por Edward Mazria em 2002, estabelecendo uma meta de edifícios *net zero* energia e edifícios *net zero* carbono, até o ano de 2030.Esse objetivo deve ser alcançado atingindo-se um desempenho energético substancialmente melhor em uma escala variável de 2010 a 2030. O foco de curto prazo do desafio foi adotado pelo *American Institute of Architects* (AIA). A *Architecture 2010 Imperative* alcançou a meta de se construir novos edifícios que apresentam uma melhoria de 50% na eficiência energética em comparação à aqueles construídos baseados na versão de 1999 da norma ANSI/ ASHRAE/IES *Standard* 90.1, *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings* (ASHRAE 1999). Na Europa, há um esforço paralelo em curso para cumprir uma meta ambiciosa de edifícios de enrgia *net zero* após 2020, de acordo com a *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD) (Comissão Europeia 2010).

Há más e boas notícias quando olhamos como os edifícios estão envolvidos com as emissões de gases de efeito estufa (GHG, do inglês *Greenhouse Gas*). Em primeiro lugar, a má notícia: os edifícios (comerciais e residenciais) são responsáveis por aproximadamente 30% das emissões de GHG nos Estados Unidos e na maioria dos países desenvolvidos, e a tendência também está se mantendo nas principais nações em desenvolvimento. A boa notícia é que os edifícios também foram identificados como o setor econômico com o melhor potencial de mitigação econômica das emissões de GHG, como destacado na Figura 1-1. Nesta figura , as emissões de dióxido de carbono (CO_2) por setor e as emissões totais de não-CO_2 GHG entre os setores são mostradas no cenário de referência da figura superior, enquanto a parte inferior da Figura 1-1 mostra o resultado líquido de cenários de mitigação que atingem uma média de cerca de 450 ppm (em uma faixa de 430 a 480 ppm) de emissões equivalentes de CO_2 (CO_2-eq) (susceptíveis de limitar o aquecimento a 2°C (3,6°F) acima dos níveis pré-industriais) com captura e armazenamento de CO2 (CCS, do inglês Carbon Capture and Storage, a esquerda) e sem CCS (direita). A diferença entre os cenários de referência e de mitigação nesta figura representam a redução das emissões líquidas possíveis para cada setor, e o setor de edificações representa uma das opções com maiores potenciais. Portanto, a indústria de edificações pode e deve assumir a responsabilidade pela redução das emissões de GHG, principalmente através da redução do consumo de energia para novas construções, na reforma de edifícios existentes e no planejamento em manter o alto nível de eficiência na operação e manutenção.

O encontro da COP21 (*Conference of the Parties*) em Paris no final de 2015 foi reconhecida como um evento que quebrou paradigmas, onde as primeiras mudanças significativas em uma abordagem global endereçadas as questões climáticas, foram feitas em quase 25 anos. O mais importante para o setor das

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.



Fonte: IPCC (2014)

Figura 1-1 Estratégias de mitigação intersetorial.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

edificações foi o entendimento do papel dos edifícios no enfrentamento desse problema, sendo criada nesta conferência uma nova organização, a *Global Alliance for Buildings and Construction*. Essa aliança tem uma abordagem estratégica de quatro passos para: (1) reduzir a demanda de energia dos edifícios (em particular, edifícios existentes), (2) descarbonizar a fonte de energia e o fornecimento aos edifícios e (3) reduzir os gases de efeito estufa incorporados em materiais e equipamentos através da análise do ciclo de vida, e aumentar a resiliência por meio de adaptações contra as mudanças climáticas e outros riscos associados.

