O DESEMPENHO TÉRMICO SOB A ÓTICA DA

NBR 15.575 - 2021

GUIA PARA INCORPORADORES

CONTRATAÇÃO, GERENCIAMENTO E APLICAÇÃO DOS REQUISITOS TÉRMICOS DA NORMA DE DESEMPENHO

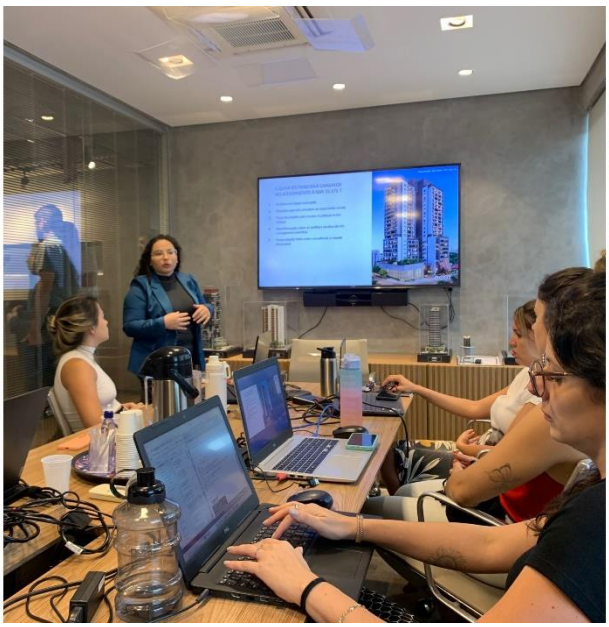
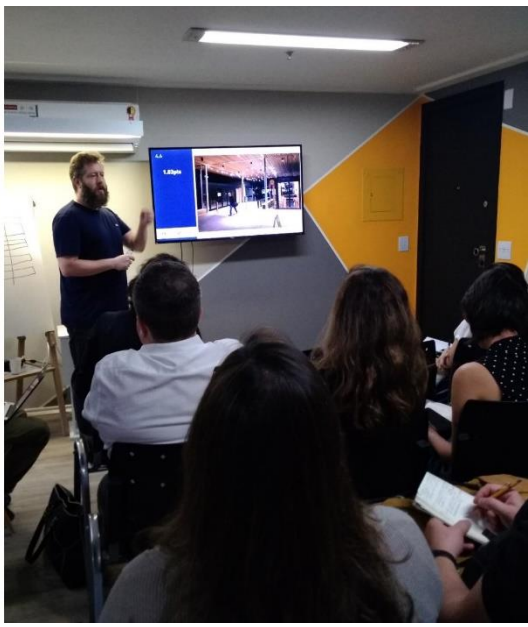
Por: Ca2 Consultores

Autores:

Marcelo Nudel
Larissa Luiz

Ca2 Consultores. Todos os direitos reservados (2024)

Sobre a Ca2

(ACIMA) Sócios da Ca2, da esquerda para a direita: Arq. Raquel Sanches, Arq. Larissa Luiz e Arq. Marcelo Nudel

SUSTENTABILIDADE | CONFORTO AMBIENTAL | ACÚSTICA | LIGHTING DESIGN

A Ca2, fundada em 2015 pela arquiteto Marcelo Nudel, em São Paulo - SP é uma empresa de consultoria e projetos multidisciplinar nas áreas de conforto ambiental, sustentabilidade e certificações, acústica e luminotécnica.

Somos consultores multidisciplinares atuando na vertente científica da arquitetura. Auxiliamos arquitetos, incorporadores e construtores na concepção de edifícios com altos níveis de desempenho através de avançados métodos de análise e de nossa experiência internacional em projetos. Utilizamos técnicas e cálculos computacionais aplicados por importantes escritórios de engenharia e consultoria do mundo para reduzir riscos e trazer assertividade nos resultados.

Não trazemos apenas nossa expertise técnica aos projetos, mas também a sensibilidade da arquitetura, e assim somos capazes de compreender e influenciar o projeto arquitetônico, sempre respeitando a intenção e a criação do arquiteto.

Autores

Marcelo Nudel

MsArchDes, EDGE Expert e Auditor, Fitwel Ambassador

Fundador e diretor da Ca2, Marcelo é um líder reconhecido no campo da arquitetura de alto desempenho ambiental no Brasil. Arquiteto e especialista em sustentabilidade e conforto ambiental com mais de 15 anos de experiência na área. Possui a titulação *Master of Sustainable Architecture Science* pela Universidade de Sydney, na Austrália.

Atuou por 8 anos como consultor na internacionalmente renomada empresa de projetos e engenharia Arup, nos escritórios de Sydney, Austrália e São Paulo, incluindo contribuições aos escritórios da empresa em Madrid e Nova York.

Com experiência destacada ao longo de 18 anos de prática profissional, Marcelo Nudel liderou trabalhos de consultoria para projetos de arquitetos renomados internacionalmente, como Richard Rogers, Renzo Piano, Moshe Safdie, Jean Nouvel, Norman Foster, além dos brasileiros Aflalo Gasperini, Biseli Katchborian, Isay Weifeld, Marcio Kogan, e o escritório nacional da Perkins & Will, .

Larissa Luiz

Mestre em Arquitetura (Conforto Ambiental), EDGE Expert

Sócia na Ca2 e Líder da disciplina de Conforto Ambiental. Arquiteta pela FAU USP, Possui destacada experiência em análises de desempenho ambiental e desenho bioclimático, incluindo conforto térmico, iluminação natural e ventilação natural. Pesquisadora no Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da FAU USP e mestre em Tecnologia da Arquitetura na área de conforto ambiental.

Pela Ca2 coordenou consultorias em conforto ambiental para projetos de destaque nacional de variadas tipologias, incluindo edifícios residenciais e corporativos, indústrias, escolas, hospitais, shoppings centers, terminais de transporte entre outros. Dentre os principais projetos estão o Retrofit do Hospital Israelita Albert Einstein, a nova sede do Colégio Pueri Domus, Retrofit e Expansão do Colégio Bandeirantes, Retrofit do Center Shopping Uberlândia, Avaliação de Impacto Ambiental do VLT de Salvador e Análise de desempenho das paradas do BRT de Sorocaba.

Prefácio

por Marcelo Nudel

A Norma de Desempenho em Edificações Habitacionais – ABNT NBR 15575: 2021 atualmente em vigor finalmente busca consolidar requisitos mínimos de qualidade, durabilidade, segurança e desempenho para as construções habitacionais brasileiras. Passados 10 anos da de vigência da primeira versão da Norma de Desempenho (NBR 15.575), para muitas incorporadoras o atendimento completo da norma ainda é um desafio.

A Ca2 Consultores já atuou na consultoria em desempenho térmico, lumínico e acústico para mais de 200 empreendimentos. Percebo hoje que a maioria das grandes e médias incorporadoras do país já dominam o processo de projeto e a documentação, e atendem a norma de maneira completa em todos os seus empreendimentos. Não questionam mais. É obrigatório? Cumpra-se! Mesmo assim, os temas relacionados ao conforto ambiental (térmico, lumínico) ainda representam desafios à uma parcela desses incorporadores.

Noto também que a taxa de observância da norma de desempenho é reduzida entre incorporadoras de menor porte, e que operam em mercados ou cidades menores. Ora cumprem parcialmente com a norma, ora sequer a observam em qualquer uma de suas partes. E novamente, os temas relacionados ao conforto térmico e lumínico são pouco ou menos observados.

Aquelas incorporadoras que, seja por desconhecimento ou negligência, optam por não atender de maneira integral a norma de desempenho, se colocam em risco de receberem sanções administrativas e civis, além de possíveis ações judiciais por parte dos consumidores lesados. A legislação brasileira através do Código de Defesa do Consumidor estabelece que os produtos comercializados devem

Expand Pinheiros, São Paulo
Cliente: Frahia
Consultoria Ca2

atender aos requisitos de segurança e qualidade estabelecidos pelas normas técnicas em vigor. Se existe uma norma aplicável a um determinado produto, sua observância é obrigatória. Caso um produto não esteja em conformidade com as normas vigentes e represente um risco à saúde ou segurança dos consumidores, os fornecedores podem ser responsabilizados.

Por isso, é fundamental que os incorporadores estejam sempre atualizados em relação às normas específicas aplicáveis aos seus produtos (entre elas a NBR 15.575), a fim de garantir a conformidade com a legislação vigente, além da qualidade, segurança e habitabilidade de seus produtos.

Na Ca2, não trazemos aos projetos apenas nossa expertise técnica, mas também a sensibilidade da arquitetura visando o atendimento dos requisitos da Norma de Desempenho, e assim somos capazes de compreender e influenciar o projeto arquitetônico, sempre respeitando a intenção e a criação do arquiteto, e mantendo o orçamento da obra controlado. Essa abordagem tem sido aplicada por nós para alguns dos mais importantes incorporadores do país, tornando o atendimento à norma, que geralmente é um rito burocrático, em um processo mais seguro, rápido e objetivo.

Esse e-book, elaborado pela Ca2, traz um guia prático e análise crítica para a aplicação dos requisitos de desempenho térmico em projetos residenciais e poderá beneficiar arquitetos, incorporadores e construtores no processo de atendimento. Atender aos critérios de desempenho térmico além de trazer segurança jurídica, assegura a entrega de melhores empreendimento à clientes finais. E cliente feliz gera mais negócios para sua empresa!

Boa leitura!

Marcelo Nudel, fundador e diretor da Ca2

Introdução à NBR 15.575 - 2021
Desempenho Térmico

O desempenho térmico de habitações é influenciado por uma série de fatores, incluindo os componentes construtivos (paredes e coberturas), as áreas envidraçadas e de ventilação, as cargas térmicas internas (pessoas, iluminação e equipamentos), a operação das aberturas e o clima da cidade, que varia muito entre as regiões do nosso país. Se esses componentes não forem bem equacionados em projetos residenciais, certamente resultarão em desconforto e insatisfação, além do aumento no consumo de energia por ar- condicionado.

O Brasil possui climas variados, e portanto possui estratégias bioclimáticas ideais distintas à cada região. Essas podem ser adotadas por arquitetos e incorporadores para que seus projetos entreguem as condições de conforto térmico adequadas aos usuários, com o mínimo consumo energético com ar-condicionado. Esse é, em resumo o principal objetivo da NBR 15.575-2021 em relação ao conforto térmico.

A avaliação de desempenho térmico deve ser realizada para os ambientes de permanência prolongada (APP) das Unidades Habitacionais (UH). APPs são ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, incluindo: Sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitórios, sala de TV ou ambientes de usos similares aos citados.

Level, São Paulo
Cliente: MPD Engenharia
Consultoria Ca2

Quando avaliadas unidades habitacionais de edificações multifamiliares, devem ser considerados o pavimento térreo, os pavimentos tipo e o pavimento de cobertura. Todas as UH desses pavimentos devem ser consideradas.

