

GUIA INTERATIVO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Relatório Final

Setembro de 2018

Guia Interativo de Eficiência Energética em Edificações

Elaborado por:



Autores: Alexandre Schinazi
Rosane Fukuoka
Maxine Jordan
Hamilton Ortiz
Bárbara Ferronato
Isabela Issa

Revisores: Professor Roberto Lamberts
Edward Borgstein

Para: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e SindusCon-SP, em parceria com o Ministério de Minas e Energia.

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro

Nº projeto: 15.2126.9-001.00

Coordenação: Hanna Salian (GIZ)
Bernardo Dörr (GIZ)
Lílian Sarrouf (SindusCon-SP)
Vanessa Dias (SindusCon-SP)

Setembro de 2018

São Paulo – SP – Brasil

Informações Legais:

1. Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). No entanto, erros com relação ao conteúdo não podem ser evitados. Conseqüentemente, nem a GIZ ou o(s) autor(es) podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.
2. A duplicação ou reprodução de todo ou partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que a GIZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento escrito da GIZ.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	4
2. CONCEITOS DE PROJETO	8
2.1. PROJETO INTEGRADO VISANDO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	8
2.2. SIMULAÇÃO ENERGÉTICA	12
2.3. COMISSONAMENTO	22
2.4. SISTEMAS DE GESTÃO DE ENERGIA	28
3. TEMAS FUNDAMENTAIS.....	37
3.1. CONFORTO TÉRMICO	37
3.2. ENERGIAS RENOVÁVEIS	41
3.3. EDIFÍCIOS ZERO NET ENERGIA.....	56
3.4. IMPACTOS DO PROJETO NO USO, OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E RETROFITS	62
3.5. CERTIFICAÇÕES E ETIQUETAGENS	72
4. CONTEÚDO POR SISTEMAS PREDIAIS.....	83
4.1. ASPECTOS CONSTRUTIVOS	83
4.2. ILUMINAÇÃO	120
4.3. AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO (AVAC)	129
4.4. EQUIPAMENTOS	184
4.5. AUTOMAÇÃO E CONTROLE EM EDIFÍCIOS	196
4.6. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	208
5. FONTES DE FINANCIAMENTO E SUBSÍDIOS	224
5.1. CRÉDITO	226
5.2. LICITAÇÕES E CHAMADAS PÚBLICAS	234
5.3. ESCOS.....	235
5.4. SUBSÍDIOS PARA O CONSUMIDOR FINAL.....	237
6. FERRAMENTAS E SOFTWARES	237
6.1. WEBPRESCRITIVO (PBE EDIFICA)	237
6.2. ENERGY PLUS	238
6.3. EDGE	239
6.4. DOMUS.....	239
6.5. DIALUX.....	239
6.6. SEFAIRA.....	240
6.7. PVSYS.....	240
6.8. BENCHMARKING.....	241
6.9. HOT 2000	241
6.10. ENGUIA.....	241
6.11. SIMULADORES DAS CONCESSIONÁRIAS.....	242
6.12. CLIMATE CONSULTANT.....	242
6.13. PROJETEEE.....	243
6.14. FERRAMENTA DE CONFORTO DE BERKELEY	244
7. CONTEÚDOS ADICIONAIS.....	245
7.1. NORMAS	245
7.2. ENTIDADES.....	247
7.3. TERCEIRO SETOR	251

7.4.	CERTIFICADORAS	251
7.5.	OUTROS.....	252
8.	ESTUDOS DE CASO.....	255
8.1.	CENTRO SEBRAE DE SUSTENTABILIDADE.....	255
8.2.	PROJETO DO CENTRO DE INOVAÇÃO EM CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CICS) - USP	256
8.3.	CRECHE MUNICIPAL ASSIS	257
8.4.	SEDE RAC ENGENHARIA.....	257
8.5.	NOVA SEDE DO SINDUSCON-PR	259
8.6.	OLYMPIC HOME & RESORT	260
8.7.	HOTEL ARENA IPANEMA.....	261
8.8.	LOJA OBRAMAX - MOOCA	262
8.9.	HOSPITAL SÃO BERNARDO	263
8.10.	VERTIGO PREMIUM STUDIOS	264
8.11.	BC BELA CINTRA.....	265
9.	REFERÊNCIAS	266

1. INTRODUÇÃO

O SindusCon-SP em colaboração com o Ministério de Minas e Energia (MME) e apoio da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, apresenta o Guia interativo de Eficiência Energética em Edificações.

Este Guia tem o objetivo de apoiar e fornecer conhecimento técnico aos agentes do mercado da construção civil que buscam construir e operar edificações¹ mais eficientes. Para isso, ele busca simplificar e desmistificar as estratégias, sistemas e tecnologias voltados à eficiência energética, abordando soluções relevantes a novas construções, *retrofits*, e até pequenas melhorias em edifícios existentes.

O Guia irá ajudá-lo/a a:

- Explorar soluções estratégicas de eficiência para diferentes tipologias de edificações;
- Conhecer os conceitos e temas fundamentais para o desenvolvimento de edifícios de alto desempenho energético;
- Entender como as etapas do processo de desenvolvimento de um empreendimento impactam em como ele **consome energia** ao entregar os serviços pretendidos aos usuários;
- Selecionar e conhecer as ferramentas mais adequadas a seu projeto para torná-lo eficiente;
- Comparar diferentes fontes de financiamento e subsídio para viabilizar a implementação de soluções de eficiência energética em seu projeto;
- Ter acesso às principais referências, nacionais e internacionais, para maior aprofundamento nos temas;
- Visualizar exemplos de edifícios eficientes no Brasil como estudos de caso detalhados;
- Obter soluções de eficiência personalizadas para seu projeto no campo "Minha Obra";
- Avaliar a viabilidade de implementar painéis fotovoltaicos (FV) e/ou tornar seu projeto uma edificação Zero Net Energia.

Justificativa

De acordo com o Balanço Energético Nacional (MME/ EPE, 2017), o consumo atual de energia elétrica em edificações representa 51% do total do país. Estima-se que retrofits de eficiência energética ou a construção de edifícios

¹ O termo "edifício" ou "edificações" é utilizado neste guia para denominar todas as construções térreas ou com mais de um andar/pavimento, horizontais ou verticais, incluindo áreas privativas e áreas comuns, em especial as tipologias de prédios residenciais, casas, condomínios residenciais, edifícios de escritório, hotéis, shopping centers, *retail* (varejo) e logística (centros de distribuição).

projetados para serem mais eficientes podem levar a uma redução de 30 a 50% de seu consumo de energia. Estes valores demonstram que existe um grande potencial de atuação nessa área e espaço para investimentos no setor.

Objetivos da plataforma

- Fornecer uma ferramenta online interativa que permita aos usuários consultar e selecionar as estratégias prediais mais interessantes do ponto de vista energético, apoiando assim a aplicação da eficiência energética na construção de novos empreendimentos, *retrofits* e projetos de melhoria em edificações existentes;
- Sensibilizar o setor da construção para possibilidades de aumento da eficiência energética nos projetos;
- Ajudar o/a projetista, engenheiro/a, empreendedor/a ou incorporadora a tomar decisões próprias para cada um dos seus projetos ao fornecer dados que ajudam a identificar as melhores estratégias prediais para cada cenário e contexto.

Tipologias abordadas



Figura 1. Tipologias abordadas no Guia.

Público alvo

Este guia é voltado a incorporadoras, projetistas de arquitetura e engenharia, construtoras, fornecedores e instaladores, empresas de *facilities* e aos usuários de edificações.



Figura 2. Ilustração do público alvo do guia.

O que é eficiência energética?

Existem diferentes definições de eficiência energética, listam-se então a seguir as principais definições consideradas no escopo deste Guia:

“A eficiência energética pode ser entendida como um atributo inerente à edificação representante do seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia.” (LAMBERTS et al, 2014).

“Eficiência energética é chave para assegurar a segurança, confiabilidade, viabilidade e um sistema energeticamente sustentável para o futuro. É o recurso energético que todo país possui em abundância e é o jeito mais rápido e barato de abordar a segurança energética, ambiental e seus desafios econômicos.” (IEA, 2017).

Em resumo, a eficiência energética é a utilização da energia da forma mais otimizada possível, atendendo aos requisitos de conforto, segurança e saúde, oferecendo os serviços previstos com qualidade e utilizando a menor quantidade de recursos possíveis.

Em edificações, a eficiência energética é um assunto a ser tratado em todas as fases de seu ciclo de vida. O foco deste Guia Interativo é fornecer informações e reflexões sobre como as fases de **concepção, projeto, construção, reformas e retrofit** impactam no desempenho energético das edificações em sua fase de **uso, operação e manutenção**.



Figura 3. Ciclo de vida de uma edificação. Fonte: elaboração dos autores.

O que é um “edifício eficiente”?

Edifícios eficientes são aqueles que conseguem atender satisfatoriamente as demandas dos usuários sob as premissas de projeto com o mínimo consumo de energia, e/ou, inclusive, integrados a sistemas de geração de energia.

Existem múltiplas denominações e certificações relacionadas a edifícios eficientes, sustentáveis, “verdes” ou Zero Net Energia, algumas delas relacionadas ao projeto e outras à operação.

Para que um edifício seja eficiente energeticamente, não basta que ele apenas apresente um baixo consumo de energia – é necessário e fundamental atender aos requisitos de conforto ambiental dos usuários.

Projetar edifícios com altos níveis de conforto depende de variáveis físicas e ambientais, relacionadas à adoção de estratégias construtivas, bem como de variáveis ligadas aos usos do edifício e aos hábitos dos usuários. Dada sua importância e grau de complexidade, este Guia fornece ênfase nas variáveis que influenciam o **conforto térmico**.

2. CONCEITOS DE PROJETO

2.1. Projeto integrado visando à eficiência energética

2.1.1. O que é e como funciona?

O processo de projeto integrado envolve uma visão holística para edificações e construções de alta performance. Ele possibilita que cada membro da equipe de projeto tenha uma visão compartilhada de sustentabilidade e trabalhem de forma colaborativa para implementar as metas. Esse processo permite que a equipe otimize os sistemas, reduzindo os custos de operação e manutenção e minimizando as necessidades de novo investimento de capital. (NRCAN, 2016)

EDIFÍCIOS DE ALTA PERFORMANCE SÃO CRIADOS A PARTIR DE PROJETOS INTEGRADOS



Figura 4. Áreas envolvidas em projeto integrado. Fonte: elaboração dos autores.

Já o conceito de *Design Charrette*, envolve a" (...) reunião de projetistas de diferentes áreas com reuniões periódicas para otimizar e integrar as diferentes estratégias de sustentabilidade em todos os aspectos de projeto, construção e operação do edifício, recorrendo ao conhecimento e competências especializadas de cada participante". (LEED NC, 2014)

Ou seja, na prática é fazer a integração dos sistemas, conceitos e disciplinas, envolvendo os projetistas de arquitetura, elétrica, iluminação, ar condicionado, hidráulica e estrutura em reuniões periódicas desde a fase de concepção do projeto, com o intuito de criar um projeto integrado, multidisciplinar e otimizado.

2.1.2. Como é realizado o processo?

Existem diversas metodologias para a realização de um projeto integrado. Na tabela abaixo, estão descritas as etapas de implementação segundo a certificação LEED, no projeto de um edifício novo.

Tabela 1 – Etapas de implementação de um projeto. Fonte: LEED NC, 2014.

<p>Passo 1</p>	<p>Identificar a equipe de projeto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formar uma equipe multidisciplinar de no mínimo quatro participantes (áreas de arquitetura, elétrica, ar condicionado, comissionamento, estrutura, etc); • Se possível, incluir representantes da construtora para que o custo e suas considerações sejam integradas com o desenvolvimento de conceito de projeto; • Se possível, incluir representantes da equipe de facilities; • Certificar-se de que os membros da equipe escolhida tenham experiência suficiente em suas áreas para contribuir de forma efetiva.
<p>Passo 2</p>	<p>Preparar para fazer o design charrete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fazer pesquisas preliminares para apoiar iniciativas e oportunidades de eficiência energética; • Coletar informações sobre clima, condições do terreno, infraestrutura local, distribuição de energia elétrica, disponibilidade de água, opções de transporte e características potenciais do edifício.
<p>Passo 3</p>	<p>Convocar a reunião de design charrete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alinhar com a equipe os objetivos do proprietário em relação ao projeto, incluindo orçamento, cronograma, requisitos de funcionalidade, escopo, expectativa de qualidade, performance energética e expectativas do usuário; • Definir metas de desempenho energético, benchmarks de energia, métricas e estratégias; • Determinar questões prioritárias a serem resolvidas;; • Realizar reuniões de compatibilização com a equipe, para controle e verificação do desempenho energético.
<p>Passo 4</p>	<p>Documentar metas e desempenho previsto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparar o documento de Requisitos do/a Proprietário/a, incluindo metas e desempenho energético.

Outras informações sobre projeto integrado estão disponíveis no site da ASHRAE² e Whole Building Design Guide³.

2.1.3. Benefícios

- Redução de custos com problemas e erros de compatibilização de projetos;
- Maximização dos benefícios e qualidade do projeto, otimizado em todas as áreas;
- Atuação em intervenções no início, quando há possibilidade de modificações com as maiores economias e o menor custo, se comparado com alterações de projeto durante ou após a construção;
- Formação de uma equipe multidisciplinar com experiência, o que permite agilizar a comunicação e resolução de barreiras, criando uma visão holística do projeto;
- Transparência e clareza nas definições de cada processo;
- Incentivo a novas possibilidades, projetos criativos e inovadores que terão alta performance energética.

² <https://www.ashrae.org/communities/student-zone/competitions/2018-integrated-sustainable-building-design>

³ <https://www.wbdg.org/>.

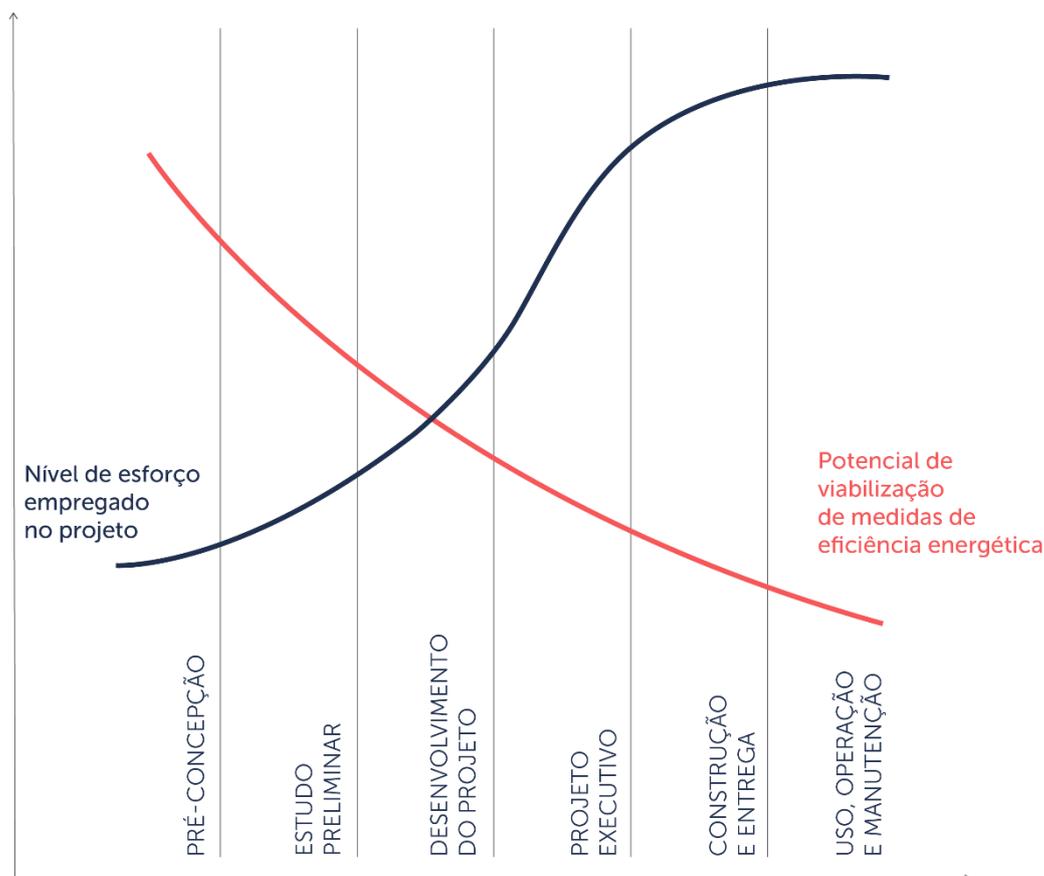


Figura 5. Custo de intervenções no ciclo de vida de um edifício. Fonte: ENSAR Group (2018)

2.1.4. Quem são os/as envolvidos/as??

O projeto integrado deve ter no mínimo quatro dos membros listados a seguir:

- Cliente, proprietário/a (ou representante)
- Agente de comissionamento, profissional especialista que coordena a comunicação entre as diversas disciplinas, e revisa periodicamente os projetos a fim de garantir que estão seguindo os requerimentos do/a proprietário/a ***presença obrigatória**
- Arquiteto/a (projeto de arquitetura, iluminação, acústica, paisagismo, planejamento urbano) ***presença obrigatória**
- Engenheiro/a (elétrica, hidráulica, estrutural, ar condicionado, civil, ambiental, etc) ***presença obrigatória**
- Gerente de finanças do/a proprietário/a
- Responsável pela simulação energética ***presença obrigatória**
- Projetista de controles e telecomunicações
- Construtora

- Gerente predial
- Instaladora

2.1.5. Case de Projeto Integrado – Hospital em São Bernardo do Campo (2015)

Empresa de arquitetura: SPBR

Empresa de consultoria de energia: Mitsidi Serviços e Projetos

Desafio: Projeto integrado para um grande hospital público visando a otimização da eficiência energética e redução do custo operacional.

Atuação: Participação nas fases de Anteprojeto a Projeto Executivo. Alinhamento de resultados com a Arquitetura e demais disciplinas para garantir a inserção das medidas de eficiência nos projetos.

Resultados:

- Redução da carga instalada de Ar Condicionado em 24%, o que resultou em menor custo de investimento na compra dos equipamentos;
- Garantia de conforto térmico com ventilação natural em uma área de 4.000 m²;
- Avaliação de sistemas solares de aquecimento de água e geração de eletricidade.



Figura 6. Imagem ilustrativa do Hospital. Fonte: SPBR. Disponível em <http://www.saobernardo.sp.gov.br/home/-/asset_publisher/YVwaH6UqAMbt/content/construcao-do-hospital-de-urgencia-de-sbc-comeca-neste-ano/maximized> (Acesso em 26/06/2018).

2.2. Simulação energética

Você já se perguntou se deveria realizar uma simulação do seu projeto? Você sabe que existem vários tipos de simulações, de informações a serem obtidas, e de motivos para fazer uma simulação? Mas talvez você também não sabia quando é que vale mais a pena contratar uma simulação e o quão difícil ela é.

A necessidade de contratar um estudo de simulação, na verdade, depende do seu projeto. A simulação energética pode ser interessante para:

- Ajudar a identificar as tecnologias com maior potencial de economia de energia;
- Definir os materiais construtivos com melhor desempenho, como o tipo de vidro ideal, revestimentos, coberturas, etc;
- Escolher o melhor sistema de iluminação e ar condicionado;
- Obter argumentos de custo-benefício para defender seu projeto arquitetônico (orientação, abertura, volumetria, etc);
- Assegurar que o conforto térmico do/a usuário/a será atendido, prevendo, por exemplo, qual a temperatura interna nos ambientes durante um ano típico;
- Testar a eficácia de novas soluções e estratégias passivas de conforto, como a ventilação natural;
- Verificar o atendimento dos níveis de iluminação natural e artificial nos ambientes.

Além disso, se você pretende etiquetar a construção com o PBE Edifica do Procel, ou certifi-cá-la com o LEED, o AQUA ou outros, pode ser que precise realizar uma simulação para comprovar que a previsão de consumo será menor que a de um edifício padrão.

A modelagem necessita informações concisas e precisas sobre o edifício, incluindo a geometria da construção, as características dos elementos construtivos, e os perfis de uso de equipamentos e de ocupação. Por isso é geralmente realizada por uma consultoria especializada, porque a relevância do resultado depende totalmente da precisão da informação inserida.

É importante destacar que a simulação não irá prever o consumo real do edifício, uma vez que nunca poderá replicar a sua operação real. No entanto, ela deve ser usada como ferramenta de apoio a decisões, por meio da comparação de diferentes cenários ou hipóteses.

2.2.1. Perguntas que motivam a realização de uma simulação

Alguns exemplos:

- “É possível construir meu edifício apenas com ventilação natural e garantir conforto?”
- “A carga de ar condicionado proposta para o projeto é adequada ou pode ser reduzida?”
- “O meu edifício atende à Norma de Desempenho?”
- “O quanto meu edifício é mais eficiente que um padrão (linha de base)?”
- “Meu edifício passa nos pré-requisitos da certificação LEED ou etiquetagem PBE Edifica do Procel?”
- “Estou na dúvida se coloco brise ou vidro de alto desempenho, pois não tenho orçamento para ambos. Qual estratégia terá melhor custo-benefício?”

2.2.2. O que é simulação energética e para que serve⁴?

A simulação energética consiste na modelagem 3-D da geometria do edifício com a definição por parte dos usuários de materiais, sistemas, atividade e uso de cada ambiente. Também são inseridos dados climáticos do local, que incluem temperatura externa, umidade, velocidade e direção do vento, nebulosidade, etc.

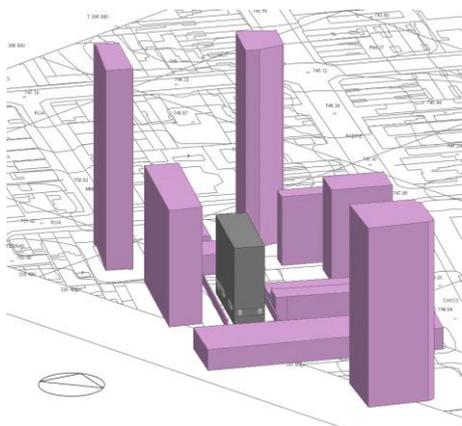


Figura 7. Exemplo de modelo geométrico. Fonte: elaboração dos autores.

A simulação calcula o comportamento térmico e energético de cada ambiente e sistema em resposta ao clima, descrevendo resultados de temperatura interna de cada ambiente, e consumo de energia de cada sistema e do edifício, com resultados por hora ao longo do ano.

⁴ Informações mais aprofundadas podem ser encontradas no livro *Building Performance Simulation for Design and Operation* (HENSEN, J.; LAMBERTS, R., 2011).



Figura 8. Exemplo de resultado de temperaturas internas e externas para um dia de verão previsto por simulação térmica, em uma loja de varejo, no Estado de São Paulo. Fonte: Mitsidi Projetos.

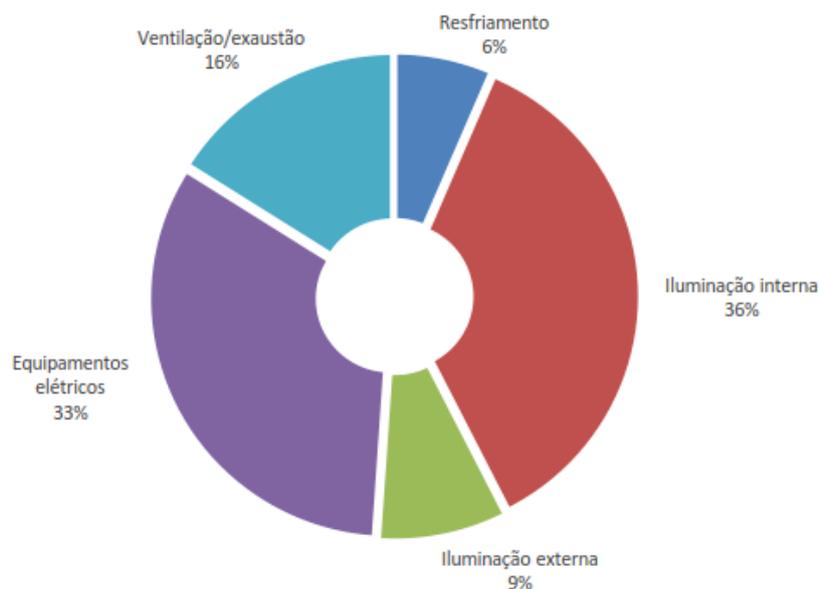


Figura 9. Exemplo de breakdown de consumo elétrico previsto por simulação energética, em uma loja de varejo, no Estado de São Paulo. Fonte: Mitsidi Projetos.

Os resultados térmicos e energéticos permitem a comparação de desempenho térmico ou consumo de energia entre diferentes cenários (por exemplo, diferentes sistemas ou tipos de vidros), pela avaliação de custo-benefício de medidas de eficiência.

Os resultados também podem ser usados para avaliação de atendimento aos requisitos de uma certificação ou Norma.

Com o resultado da simulação pode ser definida qual a melhor estratégia, característica do material e/ou sistema a ser inserido no projeto.

Tabela 2 - perguntas típicas referentes à simulação energética.

A simulação busca responder perguntas de eficiência energética para auxiliar na tomada de decisões na fase de projeto. Abaixo estão listadas algumas perguntas típicas:

<p>Incorporadoras e Clientes finais P: Por que fazer a simulação? R: Para realizar uma avaliação de custo-benefício.</p>	<p>Projetistas & Arquitetos P: Por que fazer a simulação? R: Para a otimização do projeto.</p>	<p>Construtoras P: Qual o impacto da simulação sobre a construção? R: A simulação indica se os materiais e o projeto atendem aos requisitos mínimos normativos.</p>
<p>Os resultados mais interessantes para um incorporador ou cliente final são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Previsão de consumo energético e, conseqüentemente, gasto mensal em energia, • Comparação de custo operacional entre diferentes soluções; • Temperaturas internas e, conseqüentemente, avaliação do conforto térmico; • Grau de aproveitamento de iluminação natural. <p>OBS: Nem sempre é possível responder a todas as perguntas com um único modelo de simulação energética. Às vezes podem ter vários cenários de comparação.</p>	<p>O papel da simulação na fase de projeto é analisar opções para identificar medidas de melhor custo-benefício para o cliente/incorporador/a. Precisa-se de cooperação entre projetistas de arquitetura, ar condicionado e luminotécnica para compartilhar dados de projetos, e participar do processo iterativo de otimização.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Otimização da arquitetura: <ul style="list-style-type: none"> ○ Orientação ○ Área e tipo de vidro ○ Áreas de aberturas para ventilação natural ○ Iluminação natural ○ Sombreamento 	<p>O/a construtor/a precisa se atentar às demandas específicas da construção resultantes do processo de simulação. A princípio, os pontos críticos deveriam ser integrados nos projetos, mas é possível que haja demandas não usuais e critérios mais rigorosos a avaliar na aquisição de equipamentos e materiais.</p> <p>Por exemplo, é possível que seja especificado um valor máximo para a transmitância térmica de um elemento construtivo. E é responsabilidade da construtora obter informações como essas dos fabricantes antes de aprovar as aquisições.</p>

<p><i>QUANDO PRECISA?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Recomendado quando é desejada uma avaliação quantitativa do custo-benefício de uma medida de eficiência. • Necessário para demonstrar compliance com critérios de algumas certificações ou Normas (por exemplo LEED, PBE). <p><i>COMO FAZER?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Geralmente, o trabalho de simulação é feito por uma consultoria especializada, porém também pode ser feito por alguém da equipe de projeto. • É ideal que o cliente tenha seu objetivo claro para definir o escopo do estudo, podendo ser auxiliado por algumas perguntas: é para avaliação de custo-benefício de medidas? É para verificar critérios de conforto térmico? É para demonstrar compliance com alguma Norma ou certificação? Lembrando que um modelo só não dará a resposta à todas as perguntas. É preciso definir claramente o escopo do trabalho de simulação conforme à pergunta a ser respondida. Caso você tenha dúvidas em relação ao escopo do trabalho a ser 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Características térmicas das fachadas e coberturas • Otimização dos sistemas: <ul style="list-style-type: none"> ○ Avaliação e redução da carga térmica ○ Avaliação de diferentes sistemas de condicionamento (por exemplo, custo-benefício de comprar máquinas mais eficientes) ○ Otimização de modo misto (ventilação natural com ar condicionado para uma parte do ano) afim de reduzir as horas necessárias de ar condicionado. ○ Avaliação da necessidade e dimensionamento de sistemas de calefação. • Comparação com edifício de referência para compliance, visando atender Normas ou Certificações • Definição da melhor estratégia a ser adotada. 	<p>Em projetos com comissionamento, é possível que tenha alguém responsável por parte do cliente para verificar as aquisições de equipamentos e materiais em relação aos critérios críticos. O construtor deverá prever isso dentro do cronograma e processo de aquisição.</p>
---	---	--

<p>contratado, consulte um consultor especializado.</p> <ul style="list-style-type: none">• É recomendado ter alguém responsável durante a fase de compra de materiais e da obra para verificar se todos os critérios críticos identificados pela análise de simulação foram atendidos. Isso pode ser feito por um agente de comissionamento, o consultor de simulação, ou alguém da equipe do cliente.		
---	--	--

COMO FAZER?

- É realizado por consultor independente ou membro da equipe de projeto;
- Pode ser contratado pelo cliente ou pela equipe de arquitetura;
- É necessário integrar todas as disciplinas;
- Precisa resultar em um produto que resuma as características críticas a serem incorporadas no projeto e verificadas na fase de compra de materiais e da obra, por exemplo: COP mínimo de equipamentos, condutividade máxima de elementos da fachada etc.

Tabela 4 – Simulação para *compliance* e para otimização.

Simulação para Compliance	Simulação para otimização de projeto
<p>Compliance é um termo inglês, que quer dizer atendimento a um certo requisito, por exemplo de uma Norma (por exemplo ASHRAE 90.1 ou ASHRAE 55 sobre consumo energético, entre outros) ou um critério de um programa de Certificação.</p> <p>Na maioria dos programas de certificação, para poder entrar “em <i>compliance</i>”, ou “em atendimento”, com o critério de eficiência energética, é preciso demonstrar que o edifício em projeto terá um consumo de energia anual menor que um padrão da mesma tipologia e das mesmas características funcionais.</p> <p>Para este fim, deve-se simular um edifício “referência” e o edifício “atual”. O consumo anual simulado do edifício atual deverá ter um desempenho melhor do que o referência para atender ao critério específico, dependendo do programa de certificação. Em alguns programas, é possível ganhar pontos a mais com um desempenho melhor.</p>	<p>A simulação para otimização de projeto tem regras menos definidas que a simulação para <i>compliance</i>, pois depende completamente da pergunta a ser respondida pelo estudo.</p> <p>Mas de forma geral, primeiro monta-se um modelo baseline, ou de referência, o qual representará o projeto sem consideração especial de eficiência energética. Por isso, é importante colocar o máximo de detalhe.</p> <p>A ASHRAE 209P é uma Norma que pode auxiliar neste processo.. Ela define requisitos mínimos para auxiliar no projeto de energia utilizando simulação e análise energética do edifício e descrevendo o método de aplicação de modelagem energética em edifícios.</p> <p>O CIBSE AM11 é outro importante documento que pode auxiliar nesse processo. Este manual fornece diretrizes para modelagem de desempenho energético e de outros sistemas, auxiliando na manutenção de boas práticas.</p>

<p>O edifício de referência possui as mesmas características geométricas ao edifício atual, porém usam-se características de envoltória, de ocupação, e de equipamentos pré-definidos pela Norma, ou programa de certificação.</p> <p>O edifício atual por sua vez, é simulado, com as características de envoltória e equipamentos conforme o projeto. Porém, os perfis de uso e de ocupação do edifício devem ser simulados conforme definidos para o edifício referencial.</p> <p>Isso é muito importante, pois permite a avaliação da eficiência energética do projeto conforme ao projeto, e não conforme à ocupação.</p>	<p>Em seguida, podem ser testadas estratégias, ou medidas específicas, como por exemplo mudar o tipo de vidro para um que tenha um fator solar menor.</p> <p>A redução de consumo entre o modelo baseline e o modelo com a medida representa a economia potencial.</p> <p>É importante testar uma medida por vez na primeira fase de avaliação de estratégias, para poder isolar o efeito de cada uma e avaliar o custo-benefício separadamente.</p> <p>Finalmente, para mostrar ao cliente a economia prevista um modelo final deve ser montado, incluindo todas as medidas propostas. Assim, é possível calcular a economia potencial total.</p>
--	---

Ferramentas de simulação disponíveis

- EnergyPlus: é o “motor” de cálculo de simulações. Não é possível usá-lo sozinho, sendo necessário outro programa para inserir as informações geométricas e todas as características. Ele é usado também para visualizar os resultados (gratuito).
- DesignBuilder (visualizador + EnergyPlus) (pago);
- Google Sketchup (visualizador) + OpenStudio (plugin que roda EnergyPlus) (gratuito);
- IES (pago);
- Radiance (para simulação de iluminação) (gratuito);
- Existem ainda outras ferramentas, mas que não são tão comumente usadas no Brasil. O site <http://www.buildingenergysoftwaretools.com/>, elaborado pela IBPSA-USA (International Building Performance Simulation Association), reúne diversas ferramentas para análise energética de edificações.

2.3. Comissionamento

2.3.1. O que é e como funciona?

Dentro da vida de um edifício, o termo “Comissionamento” pode ser descrito de diversas formas para cada etapa de construção. Suas variantes são: Recomissionamento, Retrocomissionamento e Comissionamento Contínuo. Neste Guia utilizaremos o termo Comissionamento.

Um processo de comissionamento para edifícios existentes envolve as etapas de análise energética dos sistemas, assessoria para estimativa de potenciais de economias e custos, desenvolvimento de planos energéticos e formação de equipe, criação de indicadores de desempenho energético (KPIs) e linhas de base (baselines), desenvolvimento, detalhamento e acompanhamento de implementação de medidas de eficiência energética durante um determinado tempo.

O comissionamento tem sido utilizado com sucesso em diversos países, como os Estados Unidos, em programas de gestão energética como uma medida específica, como acompanhamento de processo de retrofits, sendo uma medida com tempo de retorno (payback) rápido e como um meio de garantir que uma edificação atende ou supera as metas de desempenho energético.

Muito frequentemente, é apontado como a opção de gestão de maior custo benefício, disponível em edificações de grande porte (CAPERHART, 2007).

A definição de Comissionamento (Building Commissioning) pela Conferência Nacional de Comissionamento de Edifícios (National Conference of Building Commissioning) é a seguinte:

“Processo sistemático para assegurar, por verificação e documentação, desde a fase de concepção até um ano de operação (no mínimo), que todos os subsistemas funcionam adequadamente de acordo com a documentação, e de acordo com as necessidades operacionais do dono do edifício, incluindo a preparação das pessoas da operação”.
(Energy Design Resources. The Building Commissioning Guide, 2005)

Ou seja, são serviços técnicos para definição de verificação e ajuste dos parâmetros de uso, operação, manutenção, documentação e controle dos sistemas para entregar edifícios com alta performance energética.

O profissional de comissionamento acompanha as etapas de concepção do projeto e construção até a entrega final da obra para uso, atuando, principalmente, nas áreas de sistemas elétricos, ar condicionado, iluminação, automação, sistemas hidráulicos, entre outros.

O comissionamento também pode atuar em vários momentos do ciclo de vida de um edifício, desde a fase de concepção do projeto arquitetônico, com o auxílio de definições de premissas e requisitos de eficiência energética a serem adotados no projeto, até a fase de entrega de obra, de uso, operação e manutenção, retrofits e fim de vida, tal como pode ser visto na figura a seguir:



Figura 10. Resumo das etapas de eficiência energética ao longo da vida útil de um edifício. Fonte: elaboração dos autores. OBS: o termo Retrocomissionamento é utilizado para edifícios existentes.

2.3.2. Benefícios do comissionamento em novos edifícios

Um estudo realizado com 44 edifícios comerciais nos Estados Unidos (MILLS et al, 2004)⁵ mostrou que os impactos do comissionamento em edificações são diversos.. Além dos impactos energéticos, outros benefícios são, por exemplo, o aumento da vida útil do equipamento, reduzindo assim o custo de novas aquisições e possíveis falhas de operação; o aumento da produtividade e segurança dos usuários; o aumento da qualidade de ar interno (QAI); e a adequação ou melhora no conforto térmico dos usuários, com a consequente diminuição de reclamações e a redução de custos operacionais.

⁵ MILLS, et al, 2004. The Cost-Effectiveness of Commissioning New and Existing Buildings: Lessons from 224 Buildings. Link: https://www.researchgate.net/publication/268295028_The_Cost-Effectiveness_of_Commissioning_New_and_Existing_Commercial_Buildings_Lessons_from_224_Buildings. Acesso em agosto de 2018.



Figura 11. Impactos do comissionamento em edificações. Fonte: MILLS et al, 2004.

A Figura 9 mostra os impactos do comissionamento conforme um estudo realizado com 44 edifícios comerciais nos EUA.

2.3.3. Processo de comissionamento

A figura abaixo mostra o fluxo de comissionamento desde a fase de contratação da "Entidade" ou "Agente de comissionamento" até a emissão do relatório final.

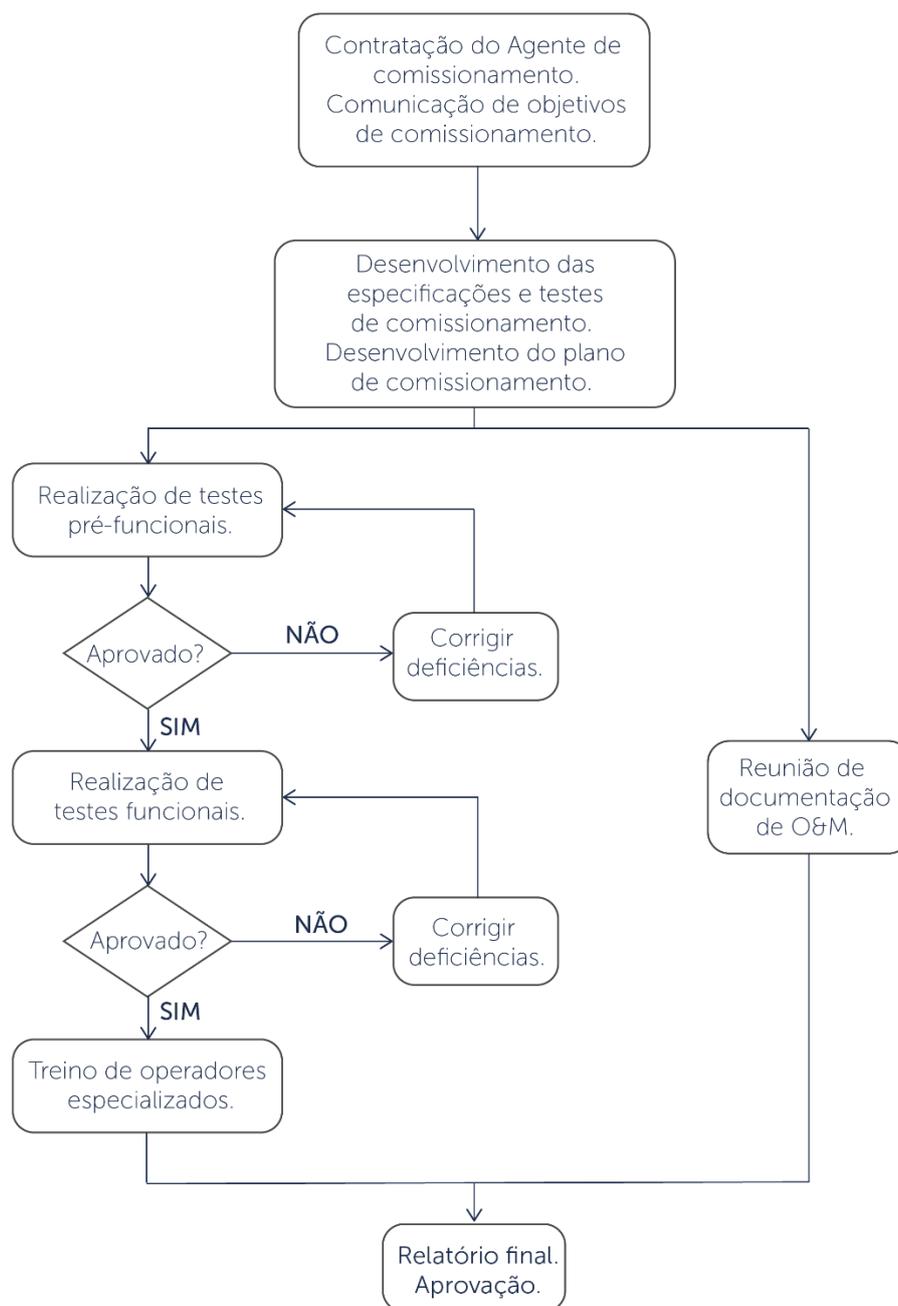


Figura 12. Fluxograma de processo de comissionamento. Fonte: RIBEIRO, 2008.

Mais informações sobre Comissionamento e seu processo para edificações e sistemas, podem ser consultados no site da ASHRAE⁶. Dentre as publicações existentes estão o Guideline 0 (2013), o Standard 202 (2013) e o Guideline 1.1 (2007), entre outros.

⁶ <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/commissioning-essentials>

2.3.4. Membros da equipe de comissionamento e suas responsabilidades

Tabela 5 – Membros da equipe de comissionamento e suas responsabilidades.

Membros da equipe	Responsabilidades
Gerente de projeto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coordenar as atividades dos operadores do edifício e a equipe de comissionamento 2. Agendar as atividades de obra
Engenheiros/as e profissionais de comissionamento (Agente de comissionamento)	<p>Nas fases de projeto, obra e entrega:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definir os conceitos de eficiência energética desde a fase de projeto; 2. Revisar periodicamente os projetos para garantir o atendimento aos requerimentos do cliente e a adoção das melhores práticas; 3. Coordenar a comunicação entre as áreas envolvidas; 4. Garantir que os documentos e projetos de <i>as-builts</i>⁷ sejam entregues por todas as disciplinas antes do término da obra; 5. Fazer a verificação final, após instalação de sistemas e testes, para que os equipamentos estejam instalados, programados e operantes conforme definições do projeto; 6. Fazer o treinamento interno de repasse de melhores práticas e instruções de operação dos sistemas para o usuário final ou equipe de manutenção que irá operar o edifício; 7. Elaborar Manual de Uso, Operação e Manutenção de acordo com a NBR 14037 em conjunto com a construtora; 8. Elaborar um Programa de Manutenção de acordo com a NBR 5674. <p>Na fase de uso, operação e manutenção do edifício:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fazer medições e desenvolver o planejamento de medições em campo;

⁷ *As Built* é uma expressão inglesa que significa “como construído”. O trabalho consiste no levantamento de todas as medidas existentes nas edificações, transformando as informações aferidas em um desenho técnico que irá representar a atual situação de dados e trajetos de instalações elétricas, hidráulicas, estrutural, etc. Desta forma, cria-se um registro das alterações ocorridas durante a obra, facilitando a manutenção de futuras intervenções.

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Desenvolver horários otimizados de funcionamento das máquinas, para uma operação eficiente; 3. Estabelecer planos de implementação em conjunto com os técnicos de operação do edifício ; 4. Fazer as modificações necessárias na programação de Building Management Systems (BMS) ou automação; 5. Supervisionar os técnicos na implementação de modificações mecânicas de sistemas; 6. Calcular potenciais de redução de consumo e melhoria no desempenho dos sistemas; 7. Realizar uma avaliação dos sistemas modificados; 8. Verificar a implantação do Programa de Manutenção; 9. Escrever o relatório de avaliação final; 10. Atualizar projetos, memoriais, manual de uso, operação e manutenção e Programa de Manutenção no caso de alterações ou melhorias; 11. Atender a requisitos legais e providenciar licenças, ou outros documentos exigidos.
<p>Funcionários/as de Facilities</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Participar no treinamento de operação e sistemas antes da ocupação da edificação; 2. Seguir procedimentos estabelecidos; 3. Executar o Plano de Manutenção; 4. Fornecer informações sobre problemas de operação; 5. Sugerir medidas de comissionamento para avaliação; 6. Participar da aprovação de todas as medidas de eficiência energética propostas antes da implementação; 7. Participar ativamente no processo de implementação.
<p>Técnicos/as</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar as medições de campo; 2. Implementar as modificações mecânicas, elétricas e de controle de sistemas, sob a supervisão do(a) engenheiro(a) responsável.

2.4. Sistemas de gestão de energia

2.4.1. O que é gestão energética em edifícios?

A gestão energética alinha os objetivos de eficiência energética, sustentabilidade e dos atores relacionados com o consumo em cada edifício, é a Gestão Energética.

Trata-se de organizar, de uma maneira estruturada, as pessoas, procedimentos, equipamentos e informações para tirar o melhor proveito da energia. Os benefícios se traduzem, principalmente, em redução de consumo, custos, garantia de qualidade, conforto e aumento da **produtividade**.

Além disso, traz benefícios adicionais, de maneira local ou global, como a melhoria da **imagem corporativa** e a **redução de emissões** de gases de efeito estufa (GEE).

A gestão energética compreende a integração de equipamentos e sistemas supervisórios para monitoramento de variáveis (geralmente conhecido como BEMS: *Building Energy Management Systems*), mas não se limita a isso.

Os usuários dos edifícios e gestores de *facilities* precisam ter claros os objetivos e as "dores" relacionadas com a energia, para assim definir responsabilidades e ferramentas adequadas à instalação.

Embora existam diretrizes aceitas internacionalmente, não há uma regra única sobre como se deve planejar, executar e mensurar a gestão energética.

Um **Sistema de Gestão de Energia (SGE)**, deverá cumprir os requisitos:

- Reconhecer a importância da energia na gestão do edifício, por meio da definição de um/a gestor/a ou equipe responsável;
- Desenvolver uma estratégia de gestão de energia, com indicadores de desempenho, linha de base, objetivos, metas, planos de ação, escopo e frequência de indicadores, entre outros relacionados;
- Implementar a estratégia de gestão energética, considerando: monitoramento, competências, treinamento, comunicação, documentação, controles operacionais, critérios de compra, entre outros relacionados;
- Revisar periodicamente o sistema de gestão, seus ganhos e potenciais de melhoria em referência aos objetivos e metas.

As principais normas relacionadas à gestão de energia são a ABNT ISO 50.001 e 50.004 que serão abordadas no capítulo 2.4.6⁸. A figura 11 apresenta os elementos do Sistema de Gestão que se apresentam em cada fase do ciclo de vida de um edifício e a participação dos atores. (Ver Capítulo 2.4.6 sobre ABNT

⁸ Ver Norma ABNT ISO 50.001:2011 – Sistemas de Gestão de Energia: Requisitos com orientações para uso e ABNT ISO 50.004:2014 - Sistemas de Gestão de Energia: Guia para implementação, manutenção e melhoria de um Sistema de Gestão da Energia.

ISO 50.001). Premissas e especificações de projeto, referem-se aos critérios de sustentabilidade definidos pela Incorporadora e/ou Projetista para o empreendimento, como seleção, origem e selos de certificação de materiais, por exemplo.

Compras, refere-se tanto à aquisição de materiais e equipamentos, quanto à compra de energia e utilidades durante a operação. O estabelecimento de especificações técnicas com critérios de eficiência é uma responsabilidade compartilhada entre vários atores (usuário/a, projetista e fornecedores principalmente).

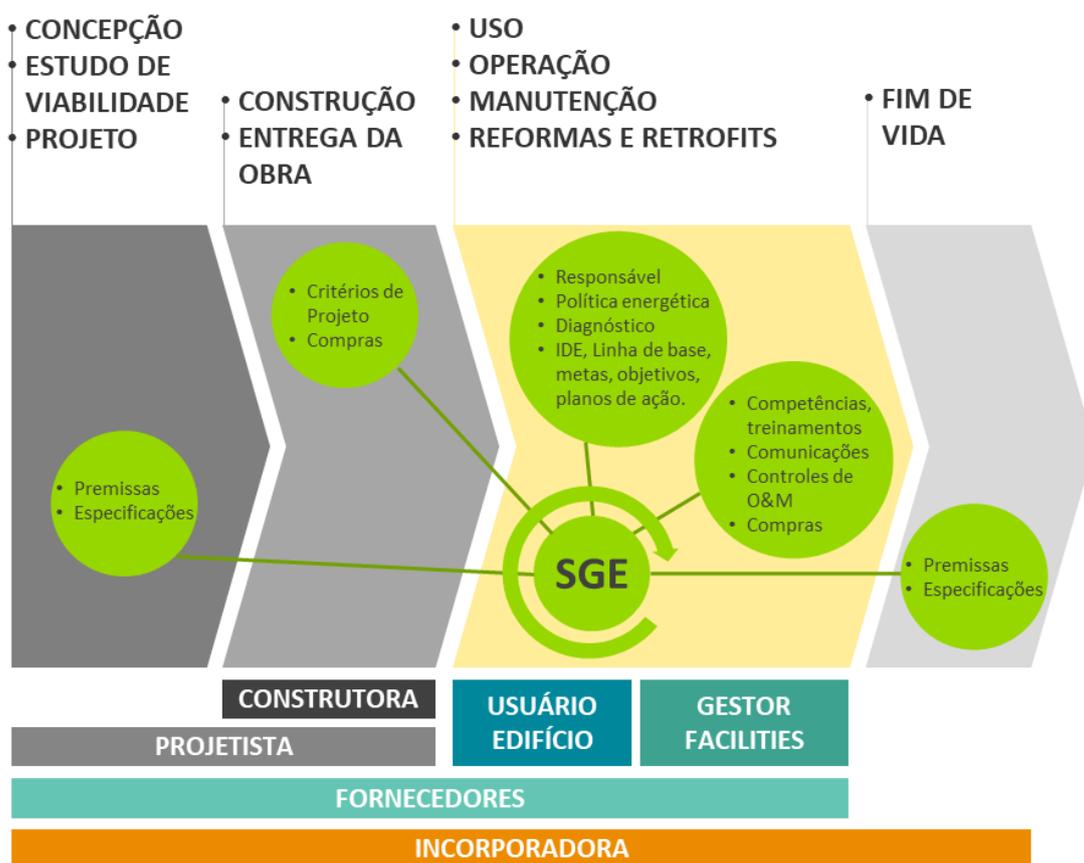


Figura 13. Elementos de um Sistema de Gestão de Energia dentro do Ciclo de Vida dos Edifícios e participação dos atores. Fonte: elaboração dos autores.

2.4.2. O que são indicadores de desempenho energético?

Analisar o consumo de energia não se limita a acompanhar o valor das faturas. Um monitoramento adequado do desempenho energético de edifícios deve considerar fatores de influência adequados à tipologia e às características do entorno dos edifícios.

Por exemplo, em um edifício comercial com grandes áreas condicionadas é interessante conhecer o consumo específico por unidade de área (kWh/m²), enquanto para um hotel pode ser mais interessante analisar o consumo específico por hospede por noite.

Quando se integra a análise do consumo com as variáveis chave⁹, podem ser definidas métricas, chamadas de **indicadores de desempenho energético (IDE)**¹⁰.

Somente a partir de indicadores é possível fazer análises dos sistemas objetivamente e assim definir metas realistas.

2.4.3. Como fazer monitoramento do desempenho energético corretamente?

É desejável contar com uma estrutura de submedição adequada à demanda e que permita tirar conclusões interessantes para os atores. A informação dos medidores irá constituir a base de análise e tomada de melhores decisões relacionadas a energia.

A escolha dos pontos de medição e dos tipos de medidores deve corresponder a cada tipologia, seus sistemas e estratégias adotadas. Alguns edifícios comerciais por exemplo, aproveitam as informações de medidores de energia para fazer um melhor rateio e fiscalização do consumo de diferentes locatários/as, analisar em tempo real a eficiência dos equipamentos principais (como unidades Centrais de Água Gelada), e acompanhar o alcance de metas de redução de consumo.

Uma combinação adequada entre o projeto e a gestão do sistema de monitoramento é uma das peças chave da eficiência energética operacional em edifícios.

Algumas perguntas centrais ajudam na escolha da quantidade e tipo de medidores necessários, como:

- O que é medido e monitorado?
- Porque é medido?
- Como é medido? (dispositivo, método, frequência, precisão, repetitividade, calibração)
- Quais valores e desvios são esperados?
- Qual ação pode ser tomada em caso de desvio significativo?
- Quem é responsável pela coleta de dados e medições?

⁹ As variáveis chave em um edifício podem ser por exemplo: graus-dia de resfriamento/aquecimento, níveis de ocupação, horas de operação.

¹⁰ Ver Norma ABNT ISO 50.006:2016 - Sistemas de Gestão de Energia: Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) – Princípios gerais e orientações

- O que e onde é registrado?

As respostas a estas perguntas, junto com a definição dos IDE, permitem decidir a estratégia de locais, sistemas e serviços a serem medidos e monitorados.

Ferramentas de visualização dos resultados devem ser construídas também em função da demanda. A Figura 12 apresenta um exemplo de decomposição do consumo de energia elétrica (*breakdown*) em formato de Diagrama de Sankey, por uso final e por tipo de área (comum vs. privativa), para um edifício comercial multiusuário.

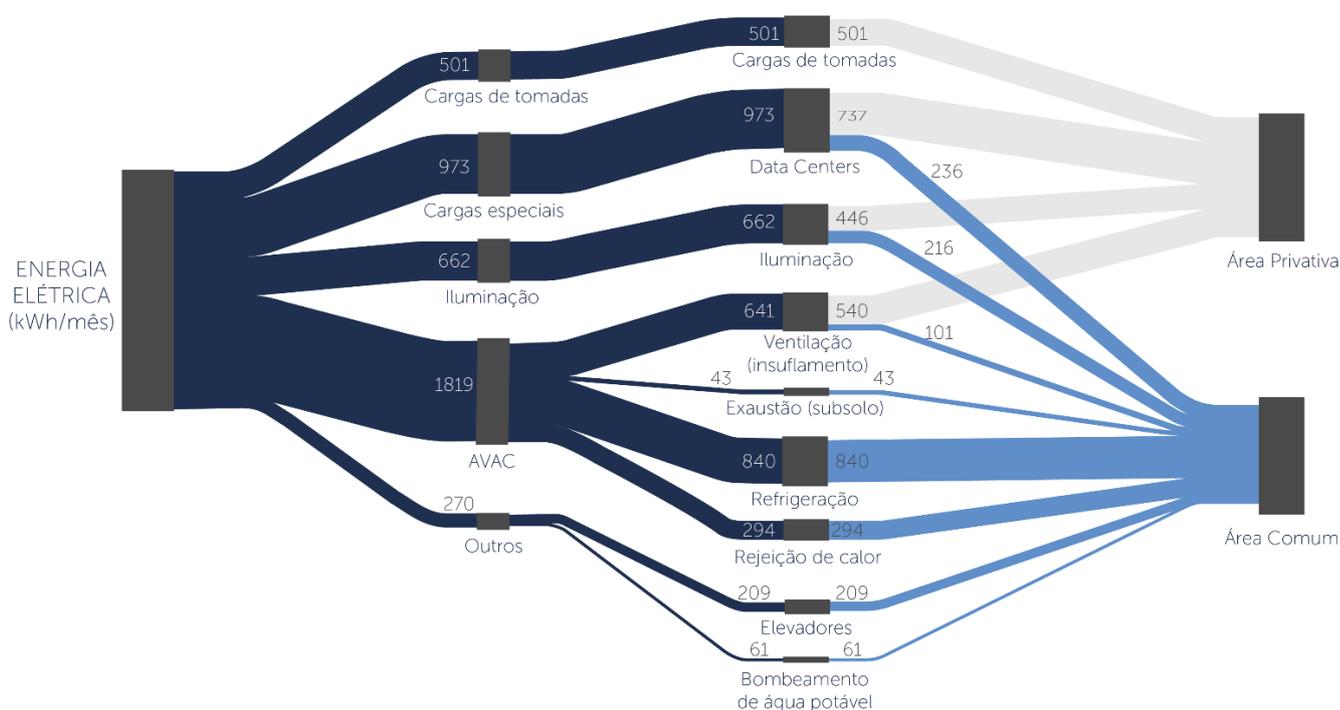


Figura 14. Breakdown de consumo de energia elétrica por pessoa (kWh/pessoa/ano) em um edifício comercial de escritórios na cidade de São Paulo. Fonte: elaboração dos autores.

Os *benchmarks* (linhas de base ou bases de comparação) permitem a visualização de consumo específico dos edifícios, a avaliação do desempenho, a identificação de metas e o reconhecimento de edifícios com melhor desempenho.

Um exemplo de resultados de análise de indicadores de desempenho vs. Benchmarking de energia desenvolvido pelo CBCS é apresentado na Figura 15.

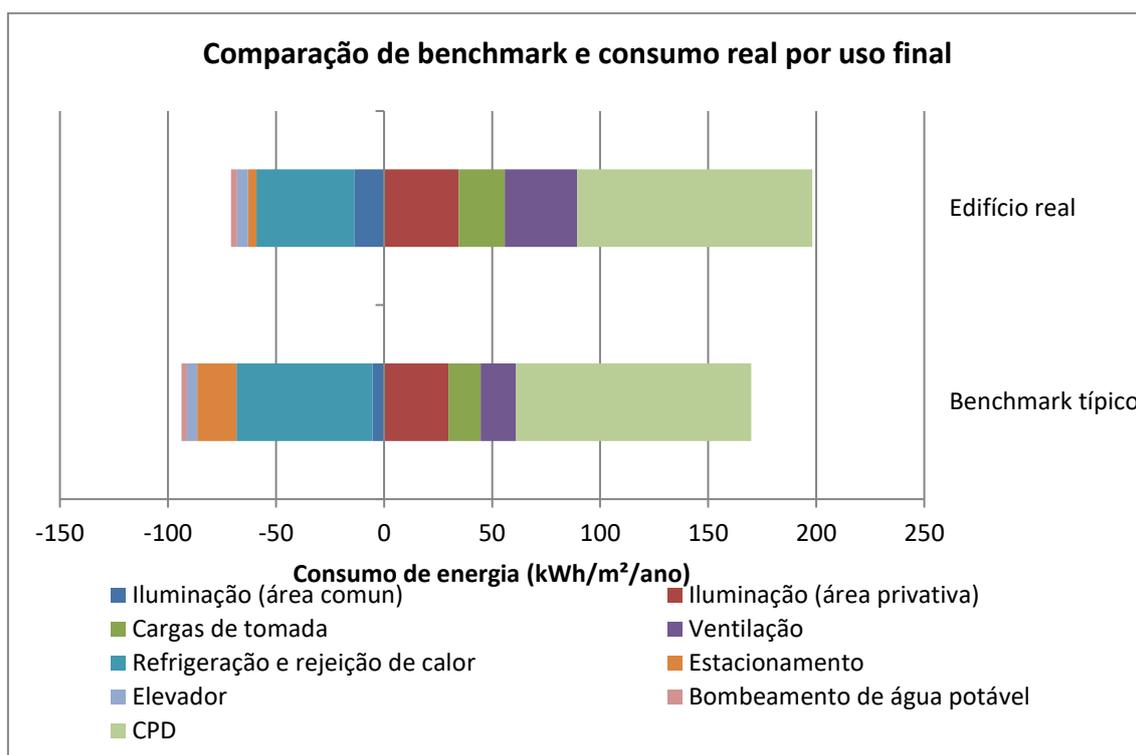


Figura 15. Exemplo de Benchmarking de consumo de energia para edifício comercial. Fonte: CBCS, 2015.

Benchmarks são publicados e utilizados em diversos países. No Reino Unido, o Instituto de Engenheiros de Sistemas Prediais (CIBSE, na sigla em inglês) publica benchmarks para o consumo energético de todas as principais tipologias de edificações. Esses benchmarks são adotados na legislação do país, que obriga a etiquetagem energética em operação de edifícios públicos com base nesses benchmarks (DECs).