A ASHRAE assumiu a liderança no cumprimento desses desafios de várias maneiras. Em resposta ao *Architecture 2010 Imperative*, um esforço significativo foi colocado na modificação da norma *Standard* 90.1 (ASHRAE 1999) para melhorar drasticamente a eficiência energética. A versão 2010 da norma *Standard* 90.1, em sua essência, atende ao desafio do AIA para 2010, introduzindo alterações de requisitos que foram desenvolvidos e introduzidos durante essa década. As versões subsequentes da norma *Standard* 90.1 continuam a aumentar os requisitos mínimos de eficiência energética. Embora os requisitos específicos possam diferir em alguns casos, a norma ANSI/ASHRAE/USGBC/IES *Standard* 189.1, *Standard for the Design of High-Performance Green Buildings Except Low-Rise Residential Buildings* (ASHRAE 2017b) e o *Internacional Green Construction Cod*e (IgCC) têm níveis de eficiência energética que excedem os valores mínimos da norma *Standard* 90.1.

Outra forma para se atingir estes desafios, é através da produção da série ASHRAE *Advanced Energy Design Guide* (AEDG). A série abrange medidas prescritivas que resultam em melhorias significativas na eficiência energética, com a primeira série de guias lidando com medidas que devem atingir uma economia de 30% e 50% sobre a norma *Standard* 90.1 (ASHRAE 1999), com melhorias ainda mais rigorosas no processo de planejamento. Detalhes adicionais sobre esses guias podem ser encontrados no Capítulo 2.

O engenheiro de HVAC&R pode proporcionar um benefício significativo para a sociedade (bem como para os proprietários do projeto de edifício) através da redução das emissões de $CO_{2,}$ associadas ao menor consumo de energia. Todos os novos projetos de edifício que desejam cumprir os princípios verdes devem pelo menos estimar a pegada das emissões equivalentes de CO_2 do edifício (da qual grande parte é produzida através do consumo de energia). Usando fatores de emissões divulgados, esses cálculos não são complicados e podem fornecer *insights*. Para os edifícios existentes, o objetivo é calcular a redução das emissões associadas às medidas propostas de conservação de energia. Em ambos os casos, o fator de emissão de GHG utilizado deve ser baseado na fonte de energia e não na energia consumida apenas no local. Uma boa fonte inicial de referência para fatores de emissões é um relatório do *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) de 2007 (Deru e Torcellini 2007). Nos Estados Unidos, os fatores de emissões para o consumo de eletricidade local foram atualizados pela *U.S. Environmental*

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Protection Agency (EPA), para refletir as tendências recentes de uma produção de eletricidade baseada em carvão migrando para gás natural e outros sistemas de energia renovável, como solar e eólica. Na mesma linha, a Comissão Europeia está revisando a metodologia para o cálculo do fator de energia primária no contexto da revisão da *Energy Efficiency Directive* (EED), e elaborando as próximas propostas legislativas sobre o *2030 Climate and Energy Framework*. Atualmente, pode ser utilizado um coeficiente padrão de 2,5 para a conversão de eletricidade quilowatt-hora (EED 2006/32/CE), embora os Estados-Membros da UE (União Europeia) possam aplicar um coeficiente diferente, desde que possam justificá-lo. Os esforços em curso reforçam a necessidade de revisar regularmente o fator de conversão da eletricidade e que a metodologia reflita adequadamente o empenho do setor elétrico europeu para diminuir a pegada de carbono e aumentar a participação das fontes renováveis no mix de geração de energia. Os valores informativos do padrão europeu estão disponíveis na ISO 52000-1, *Energy Performance of Buildings—Overarching EPB Assessment*.

SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA

O surgimento da engenharia do edifício verde é melhor compreendido no contexto do movimento da arquitetura em direção a edifícios e comunidades sustentáveis. Estudos mais detalhados deste movimento podem ser encontrados em diversas outras publicações e pesquisas, e estão fora do escopo deste guia. Uma breve revisão da história e dos panoramas do movimento do projeto verde é apresentado, seguido de uma discussão sobre sua aplicabilidade. Diversas das principais metodologias para executar e avaliar os esforços de projeto de edifícios verdes são revisadas.