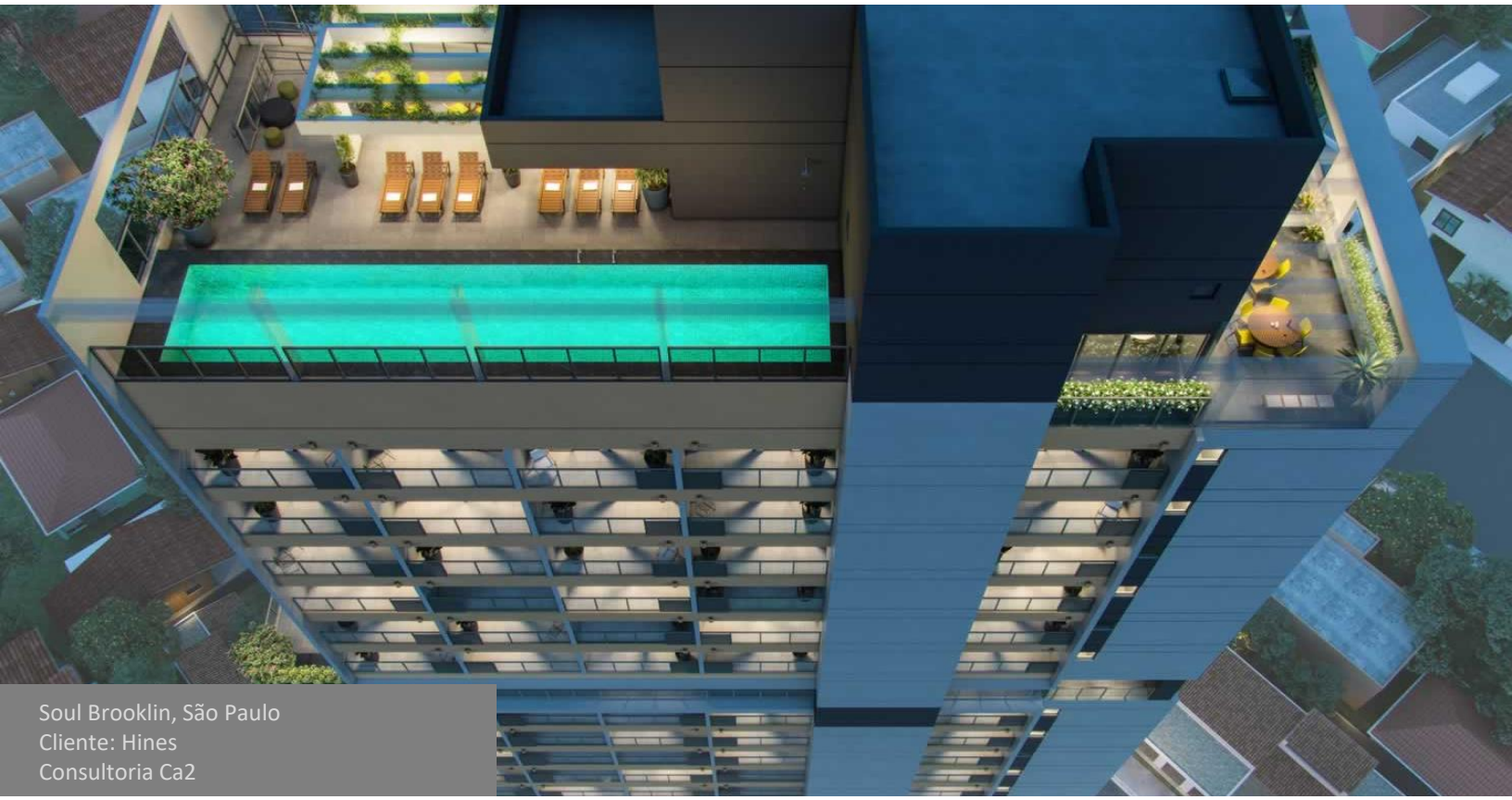
Classificação de Desempenho e Procedimentos:

O desempenho térmico de unidades habitacionais (UH) é classificado em três níveis, sendo o atendimento ao nível mínimo obrigatório, e os demais facultativos.

Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S)

Em março de 2021 foram publicadas emendas na NBR 15.575 – Desempenho Térmico, com o objetivo de aperfeiçoar os métodos de análise. Importantes atualizações foram realizadas, incluindo uma revisão completa dos procedimentos de avaliação de desempenho térmico. São eles

:Procedimento Simplificado e o Procedimento de Simulação Computacional



Soul Brooklin, São Paulo
Cliente: Hines
Consultoria Ca2

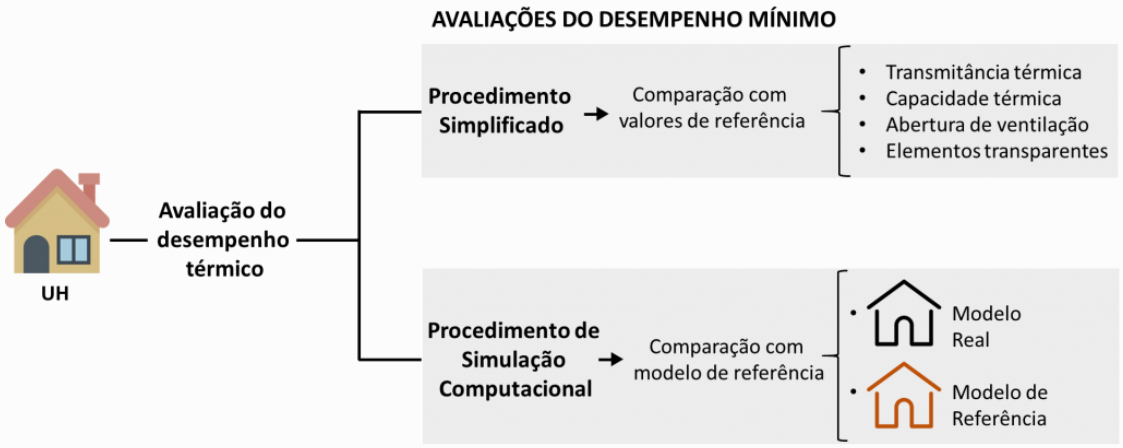
Procedimentos de Análise

Procedimento Simplificado

Projetos que almejam ser submetidos ao Procedimento Simplificado devem ter as características de seus materiais e componentes comparados à valores de referência em 4 critérios prescritivos: **(1)** Transmitância térmica máxima de paredes externas e coberturas; **(2)** Capacidade Térmica mínima de coberturas; **(3)** Percentual mínimo de abertura para ventilação; **(4)** Percentual máximo de área de vidro em relação à área de fachada ou área máxima de vidro. Caso o projeto proposto não cumpra com qualquer um desses requisitos, o projeto deve ser submetido ao Procedimento da Simulação. Projetos avaliados pelo Procedimento Simplificado poderão atingir apenas o nível mínimo de desempenho.

Procedimento da Simulação Computacional

O procedimento de simulação compara o desempenho térmico anual da envoltória da edificação entre dois modelos computacionais: (A) o **projeto proposto**, que conserva as características geométricas da edificação, as propriedades térmicas e as composições vidros, paredes e coberturas, com (B) o **modelo de referência,** que replica a geometria e orientação do projeto proposto, mas com características de referência para materiais e aberturas. A análise comparativa entre os modelos deve assegurar que o desempenho do projeto proposto seja superior ao do modelo de referência em critérios como: percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura de conforto, temperaturas máximas internas, cargas térmica de refrigeração e carga térmica de aquecimento. Projetos avaliados pelo Procedimento da simulação poderão atingir um dos três níveis de desempenho.



(Fonte: LabEEE)

Procedimento Simplificado

O procedimento simplificado avalia o desempenho térmico da unidade habitacional (UH) por meio da **comparação de características geométricas** dos ambientes de permanência prolongada (APP) **e das propriedades térmicas dos sistemas construtivos propostos** em relação a valores de referência. (fornecidos pela NBR 15575-4:2021, Seção 11: Requisitos para sistemas de vedações verticais externas; e NBR 15575-5:2021, Seção 11: Requisitos para sistemas de coberturas).

No caso do não atendimento de algum dos critérios comparativos do procedimento simplificado, por um ou mais APP, toda a avaliação da UH deve ser realizada por meio do procedimento de **simulação computacional.** O procedimento simplificado permite a análise de desempenho térmico apenas para a obtenção do nível mínimo, de caráter obrigatório. O atendimento aos níveis intermediário e superior deve ser avaliado por meio do procedimento de simulação computacional.

O procedimento simplificado compara os sistemas de vedações verticais externas do edifício proposto com os valores de referência para os seguintes índices: **transmitância térmica (U-value), capacidade térmica (CT),** percentual de abertura para ventilação, percentual de área de vidro em relação à área de fachada, e área total de vidro. As coberturas são avaliadas no procedimento simplificado quanto à sua transmitância térmica (U-value).

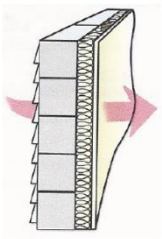
You Aimberê, São Paulo
Cliente: YouInc
Consultoria Ca2

Para uma boa compreensão dos requisitos do Procedimento Simplificado, faz-se necessário um adequado entendimento sobre as **principais grandezas do desempenho térmico que apresentamos a seguir.**

Principais grandezas do desempenho térmico

Transmitância Térmica (U-value)

Mede o fluxo de transferência de calor da face mais quente para a face mais fria de um sistema construtivo, por metro quadrado, a cada grau de temperatura de diferença entre as partes. Em outras palavras, mede o quanto de calor passa da face mais quente para a mais fria. Sistemas com baixa transmitância apresentam maior isolamento térmico e vice-versa.

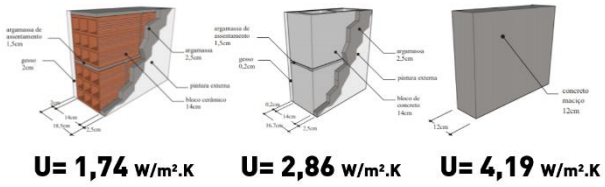


U=W/m²·K

U BAIXO — BOM ISOLANTE

U ALTO — MAU ISOLANTE

Exemplos:



U= 1,74 W/m².K U= 2,86 W/m².K U= 4,19 W/m².K

Capacidade Térmica (CT)

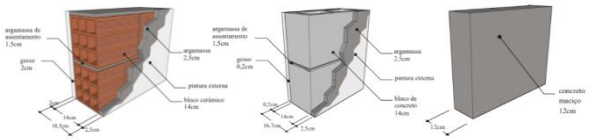
Quantidade de calor que deve ser absorvida ou cedida por um corpo para que ocorra variação de 1 °C. Quanto maior a capacidade térmica de um sistema construtivo, maior é a capacidade do mesmo para "roubar" calor do ambiente e armazenar em sua estrutura, reduzindo portanto a temperatura do ar que o circunda. Sistemas em concreto aparente tendem a ter uma capacidade térmica mais alta.

C=kJ/m²·K

C BAIXA — MAU RESERVATÓRIO DE CALOR

C ALTA — BOM RESERVATÓRIO DE CALOR

Exemplos:



C= 125 kJ/m².K C= 272 kJ/m².K C= 240 kJ/m².K

Absortância Térmica (α)

Representa o quanto de calor uma superfície opaca absorve quando sujeita à radiação solar. Considerando que a absortância (α) somada à refletância (ϕ) - o quanto a superfície reflete – será sempre igual a 100%, essa grandeza é dada em porcentagem. Valores típicos de absortâncias são apresentados a seguir*:

α+φ=1

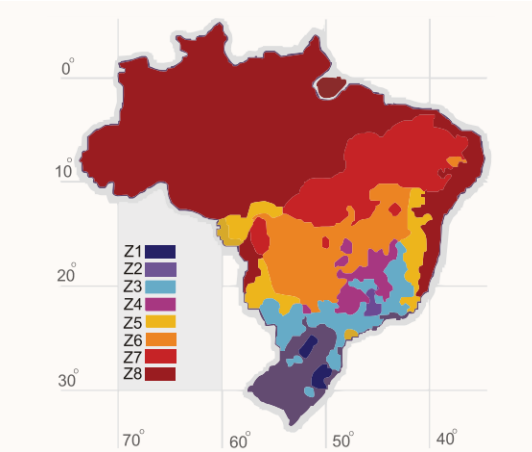
α BAIXO — CORES CLARAS

α ALTO — CORES ESCURAS

Amarelo Antigo	51,4	Branco	15,8	Jade	52,3
Amarelo Terra	64,3	Branco Gelo	37,2	Marfim	33,6
Areia	44,9	Camurça	57,4	Palha	36,7
Azul	73,3	Concreto	74,5	Pérola	33,0
Azul Imperial	66,9	Flamingo	49,5	Pêssego	42,8

*(Fonte: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/anexos_rac/AnexoV.pdf)

O Brasil possui climas variados, e deles decorrem estratégias bioclimáticas distintas que podem ser usadas para reduzir a dependência de equipamentos de condicionamento artificial. Assim, cada zona bioclimática brasileira possui requisitos específicos frente ao Procedimento Simplificado. Aqui apresentamos os valores máximos permitidos de transmitância térmica para paredes externas e coberturas, e mínimos para capacidade térmica de paredes do Procedimento Simplificado.



Mapa de Zoneamento Bioclimático. Fonte: Santos et at., 2015.

Procedimento Simplificado: Critérios para paredes externas

Caso o projeto proposto não cumpra com qualquer um desses requisitos, o projeto deve ser submetido ao Procedimento da Simulação.