O governo dos EUA também desenvolve benchmarks e mantém um portal na internet chamado Energy Star Portfolio Manager, que permite a rápida comparação de desempenho energético com benchmarks. A ferramenta já foi utilizada por mais de 260.000 edifícios.

No Brasil, o CT Energia do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) desenvolve o Projeto DEO - Desempenho Energético Operacional.

Conta-se atualmente com as ferramentas:

- Benchmarking de agências bancárias;
- Benchmarking de escritórios corporativos, uso de medidores inteligentes e estudos de etiquetagem energética;
- Benchmarking de prédios públicos.

2.4.4. No caso de edifícios existentes, como proceder?

Nesse caso é necessário fazer uma pausa estratégica para analisar o desempenho do edifício e seus sistemas antes de definir um plano de eficiência energética.

A melhor forma de fazer de fazer isso é com um **Diagnóstico Energético**¹¹.

Em termos gerais, um Diagnóstico energético é um balanço de energia que busca:

- 1) Identificar os usos significativos de energia do edifício;
- 2) Quantificar o consumo de energia dos consumidores significativos: atividades, processos, equipamentos e sistemas;
- 3) Identificar e quantificar as oportunidades para melhorar o desempenho energético.

O/A consultor/a, ou a equipe que desenvolve o diagnóstico energético, deve contar com competências técnicas e garantir que serão cumpridos princípios de confidencialidade e objetividade definidos com o responsável do edifício (seja a incorporadora, usuário/a, ou gestor/a de *facilities*).

Quem recebe o diagnóstico precisa permitir acesso aos equipamentos, recursos e informação necessárias para fazer o levantamento e prezar pelo comprometimento das equipes envolvidas, como projetistas e equipes de operação e manutenção.

É de grande importância definir as fronteiras e o nível de detalhe do Diagnóstico, em função da demanda. Geralmente, edifícios bem comissionados conseguem desenvolver diagnósticos mais facilmente.

Os principais benefícios dos diagnósticos são:

- Análise sistêmica do edifício, compreendendo todos os sistemas, fontes de energia e atores envolvidos;
- Possibilidade de comparação com benchmarks nacionais ou internacionais;
- Identificação de possibilidades práticas de redução de custos, atendimento a requisitos legais e/ou otimização de processos internos de gestão;
- Suporte e subsídios para criação de um Plano de Ação de melhoria contínua de desempenho energético.

É comum encontrar opções de melhoria de zero e baixo custo de investimento que podem ser executadas pelas equipes de operação e manutenção.

¹¹ Ver Norma ABNT ISO 50.002:2014 - Diagnósticos energéticos: Requisitos com orientação para uso. Para mais informações acesse também o Guia Prático para a realização de Diagnósticos Energéticos (PROCEL) através do link:
<http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7BB6F7573B-CB26-4363-9E8F-64F8B72018C1%7D&ServiceInstUID=%7B46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1%7D>.

Investimentos maiores devem ser estudados técnica e economicamente para escolher o melhor momento para realizá-los..

Algumas medidas identificadas em diagnósticos energéticos que aparecem com recorrência em referências nacionais e internacionais de gestão estão listadas abaixo. Lembrando que esta não é uma lista exaustiva:

- Boas práticas de compra, operação e manutenção de sistemas de força motriz e seus sistemas auxiliares (destaque à modularidade e controle de velocidade para atendimento de carga parcial);
- Projeto, instalação e reparo de isolamento térmico em sistemas de aquecimento e refrigeração;
- Controle horário e otimização de operação de máquinas e equipamentos de refrigeração e ar condicionado;
- Controle de velocidade em máquinas rotativas com carga variável;
- Gestão de informações de consumo de energia para acompanhamento de indicadores globais e por sistema;
- Controle horário e otimização de operação de sistemas de iluminação e equipamentos;
- Aproveitamento dos potenciais de iluminação e ventilação natural;
- Potencial de iluminação exterior com fonte solar fotovoltaica.

2.4.5. O que deve ser considerado em referência à contratação de fornecimento de energia elétrica e utilidades?

O/A gestor/a de energia ou sua equipe devem entender a fatura de eletricidade¹², gás ou outras utilidades e identificar possíveis melhorias no modelo de contratação, tomando providências junto à concessionária a fim de reduzir gastos excessivos e pagamento de multas.

Algumas possibilidades de análise são:

- Verificar se o modelo tarifário está adequado (ex: A4 Azul, Verde). Medidores locais ajudam fazer esta verificação;
- Comparar a demanda contratada com a demanda registrada e, em caso de ultrapassagens, identificar as causas e possibilidades de eliminação;
- Avaliar possibilidade de deslocamento da demanda, reduzindo o consumo nos horários de pico e os deslocando para horários com menor demanda;
- Verificar a existência de multas por excesso de energia reativa, ultrapassagem de demanda, atraso de pagamento, entre outros.

¹² Para mais informações acesse o Manual de Tarifação de energia elétrica (ELETROBRÁS; PROCEL, PROCEL EDIFICA, 2011) no link: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Tarif%20En%20EI%20-%20Procel_EPP%20-%20Agosto-2011.pdf.

2.4.6. O que são e para que servem as certificações de gestão de energia?

A certificação da Norma ABNT ISO 50.001 garante a adoção dos requisitos e o comprometimento com a melhora contínua. Desenvolver um Sistema de Gestão de Energia, nos moldes da Norma, com ou sem certificação, requer uma mudança nas práticas e na cultura das organizações. Esse processo permite, além disso, que seja demonstrado de maneira transparente o compromisso com a sustentabilidade.

Quando são envolvidos todos os níveis de uma organização em um objetivo comum, gera-se uma cultura de operação eficiente que alavanca benefícios financeiros. Diferentes medidas de eficiência energética em instalações de pequeno e médio porte podem ser identificadas e executadas dentro de sistemas de gestão, já que representam grau de complexidade baixo para sua identificação e implementação.

Estima-se que as instalações que conseguem estruturar um sistema de gestão de energia (SGE) nos moldes da ISO 50.001 têm conseguido uma melhoria do desempenho energético entre 10% e 40% por ciclo de certificação (SICILIANO et al., 2015).

Como a maioria das Normas ISO, a 50.001 veio acompanhada de outras relacionadas e lançadas desde 2011: ISO 50.002, 50.003, 50.004, 50.006, 50.015 e 50.047. Essas normas detalham os procedimentos para fazer diagnósticos energéticos e guiam o desenvolvimento de SGE, *baseline* e processos de medição e verificação.

Alguns governos têm programas para promover a eficiência energética na indústria (Exemplos: Japão, Suécia, Estados Unidos), exigindo a adoção de SGE, ajudando as companhias na implementação dos mesmos ou criando forças de mercado que beneficiam as companhias certificadas.

Espera-se que a implementação da Norma consiga grandes e duradouras melhoras em eficiência energética em atividades industriais, comerciais e institucionais que, por sua vez, representem redução na emissão de gases de efeito estufa no mundo inteiro. A questão mais interessante dos SGEs, conceituados na família de normas da 50.001, é que impactam diretamente a estrutura de custos operacionais das companhias ou organizações que decidem implementá-los.

No Brasil, no entanto, a penetração tem sido incipiente, (Figura 16) embora se perceba um aumento das discussões sobre esse assunto no Brasil.

Existem algumas companhias que auxiliam na implementação dos procedimentos e estrutura da Norma, e órgãos certificadores de caráter internacional.

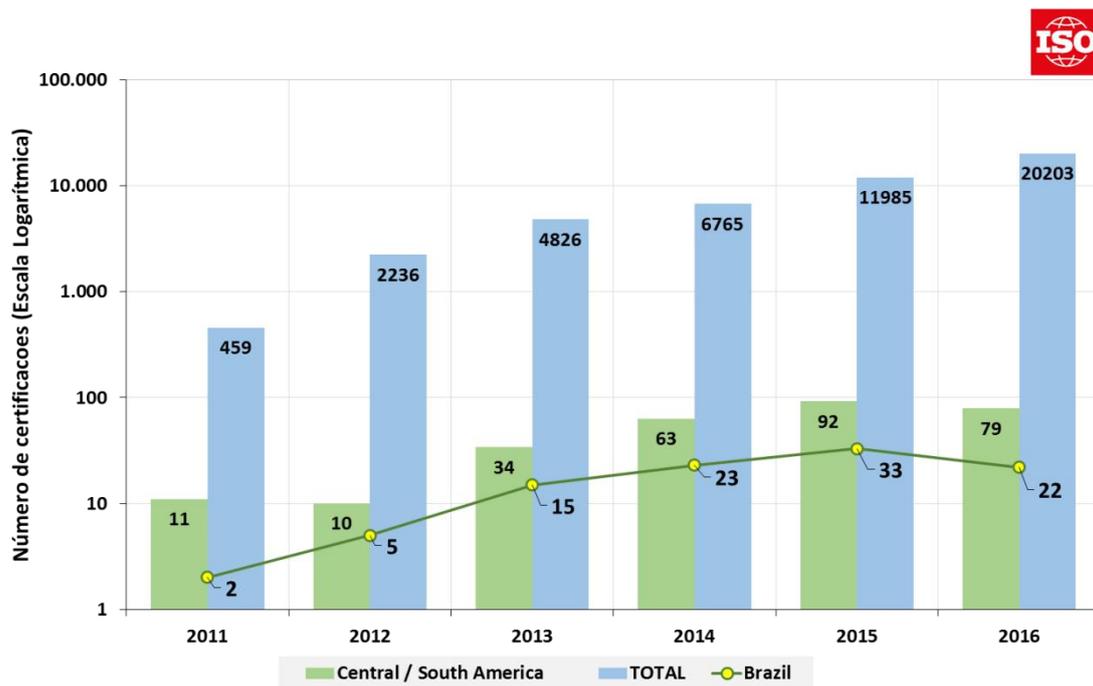


Figura 16. Adoção da Norma ISO 50.001 no mundo, na América Latina e no Brasil. Escala logarítmica. Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ISO.

3. TEMAS FUNDAMENTAIS

3.1. Conforto Térmico

O conforto térmico é um estado de bem-estar físico e mental que expressa satisfação da pessoa com o ambiente térmico ao seu redor. Ou seja, a pessoa não sente nem calor ou frio nesse ambiente. Este estado pode estar associado à individualidade de cada pessoa, o que faz com que um ambiente ameno possa ser considerado confortável para uns, e desconfortável para outros. Assim, as diferentes visões de conforto térmico podem, na prática, resultar em diferentes conjunções de tecnologia e comportamento. Culturalmente, sabe-se que a temperatura de conforto pode variar entre 18 e 32 °C, o que depende, principalmente, da relação entre a temperatura do ar interno e externo de um local.

Mas, para entender melhor os padrões de conforto térmico humano, é preciso entender que existem diversas variáveis que podem influenciar nesta condição, que se dividem em ambientais (climáticas) e individuais (subjativas). Dentre as variáveis ambientais estão a temperatura do ar, a umidade relativa, a velocidade do ar e a temperatura radiante de um ambiente. Já as individuais estão relacionadas à atividade metabólica, à vestimenta e às particularidades físicas de uma pessoa. A aclimatação, processo físico do organismo que faz com que nos adaptemos às mudanças climáticas que ocorrem ao nosso redor, depende não apenas de fatores fisiológicos e psicológicos de uma pessoa, mas também de fatores comportamentais.



Figura 17. Trocas térmicas entre o corpo e ambiente e variáveis físicas ambientais e individuais envolvidas no conforto térmico. Fonte: elaboração dos autores.

Dessa forma, os fatores fisiológicos são aqueles que incluem as mudanças nas respostas fisiológicas das pessoas; ou seja, o resultado da exposição prolongada aos diferentes ambientes térmicos que acabam se tornando parte da herança genética de um indivíduo ou grupo de pessoas. O fator psicológico está relacionado às percepções e reações das informações sensoriais que um indivíduo recebe, sendo atenuado diretamente pela sensação e expectativa ao clima interno (hábitos e a exposição repetida ou crônica a um determinado ambiente, o que conduz à uma diminuição da intensidade da sensação evocada anteriormente). Finalmente, os comportamentais são aqueles inerentes às modificações conscientes ou inconscientes de uma pessoa para alterar seu estado térmico de forma pontual (por meio da roupa, atividade ou postura), tecnológica (abrir ou fechar janelas, ligar ventiladores ou aparelhos de ar condicionado) ou cultural.

É interessante discutir tais fatores pois estes podem ditar alguns dos **cenários construtivos** mais comuns que observamos no Brasil e mundo afora, gerados pelo que podemos chamar de “múltiplas estratégias para se atingir conforto térmico”. Tais cenários compreendem desde os bairros residenciais mais antigos, onde se construíam grandes sacadas para o deleite térmico de seus habitantes, até os mais modernos centros empresariais com seus edifícios totalmente climatizados, que, além de gerar situações de insatisfação térmica, geram também grande dispêncio de energia para seu funcionamento. Resumidamente, entender a subjetividade dos ocupantes de uma edificação e os parâmetros que regem o conforto térmico pode levar a **projetos arquitetônicos mais eficientes** do ponto de vista humano e econômico.

3.1.1. Relação entre conforto térmico e construção

A discussão acerca da relação entre conforto térmico e projeto arquitetônico concentra-se atualmente nos edifícios constantemente climatizados, que não necessariamente são aqueles que entregam as melhores condições de habitabilidade e satisfação térmica aos seus ocupantes. Estudos atuais mostram que espaços com sistemas centrais de condicionamento ambiental detêm forte tendência ao resfriamento exacerbado durante o verão e ao aquecimento desnecessário durante o inverno, sendo a preponderância pelo resfriamento além do desejado a de efeito maior nas queixas dos ocupantes (ZHANG et al., 2015). Além do desconforto por frio, espaços constantemente condicionados podem atrair outras implicações humanas como o ganho de peso e o aumento do número de casos de diabetes (KEITH et al., 2006; MCALLISTER et al., 2009; VAN MARKEN LICHTENBELT, 2011).

Em climas quentes e úmidos, estratégias passivas como o simples incremento nos valores de velocidade do ar podem ser bem aceitas e até mesmo desejadas pelos ocupantes de uma edificação (e inclusive muitas vezes evitar a utilização do ar condicionado). Isso porque a ventilação exerce um papel importante no conforto, promovendo as trocas térmicas entre o corpo e o ambiente por meio da convecção e evaporação. A partir do momento em que

os efeitos da velocidade do ar no conforto térmico passaram a ser melhor estudados e valorizados, a especulação de ambientes que operam sob o modo misto de ventilação tem sido constante. Esses ventilam naturalmente por meio da abertura de janelas (tanto automaticamente, quanto manualmente), ao mesmo tempo em que mantém o ambiente fechado, utilizando o condicionamento artificial. Tais edificações costumam apresentar altos níveis de conforto térmico devido à autonomia dada aos seus ocupantes que, de forma geral, apreciam a oportunidade de modificar esse ambiente por meio do acesso ao ar fresco, à brisa do vento e ao ambiente ao ar livre. Além da satisfação térmica promovida, é possível ainda ampliar o intervalo de temperaturas no qual os ocupantes se sentem confortáveis, enquanto nos espaços condicionados artificialmente têm-se intervalos mais conservadores independentemente da condição do ambiente externo, clima ou estação do ano (Figura 18).

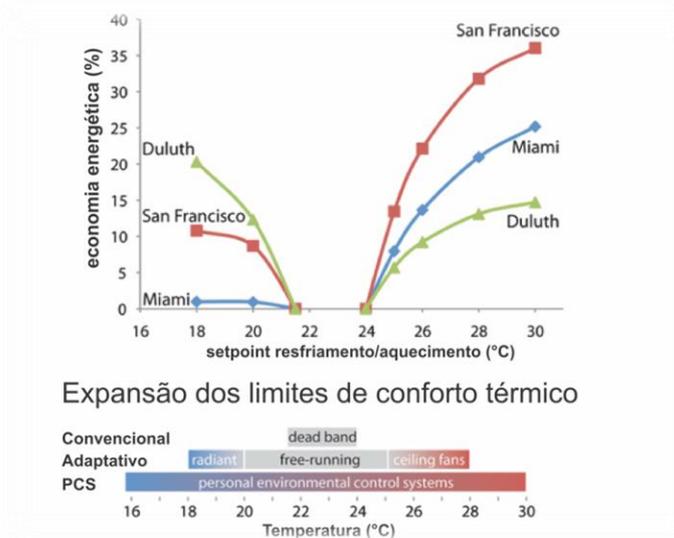


Figura 18. Sistemas de controle pessoal, expansão nos limites de conforto térmico e economia de energia em diferentes climas. Fonte: Hoyt et al. (2009).

Adicionalmente às edificações que operam de forma mista, outra estratégia complementar que pode ampliar ainda mais a zona de conforto térmico, sem necessariamente recorrer à climatização artificial, são os Sistemas Personalizados de Controle – PCS (Figura 18 e Figura 19), como os ventiladores de mesa, as cadeiras aquecidas ou resfriadas, aquecedores de pés etc. Os PCS são particularmente interessantes como ferramenta de satisfação térmica individual focada nos ocupantes de diferentes faixas etárias, gêneros, massa corporal, hábitos relacionados à vestimenta, taxa metabólica e adaptação térmica. Desta forma, é possível manter um ambiente confortável em um cenário onde existem diversas formas de climatização, e diferentes grupos de pessoas, o que muitas vezes faz com que a autonomia destes seja limitada.

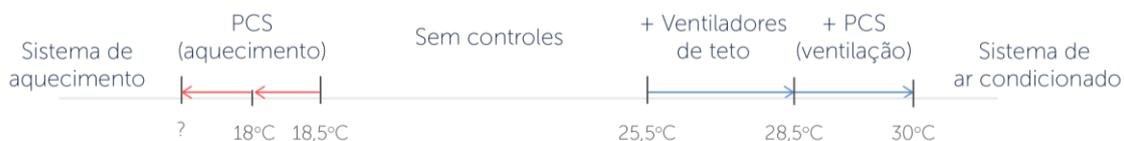


Figura 19. Limites de temperaturas aceitáveis conforme a estratégia de climatização adotada
 Fonte: Zhang, Arens e Pasut (2010).

3.1.2. Formas de avaliar o conforto térmico

A avaliação de conforto térmico em ambientes internos pode ser realizada principalmente segundo a norma americana ASHRAE 55¹³ (última revisão publicada em 2017), que trata das condições térmicas ambientais para a ocupação humana e passa por constantes atualizações. No entanto, existem ainda outras normas, como a última revisão da ISO 7730¹⁴ de 2005, focada principalmente no modelo e cálculo do PMV/PPD, e a norma europeia EN 15251, revisada em 2012, que além do conforto térmico, trata também da qualidade interna do ar, iluminação e acústica¹⁵.

No Brasil, não existem normas específicas para a avaliação de conforto térmico, se restringindo à versão de 1990 da Norma Regulamentadora NR 17 – Ergonomia, e a parte dois da NBR 16.401 – Instalações de ar-condicionado – sistemas centrais e unitários, revisada em 2006 e publicada pela última vez em 2008. Recentemente, Lamberts et al. (2013) elaboraram uma proposta para uma nova norma de conforto térmico brasileira com base no texto proposto pela ASHRAE 55, revisão de 2013. Este documento já foi editado e incorporado à parte 2 da NBR 16.401, e atualmente aguarda a abertura para consulta pública e posterior publicação.

Tanto a norma americana ASHRAE 55 como a proposta de norma brasileira NBR 16.401-2 apresentam dois métodos principais para a avaliação de conforto térmico em espaços internos. O primeiro, e mais tradicional, é proveniente do modelo de P.O. Fanger – PMV/PPD (*Predicted Mean Vote* e *Predicted Percentage of Dissatisfied*) e usualmente utilizado para a avaliação em espaços com condições estáticas de temperatura e baixa movimentação do ar. O PMV é um índice de conforto térmico derivado de equações que envolvem o balanço de calor do nosso corpo, estimando assim a sensação térmica de um grupo de pessoas em um mesmo ambiente a partir das seis variáveis climáticas e subjetivas descritas anteriormente. O PPD é um índice derivado do PMV que estima o percentual de pessoas que podem estar insatisfeitas térmicamente neste mesmo ambiente. O segundo método possui uma abordagem completamente oposta, sendo voltado para espaços essencialmente

¹³ ASHRAE 55 - Thermal environmental conditions for human occupancy.

¹⁴ ISO 7730 - Moderate thermal environments – calculation of the PMV and PPD indices.

¹⁵ EN 15251 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings: addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.

ventilados naturalmente, onde os ocupantes possuem uma gama maior de oportunidades adaptativas. Desta forma, o intervalo de temperaturas aceitáveis é expandido, considerando inclusive os valores de velocidade do ar e seu efeito na percepção térmica (Figura 20). Adicionalmente à extensão do limite superior da zona quando verificado a alta velocidade do ar em um ambiente, a proposta de norma brasileira considera ainda um ajuste no limite inferior de temperatura em função da adaptação da vestimenta (também conhecida como "clo", ver Figura 20).

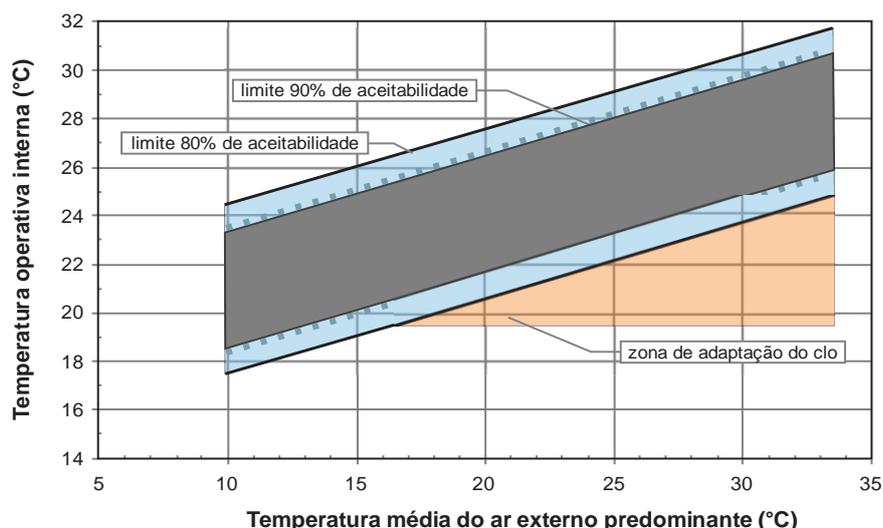


Figura 20. Faixa de temperatura aceitável em ambientes ventilados naturalmente.

Fonte: Proposta de norma brasileira de conforto térmico, disponível em:

http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/140624%20REVISAO%CC%83O%20ABNT%20NBR%2016401_2_versao%202017.pdf. (Acessado em 25/07/2018).

A partir do auxílio da ferramenta disponibilizada online gratuitamente pelo *Center for the Built Environment (CBE)*, é possível realizar a avaliação do ambiente térmico com base nos dois modelos discutidos, conforme os parâmetros determinados pela ASHRAE 55.

3.2. Energias renováveis

3.2.1. O que são?

Fontes de energias renováveis são aquelas que têm a capacidade de se autorregenerar ou reabastecer, não dependendo de uma quantidade finita de recursos naturais. São exemplos de fontes renováveis de energia: solar, eólica, biomassa, biogás, geotérmica, dentre outras. Existem duas escalas principais de unidades geradoras: de grande porte (geração centralizada em usinas), as quais são conectadas a linhas de transmissão e distribuição para que a energia chegue até o consumidor final; e de pequeno porte (geração descentralizada), conectadas diretamente a linha de distribuição e podem ser instaladas em edificações, ficando assim mais próximas do consumidor final.

3.2.2. Como obter energia renovável em meu projeto?

Existem três conceitos fundamentais no que concerne a utilização local de fontes renováveis de energia:

- (1) pode-se aproveitar os recursos energéticos disponíveis para a geração de eletricidade, conhecida como Geração Distribuída (GD);
- (2) pode-se aproveitar os recursos energéticos por meio de coletores solares térmicos e trocadores de calor para aquecimento de água, e calor de processo para geração de frio nos sistemas de condicionamento ambiental (no caso da cogeração), por exemplo;
- (3) pode-se aproveitar os resíduos orgânicos para geração de biogás e biometano¹⁶, interessante em empreendimentos com alta geração deste tipo de resíduo, como hotéis e shopping centers.

A geração a partir de fontes renováveis é fundamental para atingir **Zero Net Energia** em seu projeto, ou seja, uma situação em que o balanço energético anual da edificação seja igual a zero.

3.2.3. O que é geração distribuída?

A Geração Distribuída (GD) é caracterizada pela geração de energia de forma descentralizada, realizada junto ou próximo aos consumidores de energia, independente da tecnologia ou da fonte de energia considerada.

No Brasil o termo GD é associado principalmente a geração de energia elétrica, regulamentada pelas resoluções normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), REN N° 482/2012, REN N° 687/2015 e REN N° 786/2017, que estabelecem as condições gerais para o acesso e injeção de energia na rede do Sistema Interligado Nacional (SIN) e o sistema de compensação de energia elétrica.

Em edificações residenciais e comerciais, a GD mais comum se dá a partir de energia fotovoltaica ou eólica.

3.2.4. Como incorporar a geração de energia elétrica em meu projeto?

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a geração distribuída (GD) é caracterizada pela instalação de geradores de pequeno porte a partir de fontes renováveis de energia ou cogeração qualificada,

¹⁶ O biometano é resultado do processo de purificação do biogás até que ele possua características similares ao do gás natural. A qualidade do biometano é regulamentada pelas resoluções da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), ANP N° 8/2015 e ANP N° 685/2017.

localizados próximos aos centros de consumo de energia elétrica. O porte das unidades geradoras é definido de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 6 – Micro e Minigeração distribuída.

Tipo	Potência
Microgeração distribuída	Menor ou igual a 75kW
Minigeração distribuída	Superior a 75kW e menor ou igual a 5MW

As fontes de energia para geração distribuída podem ser renováveis ou não, sendo os exemplos mais comuns:

RENOVÁVEIS

- Solar fotovoltaica;
- Eólica;
- Biomassa;
- Resíduos de processos industriais, como gases de alto forno de siderúrgicas e a lixivia na indústria de papel e celulose.

**NÃO
RENOVÁVEIS**

- Cogeração qualificada a gás natural¹⁷.

Pode-se acompanhar a geração distribuída por [unidades consumidoras no site da ANEEL](#). O processo de ligação de uma unidade com geração distribuída à rede da concessionária de energia elétrica segue o esquema a seguir:

¹⁷ A cogeração qualificada é um conceito definido pela ANEEL, que estabelece uma eficiência energética total mínima para a geração de energia elétrica e térmica a partir do gás natural.

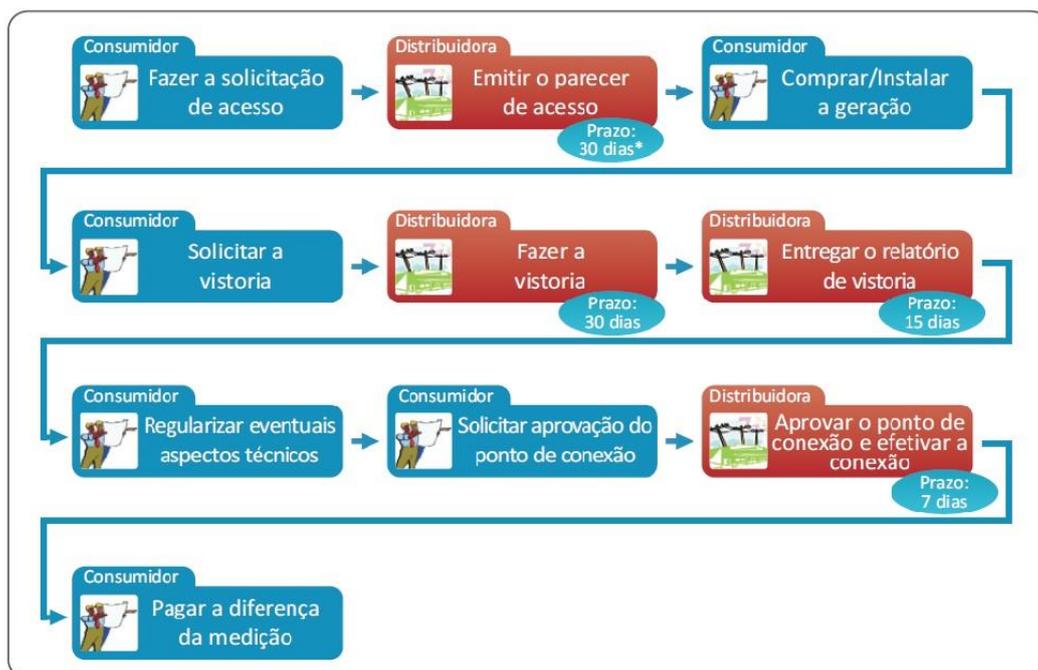


Figura 21. Processo de ligação de uma unidade com geração distribuída à rede. Fonte Goiás Energy. Disponível em < <https://goiasenergy.com/servi%C3%A7os> > (Acesso em 26/06/2018).

3.2.5. O que é o Sistema de Compensação de Energia Elétrica?

Mecanismo criado pela ANEEL que incentiva o consumidor brasileiro a gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada. Estes sistemas são conhecidos como **on-grid**, pois são conectados à rede de distribuição de energia elétrica da concessionária local. Quando o sistema de micro ou minigeração gera mais energia do que é necessário para abastecer a unidade consumidora (UC), o excedente é injetado na rede de distribuição da concessionária. Assim, serão gerados créditos¹⁸ de energia que serão abatidos do valor final da fatura de eletricidade nos meses subsequentes ou serão usados em outro posto tarifário, no caso de consumo com tarifa horária.

¹⁸ Os créditos de energia gerados continuam válidos por 60 meses.

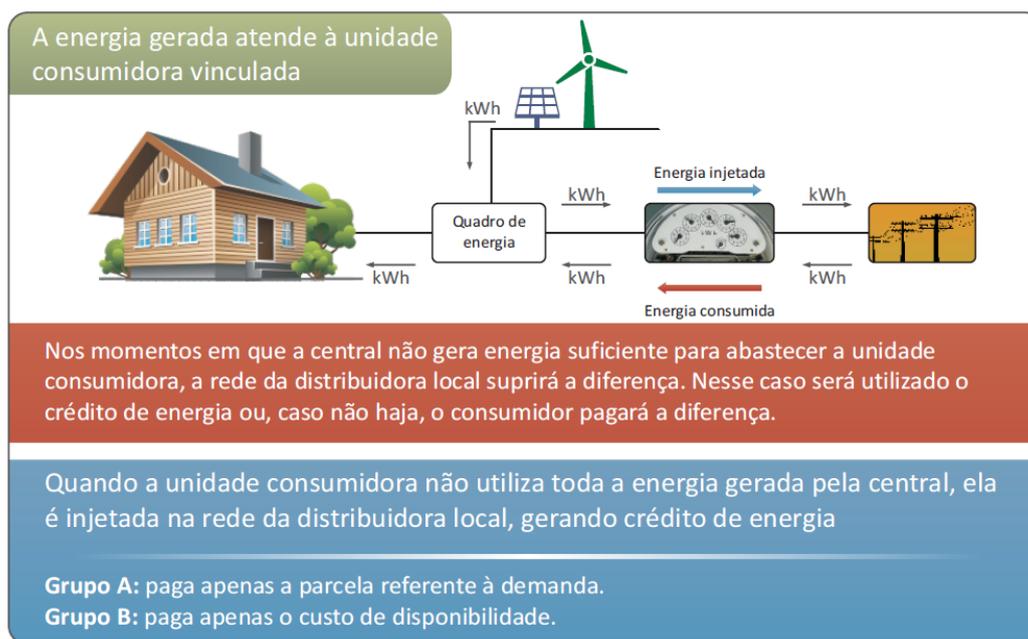


Figura 22. Sistema de compensação de energia elétrica. Fonte: ANEEL – Cadernos temáticos Micro e Minigeração distribuída (2016).

3.2.6. Quais os arranjos possíveis para a Geração Distribuída?

Autoconsumo local

O micro ou minigerador distribuído é instalado na mesma unidade consumidora onde é consumida a eletricidade, podendo gerar créditos pelo Sistema de Compensação de Energia Elétrica.



Figura 23. Autoconsumo local. Fonte: GARRENTT (2018). Disponível em <<http://cbic.org.br/apresentacoes/>> (Acesso em 26/06/2018).

Autoconsumo remoto

A eletricidade produzida por um micro ou minigerador distribuído em uma unidade consumidora pode gerar créditos para serem abatidos de faturas de energia de outras unidades de mesma titularidade da pessoa física ou jurídica.

Para participar do Sistema de Compensação de Energia Elétrica todas as unidades consumidoras devem estar dentro da mesma área de concessão da distribuidora.

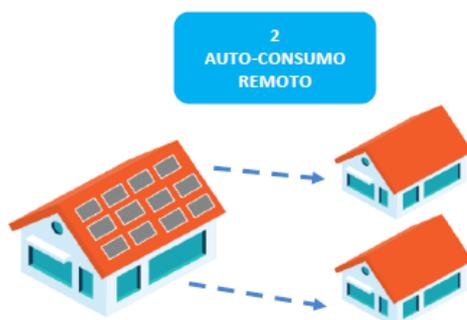


Figura 24. Autoconsumo remoto. Fonte GARRETT (2018). Disponível em <<http://cbic.org.br/apresentacoes/>> (Acesso em 26/06/2018).

Geração compartilhada

Caracterizada pela reunião de consumidores sob a forma de consórcios ou cooperativas, dentro de uma mesma área de concessão da distribuidora. Os consórcios devem seguir a Lei nº 6.404/1976 e se definem pelo contrato firmado entre empresas, que pode ser fechado ou aberto, ou seja, com admissão de entrada de novas sociedades, desde que sejam atendidos os requisitos contratuais. O contrato firmado entre as sociedades que compõem um consórcio visa o beneficiamento conjunto e pode ter objetivo de reunir recursos para a contratação de terceiros para execução de serviços, obras ou concessões, bem como a própria reunião de meios para atingir um fim comum. Eles podem aderir ao Sistema de Compensação desde que tenham sido criados em conformidade com a Lei nº 11.795/2008, conforme regulação da ANEEL. Por não constituírem uma sociedade propriamente dita, ou seja, pela ausência de uma personalidade jurídica referente ao conjunto de empresas, a administradora será a titular da unidade consumidora onde o sistema de geração estiver instalado e cada membro responde individualmente pelas suas responsabilidades contratuais.

As cooperativas de geração distribuída se caracterizam pela reunião de no mínimo 20 pessoas físicas (excepcionalmente sendo aceitas pessoas jurídicas após atingir este mínimo), com o propósito comum de produzir a própria energia e participar do Sistema de Compensação. É recomendável que seus integrantes passem por uma capacitação, a fim de entender a estrutura e funcionamento do cooperativismo, incluindo seus deveres e direitos enquanto parte dessa associação. Conheça o Guia de Constituição de Cooperativas de Geração Distribuída Fotovoltaica no site <https://www.ocb.org.br/publicacao/33/guia-de-constituicao-de-cooperativas-de-geracao-distribuida-fotovoltaica>.

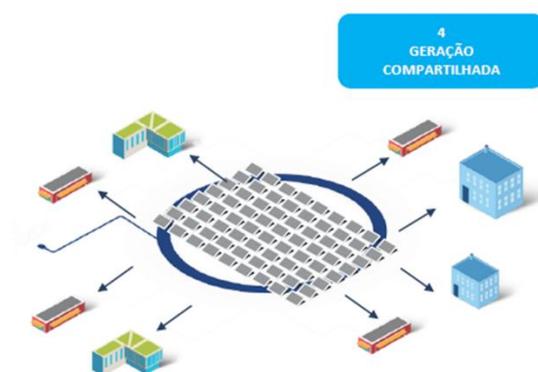


Figura 25. Geração compartilhada. Fonte GARRETT (2018). Disponível em <<http://cbic.org.br/apresentacoes/>> (Acesso em 26/06/2018).

Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (condomínios)

Geração de energia por meio da instalação de equipamentos em áreas comuns (coberturas de edifícios compartilhados) em condomínios verticais ou horizontais, sejam eles de uso residencial ou comercial, desde que na mesma propriedade ou vizinhas (sem passar por vias públicas). A energia compartilhada, bem como os possíveis créditos gerados pelo Sistema de Compensação de Energia Elétrica, são divididos conforme os acordos feitos entre os participantes, a partir, por exemplo, do investimento de cada um.



Figura 26. Múltiplas unidades consumidoras. Fonte GARRETT (2018). Disponível em <<http://cbic.org.br/apresentacoes/>> (Acesso em 26/06/2018).

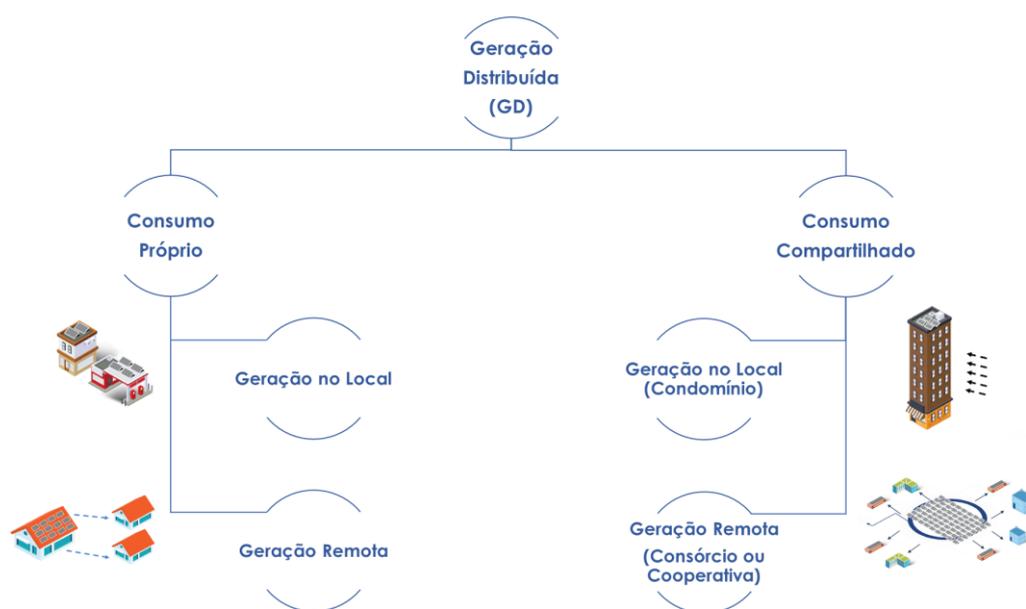


Figura 27. Regulamentação geração distribuída. Fonte: adaptada de SOLARBRAS e GARRETT (2018). Disponível em <<http://cbic.org.br/apresentacoes/>> (Acesso em 26/06/2018).

3.2.7. Quais os modelos de negócio podem ser adotados?

Modelo com Recursos Próprios

O investimento em equipamentos e instalação parte dos próprios consumidores e, conseqüentemente, o retorno de capital se dá pela compensação de gastos energéticos a partir da produção de energia. Os contratos de operação e manutenção também ficam a cargo dos consumidores (administradoras de edifícios de escritório, condôminos em um conjunto residencial etc.).

Modelo com Financiamento Externo

Quando não há disponibilidade de financiamento pelos próprios consumidores, há a possibilidade de busca de capital externo. Uma instituição financeira pode fornecer os recursos para a instalação, e os consumidores são responsáveis pela contratação de serviços, de implementação, além de arcarem com os custos operacionais e de manutenção. Os recursos podem retornar à instituição financeira após início da operação do sistema.

Modelo com locação

Os consumidores alugam os equipamentos por meio do pagamento uma mensalidade, enquanto os locadores são responsáveis pela operação,

manutenção e assistência técnica da instalação. É importante lembrar que contratos de locação não podem ter seus valores atrelados ao valor da energia produzida, como por exemplo, em R\$/kWh.

Modelo BOT (*Build, Operate and Transfer*)

O fornecedor é responsável pela construção, operação e financiamento da instalação prevista pelo contratante (consumidor). O contrato, por sua vez, determina um valor de tarifa a ser cobrado dos consumidores durante um período pré-determinado, de forma a possibilitar a obtenção de lucro e retorno financeiro satisfatório à empresa contratada, a qual, após encerramento deste período, transfere as instalações para os contratantes. Em contrapartida, estes últimos tem a vantagem de financiar a construção, operação e manutenção do sistema, sob custos mais facilmente negociáveis, assim como podem obter valores tarifários menores do que os praticados pela concessionária. É importante lembrar que tais contratos não podem ter seus valores atrelados ao valor da energia produzida, como por exemplo, em R\$/kWh.

Modelo PPA (*Power Purchase Agreement*)

É feito um contrato a longo prazo com um fornecedor responsável pela construção, operação e financiamento da instalação, que arca com os custos de investimento. Em contrapartida, é feito um acordo com o consumidor, para que este consuma a energia gerada sob um valor pré-determinado, o qual deve ser mais baixo do que a tarifa praticada pela distribuidora de energia elétrica. A empresa que presta o serviço, por outro lado, obtém retorno do capital investido, por meio da cobrança tarifária. É importante lembrar que tais contratos não podem ter seus valores atrelados ao valor da energia produzida, como por exemplo, em R\$/kWh.

3.2.8. O que é geração off-grid?

São sistemas caracterizados por **não** estarem conectados à rede de distribuição de energia elétrica da concessionária local. Estes sistemas podem ser empregados em diferentes situações:

- Em locais onde não há linhas de distribuição de energia elétrica da concessionária local;
- Quando não há viabilidade técnica para geração on-grid, ou seja, para a instalação de sistemas conectados à rede de distribuição da concessionária local;
- Quando não há viabilidade financeira para geração on-grid, sendo mais econômico instalar um sistema isolado do que conectado à rede.

Neste caso, toda a demanda de energia elétrica será suprida pelo sistema de geração própria, sendo necessário armazenar energia nos períodos em que o consumo é menor do que a geração para suprir aqueles em que o consumo é maior do que a geração.

Os componentes dos sistemas de geração off-grid incluem, além do gerador e do inversor, uma bateria e seus sistemas auxiliares, que costumam aumentar de forma significativa o custo do investimento.

Se o empreendimento é off-grid, toda energia elétrica utilizada é produzida por ele mesmo, o que gera boas chances de atingir Zero Net Energia.

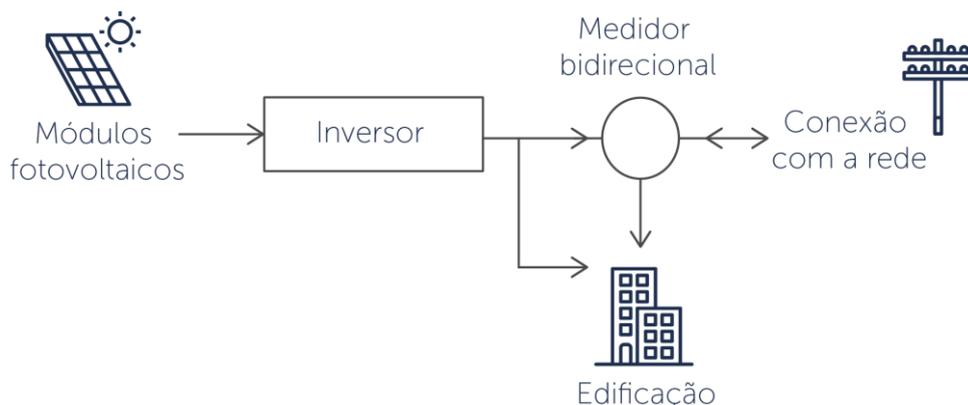


Figura 28. Esquema de sistema On-Grid com banco de baterias. Fonte: elaboração dos autores.

3.2.9. Quando é viável incluir energia renovável em meu projeto?

Vários fatores influenciam a viabilidade econômica da geração distribuída. São eles:

- Custo dos equipamentos;
- Tarifa de energia (elétrica e gás natural, quando aplicável);
- Escala da geração (quanto maior o sistema, menor o custo da energia gerada);
- Complexidade do sistema e adaptação ao projeto, no caso de retrofits;
- Impostos incidentes sobre a energia excedente;
- Opções de financiamento disponíveis;
- Custos de operação e manutenção do sistema gerador; e
- Vida útil do sistema gerador.

Normalmente os fatores mais relevantes são a tarifa de energia e as opções de financiamento disponíveis. Deve-se destacar que a porcentagem de energia gerada versus o consumo total do edifício não afeta a viabilidade econômica do sistema.

Mais informações sobre o assunto estão disponíveis no site

<http://americadosol.org/conhecimento-em-energia-fotovoltaica/>

3.2.10. E quando faltar energia elétrica?

Um dos mitos mais comuns sobre a geração distribuída de energia elétrica é a de que haverá energia disponível quando faltar energia elétrica da rede da concessionária.

Se o sistema for on-grid, seu inversor possui um sistema chamado de anti-ilhamento, que é responsável por cessar o fornecimento de energia para a rede em caso de falha, evitando assim acidentes no processo de manutenção e reparo da rede de distribuição, e protegendo seu sistema de geração de surtos externos.

Entretanto, se o sistema on-grid contemplar um backup de baterias, ou seja, um no-break, seu empreendimento terá energia enquanto o banco de baterias estiver carregado. Normalmente estes sistemas de no-break são projetados para suportar a carga do edifício por poucas horas, apenas nos períodos de falha da rede de distribuição. Alternativamente, muitos edifícios contam com geradores a diesel ou a gás natural para suprirem a carga durante as falhas da rede. Ambos os sistemas, quando conectados a sistemas de geração on-grid, devem ser instalados antes do inversor e do medidor bidirecional de energia, de modo que atuem de forma independente na rede nos momentos de falha.

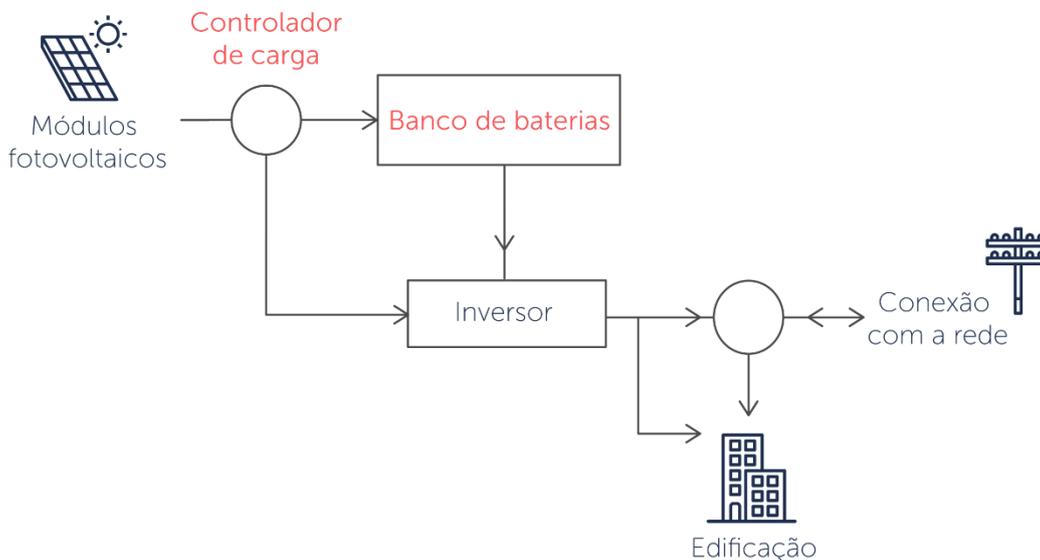


Figura 29. Esquema de sistema On-Grid com banco de baterias. Fonte: elaboração dos autores.

3.2.11. É possível gerar energia elétrica e destiná-la a um sistema específico, como o de iluminação?

Em um sistema on-grid, não. Neste sistema, toda a energia gerada passa pelo medidor de consumo de energia da concessionária, que deve ser bidirecional para medir as entradas e saídas de energia da rede e é destinado ao quadro de distribuição geral da edificação. Desta forma, não há distinção de qual sistema será atendido pela energia gerada, ela “entra” no edifício através do quadro de distribuição.

Em um sistema off-grid, entretanto, sim. Esse sistema pode ser dimensionado e utilizado para suprir um uso final específico, sendo totalmente separado da rede de distribuição da concessionária. Esse caso acontece, por exemplo, em algumas rodovias que possuem módulos fotovoltaicos conectados diretamente à iluminação e aos sistemas de monitoramento.



Figura 30. Poste de iluminação com módulos fotovoltaicos. Fonte: SUNVIENERGY. Disponível em < <https://www.sunvienergy.com/fr/produits/poteau-intelligent/>> (Acesso em 20/07/2018).

3.2.12. O que são Certificados de Energia Renovável?

Cada REC (em seu acrônimo em inglês para *Renewable Energy Certificate*) equivale a 1 MWh de energia renovável gerada e injetada no sistema elétrico em um determinado período. A compra de RECs é uma opção para aqueles empreendimentos que não possuem potencial técnico para gerar energia elétrica renovável localmente, mas que desejam que toda a energia elétrica consumida em seu edifício seja compensada pela geração de energia renovável – no caso de edifícios Zero Net Energia, por exemplo.

Qualquer usina de geração energia a partir de fontes renováveis pode ser registrada para a emissão de RECs (Certificados de Energia renovável), desde que atenda as regras nacionais e internacionais, como estar legalmente instalado e operando, conectado à rede nacional de distribuição de energia elétrica, e gerar energia a partir de fonte renovável. Mais informações podem ser encontradas em: <http://www.recbrazil.com.br/>

Ainda assim, RECs apresentam menos benefícios do que a geração distribuída, uma vez que não reduzem perdas na rede energética, já que a energia não é gerada no mesmo local onde é consumida.

Tabela 7 – Perguntas típicas no processo de implantação de sistema de energia renovável.

	Incorporadora e Construtora	Projetista	Fornecedores	Facilities	Usuário da edificação
Quais os principais benefícios?	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da percepção de valor do imóvel. • Maior atratividade aos clientes. • Diversificação e contribuição à matriz energética brasileira. • Oportunidade de se destacar no mercado da construção civil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidade de se diferenciar no mercado ao conhecer as diferentes formas de geração de energia em edificações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do mercado de equipamentos de micro e minigeração, como painéis fotovoltaicos, mini aerogeradores, etc. • Oportunidade de posicionamento e liderança no mercado de energias renováveis em edificações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior atratividade aos clientes. • Redução de custos operacionais com energia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de custos operacionais com energia. • Usufruto de uma edificação com baixo impacto energético e alinhado a sustentabilidade.
O que você deve saber?	<ul style="list-style-type: none"> • A avaliação da inclusão de estratégias de eficiência energética no projeto pode contribuir para reduzir o dimensionamento do sistema de geração. • Para a escolha da melhor fonte energética para seu empreendimento, 	<ul style="list-style-type: none"> • A avaliação da inclusão de estratégias de eficiência energética no projeto pode contribuir para reduzir o dimensionamento do sistema de geração. • Muitas vezes o posicionamento geográfico do edifício deve ser 	<ul style="list-style-type: none"> • Os projetistas e construtores necessitarão de apoio técnico e capacitação para operar o sistema de geração renovável fornecido. 	<ul style="list-style-type: none"> • O sistema de geração renovável requer procedimentos especiais de operação e manutenção, que devem ser seguidos para garantir seu funcionamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • O sistema de geração renovável requer procedimentos especiais de operação e manutenção, que devem ser seguidos para garantir seu funcionamento.

	<p>deve-se realizar um estudo de viabilidade comparativo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pode haver a necessidade de contratar serviços adicionais de dimensionamento, instalação e regularização do sistema de geração. 	<p>adaptado de forma a melhor aproveitar os recursos energéticos renováveis.</p> <ul style="list-style-type: none"> • É importante considerar as principais legislações, normas técnicas, e normas específicas de cada concessionária para o projeto que contemple geração distribuída. 			
<p>Qual o seu papel?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contratar empresas especializadas para dimensionar, instalar e orientar a operação do sistema de geração. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projetar garantindo a máxima eficiência da edificação e o máximo aproveitamento dos recursos energéticos a serem explorados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionar, instalar e comissionar o sistema de geração renovável fornecido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantir a correta operação e manutenção dos geradores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consumir a energia produzida de maneira consciente, e ficar atento aos procedimentos de operação do gerador que requerem atenção dos usuários.

3.3. Edifícios Zero Net Energia

a. O que são?

Edifícios Zero Net Energia são aqueles em que o balanço energético anual é zerado através de uma combinação de estratégias de alta eficiência energética e geração local de energia renovável, ou seja, são edifícios que produzem localmente tanta energia renovável quanto consomem ao longo de um ano. Também são muito conhecidos por seu nome em inglês, *Net Zero Energy Buildings* (NZEB).

EDIFÍCIOS ZERO NET ENERGIA

Adaptado de Daniel Overbey (2014).

Edifício que, ao final de um ano, gerou a energia que consumiu.



Figura 31. Edifícios Zero Net Energia. Fonte: Daniel Overbey (2014). Disponível em <<http://danieloverbey.blogspot.com/2014/02/defining-net-zero-energy.html>> (Acesso em 26/06/2018).

b. Como atingir Zero Net Energia?

Dois princípios fundamentais devem ser seguidos para que o edifício seja considerado zero net energia:

1. Eficiência energética: quanto mais eficientes forem os sistemas prediais e as estratégias operacionais, menor poderá ser o sistema de geração de energia, reduzindo assim os custos iniciais, operacionais, e o tempo de retorno do investimento. A operação eficiente é tão importante quanto o projeto integrado, simulação energética e comissionamento de sistemas – as certificações de NZEBs são normalmente concedidas apenas após 1 ano de operação do edifício.
2. Geração de energia renovável: a geração local de energia elétrica permite reduzir drasticamente os custos operacionais ao longo da vida útil do edifício, além de ser um diferencial competitivo e indicativo de sustentabilidade no mais alto nível. Pode também ser

considerada a geração de energia renovável em outro terreno, fora da área do empreendimento (geração *offsite*), ou a compra de créditos de energia renovável.

Existem diferentes critérios utilizados em certificações de Zero Net Energia ao redor do mundo, que discorrem principalmente sobre o nível mínimo de eficiência energética, o percentual máximo de geração *offsite* e de compra de créditos de energia renovável. Confira os critérios estabelecidos pela certificação Zero Energy do GBC Brasil.



Figura 32. Estratégias para atingir Zero Net Energia. Fonte: Architecture 2030. Disponível em http://architecture2030.org/2030_challenges/2030-challenge/ (Acesso em 26/06/2018).

c. Qual o potencial do meu empreendimento Zero Net Energia?

O número de andares, as cargas de equipamentos, o uso e a localização geográfica são fatores críticos no desenvolvimento de edifícios Zero Net Energia. De maneira geral, no Brasil, quanto maior a área de cobertura em relação ao número de andares (considerando geração fotovoltaica), e quanto menos energia as atividades realizadas consumirem, maior a chance de um edifício ser de zero energia.

Tipologias mais favoráveis a serem Zero Net Energia:

- Varejo ou Galpões;
- Escolas;
- Edificações residenciais unifamiliares;
- Pequenos escritórios;
- Condomínios residenciais horizontais.

No relatório desenvolvido para o Instituto Clima e Sociedade (iCS) que trata sobre *Edifícios de Baixo Carbono no Brasil: Aspectos e Subsídios para Programas Nacionais*, a temática Zero Net energia é aprofunda. O relatório encontra-se disponível no link http://mitsidi.com/wp-content/uploads/2017/08/2017-08-10_Relat%C3%B3rio_NetZero_final.pdf.

Tabela 8 – Perguntas típicas sobre Zero Net Energia.

	Incorporadora e Construtora	Projetista	Fornecedores	Facilities	Usuário da edificação
Quais os principais benefícios?	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da percepção de valor do imóvel; • Maior atratividade aos locatários; • Diversificação e contribuição à matriz energética brasileira; • Alinhamento às tendências de construção internacionais; • Oportunidade de se destacar e ser um dos pioneiros de edificações Zero Net Energia no mercado da construção civil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtenção de diretrizes de eficiência energética a serem seguidas, incorporando a consideração dos impactos durante o uso da edificação e o custo operacional; • Diretrizes a seguir de como incluir geração de energias renováveis em seus projetos, visando redução de impacto ambiental e custo operacional; • Oportunidade de se diferenciar no mercado ao conhecer as diferentes formas de geração de energia em edificações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do mercado de soluções de eficiência energética para edifícios; • Aumento do mercado de equipamentos de micro e minigeração, como painéis fotovoltaicos, mini aerogeradores, etc; • Oportunidade de posicionamento e liderança no mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior atratividade aos locatários, podendo oferecer unidades com custo zero de energia; • Redução de custos operacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de custos operacionais com energia; • Usufruto de um espaço com alto nível de conforto ambiental e eficiência energética; • Usufruto de um espaço com baixo impacto energético e alinhado a sustentabilidade.
O que você deveria saber?	<ul style="list-style-type: none"> • Os padrões de eficiência energética devem ser altos para garantir a viabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Estratégias de eficiência energética no projeto são imprescindíveis para 	<ul style="list-style-type: none"> • Os projetistas e construtores necessitarão de apoio técnico e 	<ul style="list-style-type: none"> • a operação e estratégias de eficiência energética 	<ul style="list-style-type: none"> • a operação e estratégias de eficiência energética devem

	Incorporadora e Construtora	Projetista	Fornecedores	Facilities	Usuário da edificação
	<p>financeira dos sistemas geradores;</p> <ul style="list-style-type: none"> • A contratação de serviços adicionais para otimização energética do projeto podem ser necessários, tais como consultorias especializadas e simulações termo-energéticas, e para dimensionamento, instalação e regularização do sistema de geração; • Estudos de viabilidade comparativo devem ser realizados para escolher a melhor fonte energética para seu empreendimento. 	<p>que a geração renovável seja viável financeiramente e exija a menor área possível;</p> <ul style="list-style-type: none"> • O posicionamento geográfico do edifício deve, muitas vezes, ser adaptado para reduzir ganhos de calor e melhorar o aproveitamento dos recursos energéticos renováveis 	<p>capacitação para operar o edifício de maneira eficiente, como foi planejado;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os projetistas e construtores necessitarão de apoio técnico e capacitação para operar o sistema de geração renovável fornecido. 	<p>devem ser considerados em toda a vida útil para que o edifício continue sendo aclamado como Net Zero, ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • O sistema de geração renovável requer procedimentos especiais de operação e manutenção, que devem ser seguidos para garantir seu funcionamento. 	<p>ser considerados em toda a vida útil para que o edifício continue sendo aclamado como Zero Net Energia– o comprometimento dos usuários com a eficiência energética é de extrema importância em um edifício Zero Net Energia;</p> <ul style="list-style-type: none"> • O sistema de geração renovável requer procedimentos especiais de operação e manutenção, que devem ser seguidos para garantir seu funcionamento adequado.

	Incorporadora e Construtora	Projetista	Fornecedores	Facilities	Usuário da edificação
Qual o seu papel?	<ul style="list-style-type: none"> • Garantir o alto nível de eficiência energética no projeto; • Contratar empresas e consultorias especializadas em projetos eficientes; • Escolher as principais fontes energéticas a serem exploradas; • Contratar empresas especializadas para dimensionar, instalar e orientar a operação do sistema de geração. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projetar garantindo a máxima eficiência do projeto e o máximo aproveitamento dos recursos energéticos a serem explorados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionar, instalar e comissionar as soluções de eficiência energética fornecidas; • Dimensionar, instalar e comissionar o sistema de geração renovável fornecido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantir a operação eficiente do edifício, visando SEMPRE minimizar os gastos com energéticos; • Garantir a correta operação e manutenção dos geradores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantir a operação eficiente do edifício, visando SEMPRE minimizar os gastos com energéticos; • Consumir a energia produzida de maneira consciente, e ficar atento aos procedimentos de operação do gerador que requerem atenção dos usuários.

3.4. Impactos do projeto no uso, operação, manutenção e retrofits

3.4.1. O que são: energia, potência e eficiência energética e quais as diferenças?

Para entender o potencial de eficiência energética no uso, operação e manutenção do edifício, é fundamental entender os conceitos de potência instalada, demanda, consumo de energia e eficiência energética.