Antes da revolução industrial, os esforços para a construção da edificação eram frequentemente coordenados, desde o projeto até a construção, por um único arquiteto—o assim chamado "*mestre construtor"*. O "mestre construtor", por si só, tinha total responsabilidade pelo projeto e construção do edifício, incluindo qualquer engenharia necessária. Este modelo se caracterizava por um edifício projetado integralmente como um único sistema com os meios para o fornecimento de calor, de luz, de água, assim como outros serviços da edificação, muitas vezes intimamente integrados aos elementos arquitetônicos. A sustentabilidade, semanticamente, se não conceitualmente, antecede essas épocas, e algumas práticas modernas insustentáveis ainda não haviam surgido. A sustentabilidade em si não era o objetivo dos mestres construtores do passado. No entanto, algumas das estruturas resultantes desta era parecem ter alcançado uma combinação admirável de grande longevidade e sustentabilidade na construção, operação e manutenção. É interessante comparar a pegada ecológica (um conceito discutido a frente neste livro) das estruturas romanas de dois milênios atrás aquecidas por pisos radiantes, à uma estrutura do século XX em tamanho, local e uso similares.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

PERSPECTIVA INTERNACIONAL: REGULAMENTAÇÕES E ACORDOS

A sociedade reconheceu que antigas ações industriais e de desenvolvimento causaram danos a longo prazo ao nosso meio ambiente, resultando na perda de fontes de alimento e espécies vegetais e animais, e nas mudanças do clima da Terra. Como resultado de aprendizados com os erros do passado e com os estudos do meio ambiente, a comunidade internacional identificou certas ações que ameaçam a biodiversidade do ecossistema e, consequentemente, desenvolveu diversas regulamentações governamentais destinadas a proteger nosso meio ambiente. Portanto, nesse sentido, a iniciativa de projetos verdes começou com a implementação de regulamentações destinadas às edificações. Um exemplo é a eliminação gradual de clorofluorocarbonetos totalmente halogenados (CFCs) e hidroclorofluorocarbonetos refrigerantes parcialmente halogenados (HCFCs).

Na Europa, o principal instrumento regulatório para combater o consumo de energia de edifícios é a reformulação da *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD) (Comissão Europeia 2010), que entrou em vigor em 2012 e substituiu a Diretiva EPBD original (Comissão Europeia 2002). Todos os Estados-membros da UE (União Europeia) introduziram leis nacionais, regulamentações e provisões administrativas para estabelecer requisitos mínimos sobre o desempenho energético de edifícios novos e existentes sujeitos a grandes reformas, e à certificação de desempenho energético dos edifícios. Requisitos adicionais incluem a inspeção regular em *boilers* e em sistemas de ar condicionado nos edifícios, a avaliação das instalações existentes e o aconselhamento sobre possíveis melhorias e em soluções alternativas. Além disso, a reformulação do EPBD fortalece os requisitos de desempenho energético, esclarece e simplifica algumas das disposições originais do EPBD para reduzir as grandes diferenças entre as práticas dos estados membros da UE. Em particular, ela exige que os estados-membros da UE definam os requisitos para que os novos edifícios atinjam um nível próximo de energia *net zero* até 2020 (2018 para edifícios públicos), e a aplicação de custos ótimos, para estabelecer requisitos mínimos de desempenho energético do edifício, tanto para o envelope térmico, quanto para os sistemas técnicos.

Os *Energy Performance Certificates (EPC)* são emitidos quando os edifícios são construídos, vendidos ou alugados. O EPC documenta o desempenho energético do edifício e é expresso como um indicador numérico ou uma escala de letras que permite o *benchmarking* do consumo primário de energia. A certificação também inclui recomendações para a melhoria no custo-benefício do desempenho energético, e é válida por até dez anos. Os esforços nacionais americanos e exemplos de EPCs são detalhados nos trabalhos de Arcipowska et al. (2014) e Maldonado (2016).

Aprofundando-se

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Aprofundando-se

O *Concerted Action* EPBD lançado pela Comissão Europeia fornece informações atualizadas sobre o *status* de implementação nos países europeus (www.epbd-ca.org).

Os edifícios estão no centro das ambiciosas inciativas europeias e estratégias energéticas para obter energia segura, competitiva e sustentável para 2020, 2030.