Transmitância térmica de referência para paredes externas (U-value) W/(m2.K)		
Zonas Bioclimáticas 1 e 2	**Zonas Bioclimáticas 3 a 8**	
U ≤ 2,7	Para absortâncias (α) ≤ 0,6 (cores claras)	U ≤ 3,7
	Para absortâncias (α) > 0,6 (cores escuras)	U ≤ 2,5

Capacidade térmica de referência para paredes externas (CT) kJ/(m2.K)	
Zonas Bioclimáticas 1 a 2	**Zonas Bioclimática 8**
CT ≥ 130	Sem requisito

Percentual de abertura para ventilação (Pv)		
Os APP devem possuir aberturas para ventilação com áreas que atendam à legislação específica da cidade. Quando não houver exigências de ordem legal , os APP devem possuir percentual de abertura para ventilação (Pv,APP) maior ou igual ao valor de referência.		
Zonas Bioclimáticas 1 a 2	**Zona 8 - Região Norte**	**Zona 8 - Regiões NE e SE**
Pv ≥ 7% da área de piso do ambiente	Pv ≥ 12% da área de piso do ambiente	Pv ≥ 8% da área de piso do ambiente
Para o cálculo da área efetiva de abertura para ventilação do APP, devem ser consideradas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, de vidros e de qualquer outro obstáculo.		

Res. Nova Zelândia, São Paulo
Cliente: Tenda
Consultoria Ca2

Procedimento Simplificado: Critérios para janelas e vidros

Caso o projeto proposto não cumpra com qualquer um desses requisitos, o projeto deve ser submetido ao Procedimento da Simulação.

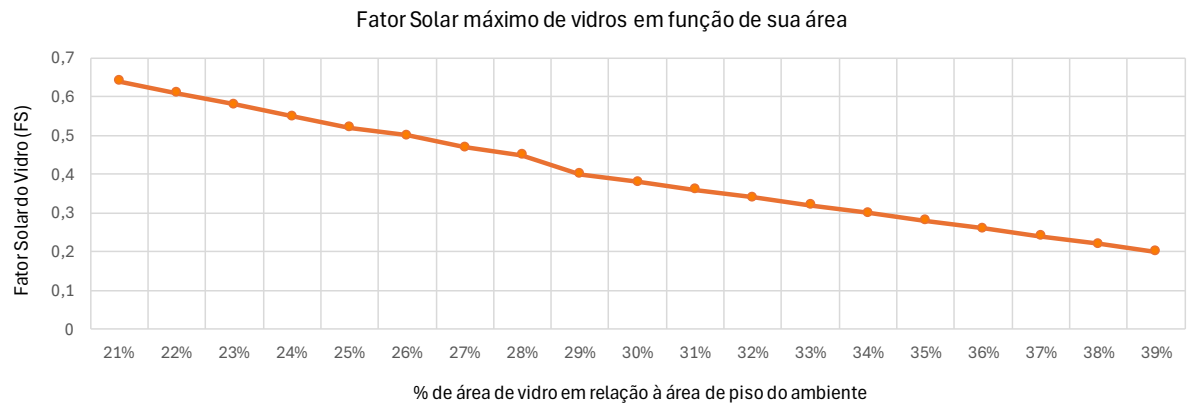
Elementos transparentes (vidros)

Cada APP deve atender ao percentual de vidro (em relação à área total de piso deste ambiente), ou à área de superfície dos vidros, conforme os limites de área de piso descritos. São casos de excessão, aquelas janelas que recebem vidros de alto desempenho ou elementos de sombreamento horizontal.

Para ambientes (APP) com área de piso ≤ 20m²	Para ambientes (APP) com área de piso > 20m²
% de área de vidro em relação à área de piso do APP ≤ 20%	Área de vidro do APP ≤ 4m²

Exceções: Vidros de alto desempenho

Janelas que recebem vidros de alto desempenho podem ter sua área envidraçada aumentada, de acordo com o Fator Solar (FS) dos vidros, na seguintes proporções:

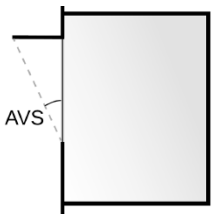


Para área de vidro menor ou igual a 20% da área de piso do ambiente, não há requisitos de Fator Solar. Para área de vidro maior do que 40%, aplica-se o procedimento da simulação.

Exceções: Elementos de sombreamento horizontal

Janelas que recebem elementos de sombreamento horizontal podem ter sua área envidraçada aumentada, de acordo com o Ângulo de sombreamento (AVS), na seguintes proporções:

Percentual de área de vidro



CORTE ESQUEMÁTICO

Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	Fachadas Leste e Oeste	Latitudes < -15º Fachada Norte	Latitudes ≥ -15 Fachadas Norte e Sul
30°	22%	24%	23%
35°	23%	27%	23%
40°	25%	29%	24%
45°	27%	33%	25%

Fator Solar (FS)

O **Fator Solar (FS)** de um vidro é uma medida da quantidade de calor solar que ele deixa passar. Vidros com FS baixo permitem a entrada de menos calor solar, o que pode ser benéfico em climas quentes. Quanto menor o FS, maior o controle solar, mas menor a entrada de luz natural. Além disso, vidros com fator solar baixo podem tornar o ambiente mais espelhado, o que pode dificultar a visualização do exterior. Por isso, a Norma exige FS menores, conforme a área de vidro aumenta.

Arbo Paulistano, Sorocaba
Cliente: Splice
Consultoria Ca2

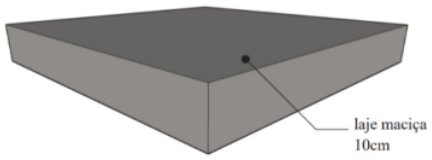
Procedimento Simplificado: Critérios para coberturas

Caso o projeto proposto não cumpra com qualquer um desses requisitos, o projeto deve ser submetido ao Procedimento da Simulação.

Transmitância térmica de referência para coberturas (U-value) W/(m2.K)				
Zonas Bioclimáticas 1 a 2	**Zonas Bioclimática 3 a 6**		**Zonas Bioclimática 7 e 8**	
U ≤ 2,30	Absortâncias (α) ≤ 0,6	Absortâncias (α) > 0,6	Absortâncias (α) ≤ 0,4	Absortâncias (α) > 0,4
	U ≤ 2,30	U ≤ 1,50	U ≤ 2,30*	U ≤ 1,50*

*Valores aplicáveis para coberturas sem forro ou ático ventilados, como lajes planas. Adotaremos esses valores como referência para efeito de simplificação. Em caso de coberturas com forro ou ático ventilado, aplica-se um fator de correção.

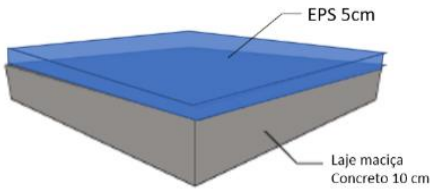
Exemplos:



Laje maciça 10cm

U = 3,73

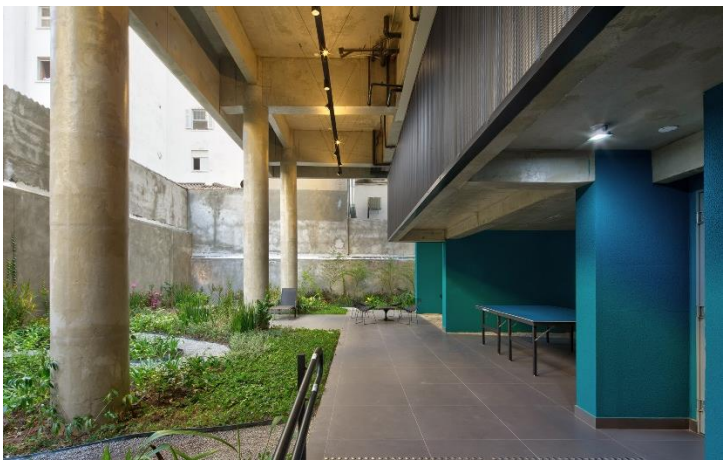
W/m².K

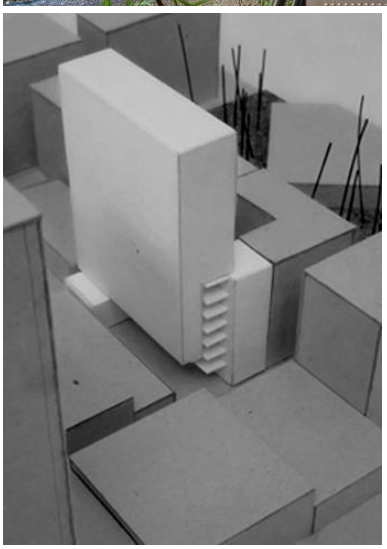


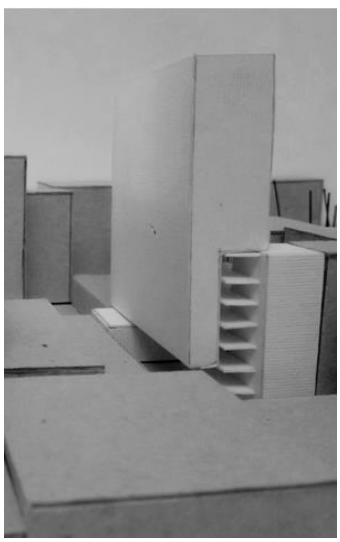
Laje maciça 10cm + EPS 5cm

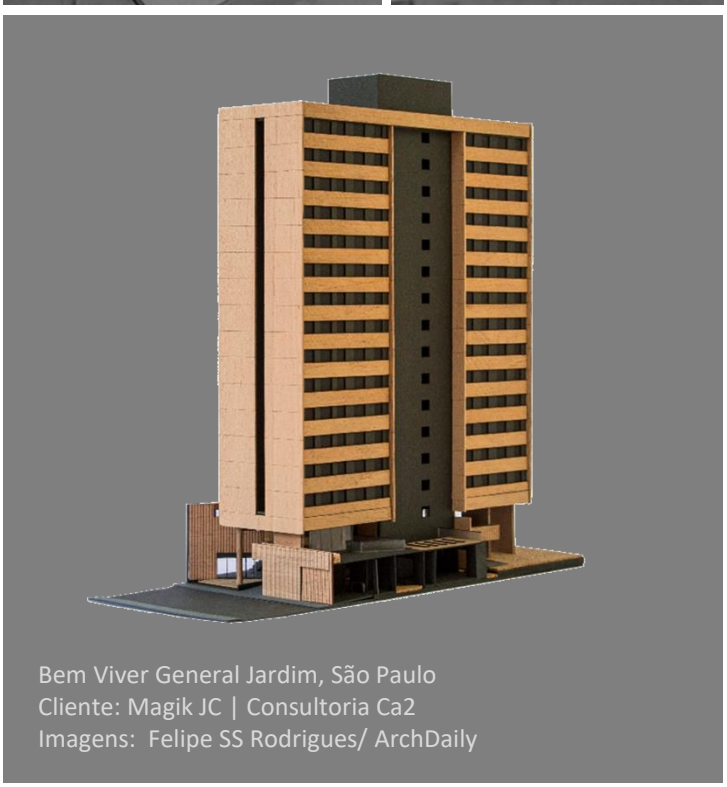
U = 0,50

W/m².K









Bem Viver General Jardim, São Paulo
Cliente: Magik JC | Consultoria Ca2
Imagens: Felipe SS Rodrigues/ ArchDaily

Procedimento da Simulação

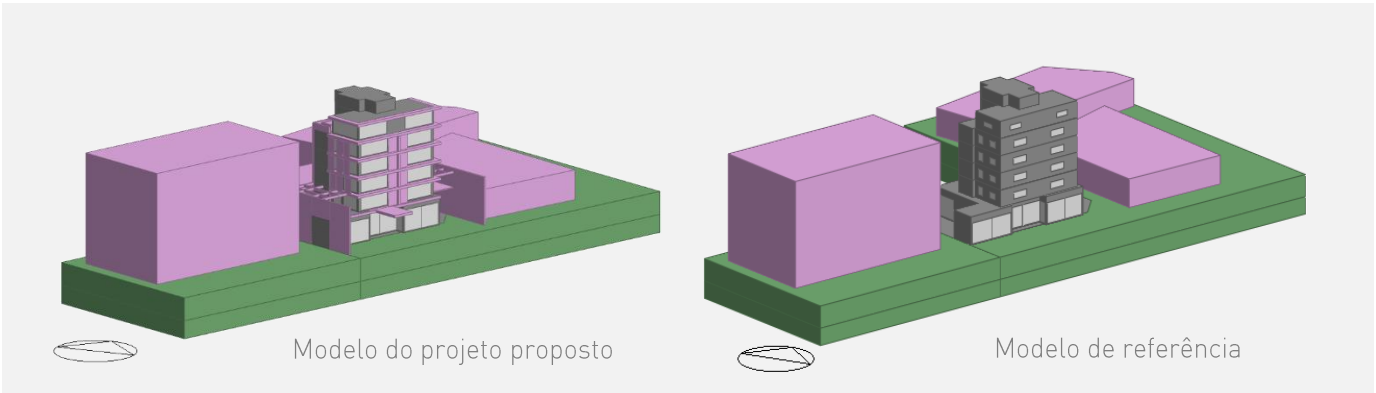
A avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais pelo procedimento da simulação é baseada no desenvolvimento e comparação de dois modelos computacionais da edificação em análise: o **modelo real** Vs o **modelo de referência.**

O modelo real considera todas as soluções construtivas determinadas no projeto. O modelo de referência possui as mesmas premissas volumétricas e orientação solar, porém alteram-se características relativas ao sistema construtivo, ao percentual de vidros nas fachadas e à área efetiva de ventilação. Os dados de referência levarão à obtenção de um desempenho referencial, que deve ser superado pelo modelo real. As simulações devem ser realizadas para um período anual, considerando o uso da **ventilação natural**, que levará em consideração a abertura de janelas de modo a promover a ventilação a partir de parâmetros de velocidade e direção do vento, fornecidos pelo arquivo climático específico.