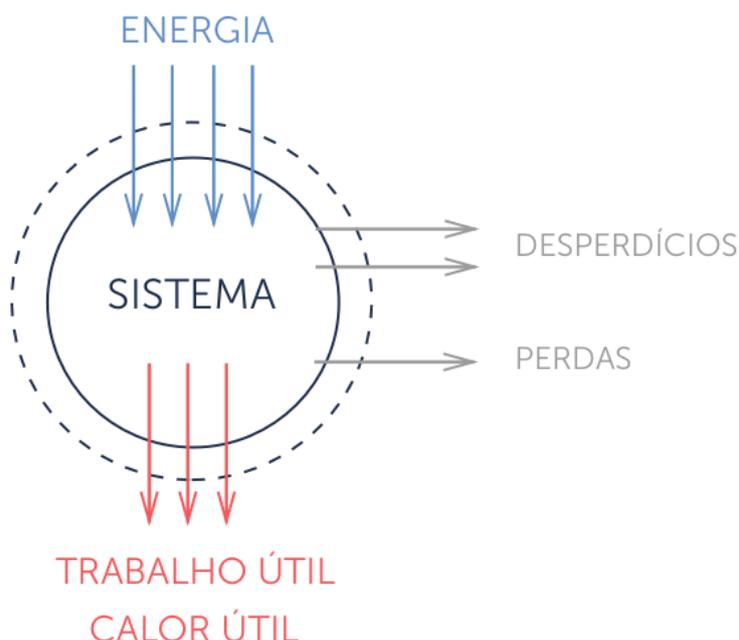


Figura 33. Sistema hipotético: definições. Fonte: elaboração dos autores.

A potência é a velocidade na qual a energia é produzida ou consumida. É própria dos sistemas, processos ou equipamentos, portanto pode se falar, por exemplo, de uma lâmpada de 15W, um chuveiro de 5kW, uma turbina a gás de 20 MW, um painel fotovoltaico de 250W.

A demanda de energia é a potência média num intervalo de tempo. Nos contratos de distribuição, por exemplo, podemos definir uma demanda contratada de energia elétrica, de maneira que quem consome consome e quem gera a energia saibam qual a ordem de grandeza da potência máxima que será demandada da rede.

O gráfico a seguir ilustra a demanda de um sistema a cada 15 minutos, a demanda contratada (máxima) e a demanda média.

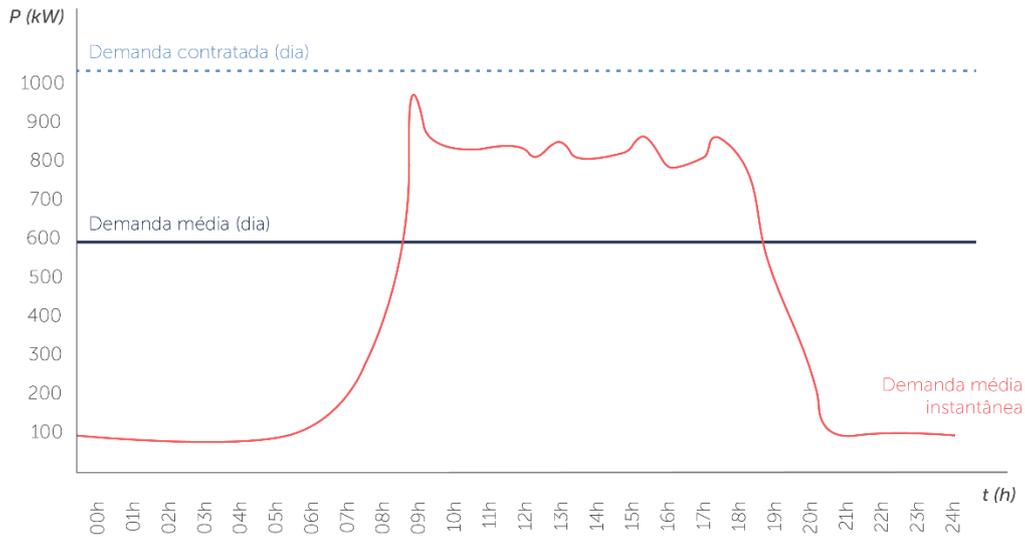


Figura 34. Demanda média e demanda contratada. Fonte: elaboração dos autores.

A energia propriamente dita, é a potência gerada ou consumida num intervalo de tempo e para um fim específico. Fala-se de potência se referindo a todas as formas e transformações, como por exemplo força mecânica, iluminação, transferência de calor, seja para aquecimento ou para resfriamento, entre outros.

Por exemplo, um motor elétrico de 1 kW de potência funcionando durante dez horas consome a mesma energia que um motor de 10 kW durante uma hora: 10 kWh, mas permitem obter efeitos muito diferentes. Podemos entender a energia como a área embaixo de uma curva de potência, isto é, um somatório ou integral.

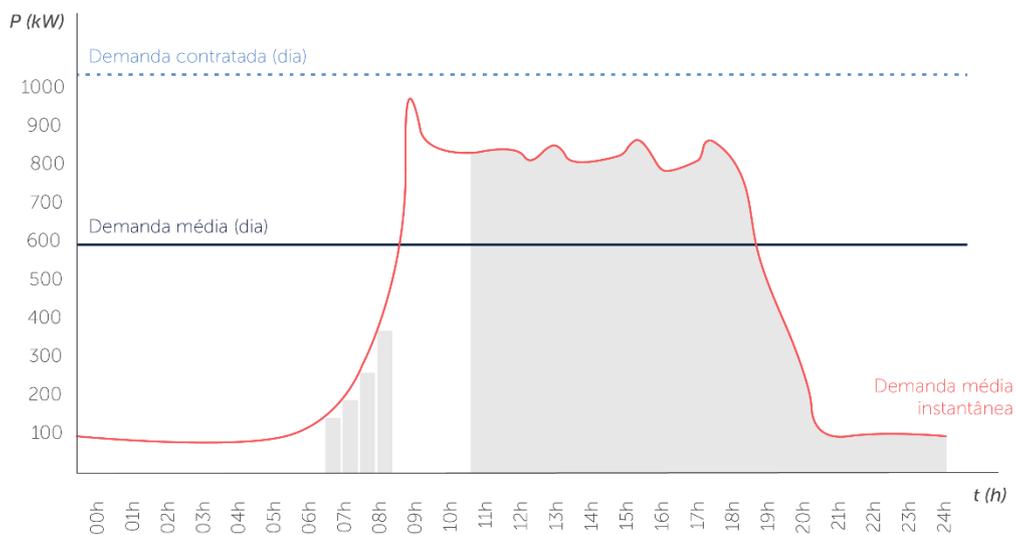


Figura 35. Consumo de energia: discreto e contínuo. Fonte: elaboração dos autores.

Por fim, a **eficiência energética** relaciona a energia útil empregada nas aplicações desejadas e o consumo total para suprir essa demanda. Voltando para a Figura 24, podemos imaginar a eficiência como a relação entre a largura da seta azul e a seta vermelha, sendo que se descontam as perdas e desperdícios envolvidos.

Não existem na natureza processos 100% eficientes, porém existem sempre possibilidades de melhorar a eficiência até um patamar prático no âmbito técnico e econômico.

A **melhoria de eficiência energética** é reconhecida como uma das formas mais baratas de reduzir os custos operativos, as emissões de gases de efeito estufa, a competitividade e com amplas possibilidades em todos os setores, incluído o da construção civil.

3.4.2. Energia e edifícios, qual a relação?

Se pararmos para pensar, se consome energia em todo o ciclo de vida nos edifícios, isto é, desde a produção das matérias primas, construção, passando pelo uso, operação, manutenção e retrofit, até sua demolição.

Os materiais utilizados na construção civil e na fabricação dos sistemas prediais, passam por um longo ciclo de extração, manufatura e transporte até o local da construção. Ferro, aço, alumínio, cobre, cimento, vidro, cerâmicos são todos materiais energo-intensivos na sua fabricação. Existem importantes possibilidades de melhoria de eficiência energética nesta fase sendo exploradas pelas indústrias por serem custo-efetivas e contribuir com redução de custos.

Durante a construção, é bem sabido que a otimização da logística de transportes, uso de recursos, energia elétrica e combustíveis tem relação direta com os custos e a **pegada de carbono**¹⁹ do empreendimento, portanto é recomendável investir tempo e esforços no planejamento.

Uma vez construído, o edifício passa a fazer parte da matriz de consumidores de energia e utilidades. No Brasil, os setores residenciais, comerciais e público (em sua grande maioria edificações), consomem aproximadamente 16% da energia total²⁰ do país, e 51% da eletricidade²¹ (EPE, 2017).

A última fase, talvez a menos considerada, é o fim de uso. Desde o projeto, pode ser seguida uma abordagem que vise a durabilidade, o reaproveitamento de

¹⁹ Pegada de carbono é uma metodologia que mede as emissões de gases do efeito estufa e converte os valores em dióxido de carbono equivalente.

²⁰ Energia total em edifícios compreende principalmente: eletricidade, gás natural, lenha e carvão vegetal.

²¹ Eletricidade disponível no Sistema Interconectado Nacional, pelas concessionárias públicas, privadas ou por autoprodutores em geração distribuída.

materiais e minimize o impacto da disposição de equipamentos e sistemas no fim da vida útil dos edifícios.

3.4.3. Qual a participação de cada fase nos custos de energia?

Alguns estudos que abrangem edifícios residenciais e comerciais em climas frios, tem demonstrado que o **custo de energia operacional** corresponde a uma faixa entre 80% e 90% do custo de energia do ciclo de vida completo, enquanto os custos de energia embutidos nas fases de construção, manutenção e demolição correspondem aos 10% a 20% restantes (Ramesh, Prakash, & Shukla, 2010).

No entanto, essa distribuição de custos é diversa, principalmente em função da localização, clima, função, tamanho e materiais do edifício. Uma abordagem útil para estudar e interpretar o impacto de cada fase é a Análise de Ciclo de Vida (Abd Rashid & Yusoff, 2015).

LIMITES DE SISTEMAS/FASES UTILIZADOS EM ANÁLISE DE CICLO DE VIDA: BERÇO A TÚMULO (CRADLE TO GRAVE).

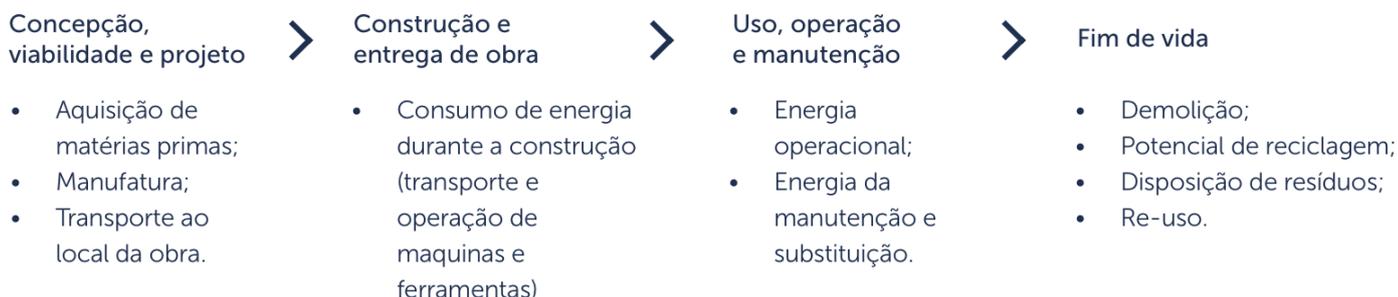


Figura 36. Limites de sistemas/fases utilizados em Análise de Ciclo de Vida: Berço a Túmulo (Cradle to grave). Fonte: elaboração dos autores.

Embora as fases não operacionais contribuam em menor porcentagem com os custos de energia totais, é no projeto e construção que se define e consolida a eficiência energética nominal do edifício, ou seja, as **perdas** inerentes aos sistemas. Um edifício com sistema de ar condicionado mal dimensionado, por exemplo, irá perder energia durante toda sua operação.

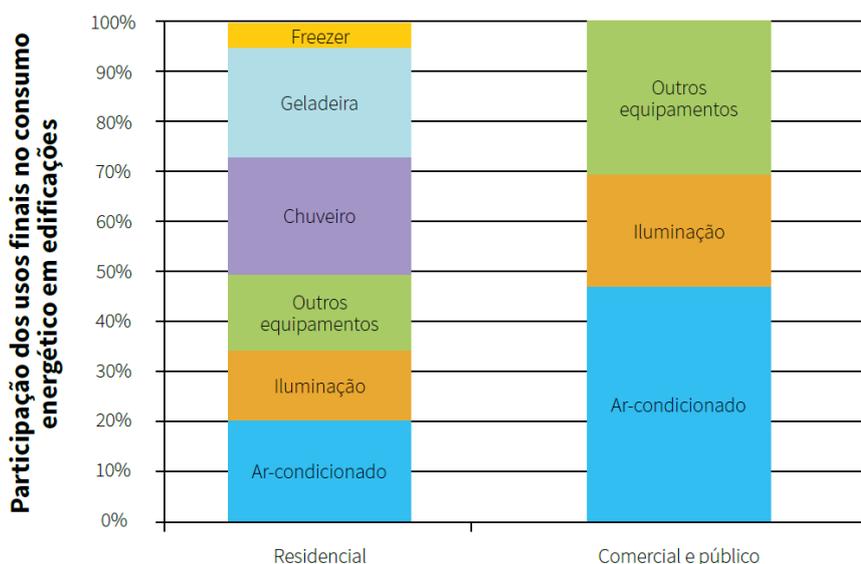
Além das perdas inerentes, no dia-a-dia apresentam-se desperdícios por diferentes causas, dentre as quais uma das mais importantes é a programação da operação dos equipamentos.

3.4.4. Como se gasta energia na operação de um edifício?

Quando falamos de **energia operacional**, nos referimos à quantidade de energia elétrica, combustíveis ou fontes alternativas consumidos num período, para acionamento de todos os **sistemas prediais**, necessários para atender as demandas ou necessidades dos edifícios em termos de conforto térmico, lumínico e operações do dia-a-dia.

Em edifícios multi-usuário, a energia operacional de cada usuário corresponde à parcela que ele usa e que neste caso pode ser medida por utilidade, sendo por exemplo, Toneladas de refrigeração que uma central de água gelada entrega para condicionamento de alguns andares, quilowatts-hora de energia elétrica para acionamento de equipamentos, etc.

Entre os **sistemas prediais** pode-se pensar em refrigeração, ar condicionado, aquecimento de água, iluminação interna e externa, Data-Centers, elevadores, cozinhas e cargas de tomada, principalmente.



FONTE: CBCS, com dados da ELETROBRAS (2007)

Figura 37. Breakdown de consumo de energia em edificações: Residencial (todas as tipologias) e comercial/público (escritórios). Fonte CBCS, informações ELETROBRAS (2007).

3.4.5. Quais fatores influenciam a eficiência operacional de um edifício?

O consumo de energia operacional em edifícios depende significativamente do nível de conforto desejado, as condições climáticas, a configuração e o uso dos sistemas.

Além disso, devido ao consumo de energia ser uma função direta tanto da potência quanto do tempo, práticas de **projeto** e de **operação** são igualmente

importantes para reduzir os custos relacionados à compra ou geração de energia.

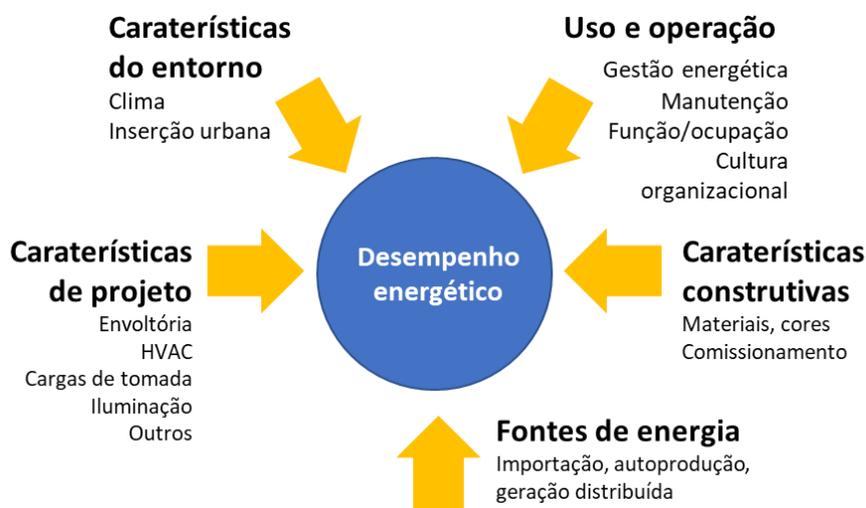


Figura 38. Parâmetros de desempenho energético. Fonte: elaboração dos autores.

Assim, todos os sistemas prediais poderão considerar critérios de eficiência energética para o projeto. A operação de um edifício pode se tornar mais eficiente se for desenvolvido, por exemplo, uma **estratégia bioclimática**, que estude adequadamente a radiação solar incidente num edifício, a temperatura e a umidade histórica do local, e utilize esta informação para dimensionar mais apuradamente os sistemas de ar condicionado e a envoltória.

Por outro lado, quando após a construção consideram-se critérios de eficiência na gestão operacional do prédio, por exemplo com o **monitoramento** das variáveis relacionadas à energia, campanhas de conscientização dos usuários, otimização da função e ocupação das áreas, entre outras alternativas, consegue-se uma operação ainda mais otimizada e com menor custo.

Há técnicas que conseguem interligar as boas práticas de gestão de construções que permitem garantir a eficiência em toda a vida útil do empreendimento, como o **projeto integrado** e o **comissionamento**.

3.4.6. O que é um edifício “eficiente”?

Edifícios eficientes são aqueles que conseguem atender as demandas dos usuários sob as premissas de projeto com o mínimo consumo de energia ou, inclusive, integrados a sistemas de geração, oferecendo energia para a rede em momentos específicos da sua operação (Net zero).

Existem múltiplas denominações e certificações relacionadas com edifícios eficientes, sustentáveis, verdes ou net-zero; algumas relacionadas ao projeto e outras à operação.

3.4.7. Como o usuário impacta na operação de edifícios eficientes?

Edifícios eficientes só funcionam com uma correta operação dos usuários. Afinal são as pessoas que realmente utilizam os sistemas e equipamentos.

Na prática, existem casos em que edifícios projetados e construídos para reduzir o consumo, inclusive com Certificados de Excelência, apresentam reclamações de desconforto, problemas de operação e manutenção, sistemas com custo elevado e sem comissionamento adequado e o mais grave: menor eficiência energética, com consumo igual ou superior à edifícios não certificados

Este fenômeno é conhecido como **Performance GAP** e é causado por uma série de fatores, relacionados, em termos gerais, na Figura 27.

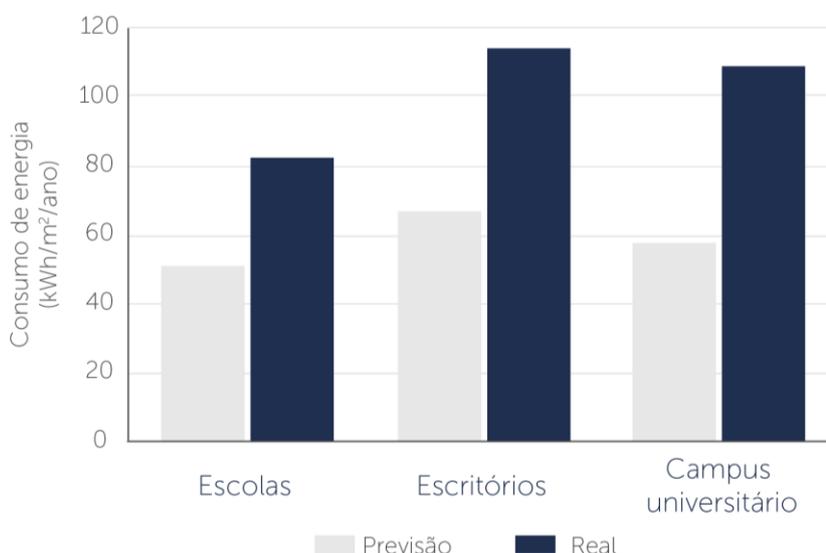


Figura 39. Performance GAP. Fonte: A.C. Menezes et al, Predicted vs. actual energy performance of non-domestic buildings: Using post-occupancy evaluation data to reduce the performance gap, Applied Energy 97 (2012).

3.4.8. Como estão relacionados os atores envolvidos no consumo de energia dos edifícios?

Precisa-se então de **mudanças de comportamento** e de paradigmas em todas as fases da vida útil de uma edificação.

Embora seja possível mensurar individualmente o impacto relativo de cada variável no consumo total de energia e seus custos associados, a combinação de todas elas apresenta interdependência e especificidades.

É de grande importância a **consciência** das oportunidades e os desafios, assim como o **aprendizado contínuo** e ambicioso de novas alternativas e tecnologias disponíveis para cada tipo de sistema, como é apresentado nesta Guia.

Quando todos os atores (stakeholders) de um empreendimento estão alinhados com objetivos de eficiência energética e **construção sustentável**, os ganhos são para todos e proporcionais à atuação de cada um.

3.4.9. Qual o papel da Operação e Manutenção no consumo de energia?

Este Guia contém recomendações de práticas e tecnologias interessantes para melhorar o desempenho energético de edificações. No entanto, a mudança da chave acontece quando são exploradas de maneira integrada as oportunidades presentes no projeto, operação e manutenção destes sistemas.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta um guia de elaboração de Manuais de Uso, Operação e Manutenção de equipamentos e *facilities*.

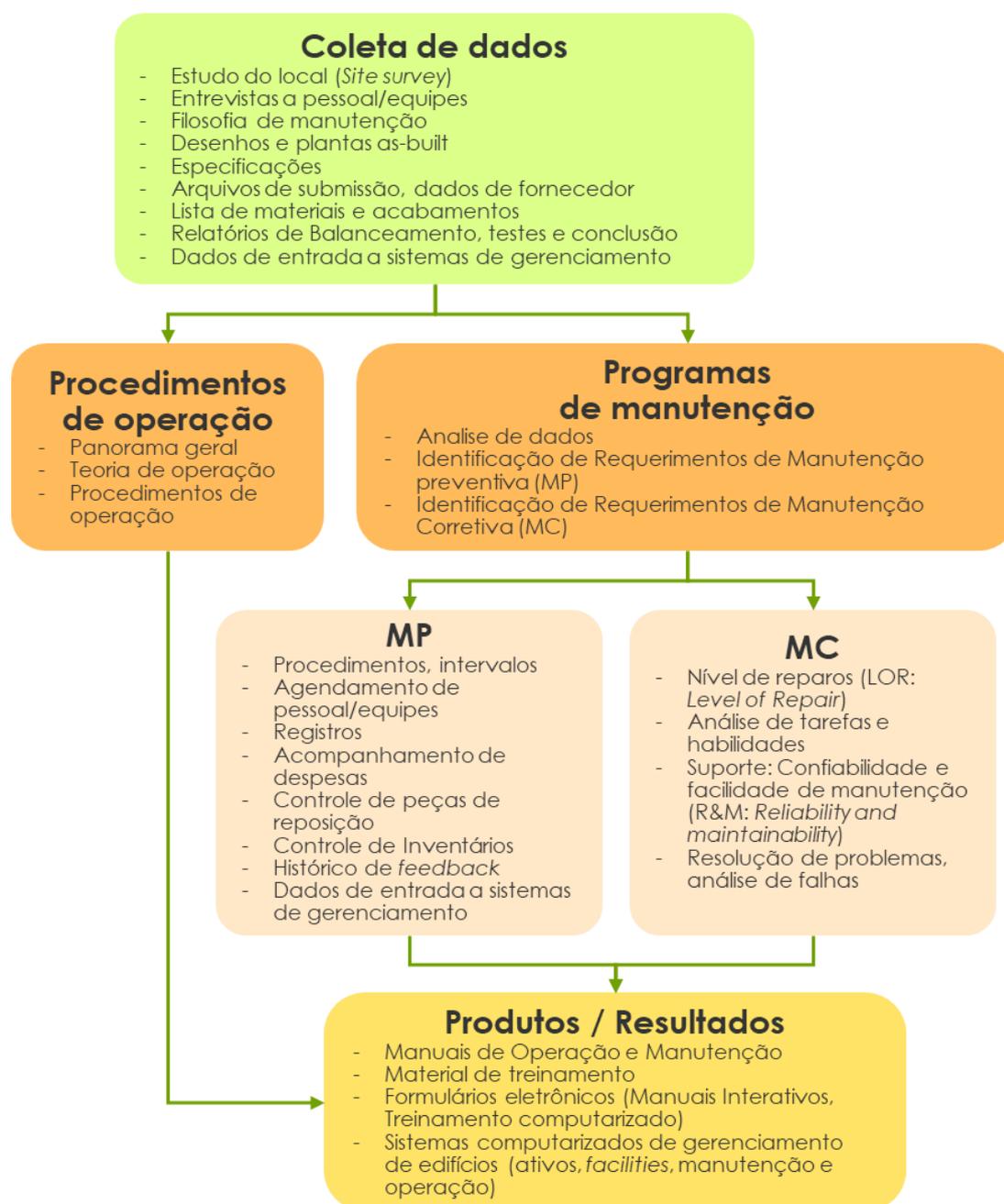


Figura 40. Processo de desenvolvimento de Manuais de Operação e Manutenção. Fonte: Adaptado de Whole Building Design Guide.

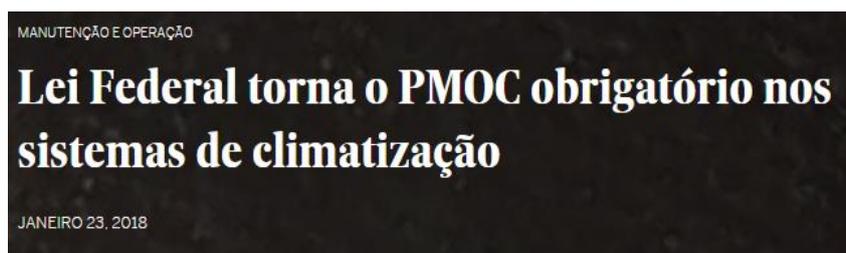
Um Manual de Uso, Operação e Manutenção²² poderá ter uma estrutura e conteúdo técnico nos moldes da tabela abaixo.

²² A norma ABNT NBR 14037 orienta como elaborar o Manual

Tabela 9 – Exemplo de estrutura e conteúdo de um manual de uso, operação e manutenção.

Estrutura		Conteúdo
Introdução: resumo geral do manual, lista de contatos e material complementar; Riscos e procedimentos de Segurança; Utilidades; Cuidado interior e exterior do edifício; O&M de sistemas hídricos; O&M de equipamentos de detecção e proteção contra incêndios.	O&M de sistema de ar condicionado e refrigeração (HVAC)*; O&M de equipamentos e sistemas de distribuição ou geração de energia elétrica; O&M de sistemas de transporte: ex. elevadores; Instruções para registros de manutenção; Organogramas, diagramas de decisão, folhas de dados; Documentação dos fabricantes.	Descrição dos sistemas; Procedimentos de operação: controles, partida, emergência, estratégias sazonais; Problemas e soluções; Procedimentos e intervalos de manutenção preventiva.

No caso dos sistemas de climatização, em 2018 foi legislada no Brasil a obrigatoriedade de Planos de Manutenção, Operação e Controle em edifícios.



“Todos os edifícios de uso público e coletivo serão obrigados a fazer a manutenção periódica de seus sistemas de ar condicionado. É o que determina a Lei 13.589/2018, sancionada em 4 de janeiro de 2018, em vigor para novas instalações de ar condicionado.”²³

²³ Link: <http://www.engenhariaarquitectura.com.br/2018/01/lei-federal-torna-o-pmoc-obrigatorio-nos-sistemas-de-climatizacao>

3.5. Certificações e etiquetagens

3.5.1. O que é? O que faz?

O processo de certificação assegura que o projeto seguiu normas reconhecidas de boas práticas, aplicando conceitos de sustentabilidade e eficiência de recursos. Há muito foco sobre o selo da certificação, porém é importante lembrar que os pontos valiosos da certificação são a metodologia e como ela foi aplicada ao edifício.

Há diversas certificações, ferramentas, e programas disponíveis no mercado de construção brasileiro. Qual adotar e tirar o selo ou não depende das aspirações do cliente.

3.5.2. Por que certificar?

Há diversos estudos que mostram que edifícios certificados agregam valor para o proprietário pois pode cobrar um preço maior de locação e os imóveis apresentam menor ocorrência de espaços vagos. Isso porque o consumidor tem uma certa confiança que aquele imóvel consumirá menos energia e/ou água, resultando em economias e menor impacto ao meio ambiente.

A validação que o projeto seguiu uma metodologia reconhecida pode ser usada na comparação compará-lo com outros edifícios e auxiliar o consumidor a escolher um imóvel que tenha um custo operacional menor, além dos benefícios de sustentabilidade.

3.5.3. Quando é necessária?

A maioria dos programas são direcionados a projetos de novas construções ou reformas significativas. Algumas das certificações incluem uma avaliação de desempenho operacional e, portanto, podem ser feitas em qualquer momento. Porém, de forma geral, são certificações que avaliam o potencial do edifício.

A tabela abaixo lista os principais programas disponíveis, em nível nacional, com os pontos de destaque de cada um.

Tabela 10 - Principais programas de certificação e etiquetagem.

						
	PBE Edifica e Selo Procel Edificações	LEED	GBC Referencial Casa	GBC Zero Energy	EDGE	AQUA-HQE
Criado	Inmetro / Procel	US GBC	GBC Brasil	GBC Brasil	IFC (membro do Banco Mundial)	Démarche-HQE (Haute Qualité Environnementale)
Ponto de destaque	Programa de etiquetagem de edifícios de A a E, focado em eficiência energética . Atualmente obrigatória para edifícios federais. O selo Procel é concedido aos melhores edifícios de Nível A.	Certificação internacional , sendo uma das mais usadas no Brasil. Teve um boom entre 2011 e 2014. Geralmente escolhida para escritórios de padrão AAA . A nova versão LEED v4 foi alterada para incluir integração com PBE Edifica .	Apenas para casas e condomínios residenciais . Desenvolvido frente à falta de certificação LEED para edifícios residenciais no Brasil.	Para edifícios que atingem um balanço de zero consumo de energia ao final do ano, por ter gerado localmente e de forma renovável a mesma quantidade de energia que consumiu.	Conta com uma ferramenta fácil, rápida e acessível para avaliar o projeto, e estima economias de gasto operacional e custo de implementação de medidas de eficiência.	Certificação internacional derivada da certificação francesa HQE, e adaptada ao Brasil . Também é bem estabelecida no Brasil e inclui integração com o PBE Edifica.

						
	PBE Edifica e Selo Procel Edificações	LEED	GBC Referencial Casa	GBC Zero Energy	EDGE	AQUA-HQE
Tipologias	<ul style="list-style-type: none"> - Edificações Residenciais; - Condomínios Residenciais; - Edifícios comerciais, de serviços e públicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Edifícios Comerciais; - Varejo ou Galpões; - Data Centers; - Hospedagem; - Unidades de Saúde; - Escolas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Edificações Residenciais; - Condomínios Residenciais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Edificações Residenciais; - Condomínios Residenciais; - Edifícios Comerciais; - Centros de Distribuição; - Data Centers. 	<ul style="list-style-type: none"> - Edificações Residenciais; - Escritórios; - Varejo; - Hospedagem; - Unidades de Saúde. 	<ul style="list-style-type: none"> - Edificações Residenciais; - Condomínios Residenciais; - Escritórios; - Hospedagem; - Escolas; - Lazer, Eventos e Cultura; - Bairros.

	[logo]	[logo]	[logo]	[logo]	[logo]	[logo]
	PBE Edifica e Selo Procel Edificações	LEED	GBC Referencial Casa	GBC Zero Energy	EDGE	AQUA-HQE
Áreas avaliadas	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamentos elétricos; - Iluminação; - Aquecimento de água; - Refrigeração; - Uso racional de água (informativo). 	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto Integrado; - Energia e atmosfera; - Qualidade Ambiental Interna; - Eficiência da água; - Local e transporte; - Materiais e recursos; - Inovação; - Créditos regionais; - Implantação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto Integrado; - Energia e atmosfera; - Qualidade Ambiental Interna; - Eficiência da água; - Local e transporte; - Materiais e recursos; - Inovação; - Créditos regionais; - Implantação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Precisa-se ter pelo menos 1 ano de operação monitorado de forma contínua, demonstrando que o balanço energético anual foi zerado. - Caso não seja possível gerar energia localmente, pode-se gerar off site ou comprar créditos de energia renovável, porém precisa-se demonstrar um nível mínimo de eficiência energética. 	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiência energética; - Eficiência da água; - Eficiência de materiais (energia embutida). 	<ul style="list-style-type: none"> - Energia; - Conforto térmico; - Qualidade do ar; - Conforto visual; - Conforto acústico; - Água, Qualidade da água; - Sistemas construtivos; - Manutenção - Local; - Resíduos; - Qualidade dos espaços; - Conforto olfativo; - Canteiro.

Além das certificações mencionadas na tabela acima, existe também o Selo Casa Azul da Caixa, que é uma metodologia de classificação socioambiental de projetos de empreendimentos habitacionais que possuem financiamento pela Caixa, com intuito de melhorar a qualidade das construções. Os critérios avaliados são qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos e materiais, gestão da água e práticas sociais.²⁴

Também está sendo desenvolvido o DEO, "Desempenho Energético Operacional", pelo CBCS (Conselho Brasileiro da Construção Sustentável). Essa metodologia de avaliação energética para edifícios existentes, que futuramente poderá se tornar uma certificação, visa a avaliação e publicação do nível de eficiência **em operação** do edifício, comparando o consumo real de energia ao consumo típico conforme a tipologia. O edifício avaliado está classificado como "ineficiente", "típico" e "eficiente".

3.5.4. Como funciona?

Os diferentes métodos adotam critérios abrangendo diferentes áreas, dependendo do foco do programa em questão. Por exemplo, pode ser focado em eficiência energética (no caso do PBE Edifica), incluir uso racional da água, ou incluir demais categorias voltadas à sustentabilidade e redução de impacto do projeto no meio ambiente (nos casos do LEED, GBC Referencial Casa e AQUA).

Geralmente, no caso das certificações com pontuação, dentro de cada área avaliada, o projeto deve atender aos pré-requisitos. Em seguida, coleta "pontos" atendendo a um "cardápio" de medidas. Cada medida corresponde a um certo valor de pontos. Ao final, a soma dos pontos de todas as áreas será a pontuação final.

3.5.5. Qual é o processo?

A melhor forma de aproveitar as diretrizes de sustentabilidade requeridas pelos sistemas de certificação é montar uma estratégia no início do projeto para poder incorporar os conceitos o mais cedo possível e orientar todas as disciplinas de projeto relevantes. A avaliação do projeto deve ser feita de forma contínua.

Para programas mais complexos, é comum contratar um consultor especializado para auxiliar a equipe de projeto, porém não é compulsório. Toda certificação tem pelo menos uma auditoria de um órgão ou pessoa credenciada a fim de obter a certificação.

²⁴ Para mais informações, acesse o site:
<http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul>



Figura 41. Processo para obter a certificação de Desempenho Energético Operacional.

Tabela 11 – Detalhamento entre as diferentes certificações.

PBE Edifica e Selo Procel Eificações	LEED	GBC Referencial Casa	GBC Zero Energy	EDGE	AQUA-HQE	
Níveis possíveis	Nível A a E	<ol style="list-style-type: none"> 1. Certified (40-49 pontos) 2. Silver (50-59 pontos) 3. Gold (60-69 pontos) 4. Platinum (80+ pontos) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verde (40-49 pontos) 2. Prata (50-59 pontos) 3. Ouro (60-69 pontos) 4. Platina (80+ pontos) 	Não há níveis.	Não há níveis.	<ol style="list-style-type: none"> 1. HQE PASS (4 pontos) 2. HQE GOOD (5 – 8 pontos) 3. HQE VERY GOOD (9-12 pontos) 4. HQE EXCELLENT (13-15 pontos) 5. HQE EXCEPTIONAL (16+ pontos)
Certificador	INMETRO / Procel	GBCI	GBC Brasil	GBC Brasil	GBCI ou thinkstep	Fundação Vanzolini
Rating***	Asset rating	Asset rating ou Operational rating (LEED O+M)	Asset rating	Operational rating	Asset rating	Asset rating

Auditorias	1 auditoria não presencial.	1 ou 2 auditorias, não presenciais.	1 ou 2 auditorias, não presenciais.	2 auditorias, não presenciais. Pode haver visita presencial pelo GBC Brasil.	1 auditoria de projeto (não presencial) e 1 auditoria da construção (presencial)	3 auditorias presenciais ao longo do desenvolvimento do projeto e da obra.
Especialista	Não há.	LEED AP	Consultor GBC Casa	Não há.	EDGE Expert	Não há.
Custo*	R\$ 11.000 a 22.000 para edifícios comerciais, públicos ou de serviço, em média.	USD 6.500 para cadastro + taxas por m ² (ex. prédio 20.000 m ² = USD\$ 18.770 total)**	R\$ 5.800 a R\$ 13.100 dependendo da área**	– R\$ 4.500 (residencial) – R\$ 7.500 (outras tipologias)**	– USD\$ 9.650 (SGS/thinkstep) – Por cotação (GBCI)	Por cotação (Fundação Vanzolini)
Link	http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica	http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php https://new.usgbc.org/leed	http://www.gbcbrasil.org.br/certificacao-casa.php	http://www.gbcbrasil.org.br/zero-energy.php	www.edgebuildings.com	https://vanzolini.org.br/aqua/

* Custo acessado em abril 2018.

** Custos para não-membros. Para membros, pode haver redução de valor.

*** Vide tabela de definições 12 – Asset Rating e Operational Rating.

Auditorias são precisas a fim de garantir a qualidade de atendimento aos programas, e para receber a certificação, selo ou etiqueta em si. Em alguns dos programas, são necessárias auditorias na fase de projeto: nestes casos, deve ser submetida a documentação de projeto, seguindo os requisitos de cada ponto reclamado.

Auditorias não presenciais: têm o objetivo de verificar a documentação submetida. A documentação pode conter plantas baixas, especificação de material, memorial descritivo ou fotografias, por exemplo.

Auditorias presenciais: Geralmente ocorrem ao longo ou ao final da fase de construção para validar que a construção está de acordo com o projeto e/ou com o que foi auditado na fase de projeto.

OBS: Em alguns dos programas, necessita-se contratar as auditorias separadamente à certificação.

Tabela 13 – Asset Rating e Operational Rating.

Asset Rating	Operational Rating
O <i>asset rating</i> é uma avaliação do patrimônio para verificar o potencial de eficiência no imóvel, , por exemplo, por ter equipamentos de baixo consumo instalados. Não avalia o consumo real.	O <i>operational rating</i> se refere à operação e é avaliado pelo consumo real do edifício.
<p>Por exemplo: um edifício pode contar com tecnologia de alta eficiência e, portanto, um asset rating alto, mas ser mal operado e ter os equipamentos ligados à noite toda e, portanto, um operational rating baixo.</p> <p>Os dois deveriam ser avaliados separadamente.</p> <p>O primeiro sistema de operational rating brasileiro, o DEO, está em desenvolvimento.</p>	

A tabela abaixo compara demais detalhes entre os diferentes programas, para auxiliar na escolha da certificação:

Tabela 14 - Detalhamento entre os diferentes programas.

	Incorporadora	Projetista	Construtora	Fornecedores	Facilities	Usuário/a da edificação
Quais os principais benefícios?	<ul style="list-style-type: none"> • Menor impacto ambiental na construção, e menor custo operacional; • Maior valor de venda, menor taxa de desocupação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diretrizes a seguir visando redução de impacto ambiental e custo operacional; • Oportunidade de se diferenciar no mercado se for conhecer o processo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diretrizes a seguir na obra, visando redução de impacto ambiental e custo operacional; • Oportunidade de se diferenciar no mercado se for conhecer o processo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidade de se diferenciar no mercado fabricando materiais e/ou equipamentos que poderão ser usados em obras com certificação, e fornecendo as informações técnicas de forma que possam ser aprovadas facilmente no projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de consumo energético operacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de custo operacional em energia e em água; • Oportunidade de melhor conforto térmico, qualidade interna ambiental, e maior facilidade de uso e operação.
O que você deveria saber?	<ul style="list-style-type: none"> • A escolha de qual certificação seguir depende das aspirações do/a cliente, não há certificações “melhores” que outras; • A contratação de serviços adicionais pode ser necessária, como acompanhamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprovantes de atendimento às diretrizes, cobrando dos fornecedores informações adicionais sobre os materiais ou equipamentos, precisam ser fornecidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprovantes de atendimento às diretrizes, cobrando dos fornecedores informações adicionais sobre os materiais ou equipamentos, precisam ser fornecidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projetistas e construtoras devem submeter evidência que os materiais e equipamentos atendem certos requisitos para poder especificá-los no projeto. É responsabilidade do fornecedor providenciar essas 	<ul style="list-style-type: none"> • Diretrizes para operação e manutenção do edifício deverão ser seguidas para certificação de edifícios novos; • Dados de consumo real da edificação devem ser fornecidos e o processo para implementação de 	<ul style="list-style-type: none"> • Alguns dos critérios visam a melhoria da qualidade do edifício para o/a usuário/a, em termos de conforto e de usabilidade. Porém, para garantir isso o/a usuário/a deve usar o edifício conforme previsto

do processo, simulação energética etc.

informações técnicas.

ser acompanhado para certificação de desempenho operacional.

pela equipe de projeto.

Qual seu papel?

- Escolher qual certificação e nível de atendimento desejado (incluindo se vai tirar a certificação em si ou não);
- Contratar alguém para acompanhar o processo (pode ser da equipe de projeto ou um consultor especializado).
- Executar os projetos conforme as diretrizes demandadas para cada critério;
- Fornecer a documentação requisitada por cada critério;
- Envolver o usuário final e equipe de *facilities* na fase de projeto para garantir que o edifício seja operado conforme previsto no projeto.
- Executar a obra conforme as diretrizes demandadas para cada critério;
- Fornecer a documentação requisitada para cada critério.
- Providenciar as especificações técnicas requisitadas pelo projetista e/ou construtor/a.
- Operar o edifício conforme previsto em projeto. Maior sucesso é atingido quando a equipe de *facilities*, ou operador/a do edifício participa da fase de projeto.
- Operar o edifício conforme previsto em projeto. Maior sucesso é atingido quando o/a usuário/a final está incluso na fase de projeto.

4. CONTEÚDO POR SISTEMAS PREDIAIS

4.1. Aspectos construtivos

4.1.1. Explicação

a. O que um bom projeto pode proporcionar?

Um “bom” projeto de arquitetura é capaz de proporcionar conforto ambiental, eficiência energética e facilidade de uso ao usuário/a e/ou proprietário/a. A fase de projeto é a ideal para incluir aspectos de arquitetura passiva que terão um grande impacto no desempenho futuro do edifício. É muito mais barato incorporar as escolhas certas em um novo projeto do que em *retrofit*, que também pode ter tais alterações, porém com um custo maior.

b. O que é um bom projeto?

Um bom projeto considera a forma, a orientação, o uso e o clima local a fim de escolher os elementos construtivos mais adequados: quais materiais usar na envoltória (fachadas e paredes), qual a quantidade de vidro e quantas e quais tipos de aberturas. Os materiais a serem usados dependem da estratégia ambiental:

- Quer impedir a entrada de calor pelo ar quente de fora?
- Quer impedir que o frio do ar condicionado escape para fora, onde está quente?
- Quer impedir a entrada de radiação solar?
- Quer aumentar as taxas de ventilação do ambiente?
- Quer conservar calor dentro do ambiente porque está frio fora?
- Quer aproveitar o ganho de calor pela radiação solar porque está frio fora?
- Quais são os requisitos legais que o projeto deverá atender, como o Código de Obras, a Norma de Desempenho e outras regulamentações aplicáveis?

Um ponto importante a destacar é a importância da definição da estratégia ambiental antes de escolher os materiais. Em um edifício com alta carga interna (por exemplo, um escritório, com pessoas e equipamentos e com alta exigência de conforto térmico), o objetivo será **reduzir o consumo de energia**, pois muito provavelmente seja necessário um sistema de ar condicionado. Neste caso, a estratégia para escolha dos materiais deve ser focada em **impedir a entrada de calor, investindo em materiais de alto desempenho**.

Em edifícios com maior tolerância de temperaturas internas e carga interna menos intensiva, como por exemplo, uma casa, devem ser priorizadas estratégias para **aumentar o conforto**, tais como a ventilação natural e elementos construtivos que barrem o calor. Nessa situação, altos investimentos

em materiais não são tão necessários para manter o conforto térmico na maior parte do ano, o que evita, ou elimina, o uso de ar condicionado.

Dependendo do período do ano podem ser necessárias estratégias diferentes e, até mesmo, opostas. Assim, é recomendado realizar uma simulação energética anual a fim de encontrar o ponto de otimização em termos de consumo anual de energia ou horas de conforto.

Quando tratamos de edificações cujo principal fim está relacionado à ocupação humana, o **conforto térmico** é um conceito fundamental. Além de prover condições adequadas de habitabilidade, o que afeta diretamente a qualidade ambiental do espaço construído, o conforto também tem relação direta com a produtividade de seus usuários e, sempre que possível, deve ser garantido por meio de soluções arquitetônicas. Para tanto, é preciso primeiramente ter o conhecimento sobre esse conceito, de modo que as diversas variáveis que o influenciam possam ser manipuladas adequadamente, levando à criação não apenas de espaços confortáveis, mas também eficientes e com bom desempenho.

c. **Eficiência no elemento x no projeto**

É importante destacar que em termos de elementos construtivos, não há materiais mais eficientes que outros. É o **projeto** em si que deve ser pensado para ser eficiente, considerando os fluxos de calor conforme o clima e as condições internas desejadas.

Esta seção abordará os impactos da envoltória no conforto e eficiência energética considerando as diversas variáveis em questão.

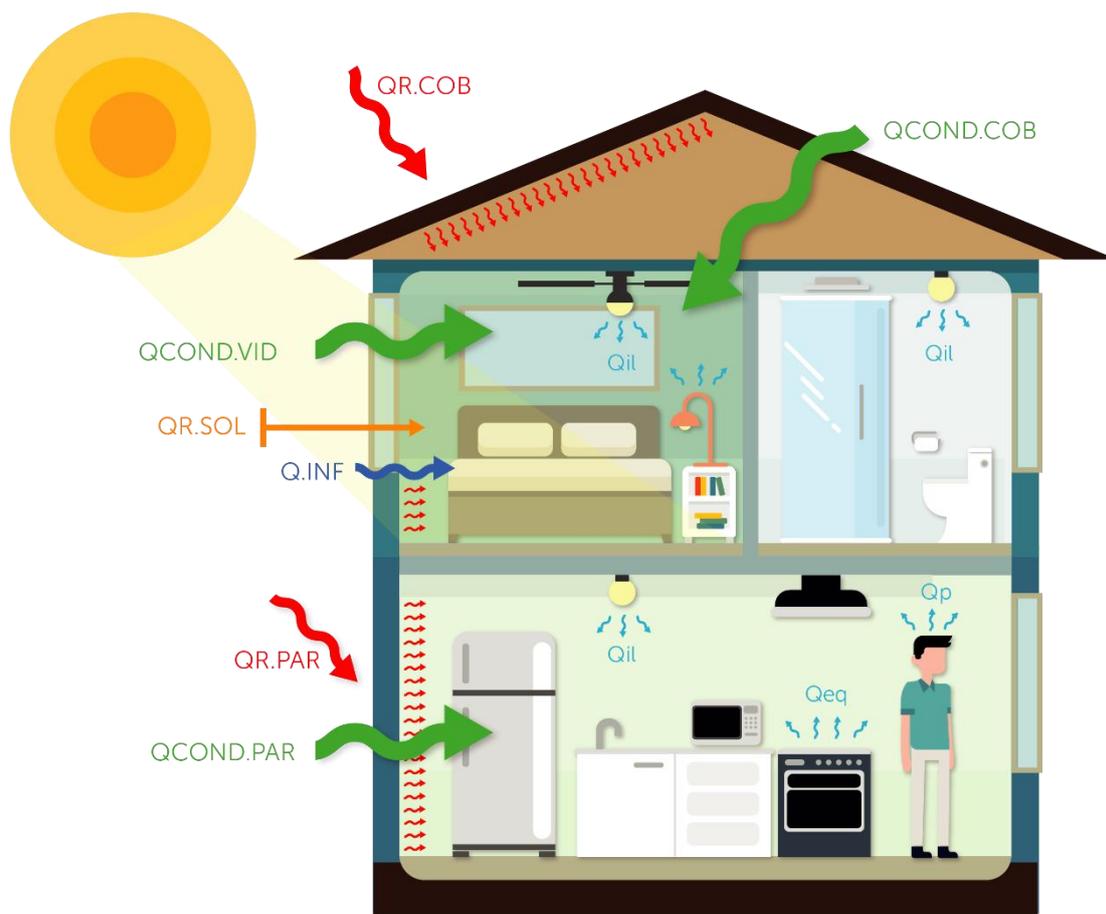
4.1.2. Conceitos

a. **Envoltória**

A importância da envoltória no desempenho térmico e, portanto, energético, de um edifício é dada pela transmissão de calor para dentro ou para fora do edifício, sempre do elemento mais quente para o mais frio. Os principais caminhos de calor são:

- ganho ou perda de calor pela diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo (condução) pelas fachadas e cobertura;
- ganho de calor das superfícies pela incidência de radiação solar;
- radiação solar, pelas áreas de vidro;
- infiltração, pelo fluxo de ar por frestas.

No Brasil, devido ao clima com temperaturas mais elevadas em grande parte de suas regiões, os três primeiros caminhos são os mais impactantes ao ambiente interno.



GANHOS DE CALOR



CONDUÇÃO

Q.COND.COB: cobertura

Q.COND.PAR: parede

Q.COND.VID: vidro



RADIAÇÃO

QR.COB: cobertura

QR.PAR: parede



GANHO SOLAR

QR.SOL: radiação solar direta



INFILTRAÇÃO

Ganho de calor por infiltração indesejada de ar quente externo através de frestas.



CARGAS INTERNAS

Q.IL: lâmpadas

Q.P: pessoas

Q.EP: equipamentos elétricos ou a gás

Figura 42. Representação dos ganhos de calor pela em uma edificação. Fonte: elaboração dos autores.

As características listadas abaixo afetam fluxos de calor que dependam dos materiais utilizados:

– Transmissão de calor por condução

Calor flui do material mais quente ao mais frio. A transmissão de calor é maior ou menor conforme a condutividade do material. Dependendo do clima local, essa entrada ou perda de calor pode ser desejável ou não. A escolha do quanto de calor uma fachada, um vidro ou uma cobertura deve transmitir

resulta da zona bioclimática em que está inserido²⁵. A partir disso, pode-se escolher os materiais a serem utilizados e se será necessário instalar uma camada de isolamento térmico. Essa capacidade de um elemento de transmitir calor é definida pela característica da **transmitância térmica, ou valor-U²⁶**, que depende da condutividade térmica do material e de sua espessura.

– **Absortância de calor por superfícies**

Quando a radiação térmica do sol incide em uma superfície, uma parte dela será absorvida pelo material, que aumentará a temperatura. Esse aumento será transferido à superfície interna do ambiente, causando também um aumento na temperatura radiante do ambiente, o que pode resultar em desconforto térmico.

A característica que afeta o quanto da energia incidente será transmitida como calor para o ambiente é a **absortância**. Para materiais construtivos, esses valores são principalmente dependentes da **cor** da superfície externa.

– **Transmissão de calor por radiação solar pelas janelas**

A radiação do sol entrando pelas janelas ou superfícies envidraçadas transmite um ganho de calor significativo ao ambiente interno. Para reduzir esse ganho de calor, as possíveis soluções são bloquear a entrada direta da radiação (por sombreamento, por exemplo), reduzir a área de vidro, ou usar um vidro com proteção solar, caracterizado por um SHGC (Coeficiente de Ganho de Calor Solar) ou Fator Solar menor.

– **Infiltração**

O fluxo indesejado de ar por frestas na construção pode representar uma perda de ar condicionado ou uma entrada de ar quente que precisará ser condicionado. A infiltração é diretamente definida pela qualidade da instalação e da estanqueidade dos componentes da envoltória.

Observação: ganhos de calor por cargas internas (iluminação, equipamentos e pessoas, serão abordados no capítulo 4.3.1 Conceitos de ar condicionado (item h).

b. Aberturas

As aberturas de uma edificação têm como principais funções: acesso de luz natural, ventilação para conforto ambiental, vista para o exterior e proteção do ambiente externo. Porém, o vidro é um material que proporciona altos ganhos de calor, tanto por radiação (pelo sol) quanto por condução (pela diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo). Portanto, é preciso equilibrar as necessidades de área de vidro para iluminação, área de abertura

²⁵ De acordo com a norma ABNT NBR 15220-3.

²⁶ Definida na norma ABNT NBR 15220-2.

para ventilação e ganho ou perda de calor pela abertura, garantido um desempenho adequado em todas as suas funções.

O que mais influencia no projeto arquitetônico sobre o impacto de uma abertura é:

- a orientação e o tamanho da abertura;
- o tipo de vidro;
- a presença de dispositivos de sombreamentos externos e internos.

4.1.3. Arquitetura bioclimática

Uma arquitetura bioclimática consegue aproveitar as características do seu clima local para trazer conforto ao ocupante com o mínimo de participação de condicionamento ativo, ou simplesmente se proteger adequadamente contra características contrárias. Por exemplo, uma casa em uma zona que é quente, deveria maximizar a ventilação natural e o uso de dispositivos de sombreamento a fim de diminuir, ou eliminar, a necessidade de ar condicionado.

Atualmente, o Brasil está dividido em 8 zonas bioclimáticas pela Norma ABNT NBR 15.220-3, na qual são descritas diretrizes construtivas (não normativas) das estratégias de construção de acordo com as características do clima local. Embora a Norma seja voltada para o uso residencial, seu conceito pode ser aplicado em qualquer tipologia de edifício.

Além disso, a arquitetura bioclimática também deve considerar a orientação e condições microclimáticas do lugar onde está. Por exemplo, a forma e a orientação do edifício deveriam ser concebidos de forma que áreas envidraçadas nas fachadas norte e oeste (onde o sol está mais forte) sejam reduzidas, ou adequadamente protegidas por dispositivos de sombreamento, para diminuir a carga térmica do ambiente. Esses projetos de sombreamento podem ser feitos a partir da carta solar. Já as aberturas para ventilação podem ser concebidas a fim de aproveitar os fluxos de ventos daquela região, conforme definidos pela carta de ventos.

Também deve-se considerar que o microclima é afetado por outros fatores no entorno da edificação. A presença de vegetação arbórea próxima às janelas ou um edifício de grande porte na vizinhança podem bloquear a incidência de luz solar em alguma fachada de interesse da construção ou alterar as correntes de vento locais, o que pode ter um grande impacto na análise de desempenho térmico. Um projeto arquitetônico que não leve em conta seu entorno pode prejudicar o conforto térmico do edifício e/ou aumentar seu consumo de energia.

A Tabela 15 apresenta um resumo das principais estratégias de arquitetura para cada zona bioclimática. São apresentadas as seguintes variáveis na tabela:

U = Transmitância térmica [$W/(m^2.K)$]

φ – Atraso térmico [horas]

FS₀ - Fator Solar das Superfícies Opacas [%]

Tabela 15 - Resumo das diretrizes construtivas definidas pela Norma NBR 15220-3, adaptado de Lamberts e Triana (2006). Fonte: Lamberts et. al (2014).

Zona	Estratégias		Aberturas para ventilação (em % da área de piso)	Sombreamento das aberturas	Paredes			Cobertura		
	Verão	Inverno			U ¹	φ	FS ₀	U ¹	φ	FS ₀
1	-	Aquecimento solar da edificação / vedações internas pesadas (inércia térmica)	Médias 15% < A < 25%	Permitir sol apenas durante o inverno	≤ 3,0 (parede leve)	≤ 4,3	≤ 5,0	≤ 2,0 (leve, isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
2	Ventilação cruzada	Aquecimento solar da edificação / vedações internas pesadas (inércia térmica)	Médias 15% < A < 25%	Permitir sol apenas durante o inverno	≤ 3,0 (parede leve)	≤ 4,3	≤ 5,0	≤ 2,0 (leve, isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
3	Ventilação cruzada	Aquecimento solar da edificação / vedações	Médias 15% < A < 25%	Permitir sol apenas durante o inverno	≤ 3,6 (parede leve, refletora)	≤ 4,3	≤ 4,0	≤ 2,0 (leve, isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5

		internas pesadas (inércia térmica)								
4	Resfriamento evaporativo e inércia térmica para resfriamento / ventilação seletiva nos períodos quentes, em que a temperatura interna seja superior à externa	Aquecimento solar da edificação / vedações internas pesadas (inércia térmica)	Médias $15\% < A < 25\%$	Sombrear aberturas	$\leq 2,2$ (parede pesada)	$\geq 6,5$	$\leq 3,5$	$\leq 2,0$ (leve, isolada)	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
5	Ventilação cruzada	Vedações internas pesadas (inércia térmica)	Médias $15\% < A < 25\%$	Sombrear aberturas	$\leq 3,6$ (parede leve, refletora)	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	$\leq 2,0$ (leve, isolada)	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
6	Resfriamento evaporativo e inércia térmica para resfriamento / ventilação seletiva nos períodos	Vedações internas pesadas (inércia térmica)	Médias $15\% < A < 25\%$	Sombrear aberturas	$\leq 2,2$ (parede pesada)	$\geq 6,5$	$\leq 3,5$	$\leq 2,0$ (leve, isolada)	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$

	quentes, em que a temperatura interna seja superior à externa									
7	Resfriamento evaporativo e inércia térmica para resfriamento / ventilação seletiva nos períodos quentes, em que a temperatura interna seja superior à externa	-	Pequenas $10\% < A < 15\%$	Sombrear aberturas	$\leq 2,2$ (parede pesada)	$\geq 6,5$	$\leq 3,5$	$\leq 2,0$ (pesada)	$\leq 6,5$	$\leq 6,5$
8	Ventilação cruzada permanente.	-	Grandes $A > 40\%$	Sombrear aberturas	$\leq 3,6$ (parede leve, refletora)	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	$\leq 2,3 \times FT$ (leve, refletora)	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$

Notas

¹ Para edificações habitacionais, há valores máximos de transmittância térmica (U) requisitados pela NBR 15575. Os valores sugeridos nesta tabela não substituem as exigências normativas e, portanto, é preciso atentar-se ao atendimento destas últimas.

a. Definições chaves

- Transmitância Térmica (valor-U)

Para calcular a transmitância térmica de um elemento, é necessário calcular a **Resistência Térmica (R_T)** das camadas que compõem um elemento construtivo. A resistência térmica é o inverso da transmitância térmica – ou seja, quanto maior a resistência térmica de um material, menor a sua transmitância. A resistência térmica depende diretamente das espessuras e dos materiais de cada uma das camadas que compõem um componente construtivo.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Onde:

U = Transmitância térmica [W/(m².K)]

R_T = Resistência térmica [(m².K)W], calculada por:

$$R_T = \frac{e}{\lambda}$$

Onde:

R_T = Resistência térmica da camada [(m².K)W]

e = espessura da camada [m]

λ = condutividade térmica do material [W/(m.K)]

Os valores de condutividade térmica devem ser obtidos diretamente do fornecedor do material. Caso o fornecedor não tenha este valor, ou o material não tenha sido escolhido ainda, podem ser usados valores típicos de referência da norma ABNT NBR 15.220 ou do Guia Procel Edifica – Desempenho Térmico²⁷.

Em um elemento composto de 3 camadas, por exemplo 1) argamassa interna, 2) bloco de cerâmico, e 3) argamassa externa, será necessário somar a Resistência Total das 3 camadas antes de calcular a Transmitância Térmica.