Não é apenas nos países desenvolvidos que as preocupações com o projeto de edifícios verdes e a eficiência energética estão se estabelecendo. O final da última década presenciou uma explosão na adoção de normativas de eficiência energética e de programas de projeto de edifícios verdes. Por exemplo, a Índia foi a primeira expansão da certificação LEED® (*Leadership in Energy and Environmental Design*®) *Green Building Rating System,* fora dos Estados Unidos, com a criação do *India Green Building Council* em 2003. A Índia também criou uma normativa nacional de eficiência energética, o *Energy Conservation Building Code*, em 2008. Esta normativa foi baseada na norma ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1, mas modificada para os climas e situações locais. Da mesma forma, a norma Standard 90.2 da ASHRAE foi utilizada como base para a eficiência energética na construção residencial no Kuwait (conhecida como Kuwait 90.2), também modificada para o clima e as práticas de construção locais do Kuwait.

As normas de eficiência energética em todo o mundo geralmente adotam duas abordagens. Uma delas é ter um conjunto de requisitos obrigatórios, e, em seguida, oferecer um caminho prescritivo ou baseado no desempenho para conformidade (exemplos incluem as abordagens adotadas para códigos de energia nos EUA, Canadá, Índia e Austrália). Outra abordagem é ter um conjunto de itens obrigatórios, e a partir daí, criar um sistema de pontos para itens adicionais, com um número mínimo de pontos necessários. Esta abordagem é a adotada pelo Japão e pela Coreia do Sul, por exemplo.

Como documentado pelos programas existentes e emergentes, de edifícios verdes em todo o mundo (Mills et al. 2012), é evidente que o movimento de edifícios verdes não é apenas uma moda, mas algo que realmente está transformando o mercado mundial.

No século XIX, a disciplina de projeto e engenharia de sistemas prediais emergia separada da arquitetura à medida que tecnologias cada vez mais complexas e métodos científicos se desenvolviam. Essa mudança não foi arbitrária ou intencional, mas sim devido a uma crescente complexidade das ferramentas de projeto e das tecnologias construtivas, e de uma crescente gama de materiais e técnicas disponíveis. Essa complexidade continuou a crescer ao longo do século XX e continua até hoje. Com o arquiteto passando de mestre construtor para o líder de consultoria em projeto, a

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

ALGUMAS DEFINIÇÕES E VISÕES DE SUSTENTABILIDADE A PARTIR DE OUTRAS FONTES

- *"The best chance we have of addressing the combined challenges of energy supply and demand, climate change and energy security is to accelerate the introduction of new technologies for energy supply and use and deploy them on a very large scale". (*A melhor chance que temos de enfrentar os desafios associados a oferta e demanda de energia, mudanças climáticas e segurança energética é acelerar a introdução de novas tecnologias para fornecimento e uso de energia, e implantá-las em grande escala) (tradução livre)—Thomas Friedman*, Hot, Flat* and *Crowded* (Friedman 2008)
- *"Humanity must rediscover its ancient ability to recognize and live within the cycles of the natural world.". (*A humanidade deve redescobrir sua antiga habilidade de reconhecer e viver dentro dos ciclos do mundo natural) (tradução livre)—*The Natural Step for Business* (Nattrass e Altomare 1999)
- *"Development is sustainable "if it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs"* (O desenvolvimento é sustentável "se atender às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades") (tradução livre)—*Our Common Future* (Relatório Brundtland) (WCED 1987)
- *To be sustainable, "a society needs to meet three conditions: Its rates of use of renewable resources should not exceed their rates of regeneration; its rates of use of nonrenewable resources should not exceed the rate at which sustainable renewable substitutes are developed; and its rates of pollution emissions should not exceed the assimilative capacity of the environment."* (Para ser sustentável, "uma sociedade precisa atender a três condições: Suas taxas de uso de recursos renováveis não devem exceder suas taxas de regeneração; suas taxas de utilização de recursos não renováveis não devem exceder a taxa na qual substitutos renováveis sustentáveis são desenvolvidos; e suas taxas de emissão de poluição não devem exceder a capacidade assimilativa do meio ambiente) (tradução livre) —Herman Daly (Nattrass and Altomare 1999)
- *"Sustainability is a state or process that can be maintained indefinitely. The principles of sustainability integrate three closely intertwined elements—the environment, the economy, and the social system—into a system that can be maintained in a healthy state indefinitely."* (A sustentabilidade é um estado ou processo que pode ser mantido indefinidamente. Os princípios da sustentabilidade integram três elementos intimamente entrelaçados—o meio ambiente, a economia e o

Aprofundando-se

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Aprofundando-se

sistema social—em um sistema que pode ser mantido em um estado saudável indefinidamente) (tradução livre)—*Energy Management Handbook,* oitava edição (Doty and Turner 2012).