De forma a aproximar a modelagem de condições mais realistas de exposição da unidade habitacional (UH), a metodologia adotada propõe considerar também cargas térmicas internas, como as cargas provenientes da ocupação dos usuários, do uso de sistema de iluminação e de equipamentos, com valores padronizados. Os indicadores de desempenho são calculados para os Ambientes de Permanência Prolongada (APPs), e posteriormente convertidos em valores da Unidade Habitacional (UH).

Softwares de simulação

Os softwares usados devem ser validado pela norma norte- americana ASHRAE Standard 140, assegurando que os programas são capazes de determinar o comportamento térmico de edificações sob condições dinâmicas de exposição ao clima, além de reproduzir os efeitos de inércia térmica. Geralmente são empregados softwares como Design Builder e Energy Plus, que cumprem com essas exigências.



Edifício YVY
Cliente: Souen Nahas
Consultoria Ca2

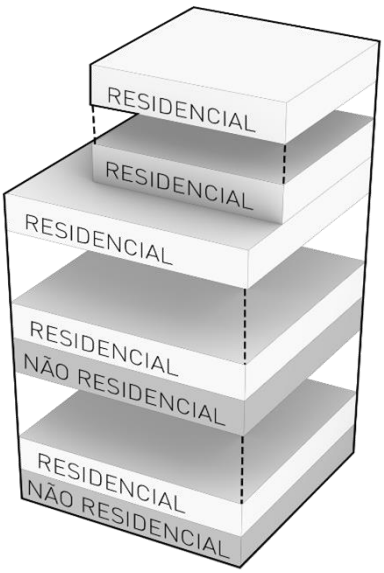
Características dos modelos

As simulações requerem a modelagem de todas as unidades habitacionais, considerando os ambientes de permanência prolongada—APP (salas e dormitórios) e ambientes de permanência transitória—APT (cozinhas, áreas de serviço, banheiros e circulação), mas apenas os APPs são avaliados quanto a seu desempenho.

Quando um APP for utilizado como sala e dormitório, este será modelado considerando o uso misto. Nos espaços internos conectados por áreas de circulação, sem a presença de portas, são consideradas as áreas de circulação integradas ao ambiente. No caso de cozinhas e salas conjugadas, são modelados os dois espaços internos como parte de um mesmo ambiente, e consideradas as especificações para o ambiente da sala.

Para as simulações são selecionadas todas as unidades habitacionais localizadas nos pavimentos representativos das condições térmicas da edificação, conforme estabelecido pela Norma: Pavimento térreo; Pavimento(s) tipo(s); Pavimento de cobertura.

Os pavimentos tipo sequenciais, idênticos quanto à geometria e às características construtivas, são modelados uma única vez, tendo os resultados de suas UH atribuídos às respectivas UH localizadas nos demais pavimentos tipo. Pavimentos tipo com cobertura parcialmente exposta são modelados individualmente.



Exemplo dos pavimentos simulados.

Procedimento da Simulação: Indicadores de desempenho

Os projetos submetidos ao procedimento da simulação devem demostrar atendimento a três indicadores de desempenho térmico, que permitem a verificação quanto ao percentual de tempo em que a edificação se encontra com temperaturas adequadas e quanto à ocorrência de temperaturas extremas na UH.

(1) Percentual de Horas ocupadas dentro de uma Faixa de Temperatura operativa (PHFT);

(2) Temperaturas Operativas anuais máxima (TOmáx);

(3) Temperaturas Operativas anuais mínimas (TOmín);

Temperatura Operativa (TO)

A temperatura operativa é uma medida da sensação térmica de uma pessoa em um ambiente. Ela leva em consideração a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a temperatura radiante.

A temperatura radiante, por sua vez é a temperatura que o corpo sente quando exposto à radiação direta, ou à radiação retransmitida por elementos construtivos sujeitos à radiação solar direta. Assim, um ambiente com temperatura radiante alta pode fazer com que as pessoas sintam calor, mesmo que a temperatura do ar esteja baixa

Modo Ipiranga, São Paulo
Cliente: Even

Procedimento da Simulação para diferentes níveis de atendimento (M, I, S)

Quando avaliado o desempenho térmico para o atendimento do **nível mínimo**, os modelos real e de referência devem ser simulados considerando **somente o uso da ventilação natural** nos ambientes de permanência prolongada (APP). Já para a obtenção dos **níveis intermediário e superior,** os modelos real e de referência devem ser simulados em duas condições de utilização dos APP: **com e sem ventilação natural.**

Apenas com o uso da ventilação natural (Nível Mínimo)

Nesse caso, observa-se o percentual de horas de ocupação dos APP dentro de uma faixa de temperatura operativa, que varia com o clima local. Para o atendimento ao critério do nível mínimo (M), o modelo real deve apresentar, ao longo de um ano e durante os períodos de ocupação dos APP, um percentual de horas de ocupação dentro da faixa de conforto que seja superior a 90 % do obtido para o modelo de referência.

NÍVEL DE ATENDIMENTO	CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO	ATENDIMENTO
MÍNIMO (M)	Apenas ventilação natural	Se a % de horas de conforto do modelo real superar 90% das horas de conforto do modelo referência.

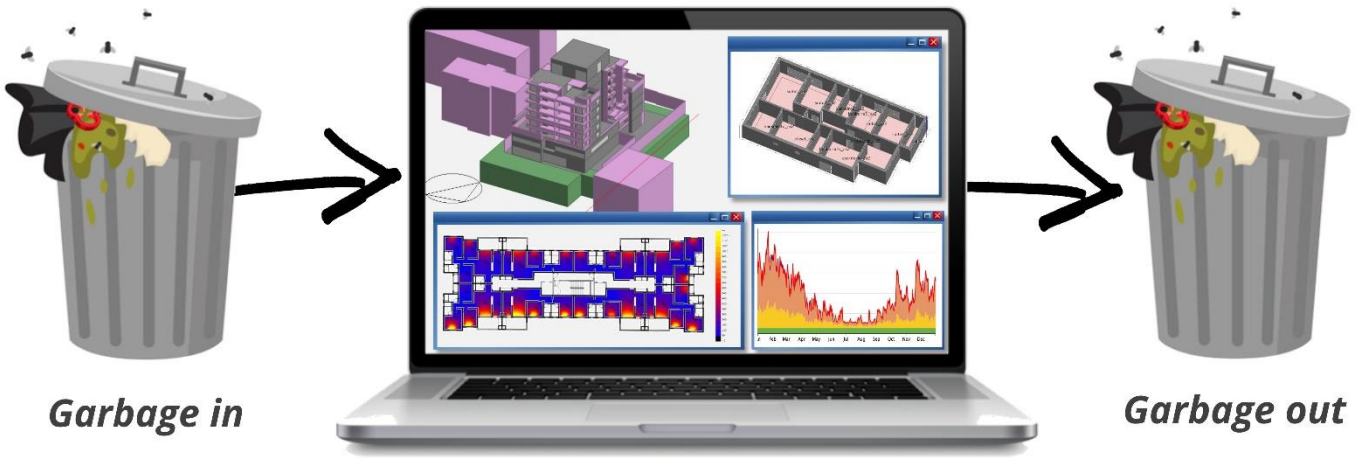
Com e sem ventilação natural (Níveis Intermediário e Superior)

Na simulação com ventilação natural, observam-se os mesmos parâmetros de desempenho descritos acima. Na simulação sem ventilação natural, observa-se o somatório anual dos valores horários da **carga térmica de refrigeração** e o somatório anual dos valores horários da **carga** térmica de aquecimento. A consideração da carga térmica de aquecimento somente é necessária quando avaliadas edificações localizadas em climas que possuam média anual da temperatura externa de bulbo seco inferior a 25°C.

NÍVEL DE ATENDIMENTO	CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO	ATENDIMENTO
INTERMEDIÁRIO (I) **SUPERIOR (S)**	Com e sem ventilação natural	**Com vent. nat.:** Se a % de horas de conforto do modelo real superar 90% das horas de conforto do modelo referência. **Sem vent. nat.:** Se as cargas térmicas de refrigeração e aquecimento do modelo proposto for menor do que o do modelo de referência.

Padre Carvalho, São Paulo
Cliente: Canopus
Consultoria Ca2

Você conhece o GIGO?
(*Garbage in, Garbage Out*)



Softwares de simulação computacional fazem parte de um repertório absolutamente necessário no âmbito da arquitetura de alto desempenho. Eles nos auxiliam a prever através de testes e comparações paramétricas o futuro comportamento de edificações, incluindo o atendimento à norma de desempenho. Eles nos auxiliam a prever através de testes e comparações paramétricas o futuro desempenho de edificações durante a etapa de concepção. A esse processo dá-se o nome de *Evidence Based Design* (projeto com base em evidências). Programas como IES VE, Design Builder e Energy Plus fazem parte desse repertório.

Quando operados por profissionais capacitados na teoria das ciências da Física da Edificação (ou *Building Physics*: ciência que estuda as trocas de calor, energia, iluminação e ventos do meio externo com o ambiente construído) esses softwares podem nos fornecer resultados bastante próximos do que se espera que aconteça na realidade. Mas programas de simulação computacional quando operados por profissionais não qualificados nessas ciências, irão resultar em outputs altamente imprecisos, induzindo a decisões erradas de projeto. E temos visto isso muito comumente acontecer em nosso mercado nas simulações térmica da norma de desempenho.

O GIGO, ou em inglês *Garbage In, Garbage Out*, é um princípio que afirma que a qualidade da saída de um sistema depende da qualidade da entrada. No contexto de simulações computacionais de desempenho na arquitetura, isso significa que se os dados de entrada da simulação forem imprecisos ou incompletos, a saída da simulação também será imprecisa ou incompleta, e no âmbito da norma de desempenho, será inválida como demonstração de atendimento.