²⁷ Guia Procel Edifica – Desempenho Térmico

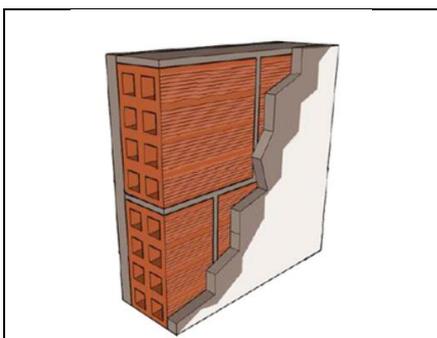


Figura 43. Exemplo de fachada: argamassa interno 2,5cm, tijolo comum 19cm, argamassa externa 2,5cm. Fonte: LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura: 3.ed. PROCEL, ELETROBRAS, MME²⁸

$$U_{total} = \frac{1}{R_{T\ total}}$$

onde:

$$R_{T\ total} = R_{T\ 1} + R_{T\ 2} + R_{T\ 3}$$

e:

$$R_{T\ 1} = \frac{e_1}{\lambda_1}; R_{T\ 2} = \frac{e_2}{\lambda_2}; R_{T\ 3} = \frac{e_3}{\lambda_3}$$

onde:

U = Transmitância térmica da camada (em $W/(m^2.K)$)

R_T = Resistência térmica da camada (em $(m^2.K) / W$)

e = espessura do material (em m)

λ = condutividade térmica do material ($W/(m.K)$)

Qual valor escolher para o seu projeto?

Quanto **menor** o valor, menor a entrada de calor do ambiente externo.

- Absortância térmica (α)

Quando a radiação térmica do sol incide em uma superfície, uma parte será refletida e uma parte será absorvida. A radiação absorvida provocará uma elevação da temperatura das superfícies interna e externa do material, aumentando a temperatura radiante do ambiente interno. Com materiais translúcidos, há também uma parcela transmitida diretamente para o interior.

Para materiais construtivos, o valor de cada parcela é definido principalmente pela cor da superfície. Um material de cor escura tem um valor de **absortância** alto, absorvendo mais calor que um material de cor clara. Após ser absorvido, o calor será reemitido, com uma parcela reemitida para dentro e uma para fora. O quanto é reemitido depende da **emissividade**.

De forma geral, revestimentos de fachadas e coberturas deveriam ser escolhidos de acordo com sua **Absortância (α)**, dando preferência a valores **baixos**, a fim de minimizar o ganho térmico ao ambiente. Superfícies brancas podem apresentar Absortância de 0,20 (20%), enquanto superfícies escuras podem chegar a 0,97 (97%).

O valor de Absortância deve ser fornecido pelo fabricante do revestimento (tinta, ou material construtivo se não houver revestimento). Tabelas de referências da norma ABNT NBR 15220-2 podem ser usadas em casos de ausência deste dado. Contudo, é importante atentar-se ao fato de que superfícies em condição de exposição tendem a ter a cor alterada, principalmente pela presença de resíduos, poluentes, dentre outros. A

²⁸ <http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>

manutenção delas é, portanto, fundamental para que o valor de absorvância se mantenha baixo.

Qual valor escolher para o seu projeto?

Quanto **menor** o valor, menor a entrada de calor do ambiente externo.

- Capacidade Térmica

A capacidade térmica representa a capacidade de um certo material de reter calor. Está relacionada ao quanto de energia é necessário para elevar a temperatura daquele material em um grau Celsius, por uma unidade de área. Um material com alta capacidade térmica terá maior potencial de contribuir com a inércia térmica, ou seja, o armazenamento de calor.

$$C_T = e \cdot c \cdot \rho$$

Onde:

C_T = Capacidade Térmica da camada [kJ/(m².K)]

e = espessura da camada [m]

c = calor específico do material da camada [kJ/(Kg.K)]

ρ = densidade de massa aparente do material da camada [kg/m³]

Qual valor escolher para o seu projeto?

Quanto **maior** o valor, maior a capacidade de absorção de calor.

- Atraso térmico

Atraso térmico é o quanto um material demora para absorver ou perder calor. Essa propriedade depende de suas Resistência e Capacidade Térmicas, sendo que, quanto maior forem estas variáveis, maior será o atraso térmico.

Assim, uma envoltória construída com materiais que apresentem atraso térmico significativo tornará seu ambiente interno menos susceptível a variações de temperatura externas, pois seus picos de calor e frio serão atrasados em relação ao ambiente externo, além de serem amenizados (amortecidos).

Na prática, o conforto térmico do ambiente construído melhorará, pois seus ocupantes terão menor sensação de calor ou frio extremos, além de terem mais tempo de se acostumarem às variações de temperatura. O conjunto dessas propriedades definem a inércia térmica.

- Fator Solar (FS)

O ganho solar transmitido a um ambiente pela radiação solar direta é geralmente a maior carga térmica de um ambiente. Dependendo da transmissividade (τ), Absorvância (α) e refletividade do vidro (ρ), apenas uma proporção da radiação solar será transmitida ao ambiente. Essa proporção é definida como o Fator Solar (FS), que deve ser solicitado ao fabricante do vidro que está sendo considerado.

$$q_{solar} = FS \times I_{solar}$$

Onde:

q_{solar} = Ganho de radiação solar no ambiente (em W/m²)

FS = Fator Solar do vidro (obtido pelo fabricante)

I_{solar} = Radiação solar externa, incidente na superfície

Portanto, quanto mais baixo o Fator Solar, menor o ganho solar por radiação e menor a carga térmica do ambiente.

O Fator Solar varia entre 0 e 1, em que zero representa transmissão de calor nula. Um vidro comum tem um Fator Solar de aproximadamente 0,87²⁹.

Há também um outro indicador da transmissão de radiação solar transmitida a um ambiente que é comumente usado: O SHGC (Coeficiente de Ganho de Calor Solar). Ele indica a quantidade de radiação solar transmitida em relação a um vidro comum. Portanto, um valor de SHGC de 1 quer dizer que o vidro tem a mesma transmissão de radiação solar que um vidro comum).

Qual valor escolher para o seu projeto?

Quanto **menor** o valor, menor a entrada de calor do sol.

- Transmissão Luminosa

A transmissão luminosa (em %) define o percentual de luz visível capaz de atravessar um elemento transparente ou translúcido. De influência direta sobre o desempenho lumínico de um ambiente, este valor deve ser fornecido pelos fabricantes.

Geralmente, quanto mais baixo o Fator Solar, mais baixa também a transmissão luminosa. Portanto, estudos de viabilidade de vidros com proteção solar têm que considerar o impacto na iluminação natural do ambiente, por exemplo, por meio de simulações.

Qual valor escolher para o seu projeto?

Quanto **maior** o valor, maior a entrada de luz natural.

- Normas relevantes

ABNT NBR 15.220 "Desempenho térmico de edificações"

ABNT NBR 15.575 "Edificações habitacionais - Desempenho"

ABNT NBR 15.215 "Iluminação Natural"

ABNT NBR 10.821 "Esquadrias eficientes para edificações"

Códigos de Obras do município onde está sendo ou será construído o edifício.

²⁹ Lamberts et al. (2014).

4.1.4. Sistemas e componentes

a. Vidros

Além de ganhos por condução (associados à transmitância térmica), como ocorre em elementos opacos da envoltória, os vidros e outros elementos transparentes ou translúcidos são responsáveis por ganhos solares diretos.

A quantidade de luz natural e calor transmitida para o ambiente depende dos valores de transmissividade (τ), absorptância (a) e refletividade do vidro (ρ).

Como escolher o melhor vidro?

Os valores de Fator Solar, Transmissão Luminosa, e Transmitância Térmica são as características que definirão o desempenho do vidro.

Tabela 16 - Fatores que interferem no desempenho do vidro.

Característica	Recomendação	Possíveis estratégias
Fator Solar (%)	<p>Quanto menor o Fator Solar, menor a entrada de calor do sol.</p> <p>Para um projeto em clima quente, isso quer dizer uma redução em temperaturas internas, portanto uma redução no consumo do sistema de ar condicionado / temperaturas internas.</p>	<p>Para reduzir o ganho solar, pode ser usado um “vidro solar”, ou “vidro de controle solar”:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Película ou vidro absorvente, ou seja, com alta a mas com baixa τ para luz visível. (Por ex: vidro fumê, verde). • Película ou vidro reflexivo, ou seja, com alta ρ, mas com baixa τ para luz visível. • Vidros espectralmente seletivos e de baixa emissividade (ou “low-e”) têm alta ρ para calor e alta τ para luz visível.

<p>Transmitância Térmica (W/m²K)</p>	<p>Quanto menor a Transmitância Térmica, menor a entrada de calor do ambiente externo.</p> <p>Para um projeto em clima quente, é desejada uma redução em temperaturas internas, portanto uma redução no consumo do sistema de ar condicionado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vidros “insulados”, ou “duplos” são compostos de dois panos de vidro, sendo que a camada de vidro entre os dois age como um isolante térmico, reduzindo a transmitância térmica do conjunto. • Podem ser colocadas películas absorventes ou reflexivas nos panos de vidro a fim de também reduzir o fator solar do conjunto.
<p>Transmissão Luminosa (%)</p>	<p>Quanto maior a Transmissão Luminosa, maior a entrada de iluminação natural.</p>	<p>Tratamento para reduzir o fator solar do vidro geralmente tem o efeito de reduzir a transmissão luminosa.</p> <p>Para otimização dessas demandas opostas, recomenda-se realizar uma simulação energética.</p>

É importante destacar que geralmente, quanto menor o fator solar (o que é desejável para impedir o calor do ambiente externo de entrar), também menor é a transmissão luminosa. Geralmente, é desejável ter uma transmissão luminosa alta, para aproveitar a luz natural. Portanto, será necessário conciliar as duas demandas opostas. Para otimização dessas demandas opostas, recomenda-se realizar uma simulação energética.

b. Esquadrias

Como elementos fundamentais para a qualidade ambiental do edifício e com grande impacto sobre o consumo energético, as características das esquadrias devem ser definidas com cuidado.

As dimensões mínimas das aberturas para ventilação e iluminação, bem como outros parâmetros, são definidas nas legislações locais, como Códigos de Obras, pela Norma ABNT NBR 10.821 “Esquadrias para Edificações”, e pela Norma de Desempenho (ABNT NBR 15.575) para edifícios residenciais.

Além das exigências das normas, como devem ser selecionadas as esquadrias?

Para otimizar o dimensionamento da esquadria e equilibrar o ganho de calor pelo vidro com a capacidade de ventilação natural e a entrada de luz natural, recomenda-se realizar simulações termo-energéticas, embora não seja sempre necessário. As variáveis que podem ser ajustadas e otimizadas pelo processo de simulação ou estudo especial são:

- Tipo de vidro (vidro comum ou vidro com uma proteção solar):
 - Fator Solar
 - Transmitância térmica
 - Desempenho térmico (conforme etiqueta de conforto térmico da esquadria ABNT NBR 10.821-4)
 - Transmissão luminosa
- Tamanho:
 - Área de vidro para iluminação natural
 - Área de abertura para ventilação
- Presença e tipo de dispositivo de sombreamento:
 - Brise (fixo ou móvel)
 - Venezianas
 - Persianas

Níveis mínimos de qualidade de esquadrias são definidos pela Norma ABNT NBR 10.821. Os aspectos incluídos nesta norma são a penetração de ar, a estanqueidade à água, a distribuição das cargas de vento, a resistência às operações de manuseio, desempenho acústico e desempenho térmico.

A Parte 4 da ABNT NBR 10.821 descreve as recomendações para a inclusão de sombreamento e também a avaliação de desempenho térmico de uma esquadria conforme o clima onde estaria aplicada. Embora não seja obrigatória, existe uma etiqueta de desempenho térmico para esquadrias, que depende de fatores como a transmitância térmica, transmissão luminosa (ou visível) e fator solar do vidro. A etiqueta classifica a esquadria em níveis de eficiência entre A e E.

Recomendações específicas para o setor Residencial:

Há limites mínimos de área de janela e de abertura em ambientes de ocupação prolongada (salas e dormitórios) estipulados pela Norma de Desempenho (ABNT NBR 15.575), pela Norma de Esquadrias para Edificações (ABNT NBR 10.821-4) e nos Códigos de Obras.

Vidros de alto desempenho podem ser, muitas vezes, inviáveis para o uso residencial, dados seus custos mais elevados em relação aos vidros simples. Por outro lado, outras estratégias podem ser aplicadas para barrar a entrada de radiação solar nos espaços internos, sendo o principal delas, o sombreamento externo das janelas e outras aberturas.

Recomendações específicas para Escritórios e Shoppings:

Os escritórios/shoppings geralmente têm cargas internas altas pela presença de pessoas e de equipamentos. Dessa forma há maior necessidade em controlar o ganho solar pelo vidro a fim de manter temperaturas internas adequadas e

reduzir o consumo do ar condicionado. Além disso, esses edifícios geralmente não adotam estratégias de ventilação natural por motivos de segurança ou de operação.

Como é comum optar por uma grande área de vidro por motivos estéticos, para esses edifícios deve ser realizado um estudo com simulação energética a fim de determinar a área e tipo de vidro com melhor custo-benefício.

Portanto é extremamente importante diminuir o ganho solar pelo vidro. Isso pode ser feito reduzindo-se a área de vidro, ou utilizando-se um vidro de proteção solar. Outras soluções construtivas também são aplicáveis, como o uso de brises para bloquear parcialmente a incidência solar nas superfícies de vidro.

Recomendações específicas para Hotéis:

Hotéis do tipo apart-hotel, cujo uso é permanente, devem se adequar aos critérios de residenciais (e portanto, à Norma de Desempenho).

Hotéis de uso não-permanente não estão sujeitos a requisitos específicos, mas devem priorizar o uso esquadrias que permitam uma boa ventilação, de fácil operação para o usuário e com uma boa iluminação natural.

Recomendações específicas para Retail e Logística:

Edificações como centros de distribuições ou atacados geralmente têm uma carga interna relativamente baixa, por ter uma ocupação menor e menos necessidade de grandes áreas de vidro. Portanto, devem ser priorizadas estratégias passivas de condicionamento, por exemplo com aberturas para ventilação, e o mínimo necessário de área de vidro para iluminação.

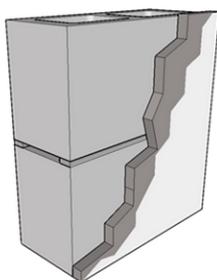
c. Paredes

Por se tratarem de boa parte do percentual de área da envoltória, as paredes externas devem, sempre que possível, ser escolhidas conforme a estratégia bioclimática adotada. Os materiais das paredes devem ser selecionados em termos de:

- Transmitância térmica do elemento
- Capacidade térmica do elemento
- Absortância da superfície exterior
- Inércia (ou atraso) térmica(o)

Para edifícios residenciais, a ABNT NBR 15.575 (Norma de Desempenho) define requisitos mínimos para estas características.

Exemplo de diferentes tipos de parede, com menor transmitância térmica para maior. Fonte: Projeteee – Componentes Construtivos.



Paredes

**Bloco concreto 14x19x39 cm |
Argamassa Externa 2.5 cm**

Resistência

0.178

Transmitância

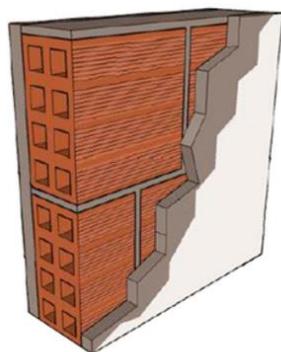
2.87

Atraso Térmico

3.8

Capacidade Térmica

221



Paredes

**Argamassa interna 2.5 cm | Bloco
cerâmico 9x19x19 cm | Argamassa
externa 2.5 cm**

Resistência

0.418

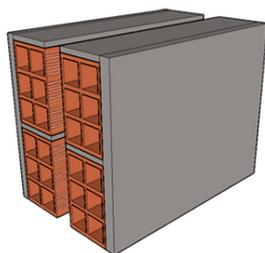
Transmitância

2.37

Capacidade Térmica

151

[VOLTAR PARA COMPONENTES](#)



Paredes

**Argamassa interna 2.5 cm | Bloco
cerâmico 9x14x24 cm | Câmara de ar 2 a
5 cm | Bloco cerâmico 9x14x24 cm |
Argamassa externa 2.5 cm**

Resistência

0.630

Transmitância

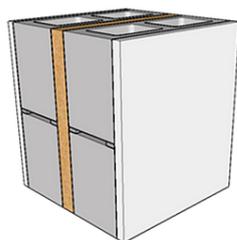
1.27

Atraso Térmico

6.3

Capacidade Térmica

195



Paredes

**Argamassa interna 2.5 cm | Bloco de
concreto 14x19x39 cm | Lã de rocha 4
cm | Bloco de concreto 14x19x39 |
Argamassa externa 2.5 cm**

Resistência

0.941

Transmitância

0.29

Atraso Térmico

12.6

Capacidade Térmica

441

Tabela 17 – Recomendações e estratégias para diminuir os efeitos da absorvância solar e a transmitância térmica.

Característica	Recomendação	Possíveis estratégias
Absorvância Solar (%)	<p>Quanto menor a Absorvância Solar, menor a absorção de calor do sol.</p> <p>Mais crítico para edifícios com alta proporção de fachada em relação à cobertura (por exemplo prédios).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Usar cores claras e/ou tintas refletivas.
Transmitância Térmica (W/m²K)	<p>Quanto menor a Transmitância Térmica, menor a entrada de calor do ambiente externo ou, no caso dos climas mais amenos, menor a saída de calor do ambiente interno</p> <p>Mais crítico para edifícios baixos e largos, e para edifícios com ocupação no andar superior.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Usar materiais com baixa condutividade térmica, por exemplo, isolamento térmico.

d. Cobertura

A cobertura geralmente se encontra exposta diretamente ao sol ao longo de grandes períodos do dia, sendo assim, exposta a uma alta quantidade de radiação solar. Por esta razão, é importante que se disponham de bons recursos que controlem a entrada de calor na edificação. Essa importância é ainda mais crítica para edifícios baixos e largos, pelos quais o ganho de calor pela cobertura é alto relativo aos outros (por exemplo, pelas fachadas), e em edifícios onde há ocupação do andar diretamente abaixo à cobertura.

Os materiais das paredes devem ser escolhidos em termos de:

- Transmitância térmica do elemento
- Capacidade térmica do elemento
- Absorvância da superfície exterior
- Inércia (ou atraso) térmica(o)

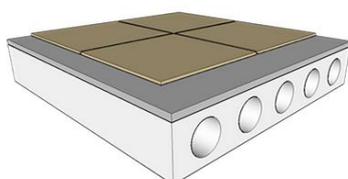
Assim como para paredes, existem requisitos mínimos estipulados pela ABNT NBR 15.575 (Norma de Desempenho) a serem atendidos pelo sistema de cobertura dos edifícios residenciais.

Exemplo de diferentes tipos de cobertura, com menor transmitância térmica para maior. Fonte: Projeteee – Componentes Construtivos.



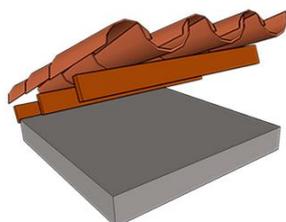
Pisos e Coberturas
Laje maciça 10 cm

Resistência
0.058
Transmitância
3.73
Atraso Térmico
2.4
Capacidade Térmica
220



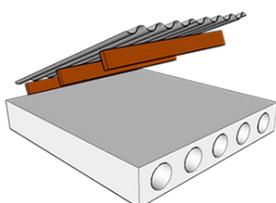
Pisos e Coberturas
**Laje protendida alveolar sem
preenchimento ou capa 15 cm |
Contrapiso 5 cm | Piso cerâmico 0.75**

Resistência
0.176
Transmitância
2.59
Atraso Térmico
5.4
Capacidade Térmica
369



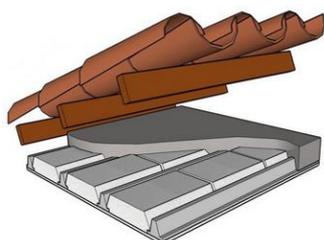
Pisos e Coberturas
**Laje maciça 10 cm | Câmara de ar (> 5,0
cm) | Telha cerâmica 1 cm**

Resistência
0.278
Transmitância
2.05
Atraso Térmico
5.2
Capacidade Térmica
238



Pisos e Coberturas
**Laje protendida alveolar sem
preenchimento ou capa 15 cm | Câmara
de ar (> 5.0 cm) | Telha de fibrocimento
0.8 cm**

Resistência
0.361
Transmitância
1.81
Atraso Térmico
6.2
Capacidade Térmica
268



Pisos e Coberturas
**Laje pré moldada 12 cm | Câmara de ar
(> 5.0 cm) | Telha cerâmica 1 cm**

Resistência
0.448
Transmitância
1.26
Atraso Térmico
5.2
Capacidade Térmica
150

Tabela 18 - Recomendações e estratégias para diminuir os efeitos da absorvância solar e a transmitância térmica no setor residencial.

Característica	Recomendação	Possíveis estratégias
Absorvância Solar (%)	<p>Quanto menor a Absorvância Solar, menor a absorção de calor do sol.</p> <p>Mais crítico para edifícios baixos e largos e para edifícios com ocupação no andar superior.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Usar cores claras e/ou tintas refletivas.
Transmitância Térmica (W/m²K)	<p>Quanto menor a Transmitância Térmica, menor a entrada de calor do ambiente externo.</p> <p>Mais crítico para edifícios baixos e largos e para edifícios com ocupação no andar superior.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Usar materiais com baixa condutividade térmica, por exemplo, isolamento térmico. • Telhados verdes também podem proporcionar um isolamento térmico e, portanto, uma transmitância térmica menor.

Recomendações específicas para o setor Residencial:

Em edifícios residenciais, tanto em casas quanto em prédios, o desempenho da cobertura é muito importante. Todo ganho de calor pela cobertura será sentido pelo ocupante do andar abaixo, seja contribuindo com o desconforto térmico, ou seja com o uso excessivo de ar condicionado.

Devem ser priorizadas cores claras (com absorvância < 0,6) e materiais isolantes.

Recomendações específicas para Escritórios, Shopping e Hotéis:

Em edificações onde não há ocupação no andar abaixo à cobertura, como é frequentemente o caso em torres de escritórios, shoppings e hotéis (pela presença de um andar técnico), o desempenho da cobertura passa a ser menos crítica.

Porém, em edificações dessa tipologia que possuam ocupação no andar abaixo à cobertura, devem ser priorizados sistemas de coberturas de alto desempenho, especialmente se o andar em questão for condicionado.

Recomendações específicas para Retail e Logística:

Edificações de logística ou de varejo tendem a ter uma forma mais baixa e larga. Portanto, o desempenho da cobertura terá um grande impacto nas temperaturas internas e no consumo energético se o ambiente estiver condicionado. Por este motivo, devem ser priorizadas cores claras (com absorvância < 0,6) e materiais isolantes.

4.1.5. Estratégias passivas

Por se tratarem de medidas relativas à construção e arquitetura, as estratégias passivas recebem tal nome. Elaboradas de acordo com as condições climáticas locais, elas visam melhor o aproveitamento do conhecimento arquitetônico e projetual para que a própria edificação possa oferecer condições apropriadas de conforto, sem precisar necessariamente o acionamento de sistemas artificiais de resfriamento, aquecimento e iluminação. Dessa forma são instrumentos essenciais para a concepção de projetos mais sustentáveis e com menores gastos energéticos.

A indicação dessas estratégias varia conforme a localização do projeto e, conseqüentemente, o seu clima. Atualmente o Brasil encontra-se dividido em oito zonas bioclimáticas, conforme a NBR 15.220-3, para cada uma das quais são definidas estratégias que podem ser adotadas para melhor desempenho térmico da edificação.

a. Sombreamento

O sombreamento é uma das mais importantes estratégias, dado o clima brasileiro, o calor proveniente do sol e a frequente necessidade de bloqueá-lo. Em climas quentes, pode ser utilizado conjuntamente com medidas de resfriamento passivo, enquanto, em climas frios deve ser aplicada de modo bastante planejado, de forma que não impeça o aquecimento da edificação nos meses de menor temperatura.

São diversos os dispositivos que podem ser utilizados para sombreamento, sendo os melhores aqueles que barram a radiação solar desde o meio externo, tais como **terraços, marquises, beirais e proteções solares** (brises fixos ou móveis e muxarabis) - que devem ser desenhados com base na carta solar do local. A vegetação externa é também uma ótima ferramenta de sombreamento. É preciso, no entanto, atentar-se à aplicação integrada desses instrumentos às estratégias de iluminação natural, de forma que se atinjam níveis adequados no interior da edificação.

Já que a posição do sol em relação ao planeta se altera ao longo do ano, o projeto de sombreamento deve ser feito em conjunto com a **carta solar**. A carta solar permite que o dispositivo de sombreamento seja projetado de forma que bloqueie o sol nos momentos onde ele é **indesejável** (quando está muito quente) e que entre nos momentos em que é **desejável** (quanto está frio). O horário do dia em que se tenta bloquear os raios solares também é importante de se definir: nas fachadas norte e sul, esses raios são mais fortes quando o sol está diretamente em cima. Portanto, um brise **horizontal**, como um terraço ou um beiral, é efetivo para proteger a janela.

Já nas fachadas leste e oeste, o sol incide na janela de lado, com mais intensidade à tarde na fachada oeste. Portanto, será preciso um brise **vertical** nessas fachadas.

Brisas verticais – bloqueiam o sol de manhã e tarde nas fachadas leste e oeste:

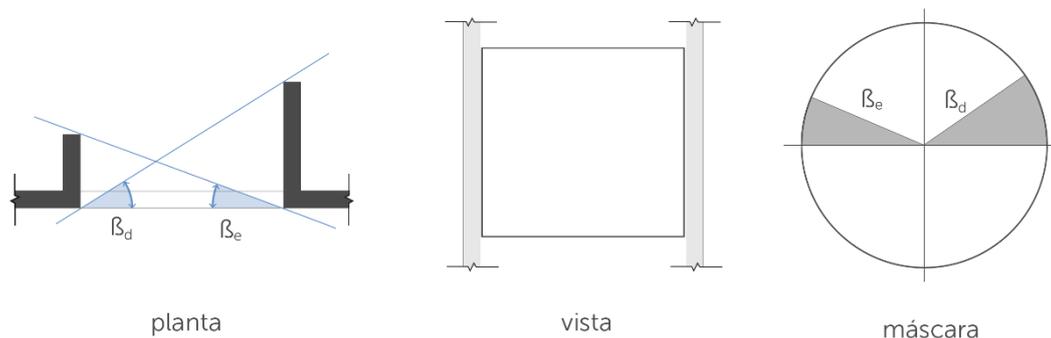


Figura 44. Brisas verticais. Fonte: Manual explicativo para uso do programa Sol-Ar, LabEEE - Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em < <https://pt.scribd.com/document/271058637/Manual-Sol-Ar-Labeee>> (Acesso em 26/06/2018).

Brisas horizontais – bloqueiam o sol quando está diretamente em cima, durante o dia, por exemplos nas fachadas norte e sul:

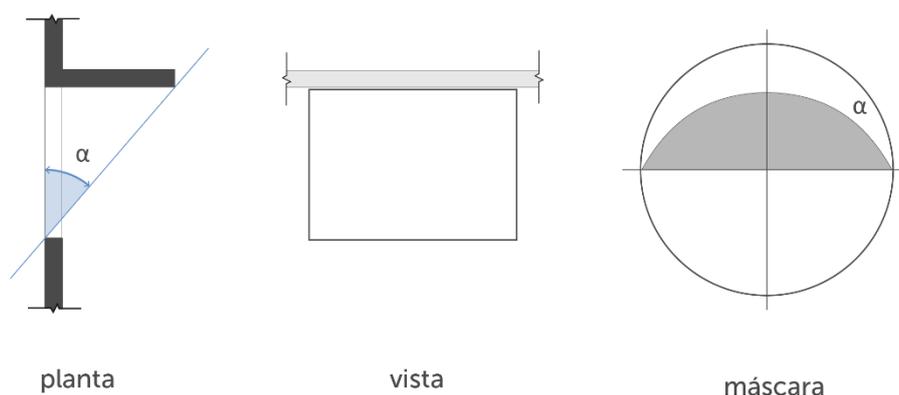


Figura 45. Brisas horizontais. Fonte: Manual explicativo para uso do programa Sol-Ar, Manual explicativo para uso do programa Sol-Ar, LabEEE - Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em < <https://pt.scribd.com/document/271058637/Manual-Sol-Ar-Labeee>> (Acesso em 26/06/2018).

As dimensões de projeção dos brises afetarão os horários do dia durante os quais a janela está protegida de entrada de sol, ou seja, sombreamento. O programa Sol-Ar pode ser usado para testar diferentes configurações.

O CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) apresenta informações mais detalhadas sobre sombreamento, em sua publicação com notas referentes a edificações em locais de clima tropical. O guia é disponibilizado no site <https://www.cibse.org/knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q000000CP3TWQA1>.

Sombreamento interno:

Dispositivos de sombreamento internos, como cortinas e persianas, podem ser usados para controlar a entrada de radiação solar em ambientes internos. No entanto, são muito menos eficientes do que dispositivos colocados na área externa, isso porque quando expostos ao sol, se aquecem e emitem calor diretamente para o ambiente, ou seja, não barram, de fato, a chegada da radiação.

Podem ser importantes, por outro lado, para evitar ofuscamento, em casos onde não há controle externo de luz natural.

Recomendações específicas para o setor Residencial e Hoteleiro:

Em edificações residenciais, uma das formas mais eficientes de se obter sombreamento de aberturas é através da presença de terraços e varandas. Dispositivos de sombreamento como brises, muxarabis e cobogós, também podem ser utilizados, mas podem representar custos adicionais menos atraentes.

A principal forma de se usar sombreamento em edifícios de ocupação residencial em climas quentes é de sombrear as aberturas durante o dia, durante o qual há forte incidência solar e aquecimento dos ambientes.

Recomendações específicas para Escritório, Shopping:

Em edificações que tendem a apresentar maior área envidraçada, é fundamental a presença de dispositivos de sombreamento. Brises, muxarabis e cobogós podem ser grandes aliados na diminuição de custos operacionais, no aumento de conforto térmico e evitando o ofuscamento, pois permitem, ao mesmo tempo, a entrada de luz natural nos ambientes e a ventilação natural, sem que haja radiação solar direta.

Em prédios de escritórios, brises externos (móveis ou fixos) podem ser muito eficazes em proporcionar sombreamento e controle do usuário, de forma a equilibrar a entrada de luz natural, o ofuscamento e o bloqueio de radiação solar. Porém, é necessário que se tenha uma boa manutenção e limpeza dos dispositivos a fim de manter sua usabilidade. No caso de dispositivos móveis, é recomendável pré-determinar posições otimizadas para diversas épocas do ano e estabelecer um responsável para regularmente ajustá-los para essas posições.

No caso de não haver possibilidade de se integrar dispositivos externos à arquitetura, deverão ser instalados dispositivos internos, tais como cortinas, persianas ou venezianas. Menos eficazes que os dispositivos externos (já que o calor entra no ambiente, aquecendo o dispositivo em si), podem ser automatizadas e integradas com o sistema de dimerização da iluminação para garantir que a iluminação natural seja aproveitada o máximo possível. Também podem ser automatizadas conforme a incidência de radiação solar direta ou

por horário. Por exemplo, para fechar na fachada leste de manhã e na fachada oeste à tarde.

No pavimento térreo, marquises, principalmente de materiais opacos, contribuem para o sombreamento de aberturas.

Recomendações específicas para Retail e Logística:

Sombreamento é uma estratégia que pode ser utilizada também sobre componentes opacos, fazendo com que se aqueçam menos. Dentre os elementos mais interessantes para esse tipo de recurso estão os brises, muxarabis e cobogós.

Exemplos de dispositivos de sombreamento:



Figura 46. Brises - EAA - Emre Arolat Architecture, Turquia - 2008. Fonte: Archdaily (2008). Disponível em <<https://www.archdaily.com/161768/7800-cesme-residences>> (Acesso em 26/06/2018).



Figura 47. Marquise - JJRR Arquitetura, México - 2014. Fonte: Decostore (2014). Disponível em <<https://decostore.com.br/projetos/casas/casa-moderna-na-cidade-do-mexico-por-jjrr-arquitetura/>> (Acesso em 26/06/2018).

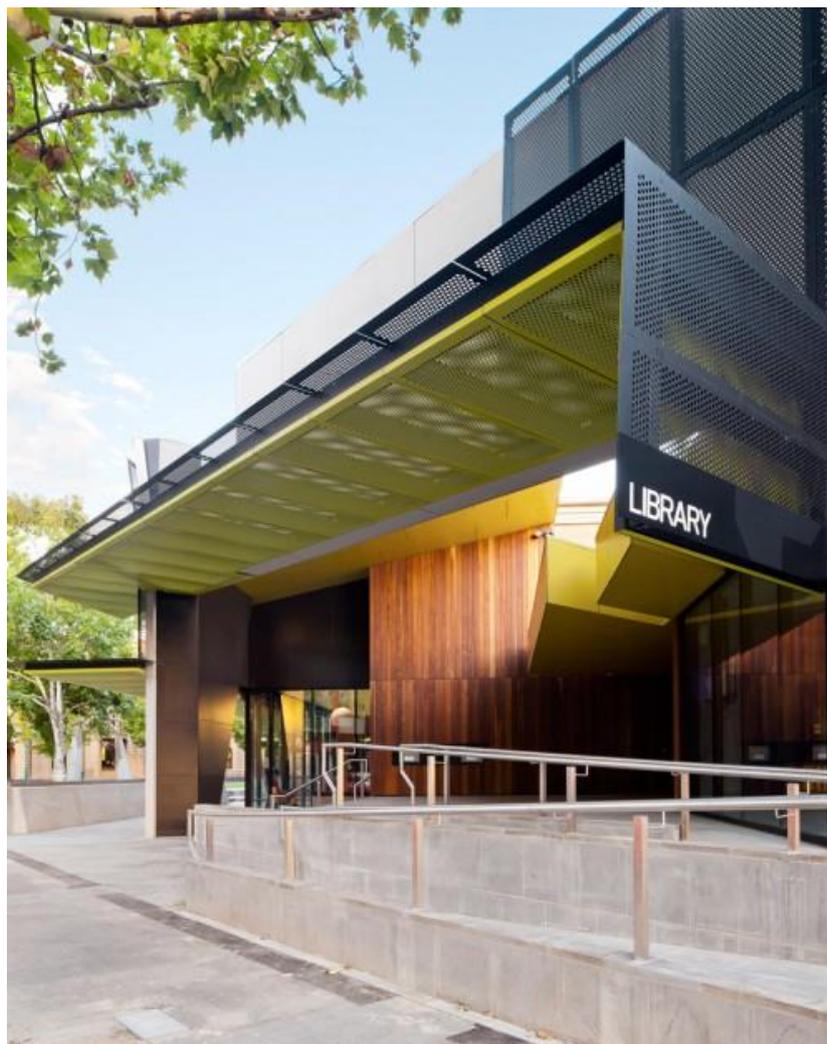


Figura 48. Marquise: MGS Architects, Austrália - 2014. Fonte: Sinalizarblog (2015). Disponível em <<https://sinalizarblog.com/2015/09/09/bendigo-library/>> (Acesso em 26/06/2018).



Figura 49. Muxarabis - Kika Camasmie. Fonte: Globo (2014). Disponível em < <http://colunas.revistaglamour.globo.com/referans/2014/10/29/luz-sem-bloqueios/> > (Acesso em 26/06/2018).



Figura 50. Cobogós - Frida Escobedo, México – 2010. Fonte: Archdaily (2010). Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/01-94430/la-taller-slash-frida-escobedo>> (Acesso em 26/06/2018).



Figura 51. Terraços (+brises) - Christiane Laclau & Rafael Borelli Arquitetos Associados, Brasil – 2009. Fonte: Archdaily (2010). Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/01-42376/edificio-alvar-aalto-christiane-laclau-e-rafael-borelli-arquitetos-associados>> (Acesso em 26/06/2018).

b. Alto isolamento

Em certos casos, pode ser interessante adotar uma estratégia de alto isolamento da envoltória, por exemplo para ambientes que serão condicionados em climas muito quentes. Talvez seja necessário, inclusive, que sejam condicionados o ano inteiro, pelo fato de terem altas cargas internas (pessoas, equipamentos) e pela impossibilidade de se abrirem janelas (por poluição, barulho ou necessidades rigorosas de qualidade de ar interno como em hospitais). Portanto, a estratégia a ser adotada deve diminuir o consumo de energia do sistema de ar condicionado.

Nesse caso, deve ser priorizada a escolha de materiais altamente isolantes, para que o resfriamento gerado dentro do ambiente não seja “perdido” para o calor de fora. Esses materiais incluem paredes e coberturas com isolamento térmico e vidro duplo. O ponto a se destacar é que o payback desse (talvez alto) investimento será reduzido pela economia de energia gerada.

Quando adotada uma estratégia de alto isolamento, deve-se restringir a entrada descontrolada de ar externo e utilizar um sistema de condicionamento com DOAS (Sistema de Ar Externo Dedicado). É essencial o sombreamento das aberturas, para controlar a entrada de radiação nos espaços internos.

Estratégias de alto isolamento não são interessantes para casos onde for adotada a estratégia de ventilação natural, porque a economia no gasto em energia será menor, ou seja, o payback será maior.

Recomendações específicas para Residências e Hotéis:

Como edifícios de uso residencial dependem frequentemente de ventilação natural e não têm um sistema controlado de renovação de ar, esta estratégia não é apropriada a esta tipologia.

Recomendações específicas para Escritórios e Shoppings:

Esta estratégia pode ser interessante para os casos onde não há ventilação natural e há alta demanda de ar condicionado.

Recomendações específicas para Retail e Logística:

Esta estratégia é interessante apenas se houver uma alta demanda de ar condicionado e um sistema central de renovação de ar.

c. Resfriamento evaporativo

A evaporação da água é um processo que gera, além da umidificação do ar, o resfriamento de seu entorno, e ocorre apenas sob condições ambientais favoráveis, ou seja, temperaturas mais elevadas e baixa umidade relativa do ar. Dessa forma, é um recurso eficiente, em especial, em climas **quentes e secos**, podendo ser aplicado com uso de vegetação, fontes e espelhos d’água e molhamento de pisos. Requer boas taxas de ventilação, de forma a evitar o

acúmulo indesejado de umidade e deve ser aplicado diretamente no espaço que se deseja resfriar.

Recomendações específicas para Residências e Hotéis:

Em edificações residenciais e hotéis, o efeito de resfriamento evaporativo é melhor aproveitado com a presença de plantas na varanda, paredes verdes ou vegetação em áreas externas de circulação. A maneira mais simples e barata de aplicação de paredes verdes é por meio do plantio de trepadeiras ou outras plantas que naturalmente tendem a se fixar em superfícies verticais.

Recomendações específicas para Escritórios e Shoppings:

Em edificações com ventilação natural (ou seja, com a entrada de ar por janelas), podem-se incluir varandas ou beirais com plantas, paredes verdes ou espelhos d'água. A maneira mais simples e barata de aplicação de paredes verdes é por meio do plantio de trepadeiras ou outras plantas que naturalmente tendem a se fixar em superfícies verticais.

Se o ambiente for climatizado e as janelas não estiverem operáveis, a vegetação externa não será capaz de proporcionar resfriamento evaporativo, embora poderão trazer um benefício de sombreamento.

Recomendações específicas para Retail/logística:

A melhor forma de se aproveitar desse mecanismo de resfriamento em edifícios de centros de distribuição, ou quaisquer edificações que sejam do tipo baixo, com pouco vidro e com estratégias de ventilação natural, é plantar árvores no entorno, estrategicamente com a direção predominante do vento para promover uma entrada de ar úmido pelas aberturas.

d. Ventilação natural

Recomendada para renovação e manutenção da qualidade do ar, esse recurso de grande relevância para as condições de conforto térmico deve ser aplicado, sobretudo, em climas mais quentes e úmidos. No entanto, quando as temperaturas externas se encontram mais elevadas do que a temperatura interna, a ventilação torna-se indesejável, pois implicará no ganho de calor. Nesse caso, devem ser fechadas as aberturas, diminuindo-se a entrada de ar externo.

A ventilação (por janelas e/ou ventiladores) promove uma sensação de resfriamento pelo movimento do ar em contato com a pele, facilitando o nosso próprio mecanismo de resfriamento, o suor. Por isso, essa estratégia é particularmente recomendada para climas quentes e úmidos.

A ventilação cruzada é uma das mais interessantes e ocorre quando há aberturas em diferentes fachadas e ambientes sem divisórias ou que se encontram com as portas abertas. A presença de aberturas em áreas mais elevadas, além daquelas em alturas comuns, é outra medida que promove a

remoção de calor em espaços internos, uma vez que o ar quente, menos denso, tende a subir, criando um fluxo chamado de efeito chaminé.

A ventilação natural pode ser controlada manualmente, sendo os usuários responsáveis por abrir portas, janelas ou outras aberturas quando a temperatura externa for mais baixa do que a temperatura interna e houver necessidade de resfriamento. Entretanto, eles também são responsáveis por fechar as aberturas em períodos quentes quando a temperatura externa for mais elevada. Podem também ser instalados sistemas de automatização para realizar este controle.

As aberturas devem sempre ser pensadas para promover a ventilação cruzada pelo ambiente, proporcionando assim um resfriamento aos ocupantes. O objetivo é maximizar as horas em que a ventilação natural é suficiente para trazer conforto, diminuindo as horas em que se depende do ar condicionado.

Uma outra estratégia muito importante é o uso de ventiladores (de teto, de mesa ou de chão). Ventiladores aumentam a capacidade de resfriamento da ventilação natural, diminuindo, portanto, a quantidade de horas em que é preciso ligar o ar condicionado.

Para avaliar as horas de conforto térmico pela estratégia de ventilação, deve ser realizada uma simulação térmica, a fim de especificar o tamanho e os tipos de aberturas mínimas. No projeto deve ser lembrado que alguns tipos de edifícios podem ter restrições quanto à área efetiva de abertura que está disponível para ventilação, por motivos de segurança.

Recomendações específicas para o setor Residencial:

É promovida principalmente quando, além das janelas, as portas que dividem os ambientes se encontram abertas, facilitando a circulação do ar. Espaços com menos obstáculos, como grandes móveis e paredes, também tendem a apresentar melhores condições de ventilação.

Ventiladores de teto podem eliminar a necessidade de ar condicionado, por melhorar significativamente o conforto térmico do ambiente.

Recomendações específicas para Hotéis:

Mesmo que essa tipologia tenda a apresentar espaços compartimentados, é essencial que os usuários possam operar as esquadrias, abrindo-as ou fechando-as, conforme as condições de conforto desejadas. Pode ser interessante, para criação de ventilação cruzada, a concepção de vazios generosos, que podem ser ocupados por jardins no centro do edifício, de forma que as acomodações possam ter aberturas em mais de uma fachada.

Recomendações específicas para Escritórios:

Espaços internos amplos, com poucas divisões e com fachadas expostas à diferentes condições e orientações, como muitos edifícios de escritórios, têm potencial de apresentar boa ventilação cruzada se as aberturas puderem ser operadas. Como as cargas térmicas desses tipos de ambientes podem ser altas, será preciso um projeto robusto com estudo de simulação térmica para definir

o tamanho de área de ventilação necessária para propiciar conforto térmico aos usuários.

Recomendações específicas para Shoppings:

Construções com átrios, frequentes nessa tipologia, tendem a apresentar a possibilidade de ventilação com uso de efeito chaminé. Além disso, a ventilação cruzada pode ser alcançada, desde que haja certa permeabilidade nas fachadas, ou seja, existam aberturas entre as lojas e outros estímulos para tal.

Recomendações específicas para Retail e Logística:

Além da ventilação cruzada favorecida em ambientes com poucas divisórias, a ventilação natural pode ser incrementada com aberturas na cobertura ou em regiões elevadas, dado o pé-direito elevado, frequentemente encontrado nessa tipologia. É importante observar que aberturas, principalmente na cobertura, devem ser sombreadas.

e. Ventilação noturna

Quando a temperatura do ar externo é menor do que a interna, o que normalmente ocorre à noite, é possível usar o recurso da ventilação noturna para resfriamento da edificação, para retirada da carga térmica acumulada durante o dia. A entrada de ar mais frio não apenas promove a diminuição da temperatura do ar, mas também resfria a estrutura construída.

É crucial adotar a ventilação noturna quando a estratégia de inércia térmica é usada para resfriar os elementos construtivos que absorveram o calor durante o dia. Assim, eles poderão passar por esse processo novamente no dia seguinte. Deve-se ter atenção no dimensionamento e projeto das aberturas noturnas, pois uma estratégia de controle e automatização deve ser integrada para evitar riscos de segurança e/ou vento excessivo no ambiente interno.

Recomendações específicas para o setor Residencial e de Hotel:

Em residências e hotéis, a ventilação noturna pode melhorar as condições de conforto justamente no período em que são normalmente ocupados. Assim, aberturas seguras e que, idealmente, impeçam a entrada de luz de manhã devem ser previstas .

Recomendações específicas para Escritório, Shopping, Retail e Logística:

Em edificações não ocupadas durante a noite, a ventilação noturna pode ser muito conveniente para o resfriamento da estrutura da edificada, o que tende a diminuir as temperaturas máximas no dia seguinte.

f. Iluminação natural

Projetos mais eficientes podem ser alcançados por meio da integração de recursos da luz natural e artificial em um único sistema. Além da incomparável qualidade quanto à reprodução de cores, a luz natural, quando bem

manejada, permite que o sistema de iluminação artificial seja menos acionado, gerando menores gastos energéticos. É preciso se atentar, entretanto, ao uso de dispositivos e medidas que gerem boas condições de iluminação, sem que ocorra grandes ganhos de calor por parte da radiação solar, além de possíveis ofuscamentos. Dessa forma, é conveniente o uso de elementos de sombreamento que permitam apenas a entrada de radiação indireta.

A iluminação natural é melhor aproveitada quando há uma total integração com o sistema de iluminação, para que ele possa ser desligado quando há luz natural suficiente.

Esse controle pode ser feito pelo desligamento de circuitos manualmente (quanto maior a divisão de circuitos, maior o ganho energético) ou por dimerização automática das lâmpadas (em grupos ou individual).

Recomendações específicas para o setor Residencial e Hoteleiro:

A Norma de Desempenho ABNT NBR 15.575 estabelece níveis mínimos de iluminância nos ambientes de ocupação prolongada de edifícios residenciais. O atendimento a esses níveis deve ser avaliado pelos métodos de simulação computacional, cálculo ou medição. Cortinas podem ser importantes para controlar ofuscamento.

Recomendações específicas para Escritórios e Shoppings:

Em prédios de escritórios com grande área envidraçada, deve ser priorizado o aproveitamento da iluminação natural, com sistemas automatizados de dimerização para, ao menos, as fileiras de lâmpadas próximas às janelas. O sistema pode ser integrado com a operação de persianas para também controlar a incidência solar e ofuscamento.

Recomendações específicas para Retail e Logística:

Edifícios do tipo centros de distribuição e similares tendem a ter menos área de vidro e, portanto, menos entrada de iluminação natural. Porém, deve ser realizada a divisão de circuitos para que possam ser desligadas lâmpadas ou fileiras de lâmpadas em qualquer momento que seja possível.

g. Aquecimento solar passivo

Recomendado para as regiões que apresentam clima frio em algumas partes do ano, esse recurso visa reduzir o uso e a necessidade de sistemas de aquecimento artificial. Ocorre a partir do acesso da radiação solar diretamente ao interior do edifício ou da área que se deseja aquecer, normalmente por meio de aberturas laterais ou zenitais (janelas, peles de vidro, claraboias etc.). O "efeito estufa" gerado por materiais translúcidos e transparentes consiste na retenção de calor no ambiente a partir da entrada direta de energia solar. A boa aplicação desse recurso requer considerável isolamento térmico da envoltória, de forma a evitar grandes perdas de calor.

Para climas onde há calor no verão, mas frio no inverno, devem ser projetados dispositivos de sombreamento de forma que o sol seja bloqueado nos períodos mais quentes, mas consiga deixar entrar o calor do sol no inverno.

Para aproveitar o calor do sol nos períodos frios, devem ser projetadas áreas envidraçadas nas fachadas norte e oeste. O projeto deve ser feito com cuidado em climas quentes, onde será preciso otimizar o equilíbrio entre a entrada de calor no verão e no inverno.

h. Inércia térmica

Esse recurso é definido pela capacidade de uma construção em amortecer o ganho de calor em um espaço interno, atrasando, assim, o aumento da temperatura interna em relação à externa. Construções mais densas e espessas, de concreto e alvenaria cerâmica, tendem a apresentar maior inércia térmica. Sua aplicação é recomendável na grande maioria das zonas bioclimáticas brasileiras, pois pode contribuir para o conforto tanto em dias quentes como frios, diminuindo a amplitude térmica (diferença entre temperatura máxima e mínima ao longo de um dia) nos espaços internos.

Estruturas com elevada inércia térmica são capazes de armazenar calor durante o dia sem permitir sua rápida passagem para os ambientes internos. Dessa forma, o calor armazenado é emitido no espaço durante a noite, quando a temperatura do ar é mais amena, o que é capaz de promover maior sensação de conforto em locais e dias frios. Em dias e locais quentes, a dispersão de calor durante a noite é também bastante conveniente, já que provocará uma demora no aquecimento dessas estruturas durante o dia, pois elas estarão mais frias. Além disso, uma maior inércia gera ambientes internos mais confortáveis nos períodos mais quentes do dia, já que é capaz de amortecer e atrasar a passagem de calor para os ambientes internos. Para que estas estratégias possam funcionar corretamente, é crucial expurgar o calor acumulado na estrutura para que esteja pronta para absorver o calor do dia seguinte.

Assim como em construções com alto isolamento, é importante que se tenha controle sobre a entrada de calor na edificação. Dessa forma, a ventilação natural deve estar presente de forma ponderada quando as temperaturas externas são mais elevadas do que as internas (em dias quentes), ou muito mais baixas. O sombreamento das aberturas também é essencial para o controle de entrada de radiação solar.

A estratégia de inércia térmica é obtida escolhendo materiais construtivos com alta capacidade térmica, e atraso térmico por volta de um dia.

4.1.6. Tecnologias Inovadoras

a. Vidros inteligentes

Há previsão de produção de vidros com nanotecnologia, equipados com células solares transparentes, capazes de controlar a quantidade de luz e energia solar que entram no edifício. A tecnologia consiste em uma fina película, que está sendo desenvolvida para ser aplicada também em janelas existentes. (Estudos da Universidade de Princeton).

b. Painéis isolados estruturais (SIPs)

Novos painéis SIPs com maior índice de isolamento térmico e que levam em sua composição GPS (poliestireno de grafite).

c. Painéis de isolamento a vácuo (VIP)

Compostos por um núcleo poroso envelopado e selado termicamente, com alta capacidade de isolamento térmico, e cuja tecnologia de fabricação permite maior durabilidade, inclusive, de seu desempenho térmico.

d. Chapas de policarbonato preenchidas com nanogel

Chapas de policarbonato que podem ser aplicadas em paredes e coberturas, preservando a passagem de luz típica de um material translúcido e que são preenchidas com nanogel isolante, capaz de reduzir a transmitância térmica do componente. Apresentam grande durabilidade e resistência maior do que os vidros, já que são praticamente inquebráveis.

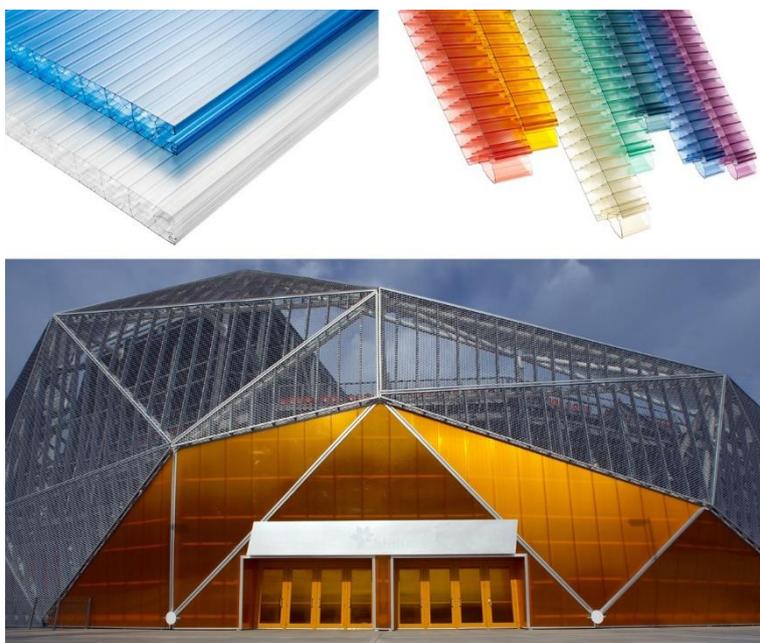


Figura 52. Chapas de policarbonato. Fonte: Archdaily (2018). Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/887560/8-novos-materiais-eficientes-energeticamente-que-os-arquitetos-devem-conhecer>> (Acesso em 26/06/2018).

e. OPV (Organic Photovoltaic) aplicados a vidros

O módulo OPV é feito de células de polímero orgânico condutor que são capazes de produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico. Apesar de haver poucas empresas que conseguiram produzir esta tecnologia em escala, existem já algumas produções brasileiras. As células podem ser “impressas” em substratos leves, flexíveis e transparentes.

f. BIPV (módulos fotovoltaicos integrados ao edifício)

Painéis BIPV são integrados à construção, fazendo parte da estrutura do edifício, por exemplo, à fachada de vidro. Além de gerar eletricidade, podem fornecer outros benefícios, tais como sombreamento, proteção de vento ou chuva, etc.

4.2. Iluminação

4.2.1. Explicação

A luz natural é a principal fonte de luz a qual temos acesso. Além de ser provida por uma fonte inesgotável, esse recurso é capaz de promover condições ambientais de qualidade, quando bem manejado. Associado à iluminação artificial, pode ser um dos aliados na busca por edificações mais eficientes energeticamente. Por outro lado, as condições de desempenho do próprio sistema de iluminação são também cruciais para a construção de edifícios eficientes.

Bons projetos de iluminação artificial aliam condições adequadas de visibilidade e reprodução de cores com compatibilidade de custos iniciais e de manutenção. Uma vez que os gastos energéticos com iluminação correspondem a uma significativa fatia em diferentes tipologias de edificações, a eficiência energética do sistema, sobretudo das lâmpadas utilizadas, se configura como um importante fator na concepção de edifícios mais econômicos.

Segundo o CBCS (com dados da ELETROBRAS, 2007), a participação da iluminação no consumo final de energia nas edificações residenciais gira em torno de 14%, enquanto em edifícios comerciais e públicos, esse valor chega a pouco mais de 20%. Ou seja, sistemas mais eficientes podem significar considerável economia em relação às contas de energia elétrica.

4.2.2. Conceitos

A definição de sistemas de iluminação de maior eficiência energética requer o entendimento de alguns conceitos fundamentais, como os colocados a seguir.

a. Fluxo Luminoso (ϕ)- (lumen - lm)

Representa a radiação luminosa total emitida por uma fonte, ou seja, a potência luminosa emitida por uma lâmpada, por exemplo, e que pode ser compreendida como a quantidade de luz que esta emite na tensão nominal de funcionamento.

b. Nível de iluminância - (lux - lm/m²)

Também conhecido como iluminamento ou iluminância, este fator corresponde ao fluxo luminoso (lm) incidente em uma superfície por unidade de área (m²). Um lux equivale à iluminância em uma superfície plana de 1 m², sobre a qual incide um fluxo luminoso de um lúmen, perpendicularmente a ela.

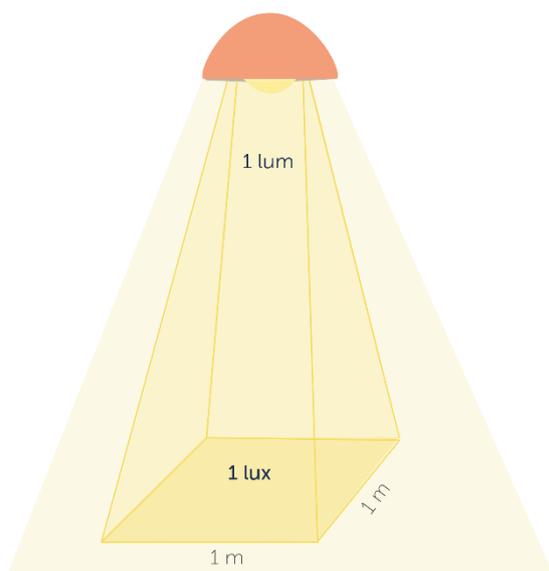


Figura 53. Iluminância e fluxo luminoso. Fonte: Manual de Iluminação (PROCEL, 2011).

Representa, na prática, a quantidade de luz em um ambiente e é medido por um aparelho chamado luxímetro. Uma vez que a distribuição do fluxo luminoso não se dá de forma uniforme pelo ambiente, haverá diferentes níveis de iluminância em diferentes pontos do espaço avaliado.

c. Densidade de potência de iluminação (DPI) – (W/m²)

Determinada a partir da somatória das potências elétricas de todas as lâmpadas do sistema, o que determina a potência total instalada (W), dividida pela área total (m²) sobre a qual este sistema atua, ou seja, a potência elétrica a cada metro quadrado de área (W/m²). Temos, portanto:

$$DPI = P_t/A$$

Onde,

P_t (W) = Potência total instalada

A (m²) = Área iluminada

**manual do Procel: inclui potência de reatores, transformadores e/ou ignitores, quando houver.*

d. Eficiência Luminosa (lm/W)

É a razão entre o fluxo luminoso emitido por uma lâmpada e a sua potência elétrica. Quanto menor o valor resultante desta relação, mais elevado é o nível de eficiência luminosa, uma vez que, comparativamente, para produção de um mesmo fluxo luminoso, tem-se um consumo de energia menor.

**O fluxo luminoso final disponível é, normalmente, menor do que aquele irradiado pela lâmpada, uma vez que esta tende a ser instalada em uma luminária, cujos materiais irão absorver, refletir e transmitir a luz emitida. (manual OSRAM)*

4.2.3. Tipos de lâmpadas

Existem diversos tipos de lâmpadas, neste guia abordaremos as lâmpadas Halógenas, fluorescentes tubulares, compactas, descarga de alta pressão, LED, OLED, fibra óptica.

Tabela 19 – Comparação entre diferentes tipos de lâmpadas.

	Halógenas	Incandescentes	Fluorescentes tubulares	Fluorescentes compactas	Descarga de alta pressão	LED
Eficiência energética (Eficiência luminosa) (lm/W)	15-25	15-26	53-125	52-68	84-143	60-112
Vida útil (h)	750-1.500	1.000	3.000-25.000	6.000-10.000	20.000-36.000	15.000 - 50.000
Temperatura de cor (K)	2.700-3.000	2.680-3.000	3.000-4.100	2.700-6.500	4.300-5.000	2.400-6.500
Índice de reprodução de cor IRC (%)	100	100	80-85	80	25-85	>80
Usos principais	Residencial e varejo, principalmente para fins decorativos	Residencial, embora em desuso devido ao seu banimento	Escritórios, edifícios comerciais	Ampla uso em ambientes internos (residencial, escritórios, edifícios comerciais, hotéis)	Indústria, galpões, ambientes de pé-direito alto, iluminação externa	Ampla uso interno e externo (Residencial, escritórios, edifícios comerciais, hotéis, shoppings, iluminação externa)

a. Halógenas

São lâmpadas incandescentes, que contêm gases halógenos, como o iodo ou o bromo que permitem que a operação dos filamentos se dê sob temperaturas mais elevadas. Por esta razão, sua eficiência luminosa é maior se comparada à incandescente comum, assim como a sua vida útil (PROCEL, 2011).

b. Incandescentes

Lâmpadas que produzem luz a partir do aquecimento de um filamento, por meio da passagem de corrente elétrica. Constituem a tecnologia mais antiga de iluminação elétrica.