- *"In this disorganized, fast-paced world, we have reached a critical point. Now is the time to rethink the way we work, to balance our most important assets".* (Neste mundo desorganizado e acelerado, chegamos a um ponto crítico. Agora é a hora de repensar a forma como trabalhamos, para equilibrar nossos ativos mais importantes) (tradução livre)—Paola Antonelli, Curadora do Departamento de Arquitetura e Design do Museu de Arte Moderna de Nova York (Antonelli 2008)

maioria dos projetistas da engenharia de HVAC&R executava um trabalho predominantemente como subcontratados do arquiteto, cuja empresa, por sua vez, era contratada pelo cliente. Lado a lado a essas tendências surgiu a doutrina do século XX de edifícios *versus* natureza, uma abordagem ainda amplamente exigida pelos clientes e fornecida por empresas de arquitetura e engenharia.

Sob essa abordagem (de que edifícios são projetados pelo arquiteto, que é o principal consultor, seguindo o paradigma dos edifícios *versus* natureza) o arquiteto concebe primeiro os conceitos da envoltória e do projeto de interiores. Só então o arquiteto se volta para engenheiros estruturais, seguido dos engenheiros de HVAC&R, e então os engenheiros eletricistas, e etc. (Não coincidentemente, essa hierarquia e sequência de envolvimento da engenharia reflete a despesa relativa dos subsistemas que estão sendo projetados).

Com notáveis exceções, essa sequência reforçou a tendência em relação aos edifícios *versus* natureza: contando com a força bruta de consideráveis sistemas de HVAC, que consomem muitos recursos—e consomem muita energia para operar—para construir e manter condições aceitáveis para a ocupação humana. Nesta abordagem ao processo de projeto, muitas oportunidades de integrar elementos arquitetônicos aos sistemas de engenharia são perdidas—muitas vezes porque é tarde demais. Mesmo com uma equipe de projeto integrado para superar as lacunas no processo de projeto tradicional, um edifício sustentável com subsistemas de engenharia otimizados não se concretizará se não for feito por profissionais com conhecimento e discernimento adequados.

Quando o Projeto Verde é Aplicável

Talvez a resposta óbvia seja "Quando o projeto verde não é aplicável?" No entanto, existem praticidades no processo de projeto, financiamento e expectativas dos agentes envolvidos no processo que podem, na opinião de algumas pessoas,

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

impedir a consideração do projeto verde. Este guia tem a intenção de ajudar a superar esses impedimentos.

Uma tendência importante na arquitetura, especialmente nos projetos de edifícios de menores escalas, é incluir a natureza como uma alternativa a seu isolamento e, em seguida, fornecer sistemas mecânicos/elétricos suficientemente poderosos para perpetuar esse isolamento. Esta situação representa uma oportunidade significativa para os engenheiros de hoje. Arquitetos e clientes que adotam essa tendência exigem abordagens de engenharia novas e complementares, não a engenharia vinculada à tradição que incorpora uma capacidade extra para superar a energia dedicada pelo time de projeto no desenvolvimento do edificio.Ventilação natural e ventilação hibrida mecânica/natural, aquecimento radiante, resfriamento radiante e ar condicionado assistido por energia solar são apenas alguns exemplos das ferramentas com as quais os engenheiros atuais são cada vez mais obrigados a adquirir habilidade. Algumas dessas "novas" técnicas são bem conhecidas há séculos e usadas em todo o mundo. Na era dos edifícios verdes, elas podem ser aprimoradas com novos recursos permitidos pelos avanços da tecnologia, melhor entendimento dos processos físicos envolvidos e para edifícios modernos.