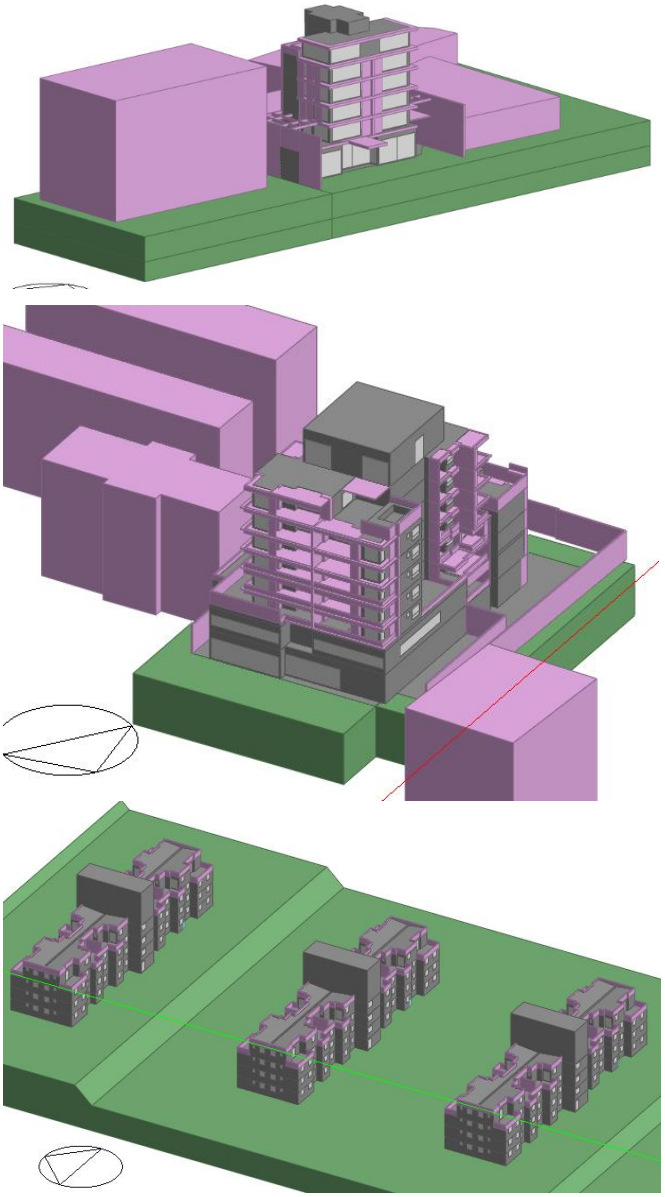
Existem vários fatores que podem contribuir para o GIGO em simulações de desempenho térmico na arquitetura, incluindo:

Arbo, São Paulo
Cliente: Even
Consultoria Ca2

1. **Dados de entrada incorretos ou incompletos**: Isso pode incluir dados sobre as propriedades dos materiais, o ambiente externo, ou o comportamento dos equipamentos;
2. **Modelagem inadequada**: Isso pode incluir erros no modelo matemático usado para representar o sistema ou na implementação do modelo;
3. **Erros de execução da simulação**: Isso pode incluir erros de programação ou erros de entrada de dados.

Ressaltamos que aprender a operar um software de simulação computacional não é difícil, qualquer que seja o programa. É como utilizar o Microsoft Word: manipular a ferramenta é fácil, mas para fazê-lo com precisão precisamos primeiro aprender a escrever.

Por isso, para evitar o GIGO em simulações de desempenho térmico, é importante garantir a empresa ou profissional contratado possua uma sólida base teórica nos princípios da física das edificações e trocas de calor, para que os dados de entrada sejam precisos e completos, resultando em dados de saída corretos e confiáveis.



(ACIMA) Modelos de simulação computacional de desempenho térmico realizados pela Ca.

Exercício Prático: Procedimento Simplificado

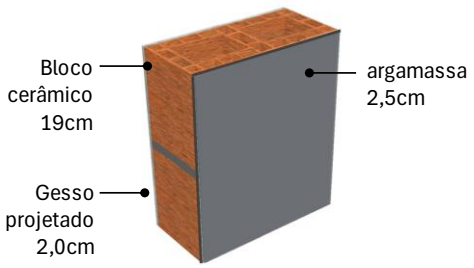
Neste capítulo, realizaremos um exercício prático do procedimento simplificado, com foco na seleção de materiais de paredes externas e coberturas. Para tanto, **partiremos do princípio as aberturas para ventilação atendem aos requisitos prescritivos de referência do procedimento simplificado.**

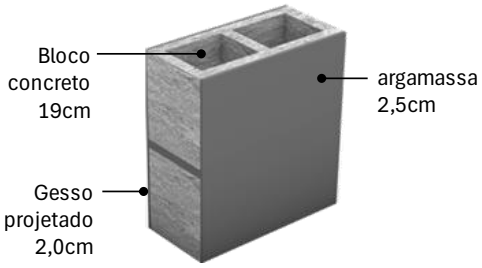
Comparamos materiais típicos da construção brasileira para paredes externas, coberturas e vidros, com os requisitos prescritivos de referência, considerando a **zona bioclimática 2**, que corresponde à cidade de **São Paulo.** Toda vez que um dado material não cumprir com os requisitos de referência para a zona bioclimática em questão, isso significa que o projeto não poderá adotar o procedimento simplificado, restando a alternativa do procedimento da simulação.

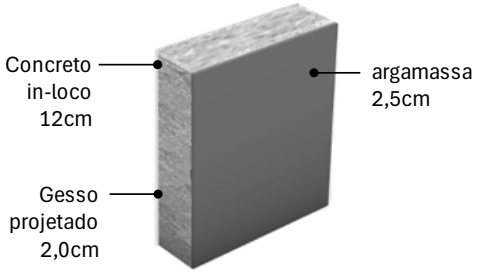
Ressaltamos que, para efeito de simplificação do exercício, adotamos a premissa de que as aberturas para ventilação atendem aos requisitos prescritivos de referência do procedimento simplificado, e portanto não serão analisadas. Os resultados do exercício são apresentados nas páginas a seguir.

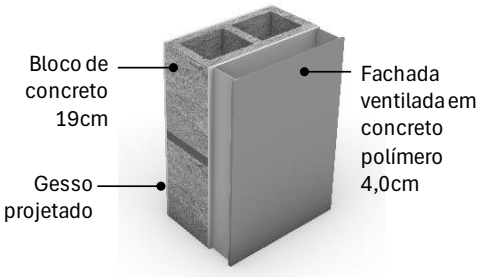
You Oscar Freire, São Paulo
Cliente: YouInc
Consultoria Ca2

Análise de paredes externas

SISTEMA 1	Argamassa (2,5cm) + Bloco cerâmico vazado (19cm) + gesso projetado (2,0cm)	
	**Zona Bioclimática 3 (São Paulo)**	
	Requisito de referência	U-value do sistema (W/m2.K)
	α ≤ 0,6 (cores claras): **U ≤ 3,7**	**U= 1,70** ✓
	α > 0,6 (cores escuras): **U ≤ 2,5**	**U= 1,70** ✓
	Requisito de referência	Cap. Térm. do sistema (kJ/m2.K)
	CT ≥ 130	**CT = 161** ✓

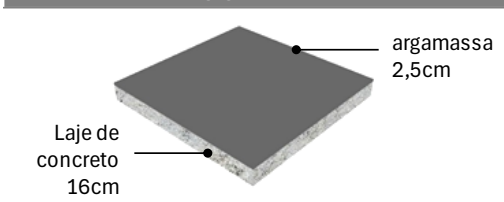
SISTEMA 2	Argamassa (2,5cm) + Bloco de concreto vazado (14cm) + gesso projetado (2,0cm)	
	**Zona Bioclimática 3 (São Paulo)**	
	Requisito de referência	U-value do sistema (W/m2.K)
	α ≤ 0,6 (cores claras): **U ≤ 3,7**	**U= 2,50** ✓
	α > 0,6 (cores escuras): **U ≤ 2,5**	**U= 2,50** ✓
	Requisito de referência	Cap. Térm. do sistema (kJ/m2.K)
	CT ≥ 130	**CT = 272** ✓

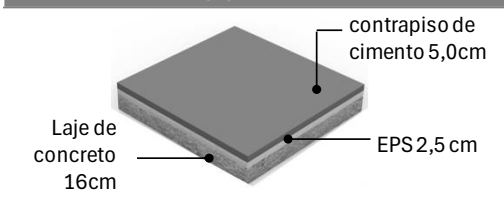
SISTEMA 3	Argamassa (2,5cm) + Concreto moldado in-loco (12cm)+ gesso projetado (2,0cm)	
	**Zona Bioclimática 3 (São Paulo)**	
	Requisito de referência	U-value do sistema (W/m2.K)
	α ≤ 0,6 (cores claras): **U ≤ 3,7**	**U= 4,09** ✗
	α > 0,6 (cores escuras): **U ≤ 2,5**	**U= 4,09** ✗
	Cap. Térm. do sistema (kJ/m2.K)	Requisito de referência
	CT ≥ 130	**CT = 288** ✓

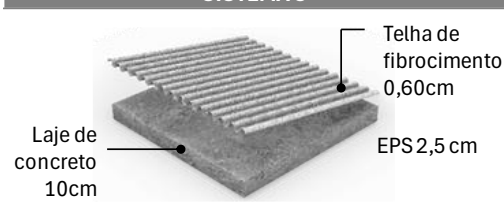
SISTEMA 4	Fachada ventilada+ Bloco de concreto (19cm) + gesso (2,0cm)	
	**Zona Bioclimática 3 (São Paulo)**	
	Requisito de referência	U-value do sistema (W/m2.K)
	α ≤ 0,6 (cores claras): **U ≤ 3,7**	**U= 1,70** ✓
	α > 0,6 (cores escuras): **U ≤ 2,5**	**U= 1,70** ✓
	Requisito de referência	Cap. Térm. do sistema (kJ/m2.K)
	CT ≥ 130	**CT = 272** ✓

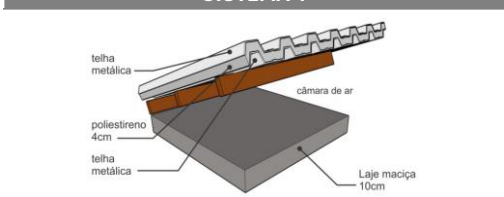
Os sistemas 1,2 e 4 atendem aos requisitos de referência do procedimento simplificado, tanto com paredes de cor clara, quanto escura. Em um projeto específico, caso se constatasse que os requisitos de cobertura, aberturas para ventilação, elementos de sombreamento e a área de vidro cumprissem com os requisitos prescritivos, o projeto poderia ser submetido à análise pelo procedimento simplificado. No entanto, o Sistema 3, por não cumprir com os requisitos de referência de Transmitância térmica (U-value), teria que ser automaticamente submetido ao procedimento da simulação. Ressaltamos que o aumento de espessura dos componentes construtivos resultará em melhoria nos níveis de desempenho.

Análise de coberturas

SISTEMA 1	Contrapiso de cimento (5cm) + Laje de concreto in-loco (16cm)	
	**Zona Bioclimática 3 (São Paulo)**	
	Requisito de referência	U-value do sistema (W/m2.K)
	α ≤ 0,6 (cores claras): **U ≤ 2,3**	**U= 2,97** ✗
	α > 0,6 (cores escuras): **U ≤ 1,5**	**U= 2,97** ✗

SISTEMA 2	Contrapiso (5cm) + EPS (2,5cm)+ Laje de concreto (16cm)	
	**Zona Bioclimática 3 (São Paulo)**	
	Requisito de referência	Requisito de referência
	α ≤ 0,6 (cores claras): **U ≤ 2,3**	**U= 1,00** ✓
	α > 0,6 (cores escuras): **U ≤ 1,5**	**U= 1,00** ✓

SISTEMA 3	Telha de fibrocimento (0,6cm) + Laje de concreto (10cm)	
	**Zona Bioclimática 3 (São Paulo)**	
	Requisito de referência	Requisito de referência
	α ≤ 0,6 (cores claras): **U ≤ 2,3**	**U= 2,10** ✓
	α > 0,6 (cores escuras): **U ≤ 1,5**	**U= 2,10** ✗

SISTEMA 4	Telha sanduiche de EPS (4cm) + Laje de concreto (10cm)	
	**Zona Bioclimática 3 (São Paulo)**	
	Requisito de referência	Requisito de referência
	α ≤ 0,6 (cores claras): **U ≤ 2,3**	**U= 0,68** ✓
	α > 0,6 (cores escuras): **U ≤ 1,5**	**U= 0,68** ✓

Os sistemas 2 e 4 atendem aos requisitos de referência do procedimento simplificado tanto para coberturas de cores claras quanto escuras. No entanto, o sistema 1 não cumpre com os requisitos para nenhum grau de absortância (α), e o sistema 3, apesar de cumprir com os requisitos de referência para coberturas de cor clara, não cumpre no caso de cores mais escuras.