Cabe lembrar que as lâmpadas incandescentes de 60W, 100W, 150W e 200W deixaram de ser legalmente comercializadas no Brasil, segundo a Portaria

Interministerial 1007/2010 publicada pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE).

c. Fluorescentes tubulares

Por meio da passagem de corrente elétrica em seu interior, onde estão contidos vapor de mercúrio e outros gases inertes, há a emissão de energia sob a forma de radiação ultravioleta, convertida, então, em luz pelo pó fluorescente presente no bulbo. Essas lâmpadas têm ganhado formas cada vez mais compactadas, com diminuição de seus diâmetro e comprimento (PROCEL, 2011).

d. Fluorescentes compactas

Empregam as mesmas tecnologias e características das lâmpadas fluorescentes tubulares, porém são consideradas de nova geração. Apresentam-se sob forma compacta, com dimensões similares às lâmpadas incandescentes. Podem apresentar ou não reator integrado (PROCEL, 2011).

e. Descarga de alta pressão

Diversificadas quanto às características de luz, economia, potência e durabilidade, funcionam com a descarga elétrica que leva os seus componentes internos a produzirem luz. Podem necessitar de alguns minutos para estabilização total do fluxo luminoso. Podem conter diferentes tipos de substâncias, como Sódio ou Mercúrio (PROCEL, 2011).

f. LED

Constituem-se por um diodo emissor de luz de cor específica dentre vermelho, azul, amarelo e verde. Para obtenção de diferentes cores, aquelas existentes podem ser combinadas entre si ou com outros materiais. É considerada hoje, uma das tecnologias de iluminação de maior eficiência energética, tendo avançado significativamente neste sentido, ao longo dos últimos anos (PROCEL, 2011).

g. OLED

Organic LED (LED orgânico) é conhecido como uma evolução do LED, onde há o emprego de moléculas de carbono em sua constituição. O principal diferencial dessa tecnologia é que, diferentemente do seu predecessor, ele se configura como uma superfície e não um ponto, o que permite que ele seja produzido de uma forma maleável, com o emprego de plástico em sua composição. Essa tecnologia, ainda muito recente, ainda não tem muitos exemplares que podem ser empregados na iluminação. Os custos de produção ainda são elevados, apesar de que, tem-se aprimorado a sua produção a fim de que opções acessíveis e de qualidade cheguem ao mercado.

h. Fibra Óptica

A tecnologia tem evoluído significativamente ao longo dos anos, sendo empregada, atualmente, como recurso luminotécnico. Uma vez que esse

material não é capaz de gerar luz por conta própria, é necessário o uso de uma fonte luminosa. O fluxo luminoso, por sua vez, é conduzido de uma extremidade a outra da fibra polimérica, com perdas mínimas no percurso.

Os principais aspectos positivos desse sistema estão relacionados a não condução de corrente elétrica pelos cabos ópticos, o que garante maior segurança nas instalações, e a possibilidade de propagação do fluxo luminoso por meio de diversos cabos de fibra, a partir de uma única fonte de luz.

Fonte: Fibra Ótica, LUME

4.2.4. Estratégias

a. Redução da Densidade de Potência de Iluminação (DPI)

Uma das estratégias mais simples para reduzir o consumo do sistema de iluminação é reduzir a quantidade de lâmpadas instaladas ou a potência das lâmpadas usadas, mantendo níveis satisfatórios de luminosidade. Há diversas formas de fazer isso:

- Escolher luminárias mais eficientes, ou seja, que transmitam uma maior parte da iluminação da lâmpada ao plano de trabalho, por exemplo por meio de aletas refletivas, e evitar, sobretudo, luminárias de cor escura.
- Definir os lugares específicos onde há necessidade de iluminação mais intensa. Por exemplo, em um edifício de escritório é necessário providenciar um valor mais elevado de lux nos planos de trabalho do que nas áreas de circulação. Desta forma, se forem definidos os lugares dos planos de trabalho, é possível instalar luminárias específicas para estas áreas, mais baixas, evitando a necessidade de iluminação mais forte na sala inteira. Esta estratégia se chama de “iluminação de tarefa”. Lembra-se que mesmo providenciando uma iluminação de tarefa nos lugares específicos, é preciso também uma iluminação geral de ambiente para não haver um contraste excessivo de iluminação.
- A estratégia da “iluminação de tarefa” também pode ser executada pelo planejamento de luminárias de mesa individuais nas estações de trabalho, permitindo uma redução da potência das lâmpadas fixas no teto. Pode-se pensar em estratégia semelhante para hotéis corporativos com mesas de trabalho nos quartos.
- Em edifícios existentes, recomenda-se medir o nível de iluminamento (em lux) nos ambientes a fim de garantir uma boa distribuição de iluminação, no nível adequado para a tarefa. Assim, será possível identificar oportunidades de remanejamento de lâmpadas para atender ao nível requisitado com uma quantidade otimizada de lâmpadas.

b. Divisão de circuitos

A divisão de circuitos elétricos ligados ao sistema de iluminação permite certa setorização, de forma a flexibilizar o seu uso. Em espaços onde diferentes tarefas são desempenhadas, a ocupação se dá de forma heterogênea e a disponibilidade de luz natural é variável, esse recurso é bastante interessante como estratégia de economia de energia elétrica. Uma vez que circuitos divididos permitem o acionamento da iluminação artificial de forma setorizada, é possível que haja luminárias acesas em uma dada região de um ambiente sem que outra região tenha, necessariamente, a iluminação acionada. Tal flexibilidade permite um maior controle sobre tal sistema, de modo a evitar desperdícios pelo uso dispensável da iluminação.

c. Iluminação natural

Como principal recurso de iluminação disponível, a luz natural pode e deve ser considerada na concepção de espaços onde há ocupação humana. Além de sua incomparável qualidade quanto à reprodução de cores e elemento de conexão entre meio interno e externo, capaz de prover melhores condições de salubridade aos espaços no interior de um edifício, a luz natural é importante aliada no que diz respeito às questões de eficiência energética. Quando bem manejada, sua presença é capaz de diminuir as demandas por iluminação artificial, diminuindo, assim, o uso de energia elétrica em edificações.

Além de janelas e aberturas em fachadas e paredes, outros elementos podem ser empregados nas edificações para que a luz natural seja utilizada como recurso de iluminação. Em coberturas, é possível a aplicação de materiais translúcidos em vãos não estruturais, além de claraboias e da concepção de “sheds”, telhados em forma de serra, com planos de vidro que permitem a entrada de luz natural em ambientes fechados.

“Sun pipes” também podem ser ferramentas empregadas em ambientes onde os meios tradicionais de acesso à luz natural não podem ser utilizados. Essa espécie de tubo conecta o espaço interno ao meio externo, normalmente através da cobertura e, por ter acabamento interno com alto índice de reflexividade, otimiza a entrada de luz no ambiente.

As esquadrias, elementos mais facilmente empregados para acesso à iluminação natural, serão mais amplamente abordadas no item de Aspectos Construtivos deste guia.

As esquadrias devem ser dimensionadas de forma a oferecer bom desempenho de iluminação natural. A ABNT NBR 10821-4 determina a área mínima de abertura para iluminação conforme a área de piso dos ambientes onde são obrigatórias: salas e dormitórios. Além disso, níveis mínimos de iluminamento devem ser atendidos conforme requisitos da Norma de Desempenho (NBR 15.575-1), para sala, dormitórios, cozinha e área de serviço, inferidos pelo método de simulação. É preciso ter atenção também aos códigos e legislações locais do local do projeto, para que se atendam sempre os requisitos mais restritivos

4.2.5. Controle e automação

Controles e sistemas de automação podem ser grandes aliados, não apenas como forma de proporcionar melhores condições de conforto lumínico aos usuários, mas também para gerar níveis maiores de economia de energia elétrica em edificações. O emprego desses instrumentos visa gerar sistemas de iluminação mais inteligentes e adaptáveis, de forma a evitar desperdícios.

a. Programadores horários

São dispositivos de operação analógica ou digital, capazes de programar horários e dias da semana, de forma cíclica, em que aparelhos elétricos, incluindo lâmpadas e luminárias, serão ligados ou desligados, de modo a evitar desperdícios de energia. Dependendo do aparelho, há memória para diferentes programações.

b. Temporizadores/Timers

Diferentemente dos programadores horários, os temporizadores não atuam de forma cíclica. Seu acionamento gera uma programação de contagem de tempo finita que ao se esgotar, liga ou desliga aparelhos elétricos, incluindo lâmpadas.

c. Focélula

Constituem ferramentas de automação do sistema de iluminação que operam conforme os níveis de luminosidade do espaço onde se encontram. Ao detectar determinados níveis de iluminância, a focélula é capaz de acionar ou interromper o funcionamento de lâmpadas, de forma a evitar o uso desnecessário de iluminação artificial quando os níveis de luz natural são suficientes para que se desempenhem determinadas tarefas.

d. Sensor de presença

Aparelhos que se destinam ao acionamento temporário da iluminação, a partir da detecção da presença de pessoas ou veículos no espaço onde se encontram instalados. Após um determinado período, o qual deve ser previamente regulado, desligam as luminárias, de forma a evitar que estas se mantenham ligadas quando não houver atividades que requeiram uso da iluminação artificial. São ideais para espaços de uso intermitente, tais como banheiros, corredores, depósitos, almoxarifados e, em alguns casos, garagens. Podem ser instalados sobre tetos ou paredes.

e. Dimmer com LED

Aparelhos que permitem variação dos níveis de iluminação artificial em um dado espaço, de forma a variar o fluxo luminoso das lâmpadas instaladas. Seu uso permite que a intensidade de iluminação seja adaptada conforme a tarefa desempenhada, bem como, conforme complementação à iluminação natural. Seu funcionamento se dá pela variação da potência elétrica das lâmpadas e, por esta razão, seu uso é recomendado em lâmpadas de LED ou eletrônicas.

f. DALI (Digital Addressable Lighting Interface)

DALI constitui um padrão internacional especificado pela norma IEC 60929, não restrito a nenhum fabricante e que assegura os padrões associados aos dispositivos de "dimmerização", certificando a intercambialidade e interoperabilidade entre eles. Aplicável apenas à iluminação, possibilita a criação de sistemas e iluminação flexíveis e com controle descentralizado, com grupos de luminárias, além de diferentes cenários dentro de um mesmo ambiente para diferentes grupos de pessoas e necessidades. Além da possibilidade de se conectar aos sistemas de gerenciamento predial, a flexibilização no uso da iluminação artificial, faz do DALI um aliado da eficiência energética, sobretudo em edifícios onde há diferentes usos em um mesmo ambiente, além de sistemas de gerenciamento predial.

g. BMS (Building Management System)

Sistemas de gestão predial, como também é conhecido o BMS no Brasil, corresponde à integração e automação dos sistemas mecânicos e elétricos de uma edificação, tais como sistemas de iluminação, segurança, incêndio e refrigeração de ar. O BMS permite a operação e gestão centralizada de tais utilidades prediais, de forma que se faz possível o monitoramento em tempo real dos equipamentos instalados, bem como os seus desempenhos. Ele possibilita respostas automáticas em tais sistemas, de forma a equilibrar o uso de diferentes equipamentos conforme as necessidades detectadas. Sua capacidade de coletar e gerar dados pode diminuir custos operacionais e de energia elétrica.

4.2.6. Normas e regulamentos relacionados

ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho (Parte 1: Requisitos gerais)

A Norma de Desempenho, como é conhecida a ABNT NBR 15575: 2013, estabelece critérios e requisitos mínimos de desempenho dos diferentes sistemas que compõem as edificações de uso habitacional, sejam estas uni ou multifamiliares (casas, edifícios etc.).

Do ponto de vista da iluminação, existem requisitos mínimos a serem atendidos pelos edifícios avaliados (projeto e construído), tanto do ponto de vista da

iluminação natural, quanto artificial, explicitados ao longo do item 13 Desempenho lumínico, da ABNT NBR 15575 (Parte 1).

Quanto à iluminação natural, a Norma determina níveis de iluminância mínimos a serem atingidos nas diferentes dependências da edificação habitacional (sala de estar, dormitórios, copa/cozinha, área de serviço, dentre outros, dependendo do nível de desempenho almejado), e que devem ser obtidos, quando na fase de projeto, por meio de simulações computacionais. Tal avaliação contempla a fase de projeto.

Quanto aos edifícios construídos, estabelece-se um valor de fator de luz diurna (FLD) mínimo, para os mesmos ambientes supracitados, e que deve ser levantado a partir de medição *in loco*. A Norma ainda recomenda algumas premissas de projeto que podem contribuir para que os requisitos de desempenho sejam alcançados.

Quanto à iluminação artificial, determinam-se níveis mínimos de iluminamento geral, tanto para áreas privativas, quanto para aquelas de uso comum, que devem ser levantados a partir de análise de projeto luminotécnico ou inspeção de protótipo.

**Recomendação CBIC (Dúvidas sobre a Norma de Desempenho – Especialistas Respondem): Aponta que há a necessidade de projeto luminotécnico, mesmo para as edificações multifamiliares. Ainda que as luminárias não sejam entregues pela construtora/incorporadora, devem ser especificados, no Manual do Usuário, produtos que garantam o atendimento aos requisitos estabelecidos pela Norma.*

Para informações mais detalhadas, verificar a ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho

ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior

Esta norma estabelece os requisitos de iluminação para ambientes de trabalho internos, de forma que sejam providas as condições adequadas para o desempenho de diferentes tarefas com conforto, segurança e eficiência.

Critérios do projeto de iluminação são colocados a fim de que boas práticas projetuais sejam implementadas, de modo que a concepção projetual se dê de maneira adequada aos usos finais. Do ponto de vista energético, as considerações são breves e indicam que o sistema de iluminação deve evitar o desperdício de energia, sem comprometer, por outro lado, os aspectos visuais. Dessa forma, sugere-se a seleção de um sistema criterioso de iluminação, com acionamento automático ou manual ou dimerização de lâmpadas, bem como o uso da iluminação natural.

Os requisitos recomendados para diferentes ambientes e atividades, encontram-se dispostos sob a forma de tabela, em que são expressadas as exigências relativas à Iluminância, imitação de ofuscamento e qualidade de cor.

Para informações mais detalhadas, verificar a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior.

Programa de Etiquetagem PBE Edifica

Este programa, com foco em eficiência energética e, atualmente, de aplicação obrigatória em edifícios públicos federais, dispõe no regulamento RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) de valores limites de densidade de potência de iluminação (DPI) para diferentes usos.

A Tabela 4.1 do RTQ-C apresenta diferentes funções de edificações e determina limites máximos aceitáveis de DPI para os diferentes níveis de eficiência, de acordo com aquele que é pretendido. Os valores nela apresentados podem servir de referência na elaboração de projetos de iluminação artificial mais eficientes e se encontra disponível no site do PBE Edifica, acessada pela link <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/publica/regulamentos>.

4.3. Aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC)

4.3.1. Conceitos

Os sistemas de condicionamento de ar em edificações têm como objetivo o controle da temperatura, e em alguns casos, umidade, pureza e movimentação do ar, num ambiente ou meio delimitado.

Sistemas de ar condicionado devem ser escolhidos e projetados para garantir o conforto térmico dos ocupantes, com o mínimo consumo de energia.

O objetivo da refrigeração industrial, por sua vez, é controlar a temperatura de produtos ou substâncias, por exemplo, para armazenamento de alimentos e medicamentos.

O acionamento dos sistemas AVAC requer um insumo energético, que predominantemente é energia elétrica. Existe, no entanto, a possibilidade de aproveitar correntes de calor de gás ou água quente, em aplicações de absorção. Para mais informações veja a seção de Fontes Renováveis, cogeração.

Os componentes básicos em ambos os casos são compressores, trocadores de calor, ventiladores, bombas, tubos, dutos e equipamentos de proteção e controle.

a. Afinal, o que é o conforto térmico?

Conforto térmico é a condição da mente humana que expressa satisfação com o ambiente térmico. Boas condições de conforto garantem não apenas espaços com qualidade ambiental e habitabilidade adequadas, como

também afetam diretamente a produtividade de seus usuários. No entanto o conforto depende de diversas variáveis e não só da temperatura operativa e umidade. Embora esses dois fatores sejam fundamentais no que se refere ao conforto, não são os únicos. Velocidades de ar mais elevadas, por exemplo, representam um grande diferencial na sensação térmica e permitem um aumento considerável do setpoint de temperatura dos equipamentos de ar condicionado em dias quentes, sem reduzir o conforto, diminuindo diretamente o consumo de energia. Dessa forma, entender os diversos fatores que afetam o conforto é fundamental para que se faça projeto e uso eficientes de sistemas de AVAC.

Além das variáveis ambientais, como umidade relativa, velocidade do ar, temperatura do ar e temperatura radiante – e o que se pode chamar de resultante da média entre estas duas, a temperatura operativa -, situações de conforto dependem também de fatores individuais, que variam conforme as condições físicas e psicológicas de cada pessoa e estão relacionados, principalmente, à atividade física do indivíduo (sentado, caminhando, correndo etc.) e às suas vestimentas. Portanto, conhecer os ocupantes de um edifício e as atividades que serão desempenhadas permite tanto ao projetista, quanto ao operador do sistema de AVAC projetar e operar o sistema de forma mais eficiente, garantindo o conforto dos usuários.

Embora o conforto térmico dependa da interação dessas diversas variáveis, como norma geral, na operação de aparelhos de ar condicionado, pode-se considerar algumas premissas para definição de *setpoint*. A temperatura de conforto, para a maior parte das pessoas, encontra-se entre 21°C e 25°C, com uma umidade relativa entre 20% e 75%.

Para que se faça uso mais eficiente do sistema de ar condicionado é fundamental, no entanto, um bom entendimento do conceito de conforto térmico e das variáveis que o integram. Estas informações, bem como métodos e índices que permitem avaliar condições de conforto, podem ser encontrados na página dedicada a esse tema.

b. Como funcionam os sistemas AVAC?

As máquinas de Ar condicionado, Ventilação e aquecimento funcionam movimentando ar entre espaços e sistemas, sempre com o objetivo de manter a condição de conforto no ambiente climatizado, removendo ou adicionando calor conforme a necessidade.

Este fenômeno é possível com o uso de fluidos refrigerantes e substâncias químicas que tem a característica de absorver calor controladamente enquanto passam da fase líquida à gasosa. Os refrigerantes percorrem

um ciclo fechado com ajuda de compressores e trocadores de calor para voltar ao estado inicial (líquido).

Pensando por exemplo numa geladeira de uso doméstico, que utiliza o ciclo de refrigeração para funcionar, a evaporação do gás ocorre dentro da geladeira (nas paredes), onde se colocam os alimentos que precisam da baixa temperatura.

Quando a troca de calor entre o ar externo e o ar interno não ocorre naturalmente, ou não é suficiente para garantir o conforto térmico, são necessários equipamentos de refrigeração ativos.

A forma como o Sistema AVAC retira calor dos edifícios varia em função de múltiplas variáveis, como a demanda de refrigeração, o tipo de edifício e os conceitos de projeto.

Sistemas individuais



Figura 54. Sistemas individuais. Fonte: elaboração dos autores.

Em edifícios com unidades AVAC individuais, como Ar-Condicionado de janela ou equipamentos tipo Split, cada equipamento troca calor entre o ar externo e o ar interno por meio da ação do fluido refrigerante.

Sistemas Centralizados

Já no caso dos prédios com carga térmica maior e possibilidade de centralizar a geração de frio, podem ser utilizados equipamentos mais eficientes como Chillers a água ou a ar. Estes equipamentos trocam calor do fluido refrigerante para um fluido intermediário, como a água gelada, que pode ser distribuída

para equipamentos em cada ambiente, como Unidades de Tratamento de ar (AHU: Air Handling Units) e Fancoils.

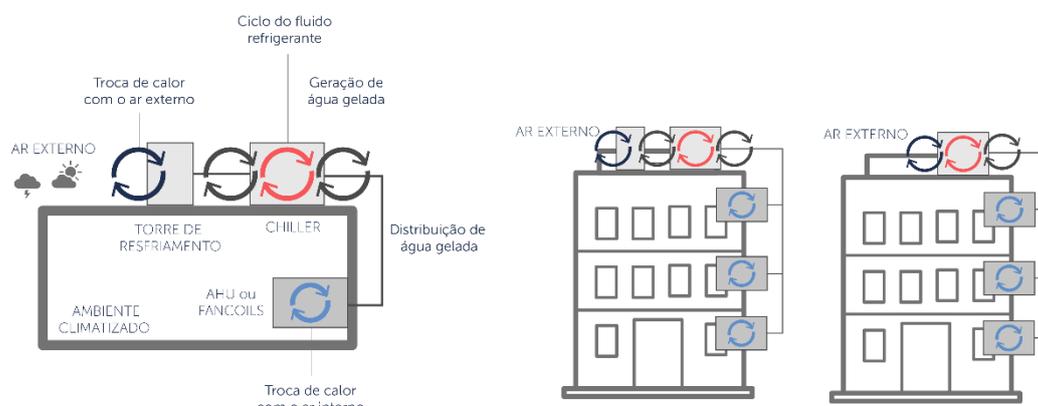


Figura 55. Sistemas centralizados. Fonte: elaboração dos autores.

Dependendo da demanda, pode ser necessária a rejeição de calor ainda com água em torres de resfriamento, ou diretamente com ar externo. Nos dois casos são necessárias bombas para movimentação da água gelada e redes de distribuição isoladas que evitem o aquecimento da água gelada, geralmente a uma temperatura próxima a 7°C.

c. Eficiência em sistemas AVAC, como conseguir?

Um passo a passo:

São múltiplos os aspectos a serem considerados para um projeto, compra, operação e manutenção eficientes em sistemas AVAC. Um passo a passo genérico para edifícios deve considerar:



d. O que é o Coeficiente de Performance (COP)?

O Coeficiente de Performance, COP é um parâmetro importante na análise dos Sistemas AVAC e seus componentes, que mede a eficiência energética como a relação entre a energia útil e a consumida pelo sistema:

$$COP = \frac{\text{Energia Util (térmica)} \left[\frac{kW}{kW} \right]}{\text{Energia consumida (elétrica)} \left[\frac{kW}{kW} \right]}$$

Quanto maior o valor do COP, mais eficiente um equipamento ou sistema.

É um coeficiente adimensional porque compara a capacidade de refrigeração com o trabalho do compressor, ambos em Watts ou kW.

Quais os valores típicos de COP?

É importante garantir que os equipamentos de ar condicionado sejam especificados com o maior COP nominal possível e, quando a carga térmica for considerável e variável, implementar sistemas de monitoramento que permitam acompanhar o COP real do sistema na operação a plena carga e em carga parcial.

O Programa de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), por meio do Inmetro, estabelece os níveis de eficiência para equipamentos de ar condicionado e a etiqueta obrigatória (Selo Procel) para facilitar e incentivar a compra de equipamentos mais eficientes (Condicionadores de ar tipo Janela, Cassete, Split Hi-wall, e Split piso-teto).

Quando os equipamentos são especificados com o maior COP disponível, os custos de operação e manutenção reduzem significativamente.

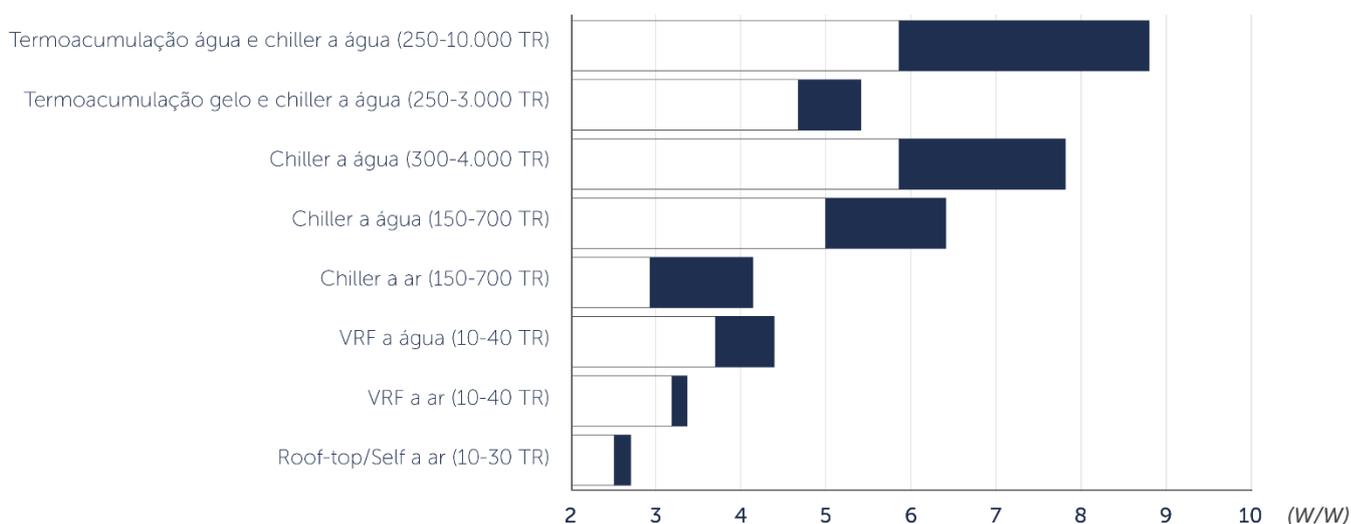


Figura 56. COP Compressor. Fonte: Manual sobre sistemas de Água Gelada (MMA, 2017).

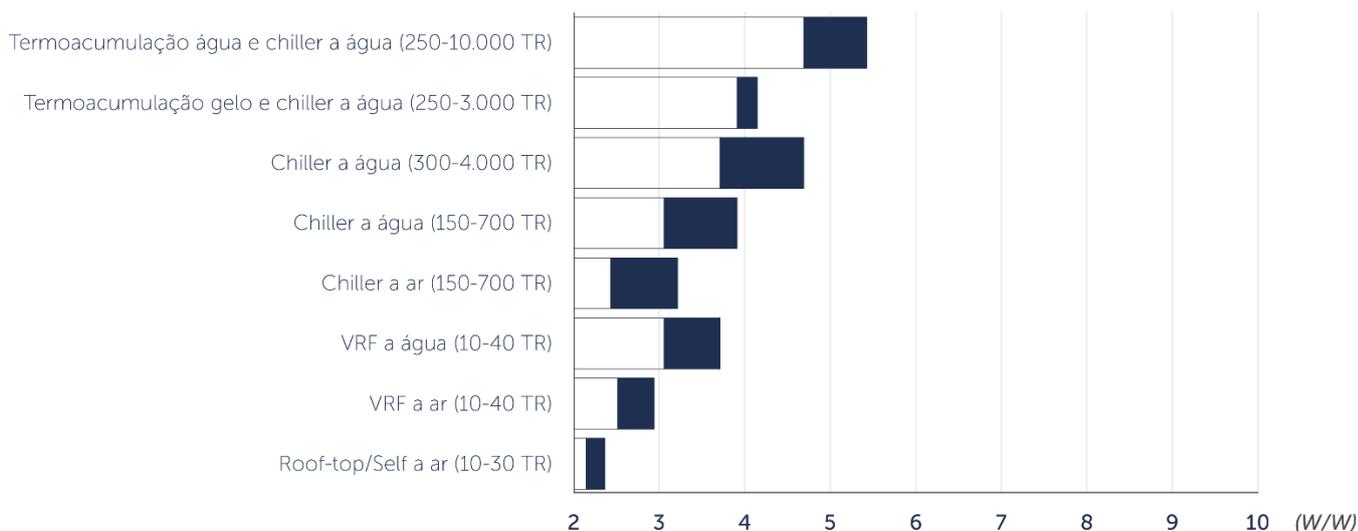


Figura 57. COP Sistema. Fonte: Manual sobre sistemas de Água Gelada (MMA, 2017).

O que é o índice IPLV?

O índice IPLV (do inglês, Integrated Part Load Value – Valor Integrado de Carga Parcial)³⁰ é o valor que expressa a eficiência de um Chiller, considerando a média ponderada da sua operação em cargas parciais ao longo do ano. É calculado a partir de testes dos equipamentos nas condições definidas nas normas e com a equação a seguir:

$$IPLV(\%) = \frac{1}{\frac{0,01}{A} + \frac{0,42}{B} + \frac{0,45}{C} + \frac{0,12}{D}}$$

Onde A, B, C e D são os valores de eficiência em condições de carga de 100%, 75%, 50% e 25% respectivamente.

A equação considera como hipótese uma operação de 1% do tempo em 100% de carga, 42% do tempo em 75% de carga, 45% do tempo em 50% de carga e 12% do tempo em 25% de carga.

Essas hipóteses fazem a eficiência IPLV ser mais realista à nominal dos equipamentos, porém, não indicam que os equipamentos devam ser operados em carga parcial. Em realidade, qualquer máquina de HVAC operará sempre com maior eficiência quanto mais próxima da carga nominal. Soluções como inversores de frequência, equipamentos em paralelo, termoacumulação, entre outros, permitem mitigar as perdas causadas pela carga parcial.

³⁰ Definido pelo ANSI/AHRI Standard 550/590 (IP) e AHRI Standard 551/591 (SI)

Saiba mais sobre COP em sistemas de compressão

Quais os parâmetros que influenciam o COP, sistemas de compressão de vapor.

O coeficiente de performance depende das propriedades do fluido refrigerante (principalmente temperatura de condensação e vaporização), das propriedades na sucção do compressor, o próprio compressor e os demais equipamentos do sistema.

De forma geral, para cada 1,0 °C de aumento na **temperatura de evaporação**, reduz-se o consumo de energia de 2,0 a 4,0% (ETSU, 2000).

Na temperatura de condensação, por sua vez, 1,0 °C de redução na **temperatura de condensação**, reduz-se o consumo do sistema de 1,5 a 3,0% (ETSU, 2000).

O **sub-resfriamento** do líquido antes de entrar no dispositivo de expansão, também influencia o COP do sistema positivamente, embora se utilize sub-resfriamento principalmente para garantir somente a entrada de líquido no dispositivo de expansão.

Já para **superaquecimento**, o efeito depende do fluido refrigerante, sendo que o COP pode aumentar (R134), diminuir (R717) ou aumentar até um máximo e começar a diminuir (R22). Só se justifica o superaquecimento do fluido, por motivos de segurança, para evitar a entrada de líquido no compressor.

Conheça outros indicadores de eficiência

Indicadores EER, SEER e kW/TR

Existem formas alternativas de representar a eficiência de um sistema HVAC, como:

$$EER = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{W}_c} \left[\frac{Btu}{Wh} \right]$$

Da mesma forma que com o COP, a razão EER indica maior eficiência enquanto for maior seu valor, porém, avalia a relação entre a quantidade de energia útil de refrigeração em Btu e a energia consumida em watts-hora.

Outro indicador utilizado no mercado dos sistemas de refrigeração é a relação entre o seu consumo, em kW e a capacidade de resfriamento em TR, o que resulta em:

$$kW/TR = \frac{\dot{W}_c}{\dot{Q}_o} \left[\frac{kW}{TR} \right]$$

De maneira geral podem se utilizar as conversões:

$$COP = EER/3,213$$

$$COP = SEER * 0,875/3,413$$

$$COP = \frac{12}{3,413 * \left[\frac{kW}{TR} \right]}$$

e. Quais os tipos de sistemas AVAC?

Existem várias abordagens de classificação de Sistemas AVAC, por configuração física (centralizado e individual), por objetivo (resfriamento, aquecimento, resfriamento/aquecimento), por meio de resfriamento na condensação, entre outras.

Resfriamento	Aquecimento	
	Caldeiras (<i>boilers</i>) Aquecedores solares Unidades de biomassa	Centralizado
Central de água gelada (<i>Chillers</i>)		
VRF (<i>Variable Refrigerant Flow</i>)		Centralizado e/ou individual
Bombas de calor		
Rooftop e <i>self-contained</i>	Aquecedores a gás	
Split dutado (Splitão)	Aquecedores elétricos	
Ar condicionado tipo <i>Split</i>		Individual
Ar condicionado de Janela		

Figura 58. Tipos de sistemas AVAC. Fonte: elaboração dos autores.

Por meio de resfriamento na condensação

- Instalações apenas ar
- Instalações ar-água
- Instalações apenas água
- Instalações de expansão direta

Sistemas por Compressão

A figura abaixo representa um esquema básico dos componentes principais de um sistema de refrigeração por compressão de vapor, ilustrando também o ciclo termodinâmico.

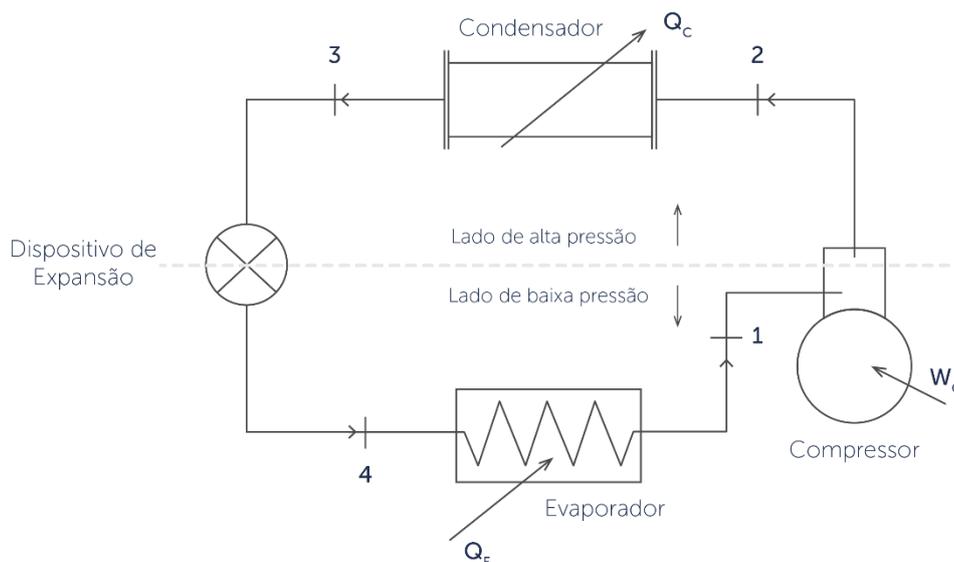


Figura 59. Componentes principais de um sistema de refrigeração por compressão de vapor.
 Fonte: DOSSAT, R. Princípios de Refrigeracion. México, 1980.

Uma explicação simplificada dos processos pode auxiliar no entendimento do papel da energia no condicionamento de ambientes:

- Processo 1 – 2: O refrigerante entra no compressor à pressão do evaporador e é comprimido até alcançar a pressão de condensação.
- Processo 2 – 3: É um processo de rejeição de calor do refrigerante para o meio, a pressão constante e ocorre no condensador.
- Processo 3 – 4: é a expansão desde a pressão de condensação até a pressão de vaporização.
- Processo 4 – 1: Transferência de calor no evaporador, a pressão e temperatura constantes, só modificando o título (quantidade de vapor/líquido) do refrigerante.

A capacidade do sistema esta dada pela retirada de calor no evaporador, e a demanda de energia pelo consumo do compressor.

Saiba mais sobre sistemas Centrais de absorção

Sistemas por Absorção

Nos sistemas de refrigeração por absorção, a remoção do vapor de fluido refrigerante do evaporador é realizada com um conjunto de vasos: absorvedor e gerador, que circulam uma substância capaz de absorver o vapor de fluido refrigerante e sua subsequente separação por condensação. Este conjunto absorvedor-gerador substitui o compressor no ciclo de refrigeração.

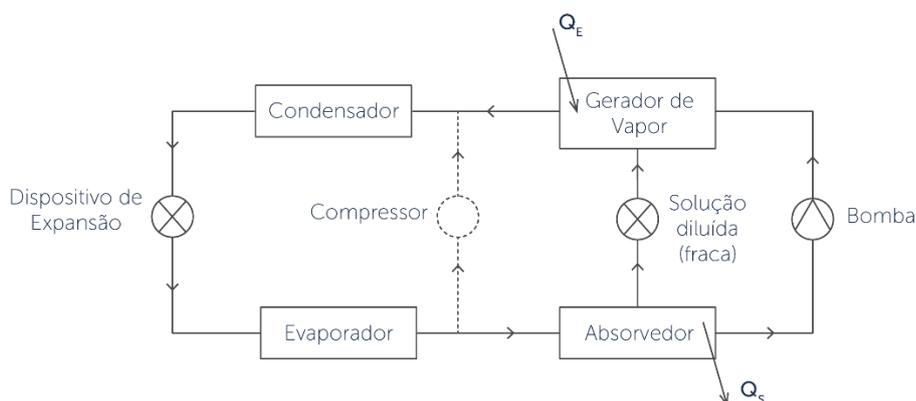


Figura 60. Sistemas de refrigeração por absorção. Fonte: Adaptado de MARTINS, A. Projeto de um Sistema para Produção de Energia Elétrica e Aquecimento/Resfriamento Residencial Utilizando Turbina a Gás. USP, 2006.

Sistemas de absorção têm a vantagem de poder operar com energia de baixa qualidade termodinâmica, como **vapor de exaustão** e **água quente pressurizada**, por isso são utilizados em aplicações de cogeração. Também podem operar com queima direta de gás, em aplicações em que a tarifa de gás é vantajosa.

No caso de hotéis, por exemplo, unidades de geração com motores a gás podem operar em ciclo combinado com *chillers* de absorção que aproveitem gases de exaustão e/ou água quente de refrigeração dos blocos dos motores.

f. O que é Renovação de ar?

Em alguns casos, os ambientes concentram altos teores de gases contaminantes que podem afetar a saúde dos ocupantes, como por exemplo Monóxido de carbono (CO) em estacionamentos e dióxido de carbono em locais de trabalho.

Segundo recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária ANVISA (resolução nº 176 de 2000), o indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem estar é de ≤ 1000 ppm de dióxido de carbono (CO₂). A taxa de renovação de ar mínima para ambientes climatizados é de 27m³/hora/pessoa.

Para calcular o dimensionamento do sistema de renovação de ar é necessário consultar as normas NBR 16.401-3 Qualidade do ar interior e a ASHRAE 62.1.

No caso de Sistemas Split, que não contam com sistemas próprios de renovação de ar, deve ser avaliado se um sistema dedicado de renovação é necessário segundo as diretrizes e recomendações das Normas supracitadas.

g. Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC)

De acordo com a **Lei 13.589** de 4 de janeiro de 2018, **todos os edifícios de uso público e coletivo** são obrigados a fazer a manutenção periódica dos seus sistemas de ar condicionado, dispondo de um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC). O PMOC também deve estar de acordo com as resoluções da ANVISA RE 9/2003 e normas da ABNT.

Os edifícios existentes têm o prazo de 180 dias para se adequarem à lei.

A norma ABNT NBR 5674 Manutenção de Edificações, estabelece os requisitos para a gestão do sistema de manutenção, o PMOC deve fazer parte do Programa de Manutenção da edificação.

h. Outros conceitos importantes:

Carga térmica:

É a quantidade de energia que precisa ser adicionada ou retirada de um ambiente para manter o equilíbrio de temperatura (calor sensível) e de umidade (calor latente) para conforto dos ocupantes.

É composta principalmente pelas cargas internas e externas:

Tabela 20 – Cargas internas e externas.

Cargas internas <i>Calor gerado internamente e transferido para o ambiente</i>	Cargas externas <i>Transferência de calor através da envoltória</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Pessoas (calor latente e sensível do metabolismo) • Equipamentos (calor sensível, geralmente equivalente à potência dos equipamentos) • Iluminação (calor sensível, geralmente equivalente à potência dos equipamentos) • Vegetação (calor latente da evapotranspiração) 	<ul style="list-style-type: none"> • Radiação solar entrando por janelas e aberturas • Radiação solar aquecendo superfícies externas da envoltória • Ar externo para renovação de ar ou exaustão • Umidade externa • Perdas de ar condicionado para o exterior ou infiltração de ar externo para o interior

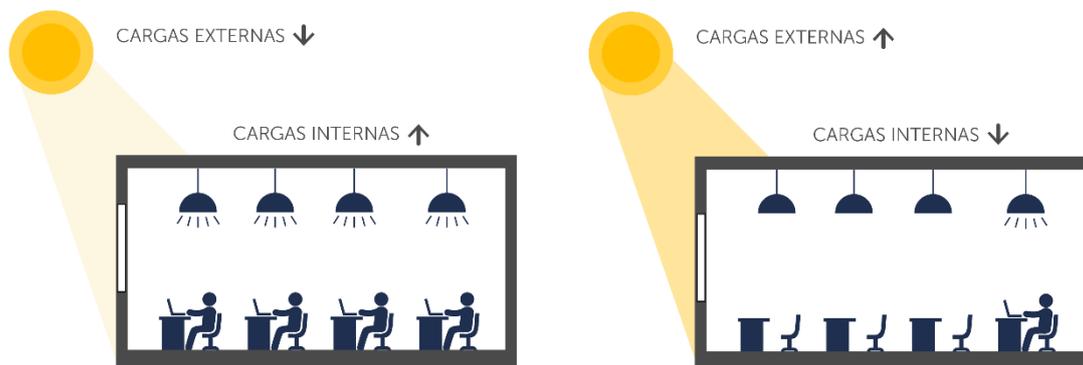


Figura 61. Carga interna e externa. Fonte: Autodesk (2012). Disponível em < <https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/thermal-loads> > (Acesso em 26/06/2018).

Sistemas passivos reduzem a demanda de energia ou conseguem que o calor seja transferido naturalmente.

Sistemas ativos movimentam calor e umidade utilizando gás ou eletricidade. A quantidade e tipo de energia demandada depende do tipo de sistema e sua eficiência.

i. Recuperação de calor

Aproveitamento da diferença de temperatura entre as correntes de ar de retorno e ar insuflado em ambientes com sistemas de condicionamento dutados. Em casos em que há aquecimento terminal, por exemplo elétrico ou a gás, é interessante pré-aquecer o ar à montante do aquecedor por meio de um trocador de calor. Desta forma captura-se uma parte do calor do ar que é exaurido para renovação e reduz a demanda de energia elétrica, como se observa na figura.

O conceito é válido tanto para resfriamento quanto para aquecimento, sempre que a diferença de temperatura e vazões sejam significativas.

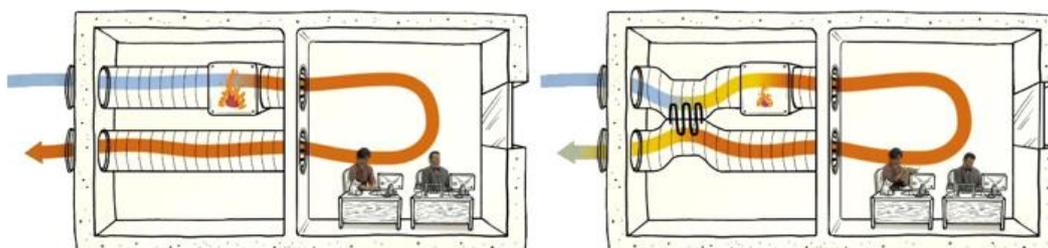


Figura 62. Comparação entre sistemas com e sem recuperação de calor. Fonte: Autodesk (2012). Disponível em < <https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/thermal-loads> > (Acesso em 26/06/2018).

4.3.2. Tipos de equipamentos e sistemas

a. Ar condicionado de janela (ACJ)



Figura 63. Ar condicionado de janela. Fonte: IEA (2018). Disponível em <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/The_Future_of_Cooling.pdf> (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 21 – Ar condicionado de janela (ACJ).

Ar condicionado de janela (ACJ)	
Modalidade	Refrigeração e Aquecimento
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas)	Residencial (prédio, casa e condomínio) e escritório
O que é?	Equipamento compacto que possui o compressor, condensadora e evaporadora no mesmo gabinete.
Capacidade típica de refrigeração	5.500 a 12.000 BTU/h (0,45 a 1TR)
Faixas usuais de COP (W/W) nominal do compressor	2,3 a 3,03
Como escolher um equipamento eficiente? Quais são as boas práticas para um projeto eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Priorizar a compra de modelos nível A do Inmetro ou com selo PROCEL. (http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp)
Como fazer um uso eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Manter o ambiente em uma temperatura de setpoint entre 22°C e 24°C evita gastos de energia desnecessários e é mais adequado ao corpo humano. - Fechar portas e janelas enquanto o equipamento estiver ligado. Manter portas e janelas abertas durante o uso pode reduzir o efeito de climatização, provocando perdas e forçando o ar condicionado a funcionar mais tempo do que realmente é necessário. - Desligar o equipamento quando não houver ocupação e em horário de almoço. - Fazer a manutenção adequada e limpar os filtros periodicamente.
Custo de investimento	Baixo

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Preço baixo - Fácil instalação - Adequado para ambientes pequenos - um único aparelho instalado na parede, na fachada, normalmente próximo à janelas ou terraço
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> - não possui modelos de grande capacidade - normalmente possui baixo nível de eficiência energética se comparado aos outros tipos de sistemas de ar condicionado. - produz mais ruído do que um split - precisa fazer uma abertura na parede, e altera a fachada da edificação.

b. Split

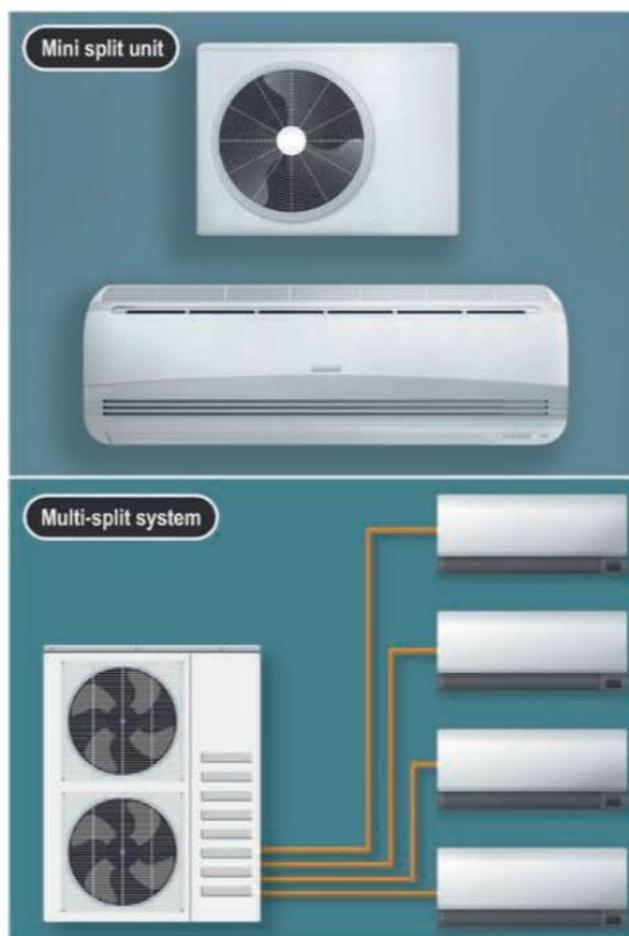


Figura 64. Split. Fonte: IEA (2018). Disponível em <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/The_Future_of_Cooling.pdf> (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 22 – Ar condicionado Split.

Split	
Modalidade	Refrigeração e Aquecimento
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas)	Residencial (casa, prédio e condomínio), escritório, shopping, hotel, retail
O que é?	<p>Sistema de equipamentos divididos em 2 partes, sendo uma unidade evaporadora (interna, dentro do ambiente) e uma unidade condensadora (externa ao ambiente). Podem ter as seguintes configurações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parede ou hi-wall - Piso teto - Split cassete - Split dutado - Multi-split (2 ou mais unidades evaporadoras por unidade condensadora)
Capacidade típica de refrigeração	7.000 a 60.000 BTU/h (0,58 a 5TR)
Faixas usuais de COP (W/W) nominal do compressor	2,6 a 3,23
Como escolher um equipamento eficiente? Quais são as boas práticas para um projeto eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Priorizar a compra de modelos nível A do Inmetro ou com selo PROCEL (http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp). - Escolher modelos com tecnologia Inverter, pois possui controle da rotação do motor, sendo mais eficiente em cargas parciais e pode economizar até 40% em relação aos splits convencionais - É necessário especificar um sistema de renovação de ar

<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Manter o ambiente em uma temperatura de setpoint entre 22°C e 24°C evita gastos de energia desnecessários e é mais adequado ao corpo humano. - Fechar portas e janelas enquanto o equipamento estiver ligado. Manter portas e janelas abertas durante o uso pode reduzir o efeito de climatização, provocando perdas e forçando o ar condicionado a funcionar mais tempo do que realmente é necessário. - Desligar o equipamento quando não houver ocupação e em horário de almoço. - Fazer a manutenção adequada e limpar os filtros periodicamente
<p>Custo de investimento</p>	<p>Baixo</p>
<p>Vantagens</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Possui menor nível de ruído em virtude da distância em que se pode instalar a unidade externa, se comparado com um ar condicionado de janela. - Controle individual do equipamento, com a regulagem de temperatura - de fácil instalação em edifícios existentes, se comparado aos sistemas centrais. - Alguns modelos podem fazer aquecimento através de ciclo reverso.
<p>Desvantagens</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Maior risco de vazamento de fluido se comparado ao modelo de janela (ACJ) - Necessidade de cuidado com as tubulações frigoríficas, dreno de água e limpeza do filtro de ar periodicamente.

c. Rooftop e Self contained



Figura 65. Rooftop e Self contained. Fontes: Mitsidi Projetos e SERAE (2018). Disponível em <<https://serae.com.br/self-contained.php>> (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 23 - Rooftop e Self contained.

Rooftop e self contained	
Modalidade	Refrigeração
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas)	Retail
O que é?	<p>- Rooftop é um sistema de refrigeração dutado, com a condensadora e compressores em equipamentos em áreas externas. São feitos, normalmente, de aço galvanizado e podem ser instalados à céu aberto. Adequado para ambientes amplos, com pouca divisão de espaços internos, como galpões, armazéns, etc.</p> <p>- Self contained é um sistema compacto que possui todos os componentes em um único equipamento. Pode ser dutado ou com insuflamento direto, e com resfriamento a ar ou água.</p>
Capacidade típica de refrigeração	120.000 a 360.000 BTU/h (10 a 30 TR)
Faixas usuais de COP (W/W) nominal do compressor	2,5 a 2,8
Como escolher um equipamento eficiente? Quais são as boas práticas para um projeto eficiente?	<p>- Escolher equipamentos eficientes de acordo com a capacidade, segundo a norma da ASHRAE 90.1 de 2016 e também segundo os requisitos do PBE Edifica para edificações comerciais.</p> <p>- Fazer o dimensionamento e balanceamento adequado</p> <p>- Fazer a renovação de ar necessária, segundo a NBR 16.401 , ASHRAE 62.1 e ANVISA</p>

<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Manter o ambiente em uma temperatura entre 22°C e 24°C, pois evita gastos de energia desnecessários e é mais adequado ao corpo humano. - Fazer o PMOC (Plano de manutenção, operação e controle) - Fazer o retrocomissionamento do sistema a cada 3 ou 5 anos de uso
<p>Custo de investimento</p>	<p>Médio</p>
<p>Vantagens</p>	<p>Rooftops:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pode ser instalado em áreas abertas - Aguenta temperaturas e climas mais adversos - Dispensa casa de máquinas <p>Self contained:</p> <ul style="list-style-type: none"> - contém todos os componentes em um único equipamento
<p>Desvantagens</p>	<p>Rooftops:</p> <ul style="list-style-type: none"> - COP inferior aos sistemas de VRF e centrais de água gelada <p>Self contained:</p> <ul style="list-style-type: none"> - o equipamento necessita de uma casa de máquinas - não vêm com sistema de automação

d. Variable Refrigerant Flow (VRF)



Figura 66. VRF (Variable Refrigerant Flow). Fonte: IEA (2018). Disponível em <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/The_Future_of_Cooling.pdf> (Acesso em 26/06/2018).

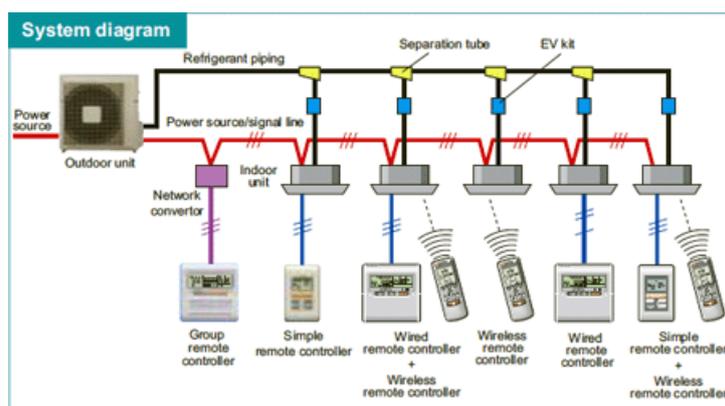


Figura 67. Diagrama de controle VRF. Fonte: Fujitsu-general. Disponível em <<https://www.fujitsu-general.com/global/products/vrf/j/features/easy.html>> (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 24 - Variable Refrigerant Flow (VRF).

Variable Refrigerant Flow (VRF)	
Modalidade	Refrigeração e Aquecimento
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas)	Escritório, shopping, hotel e retail
O que é?	<p>Do termo inglês, <i>Variable Refrigerant Flow</i>, traduzindo Fluido Refrigerante Variável.</p> <p>- É um sistema de ar condicionado central composto por condensadoras (unidades externas) ligada à várias evaporadoras (unidades internas) por um único circuito de refrigeração, com a capacidade de controlar o fluxo de fluido refrigerante de acordo com a necessidade.</p> <p>Existem 2 tipos principais de sistema de condensação (rejeição de calor) para VRF: à água ou ar.</p> <p>Atualmente, além do VRF elétrico convencional, existe também uma nova opção de VRF à gás natural, conhecido como GHP (Gas Heat Pump). Nessa tecnologia, ao invés do motor elétrico, usa-se um motor movido à gás.</p>
Capacidade típica de refrigeração	120.000 a 480.000 BTU/h (10 a 40 TR)
Faixas usuais de COP (W/W) nominal do compressor	- VRF a ar: 3,1 a 3,4 - VRF a água: 3,5 a 4,5
Como escolher um equipamento eficiente? Quais são as boas práticas para um projeto eficiente?	- Escolher equipamentos eficientes de acordo com a capacidade, segundo a norma da ASHRAE 90.1 de 2016 e também segundo os requisitos do PBE Edifica para edificações comerciais - Fazer o dimensionamento e balanceamento adequado - Fazer a renovação de ar necessária, segundo a NBR 16.401, ASHRAE 62.1 e ANVISA.

<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Manter o ambiente em uma temperatura entre 22°C e 24°C, pois evita gastos de energia desnecessários e é mais adequado ao corpo humano. - Fazer o PMOC (Plano de manutenção, operação e controle) - Fazer o retrocomissionamento do sistema após alguns anos de uso.
<p>Custo de investimento</p>	<p>Alto</p>
<p>Vantagens</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto de engenharia mais simples do que um sistema central de água gelada. - Permite diversas combinações de evaporadoras (unidades internas). - Cada ambiente possui um controle individual de temperatura. - Já possuem um sistema de automação central - A operação do sistema é mais fácil e pode ser feita pelos usuários. - Capaz de aquecer ou resfriar zonas separadas ao mesmo tempo, e reaproveitar o calor ou frio entre as zonas. - Tem a possibilidade de instalar um recuperador de calor para ser utilizado para aquecimento de água. <p>VRF à gás natural:</p> <ul style="list-style-type: none"> - consome apenas 10% da eletricidade necessária em um VRF elétrico, e pode representar até 35% de redução de custo total se comparado ao VRF elétrico. - aumenta a autonomia do sistema em relação à energia elétrica das concessionárias. - diminui o custo com geração elétrica - adequado para locais com dificuldade de aumento da carga elétrica e/ou com fornecimento elétrico instável. - consegue ser instalado em edifícios existentes para retrofits.
<p>Desvantagens</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Precisa de um sistema de renovação de ar dedicado. - Por causa da tubulação de fluido refrigerante, o sistema possui limite de extensão dos dutos, não sendo recomendado para edifícios maiores do que 15 andares, ou será necessário fazer um andar técnico intermediário para abrigar os equipamentos. - Possui grande quantidade de fluido refrigerante circulando nas tubulações. - Dificuldade para detecção e localização de vazamento de fluido, que é tóxico. - Alguns modelos podem fazer aquecimento e resfriamento através do ciclo reverso.

VRF à gás natural:

- A viabilidade depende principalmente do custo da eletricidade (ponta e fora ponta) e a flutuação do preço de gás natural no local.
- O VRF à gás possui um coeficiente de performance menor (COP médio = 1.0 a 2.0) do que o VRF elétrico.
- É um sistema maior (aprox. 2 vezes) e mais pesado (aprox. 3 vezes) se comparado ao modelo elétrico.
- Precisa de um duto para descarga dos gases de combustão.

e. Central de água gelada (CAG)



Figura 68. Chiller de água gelada e de ar. Fonte: IEA (2018).

http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/The_Future_of_Cooling.pdf
(Acesso em 26/06/2018).

Tabela 25 - Chiller de água gelada e de ar.

Central de água gelada	
Modalidade	Refrigeração
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas)	Escritório, shopping, hotel e retail
O que é?	<p>Sistema central de ar condicionado que usa a água gelada, produzida pelos chillers, para resfriar o ar insuflado nos ambientes através dos fancoils (serpentina e ventiladores). Existem 2 tipos principais de sistema de condensação (rejeição de calor) para chillers:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chiller com condensação à ar - Chiller com condensação à água, com torres de resfriamento.
Capacidade típica de refrigeração	<ul style="list-style-type: none"> - Chiller a ar: 1.800.000 a 4.800.000 BTU/h (150 a 400 TR) - Chiller a água: 1.800.000 a 48.000.000 BTU/h (150 a 4000 TR)
Faixas usuais de COP (W/W) nominal do compressor	<ul style="list-style-type: none"> - Chiller a ar: 2,9 a 4,1 - Chiller a água: 5 a 7,0
Como escolher um equipamento eficiente? Quais são as boas práticas para um projeto eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Escolher equipamentos eficientes de acordo com a capacidade, segundo a norma da ASHRAE 90.1 de 2016 e também segundo os requisitos do PBE Edifica para edificações comerciais. - Optar por bombas e ventiladores de alto rendimento em conjunto com Variadores de Frequência (VFD). - Calcular o desempenho energético do sistema em cargas parciais. - Fazer o dimensionamento e balanceamento adequado. - Fazer a renovação de ar necessária, segundo a NBR 16.401, ASHRAE 62.1 e ANVISA - Fazer um estudo de viabilidade para um sistema de reaproveitamento de calor rejeitado nas torres de resfriamento para aquecimento de água.

<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Manter o ambiente em uma temperatura entre 22°C e 24°C, pois evita gastos de energia desnecessários e é mais adequado ao corpo humano. - Fazer o PMOC (Plano de manutenção, operação e controle) - Fazer o retrocomissionamento do sistema após alguns anos de uso.
<p>Custo de investimento</p>	<p>Alto</p>
<p>Vantagens</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Atende plenamente refrigeração e renovação de ar - Adequado para grandes extensões de tubulação - Atende grandes necessidades de refrigeração - Permite qualquer sistema de filtragem de ar através dos fancoils. - São capazes de trabalhar com grandes variações de temperatura - Sistema de fácil detecção de vazamentos - os sistemas mais novos conseguem atingir alta eficiência energética
<p>Desvantagens</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto de engenharia complexo, com diversas configurações de circuito e componentes. - Precisa de espaço físico para abrigar as bombas hidráulicas, chiller, casa de máquinas, etc. - O balanceamento dos dutos é um problema frequente - Dificuldade de ampliação da rede - A programação dos sistemas precisa ser bem feita e a automação é complexa e precisa ser feita à parte. - Os sensores precisam ser corretamente instalados - Exige bom treinamento do operador para funcionamento do sistema.

f. Bombas de calor



Figura 69. Bomba de calor. Fonte: Energysvc (2018). Disponível em <<https://www.energysvc.com/heat-pump-tips/>> (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 26 – Bombas de calor.