Felizmente, há uma grande quantidade de informações disponíveis sobre projetos de edifícios verdes, incluindo este *GreenGuide* da ASHRAE. Além disso, ferramentas para entender e defender decisões de engenharia em tais projetos estão disponíveis, como por exemplo, a normas ANSI/ASHRAE *Standard 55, Thermal Environment Conditions for Human Occupancy* (ASHRAE 2017a), que inclui um método de projeto adaptativo que é mais aplicável a edifícios que interagem mais livremente com o ambiente externo. A norma ASHRAE *Standard* 55 também acomoda uma crescente variedade de soluções de projeto destinadas tanto a fornecer conforto quanto a respeitar o imperativo para edifícios sustentáveis.

Outra abordagem mais amplamente exigida para a engenharia verde de HVAC apresenta uma oportunidade significativa para os engenheiros. Essa abordagem se aplica a projetos que vão desde projetos de edifícios verdes até projetos mais convencionais, onde o cliente tem apenas um interesse limitado pelo projeto verde. A demanda pela engenharia ambientalmente consciente é evidenciada pela expansão de grupos de engenharia, dentro ou fora das práticas arquitetônicas, que construíram uma reputação para uma abordagem verde para o projeto de edifícios. Além disso, muitos engenheiros e arquitetos mais jovens que estão entrando na profissão estão mais comprometidos com o conceito de projeto sustentável do que seus antecessores mais estabelecidos.

A engenharia verde de HVAC pode ser fornecida, para o seu próprio bem, independentemente de qualquer demanda de cliente ou arquiteto. Idealmente, o resultado final é um sistema de eficiência energética que é mais robusto e proporciona um melhor controle térmico e ambiente interno do que o projeto convencional "carimbado". O interesse pela engenharia ambientalmente consciente

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

deve ser cuidadosamente medida, e oportunidades para educar a equipe de projeto cuidadosamente mensurada. Dessa forma, os engenheiros podem trazer maior valor aos seus projetos e distinguir-se de profissionais e empresas concorrentes.

A Energia Incorporada e Avaliação de Ciclo de Vida

Os materiais utilizados na construção e operação de edifícios possuem energia incorporada provenientes dos seus processos de fabricação, transporte e instalação da conversão de matérias-primas para produtos finais. O processo de seleção de materiais deve considerar o impacto ambiental da demolição e descarte após a vida útil dos produtos. Outro novo tipo de avaliação do ciclo de vida da construção (além do custo do ciclo de vida) tem como foco o impacto ambiental de produtos e processos. Isso é chamado de avaliação ambiental do ciclo de vida, ou simplesmente avaliação do ciclo de vida (LCA, do inglês *Life Cycle Assessment*). Trata-se de uma abordagem de berço-ao-túmulo (*cradle-to-grave*) que avalia todas as etapas da vida de um produto para determinar seu impacto ambiental acumulativo. No caso de um edifício, sua estrutura é um produto em si, mas também é composta por um grande número de outros produtos individuais (por exemplo, materiais, equipamentos). Assim, o impacto combinado de todo o edifício como um sistema, deve ser quantificado. Diferentes questões e prioridades devem ser consideradas. Por exemplo, a seleção de materiais de construção com uma energia incorporada mais baixa pode ser desejável para a fase de construção, mas pode ser ambientalmente mais consciente considerar um material com maior energia incorporada se ele resultar numa maior economia de energia operacional durante o ciclo de vida do edifício ou na vida útil do produto, o que vier primeiro. Da mesma forma, durante a reforma da construção e a avaliação de diferentes medidas de conservação de energia, deve-se também considerar a energia incorporada nos novos materiais de construção (por exemplo, adicionando isolantes térmicos) ou a substituição de elementos ou sistemas de construção (por exemplo, substituindo janelas ou *boilers*), comparando-os com a economia de energia operacional resultante.