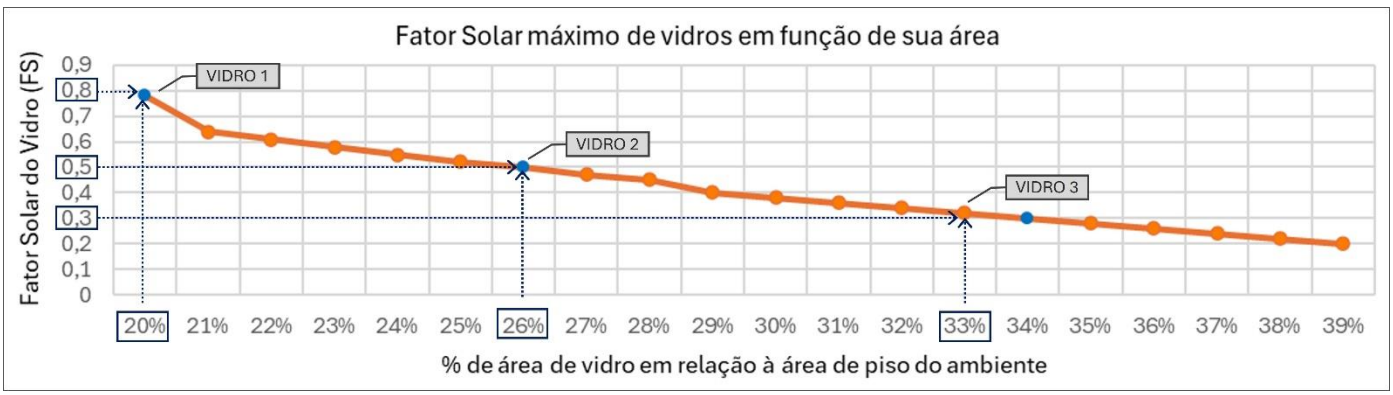
Em um projeto específico, caso se constatasse que os requisitos de paredes externas, aberturas para ventilação, elementos de sombreamento e a área de vidro cumprissem com os requisitos prescritivos, o projeto poderia ser submetido à análise pelo procedimento simplificado. No entanto, se o projeto previsse o sistema 1 ou o sistema 3 com cores escuras, ele teria que ser automaticamente submetido ao procedimento da simulação. por não cumprir com os requisitos de referência de Transmitância térmica (U-value) de coberturas.

Vista Alta, Barueri - SP
Cliente: Arqos
Consultoria Ca2

Análise de vidros

Nesse exercício, assumiremos um ambiente de permanência prolongada (APP) com área de vidro igual a 28% da área de piso do ambiente. O requisito de referência para vidros comuns laminados de acordo com a norma é que a área de vidro não exceda 20% da área de piso do ambiente.

Simulamos para a Zona Bioclimática 3 (São Paulo, três tipos de vidro: (1) Vidro laminado comum com Fator Solar (FS) = 0,80; (2) Vidro laminado low-e com FS =0,50; (3) Vidro laminado low-e com FS =0,30. O método simplificado permite áreas envidraçadas maiores conforme se aumenta o desempenho térmico do vidro. Por essa razão, na tabela abaixo, os requisitos de referência para área de vidro mudam, conforme se altera o Fator Solar.



SISTEMA 1: Vidro laminado comum FS = 0,80			
	Fator Solar	Requisito de referência	Área de vidro do projeto*
	FS = 0,80	**A ≤ 20%**	**A = 33%** ✗

SISTEMA 2: Vidro low-e médio desempenho FS = 0,50			
	Fator Solar	Requisito de referência	Área de vidro do projeto*
	FS = 0,50	**A ≤ 26%**	**A = 33%** ✗

SISTEMA 3: Vidro low-e alto desempenho FS = 0,30			
	Fator Solar	Requisito de referência	Área de vidro do projeto*
	FS = 0,30	**A ≤ 33%**	**A = 33%** ✓

*em relação à área de piso do ambiente

Partimos do princípio que determinado ambiente de permanência prolongada (APP) possui **área de vidro equivalente à 33% da área de piso da APP**. Se aplicássemos um vidro laminado comum de FS =0,80 (como é convencional em empreendimentos residenciais no Brasil), o requisito de desempenho para a área de vidro seria maior ou igual a 20%. Nesse caso, o APP com 33% não atenderia esse requisito, e o projeto teria que ser submetido ao Procedimento da Simulação. A não ser que o vidro laminado comum fossem substituído por vidros low-e de controle solar (com Fator Solar mais baixo). Assim, para a mesma área de vidro de 28%, testamos um vidro de FS= 0,5.

Nesse caso, o requisito de referência para a área de vidro seria menor ou igual a 26%, o que também não atenderia ao procedimento simplificado. **Apenas com vidros low-e de FS maior ou igual a 0,30 o APP cumpririam com os requisitos do procedimento simplificado para uma área de vidro igual a 33%** da área de piso do APP, conforme pode-se observar no gráfico acima.

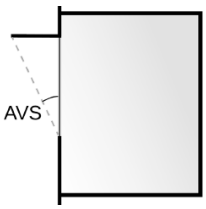
Análise de dispositivos de sombreamento

Nesse exercício, assumiremos um ambiente de permanência prolongada (APP) localizado em São Paulo, com orientação Oeste, vidro comum laminado (com FS = 0,80), e área de vidro igual a 27% da área de piso do ambiente. A janela conta com o sombreamento da varanda, cujo Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS) é igual a 35°. Essas premissas compõem o Cenário 1, abaixo.

O requisito de referência para vidros comuns laminados para a fachada Oeste em São Paulo, com AVS = 35°, é que a área de vidro não exceda 23% da área de piso do ambiente. Assim, podemos dizer que o Cenário 1 não cumpre com os requisitos do procedimento simplificado, sendo necessária a aplicação do procedimento da simulação para o referido empreendimento.

O Cenário 2 apresenta em sua maioria características idênticas ao Cenário 1: Localizado em São Paulo, ambiente voltado à oeste, Vidro laminado comum (FS=0,80) e área de vidro equivalente a 27% da área de piso do ambiente. A única diferença é a extensão do terraço, que por ser maior, apresenta Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS) igual a 45°. De acordo com a tabela abaixo, que consta na Norma, ambientes com essas características atentem aos requisitos de referência para área de vidro de até 27% da área do ambiente. Assim, o Cenário 2 estaria apto ao procedimento simplificado. Por apresentar maior nível de sombreamento, a área de vidro pode ser maior, sem prejuízo ao desempenho do ambiente.

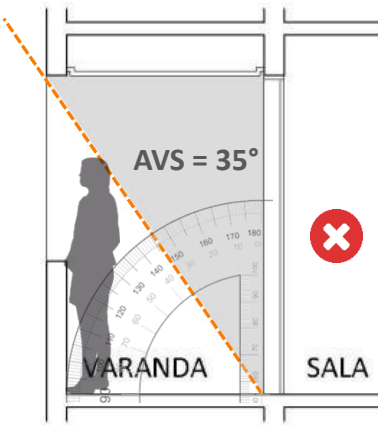
Janelas que recebem elementos de sombreamento horizontal podem ter sua área envidraçada aumentada, de acordo com o Ãngulo de sombreamento (AVS), na seguintes proporções:



CORTE ESQUEMÁTICO

Localidade: São Paulo (ZB 3)	
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	**Área de vidro* Fachada Oeste**
30°	22%
35°	23%
40°	25%
45°	27%

*porcentagem sobre a área de piso do APP

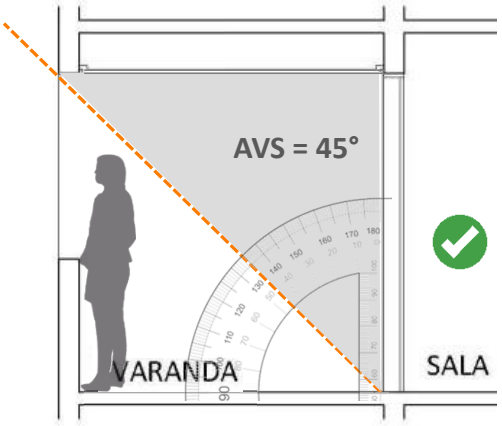


CENÁRIO 1

Fachada Oeste, São Paulo

Área de vidro*: 27%
Vidro laminado comum
FS = 0.80 | **AVS 35°**

*em relação à área de piso do APP



CENÁRIO 2

Fachada Oeste, São Paulo

Área de vidro*: 27%
Vidro laminado comum
FS = 0.80 | **AVS 45°**

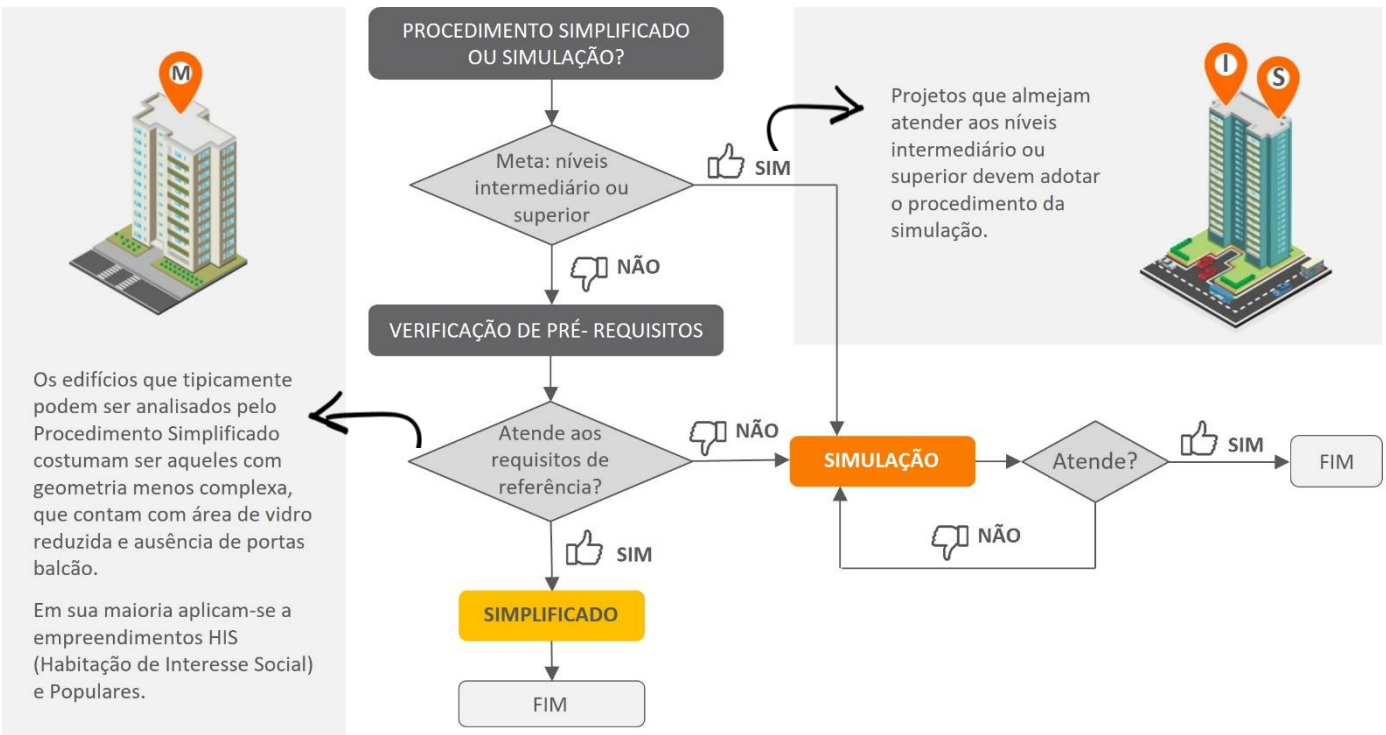
*em relação à área de piso do APP

Qual procedimento utilizar?

Como vimos anteriormente, projetos que almejam ser submetidos ao Procedimento Simplificado devem ter as características de seus materiais e componentes comparados à valores de referência em critérios prescritivos para paredes externas e coberturas, aberturas para ventilação e área área de vidro. Caso o projeto proposto não cumpra com qualquer um desses requisitos, o ele deve ser submetido ao Procedimento da Simulação.

Ainda que dependente das particularidades de cada caso, nossa experiência em mais de 200 empreendimentos nos mostra que os edifícios que tipicamente podem ser analisados pelo Procedimento Simplificado costumam ser aqueles com geometria menos complexa, que contam com área de vidro reduzida e ausência de portas balcão. Em sua maioria aplicam-se a empreendimentos HIS (Habitação de Interesse Social) e Populares, ou em alguns casos específicos, médio padrão.