Bombas de calor	
Modalidade	Refrigeração e Aquecimento
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas)	Residencial (casa, prédio e condomínio), Comercial, Hotel
O que é?	<p>Muito conhecido em outros países como <i>Heat pumps</i>, as bombas de calor são unidades acionadas por eletricidade (compressão), gás ou água quente (absorção), com a característica de transferir calor de uma fonte de baixa temperatura a um ambiente de temperatura elevada (por exemplo a partir de ar externo de baixa temperatura ou água subterrânea). Utilizando o princípio inverso à tecnologia encontrada nos refrigeradores residenciais, as bombas de calor conseguem fazer resfriamento no verão, aquecimento no inverno e aquecimento de água em uma única instalação. A transferência de calor pode ser feita através de métodos de compressão do vapor, absorção ou processos químicos e a fonte de calor pode ser um rejeito térmico (gás de exaustão, água quente) ou uma fonte natural (ar externo, corpos de água e geotermia).</p> <p>É uma tecnologia com alto grau de adaptação à disponibilidade e a demanda. Existem aplicações com múltiplas unidades atendendo zonas ou ambientes em circuito fechado de distribuição de água (comum em edifícios comerciais), aplicações residenciais com uma única unidade e aplicações industriais com ciclos modificados de vapor, gases e efluentes.</p> <p>Os tipos de sistemas se classificam segundo a fonte, meio de rejeição de calor, fluido de distribuição, ciclo termodinâmico, estrutura do edifício, tamanho e configuração (vertical ou horizontal). Alguns dos modelos mais utilizados são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bomba de calor ar/água - Bomba de calor ar/ar - Bomba de calor água/água
Capacidade típica de refrigeração	Unidades a ar: 1,4 a 28 TR Unidades com VRF: 0,5 a 8,5 TR Unidades a água: 8 a 35 TR Sistemas aplicados: 2 TR a 12,5 kTR
Faixas usuais de COP (W/W) nominal do compressor	3,5 a 5

<p>Como escolher um equipamento eficiente? Quais são as boas práticas para um projeto eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Considerar um histórico confiável de temperatura para rejeição ou ganho do calor no local, seja ar ou água. - Considerar a separação dos circuitos de água quente e água gelada em caso de ser necessária rejeição de calor com sistemas como torres de resfriamento - Avaliar a melhor configuração: individual, central modular, central de grande porte, e a necessidade de aquecimento ou resfriamento complementar.
<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Manter o ambiente em uma temperatura entre 22°C e 24°C, pois evita gastos de energia desnecessários e é mais adequado ao corpo humano. - Fechar portas e janelas enquanto o equipamento estiver ligado. - Desligar o equipamento quando não houver ocupação e em horário de almoço. - Fazer a manutenção adequada e limpar os filtros periodicamente.
<p>Custo de investimento</p>	<p>Médio</p>
<p>Vantagens</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Permite a realização de aquecimento, resfriamento e produção de água quente. É um sistema de climatização integral com uma única instalação - Possui diversas aplicações - Permite fazer a recuperação de calor de outros processos - É um sistema amplamente utilizado em residências em outros países - É adequado tanto para sistemas individuais quanto centralizados, de fácil instalação e disponibilidade em múltiplas capacidades com alta eficiência energética
<p>Desvantagens</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Produz ruído do compressor e ventilador - Requer tubulação de condensação - É pouco utilizado no mercado brasileiro - Não possui grande disponibilidade de venda e suporte técnico - Diminui o rendimento de acordo com a temperatura externa - São necessárias configurações específicas de equipamentos em locais com temperatura abaixo de 0° C para evitar congelamento - Pode ser necessário um sistema complementar de ventilação.

A seguir estão descritos sistemas e equipamentos específicos para aquecimento.

g. Portáteis



Figura 70. Sistema de aquecimento portátil. Economicashop (2018). Disponível em <<http://www.economicashop.com.br/aquecedor-a-oleo-britania-ab1500-branco1500w/p/6747/>> (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 27 – Sistemas de aquecimento portáteis.

Portáteis	
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas)	Residencial casa
O que é?	Equipamento de aquecimento elétrico portátil. Podem aquecer através de sistemas: - lâmpadas halógenas - a óleo - termoventiladores
Como escolher um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?	- Deve ser usado apenas em locais com pouca necessidade de aquecimento (horas por ano) - Priorizar a compra de modelos certificados pelo Inmetro
Como fazer um uso eficiente?	- Verificar se a voltagem da tomada é igual à do aparelho - Não utilizar em locais úmidos, como o banheiro - Não deixar encostado em móveis ou objetos - Fechar portas e janelas enquanto o equipamento estiver ligado - Desligar o equipamento quando não houver ocupação e em horário de almoço - Fazer a manutenção adequada
Custo de investimento	baixo

<p>Vantagens</p>	<ul style="list-style-type: none"> - práticos, portáteis, baratos - sem necessidade de instalação - seguros - leves - sistemas à óleo não ressecam muito o ambiente e são mais eficiente que outros modelos
<p>Desvantagens</p>	<ul style="list-style-type: none"> - é o mais ineficiente dentre os sistemas de aquecimento - não é recomendado para espaços amplos - não distribui o calor uniformemente

h. Sistemas à biomassa (lenha, carvão vegetal, pellets, resíduos sólidos, etc)



Figura 71. Sistema de aquecimento por biomassa. Fonte: Vermont (2018). Disponível em <<http://fpr.vermont.gov/woodpellets>> (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 28 - Sistemas de aquecimento a biomassa.

Sistemas a biomassa (lenha, carvão vegetal, pellets, resíduos sólidos, etc)	
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas)	Residencial (casa, prédio e condomínio), hotel
O que é?	<p>Aquecimento através da queima de lenha e/ou carvão vegetal em fornos ou lareiras. Deve ser utilizado nas regiões onde há disponibilidade desses materiais.</p> <p>Outra opção é usar os pellets de madeira, que são biocombustíveis sólidos feitos a partir de serragem, maravalha de madeira, bagaço da cana-de-açúcar, entre outros.</p> <p>É possível também fazer biodigestão de resíduos orgânicos para produzir biogás, que pode ser utilizado para cocção e aquecimento de água.</p>
Como escolher um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?	- Escolher caldeiras ou fornalhas eficientes
Como fazer um uso eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Fechar portas e janelas enquanto o equipamento estiver ligado - Desligar o equipamento quando não houver ocupação e em horário de almoço - Fazer a manutenção adequada
Custo de investimento	baixo
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - considerada uma energia renovável - pellets possuem maior poder calorífico que lenha - pellets são feitos a partir da reciclagem de outros materiais e são fáceis de transportar e armazenar
Desvantagens	No caso da lenha, depende de disponibilidade do material no local e espaço para armazenagem

i. Sistemas centrais: água quente



Figura 72. Caldeiras. Fonte: Tecnigas (2015). Disponível em <<https://www.tecnigas.pt/servi%C3%A7os/caldeiras/>> (Acesso em 26/06/2018).

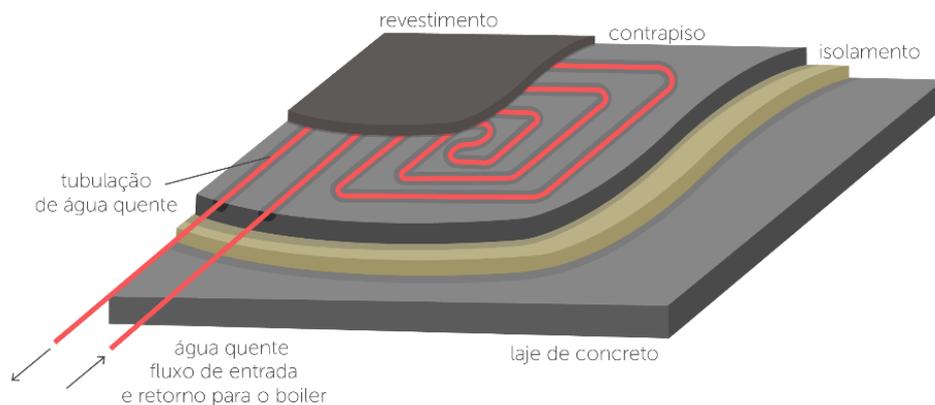


Figura 73. Esquema de piso radiante. Fonte: elaboração dos autores., 2018.

Tabela 29 – Sistema de aquecimento centrais: Água quente.

Sistemas centrais: água quente	
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas)	Residencial (casa, prédio e condomínio), hotel
O que é?	<ul style="list-style-type: none"> - Aquecimento central por boiler ou caldeiras - Pode ser à gás Liquefeito de Petróleo (GLP), gás natural (GN), óleo ou outros derivados de petróleo <p>A distribuição pode ser feita por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Radiadores - Aparelhos à convecção - Piso radiante
Como escolher um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Fazer o dimensionamento adequado - Priorizar a compra de modelos eficientes etiquetados pelo Inmetro - Escolher ventiladores e bombas eficientes - Fazer um bom isolamento térmico de toda a tubulação - Instalar reservatórios de água quente com isolamento térmico adequado e aquecedor em local protegido permanentemente contra intempéries e com ventilação adequada
Como fazer um uso eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Fechar portas e janelas enquanto o equipamento estiver ligado - Desligar o equipamento quando não houver ocupação e em horário de almoço - Fazer a manutenção adequada
Custo de investimento	médio/alto
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Atinge eficiências de combustão de 90% - Aquecimento à gás: mais eficiente, mas precisa acesso à rede de gás - Atende grandes áreas e edificações.
Desvantagens	Necessita de espaço físico para instalação dos boilers e tubulações

4.3.3. Equipamentos complementares para eficiência ou conforto

a. DOAS

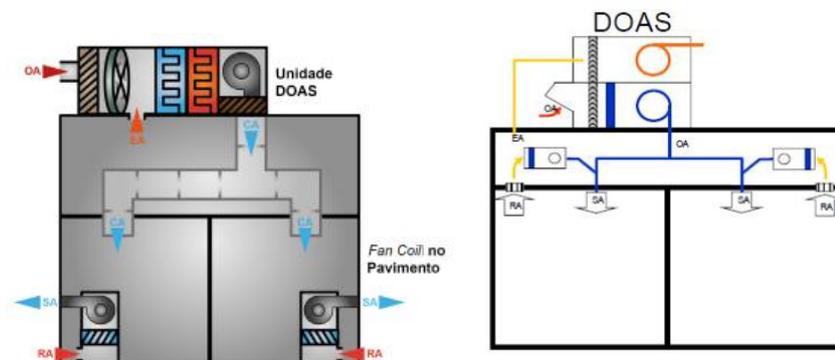


Figura 74. DOAS. Fonte: MMA (2016). Disponível em <http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/phb/projeto_gerenciamento_chillers/cursos/1365.pdf> (Acesso em 26/06/2018).

DOAS	
Ponto de destaque	Um sistema DOAS trata apenas a temperatura e umidade do ar externo, permitindo uma melhor qualidade de ar interno, e reduzindo a carga térmica do sistema de resfriamento
Tipologias	Escritórios Hotéis
Custo de investimento	Médio
O que é? Como funciona?	<p>"Dedicated Outdoor Air System", ou Sistema Dedicado para Ar Externo trata apenas o ar externo, retirando assim a carga térmica causada pela umidade e temperatura externa. Geralmente é usado quando há um sistema central de ventilação para renovação de ar.</p> <p>O DOAS é composto de um sistema rooftop, de condensação de ar ou água, que trata o ar externo. Esse tratamento pode incluir resfriamento, desumidificação, umidificação, e/ou aquecimento, dependendo da característica do ar externo e da condição interna desejada. Pode haver troca de calor e/ou umidade entre o ar de retorno e o ar de insuflamento.</p> <p>O ar é insuflado para o ambiente na condição "neutra", ou seja, sem afetar a temperatura do ambiente por uma rede de dutos . A quantidade de ar tratado e insuflado depende da ocupação e é definida pela taxa necessária de renovação para manter uma qualidade adequada do ar interno.</p> <p>Este sistema permite um controle rigoroso da qualidade de ar interno, uma qualidade melhor e também a integração com outros equipamentos, que poderão reduzir o consumo de energia do sistema como um todo.</p> <p>Portanto, o DOAS não é responsável por manter a temperatura e/ou umidade relativa desejada no ambiente. É preciso um sistema secundário de condicionamento para isso. Como esse sistema secundário de condicionamento não terá que retirar as cargas latentes devido á umidade do ar, precisará trabalhar menos.</p>

	<p>Pode parecer que um sistema adicional aumente o consumo energético em comparação a um sistema convencional, porém desacoplar a carga térmica interna pelo ar externo permite uma economia de energia no sistema como um todo.</p>
<p>Quais são as opções e como escolher?</p>	<p>O tipo de equipamento mais usado para DOAS é o Rooftop, pela facilidade de incorporar diferentes componentes como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aquecimento por resistência ou a gás ou com bomba de calor - resfriamento de ar ou de água (para sistema de água gelada) - instalação externa ou interna <p>Um projeto de ar condicionado deverá ser contratado para avaliar os elementos necessários, dado a temperatura e umidade relativa externa do local onde será instalado</p>
<p>Como escolher um equipamento eficiente?</p>	<p>Dependerá da eficiência do equipamento de refrigeração, definido pelo seu COP, e a eficiência dos componentes auxiliares (ventiladores, aquecedores etc.)</p> <p>Deve ter um controle da vazão de ar externa requerida para variar conforme a quantidade de pessoas no ambiente</p>
<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<p>1. A configuração mais eficiente é ter um chiller (ou conjunto de chillers) dedicado ao DOAS para poder operá-lo nas temperaturas de entrada e saída mais elevadas, possibilitando assim um consumo mais eficiente. Os dispositivos de resfriamento nos ambientes podem ser fancoils ou vigas frias alimentados de água gelada de um outro chiller, ou podem ser do tipo split ou VRF.</p> <p>2. O DOAS também pode ser integrado em um sistema de água gelada existente, que sirva outros dispositivos de resfriamento (fancoils, vigas frias, etc.). Porém neste caso, há uma perda de eficiência em comparação à opção 1. Nesta configuração será crítica uma lógica de controle muito robusta.</p> <p>3. A outra opção é de instalar um DOAS do tipo "packaged", com um chiller atendendo os dispositivos de resfriamento dos ambientes. Isso permitirá que o sistema de água gelada trabalhe com uma temperatura de água mais elevada,</p>

	<p>ganhando assim eficiência.</p> <p>A configuração mais eficiente é um DOAS "packaged" ou com chiller dedicado, com um sistema de água gelada com vigas frias como dispositivos de resfriamento nos ambientes.</p>
Custo de operação	<p>Reduz a carga térmica e, portanto, o custo de operação do sistema de condicionamento.</p>
Quando é recomendável?	<ul style="list-style-type: none"> - Recomendável quando há uma demanda crítica das condições de temperatura e umidade relativa do ambiente interno - Por garantir a renovação de ar adequada, deveria ser obrigatório em instalações de sistemas com VRF, splits e fancoletes. - Altas eficiências de sistema podem ser obtidas pela integração com um sistema central de água gelada e, mais ainda, com vigas frias.
Vantagens e desvantagens	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Melhora a qualidade do ar interno (umidade e temperatura) - Reduz o consumo do sistema como um todo - Tem potencial de integração com sistemas de recuperação de calor pelo retorno - Garante que somente a quantidade necessária de ar externo é tratada <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Precisa de rede de dutos e/ou plenum para distribuição de ar (pode afetar layout) - Precisa de um processo de medição e balanceamento mais rigoroso - Precisa de área técnica para planta (interna ou externa)

b. Roda entálpica

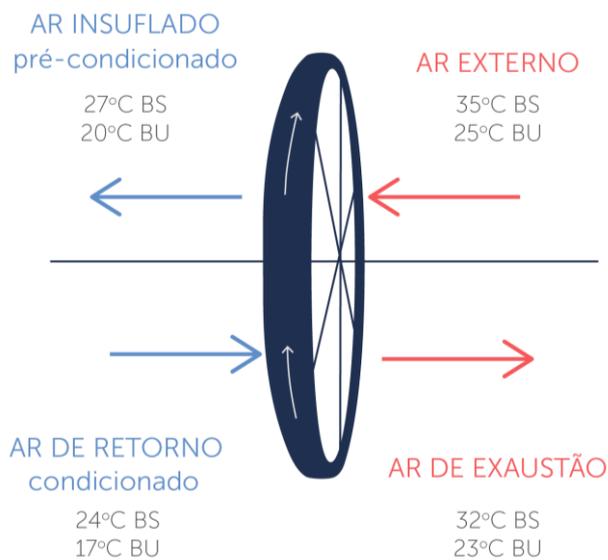


Figura 75. Roda Entálpica. Fonte: Bioclimaticarquitetura (2018). Disponível em <<http://www.bioclimaticarquitetura.com.br/2009/07/recuperador-de-energia-roda-entalpica.html>> (Acesso em 26/06/2018).

Roda Entálpica	
Ponto de destaque	<p>Uma roda entálpica pode permitir uma economia de energia significativa pela recuperação de energia pelo ar de retorno. Quando o ar externo estiver mais quente e úmido que o interno, é pré-tratado antes de ser condicionado.</p> <p>Ao contrário dos "recuperadores de calores", a roda entálpica permite a recuperação de temperatura e de umidade.</p>
Tipologias	<p>Escritórios Shopping Hotéis</p>
Custo de investimento	Médio.
O que é? Como funciona?	<p>É composta de uma roda que gira com fluxos cruzados de ar de expurgo e ar externo. O ar de expurgo de edifício (geralmente seco e a temperatura ambiental ideal, relativamente ao ar externo) passa através da roda, "resfriando-a". O fluxo de ar externo que irá ser condicionado e insuflado no ambiente (que geralmente está quente e úmido) também passa pela roda, sendo resfriado e desumidificado. Isso resulta em uma carga de resfriamento e/ou desumidificação reduzida, ou eliminada.</p> <p>Isso evita que o ar de retorno do edifício seja descartado sem o aproveitamento da sua temperatura mais baixa que o ar externo, que por sua vez, deve ser resfriado.</p> <p>Esse sistema apenas irá trazer economias de energia quando as condições do ar interno e externo estão favoráveis a serem aproveitadas. Ou seja, quando o ar externo é quente e úmido em relação ao ar interno. Se o ar externo for mais frio e/ou mais seco que o ar interno, o uso da roda irá aumentar o consumo energética do sistema, já que deveria ser aproveitado o "frio" do ar externo para evitar o resfriamento com o sistema de ar condicionado. É preciso ter um controle de operação da roda adequado para evitar que a roda opere quando as condições são desfavoráveis.</p>

<p>Quais são as opções e como escolher?</p>	<p>A roda entálpica deverá ser dimensionada conforme as condições anuais de temperatura e umidade relativa e as cargas internas previstas. Dependendo da potência da roda e das condições climáticas externas, haverá um <i>setpoint</i> de temperatura e umidade relativa externa que definirá se a roda deve operar ou não. O custo-benefício de incluir uma roda entálpica no sistema deve ser analisado por uma simulação energética anual, para garantir que o clima proporciona uma grande quantidade de horas favoráveis à operação do sistema. O comissionamento do sistema junto ao sistema de controle e outros equipamentos de AVAC será muito importante.</p>
<p>Como escolher um equipamento eficiente?</p>	<p>A eficiência de uma roda entálpica depende principalmente do dimensionamento e da programação de operação. Dependendo da potência da roda e das condições climáticas externas, haverá um <i>setpoint</i> de temperatura e umidade relativa externa que definirá se a roda deve operar ou não. O outro fator importante na escolha da roda entálpica é a potência do motor que faz a roda girar. Deve ser escolhido um com nível A do Inmetro.</p> <p>Rodas entálpicas podem ser usadas tanto em modo de resfriamento quanto em modo de aquecimento.</p>
<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<p>Deve ser integrada com uma lógica de controle robusta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - apenas operar quando a temperatura e umidade externa estiverem acima do <i>setpoint</i> - apenas operar quando houver demanda de ar externo para renovação de ar (portanto, interligado com a ocupação)
<p>Custo de operação</p>	<p>Reduz a carga térmica e, portanto, o custo de operação do sistema de condicionamento</p>
<p>Quando é recomendável?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - clima local quente e úmido, e com demanda de controle de umidade no ambiente interno - Melhor quando integrado em um sistema DOAS, dedicado ao ar externo

<p>Vantagens e desvantagens</p>	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduz o consumo do sistema de resfriamento, quando operado corretamente <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pode ocupar um grande espaço no edifício - Precisa de um sistema de controle e automação muito bom
--	--

c. Recuperador de calor

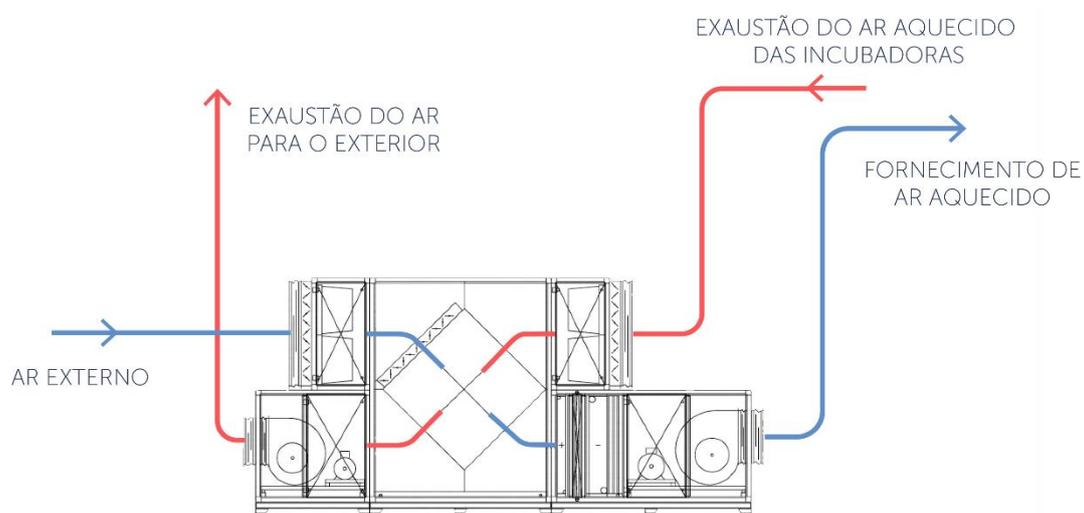


Figura 76. Recuperador de calor. fonte: Amanac (2015). Disponível em <<http://amanac.eu/wiki/total-heat-exchanger-for-energy-recovery-ventilation/>> (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 32 - Recuperador de calor.

Recuperador de calor	
Ponto de destaque	Permite a recuperação de calor do ar de expurgo do edifício, pré-resfriando assim o ar externo antes de ser condicionado e insuflado no ambiente.
Tipologias	Escritórios Hotéis
Custo de investimento	Baixo
O que é? Como funciona?	<p>Um recuperador de calor, ou "trocador" de calor, permite que o fluxo de ar de expurgo (menos quente que o ar externo) resfrie o ar externo. Isso é feito pela passagem de ar de expurgo por placas finas metálicas, resfriando-as. O ar externo também está em contato com essas placas metálicas, sendo resfriado sem a necessidade de mistura dos dois fluxos de ar.</p> <p>Assim o ar externo é pré-resfriado e a carga de resfriamento é reduzida, ou eliminada.</p> <p>Na prática é um aproveitamento do "frio" que está saindo de uma ambiente condicionado, para pré-resfriar o ar novo que está entrando no sistema.</p>
Quais são as opções e como escolher?	Os recuperadores variam com relação à eficiência da troca de calor (pela quantidade de placas no trocador) e ao tamanho (que depende do fluxo de ar de insuflamento e de retorno).
Como escolher um equipamento eficiente?	<p>O que afeta a eficiência do trocador de calor é a quantidade de placas, que são as superfícies pelas quais é transferido o calor.</p> <p>Uma eficiência média da troca de calor possíveis com esses tipos de recuperadores é de 70%.</p> <p>Recuperadores de calor podem ser usados tanto em modo de resfriamento quanto em modo de aquecimento.</p>

<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<p>Deve ser integrado com uma lógica de controle robusta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - apenas operar quando a temperatura externa estiver acima do <i>setpoint</i> - apenas operar quando houver demanda de ar externo para renovação de ar (portanto, interligado com a ocupação)
<p>Custo de operação</p>	<p>Não há custo adicional de operação direto. Haverá um aumento marginal do consumo dos ventiladores, pelo aumento das perdas de carga no sistema de distribuição de ar, porém é baixo comparado às economias.</p>
<p>Quando é recomendável?</p>	<p>- Sempre recomendável quando há um sistema centralizado e dutado de renovação de ar, por exemplo um DOAS, para aproveitar dos momentos em que a temperatura externa está mais alta que a temperatura de expurgo.</p>
<p>Vantagens e desvantagens</p>	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduz o consumo do sistema de resfriamento. - É um sistema passivo, sem consumo de energia. - É pequeno em tamanho. <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> -É necessário realizar cálculos para evitar contrapressão e necessidade de manutenção do trocador, evitando assim problemas no retorno de ar

d. Termoacumulação



Figura 77. Sistema de Termoacumulação. Fonte: Sistemas de ar condicionado (2018). Disponível em: < <http://www.sistemasdearcondicionado.com.br/2008/11/sistemas-de-termoacumulao.html> > (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 33 - Termoacumulação.

Termoacumulação	
Ponto de destaque	Permitem o armazenamento de água gelada para sistemas centrais de água geladas (CAG) que possam ser produzida em horários de energia mais barata (por exemplo, à noite) ou para atender às demandas de pico de calor.
Tipologias	Escritórios Shopping Hotéis
Custo de investimento	Médio
O que é? Como funciona?	<p>Em um sistema central de água gelada com tanques de termoacumulação é possível operar os <i>chillers</i> durante a noite, por exemplo, quando a tarifa de eletricidade é menor. Assim, a água gelada produzida pelos <i>chillers</i> é armazenada em reservatórios e circulada durante o dia em <i>fancoils</i> para distribuição nos ambientes. Também é possível usar os tanques de termoacumulação para desligar os <i>chillers</i> no horário de ponta, quando a eletricidade é mais cara.</p> <p>Tanques de termoacumulação também podem atender demandas de pico de calor. Ao invés de aumentar a quantidade de <i>chillers</i> para atender os picos de calor (dos quais há relativamente poucas horas), pode ser usada a estratégia descrita acima (uso de água gelada produzida durante a noite) com os <i>chillers</i> também usados durante o dia.</p> <p>Uma outra aplicação de tanques de termoacumulação é na redução do pico de demanda elétrica no edifício. Operando os <i>chillers</i> à noite, o pico de demanda associado a eles não está adicionado ao pico de demanda pelos outros sistemas, que geralmente acontece durante o dia. Assim, reduz o risco de ultrapassagem da demanda contratada.</p>

<p>Quais são as opções e como escolher?</p>	<p>Tanques de termoacumulação nada mais são que reservatórios para armazenamento de água gelada. Portanto, devem ter um bom isolamento térmico para manter a temperatura desejada. O dimensionamento deve ser feito conforme a estratégia de uso: por exemplo, se for para operar os <i>chillers</i> apenas de noite, devem ser dimensionados para caber o volume de água gelada demandado pelo edifício em um dia. Se for para poder desligar os <i>chillers</i> durante o horário de ponta, devem ser dimensionados para caber o volume de água gelada demandado pelo edifício durante o horário de ponta.</p>
<p>Como escolher um equipamento eficiente?</p>	<p>As principais características que afetarão a eficiência do sistema é o isolamento do reservatório (quanto mais, melhor), e o tamanho dos tanques. Quanto maior a área do tanque, maior o ganho de calor da água armazenada. Portanto, se o tanque for superdimensionado em relação à demanda, haverá perda desnecessária de frio.</p>
<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<p>Deve ser integrado com uma lógica de controle robusta e flexível. Os <i>chillers</i> devem ser programados para operar apenas conforme a estratégia definida (à noite, ou quando tem um pico de demanda)</p> <ul style="list-style-type: none"> - ter um controle rigoroso da temperatura da água armazenada, para evitar circulação de água quente pelo edifício
<p>Custo de operação</p>	<p>Não há custo adicional de operação. Pode reduzir o custo de operação por permitir aos <i>chillers</i> operarem nos horários de eletricidade mais barata.</p>
<p>Quando é recomendável?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sempre irá reduzir o custo de operação de um sistema central de água gelada. Portanto, recomendável quando há o espaço para a instalação
<p>Vantagens e desvantagens</p>	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduz o custo de operação do sistema de água gelada - É um sistema passivo, sem consumo de energia. - É fácil a manutenção <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ocupa muito espaço, dependendo da capacidade dos reservatórios.

e. Vigas frias

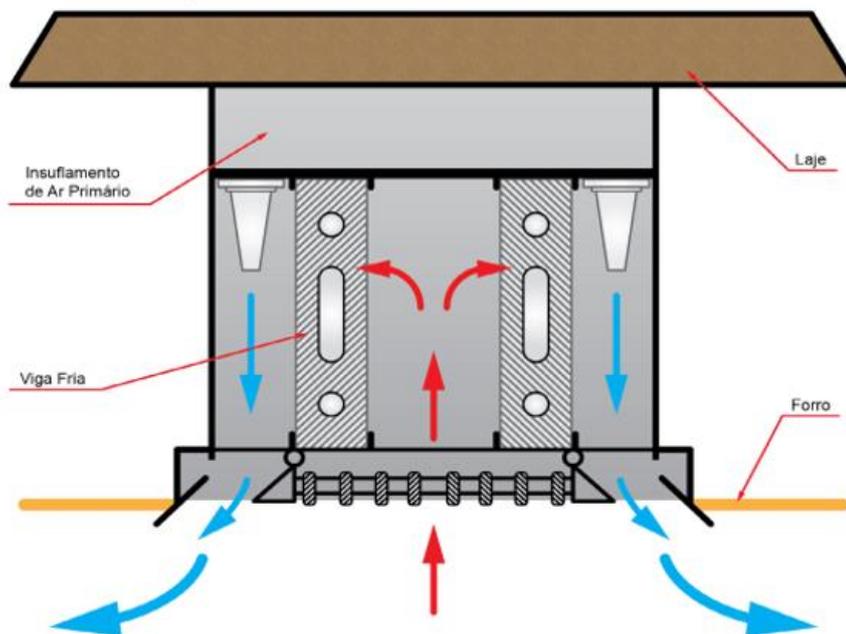


Figura 78. Vigas frias. Fonte: MMA (2018). Disponível em: <http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/phb/projeto_gerenciamento_chillers/cursos/1365.pdf> (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 34 - Vigas frias ativas.

Vigas frias ativas	
Ponto de destaque	Vigas frias são dispositivos de resfriamento de ambiente com circulação de água gelada em temperatura mais elevada que a temperatura de orvalho do ar do ambiente (que está geralmente em torno de 13°C).
Tipologias	Escritórios Galerias, centros de exposição
Custo de investimento	Alto.
O que é? Como funciona?	<p>Em um sistema com vigas frias, água "fria" é circulada pelo forro, em serpentinas. O ar primário, pré-tratado por um DOAS, passa pela serpentina de água fria, e é insuflado no ambiente. Além disso, há um difusor pelo qual ar de retorno do ambiente é puxado e entra em contato com a viga fria, sendo resfriado, assim retirando o calor sensível produzido no ambiente pelos equipamentos e pessoas.</p> <p>O fato que a temperatura da água pode estar mais alta do que em um sistema de água gelada convencional significa uma economia de energia dos chillers. Esse sistema também permite que os dutos para distribuição do ar fiquem menores.</p> <p>Haverá condensação na superfície da viga quando a temperatura da viga for menor que a temperatura de orvalho do ar do ambiente. A temperatura de orvalho do ar do ambiente depende da umidade relativa e da umidade absoluta. Portanto, é preciso ter um bom controle de umidade do ambiente (por exemplo, não ser um ambiente com ventilação natural).</p>
Quais são as opções e como escolher?	Deve ser feito um projeto específico para especificação de todas as variáveis do sistema.
Como escolher um equipamento eficiente?	A viga fria deverá ser escolhida e dimensionada conforme o volume de ar primário (o volume de ar insuflado pelo DOAS). As temperaturas de circulação da água gelada deverá ser definida conforme ao fluxo de ar primário. É preciso fazer um projeto técnico para definição de todas as variáveis e especificações.

<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<p>É preciso ter controle rigoroso da temperatura e umidade interna a fim de evitar condensação nas vigas. É importante lembrar que não se deve deixar entrar ar externo descontroladamente, ou seja, essa estratégia não pode ser usada com ventilação natural. Para melhor desempenho, deve ser integrado com um sistema de DOAS, já que o DOAS permite um bom controle do ar interno.</p>
<p>Custo de operação</p>	<p>Se tiver DOAS, custo operacional adicional é de circulação de água, que é relativamente baixo. O sistema permite a instalação de dutos menores, assim economizando na energia gasta em ventiladores.</p>
<p>Quando é recomendável?</p>	<p>- Quando há um sistema central de água gelada e DOAS, sem ventilação natural.</p>
<p>Vantagens e desvantagens</p>	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menor consumo dos chillers, pelas temperaturas mais elevadas da água gelada. - Menor vazão de ar pelos dutos, e portanto, menor diâmetro dos dutos. - Casas de máquinas menores. - Melhor conforto dos usuários, devido à temperatura mais alta e vazão reduzida do ar insuflado. <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Restrito a uso com sistemas específicos.

f. Superfícies radiantes (forro gelado e piso radiante)

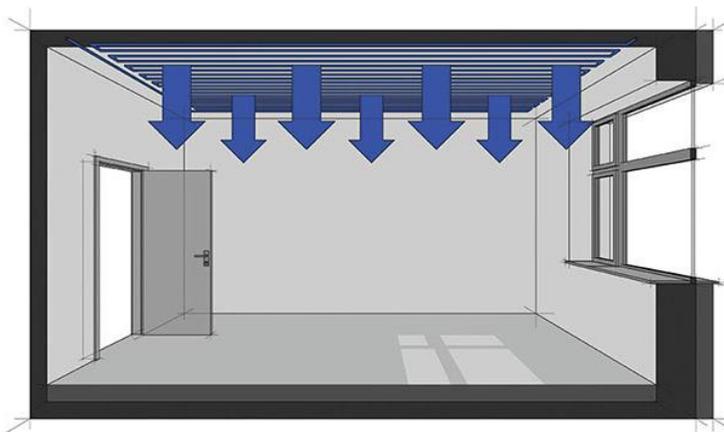


Figura 79. Teto radiante. Fonte: Powermatic (2016). Disponível em <<http://powermatic.com.br/teto-radiante-nos-hospitais-x-sistema-de-ar-condicionado-convensional/>> (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 35 - Superfícies radiantes.

Superfícies radiantes (por exemplo: forro gelado, piso radiante)	
Ponto de destaque	Dispositivos de resfriamento pela circulação de água "fria" no forro ou no piso. As superfícies frias proporcionam resfriamento pela diminuição da temperatura radiante.
Tipologias	Escritórios Galerias, centros de exposição
Custo de investimento	Alto.
O que é? Como funciona?	<p>Com uma temperatura mais baixa nas superfícies, o usuário tem uma sensação térmica mais baixa que a temperatura do ar. Isso é porque o corpo humano consegue trocar calor com superfícies frias por radiação.</p> <p>O sistema consiste em uma serpentina de água "fria" (em até 20°C) embutida no forro, na própria laje, ou no piso.</p> <p>Esse sistema retira os ganhos de calor sensíveis, porém haverá necessidade de um sistema separado de ventilação que atenderá às necessidades de renovação de ar, pré-tratando o ar externo por um DOAS.</p> <p>É crucial que o ar externo seja pré-tratado para evitar condensação. Haverá condensação na superfície fria se a temperatura de orvalho do ar no ambiente estiver abaixo da temperatura da superfície.</p>
Quais são as opções e como escolher?	As opções estão entre a superfície fria sendo o forro ou o piso. É importante destacar que as trocas de calor por radiação entre o ocupante e a superfície depende se a superfície sendo descoberta, "em vista" da pessoa. Portanto, se a superfície for obstruída (por exemplo, por painéis acústicos, luminárias, ou móveis), a capacidade de refrigeração será reduzida.

<p>Como escolher um equipamento eficiente?</p>	<p>Quanto mais elevada a temperatura de circulação da água, menor o consumo de energia do sistema, porém maior a área de superfície necessária para proporcionar a mesma capacidade de resfriamento. Também quanto mais elevada a temperatura de circulação de água, menos o risco de condensação (ou seja, mais baixa a temperatura de orvalho do ar no ambiente).</p> <p>Portanto, é necessário fazer um estudo técnico das temperaturas de operação do sistema, junto com uma estratégia de controle e automação robusta.</p>
<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<p>É necessário ter controle rigoroso da temperatura e umidade interna a fim de evitar condensação nas vigas. É importante lembrar que não se deve deixar entrar ar externo descontroladamente, ou seja, essa estratégia não pode ser usada com ventilação natural. Para melhor desempenho, deve ser integrado com um sistema de DOAS, já que o DOAS permite um bom controle do ar interno.</p> <p>Também é preciso lembrar de não obstruir áreas das superfícies frias que foram projetadas como sendo expostas.</p>
<p>Custo de operação</p>	<p>O custo de operação deste sistema é baixo, já que permite a operação dos chillers com uma temperatura de água gelada mais elevada. O custo adicional desta tecnologia é nas bombas de circulação de água pelas serpentinas, porém é relativamente baixo.</p>
<p>Quando é recomendável?</p>	<p>- Quando há um sistema central de água gelada e DOAS, sem ventilação natural.</p>
<p>Vantagens e desvantagens</p>	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menor consumo dos <i>chillers</i>, pelas temperaturas mais elevadas da água gelada. - Melhor conforto dos usuários, devido à temperatura mais alta, e ausência de barulho de ventiladores. <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Restrito a uso com sistemas específicos. - Alto custo, e relativamente pouco conhecido no Brasil.

g. Geotermia

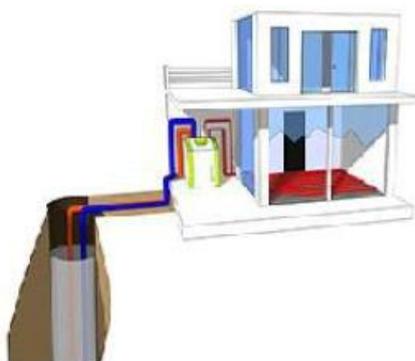


Figura 80. Furo geotérmico. Fonte: Mundagua. Disponível em https://www.mundagua.com/images/catalogos/catalogo_206.pdf (Acesso em 26/06/2018).
Tabela 36 – Geotermia.

Geotermia	
Ponto de destaque	A estratégia envolvendo geotermia aproveita o fato que algumas dezenas de metros abaixo do solo, a temperatura é relativamente estável durante todo o ano, uma vez que chega a profundidade suficiente. Em climas quentes, pode circular água ou ar debaixo da terra, como pré-resfriamento em um circuito de água gelada, para distribuição diretamente nos ambientes, ou para uso com uma bomba de calor.
Tipologias	Residencial Escritórios Galerias, centros de exposição
Custo de investimento	Alto.
O que é? Como funciona?	<p>A forma mais comum de se aplicar esta tecnologia é por "captação vertical", onde um fluido refrigerante (por exemplo glycol) é circulado em circuitos fechados em até 80-150m de profundidade.</p> <p>Com bomba de calor: No verão, quando o solo se encontra em uma temperatura mais baixa que a temperatura ambiente, o sistema funciona com uma bomba de calor pela qual o fluido transfere o calor do ambiente para o solo por evaporação através de uma unidade evaporadora no ambiente (parecida com uma unidade interna de um sistema split). Pode também ser transferida para água, com a finalidade de produzir água quente.</p> <p>Nos momentos em que o solo encontra-se em uma temperatura mais alta do que o ambiente (no inverno com climas mais frios), já a bomba de calor está operada em circuito invertido. O solo serve como fonte de calor, e o calor é transferido ao ambiente.</p> <p>Sem bomba de calor: Também é possível circular a água pelo circuito no solo no verão, em uma temperatura mais baixa que a temperatura do ambiente. Portanto, a água pode ser circulada pelas serpentinas de um sistema</p>

	<p>de vigas frias ou superfícies radiantes, proporcionando um resfriamento por radiação.</p>
<p>Quais são as opções e como escolher?</p>	<p>Deve-se realizar uma análise das condições do solo, tanto das características geotécnicas quanto da capacidade de rejeição de calor permitida. Rejeição de calor no solo pode afetar o ecossistema, portanto geralmente haverá limites das vazões permitidas e capacidades de rejeição de calor que deverão ser respeitadas.</p> <p>A decisão de usar uma bomba de calor dependerá das demandas de calefação e de água do edifício. O custo benefício da instalação será mais interessante pela possibilidade de inverter o ciclo para produzir frio e calor.</p> <p>Para instalações onde o edifício não há demanda de calefação ou demanda significativa de água quente, o uso da água resfriada pelo solo pode ser mais interessante, por ser significativamente mais barato, particularmente se tiver um sistema de vigas frias ou superfícies radiantes.</p>
<p>Como escolher um equipamento eficiente?</p>	<p>Essa tecnologia precisa de diversos estudos de viabilidade, por depender muito em condições locais, e da integração com os outros sistemas.</p>
<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<p>O projeto do sistema pode ser complexo, portanto é importante ter um bom comissionamento do sistema para garantir que esteja entregue conforme previsto, e que o usuário do edifício saiba como operar.</p>
<p>Custo de operação</p>	<p>As duas opções, com bomba de calor e com uso de água diretamente, podem proporcionar um consumo energético significativamente reduzido, por serem fontes muito eficientes de transferência de calor.</p>
<p>Quando é recomendável?</p>	<p>Recomendável quando há espaço para realizar os furos subterrâneos, demandas de calefação e/ou água quente, ou quando há sistemas de vigas frias ou superfícies frias.</p> <p>Mais indicado para lugares com temperaturas extremas ou com grande variação diária ou anual.</p>

Vantagens e desvantagens	Vantagens: <ul style="list-style-type: none">- Possibilidade de integrar produção de frio e calor.- Eficiência garantida o ano inteiro. Desvantagens: <ul style="list-style-type: none">- Alto custo, e relativamente pouco usado no Brasil.- Sistema complexo.- Necessidade de espaço para inserir as tubulações.
---------------------------------	---

4.4. Equipamentos

4.4.1. Explicação

O consumo de energia elétrica nos equipamentos depende basicamente de 2 fatores: a **potência elétrica (kW)** do equipamento e o **tempo de uso (h)**.

Quando se trata de potência, é possível otimizar o consumo com a escolha de equipamentos de alto rendimento, ou seja, equipamentos mais eficientes. Já para o fator de tempo, temos a influência do usuário, o que implica em mudanças de hábitos e comportamentos de utilização, a fim de que se tenha um uso consciente. Portanto, ambos são fatores-chave a serem considerados para cada equipamento que será apresentado nesse capítulo.

4.4.2. Conceitos

a. A Lei de Eficiência Energética e o CGIEE: Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (2001)

Em 2001, como resultado Do período de racionamento de energia no país, foi criada a **Lei de Eficiência Energética (nº 10.925)**, que determinou os níveis mínimos de eficiência energética (ou máximo de consumo) de máquinas e aparelhos que consomem energia (elétrica, derivados do petróleo ou outros insumos) fabricados e comercializados no país.

A execução dessa legislação é realizada pelo Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética – CGIEE (Decreto nº 4.059/2001), composto por membros representantes de diversas instituições e da sociedade civil:

- Ministério de Minas e Energia – MME, que o preside;
- Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações – MCTIC;
- Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC;
- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL;
- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP;
- um representante de universidade brasileira, especialista em matéria de energia e
- um cidadão brasileiro, especialista em matéria de energia.

Os equipamentos regulamentados até o momento (2017) pelo CGIEE são:



Figura 81. Equipamentos etiquetados pelo INMETRO. Fonte: INMETRO.

Os selos e etiquetas resultantes da regulamentação de cada equipamento, que podem ser percebidos pelos usuários são:

- A **Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)** do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), emitida pelo INMETRO, classifica os aparelhos no nível de eficiência de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente). Os equipamentos etiquetados da ENCE podem ser consultado em seu site³¹.
- O **Selo Procel** de Economia de Energia, é concedido apenas aos equipamentos mais eficientes da categoria, ou seja, os que atendem ao nível A da ENCE. Os equipamentos etiquetados com o selo procel podem ser consultado em seu site³².
- Já o **Selo Conpet**, é concedido pela Petrobrás, somente para os equipamentos e aparelhos mais eficientes no consumo de combustíveis. Os equipamentos etiquetados com o selo Conpet podem ser consultado em seu site³³.

³¹ <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>

³² <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={B70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA}>

³³ http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/consultas/consulta-de-modelos-etiquetados-e-informacoes-ao-consumidor-13.shtml



Figura 82. Selos e etiquetas que podem ser visualizados pelos usuários. Fonte: Procel.

b. Selo Energy Star.

O Selo Energy Star foi criado em 1992 pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) nos Estados Unidos para indicar eficiência energética e qualidade ambiental de produtos como eletrodomésticos e aparelhos eletrônicos. É uma das etiquetas mais reconhecidas no mercado americano e também pode ser visto aqui no Brasil, principalmente em computadores, impressoras e equipamentos de escritório.



83. Selo Energy Star. Fonte: Energy Star. Fonte: Energystar. Disponível em <<https://www.energystar.gov/products>> (Acesso em 26/06/2018).

4.4.3. Sistemas e componentes:

a. Data center



Figura 84. Data center. Fonte: Disponível em <<https://www.bigrock.in/blog/category/products/hosting/vps-dedicated-servers>> (Acesso em 27/06/2018).



Figura 85. Modelos de UPS / No-breaks. Fonte: Disponível em <<http://www.deltapowersolutions.com/en/mcis/ups.php>> (Acesso em 27/06/2018).

Tabela 37 - Resumo de Sistema de Data Center e principais orientações.

Data Center	
Tipologias aplicáveis	escritório, shopping e retail
Custo de investimento	alto
Definição	<p>Salas de TI, Central de Processamento de Dados (CPDs) ou Data centers são locais onde ficam os sistemas computacionais da edificação, como armazenamento de dados dos servidores, telecomunicações, entre outros.</p> <p>No-breaks, UPS (Uninterruptible Power Supply) ou fonte de alimentação ininterrupta, são sistemas de fornecimento de energia elétrica secundários, compostos por baterias, que protegem e suportam a carga elétrica de computadores e redes em caso de queda de energia elétrica. O tempo estimado de duração das baterias é de 10 a 15 minutos, o suficiente para as pessoas salvarem seus documentos e desligarem o computador ou acionar um gerador de energia.</p>
Representatividade no consumo	Em edifícios comerciais de escritório , o consumo de um data center pode representar de 15 a 50% do consumo total de energia elétrica.
Como comprar um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas que funcionam 24hrs por dia devem ter um sistema de condicionamento de ar separado, para não obrigar grandes sistemas a operarem em faixa de baixo rendimento. - Instalar os CPDs em locais que não recebam insolação direta, e que tenham isolamento térmico das paredes e janelas, se possível. - Se não houver ar condicionado de precisão, comprar splits nível A do Inmetro - Para grandes CPDs, adequar o layout da sala para ter separação de corredores quentes e frios. Posicionar os equipamentos de acordo com os fluxos de resfriamento e exaustão. Colocar sensores de temperatura nos corredores frios. - Para mais informações, consulte o Guia de Eficiência energética em Data Centers³⁴.

34

<http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7B14348C39-735B-4533-8A56-7C036BB40C69%7D&ServiceInstUID=%7B46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1%7D>

<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Manter o setpoint de temperatura na faixa de 21 a 23°C, para mais referências consulte a ASHRAE TC 9.9 - 2011 Thermal Guidelines for Data Processing Environments. - Avaliar a possibilidade de redução da potência de refrigeração instalada nas salas de TI e CPDs. - Trocar no-breaks e unidades UPS por modelos eficientes com modo "Ecomode", permitindo modo by-pass quando não são utilizados. - Calcular o PUE (Power Use Effectiveness) = Energia total consumida pelo data center / Consumo de energia dos equipamentos de TI. - Sendo que a Energia total consumida pelo data center = ar condicionado + iluminação + UPS + equipamentos de TI. - Quanto menor o PUE, maior a eficiência do data center.
--	--

b. Elevadores

Tabela 38 - Resumo de Sistema de Elevadores e principais orientações.

<p style="text-align: center;">Elevadores</p>	
<p>Tipologias aplicáveis</p>	<p>residencial (prédio e condomínio), escritório, shopping, hotel e retail</p>
<p>Custo de investimento</p>	<p>alto</p>
<p>Definição</p>	<p>Sistemas de transporte vertical obrigatório para edificações com mais de 5 pavimentos. Existem várias tecnologias disponíveis para elevadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - chamada antecipada - chamada inteligente - com frenagem regenerativa - zero energia (consumo equivalente à geração)
<p>Representatividade no consumo</p>	<p>Escritórios: Elevadores representam de 3 a 7% do consumo elétrico.</p>

<p>Como comprar um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar cabines com iluminação LED, com sistema de desligamento automático - Optar por sistemas de elevadores com função de standby de ventiladores e componentes, quando não há uso. - Escolher comandos eletrônicos (sem relês) ou sistemas de controle inteligentes por microprocessamento ou chamada antecipada. - Optar por motores de alto rendimento, também com inversores de frequência e frenagem regenerativa. - Observar a classificação de eficiência do elevador de acordo com a metodologia VDI 4707 (2009). - Atender aos requisitos das NBR 5665, 5666, 16083, 12892, 16042, 15597, 10982, 14364, NM 313,207, 196, 267.
<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar, sempre que possível, as escadas para subir ou descer, evitando reduzindo o uso dos elevadores. - Acionar apenas um elevador por vez. - Fazer o revezamento de elevadores, quando não prejudicar a eficiência do serviço, ou criar elevadores com paradas específicas nos horários de pico.

c. Motores e bombas

Tabela 39 - Resumo de Sistema de Motores e Bombas e principais orientações.

<p style="text-align: center;">Motores e bombas</p>	
<p>Tipologias aplicáveis</p>	<p>Residencial (casa, prédio e condomínio), escritório, shopping, hotel e retail</p>
<p>Custo de investimento</p>	<p>médio</p>
<p>Definição</p>	<p>Bombas de água, bombas de recalque e motores elétricos</p>
<p>Representatividade no consumo</p>	<p>Escritório: bombas representam cerca de 1 a 3 % do consumo elétrico</p>

<p>Como comprar um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Priorizar a compra de bombas nível A do Inmetro ou com selo Procel - Ter cuidado para não superdimensionar o tamanho das bombas - Para equipamentos com uso crítico, sempre ter uma bomba reserva. - Priorizar a compra de equipamentos etiquetados pelo Inmetro, ou com selo Procel - Optar por motores de alto rendimento, com inversores de frequência, quando aplicável
<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fazer revezamento periódicos de motores - Programar e realizar a manutenção adequadamente

d. Equipamentos de escritório

Tabela 40 - Resumo de Equipamentos de escritório e principais orientações.

<p>Equipamentos de escritório</p>	
<p>Tipologias aplicáveis</p>	<p>Residencial (casa, prédio e condomínio), escritório, shopping, hotel e retail</p>
<p>Custo de investimento</p>	<p>baixo</p>
<p>Definição</p>	<p>Computadores, monitores, impressoras e ventiladores (piso, teto e parede)</p>
<p>Representatividade no consumo</p>	<p>Escritório: 10 a 25% do consumo elétrico</p>
<p>Como comprar um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Priorizar a compra de ventiladores nível A do Inmetro ou com selo Procel - Priorizar a compra de computadores, monitores e impressoras com o selo do Energy Star.
<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Desligar corretamente os computadores e dispositivos ao final do expediente, durante a noite e finais de semana.

e. Equipamentos de cozinha

Tabela 41 - Resumo de Equipamentos de cozinha e principais orientações.

Equipamentos de cozinha	
Tipologias aplicáveis	Residencial (casa, prédio e condomínio), escritório, shopping, hotel e retail
Custo de investimento	baixo
Definição	Geladeiras, freezers, microondas, fogões e fornos
Representatividade no consumo	Escritório: 3 a 10 % do consumo elétrico
Como comprar um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Priorizar a compra de geladeiras, freezers e microondas nível A do Inmetro, ou com selo Procel - Priorizar a compra de fogões e fornos à gás com o Selo CONPET
Como fazer um uso eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Não deixar a porta da geladeira aberta além do necessário, retirando os alimentos de uma só vez. - Evitar guardar alimentos e líquidos quentes ou sem tampa. - Verificar sempre se a borracha de vedação está em bom estado. - Evitar deixar a geladeira perto de locais quentes, como o fogão, ou muito exposta ao sol. - Regular a temperatura dos equipamentos conforme a estação do ano e a capacidade utilizada. - Evite forrar as prateleiras da geladeira com plásticos ou outros materiais para não prejudicar a circulação interna do ar. - Fazer o degelo periodicamente. - Quando possível, em meses com menos ocupação, esvaziar a geladeira e/ou freezer e desligá-los da tomada, deixando a porta aberta para evitar mofo.

f. Outros equipamentos

Tabela 42 - Resumo de Outros equipamentos e principais orientações.

Outros equipamentos	
Tipologias aplicáveis	Residencial (casa, prédio e condomínio) e hotel
Custo de investimento	baixo
Definição	Televisões, máquina de lavar e secar roupa, som e ferro de passar
Representatividade no consumo	Residências: equipamentos elétricos representam cerca de 15% do consumo de energia
Como comprar um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Priorizar a compra de equipamentos nível A do Inmetro ou com selo Procel - Observar a potência de cada equipamento no momento da compra.
Como fazer um uso eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Procurar juntar as roupas para lavar 1 única vez durante a semana - Juntar as roupas para passar uma única vez durante a semana, com o cuidado de não esquecer ligado. - Desligar os demais aparelhos eletrônicos (televisões e equipamentos de som) após a utilização.

g. Chuveiros

Tabela 43 - Resumo de Sistemas de Chuveiros e principais orientações.

Chuveiros	
Tipologias aplicáveis	Residencial (casa, prédio e condomínio) e hotel
Custo de investimento	baixo
Definição	chuveiro elétrico e a gás

<p>Representatividade no consumo</p>	<p>Residências: chuveiros elétricos representam cerca de 25% do consumo de energia</p>
<p>Como comprar um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar dispositivos temporizadores para chuveiros elétricos, que desligam o chuveiro após 5 a 10 min de utilização automaticamente. - Utilizar arejadores nos chuveiros, para otimizar o consumo de água. - Optar por chuveiros com aquecimento à gás por sistemas de passagem ou acumulação. Nesses casos, para instalação eficiente é necessário fazer o dimensionamento correto do sistema e instalar o aparelho em ambientes bem ventilados, como na área de serviço, por exemplo. - Existe também um modelo mais eficiente de chuveiro que é o "kit reciclador de energia", um sistema que aproveita o calor da água quente que cai do chuveiro para esquentar a água que ainda está na tubulação, reduzindo em até 30% o gasto com energia elétrica numa residência e pode ser instalado também em sistemas de aquecimento solar ou a gás. - Outra alternativa para ser avaliada é o aquecimento por energia solar.
<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<p>Segundo a Eletropaulo, os modelos de chuveiros elétricos mais comuns têm duas posições de temperatura e o consumo por hora pode duplicar nos dias frios: 4,50 a 6,0 kWh - na posição inverno (quente) e 2,10 a 3,50 - na posição verão (morno) kWh. Por exemplo, 15 minutos por dia para uma família de quatro pessoas equivale ao consumo de energia de 40 lâmpadas de 100W.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evite tomar banhos demorados, procure limitar o tempo no banho. - Evite deixar a torneira aberta ao se ensaboar. - Ajuste o chuveiro, sempre que possível, na temperatura verão, pois o consumo é cerca de 30% menor que a posição inverno.

h. Piscinas

Tabela 44 - Resumo de Piscinas e principais orientações.

Piscinas

Tipologias aplicáveis	Residencial (casa, prédio e condomínio), hotel
Custo de investimento	médio
Definição	piscinas frias e aquecidas
Como comprar um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?	<ul style="list-style-type: none"> - Para piscinas frias temos a bomba de água para filtragem. Escolher bombas eficientes, nível A do Inmetro. - Para piscinas aquecidas priorizar sistemas por aquecimento solar ou bombas de calor. - Piscinas aquecidas por bombas de calor devem possuir coeficiente de performance (COP) atendendo aos requisitos do PBE Edifica. - Para aquecimento solar, comprar sistemas com classificação A ou B do Inmetro.
Como fazer um uso eficiente?	<p>A bomba de filtragem da piscina deve operar apenas para filtrar o volume de água necessário. Portanto, não se deve deixar a bomba funcionando 24hrs.</p> <ul style="list-style-type: none"> - No caso de piscinas aquecidas, em edificações residenciais, estabelecer horários de aquecimento em dias com maior utilização, por exemplo, nos finais de semana .

i. Saunas

Tabela 45 - Resumo de Saunas e principais orientações.

Saunas	
Tipologias aplicáveis	Residencial (casa, prédio e condomínio) e hotel
Custo de investimento	médio
Definição	saunas seca e à vapor

<p>Como comprar um equipamento eficiente? Ou fazer um projeto eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar materiais, vedações e revestimentos térmicos adequados nas paredes, teto e porta. - Dar preferência às saunas com aquecimento solar, gás natural ou bombas de calor, ao invés das saunas com resistência elétrica. - Fazer o isolamento térmico adequado segundo os requisitos do PBE Edifica.
<p>Como fazer um uso eficiente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Deve-se ter cuidado para não esquecer a sauna ligada durante à noite ou em períodos sem utilização. - Ajustar a temperatura entre 40 a 45 graus nas saunas à vapor, e 60 graus nas saunas secas. - Estabelecer horários para a utilização das saunas.

4.5. Automação e controle em edifícios

4.5.1. Conceitos

a. Por que instalar controles e instrumentos?

A instrumentação permite medir, registrar e converter diversos dados em ações de controle, o que torna um sistema ou processo mais previsível e auxilia nas tomadas de decisões. Para exemplificar, mede-se a temperatura corporal de um indivíduo, se a mesma estiver fora do padrão, significa que há algo errado e é necessária uma tomada de decisão para tratar esse problema. O mesmo se aplica para uma máquina, uma residência ou um edifício, se as medidas estão fora dos valores permissíveis é necessário investigar o porquê e corrigir para manter seu bom desempenho.

Afinal, o que são valores permissíveis?

Valores permissíveis são valores que se deseja alcançar, podendo ser um valor específico ou uma faixa com máximos e mínimos. Esses valores estão relacionados ao funcionamento correto de uma máquina ou equipamento e a condições de conforto de um ambiente.

De maneira geral os instrumentos mensuram características físicas, como fluxo, pressão, temperatura, vazão, velocidade, peso, umidade, distância e ponto de orvalho, características químicas (como pH e condutividade) e variáveis elétricas como tensão, corrente, fator de potência, fases elétricas, frequência e qualidade de energia.

O Controle está relacionado com a ação a ser tomada para atingir um padrão preestabelecido, por isso é necessário a integração entre instrumentos e controle, onde os instrumentos analisam o sistema e o controle gerencia, comanda, direciona ou regula o comportamento dos equipamentos.

A instrumentação e o controle possibilitam a operação mais eficiente de sistemas e processos. Isso ocorre porque o tempo de resposta é menor, ou seja,

existe uma reação mais rápida quando há um diferencial entre o valor medido e o valor de referência, e os erros humanos são eliminados, como a dificuldade em atingir o setpoint de condicionamento do ar manualmente, deixando por vezes o ar condicionado operando a uma temperatura menor ou por mais tempo do que o devido, o que acarreta em um consumo de energia acima do necessário.

Afinal, o que é setpoint?

Setpoint é o valor alvo que se tenta alcançar, podendo ser um valor específico ou uma faixa. No sistema AVAC, por exemplo, o setpoint está relacionado a temperatura e a umidade relativa do ambiente. Em função dos sinais monitorados, são comandadas válvulas automáticas, dâmpers ou Variadores de frequência para garantir a condição desejada.