Vários esforços internacionais estão em andamento para desenvolver uma abordagem padrão, juntamente com ferramentas profissionais fáceis de usar, para evitar cálculos complicados e facilitar a realização de uma LCA em projetos rotineiros e cotidianos. Isso é fundamental para garantir que essas questões sejam tratadas durante os estágios iniciais do processo de tomada de decisão, quando as decisões mais críticas são tomadas, para o novo projeto de construção ou reforma. Para projetos de escalas maiores, o uso da modelagem de informação da construção (BIM) pode dar suporte à LCA reduzindo o tempo de reinserção de dados (por exemplo, quantidades de materiais) e facilitando os cálculos, uma vez que questões ontológicas e semânticas para troca de dados e informações relevantes sejam tratados adequadamente.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Uma descrição detalhada da abordagem da LCA foi desenvolvida pela EPA, e mais detalhes podem ser encontrados em seu website na LCA (do inglês *Life Cycle Assessment*), incluído na seção *Online* ao final deste capítulo. Bancos de dados e ferramentas da LCA são usados para calcular e comparar a energia incorporada de materiais e produtos básicos de construção. Os projetistas devem dar preferência a materiais que economizam recursos e reduzir o desperdício reciclando e reutilizando sempre que possível.

A equipe de projeto de um edifício tem uma variedade de opções a considerar na condução de uma análise de LCA. A série de normas da ISO (*International Organization for Standardization*) 14000 que trata de gestão ambiental serve como um método para administrar o desenvolvimento dessas ferramentas. As ferramentas de LCA estão disponíveis em fontes comerciais privadas, bem como de domínios governamentais ou públicos. A ferramenta *Building for Environmental and Economic Sustainability* (BEES) foi desenvolvida pelo *National Institute for Standards and Technology* nos Estados Unidos, com o apoio da *U.S. Environmental Protection Agency*. As Ferramentas: *Reduction and Assessment of Chemical e Other Environmental Impacts* (TRACI) da EPA concentram-se na liberação química e no uso de matérias-primas em produtos. No Canadá, o banco de dados de inventário do ciclo de vida *Athena* contém dados detalhados, de alta qualidade e de construção regional e está em conformidade com as normas ISO 14040/14044 (*Athena* 2014). Algumas empresas comerciais também oferecem ferramentas de LCA.

A Comissão Europeia reconhece há muito tempo que a LCA fornece a melhor estrutura para avaliar os possíveis impactos ambientais dos produtos e ressaltou a necessidade de dados mais consistentes e metodologias de LCA consensuais. Uma plataforma europeia do *European Commission Joint Research Centre* está disponível para facilitar a disponibilidade de dados do ciclo de vida com garantia de qualidade. O *European Reference Life Cycle Database (ELCD)* é composto por dados de inventário do ciclo de vida de associações empresariais europeias líderes de mercado e outras fontes para materiais fundamentais, transportadores de energia, transporte e gerenciamento de resíduos. Os conjuntos de dados podem ser usados gratuitamente e também distribuídos a terceiros.

Em resumo, um grande crescimento ocorreu no desenvolvimento de programas e práticas de projetos verdes nas últimas duas décadas. Este *GreenGuide* fornece uma visão sobre como tornar o projeto e operação dos edifícios mais sustentáveis.

FONTES E REFERÊNCIAS

Publicados

AIA. 1996. *Environmental Resource Guide*. Edited by Joseph Demkin. New York: John Wiley & Sons.

Antonelli, P. 2008. *Design and the Elastic Mind*. New York: The Museum of Modern Art.

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

ASHRAE. 1999. ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-1999, *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. Atlanta: ASHRAE.

ASHRAE. 2016. ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016, *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.* Atlanta: ASHRAE.

ASHRAE. 2017a. ANSI/ASHRAE Standard 55-2017, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: ASHRAE.

ASHRAE. 2017b. *ASHRAE Handbook—Fundamentals.* Chapter 35. Atlanta: ASHRAE.

ASHRAE. 2017c. ANSI/ASHRAE/USGBC/IES Standard 189.1-2017, *Standard for the Design of High-Performance Green Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.* Atlanta: ASHRAE.