Já o Procedimento da Simulação costuma ser aplicado satisfatoriamente a empreendimentos com arquitetura proprietária, maiores áreas de vidro, portas balcão em terraços e geralmente com algum tipo de sombreamento, como venezianas e os próprios terraços. Esse procedimento é tipicamente aplicado a empreendimentos de médio e alto padrão que buscam qualquer um dos 3 níveis de atendimento (Mínimo, Intermediário e Superior). Para essas tipologias, aplicar o Procedimento Simplificado costuma ser inviável, uma vez que tipicamente não cumprem com um ou mais pré-requisitos exigidos para a aplicação deste Procedimento, sendo portanto a Simulação a única opção. Apresentamos abaixo um fluxograma de decisão para a determinação do procedimento aplicável.



O efeito das cores no desempenho térmico

"A escolha de cores de fachada não é mais apenas uma decisão estética arbitrária, mas deve ser feita em função também do desempenho."

Terrae, São Paulo
Cliente: Gamaro
Consultoria Ca2

Las Vilas, São Paulo
Cliente: Fibra Experts
Consultoria Ca2

Anteriormente apresentamos o conceito de absortância solar. Essa grandeza é dada em porcentagem. Portanto se dizemos que a absortãncia de uma superfície é de 70% (ou 0,7), isso significa que de toda a radiação solar incidente, 70% será absorvida para posteriormente ser conduzida para o interior da edificação, enquanto 30% será refletida. Dessa forma, cores claras apresentam menor absortância, e cores escuras apresentam maior absortância. Não é correto afirmar que projetos com fachadas escuras irão necessariamente falhar na análise por simulação. Isso porque a cor externa é apenas um dos fatores que afeta a complexa dinâmica de trocas de calor que ocorre em um edifício.

Se o edifício for adequadamente orientado em relação ao Sol, se possuir beirais ou elementos sombreadores e evitar exageradas áreas de vidro, é possível que obtenha atendimento mesmo com fachadas de cores escuras, apesar de não ser prática recomendada em nosso clima.

O oposto também é verdadeiro: projetos com grandes vãos envidraçados, ambientes com face predominantemente oeste e sem sombreamento nos vidros, podem falhar no atendimento à Norma mesmo com cores claras em suas fachadas.

Cores demasiadamente claras podem inclusive ser prejudicial à apartamentos com face sul e leste simulados para inverno em algumas zonas bioclimáticas, pois ao absorver menos calor no inverno, reduzem o potencial de aquecimento passivo. O equilíbrio é sempre necessário.

A seleção das cores de fachadas, apesar de ser um recurso valioso para o atendimento aos critérios de desempenho térmico pela Método da Simulação, deve ser visto como o último desses recursos, quando orientação solar, área de vidros e a ausência de sombreamento não forem capazes de controlar a carga térmica de maneira eficaz.

Urman - Residencial, São Paulo
Cliente: Porte
Consultoria Ca2

Depender exclusivamente de cores claras em projetos com ganhos excessivos de calor pela envoltória pode não ser suficiente para que se atinja atendimento.

Dessa forma, afirmamos que a seleção de cores de fachadas, sob a ótica da norma de desempenho, deve ser realizada em conjunto com outras estratégias de controle térmico, incluindo boa orientação solar, áreas de vidro adequadamente dimensionadas e sombreamento através de persianas ou venezianas externas, brises-soleil ou terraços.

É justamente essa análise combinada que o método da simulação computacional permite, e por isso é tão valiosa no processo de concepção de empreendimentos residenciais. Sempre que possível, obtenha junto aos fabricantes de tintas e acabamentos os laudos de ensaios de absortância desses produtos e teste opções de cores nas simulações computacionais para compreender os limites de absortância que seu projeto, com suas características específicas irá admitir.

Tipo	Número	Cor	Nome	α
Látex PVA Fosca	40		Branco Gelo	34,0
	41		Erva doce	21,9
	42		Flamingo	46,8
	43		Laranja	39,9
	44		Marfim	29,7
	45		Palha	28,5
	46		Pérola	25,7
	47		Pêssego	39,5
Acrílica Fosca	48		Alecrim	64,0
	49		Azul bali	48,9
	50		Branco Neve	10,2
	51		Branco Gelo	29,7
	52		Camurça	55,8
	53		Concreto	71,5
	54		Marfim	26,7
	55		Marrocos	54,7
	56		Mel	41,8
	57		Palha	27,2
	58		Pérola	22,1
	59		Pêssego	35,0
	60		Telha	70,8
	61		Vanila	23,9
Látex PVA Fosca	62		Amarelo Canário	25,2
	63		Areia	35,7
	64		Azul Profundo	76,0
	65		Branco Neve	16,2
	66		Branco Gelo	28,1
	67		Camurça	53,2
	68		Cerâmica	65,3
	69		Concreto	71,6
	70		Flamingo	44,4
	71		Marfim	24,5
	72		Palha	26,4
	73		Pérola	22,9
	74		Pêssego	29,8
	75		Preto	97,4
	76		Vanila	27,7
	77		Verde Musgo	79,8
	78		Vermelho Cardinal	63,3

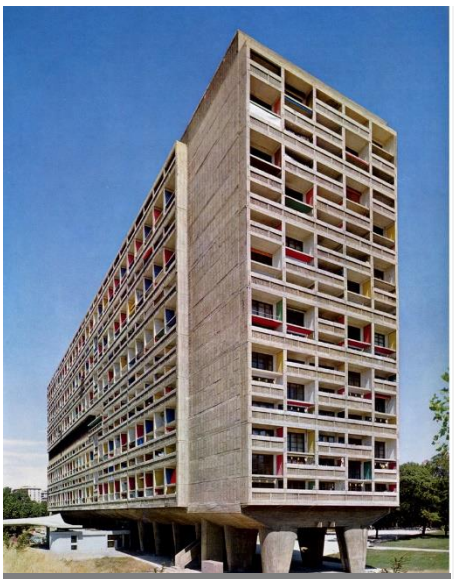
Tipo	Número	Cor	Nome	α
Acrílica Fosca	01		Amarelo Antigo	51,4
	02		Amarelo Terra	64,3
	03		Areia	44,9
	04		Azul	73,3
	05		Azul Imperial	66,9
	06		Branco	15,8
	07		Branco Gelo	37,2
	08		Camurça	57,4
	09		Concreto	74,5
	10		Flamingo	49,5
	11		Jade	52,3
	12		Marfim	33,6
	13		Palha	36,7
	14		Pérola	33,0
	15		Pêssego	42,8
	16		Tabaco	78,1
	17		Terracota	64,6
Acrílica Semi-brilho	18		Amarelo Antigo	49,7
	19		Amarelo Terra	68,6
	20		Azul	79,9
	21		Branco Gelo	36,2
	22		Cinza	86,4
	23		Cinza BR	61,1
	24		Crepúsculo	66,0
	25		Flamingo	47,3
	26		Marfim	33,9
	27		Palha	39,6
	28		Pérola	33,9
	29		Preto	97,1
	30		Telha	69,6
	31		Terracota	68,4
	32		Verde Quadra	75,5
	33		Vermelho	64,2
Látex PVA Fosca	34		Amarelo Canário	29,3
	35		Amarelo Terra	61,4
	36		Areia	39,0
	37		Azul angra	32,3
	38		Bianco Sereno	26,6
	39		Branco	11,1

(FONTE): DORNELLES, Kelen Almeida. Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. * As imagens das cores aqui apresentadas podem não representar com exatidão a cor da tinta quando aplicada sobre as superfícies construtivas

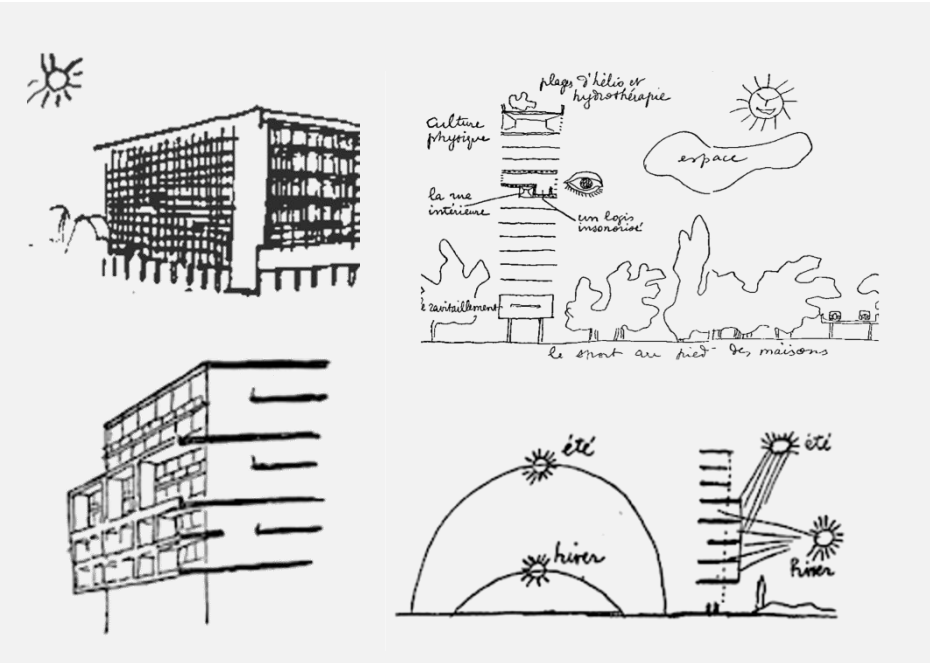
Lições da arquitetura modernista para o mercado imobiliário nacional

"A influência de ícones da arquitetura modernista no controle climático de edifícios é inegável. Suas ideias e conceitos continuam relevantes até hoje e podem ser absorvidas pelo mercado imobiliário contemporâneo, com benefícios aos negócios e clientes."

Floresta, São Paulo
Cliente: Idea Zarvos!
Consultoria Ca2



Unité D´Habitation Marseile, França
Arquiteto: Le Corbusier (1952)



O arquiteto que produz uma arquitetura verdadeiramente bioclimática, é aquele que, ao observar as condições do clima local, considera o sol e o vento como pontos de partida. Ele adota dispositivos de sombreamento condizentes com a orientação solar de cada fachada, e entende que brises não são itens dispensáveis. Assim, tira proveito estético e criativo desses elementos, sem perder sua função primária de controle solar. Então especifica materiais de acordo não apenas com a estética, mas também com base em suas propriedades térmicas e lumínicas.

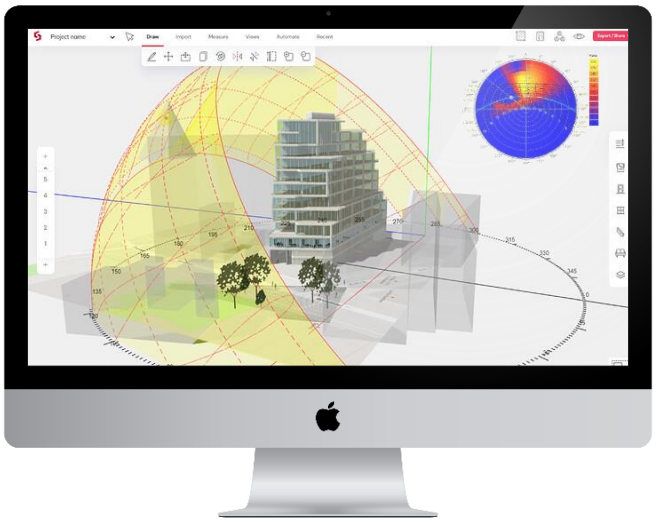
À medida que nosso mercado se adapta aos desafios contemporâneos, com as demandas por eficiência energética de certificações sustentáveis, a correta adoção de estratégias bioclimáticas na arquitetura, desde a concepção do projeto, e com base em estudos técnicos e simulações computacionais torna-se cada vez mais importante.

O período conhecido como modernismo na arquitetura, que teve seus principais expoentes mundiais entre os anos 30 e 60, explorou importantes conceitos da arquitetura bioclimática que podem ser adotadas até os dias de hoje. Le Corbusier, um dos principais expoentes da arquitetura do século XX, deixou um legado mundialmente relevante neste sentido. Além de suas contribuições estéticas e urbanísticas, ele foi pioneiro no desenvolvimento de estratégias de controle climático em edifícios, influenciando toda uma geração de arquitetos modernistas que consideravam o conforto ambiental como parte integrante de suas obras.

Conheça aqui os 4 princípios bioclimáticos vastamente aplicados por Le Corbusier e os arquitetos modernistas brasileiros, que podemos incorporar de forma criativa, contemporânea e inovadora no mercado atual, para criar empreendimentos mais eficientes, sustentáveis e confortáveis.