Com a instrumentação e o controle, a manutenção de equipamentos sempre ocorre em tempo hábil, isso devido aos diagnósticos avançados que podem ser programados no sistema supervisor e a criação de medidas visando o uso adequado do equipamento.

Garantir que seja consumida somente a energia necessária e utilizar serviços de monitoramento e manutenção para assegurar a integridade e as melhorias desejadas, são medidas que resultam em economia significativa de energia.

b. Quais sistemas prediais apresentam benefícios por ser monitorados e controlados?

Tabela 46 - Sistemas prediais.

Relacionados com a envoltória				
Equipamentos ou sistemas	Variáveis	Elementos da envoltória	Variáveis	Objetivo do controle
<p>Sistema AVAC</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equipamentos de geração de frio - Equipamentos de geração de calor - Equipamentos de distribuição, ventilação e rejeição de calor 	<p>Demanda de energia, combustíveis, água, fluido refrigerante</p>	<p>Dâmpers e registros de ar externo Janelas, persianas, brises</p>	<p>Aberto/ fechado/ porcentagem e abertura</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura e umidade do ar interno - Conforto térmico

Iluminação - Unidades: luminárias, lâmpadas	Demanda de energia Nível de luminosidade	Janelas Claraboias	Aberto/ fechado/ porcentagem de abertura	- Conforto luminoso
Independentes da envoltória				
Equipamentos ou sistemas	Variáveis	Objetivo do controle		
Elevadores e esteiras rolantes	Demanda de energia e combustíveis	<ul style="list-style-type: none"> - Garantir o mínimo consumo de energia - Usos e serviços otimizados dos equipamentos - Otimização das ações de manutenção - Possibilidade de novos modelos de negócio relacionados a serviços 		
Cargas de tomada - Equipamentos elétricos				
Cargas especiais - Data centers - Cozinhas				

c. Qual o caminho do controle e a automação, presente ou futuro?

O controle e automação em edifícios reduz o consumo de energia e o custo operacional da planta, além disso, proporciona maior conforto para os ocupantes resultando em maior produtividade. A automação pode integrar os sistemas de condicionamento de ar, iluminação, controle de acesso, prevenção de incêndio, elevadores e circuito interno de televisão.

Atualmente existem diversas empresas especializadas em sistemas de controle e automação de edifícios, além de uma grande gama de medidores inteligentes que comunicam entre si e fornecem medidas de alta precisão. O que mostra um mercado preparado para atender toda a demanda de instalação, operação e manutenção desses sistemas. Além disso, a economia financeira, a confiabilidade, o conforto e a segurança que o controle e automação de edifício fornece, confirmam a necessidade de implantação desses sistemas nos dias atuais.

O desenvolvimento de sistemas automatizados conectados a servidores em nuvem, tem permitido aprimorar a coleta de informações e a análise sistemática dos sistemas para operação e manutenção otimizadas. A figura abaixo apresenta o caminho de sistemas baseados em Internet das coisas (Internet of Things - IoT).

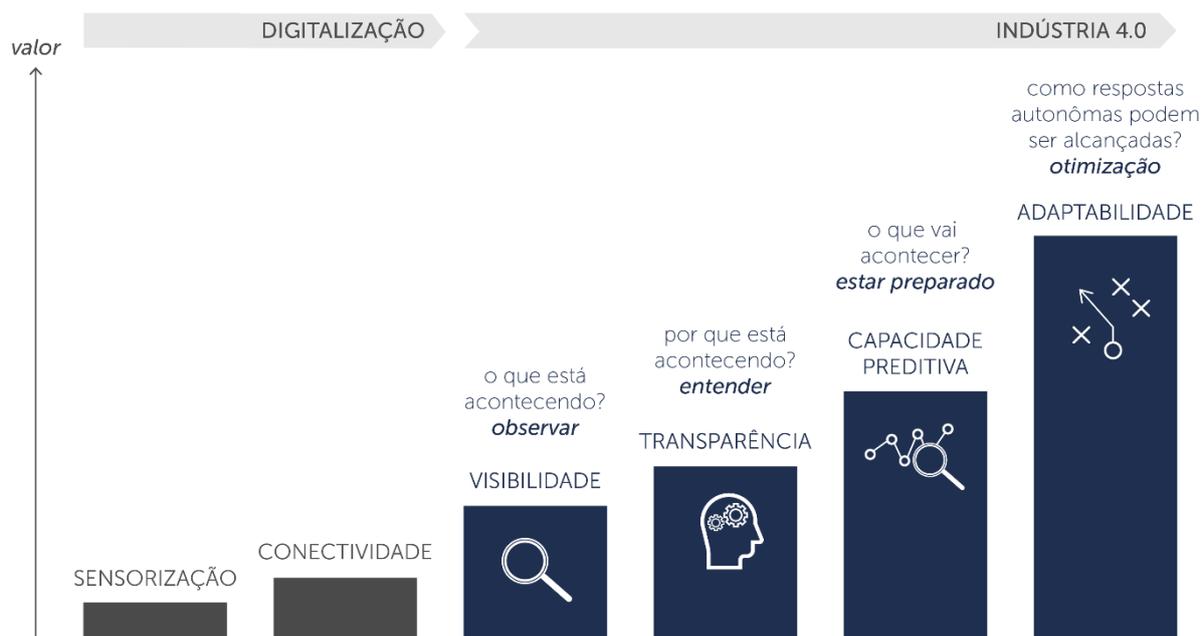


Figura 86. Índice de maturidade 4.0 da Indústria. Fonte: Ericsson (2015). Disponível em <<https://www.ericsson.com/en/ericsson-technology-review/archive/2018/industrial-automation-enabled-by-robotics-machine-intelligence-and-5g>> (Acesso em 26/06/2018).

4.5.2. Exemplos de ações de controle

Controle de ligamento e desligamento de sistemas

O sistema de gerenciamento de edifício (BMS - Building Management Systems) controla o fluxo luminoso conforme a quantidade de luz externa e liga ou desliga o sistema de iluminação de acordo com a presença de pessoas no ambiente monitorado. O mesmo vale para o sistema de condicionamento de ar.

Avisos de falhas

Como falhas não se resumem apenas a parada de um sistema ou operação, muitas vezes uma máquina ou equipamento opera com desvios das especificações, ou seja, apresenta um comportamento divergente do esperado, o que simboliza uma falha que nem sempre é perceptiva.

Através do BMS (Building Management Systems) é possível definir alarmes para anormalidades, falhas na operação de um equipamento e para avisar que é hora da manutenção preventiva programadas, de forma a aumentar a confiabilidade do sistema e garantir máxima eficiência nos processos monitorizados.

Controle em AVAC

Os sistemas AVAC são sistemas de grande consumo de energia (da ordem de 39% a 50%). A eficiência energética nesses sistemas através de controle e automação é uma escolha que traz muitos ganhos, seja por motivo de impacto ambiental, econômico ou operacional.

A automação é fundamental para obter ganhos de eficiência, já que mantém os sistemas AVAC operando em plena capacidade com o menor gasto energético, seja através de programação horária, controle integrado de equipamentos e sistemas da envoltória.

4.5.3. Componentes ou elementos de sistemas de controle

a. Building Management Systems (BMS)

O que é Building Management Systems?

Um sistema de gestão de edifícios (Building Management System) é um sistema de controle e monitoramento que pode ser utilizado para visualizar e gerenciar os serviços mecânicos, elétricos e eletromecânicos em uma instalação. Esses serviços incluem energia, AVAC, bombeamento de água, elevadores, iluminação, entre outros.

Para que servem?

Ao integrar um sistema de AVAC com sensores, controladores e variadores de frequência a um BMS, possibilita que a climatização do edifício seja controlada de forma mais efetiva e eficiente.

A partir de um computador dedicado ao sistema é realizável a programação de controle do clima, com base em dados de entradas e valores de referência. Desta forma o computador consegue supervisionar o estado dos componentes do sistema e obter uma visão geral da climatização do edifício.

O que medir e acompanhar do sistema AVAC no BMS?

Sistemas de climatização são influenciados fortemente pelas condições climáticas e pela operação dos equipamentos. São sistemas que compreendem diferentes tipos de dispositivos, energéticos e fluidos.

Recomenda-se o acompanhamento de variáveis como:

- Temperaturas (bulbo seco, bulbo úmido) e umidade relativa do ar externo;
- Temperaturas de fornecimento e retorno da água gelada em sistemas centralizados: circuitos primário, secundário e condensação;
- Vazão de água gelada;
- Capacidade dos equipamentos de geração de frio (TR);

- Demanda e consumo de energia dos equipamentos principais: *chillers* (individualmente), conjuntos de bombas, conjuntos de torres de resfriamento;
- Eficiência dos equipamentos de geração de frio (COP dos *chillers*, COP do Sistema);
- Feedback dos sinais das Válvulas de Ar Variável (quando houver), dâmpers motorizados, ventiladores de recuperação de calor, termostatos das salas climatizadas, válvulas de 2 vias (V2V) de controle de vazão, variadores de frequência (VFD), entre outros equipamentos da rede.
- Capacidade total do sistema;
- Potência e consumo total de energia dos *chillers* e do sistema;

Possibilidades e boas práticas da operação com BMS

A tendência de instrumentar e controlar os edifícios para uma operação mais moderna e automática (Smart Buildings) tem sido acelerada nas últimas décadas pelo desenvolvimento tecnológico de sistemas computacionais e das redes de comunicação.

No entanto, controladores e sistemas de monitoramento podem virar ativos subutilizados se não é explorado o potencial de tirar conclusões interessantes e tomar melhores decisões para a operação e a manutenção.

Um exemplo de possibilidades e ganhos de BMS apresenta-se no diagrama abaixo:



Figura 87. Ganhos com BMS e SGE. Fonte: elaboração dos autores.

Diagrama BMS

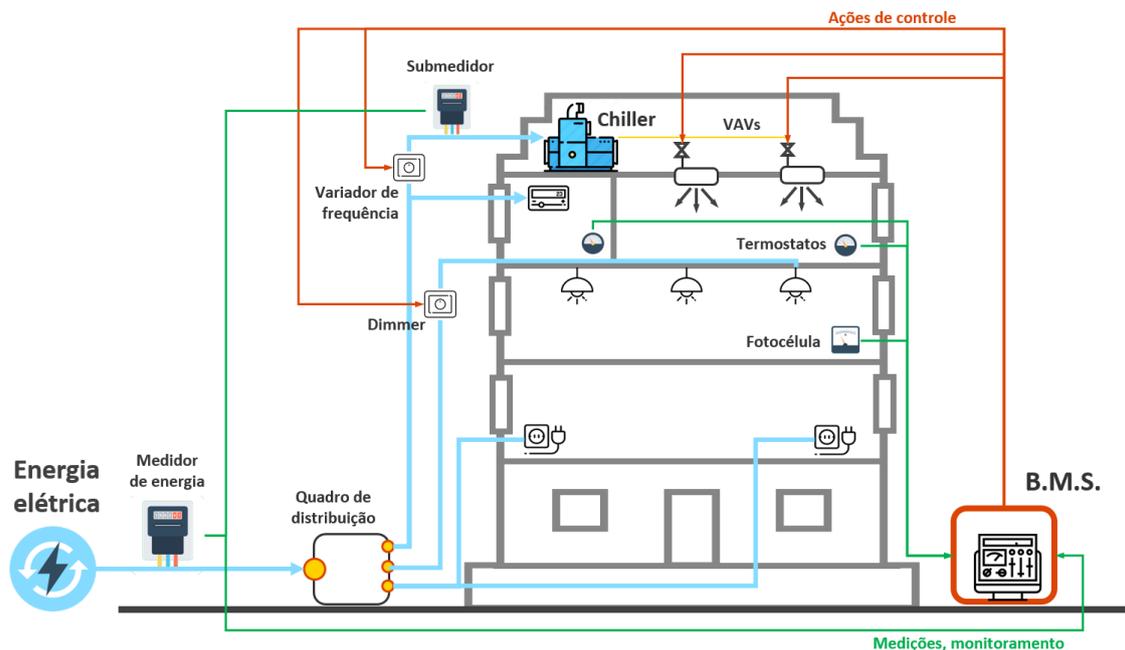


Figura 88. Diagrama de um edifício gerenciado com BMS. Fonte: elaboração dos autores.

O diagrama acima apresenta um sistema de gerenciamento de edifício (BMS - Building Management System) monitorando e medindo grandezas com o auxílio de alguns elementos, como termostatos, sensores e medidor de energia. Os valores mensurados são comparados à valores de referência, e se houver divergência, o BMS através de ações de controle, gerencia o funcionamento de dispositivos, como válvulas, variadores de frequência e dimmers para atingir os setpoints.

b. Termostatos de temperatura e umidade para controle de AVAC

O que são?

Termostatos são dispositivos eletrônicos compostos por um sensor de temperatura e um controlador. A função do termostato é impedir que a temperatura de um determinado sistema varie além de um valor preestabelecido.

Para que servem?

Os termostatos de temperatura e umidade buscam comparar os valores instantâneos dos ambientes que se deseja climatizar, com valores de referência, quando há uma diferença entre esses valores, real e referencial, o controlador atua de forma garantir que o *setpoint* de temperatura e umidade sejam atingidos.

Como é atingido o setpoint de temperatura e de umidade?

Os setpoints são atingidos a partir do acionamento do sistema de aquecimento, resfriamento e de ventilação. O acionamento depende se o valor de temperatura e ou de umidade está acima ou abaixo da referência.

Saiba mais sobre cuidados na instalação de termostatos

Cuidados na instalação de termostatos

O controle dos sistemas de AVAC deve ser realizado por termostatos de umidade e temperatura, e por um único sinal; a combinação de sinais pode provocar superposição de comandos e conseqüentemente ocasionar falhas no sistema de AVAC.

Em caso de grandes áreas com cargas de calor localizadas, onde as operações aleatórias podem causar leituras inadequadas da sala pelo sensor é recomendado o controle com a média das temperaturas e umidades lidas a partir de vários sensores instalados estrategicamente em torno do ambiente. É sugerido alocar um sensor a cada 500m².

O acionamento dos equipamentos de condicionamento de ambiente somente quando necessário, é o que garante a economia de energia elétrica e o conforto térmico desejado para a realização das atividades ali propostas.

Setpoint inadequado de temperatura

Quando as temperaturas medidas em um ambiente condicionado estão abaixo das temperaturas recomendadas, ou seja, o sistema está trabalhando para resfriar o ambiente além do que deveria, há um consumo desnecessário de energia, o qual pode ser facilmente evitado pelo ajuste correto do termostato de controle.

Da mesma maneira, podem ser estabelecidos limites máximos para termostatos a jusante de aquecedores elétricos, para desligar em caso de temperatura excessivamente alta, considerando que o processo eletrotérmico é de baixa eficiência energética.

Inexistência de controle automático (termostato ou pressostato)

Quando não há controle automático de temperatura, o acionamento, controle e o desligamento do sistema de condicionamento de ar ocorrem manualmente, o que dificulta atingir um determinado *setpoint*. Isso pode levar à operação dos equipamentos por mais horas das que foram projetados, gerando também desperdício de energia. Além disso, podem ocorrer erros humanos, como esquecer de desligar os equipamentos no final do dia.

Pode-se comparar o controle automático com um interruptor de lâmpada acoplado a um sensor de presença, que só acende a lâmpada quando há essa necessidade.

c. Variadores de frequência

O que são?

Variadores de frequência ou inversores de frequência são dispositivos eletrônicos capazes de acionar um motor elétrico e controlar sua frequência e a tensão de alimentação simultaneamente, permitindo o controle da velocidade de giro e potência. Isto é útil considerando que os sistemas nem sempre demandam de 100% da potência dos motores.

Como funcionam em sistemas de AVAC?

O emprego dos variadores de frequência nos sistemas de AVAC pode ser comparado ao *dimmer* no acionamento de uma lâmpada. O *dimmer* possibilita controlar a intensidade da lâmpada para diferentes necessidades e aplicações, produzindo uma economia de energia elétrica.

Com o inversor de frequência, conectado a sensores, é possível controlar o fluxo do sistema de AVAC para que o mesmo funcione com a potência mínima necessária, ou seja, abaixo da sua capacidade total, para atender a uma demanda instantânea.

Quais os principais benefícios?

Reduz o consumo e os custos de energia

O inversor de frequência permite ajustar a velocidade do motor do equipamento com a carga, então se a carga requer uma potência abaixo da máxima do equipamento o mesmo não precisa funcionar à plena carga. Como o consumo de energia é a potência exigida multiplicada por um intervalo de tempo, se o equipamento funciona com uma menor potência no mesmo intervalo de tempo, menor será o seu consumo de energia.

Recomenda-se a instalação de variadores de frequência em motores para bombas e/ou ventiladores com potência maior a 7,5 kW (10HP), com *payback* menor a um ano.

Os inversores de frequência são amplamente empregados em sistemas de resfriamento em edifícios residenciais, comerciais, shopping e hotéis, isso devido a possibilidade de variar a velocidade dos motores e assim implementar medidas de controle de vazão e de temperatura. Outra utilização recorrente é o controle da velocidade de motores de escadas rolantes e elevadores.

Estende a vida útil dos equipamentos

Os variadores de frequência aumentam a vida útil dos motores elétricos, isso porque evita acionamentos bruscos através de uma rampa de aceleração programável e possui várias proteções, como a proteção contra variação de tensão, picos de energia da rede, sobrecarga e superaquecimento do motor entre outras.

Recomendações:

Quanto a instalação

A instalação do inversor de frequência deve ser realizada por profissionais devidamente qualificados, uma instalação inadequada pode trazer graves consequências, como por exemplo, variadores operando em frequências fixas menores do que 35Hz podem danificar e reduzir a vida útil do motor e inversores travados para operarem em 60Hz não resultando em economia de energia.

Quanto ao local de instalação

Recomenda-se a instalação dos variadores de frequência em ambientes abrigados, sendo aconselhável a instalação dentro do quadro de comando da própria máquina ou em um quadro separado construído para o inversor.

d. Dimmer com lâmpadas LED

O que são?

Aparelhos que permitem variação dos níveis de iluminação artificial em um dado espaço, de forma a variar o fluxo luminoso das lâmpadas instaladas. Seu uso permite que a intensidade de iluminação seja adaptada conforme a tarefa desempenhada, bem como, conforme complementação à iluminação natural. Seu funcionamento se dá pela variação da potência elétrica das lâmpadas e, por esta razão, seu uso é recomendado em lâmpadas de LED ou eletrônicas.

Para mais informações acesse o conteúdo de Iluminação.

e. Fotocélula

O que são?

Constituem ferramentas de automação do sistema de iluminação que operam conforme os níveis de luminosidade do espaço onde se encontram. Ao detectar determinados níveis de iluminância, a fotocélula é capaz de acionar ou interromper o funcionamento de lâmpadas, de forma a evitar o uso desnecessário de iluminação artificial quando os níveis de luz natural são suficientes para que se desempenhem determinadas tarefas.

Para mais informações acesse o conteúdo de Iluminação.

f. Sistema de volume de ar variável

O que são?

São sistemas de aquecimento, ventilação e ou ar condicionado (AVAC), onde o ar frio ou quente é conduzido através de dutos de insuflamento para o local de climatização, esse ar é tratado previamente em uma unidade de tratamento de ar. O fluxo de ar é ajustado com a demanda do ambiente e sua temperatura é constante.

Para o funcionamento desse sistema são instalados sensores de temperatura ou termostato nos ambientes em que se deseja climatizar. Os sensores enviam informações da temperatura para controladores, que pela diferença entre a temperatura do ambiente com seu setpoint determina a carga térmica a ser compensada, ou seja, a demanda de ar quente ou ar frio do ambiente.

A carga térmica é compensada através da abertura dos dampers, que permitem passar o fluxo de ar necessário para alcançar o setpoint. Com um único sistema é possível a climatização de várias salas ou zonas de diferentes setpoints. A figura 78 representa um sistema VAV, as cores são vazão de ar quente, ventilação e ar frio, os "T" sensores de temperatura e os "V" o volume de ar necessário para atingir o setpoint do ambiente.

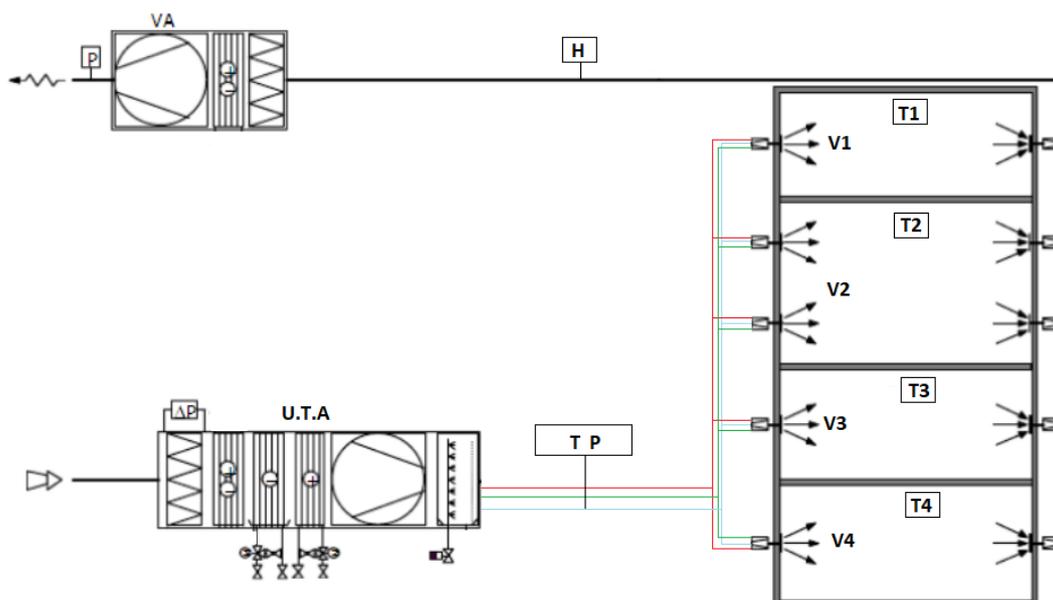


Figura 89. Sistema VAV. Adaptado de Monteiro (2014). Disponível em <http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/6319/1/DM_PedroMonteiro_2014_MEESE.pdf> (Acesso em 26/06/2018).

O VAV funciona como a boia de uma caixa de água, no momento em que há um consumo de água, o nível na caixa diminui, a boia desce e provoca a entrada de água da concessionária até atingir novamente o setpoint, que nesse caso é o nível máximo de água que a boia permite entrar na caixa. Na

comparação, a boia funciona como os sensores e controladores do VAV, o nível da caixa é a temperatura do ambiente e a entrada de água da concessionária é o fluxo de ar.

Afinal, o que são dutos de insuflamento?

Dutos de insuflamento são responsáveis por transportar o ar previamente tratado em uma unidade de tratamento de ar para o ambiente onde se deseja climatizar, esses dutos também são responsáveis por levar ar fresco para os ambientes de trabalho e impedir que agentes contaminantes entrem no local através da circulação de ar.

Afinal, o que são Dâmpers?

Dâmpers são válvulas ou placas que interrompem ou regulam o fluxo de ar. Em sistemas de AVAC os dâmpers são aplicados na saída de ar para o ambiente que se deseja climatizar. A operação dos dâmpers pode ser manual ou automática.

Afinal, o que são unidades de tratamento de ar?

Essa unidade tem a função de sugar o ar atmosférico por um ventilador e trata-lo através da passagem por um módulo de pré-filtragem, filtragem fina, módulo de condicionamento de ar, nesse caso resfriamento ou aquecimento, módulo de ventilação e módulo de filtragem HEPA (High Efficiency Particulate Air).

Quais os principais benefícios?

Economia de energia

Nesse sistema o fluxo de ar que varia, então é possível integrar um variador de frequência nos ventiladores da unidade de tratamento de ar, dessa forma quando o *setpoint* de um ambiente for atingido, pode-se diminuir a sua velocidade de rotação, o que significa economia de energia elétrica. Porém em espaço que a climatização é realizada em vários ambientes diferentes por um único sistema, como na figura 78, é possível utilizar um termostato ou sensor com controlador de pressão para identificar um aumento da pressão nos dutos de insuflamento, que significa *dampers* fechados, ou seja *setpoints* alcançados. Os Sensores detectam o aumento de pressão e acionam os variadores de pressão para diminuir ou aumentar a rotação do ventilador da UTA, como ilustra a figura 79.

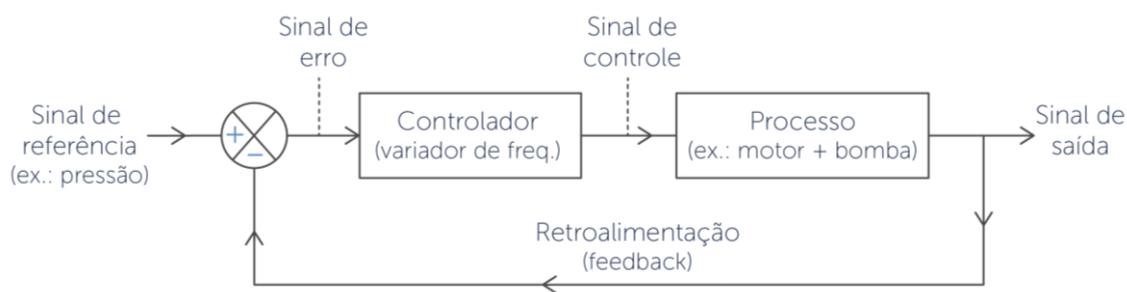


Figura 90. Diagrama de Malha de Controle de Pressão Fechada com Variador de Frequência VAV.. Fonte: elaboração dos autores.

Maior nível de conforto térmico e maior produtividade dos usuários

Como cada ambiente tem seu próprio sensor de temperatura, é possível dimensionar o sistema para atender o *setpoint* específico de cada atividade executada, o que resulta em maior nível de conforto térmico, gerando aumento da produtividade dos usuários locais.

Eficiência

Um único sistema pode atender diversos ambientes, tornando-o mais eficiente e exige um menor espaço com as unidades de tratamento de ar.

Distribuição uniforme de ar

Os sistemas VAV possuem ajustes de vazão máxima e mínima, o que garante que não seja insuflado uma vazão maior do que o valor máximo dimensionado para o ambiente, e que a renovação e circulação do ar ocorra através da vazão mínima.

Flexível

O sistema VAV pode se adaptar facilmente a mudanças de carga térmica e de layout da planta.

4.6. Geração distribuída

Nesse capítulo será abordado os tipos de tecnologias e sistemas disponíveis para Geração distribuída de energia em edificações. Conceitos de geração, modelos de negócio, estratégias e financiamento estão descritos no capítulo de Temas fundamentais em Energias Renováveis.

4.6.1. Tecnologias e sistemas disponíveis

a. Energia solar fotovoltaica

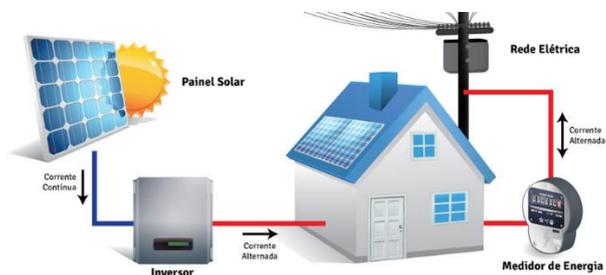


Figura 91. Sistema fotovoltaico conectado a rede. Fonte: Fonte Solar. Disponível em <<http://www.fontesolar.eng.br/solucoes/sistema-de-energia-solar-fotovoltaico-on-grid/>> (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 47 - Energia solar fotovoltaica.

Energia solar fotovoltaica	
Destaque	Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, diariamente incide entre 4.444 Wh/m ² a 5.483 Wh/m ² de irradiação solar no Brasil, uma taxa mais elevada do que muitos países europeus, referência em geração fotovoltaica. (INPE,2017) ³⁵
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas e/ou com maior potencial de aproveitamento)	Casa, prédio, condomínio, shopping, hotel, retail e logística, escritório
O que é? Como funciona?	<p>É o aproveitamento da radiação solar para geração de eletricidade.</p> <p>A energia do sol (fótons) movimentam os elétrons do material semicondutor das células fotovoltaicas, produzindo energia elétrica, pelo efeito fotovoltaico. A eletricidade pode ser utilizada instantaneamente (off-grid), armazenada em bateria ou injetada na rede elétrica (on-grid).</p> <p>No caso de sistemas conectados à rede (on-grid), a eletricidade é convertida de corrente contínua para corrente alternada através dos inversores. O excedente não consumido na edificação é injetado na rede elétrica.</p> <p>A irradiação solar no Brasil é favorável à utilização de energia fotovoltaica e varia de 1.500 a 2.400 kWh/m²/ano.</p>

³⁵ http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf.

<p>Quais os principais componentes do sistema?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Módulos fotovoltaicos são feitos de conjuntos de células fotovoltaicas. As células fotovoltaicas podem ser de diversos materiais como silício monocristalino, que possui uma eficiência média de 14 a 22%; silício policristalino, com eficiência de 13 a 18%, ou sistemas de silício amorfo ou células orgânicas fotovoltaicas, que possuem eficiência média de 7 a 15%. - Inversores on-grid ou off-grid - baterias (opcional) - controlador - medidor bidirecional <p>É necessário priorizar a compra de equipamentos nível A do Inmetro: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/sistema-fotovoltaico.asp</p>
<p>Quais fatores determinam sua viabilidade?</p>	<p>Os principais fatores que irão determinar a viabilidade do projeto são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - a tarifa de energia elétrica do local (R\$/kWh) , pois quanto maior a tarifa menor será o tempo de retorno do investimento - a taxa de financiamento do sistema, nos casos em que não há investimento com recursos próprios <p>Outros fatores técnicos são: radiação solar durante o ano, inclinação do telhado, orientação correta, além da existência de sombreamento e da área disponível para a instalação.</p> <p>Você pode fazer uma simulação prévia em http://www.americadosol.org/simulador</p>
<p>Considerações</p>	<ul style="list-style-type: none"> - É considerada uma energia renovável e limpa - É regulamentada pelas Resoluções 482/2012 e 687/2015 da ANEEL - É um dos sistemas de geração de energia para as residências do Minha Casa Minha Vida (MCMV), de acordo com a Portaria 643/2017. - Existem diversas linhas de financiamento e modelos de negócios para viabilização do sistema. Essas e outras informações podem ser encontradas na página de "Temas Fundamentais, Energias Renováveis".

<p>Links e regulamentos:</p>	<p>Resoluções da ANEEL 482- 2012 e 687-2015: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf http://americadosol.org/energia_fotovoltaica/ http://www.americadosol.org/guiaFV/ http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161</p>
-------------------------------------	--

b. Eólica



Figura 92. Aerogerador. Fonte: Eusebio. Disponível em < 'Fonte: <http://eusebio.ce.gov.br/eusebio-se-destaca-na-microgeracao-de-energia-eolica-e-solar-no-ceara/>> (Acesso em 26/06/2018).

Eólica	
Destaque	Segundo estatísticas internacionais, o Brasil é o 9º país com maior capacidade acumulada de geração eólica no mundo (10.740 MW), superando a Itália, e mantendo o primeiro lugar na América Latina. (GWEC,2017) ³⁶
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas e/ou com maior potencial de aproveitamento)	casa, prédio, condomínio, hotel, retail
O que é? Como funciona?	<p>Eólica é um sistema de geração de energia elétrica através do vento.</p> <p>A força do vento gira as pás, conectadas a um eixo, que transfere a energia mecânica para o gerador, produzindo energia elétrica.</p> <p>A energia elétrica pode ser direcionada para locais de armazenamento e, depois, distribuída na rede.</p> <p>Nas edificações, é possível fazer micro e minigeradores eólicos com potência de até 75 kW.</p> <p>Os Estados com maior potencial de geração eólica são: Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Sul de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.</p>
Quais os principais componentes do sistema?	Controlador, hélice, inversor, medidor bidirecional, rotor.

³⁶ http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2016_EN_WEB.pdf.

<p>Quais fatores determinam sua viabilidade?</p>	<p>Fatores técnicos: velocidade do vento, existência de obstáculos.</p> <p>Deve ser instalado em locais altos, de preferência onde a velocidade do vento está acima de 3m/s, sem obstruções físicas ou a uma altura de pelo menos 10m acima do obstáculo mais alto (árvores, muros, edificações, etc), dentro de um raio de 150m.</p> <p>Para mais informações consulte o site: http://institutoideal.org/guiaeolica/</p>
<p>Considerações</p>	<ul style="list-style-type: none"> - É considerada uma energia renovável e limpa. - É uma fonte de energia intermitente, ou seja, sua disponibilidade durante o ano é irregular e muitas vezes imprevisível, portanto é recomendável que haja outras fontes de energia complementares. - Dependendo da velocidade do vento, o sistema pode gerar barulho para a vizinhança. É necessário verificar o nível de ruído do modelo do aerogerador para cada distância.
<p>Links e regulamentos:</p>	<p>http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf http://institutoideal.org/guiaeolica/ http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=atlas_eolico&</p>

c. Energia solar térmica

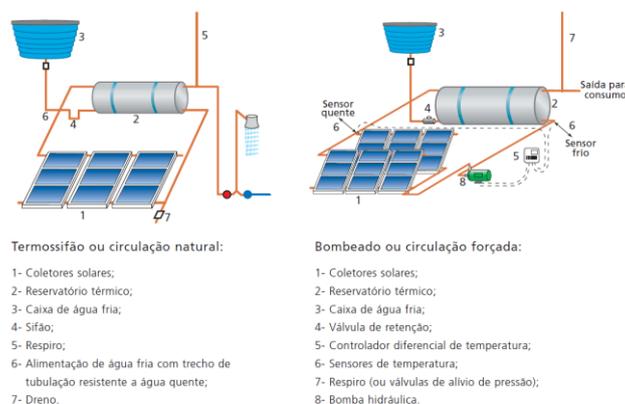


Figura 93. Coletor solar. Fonte: Procobre, Qualidade em Instalação de Aquecimento Solar. Disponível em < <https://www.procobre.org/pt/publicacion/qualidade-em-instalacoes-de-aquecimento-solar-boas-praticas/> > (Acesso em 26/06/2018).

Tabela 49 – Energia solar térmica.

Energia solar térmica	
Destaque	Até 2022, segundo IEA, espera-se um crescimento superior a 33%, em nível mundial, no uso de energia solar térmica, cuja maior participação virá da instalação em edifícios.(IEA, 2017) ³⁷
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas e/ou com maior potencial de aproveitamento)	Casa, prédio, condomínio, shopping, hotel
O que é? Como funciona?	É o aproveitamento da energia solar para aquecimento de água. Os coletores ou concentradores solares - instalados sobre a cobertura, em locais sem sombreamento e com inclinação de acordo com a latitude local - possuem tubulação, onde a água proveniente de um reservatório, é aquecida a partir da energia do sol. Ela é então armazenada em um reservatório com isolamento térmico, capaz de mantê-la aquecida. Por meio de tubulação de água quente, ela é então encaminhada para os pontos de uso, como torneiras e chuveiros, os quais devem permitir a mistura de água quente e fria, conforme as necessidades de uso.
Quais os principais componentes do sistema?	<p>Coletor solar, reservatório térmico, tubulação com isolamento térmico e tubulação de água fria.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pode ser interessante que o reservatório tenha capacidade de aquecimento da água (sistema auxiliar), por meio de gás natural ou bomba de calor, por exemplo, para os dias ou momentos, em que o aquecimento solar não é suficiente para atender à demanda de uso de água quente; - Dependendo do tipo de sistema instalado, pode-se necessitar de circulação forçada por meio de bombas.

³⁷ <https://www.iea.org/topics/renewables/solar/>. A partir de dados de Renewables, 2017, <https://webstore.iea.org/market-report-series-renewables-2017>.

<p>Quais fatores determinam sua viabilidade?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - É preciso estimar a quantidade de água utilizada para cada aplicação, para dimensionamento do sistema, que pode ser feita, por exemplo, a partir da vazão de água quente média dos consumidores finais (chuveiro, tanque, pia de cozinha etc.) ; - Para seu dimensionamento, é preciso entender a disponibilidade de radiação solar ao longo do ano, o que depende da região onde o sistema será instalado; - Tem baixo custo de manutenção e elevado tempo de vida útil (cerca de 15 anos).
<p>Considerações</p>	<ul style="list-style-type: none"> - É uma forma de racionalização dos recursos naturais, pois permite reaproveitamento do calor solar para aquecimento de água e outros fluídos; - Pode gerar efetiva economia de energia para o consumidor final que tem demanda de água quente; - Como sua disponibilidade durante o ano é variável (verão e inverno), é recomendável que haja outras fontes de energia para aquecimento complementar; - Garantia dos padrões de desempenho e durabilidade pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e pelo Selo Procel Eletrobras; - Pode ser instalado em pequenas e grandes escalas.
<p>Links e regulamentos:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ABNT NBR 7198/NB 128: Projeto e execução de instalações prediais de água quente - ABNT NBR 15.569: Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e instalação - Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas - MMA (http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/GUIA+EFIC+ENERG+EDIF+PUBL_1+0_12-02-2015_Compacta.pdf) - Energia Solar para Aquecimento de Água no Brasil (http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=&params=itemID=%7BA281A8D1-9122-49DB-8079-63E33A20B420%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D) - Atlas Brasileiro de Energia Solar (http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf) http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/coletores-solares.asp https://www.youtube.com/watch?v=ZEqK4KmpLg

d. Fontes não-renováveis/Cogeração

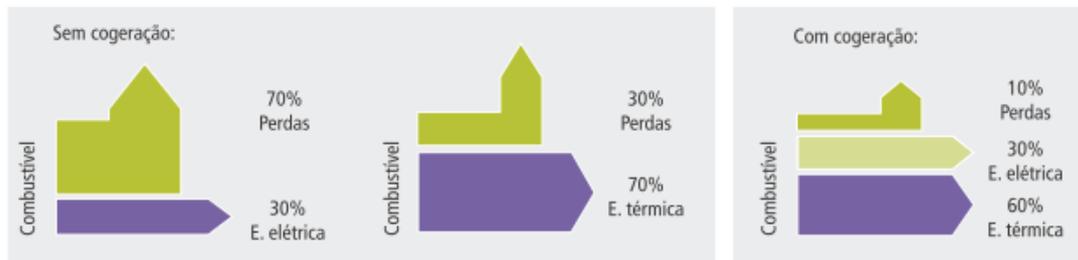


Figura 94. Comparação das perdas de sistemas com e sem cogeração. Fonte: EPE, Plano Nacional de Energia 2030.

Fontes não-renováveis / Cogeração	
Destaque	Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), a expectativa é de que a cogeração ganhe cada vez mais espaço no cenário mundial, com um aumento de 13% até o ano 2050. (CHP Brasil, 2017)
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas e/ou com maior potencial de aproveitamento)	hotel, shopping
O que é? Como funciona?	<p>Cogeração, conhecido também como Combined Heat and Power (CHP), é o processo de aproveitamento de recursos que através de um único combustível (gás natural, biogás, biomassa, etc.), pode gerar calor e eletricidade simultaneamente.</p> <p>É recomendado em instalações que possuem demandas de calor, como por exemplo água quente no setor hoteleiro em cozinhas, chuveiros e piscinas.</p> <p>Também existe a possibilidade de fazer Trigeração (Combined Cold, Heat and Power - CCHP), quando os processos geram calor, eletricidade e frio simultaneamente.</p> <p>Um dos combustíveis mais utilizados em unidades de cogeração é o Gás Natural, para acionamento de motogeradores acoplados a chillers de absorção. É produzida energia elétrica, e água gelada para o sistema de ar condicionado. O calor resultante do processo, pode ainda ser aproveitado para aquecimento de água.</p> <p>No caso da utilização de biocombustíveis sólidos como a biomassa, o processo ocorre com a queima de resíduos orgânicos, como cortiça, madeira, entre outros.</p>
Quais os principais componentes do sistema?	<ul style="list-style-type: none"> - Motogeradores - Microturbinas - Chillers de absorção - Bombas de calor a água quente o a gases quentes - Caldeiras de recuperação de calor (HSRG: Heat recovery Steam Generator) - Unidades de termoacumulação

<p>Quais fatores determinam sua viabilidade?</p>	<p>Necessidade de calor e/ou água quente. No caso de combustível a Gás Natural, é necessário realizar um estudo de viabilidade com a análise da tarifa do gás no mercado em aplicação de cogeração qualificada, o preço da energia elétrica ponta e fora ponta e a necessidade de autossuficiência energética com fornecimento ininterrupto, como hospitais, hotéis, pousadas, clubes, shoppings, etc. Deve ser feito o dimensionamento da unidade CHP em função da demanda de calor e a energia elétrica excedente ser injetada na rede.</p>
<p>Considerações</p>	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - É uma forma de racionalização dos recursos - permite fazer o reaproveitamento do calor para aquecimento de água - consome até 30% menos combustível do que um processo convencional de geração de calor e pode chegar até 90% de eficiência térmica do sistema. - o consumo elétrico de um chiller de absorção é geralmente cerca de 10% do consumo típico de um chiller de compressão elétrico. - Reduz as emissões de poluentes atmosféricos, quando comparado com a geração simples com derivados de petróleo (diesel, etc). - Garante o funcionamento ininterrupto da edificação, independente do fornecimento de energia elétrica da concessionária. - Nos sistemas à Gás Natural, não há necessidade de espaço de armazenamento do combustível, como no caso de geradores à diesel. <p>Desvantagens: geralmente, os chillers de absorção possuem baixo coeficiente de performance da máquina (COPs de 0,27 a 1,5) menor do que os chillers de compressão elétricos (COPs de 4,5 a 7,1) e necessitam de uma operação estável, sem muitas variações de carga térmica e produção de calor. No entanto, quando operam com calor residual, contribuem para melhorar a eficiência global do sistema.</p>
<p>Links e regulamentos:</p>	<p>http://www.cogen.com.br/</p>

e. Biogás

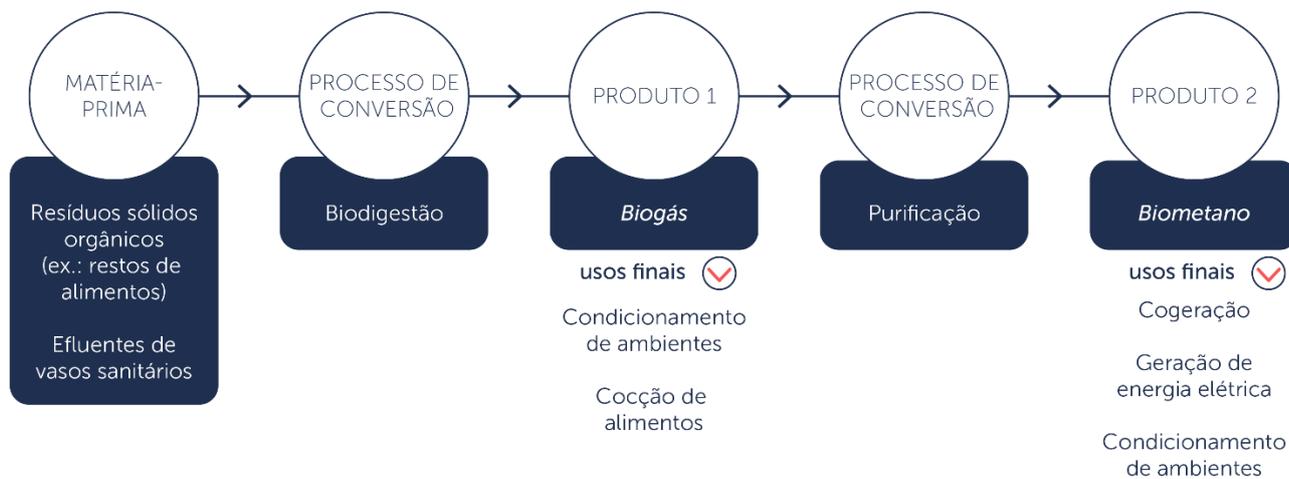


Figura 95. Processos de conversão energética de biomassa em biogás e biometano. Fonte: elaboração dos autores. (2018).

Tabela 51 – Biogás.

Biogás	
Destaque	Há um enorme potencial inexplorado no Brasil para a geração e uso do biogás. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 300 MW adicionais serão oriundos de plantas de biogás em 2026 , considerando apenas a geração distribuída de energia elétrica. (PDE, 2026.)
Tipologias aplicáveis (mais utilizadas e/ou com maior potencial de aproveitamento)	Hotel, shopping, condomínio residencial
O que é? Como funciona?	<p>O biogás é uma mistura de gases resultantes do processo de degradação de matéria orgânica na ausência de oxigênio, também conhecido por digestão anaeróbia. Em edificações, são duas as fontes de substrato orgânico que podem gerar biogás: os resíduos sólidos orgânicos (como restos de alimentos), e o efluente de vasos sanitários. Cada tipo de material é encaminhado a um biodigestor com características específicas, também conhecido como reator anaeróbio, onde a matéria prima será decomposta e o biogás gerado será coletado.</p> <p>O biogás é composto majoritariamente por gás metano (varia de 50 a 80%) e dióxido de carbono (varia de 20 a 40%), e em menor parcela por outros gases. Ele pode ser utilizado diretamente para cocção, por exemplo, substituindo o GLP (gás liquefeito do petróleo) ou o GN (gás natural), reduzindo ou zerando o custo destes insumos energéticos. Também pode ser utilizado como combustível para caldeiras e aquecedores de ambientes.</p> <p>Quando o biogás é submetido a um processo de purificação, que visa remover a umidade, o dióxido de carbono e o sulfeto de hidrogênio, ele passa a ser um biocombustível gasoso de maior poder calorífico, chamado de biometano. A qualidade e o grau de tratamento do biogás dependem de seu uso final.</p> <p>O biometano pode ser utilizado nas edificações em geradores de energia elétrica (geração distribuída), em sistemas de cogeração e em bombas de calor para resfriamento de ambientes.</p>

<p>Quais os principais componentes do sistema?</p>	<p>Toda a configuração de um sistema de geração e aproveitamento do biogás depende das características da matéria orgânica a ser utilizada e do uso final pretendido. De modo geral, os principais componentes são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biodigestor anaeróbio, que normalmente é composto por um sistema de entrada de matéria orgânica, um tanque onde ocorre a digestão, e um mecanismo para retirada do biogás; - Queimador de biogás (flare) para controle de vazão e segurança; - Sistema de purificação (ou tratamento) do biogás, para ser utilizado como biometano, quando aplicável; - Sistemas consumidores do biogás ou biometano, que podem ser unidades de cocção, caldeiras, unidade de cogeração de energia, ou bombas de calor. <p>Nota: o projeto dos queimadores para biogás difere dos queimadores de gás natural. Grande parte dos fabricantes de geradores e sistemas de cogeração contam com versões para biogás.</p>
<p>Quais fatores determinam sua viabilidade?</p>	<p>Os fatores que determinam a viabilidade de um sistema de geração e aproveitamento de biogás são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quantidade de resíduos orgânicos produzida pelo empreendimento, que definirá a quantidade de energia a ser aproveitada. Por este motivo, sistemas deste tipo são recomendados para edificações que gerem bastante resíduos, como hotéis, shoppings e condomínios residenciais. - Qualidade, composição e constância na geração de resíduos orgânicos, que afetam as entradas de substrato no biodigestor e suas características; - Potencial de aproveitamento térmico e elétrico dependendo da tipologia da edificação. <p>Os fatores que devem ser monitorados para garantir a digestão anaeróbia adequada são: temperatura, pH, e o teor de água e nutrientes dentro do biodigestor.</p>

<p>Considerações</p>	<ul style="list-style-type: none"> - É considerada uma fonte de energia renovável e limpa. - Um sistema de geração de biogás sempre conta com a produção de um rico biofertilizante como subproduto, que pode ser utilizado na manutenção das áreas verdes do empreendimento. - O biometano atende à definição de biocombustíveis estabelecida na Lei nº 12.490/2011. - O biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto pode ser destinado ao uso veicular e as instalações residenciais, industriais e comerciais e ser comercializado em todo o território nacional.
<p>Links e regulamentos:</p>	<p>RESOLUÇÃO ANP Nº 8, DE 30.1.2015 e RESOLUÇÃO ANP Nº 685/2017, que dispõe sobre as diretrizes de controle de qualidade e especificações do biometano. http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu</p> <p>Mais informações técnicas sobre geração e aproveitamento do biogás podem ser encontrados nos sites da CIBiogás (https://cibiogas.org/) e ABiogás (https://www.abiogas.org.br/).</p>

5. FONTES DE FINANCIAMENTO E SUBSÍDIOS

Realizar um retrofit ou adquirir novas tecnologias ou equipamentos de melhor desempenho pode ser caro e parecer inatingível. Entretanto, existem fontes de financiamento que estão dedicadas à eficiência energética em geral e que podem ajudar a viabilizar seu projeto! Abaixo são descritos os tipos de financiamento disponíveis e os principais financiadores e linhas de financiamento.

Há diversos modelos disponíveis. , Alguns são mais fáceis de adquirir que outros e mais apropriados para diferentes tipos de aplicação. A tabela 54 resume os diferentes conceitos, que são descritos em mais detalhe na Tabela 55.

Tabela 52. Resumo dos diferentes tipos de financiamento.

Tipo de financiamento	Órgão	Tipo de projeto	Comentário
Crédito subsidiado	Bancos federais, instituições estaduais ou municipais	Equipamentos, estudos de viabilidade, diagnósticos energéticos, construção.	<ul style="list-style-type: none"> • geralmente tem menor custo, por serem viabilizados por órgãos públicos. • As vezes os valores mínimos financiáveis são bem maiores do que o necessário para os projetos. • Mais apropriado para projetos grandes e com valor de capital de investimento alto.
Crédito comercial	Bancos privados	Equipamentos, estudos de viabilidade, diagnósticos energéticos.	<ul style="list-style-type: none"> • Geralmente tem um custo maior que crédito subsidiado, porém é aplicável para projetos menores.
Leasing³⁸	Bancos privados	Equipamentos.	<ul style="list-style-type: none"> • Ainda pouco usado no Brasil , porém pode ser interessante para aquisição de equipamentos com alto custo de investimento.
Contrato de Desempenho	Custos de implementação pagos por uma empresa do tipo ESCO.	Qualquer projeto que resultará em redução de consumo de energia.	<ul style="list-style-type: none"> • Recomendado quando há alto custo de investimento e grandes economias de energia possíveis, por exemplo, para projetos de troca de equipamentos, sistemas de gestão de energia e automação.
IPTU Verde	Governo municipal	Construção ou reforma com medidas de melhoria ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • Desconto no IPTU pago pelo proprietário. • Certificações socioambientais podem ser aceitas como comprovação de implementação de medidas ambientais.

³⁸ Arrendamento, pelo qual equipamentos ou máquinas são adquiridos por um período determinado, mediante pagamentos (geralmente mensais).

5.1. Crédito

Tanto bancos privados quanto públicos têm linhas de crédito para projetos de eficiência energética. Dependendo do produto ou do programa, haverá diferentes condições, como limite inferior e superior de crédito, taxas de juros e prazos de pagamento.

De forma geral, os mecanismos para obter financiamento por meio de uma instituição financeira são descritos na figura abaixo:

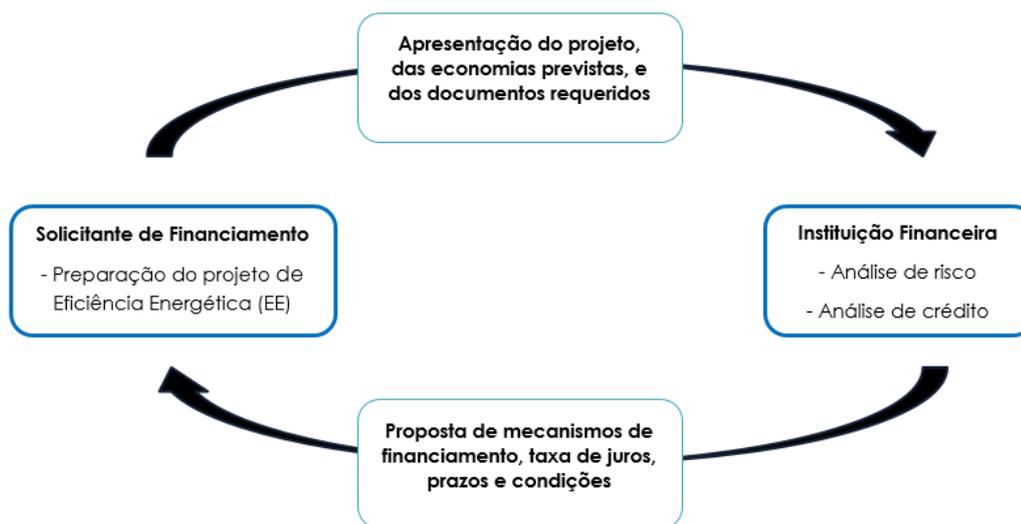


Figura 96. Diagrama de mecanismos para financiamento. Fonte: elaboração dos autores.

Principais instituições³⁹:

1) Nacionais

- BNDES: Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social

Um dos maiores bancos de desenvolvimento no mundo, o BNDES oferece produtos de financiamento e desenvolve programas alinhados com as prioridades e diretrizes do Governo Federal.

- FINEP: Empresa Brasileira de Inovação e Pesquisa

Visando estimular e fortalecer o desenvolvimento econômico e tecnológico nacional, a Finep dispõe de diferentes modalidades de apoio, que podem ser oferecidas diretamente pela instituição ou de forma descentralizada, por meio de agentes financeiros ou parceiros estaduais.

- Caixa Econômica Federal

³⁹ As instituições aqui apresentadas representam uma lista não exaustiva das oportunidades e linhas de financiamento existentes no mercado. Quer indicar uma instituição? Envie uma sugestão para comasp@sindusconsp.com.br

Maior banco público da América Latina, a Caixa possui diversos programas de desenvolvimento, incluindo o programa de habitação social como o Minha Casa Minha Vida.

2) Regionais

Por exemplo:

- Desenvolve SP
- AgeRio
- Banco do Nordeste do Brasil
- Agência de Fomento de Goiás S/A

3) Bancos Privados

Alguns bancos privados oferecem linhas de financiamento específicos para projetos de eficiência energética (veja mais detalhes na tabela abaixo).

Definições importantes:

Empréstimo subsidiado: se trata de um empréstimo com custo menor ao prestador que os empréstimos comerciais, frequentemente através de bancos de fomento ou agências de desenvolvimento. Geralmente possuem taxas de juros menores e/ou períodos de carência maiores.

Empréstimo comercial: um empréstimo ou crédito concedido por um banco ou fundo comercial, definido por condições como taxa de juros, prazo de pagamento, e mecanismos de garantia.

Leasing: arrendamento, pelo qual equipamentos ou máquinas são adquiridos por um período determinado, mediante pagamentos (geralmente mensais).

TLP: Taxa de Longo Prazo (de juros). É composta de uma parcela de juros reais pré-fixados (2,55% por ano em maio de 2018) e o fator de inflação.

SELIC: Sistema Especial de Liquidação e de Custódia. É a taxa básica de juros da economia do Brasil.

Confira a seguir uma lista das principais linhas de financiamento disponíveis:

Tabela 53. Lista das principais linhas de financiamento.

	Nome e Resumo	Descrição	Condições (válidas em maio 2018)	Público Alvo	Abrangência
1.	BNDES Finem – Eficiência Energética	<p>Tipo: empréstimo subsidiado</p> <p>Financiamento a partir de R\$ 10 milhões para projetos voltados à redução do consumo de energia e aumento da eficiência do sistema energético nacional, incluindo a efficientização energética de edificações, por exemplo.</p>	<p>Taxa de juros: TLP + 0,9% a 1,13% por ano.</p> <p>Limite inferior: R\$ 10 milhões.</p> <p>Participação do BNDES: até 80% do valor total do projeto.</p>	<p>Incorporadoras Construtoras Facilities Proprietários</p>	<ul style="list-style-type: none"> – equipamentos, – estudos – diagnósticos energéticos
2.	BNDES Finame	<p>Tipo: empréstimo subsidiado</p> <p>Financiamento da produção e aquisição de máquinas, equipamentos e bens de informática e automação de fabricação nacional, e credenciados no BNDES.</p>	<p>Financiamento adquirido por meio de um agente financeiro credenciado pelo BNDES.</p>	<p>Proprietários Incorporadoras Facilities Fornecedores</p>	<ul style="list-style-type: none"> – equipamentos – softwares
3.	BNDES Automático	<p>Tipo: empréstimo subsidiado</p> <p>Financiamento de projetos com investimento de até R\$ 20 milhões, realizados por intermédio das instituições financeiras repassadoras autorizadas.</p>	<p>Taxa de juros: TLP + 1,5 – 2,33% por ano.</p> <p>Limite superior: R\$ 20 milhões.</p> <p>Participação do BNDES: Até 100% dos</p>	<p>Proprietários Incorporadoras Facilities</p>	<ul style="list-style-type: none"> – estudos – projetos de implantação – equipamentos

		Para projetos de implantação, ampliação, recuperação e modernização de ativos fixos, e projetos de P&D e Inovação.	itens financiáveis (para micro, pequenas e médias empresas).		
4.	Cartão BNDES	Tipo: empréstimo subsidiado Crédito pré-aprovado para aquisição de bens e serviços credenciados no Portal de Operações do Cartão BNDES. Itens inclusos: itens novos e de fabricação nacional, incluindo máquinas e equipamentos, materiais para construção, mobiliário, eletrônicos, softwares e serviços diversos.	Taxa de juros: taxa definida mensalmente.	Incorporadoras Construtoras Proprietários	– equipamentos – softwares – materiais para construção
5.	FINEP: Pré-investimento	Tipo: empréstimo subsidiado Financiamento para projetos de pré-investimento, incluindo estudos de viabilidade técnica e econômica , estudos geológicos, além de projeto básico, de detalhamento e executivo	Taxa de Juros: TLP + 0,5% por ano Participação: até 90%.	Incorporadoras Construtoras Proprietários	– estudos de viabilidade técnica e econômica
6.	Desenvolve SP: Economia Verde	Tipo: empréstimo subsidiado Financia projetos sustentáveis que promovam a redução de emissões de gases de efeito estufa e que minimizem o impacto da atividade produtiva no meio ambiente.	Taxa de juros: a partir de 0,17% por mês + SELIC Participação máxima: até 80% dos itens financiáveis.	Incorporadoras Construtoras Facilities Proprietários com sede no Estado de São Paulo.	– sistemas de geração de energia renovável – estudos – diagnósticos energéticos – equipamentos – materiais – obras

		Inclui financiamento para substituição de fontes de energia por fontes renováveis, construção de edifícios sustentáveis , e aumento de eficiência energética em edifícios existentes .			
7.	Desenvolve SP: Economia Verde - Máquinas	Tipo: empréstimo subsidiado Financia máquinas e equipamentos que reduzem consumo energético e o impacto no meio ambiente.	Taxa de juros: a partir de 0,17% por mês + SELIC Participação máxima: até 80% dos itens financiáveis.	Facilities Proprietários com sede no Estado de São Paulo.	– equipamentos – softwares
8.	Desenvolve SP: Projetos de Eficiência Energética	Tipo: empréstimo subsidiado Financia projetos para redução do consumo de energia ou aumento da eficiência do sistema energético nacional, incluindo projetos de eficiência energética em edificações novas ou existentes .	Taxa de juros: a serem definidas para cada projeto especificamente. Limite inferior: R\$ 100 mil	Incorporadoras Construtoras Facilities Proprietários com sede no Estado de São Paulo.	– sistemas de geração de energia renovável – estudos – diagnósticos energéticos – equipamentos – materiais – obras
9.	AgeRio – Ser Sustentável	Tipo: empréstimo subsidiado Financia projetos que promovam a redução de impactos ambientais, incluindo projetos de eficiência energética, energia renovável, reutilização de recursos e sustentabilidade .	Taxa de juros: a partir de 0,77% por mês. Limite superior: R\$ 10 milhões por projeto	Incorporadoras Construtoras Facilities Proprietários exceto para edifícios residenciais.	– sistemas de geração de energia renovável – estudos – diagnósticos energéticos

10.	Banco do Nordeste do Brasil: FNE Verde	<p>Tipo: empréstimo comercial</p> <p>Programa de Financiamento à Sustentabilidade Ambiental. Financia a implantação, ampliação, modernização e reforma que propiciem a preservação do meio ambiente, incluindo projetos de eficiência energética em empreendimentos.</p>	<p>Taxa de juros: 7,3% a 10,1%, dependendo do porte da empresa.</p> <p>Participação: até 100%, dependendo do porte da empresa.</p>	<p>Incorporadoras Construtoras Facilities Proprietários</p>	<ul style="list-style-type: none"> – sistemas de geração de energia renovável – estudos – diagnósticos energéticos – equipamentos – materiais – obras –
11.	Agência de Fomento de Goiás – Eficiência Energética	<p>Tipo: empréstimo subsidiado</p> <p>Financia bens e serviços que proporcionam economia no consumo de energia.</p>	<p>Taxa de juros: 1,3 a 1,62% por mês.</p> <p>Limite superior: até R\$ 400 mil</p>	<p>Incorporadoras Facilities Proprietários</p>	<ul style="list-style-type: none"> – equipamentos – estudos – materiais
12.	Bradesco – Leasing Ambiental	<p>Tipo: arrendamento</p> <p>Financia a aquisição de bens que contribuem à preservação do meio ambiente, incluindo tratamento e reuso de água, geração de energia renovável, e tratamento de ar e de resíduos.</p>	<p>Participação: até 70%</p>	<p>Incorporadoras Construtoras Facilities Proprietários</p>	<ul style="list-style-type: none"> – sistemas de geração de energia renovável – tratamento e reuso de água – equipamentos para tratamento de ar.
13.	Bradesco – Aquecedores Solares	<p>Tipo: empréstimo comercial</p> <p>Financia a aquisição de aquecedores solares.</p>	<p>Participação: até 70%</p>	<p>Incorporadoras Proprietários</p>	<ul style="list-style-type: none"> – sistemas de aquecimento solar

14.	Caixa Econômica Federal – Ecoeficiência Empresarial	<p>Tipo: empréstimo comercial</p> <p>Financiaa aquisição de máquinas e equipamentos que reduzam a geração de resíduos e emissões, e aumentem a eficiência no uso de recursos.</p>	<p>Taxa de Juros: depende do produto específico.</p> <p>Participação: até 100%</p>	<p>Incorporadoras Facilities Proprietários</p>	<p>– aquisição e substituição de equipamentos</p>
15.	Caixa Econômica Federal – geração de energia em projetos do PMCMV	<p>Tipo: financiamento direto</p> <p>Financia projetos Minha Casa Minha Vida para inclusão de sistemas alternativos de geração de energia. Algumas tipologias em algumas zonas bioclimáticas deverão contar com um sistema de geração de energia, como painéis fotovoltaicos por exemplo.</p>	<p>Participação: até R\$ 3.000 por unidade habitacional.</p>	<p>Incorporadoras Construtoras</p>	<p>– aquisição e instalação de sistemas</p>
16.	Caixa Econômica Federal – Selo Casa Azul	<p>Tipo: financiamento direto</p> <p>Todos empreendimentos habitacionais financiados pela Caixa Econômica Federal devem possuir o selo Casa Azul, classificação socioambiental.</p>	<p>A obtenção do selo é um pré-requisito para qualquer empreendimento que seá financiado pela Caixa.</p>	<p>Incorporadoras Construtoras</p>	<p>– construção de empreendimentos habitacionais.</p>

Obs: Todos valores de taxas de juros, valores de limite e de participação foram levantados para maio 2018. Sempre verificar na fonte oficial para detalhes mais atualizados.