Athena. 2014. *User manual and transparency document: Impact estimator for buildings* v. 5. Ottawa: Athena Sustainable Materials Institute. https://calculatelca.com/wp-content/uploads/2014/10/IE4B_v5_User_Guide_September_2014.pdf.

Deru, M., and P. Torcellini. 2007. *Source Energy and Emissions Factors for Energy Use in Buildings.* Technical Report NREL/TP_550-38617, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO.

Doty, S., and W.C. Turner. 2012. *Energy management handbook*, 8th edition. Lilburn, GA: Fairmont Press.

European Commission. 2002. Energy Performance of Buildings, Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Communities*, Brussels.

European Commission. 2010. Energy Performance of Buildings, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Communities,* Brussels.

Friedman, T. 2008. *Hot, flat, and crowded.* New York: Farrar, Straus and Giroux. Grondzik, W.T. 2001. The (mechanical) engineer's role in sustainable design:

Indoor environmental quality issues in sustainable design. HTML presentation available at www.nettally.com/gzik/ieq/ieq-sust_files/frame.htm.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds). pp. 151. Geneva: IPCC.

ISO. 2017 (under development). ISO 52000-1. *Energy Performance of Buildings—Overarching EPB Assessment.* Part 1: General Framework and Procedures. Geneva.

Nattrass, B., and M. Altomare. 1999. *The natural step for business*. Vancouver: New Society Publishers.

Savitz, A.W., and K. Weber. 2006. *The Triple Bottom Line*. San Francisco: John Wiley & Sons, Inc.

WCED. 1987. *Our common future*. Oxford, England: Oxford University Press. William McDonough Architects. 1992. *The Hannover Principles: Design for*

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only. Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

Sustainability. Charlottesville, VA: William McDonough & Partners. www.mcdonough.com/wp-content/uploads/2013/03/Hannover-Principles-1992.pdf.

Online

The American Institute of Architects
www.aia.org
Architecture 2030 Challenge
www.architecture2030.org
Advanced Energy Design Guides
www.ashrae.org/aedg
Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES)
www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm
BuildingGreen
www.greenbuildingadvisor.com
Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM®) rating program
www.breeam.org
European Commission, Concerted Action Energy Performance of Buildings Directive
www.epbd-ca.org
European Commission Joint Research Centre. European Life Cycle Database.
http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/
European Commission Joint Research Centre. European Platform on Life Cycle Assessment
http://eplca.jrc.ec.europa.eu
Green Globes
www.greenglobes.com
GreenSpec® Product Guide
https://www.buildinggreen.com/product-guidance
International Initiative for a Sustainable Built Environment
www.iisbe.org/
International Living Building Institute, The Living Building Challenge
https://living-future.org/lbc
International Organization for Standardization family of 14000 standards,
www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm
Intergovernmental Panel on Climate Change
www.ipcc.ch
Lawrence Berkeley National Laboratories, Environmental Energy Technologies Division
http://eetd.lbl.gov
Minnesota Sustainable Design Guide
www.sustainabledesignguide.umn.edu

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.

National Renewable Energy Laboratory, Buildings Research
www.nrel.gov/buildings
Natural Resources Canada, Evaluation of the Built Environment Portfolio
www.nrcan.gc.ca/evaluation/reports/2014/16317
The Natural Step
www.thenaturalstep.org
New Buildings Institute
www.newbuildings.org
Rocky Mountain Institute
www.rmi.org
Tools for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts (TRACI)
https://www.epa.gov/chemical-research/tool-reduction-and-assessment-chemicals-and-other-environmental-impacts-traci
U.S. Green Building Council, Leadership in Energy and Environmental Design, Green Building Certification System
www.usgbc.org/leed
The Whole Building Design Guide
www.wbdg.org

© 2023 ASHRAE. Translation of ASHRAE GreenGuide © 2018 ASHRAE, by permission. Translated by ArchTech - Labaut SP Student Branch do ASHRAE Brasil Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. For personal use only.
Additional reproduction, distribution, or transmission in either print or digital form is not permitted without ASHRAE's prior written permission.