Também existem linhas de financiamento mais recentes como o do Banco da Amazônia⁴⁰, que disponibilizou em 2018 uma linha de financiamento de mais de R\$5 bilhões para Energia Solar (fotovoltaica) e Programa estudantil (FIES), proveniente de recursos do Fundo de Financiamento do Norte (FNO).

⁴⁰ <http://www.bancoamazonia.com.br/index.php/imprensa-noticias/1076-19-1-2018-banco-da-amazonia-disponibiliza-mais-de-r-1-bilhao-para-o-amazonas-em-2018>. Acesso em 22 de setembro de 2018.

Além dos produtos específicos descritos acima, existem linhas de crédito por bancos nacionais e internacionais voltados à construção sustentável, nas quais podem se enquadrar projetos de eficiência energética, tais como:

- **Itaú**
- **Santander Financiamentos**

5.2. Licitações e Chamadas Públicas

O processo de licitação ou chamada pública é a divulgação de um determinado projeto, pelo qual empresas são convidadas a mandar uma proposta para realizar o serviço pedido. O projeto sendo realizado por chamada pública está descrito em um **edital**, documento definindo o escopo dos serviços desejados. As empresas interessadas deverão demonstrar-se habilitadas (ou seja, atender aos critérios descritos no edital pela empresa licitante), e enviar uma oferta de preço para realização dos serviços.

A empresa ganhadora será selecionada por critérios definidos no edital (pode ser pelo menor preço, ou habilitação técnica).

O Procel (Eletrobras) é um dos principais programas que pública editais para projetos especificamente de eficiência energética em edificações.

PEE da ANEEL

A chamada pública do Programa de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é a principal para financiamentos de projetos de eficiência energética no Brasil. O PEE financia projetos por meio de taxas pagas por todas as distribuidoras de eletricidade no país, conforme a lei nº 9.991 da ANEEL. Através do PEE, as distribuidoras lançam editais anualmente, convidando empresas a enviar propostas de projetos de eficiência energética a serem financiados, que são selecionados baseados em critérios técnicos e econômicos.

Em alguns setores, os projetos são financiados a fundo perdido, ou seja, não são reembolsáveis: residencial, baixa renda, gestão energética municipal, educação, iluminação pública, poder público e serviços públicos.

Em outros setores os projetos são financiados e implementados através de Contratos de Desempenho Energético.

A empresa firma contrato com a distribuidora e fica responsável pela implantação do projeto, medição, verificação e relato dos resultados das economias. Se o projeto não for a fundo perdido, o valor do contrato será pago à concessionária em pagamentos periódicos com valor fixo, sem incidência de juros.

Mais informações:

- **ANEEL**
- **Site de concessionárias de energia, como Eletropaulo** (exemplo de uma distribuidora).

5.3. ESCOs

ESCOs ou Empresas de Serviços de Energia, do inglês “*Energy Services Company*”, são especializadas em serviços de engenharia para conservação de energia.

ESCOs podem ser contratadas para implementar projetos de medidas de eficiência energética, bancando o custo de investimento pelo projeto (incluindo custos de equipamentos, instalação e projeto) através de um Contrato de Desempenho. Essas empresas são pagas por meio das economias geradas pela implementação das medidas, compartilhando as economias financeiras, pela redução de consumo, com o cliente.

Saiba mais sobre ESCOs:

- **ABESCO** (Associação Brasileira de ESCOs)

O que é um Contrato de Desempenho Energético ou Contrato de Performance?

Contrato de Desempenho Energético: a empresa contratada para a implantação de medidas de eficiência energética banca o custo de implementação e as economias são compartilhadas entre a empresa e o cliente.

A partir da implementação das medidas e redução de consumo, além de pagar menos mensalmente pela energia, o cliente pagará a ESCO um valor mensal, que pode ser fixo ou variável, em função das economias. O valor total pago mensalmente (custo de energia + parcela para ESCO) será mais baixo do que o valor pago antes da implementação das medidas. Pelo contrato, será determinada a duração dos pagamentos mensais a serem feitos à ESCO, depois do qual todas as economias serão recolhidas pelo cliente.

CONTRATO DE DESEMPENHO OU PERFORMANCE

Fonte: ABESCO

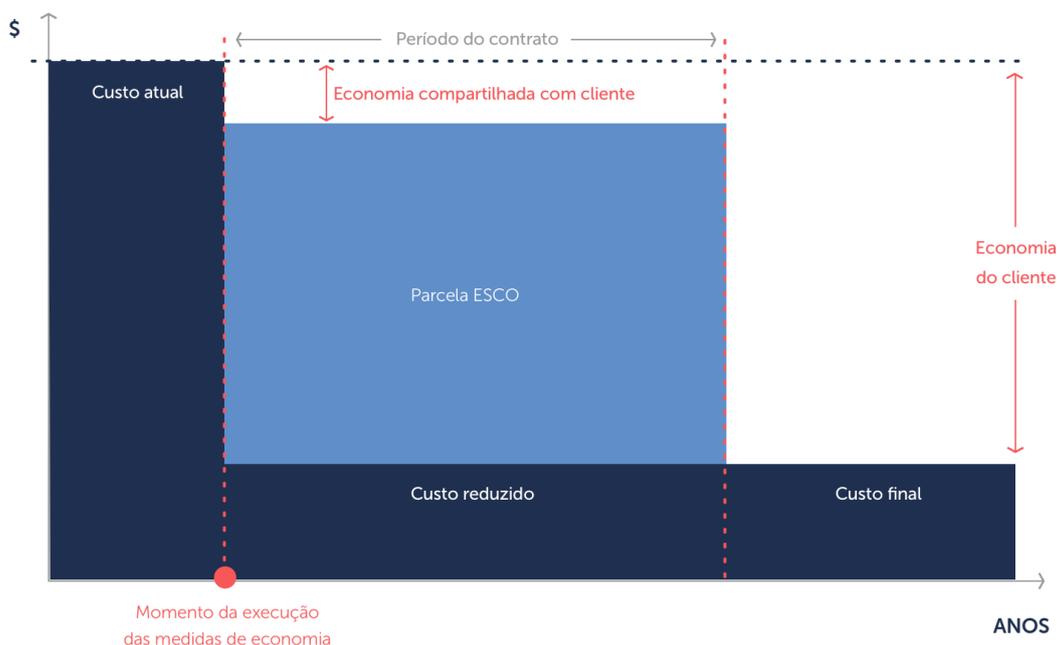


Figura 97. Contrato de Desempenho Energético ou Performance. Adaptado de ABESCO. Disponível em < <http://www.abesco.com.br/pt/contrato-de-performance/> > (Acesso em 26/06/2018).

As economias geradas pela implementação de medidas podem variar conforme a qualidade da instalação e o uso do edifício, e há diversos modelos de contrato disponíveis, de acordo com quem fica o maior risco. Optar por valores fixos pode ser vantajoso para o cliente, porém transfere maior risco à ESCO. Optar por valores mensais, alterando conforme as economias alcançadas, requer um procedimento de medição, verificação e relato rigoroso a fim de destacar a economia proveniente das medidas implantadas em si.

Saiba mais em:

- **Contratos de Desempenho no setor público: Ministério do Meio Ambiente⁴¹.**
- **ABESCO⁴².**

⁴¹ <http://www.mma.gov.br/informma/item/11664-contratos-de-desempenho>

⁴² <http://www.abesco.com.br/pt/contrato-de-performance/>

5.4. Subsídios para o consumidor final



Figura 98. IPTU verde em Salvador – BA. Fonte: Prefeitura Municipal de Salvador. Disponível em <<http://iptuverde.salvador.ba.gov.br/>> (Acesso em 26/06/2018).

Mesmo não sendo fontes de financiamento direto para projetos, existem programas que trarão benefícios financeiros para o proprietário. O programa principal deste tipo é o IPTU Verde.

IPTU Verde é um desconto no Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU), definido pelo poder executivo **municipal**. O valor do desconto varia dependendo das reformas e medidas implementadas, e o benefício que elas trarão.

Há diversos municípios que têm implementado programas de desconto no IPTU para construções que adotem medidas de melhorias ambientais, como por exemplo Salvador, BA, Campos do Jordão, SP, e Curitiba, PR.

Para mais informações:

- Procure no site do seu município;
- BUZAGLODANTAS. Desconto no IPTU através da lei IPTU Verde⁴³;
- KARPAT, R. IPTU Verde – Ranking⁴⁴.

6. FERRAMENTAS E SOFTWARES

Nessa página, destacamos algumas das principais ferramentas e softwares de simulação disponíveis no mercado, pagos e gratuitos, para auxiliar na tomada de decisões na fase de projeto e uso operação, a fim de obter edificações energeticamente eficientes.

Nota: fontes consultadas em maio 2018.

6.1. WebPrescritivo (PBE Edifica)

O PBE Edifica é o único método nacional de etiquetagem de eficiência energética em edificações, lançado pelo Inmetro e a Eletrobras/PROCEL Edifica. A etiquetagem se aplica a qualquer edificação, residencial ou não, habitualmente ocupada por pessoas, incluindo edifícios comerciais, públicos e de serviços.

⁴³Disponível em: <http://buzaglodantas.adv.br/2014/08/desconto-no-iptu-atraves-da-lei-iptu-verde/>

⁴⁴Disponível em: <http://www.karpat.adv.br/cidades-oferecem-desconto-de-ate-100-no-iptu-verde/iptu-verde-ranking/>

Um dos métodos de avaliação do PBE Edifica é a ferramenta online WebPrescritivo, na qual o usuário fornece os parâmetros de seu projeto e pode consultar o nível da etiqueta que o edifício pode obter, de A a E⁴⁵. A ferramenta está disponível apenas para edificações não residenciais.

Nota: O PBE Edifica está em fase de revisão, com previsão de publicação de sua nova metodologia até nov/dez de 2018.

- Consumo de Água -sim
- Consumo de Energia - sim
- Aspectos construtivos - sim
- Iluminação- sim
- Aquecimento, ventilação e ar condicionado - sim
- Equipamentos -sim
- Fontes alternativas de energia -sim
- Projeto, construção e retrofit - sim
- Uso, operação e manutenção- não

6.2. Energy Plus

Software grátis de simulação termo energética completa de edificações:

- Consumo de Água - sim
- Consumo de Energia - sim
- Aspectos construtivos - sim
- Iluminação- sim
- Aquecimento, ventilação e ar condicionado - sim
- Equipamentos -sim
- Fontes alternativas de energia -não
- Projeto, construção e retrofit - sim
- Uso, operação e manutenção- não

- Softwares de interface gráfica para visualização mais amigável do modelo e dos resultados:
 - Design builder (pago)⁴⁶;
 - Open Studio para Google SketchUp (gratuito)⁴⁷.
- <https://energyplus.net/>

⁴⁵Disponível em:

<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/comercial/webprescritivo>

⁴⁶ <https://www.designbuilder.co.uk/>

⁴⁷ <https://www.openstudio.net/>

- Outros semelhantes: TAS, eQuest.

6.3. EDGE⁴⁸

Ferramenta fácil, rápida e gratuita para avaliar o projeto, que estima **economias de gasto** operacional e **custo de implementação** de medidas de eficiência para comparação de estratégias. São avaliadas as áreas de energia, água e materiais.

- Consumo de Água -sim
- Consumo de Energia - sim
- Aspectos construtivos - sim
- Iluminação- sim
- Aquecimento, ventilação e ar condicionado - sim
- Equipamentos -sim
- Fontes alternativas de energia -sim
- Projeto, construção e retrofit - sim
- Uso, operação e manutenção- não

6.4. Domus⁴⁹

Software brasileiro gratuito de simulação higrotérmica e energética em edificações, desenvolvido pela PUC-PR, com subsídio da Eletrobras e de agências de fomento. O software conta com um módulo específico para avaliação de sistemas de condicionamento de ar.

- Consumo de Água - não
- Consumo de Energia – sim
- Aspectos construtivos - sim
- Iluminação - sim
- Aquecimento, ventilação e ar condicionado - sim
- Equipamentos - sim
- Fontes alternativas de energia - não
- Projeto, construção e retrofit - sim
- Uso, operação e manutenção - não

6.5. Dialux⁵⁰

Software gratuito para auxiliar no projeto de iluminação artificial e natural.

⁴⁸ <https://app.edgebuildings.com/#/>

⁴⁹ <http://domus.pucpr.br/>

⁵⁰ <https://www.dial.de/en/dialux/>

- a) Consumo de Água - não
- b) Consumo de Energia - sim
- c) Aspectos construtivos - sim
- d) Iluminação- sim
- e) Aquecimento, ventilação e ar condicionado - não
- f) Equipamentos -não
- g) Fontes alternativas de energia -não
- h) Projeto, construção e retrofit - sim
- i) Uso, operação e manutenção- não

Obs: outro semelhante é o Radiance⁵¹

6.6. Sefaira⁵²

Software pago, dinâmico, para auxiliar criação de um edifício de alto desempenho energético. Importa modelagem geográfica de Google SketchUp ou Revit, e realiza simulações termodinamica.

- a) Consumo de Água - não
- b) Consumo de Energia - sim
- c) Aspectos construtivos - sim
- d) Iluminação- sim
- e) Aquecimento, ventilação e ar condicionado - sim
- f) Equipamentos - sim
- g) Fontes alternativas de energia - sim
- h) Projeto, construção e retrofit - sim
- i) Uso, operação e manutenção- não

6.7. PVsyst⁵³

Software gratuito de cálculo e dimensionamento de painéis fotovoltaicos.

- a) Consumo de Água - não
- b) Consumo de Energia - sim
- c) Aspectos construtivos - não
- d) Iluminação- não
- e) Aquecimento, ventilação e ar condicionado - não
- f) Equipamentos -não
- g) Fontes alternativas de energia -sim
- h) Projeto, construção e retrofit - sim
- i) Uso, operação e manutenção- não

⁵¹ <https://radiance-online.org//>

⁵² <http://sefaira.com/>

⁵³ <http://www.pvsyst.com/en/>

6.8. Benchmarking⁵⁴

Plataforma de avaliação gratuita do nível de eficiência em **operação** do edifício, comparando o **consumo real** de energia elétrica ao **consumo típico** nacional segundo cada tipologia.

- Consumo de Água - não
- Consumo de Energia - sim
- Aspectos construtivos - não
- Iluminação- sim
- Aquecimento, ventilação e ar condicionado - sim
- Equipamentos -sim
- Fontes alternativas de energia - não
- Projeto, construção e retrofit - não
- Uso, operação e manutenção- sim

6.9. HOT 2000

Ferramenta simplificada gratuita de avaliação termo energética de edifícios residenciais:

- a) Consumo de Água - sim
- b) Consumo de Energia - sim
- c) Aspectos construtivos - sim
- d) Iluminação- sim
- e) Aquecimento, ventilação e ar condicionado - sim
- f) Equipamentos - sim
- g) Fontes alternativas de energia - não
- h) Projeto, construção e retrofit - sim
- i) Uso, operação e manutenção- não

Link: <http://www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency/homes/20596#training>

6.10. Enguia⁵⁵

Ferramenta gratuita de diagnóstico energético de edificações residenciais e comerciais de pequeno porte.

⁵⁴ <http://benchmarkingenergia.cbcs.org.br/>

⁵⁵ <https://enguia.eco.br/>

- a) Consumo de Água - não
- b) Consumo de Energia - sim
- c) Aspectos construtivos - não
- d) Iluminação- sim
- e) Aquecimento, ventilação e ar condicionado - sim
- f) Equipamentos - sim
- g) Fontes alternativas de energia - não
- h) Projeto, construção e retrofit - não
- i) Uso, operação e manutenção – sim

Obs: ferramenta semelhante: <http://www.sebrae-energia.com.br/>

6.11. Simuladores das concessionárias

Simuladores de consumo gratuitos das concessionárias de energia para o público residencial.

- a) Consumo de Água - não
- b) Consumo de Energia - sim
- c) Aspectos construtivos - não
- d) Iluminação- sim
- e) Aquecimento, ventilação e ar condicionado - sim
- f) Equipamentos - sim
- g) Fontes alternativas de energia - não
- h) Projeto, construção e retrofit - não
- i) Uso, operação e manutenção - sim

Ex:

ENEL: <https://enel-ce.simuladordeconsumo.com.br/>

COPEL: <http://www.copel.com/hpcopel/simulador/>

LIGHT: <http://www.light.com.br/para-residencias/Simuladores/consumo.aspx>

EDP: <https://www.edp.pt/particulares/apoio-cliente/simulador-potencia/>

FURNAS: <http://www.furnas.com.br/simulador/simulador.htm>

ENERGISA: <https://www.energisa.com.br/Paginas/simulador-de-consumo.aspx>

ELETROPAULO: <https://www.aeseletropaulo.com.br/para-sua-casa/informacoes/Paginas/simulador-de-consumo.aspx>

CELESC: <http://simulador.celesc.com.br/ambiente/8>

CEMIG: http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Paginas/simulador_de_consumo.aspx

CEEE:

<http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller.aspx?CC=1221>

6.12. Climate Consultant

Software desenvolvido pela Universidade de Los Angeles (UCLA) que apresenta graficamente como os dados climáticos impactam no projeto do edifício. O Climate Consultant utiliza a Carta Psicrométrica para recomendar diretrizes de

projeto específicas para a localidade de interesse. Disponível para download em <http://energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/>.

- a) Consumo de Água – Não
- b) Consumo de Energia - Sim
- c) Aspectos construtivos - Sim
- d) Iluminação - Não
- e) Aquecimento, ventilação e ar condicionado - Sim
- f) Equipamentos - Não
- g) Fontes alternativas de energia - Não
- h) Projeto, construção e retrofit - Sim
- i) Uso, operação e manutenção - Não

Tipologias:

- Casa – Sim
- Prédio Residencial – Sim
- Condomínio – Sim
- Escritório – Sim
- Shopping - Sim
- Hotel – Sim
- Retail e logística - Sim

6.13. Projeteee

Plataforma pública do Ministério do Meio Ambiente que agrupa soluções para um projeto de edifício eficiente através de dados de caracterização climática e da indicação das estratégias de projeto mais apropriadas a cada região. O Projeteee também possui dados das propriedades térmicas de diversos componentes construtivos, uma ferramenta para o cálculo de transmitância térmica e conteúdo didático sobre o funcionamento e aplicabilidade de equipamentos de ar condicionado, iluminação e geração distribuída.

- a) Consumo de Água - Não
- b) Consumo de Energia - Sim
- c) Aspectos construtivos - Sim
- d) Iluminação - Sim
- e) Aquecimento, ventilação e ar condicionado - Sim
- f) Equipamentos - Sim
- g) Fontes alternativas de energia - Sim
- h) Projeto, construção e retrofit - Sim
- i) Uso, operação e manutenção - Não

Tipologias:

- Casa – Sim
- Prédio Residencial – Sim

- Condomínio – Sim
- Escritório – Sim
- Shopping – Sim
- Hotel – Sim
- Retail e logística - Sim

6.14. Ferramenta de Conforto de Berkeley

Ferramenta online desenvolvida pela Universidade de Berkeley que orienta na definição de setpoints de temperatura e umidade adequadas através de uma visualização gráfica dos limites aceitáveis de conforto térmico do ambiente e como eles se comportam com a alteração de fatores como velocidade do ar, taxa metabólica e vestimentas. Baseada em parâmetros de normas internacionais, como a ASHRAE 55.

<http://comfort.cbe.berkeley.edu/>

- a) Consumo de Água – Não
- b) Consumo de Energia - Sim
- c) Aspectos construtivos - Não
- d) Iluminação - Não
- e) Aquecimento, ventilação e ar condicionado - Sim
- f) Equipamentos - Sim
- g) Fontes alternativas de energia - Não
- h) Projeto, construção e retrofit - Não
- i) Uso, operação e manutenção - Sim

Tipologias:

- Casa – Sim
- Prédio Residencial – Sim
- Condomínio – Sim
- Escritório – Sim
- Shopping - Sim
- Hotel – Sim
- Retail e logística - Sim

7. CONTEÚDOS ADICIONAIS

A seguir serão listadas algumas das principais normas e referências de eficiência energética em edificações.

Obs: essa lista tem a finalidade de nortear o usuário para algumas das principais práticas e conceitos que podem ser utilizadas referencias, porém não é exaustiva sobre os temas, podendo ser complementados em próximas etapas.

Nota: fontes consultadas em maio 2018.

7.1. NORMAS

7.1.1. ABNT/ NBR/ ISO

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

http://www.abntcatalogo.com.br/?gclid=EAlalQobChMIhcebtKjM2wIVUICRCh35dgXNEAAYASAAEglqcfD_BwE

- ABNT NBR 10821-3. **Esquadrias externas para edificações - Parte 3: Métodos de ensaio.** 2011.
- ABNT NBR 15215. **Iluminação natural**
 - ABNT NBR 15215-1. **Iluminação natural - Parte 1: Conceitos básicos e definições.**2005.
 - ABNT NBR 15215-2. **Iluminação natural - Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural.** 2005.
 - ABNT NBR 15215-3. **Iluminação natural - Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos.** 2007.
- ABNT NBR 15220. **Desempenho térmico de edificações**
 - ABNT NBR 15220-1. **Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos.** 2005.
 - ABNT NBR 15220-2. **Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.**2008.
 - ABNT NBR 15220-3. **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.**2005.

- ABNT NBR 15220-4. **Desempenho térmico de edificações - Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida.**2005.
- ABNT NBR 15575. **Edificações habitacionais - Desempenho**
 - ABNT NBR 15575-1. **Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais.**2013.
 - ABNT NBR 15575-2. **Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais.**2013.
 - ABNT NBR 15575-3. **Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.** 2013.
 - ABNT NBR 15575-4. **Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas.**2013.
 - ABNT NBR 15575-5. **Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas.**2013.
 - ABNT NBR 15575-6. **Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.**2013.
- ABNT NBR 16401. **Instalações de ar-condicionado**
 - ABNT NBR 16401-1. **Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários Parte 1: Projeto das Instalações.**2008.
 - ABNT NBR 16401-2. **Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico.**2008.
 - ABNT NBR 16401-3. **Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários Parte 3: Qualidade do ar interior.** 2008.
- ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. **Verificação de Iluminância de Interiores.** 2013
- ABNT NBR ISO-50.001. **Sistemas de gestão da energia – Requisitos com orientações para uso.** 2011.
- ABNT NBR ISO-50.002. **Diagnósticos energéticos – Requisitos com orientação para uso.** 2014.
- ISO 50.003. **Energy management systems- Requirements for bodies providing audit and certification of energy management systems.** 2014.
- ISO 50.004. **Energy management systems- Guidance for implementation, maintenance and improvement of na energy management system.** 2014.
- ISO 50.006. **Energy management systems- Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) -- General principles and guidance.** 2014.

7.1.2. ASHRAE

Associação Americana dos Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado.

- ASHRAE. **Energy Efficiency Guides for Existing Commercial Buildings: Technical Implementation Guidance and the Business Case for Building Owners and Managers**, 2011.
- ASHRAE. **Handbook - Applications**. 2015.
- ASHRAE. **Handbook - Fundamentals**. 2017.
- ASHRAE. **Measurement of Energy, Demand, and Water Savings**. 2014.
- ASHRAE. **Procedures for Commercial Building Energy Audits**. Second Edition, 2011.
- ASHRAE. **Standard for Commercial Building Energy Audits**. 2015.
- ASHRAE 55. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. 2017.
- ASHRAE 90.1. **Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. 2016.
- ASHRAE 140. **Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs**. 2017.
- ASHRAE Standard 209P. **Energy Simulation-Aided Design for Buildings**. 2016.

7.1.3. Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE)

Instituição de Engenheiros Acreditados de Sistemas Prediais da Inglaterra.

<https://www.cibse.org/>

- CIBSE. BEET Buildings for Extreme Environments – Tropical. 2017. Disponível em: <https://www.cibse.org/knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q000000CP3TWQA1>.
- CIBSE TM22. **Energy assessment and reporting method**. 2006.
- CIBSE TM54. **Evaluating Operational Energy Performance of Buildings at design stage**. 2013.
- CIBSE. **Guide F – Energy efficiency in buildings**, 2012.
- CIBSE. **KS20: Practical Psychrometry**. Disponível em: <http://www.cibse.org/Knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q2000000817k8>.

7.2. ENTIDADES

7.2.1. Ministério do Meio Ambiente - MMA

<http://www.mma.gov.br/>

Projeto 3E – Transformação do Mercado de Eficiência energética no Brasil:

<http://www.mma.gov.br/informma/item/10577-p-r-o-j-e-t-o-3e>

7.2.2. Ministério de Minas e Energia - MME

<http://www.mme.gov.br/>

Publicações e indicadores: <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores>

7.2.3. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (Agência Alemã de Cooperação Internacional Ltda/GIZ).

Agência de Cooperação Internacional Alemã:

<https://www.giz.de/en/worldwide/12055.html>

7.2.4. SindusCon-SP

Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo

<https://www.sindusconsp.com.br/>

Biblioteca de documentos: <https://www.sindusconsp.com.br/biblioteca-de-documentos/>

7.2.5. CBIC

Câmara Brasileira da Indústria da Construção

<https://cbic.org.br/>

Publicações: <https://cbic.org.br/publicacoes/>

7.2.6. AsBEA

Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura

<http://www.asbea.org.br/>

Manuais técnicos: <http://www.asbea.org.br/manuais>

7.2.7. ABRAVA

Associação Brasileira de Refrigeração Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento.

<http://abrava.com.br/>

7.2.8. Inmetro

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

<http://www.inmetro.gov.br/>

Tabelas de consumo / eficiência energética:

<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>

7.2.9. Instituto Clima e Sociedade (ICS)

Organização filantrópica que promove projetos e iniciativas para o desenvolvimento de baixo carbono no Brasil.

<https://www.climaesociedade.org/>

ICS. **Edifícios de baixo carbono no Brasil.** Disponível em:

<http://mitsidi.com/definindo-edificios-net-zero-para-o-brasil/?lang=pt-br>.

7.2.10. IFC (Corporação Financeira Internacional)

Instituição de desenvolvimento global, membro do Grupo Banco Mundial, voltado para o setor privado de países em desenvolvimento.

https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/multilingual_ext_content/ifc_external_corporate_site/home_pt

<https://www.edgebuildings.com/?lang=pt-pt#top>

7.2.11. SENAI

O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) têm oferecido cursos na área de Eficiência energética em Edificações.

<http://www.portaldaindustria.com.br/senai/>

<http://www.sp.senai.br/cursos/73281/126/eficiencia-energetica.html>

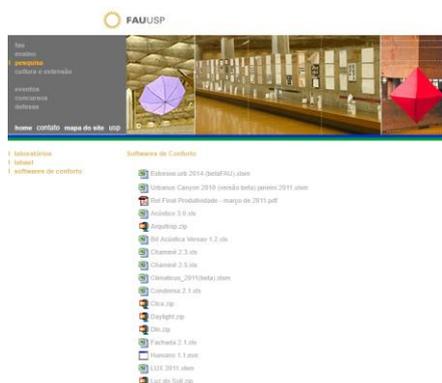
7.2.12. Institutos Federais (IFs)

Os Institutos Federais estão desenvolvendo a área de eficiência energética em edificações. Através do programa EnergIF, projeto do Ministério de Educação, estão sendo realizados trabalhos de Energias Renováveis e Eficiência Energética nas Redes Federais de educação.

<http://www.energif.org/sobre.php>

7.2.13. Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABAUT)

Publicações, referências e softwares sobre Eficiência energética em edificações.



<http://www.fau.usp.br/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>

7.2.14. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE)

Publicações, referências e softwares sobre Eficiência energética em edificações.

<http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>



Softwares do site LABEE: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares>



7.3. TERCEIRO SETOR

7.3.1. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS)

<http://www.cbcs.org.br/website/>

- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas.** CBCS/PNUD/MMA, 2015. [Baixar arquivo.](#)
- CBCS, MITSIDI PROJETOS e PROCEL/ELETOBRAS. **Guia Prático para Realização de Diagnósticos Energéticos em Edificações**, 2017. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTsvc.asp?DocumentID=%7BB6F7573B-CB26-4363-9E8F-64F8B72018C1%7D&ServiceInstUID=%7B46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1%7D>
- CBCS, MITSIDI PROJETOS e PROCEL/ELETOBRAS. **Guia de Boas Práticas para Uso de Energia e Eficiência Energética em Data Centers**, 2017. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTsvc.asp?DocumentID=%7B14348C39-735B-4533-8A56-7C036BB40C69%7D&ServiceInstUID=%7B46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1%7D>.
- CBCS. **Desenvolvimento de benchmarks nacionais de consumo energético de edificações em operação.** Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/comunicacao-tecnica/show.asp?ppsCode=F7DB9C2C-E746-423C-8759-3922567EE4A5>
- Mais informações do **Projeto DEO (Desempenho Energético Operacional) e Benchmarking de energia:** <http://www.cbcs.org.br/website/benchmarking-energia/show.asp>.

7.4. CERTIFICADORAS

7.4.1. Inmetro/Procel

Para a etiquetagem do PBE Edifica, os Organismos de Inspeção Acreditados (OIAS) que emitirão a etiqueta podem ser consultados no link:

<http://www.inmetro.gov.br/organismos/consulta.asp>

7.4.2. GBCI

Green Business Certification Inc. (GBCI) é a organização de certificação do Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) e Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE).

<http://www.gbci.org/>

7.4.3. GBC Brasil

Green Building Council Brasil, responsável pela emissão das certificações GBC Referencial Casa e GBC Zero Energy.

<http://www.gbcbrazil.org.br/index.php>

7.4.4. Thinkstep

Organização responsável pela certificação do Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE).

<https://www.thinkstep.com/>

7.4.5. Fundação Vanzolini

Instituição privada que emite as certificações do AQUA- HQE.

<https://vanzolini.org.br/>

7.5. OUTROS

7.5.1. ProjetEEE

Plataforma pública nacional sobre soluções para um projeto eficiente, criada dentro do Projeto de Transformação do Mercado de Eficiência Energética do Ministério do Meio Ambiente (MMA), conhecido como Projeto 3E, e em parceria com o Procel/Eletrôbras e a Universidade Federal de Santa Catarina.

<http://projeteee.mma.gov.br/>

7.5.2. Best Directory - Building Energy Software Tools

Banco de dados de ferramentas e softwares, em continuação ao site do Departamento de Energia dos EUA (DOE).

The screenshot shows the BEST Directory website interface. At the top, there is a navigation bar with links for Home, FAQ, Software Listing, About, and Contact, along with Sign In and Register buttons. The main content area features a search bar and a list of capabilities on the left. Two software entries are highlighted: Radiance and TRNSYS. Radiance is described as a suite of programs for lighting analysis and visualization, with a last software update in September 2015 and a last entry update in November 2017. TRNSYS is a component-based transient simulation package for whole-building energy simulation, with a last software update in September 2015 and a last entry update in July 2016. On the right side, there is a section for 'Our Sponsors' featuring logos for Autodesk, Bigladder, and atelier ten.

<http://www.buildingenergysoftwaretools.com/>

7.5.3. Unmet Hours

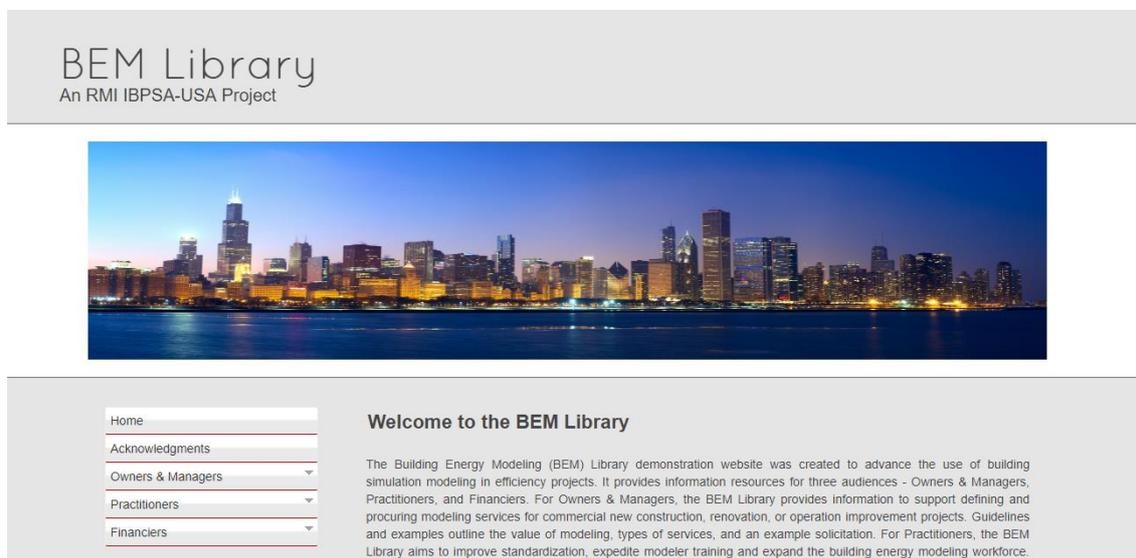
Comunidade de perguntas e respostas para profissionais que atuam na área de simulação energética dos Estados Unidos.

The screenshot shows the Unmet Hours website, a question-and-answer resource for the building energy modeling community. The page features a search bar and a list of questions. The top question is 'New measure crashed' with 2 votes, 2 answers, and 33 views. Other questions include 'OpenStudio Results for EnergyPlus', 'Why having unmet hour even though capacity is enough for VRF system?', and 'OpenStudio Crashes while selecting plant loop'. On the right side, there is a section for 'Training Workshops' listing various events like EnergyPlus in San Francisco, Washington DC, Toronto, Salt Lake City, and Chicago, as well as OpenStudio workshops in Washington DC, Toronto, and Salt Lake City.

<https://unmethours.com/questions/>

7.5.4. BEM Library – RMI IBPSA-USA

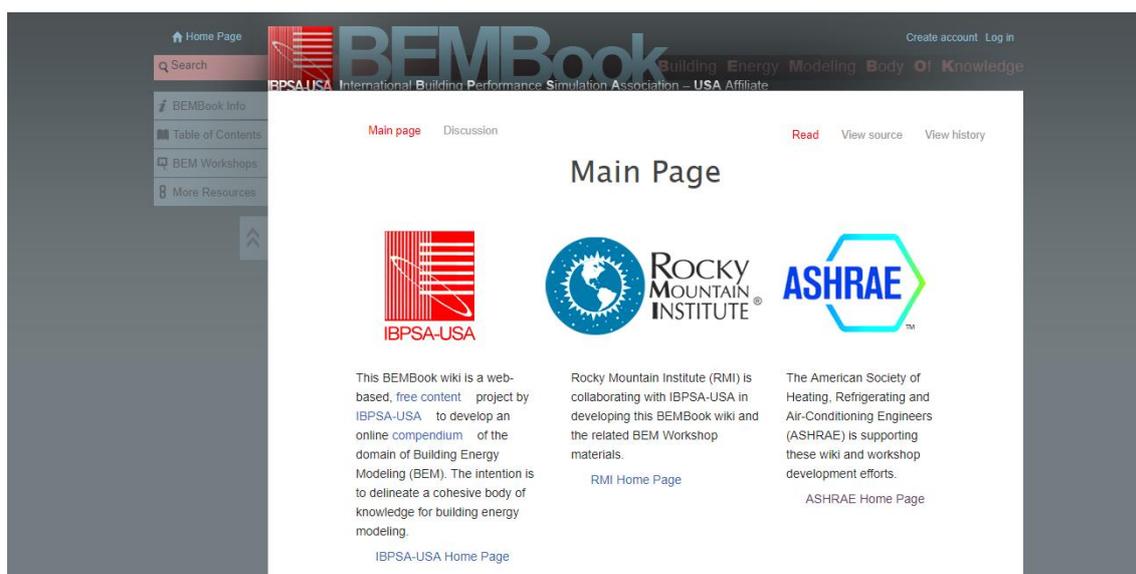
Site de informações e divulgações sobre simulação energética em edificações dos EUA, voltado para 3 categorias de público- alvo: proprietários e gerentes, usuários e financiadores.



<http://www.bemlibrary.com/>

7.5.5. BEMbook Wiki

Biblioteca de informações gratuitas sobre Modelagem Energética em Edificações (BEM).



http://bembook.ibpsa.us/index.php?title=Main_Page

8. ESTUDOS DE CASO

8.1. Centro SEBRAE de sustentabilidade



Figura 99. Centro SEBRAE de sustentabilidade. Fonte: Sebrae MT. Disponível em <<http://sustentabilidade.sebrae.com.br/sites/Sustentabilidade/Institucional/Quem-Somos>> (Acesso em 26/06/2018).

Nome	Centro Sebrae de Sustentabilidade
Uso da edificação	Comercial, cultural
Local	Cuiabá - Mato Grosso
Área total construída (m²)	1.000
Ano de inauguração	2010
Etiquetagem / certificação	<ul style="list-style-type: none"> - GBC Zero Energy (1º prédio a receber a certificação no Brasil - 2017) - PBE Edifica (nível A, 2013) - BREEAM (In Use nível Excelente, 2016)
Descrição	<p>A edificação foi projetada com conceitos de arquitetura sustentável, com o uso estratégias bioclimáticas, valorizando a iluminação e ventilação natural e inspiração em aspectos construtivos das culturas indígenas.</p> <p>O edifício também foi construído de forma a permitir que a água da chuva permeie o interior da cobertura, fazendo um resfriamento interno. Posteriormente, a mesma água da chuva é armazenada e utilizada para descarga de bacias sanitárias e irrigação do jardim, economizando até 50% da demanda do prédio.</p> <p>Outro destaque é a instalação de 480 placas fotovoltaicas que geram 100% do consumo de energia elétrica necessário para o funcionamento atual.</p> <p>O edifício também possui controle de insolação através de brises-solei ajustáveis, para sombreamento, lâmpadas que captam a luminosidade do sol, além de coleta seletiva de lixo, reaproveitamento de resíduos, compostagem e uma ampla área verde, que representa 76,6% da área total, que conta com um viveiro interno para preservar a fauna e flora da região.</p>
Link de referência	http://sustentabilidade.sebrae.com.br/sites/Sustentabilidade/Acontece/Noticias/GBC-BRASIL-ZERO-ENERGY

8.2. Projeto do Centro de Inovação em Construção Sustentável (CICS) - USP



Figura 100. CICS USP. Fonte: CICS. USP. Disponível em <http://sites.poli.usp.br/eventos/cics/2018>. (Acesso em 26/06/2018).

Nome	Projeto do Centro de Inovação em Construção Sustentável (CICS) - USP
Uso da edificação	Educacional
Local	São Paulo - Cidade Universitária da USP
Área total construída (m²)	1.450
Ano de inauguração	em construção
Etiquetagem / certificação	- GBC Zero Energy (em processo de certificação)
Descrição	<p>Um edifício concebido para ser um laboratório vivo, que permitirá testar diferentes soluções e tecnologias durante seu uso.</p> <p>Um dos destaques será a utilização de Geotermia para resfriar os ambientes.</p> <p>A construção também terá uso de materiais e componentes ecoeficientes, uso sustentável de água e geração descentralizada de energia.</p>
Link de referência	http://cics.prp.usp.br/

8.3. Creche Municipal Assis



Figura 101. Creche Municipal Assis. Fonte: Prefeitura de Florianópolis. Disponível em < <http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/educa/?pagina=notpagina¬i=13627>> (Acesso 26/06/2018).

8.4. Sede RAC Engenharia

Nome	Creche Municipal Assis
Uso da edificação	Educacional
Local	Florianópolis - SC
Área total construída (m²)	1.000
Ano de inauguração	2015
Etiquetagem / certificação	- GBC Zero Energy (em processo de certificação) - LEED Platinum
Descrição	A creche possui projeto eficiente com aquecimento solar de água, aproveitamento da iluminação natural, sensores de presença e luminosidade para controle das lâmpadas, e painéis fotovoltaicos dimensionados para atender 100% da energia consumida.
Link de referência	http://www.gbcbrazil.org.br/empreendimentos-zero.php



Figura 102. Sede da RAC Engenharia. Fonte: RAC Engenharia. Disponível em < <http://www.raceng.com.br/sustentabilidade> > (Acesso em 26/06/2018).

Nome	Sede RAC Engenharia
Uso da edificação	Comercial, escritório
Local	Curitiba - PR
Área total construída (m²)	600
Ano de inauguração	2017
Etiquetagem / certificação	- LEED Platinum - GBC Zero Energy (em processo de certificação)
Descrição	<p>A sede é autossustentável em água e energia. Toda a edificação funciona através de geração de energia solar, potabilização de água da chuva e tratamento de resíduos de esgoto sanitário.</p> <p>Na edificação, todas as soluções de Green Building foram implantadas: sistema mecânico, sistema hídrico, sistema elétrico, paisagismo, projeto luminotécnico, incluindo práticas de sustentabilidade de seus usuários.</p> <p>Através das estratégias de Eficiência Energética instalada seu consumo anual de energia primária estimada será de (26.000 kWh/ano) e o potencial de geração de energia renovável on site será de (26.590 kWh/ano), portanto será possível a geração superior ao consumo, comprovando o atendimento ao Zero Energy e a obtenção de sua certificação definitiva após 12 meses de Operação.</p>
Link de referência	http://www.raceng.com.br/sustentabilidade

8.5. Nova sede do SindusCon-PR



Figura 103. Nova sede do SindusCon PR. Fonte: Massa Cinzenta. Disponível em <<http://www.cimentoitambe.com.br/sinduscon-predio-sustentavel/>> (Acesso em 26/06/2018).

Nome	Nova sede do SindusCon-PR
Uso da edificação	comercial / escritório
Local	Curitiba - PR
Área total construída (m²)	8.500
Ano de inauguração	em construção
Etiquetagem / certificação	- LEED Platinum (em processo de certificação) - GBC Zero Energy (em processo de certificação)
Descrição	<p>Entre os compromissos com a sustentabilidade estão a utilização de energia fotovoltaica, o reuso da água e o conforto térmico, graças ao revestimento da fachada em vidro duplo e refletivo ao calor solar e ao frio.</p> <p>Através das estratégias de Eficiência Energética projetada seu consumo anual de energia primária estimada será de (130.000 kWh/ano) e o potencial de geração de energia renovável on site será de (217.000 kWh/ano), será possível a geração superior ao consumo, comprovando o atendimento ao Zero Energy e a obtenção de sua certificação definitiva após 12 meses do início de Operação com pelo menos 50% da ocupação do empreendimento.</p>
Link de referência	http://www.cimentoitambe.com.br/sinduscon-predio-sustentavel/

8.6. Olympic Home & Resort



Figura 104. Olympic Home & Resort. Fonte: PBE Edifica. Disponível em <<http://www.pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas/residencial>> (Acesso em 26/06/2018).

Nome	Olympic Home & Resort
Uso da edificação	Residencial
Local	Porto Alegre - RS
Área total construída (m²)	2.660 m² de áreas comuns
Ano de inauguração	2016
Etiquetagem / certificação	- PBE Edifica (Nível A Residencial para áreas de uso comum 2014)
Descrição	Condomínio com reaproveitamento da água da chuva, painéis fotovoltaicos, orientação solar leste/oeste, segurança completa com guarita e pulmão de acesso, 48 câmeras HD para seu monitoramento, gerador a gás natural, irrigação automatizada com água da chuva e portaria 24 horas. Os apartamentos são entregues com forro de gesso rebaixado, fechaduras biométricas e automação que controla a climatização, movimento das cortinas, iluminação com dimerização e sistema de câmeras.
Link de referência	https://www.youtube.com/watch?v=qjBDFQC3C0

8.7. Hotel Arena Ipanema



Figura 105. Hotel Arena Ipanema. Fonte: PBE Edifica. Disponível em <<http://pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas/comercial>> (Acesso em 26/06/2018).

Nome	Hotel Arena Ipanema
Uso da edificação	Comercial / Hotel
Local	Rio de Janeiro - RJ
Área total construída (m²)	5.636 m ²
Ano de inauguração	2016
Etiquetagem / certificação	- PBE Edifica (Nível A para edificações comerciais, de serviços e públicas 2016)
Descrição	<p>Localizado no centro da Avenida Atlântica, as tecnologias verdes do Hotel Arena Copacabana são voltadas especificamente para economia e gestão eficiente do uso da água. Para tanto, o hotel dispõe de uma estação de reaproveitamento de água, que capta a água dos chuveiros e lavatórios e retorna para as descargas. O reuso de água também é utilizado para a lavagem de calçadas, vidros e áreas externas. O hotel também conta com mictórios secos e vidros que refletem 55% do calor dos raios solares e diminuem a temperatura do ambiente interno, que possui iluminação de lâmpadas LED.</p> <p>Recebeu nível A do Inmetro para edificação construída, nos requisitos de envoltória, iluminação e ar condicionado.</p>
Link de referência	http://www.condominiosverdes.com.br/rede-arena-de-hotéis-e-exemplo-de-sustentabilidade-em-edificios/

8.8. Loja OBRAMAX - Mooca



Figura 106. Loja Obramax. Fonte: Obramax, 2017. Disponível em <<http://www.revistaqualimovel.com.br/noticias/obramax-inaugura-sua-1a-unidade-no-pais>> (Acesso em 26/06/2018).

Nome	Loja OBRAMAX - Mooca
Uso da edificação	Comercial de Varejo/ Atacado
Local	São Paulo - SP
Área total construída (m²)	22.000 m ²
Ano de inauguração	2018
Etiquetagem / certificação	- EDGE (primeiro edifício comercial a receber a certificação no Brasil 2017)
Descrição	<p>A unidade Obramax da Mooca tem iluminação zenital integrada com lâmpadas LED dimerizáveis, um sistema de exaustão noturno que proporciona conforto térmico aos clientes (sem a necessidade de uso do ar condicionado), uma envoltória de alto desempenho térmico e sistemas de uso eficiente de água, tais como arejadores nas torneiras e mictórios sem água. O empreendimento contou também com a realização de comissionamento até a entrega da construção para garantir a operação eficiente dos sistemas, sendo assim, um exemplo de construção sustentável do mercado.</p> <p>O projeto atingiu economias de 29%, 28% e 37% no consumo de energia, água e energia respectivamente, em relação ao edifício de referência, estimando-se em uma redução de custo operacional de quase R\$ 20.000 por mês ao comparar com uma construção padrão dessa tipologia.</p>
Link de referência	http://www.revistaqualimovel.com.br/noticias/obramax-inaugura-sua-1a-unidade-no-pais

8.9. Hospital São Bernardo



Figura 107. Hospital São Bernardo. Fonte: SPBR arquitetos. Disponível em <<http://www.spbr.arq.br/portfolio-items/hospital-de-urgencia-em-sao-bernardo-do-campo/>> (Acesso em 26/06/2018).

Nome	Hospital São Bernardo
Uso da edificação	Hospital
Local	São Bernardo - SP
Área total construída (m²)	21.832 m ²
Ano de inauguração	2016
Etiquetagem / certificação	Nenhum
Descrição	<p>A concepção do projeto seguiu os conceitos de Projeto Integrado, visando a otimização da eficiência energética e redução de custo operacional. Através de simulação energética computacional, foi reduzida a carga instalada de ar condicionado em 24%, e se conseguiu assegurar o conforto térmico de uma área de 4.000m², apenas com a estratégia de ventilação natural.</p> <p>Outros destaques do projeto foi o cálculo de consumo energético anual do edifício, através da simulação, com detalhamento para as opções de condicionamento de ar por chiller a ar e chiller à água, estimativa de economia de gás natural para aquecimento de água por energia solar e a economia de eletricidade pelo uso de painéis fotovoltaicos.</p>
Link de referência	http://www.spbr.arq.br/portfolio-items/hospital-de-urgencia-em-sao-bernardo-do-campo/

8.10. Vertigo Premium Studios



Figura 108. Vertigo Premium Studios. Fonte: Fundação Vanzolini. Disponível em <<https://vanzolini.org.br/aqua/2018/02/06/vertigo-com-selo-aqua-hqe/>> (Acesso em 26/06/2018).

Nome	Vertigo Premium Studios
Uso da edificação	Residencial condomínio
Local	Campo Grande - MS
Área total construída (m²)	18.000 m ²
Ano de inauguração	em construção
Etiquetagem / certificação	Selo AQUA HQE (fase pré-projeto)
Descrição	<p>Primeiro edifício residencial do Mato Grosso do Sul a receber o Selo internacional de qualidade AQUA HQE.</p> <p>Projetado para oferecer conforto para os moradores, o edifício prevê torneiras com temporizadores nas áreas comuns, iluminação à LED, reaproveitamento da água da chuva, coleta seletiva de lixo, sistema de aquecimento solar e energia fotovoltaica, sensor de presença nas áreas de circulação, bacias com descarga de duplo acionamento, tratamento acústico de piso, além de tecnologias de automação de fechaduras por biometria, tomadas USB, Wi-fi , tomada para bicicleta e carros elétricos e monitoramento de áreas comuns.</p> <p>É considerado um sucesso imobiliário, com 100% das vendas das unidades realizadas na fase de pré-lançamento.</p>
Link de referência	http://hvmincorporacoes.com.br/vertigo/

8.11. BC Bela Cintra



Figura 109. BC Bela cintra. Fonte: Zap Imóveis. Disponível em: <<https://www.zapimoveis.com.br/lancamento/apartamento+venda+bela-vista+centro+sao-paulo+sp+bc-bela-cintra+even--sao-paulo+48m2/ID-9503/>> (Acesso em 26/06/2018).

Nome	BC Bela Cintra
Uso da edificação	Residencial (prédio)
Local	São Paulo - SP
Área total construída (m²)	1.255 m ²
Ano de inauguração	2013
Etiquetagem / certificação	Selo Casa Azul da Caixa (nível Ouro)
Descrição	<p>Edifício Residencial com atendimento de 31 critérios de sustentabilidade nos seguintes quesitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Qualidade urbana: entorno e infraestrutura e impactos. - Projeto e conforto: paisagismo, flexibilidade de projeto, relação com a vizinhança, solução alternativa de transporte, local para coleta seletiva, equipamentos de lazer, desempenho térmico das vedações ventilação e orientação solar. - Eficiência energética: dispositivos economizadores nas áreas comuns, sistema de aquecimento à gás e medição individualizada. - Conservação de recursos materiais> modulação de projeto, qualidade dos materiais e componentes, formas e escoras reutilizáveis, gestão ode resíduos de demolição, cimento de alto forno e pozolânico, facilidade de manutenção da fachada e madeira certificada. - Gestão de água: medição individualizada, sistema de descarga com dispositivo economizador, arejadores nas torneiras e sistema de retenção de águas pluviais. - Práticas sociais: educação para gestão o de resíduos, educação ambiental, desenvolvimento e capacitação dos empregados, orientação, educação dos moradores, capacitação para gestão do empreendimento e ações para mitigação de riscos sociais.
Link de referência	http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/Ficha_Selo_Bela_Cintra.pdf

9. REFERÊNCIAS

- **ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- **ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.** Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- ANSI. **Consensus National Standard Guide 2.0 for Design and Construction of Sustainable Buildings and Communities.** 2012.
- **ABRAVIDRO, Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos.** Disponível em: <<http://abravidro.org.br/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- BRITISH GEOLOGICAL SURVEY. **Natural Environment Research.** Disponível em: <<http://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/climateChange/CCS/whatIsEnergyEfficiency.html>> Acesso em: 26 jun. 2018.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **ESQUADRIAS PARA EDIFICAÇÕES, DESEMPENHO E APLICAÇÕES. Orientações para especificações, aquisições, instalações e manutenção.** 2017. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Guia_de_Esquadrias_para_Edificacoes_2017.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- CAPERHART, Barney L. **Encyclopedia of energy engineering and technology.** University of Florida, Gainesville, USA. 2007. Disponível em: <<https://www.crcpress.com/Encyclopedia-of-Energy-Engineering-and-Technology-Second-Edition---Four/Anwar/p/book/9781466506732>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- **CBCS - Conselho Brasileiro de Construção sustentável.** Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- CENTER FOR THE BUILT ENVIRONMENT. **Thermal Comfort Tool.** Disponível em: <<http://comfort.cbe.berkeley.edu/>> Acesso em: 26 jun. 2018.
- **Certificados de energia renovável.** Disponível em: <<http://www.recbrazil.com.br/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- CLIMATICUS, UFA – USP. **Softwares de conforto.** Disponível em <<http://www.fau.usp.br/pesquisa-novo/laboratorios-de-pesquisa/labaut/softwares-de-conforto/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- DOSSAT, Roy J. 4446, and Lionel tr Dignowity. **Principios De Refrigeración.** D. F. : CECSA. Precaución: Estas citas no son 100% exactas. México, 1980.

- ELETROBRAS. asd. **Programa Nacional de Conservação de Energia - PROCEL Edifica**. 2013. Disponível em: <<http://www.pbenedifica.com.br/node/24>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- ENERGY DESIGN RESOURCES. **The Building Commissioning Guide**. 2005. Disponível em: <https://energydesignresources.com/media/2296/EDR_CommissioningHandbookComplete.pdf?tracked=true>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- ENERGY STAR. **Buildings & Plants. Energy Star**. Disponível em <<https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/existing-buildings/use-portfolio-manager>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- **FINEP – Empresa Brasileira de Inovação e Pesquisa**. Disponível em : <<http://www.finep.gov.br/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- **Guia de Constituição de Cooperativas de Geração Distribuída Fotovoltaica, Sistema OCB**. Disponível em <<http://www.somoscooperativismo.coop.br/publicacao/33/somoscooperativismo.coop.br>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- HENSEN, J.; LAMBERTS, R. **Building Performance Simulation for Design and Operation**. Spoon Press. Nova Iorque, 2011.
- HOYT, T.; HO, K.; ZHANG, H.; ARENS, E.; WEBSTER, T. **Energy savings from extended air temperature setpoints and reductions in room air mixing. Proceedings of International Conference on Environmental Ergonomics**. Anais , 2009. August 2-7, Boston.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy efficiency**. Disponível em: <<https://www.iea.org/topics/energyefficiency/>> Acesso em: 26 jun. 2018.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook: The gold standard of energy analysis**. Disponível em: <<https://www.iea.org/weo/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- KEITH, S. W.; REDDEN, D. T.; KATZMARZYK, P. T.; et al. **Putative contributors to the secular increase in obesity: exploring the roads less traveled**. International journal of obesity (2005), v. 30, n. 11, p. 1585–94, 2006.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**. [3.ed.] PROCEL, ELETROBRAS, MME. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- LAMBERTS, R.; CÂNDIDO, C.; DE DEAR, R.; DE VECCHI, R. **Towards a Brazilian standard on thermal comfort**. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Towards_a_Brazilian_Standard_Complete_Version2013.pdf>.

- MCALLISTER, E. J.; DHURANDHAR, N. V; KEITH, S. W.; et al. Ten putative contributors to the obesity epidemic. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 49, n. 10, p. 868–913, 2009.
- MILLS, et al. **The Cost-Effectiveness of Commercial-Building Commissioning**. Lawrence Berkeley National Laboratory, Portland Energy Conservation Inc., Energy Systems Laboratory, Texas A&M University, 2004. Disponível em: <https://www.bcxa.org/ncbc/2005/proceedings/19_Piette_NCBC2005.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- NATURAL RESOURCES CANADA (NRCAN). **The Integrated Design Process**. 2016. Disponível em : <<http://www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: [s.n.], 2006. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- PROGRAM OF THE NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **Whole Building Desing Guide**. Disponível em: <<https://www.wbdg.org/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- PROJETO DE UM SISTEMA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E AQUECIMENTO/RESFRIAMENTO RESIDENCIAL UTILIZANDO TURBINA A GÁS. São Paulo: [s.n.], 2006. Disponível em: <http://paineira.usp.br/pme/wp-content/uploads/2014/02/Art_TCC_007_2006.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- RIBEIRO, André Francisco Gomes. **Comissionamento de Edifícios Novos**. 2008. 65 p. Dissertação do Mestrado em Engenharia Civil (Mestrado em Engenharia Civil)- instituto superior técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137872651/disserta%E7%E3o.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. **Manual explicativo para uso do programa Sol-Ar**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/271058637/Manual-Sol-Ar-Labeeee>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- VAN MARKEN LICHTENBELT, W. **Human brown fat and obesity: methodological aspects**. *Frontiers in endocrinology*, v. 2, n. October, p. 52, 2011.
- ZHANG, H.; ARENS, E.; PASUT, W. **Thresholds for indoor thermal comfort and perceived air quality**. April, p. 1–18, 2010.