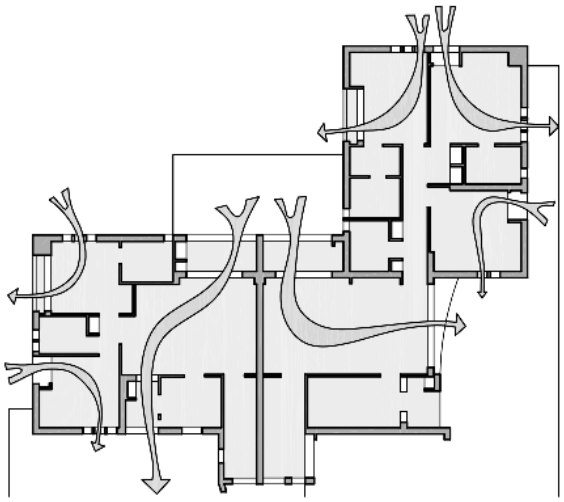
1. Orientação solar

Os arquitetos modernistas compreendiam a importância da orientação solar para o controle climático. Eles projetavam seus edifícios para aproveitar ao máximo a luz solar, minimizando o ganho de calor no verão e aproveitando a insolação nos períodos mais frios. Hoje em dia, a aplicação de técnicas modernas, como análise solar computacional, permite testar diversos cenários de projeto em pouco tempo, otimizando a orientação solar dos edifícios, maximizando a entrada de luz solar quando necessário e minimizando o ganho de calor no verão.



2. Ventilação natural cruzada

Le Corbusier foi um dos expoentes que explorou muito a ventilação natural cruzada, método mais eficiente na remoção de cargas térmicas e economia de energia. No mercado imobiliário atual, os formatos de plantas adotados geralmente dificultam a ventilação cruzada. A despeito das inúmeras complexidades que determinam hoje os formatos das plantas, muitas vezes desafiadoras para a implementação efetiva da ventilação cruzada, é necessário que arquitetos e incorporadores considerem essa estratégia como um atributo desejável a ser investigado em seus projetos.



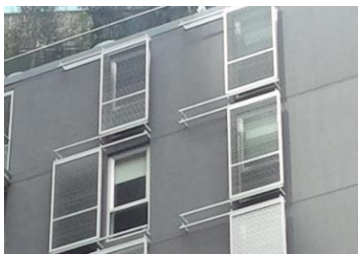
(ACIMA) Priorize plantas com aberturas em pelo menos duas faces, preferencialmente criando fluxos de ar cruzados

(ACIMA) Priorize janelas que permitam o máximo de ventilação, dando preferência à janelas que permitem mais de 50% do vão de ventilação, proporcionado por janelas tipo guilhotina, como o Ed. Louveira de Vilanova Artigas em São Paulo, acima.

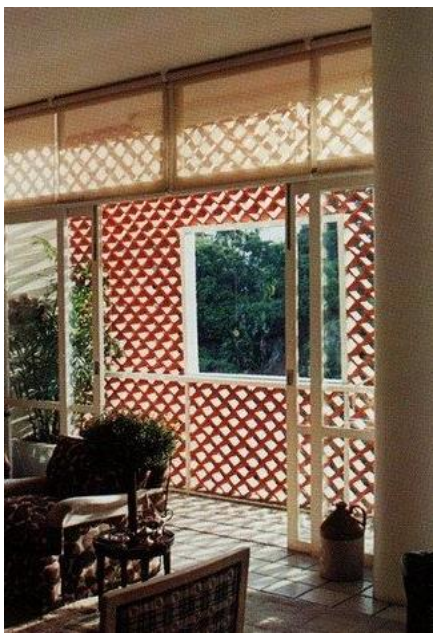
ON Imarés, São Paulo
Cliente: Vitacon
Consultoria Ca2

3. Brises soleil

Na tradição arquitetônica modernista brasileira, o brise-soleil esteve sempre presente. Esses dispositivos de sombreamento devem ser dimensionados de acordo com a latitude do projeto e a orientação de cada fachada. São elementos tradicionais da cultura arquitetônica brasileira, mas abandonados em sua maioria por nosso mercado, em detrimento da dependência de sistemas de ar-condicionado. Os brises, quando bem aplicados, adotam não apenas a função de controle solar, mas também de caracterização da arquitetura, como um elemento intrínseco à estética do projeto, protegendo as fachadas da intensa radiação solar característica de nosso clima.



(ACIMA) Elementos sombreadores móveis externos em terraços e janelas auxiliam significativamente no controle de cargas térmicas. O sombreamento é estratégia fundamental em qualquer parte do território brasileiro (Imagens do Autor, edifícios em Sydney, Austrália)



(ACIMA) Cobogós de sombreamento no Ed. Parque Guinle, de Lício Costa (1954). Imagem: ArchDaily

1. **Ed. Louveira de Vilanova Artigas** em São Paulo (1946)i: Utiliza persianas tipo guilhotina, que permite proteção solar total do vidro, e também a possibilidade de 100% de abertura do vão para ventilação natural (Imagem: ArchDaily)

2. **Ed. Albina de Botti Rubin** em São Paulo (1962): Painéis perfurados de madeira com abertura tipo camarão garantem proteção solar.

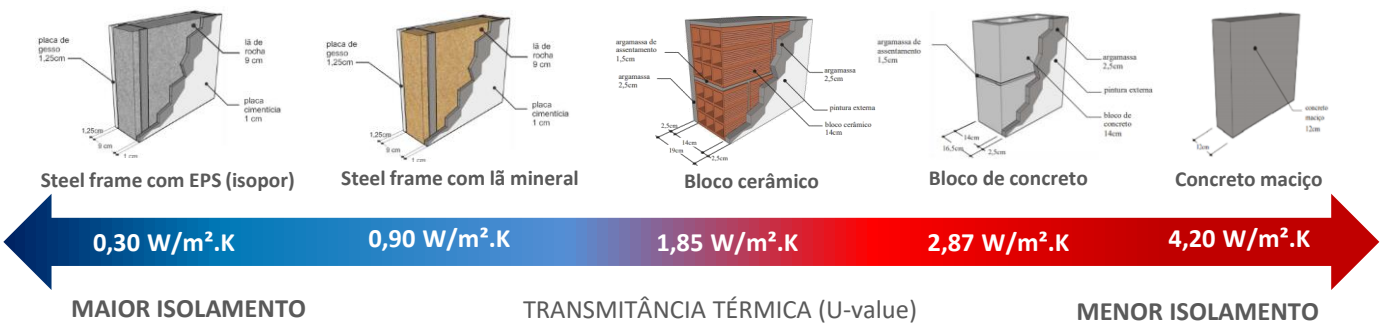
3. **Ed. Pierino do Studio MK27** e incorporação da Stan e consultoria Ca2 utiliza-se de solução semelhante ao Ed. Albina.

4. Persianas de enrolar com abertura pivotante são ideais para combinar proteção solar dinâmica com excelente área de ventilação natural simultaneamente.

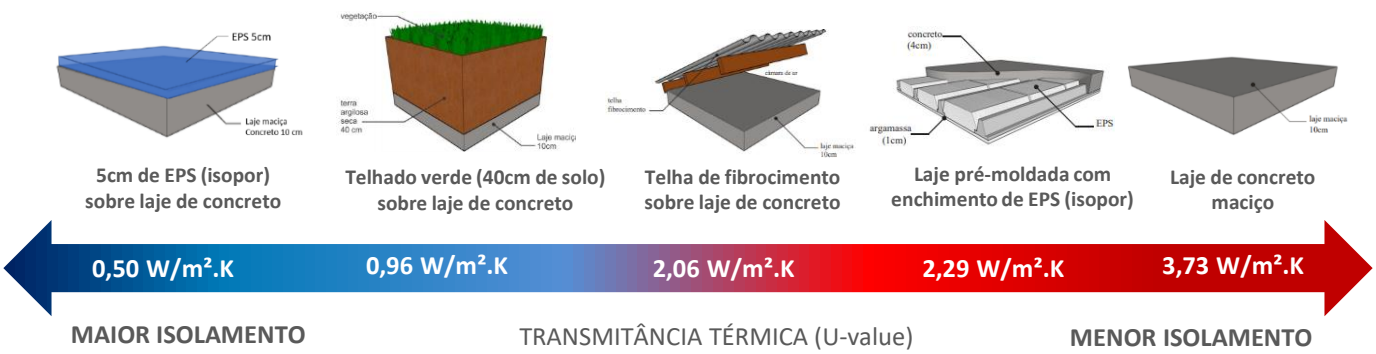
4. Materiais de isolamento térmico

Le Corbusier e os arquitetos modernistas valorizavam o uso de materiais adequados para o controle climático, sempre observando suas propriedades insulativas e de inércia térmica. Hoje, temos uma variedade de materiais disponíveis para melhorar a eficiência energética e o conforto térmico nos edifícios. Veja abaixo a diferença nos níveis de isolamento térmico de sistemas construtivos típicos* empregados em nosso mercado, e estratégias para minimizar ganhos térmicos pela envoltória (*valores aproximados, podem variar de acordo com as espessuras)

Sistemas típicos de vedações externa



Sistemas típicos de cobeturas



(ESQ) Concretagem de contrapiso sobre placas de EPS em cobertura. **(DIR)** Telhas térmicas sanduiche de poliuretano e EPS são excelentes elementos para proporcionar isolamento térmico em coberturas.

Contratação e gerenciamento de projetos sob a ótica da Norma de Desempenho

Arborea Itaim, São Paulo
Cliente: Benx
Consultoria Ca2

Parque Lazio, São Paulo
Cliente: RVE
Consultoria Ca2

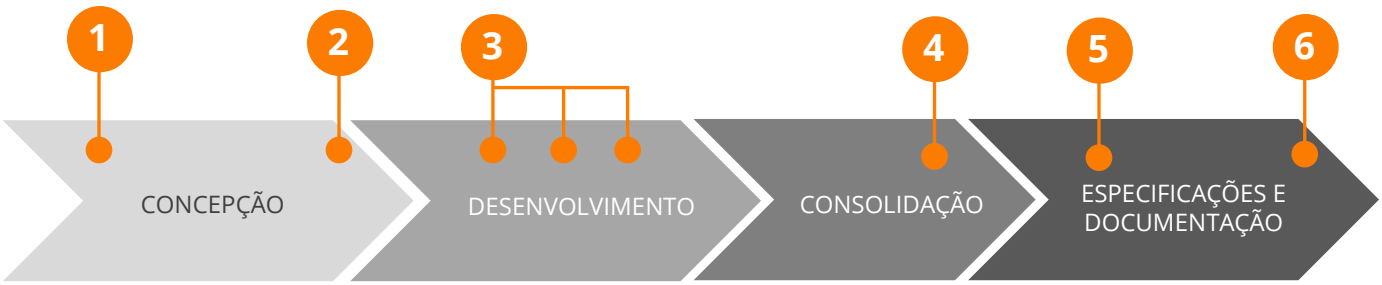
Temos percebido, em conversas com diversos players do mercado imobiliário que muitos incorporadores vem buscando uma abordagem mais descomplicada, porém com maior segurança técnica nas consultorias em desempenho térmico, lumínico e acústico da norma de desempenho. Em geral, notamos que o mercado busca cada vez mais, consultorias que considerem as condicionantes do produto e que não "pesem a mão" nas estratégias de intervenção, que atendam exclusivamente através de consultores experientes, e que entreguem relatórios claros, objetivos e didáticos, resolvendo muitas "dores de cabeça" na interpretação dos resultados das simulações.

Para o sucesso e tranquilidade de um processo de consultoria em desempenho térmico para a norma de desempenho, é fundamental que se observe uma determinada sequência de atividades e pontos de decisão, que abordaremos nesse capítulo.

Sabemos que cada incorporador ou gerenciador tem seu método e fluxo de trabalho próprio com diferenças pontuais. Mas de maneira geral, encontramos no mercado o fluxo linear que vai do Estudo Preliminar, passando pelo Anteprojeto até a compatibilização final no projeto Executivo antes de ir à obra. Cada etapa do processo apresenta oportunidades para mitigação de riscos de não conformidade com a norma. Mas as etapas iniciais são cruciais nas tomadas de decisão que influenciarão o atendimento da norma.

A inserção de análises qualitativas por profissionais qualificados na etapa de concepção, a realização de simulações preliminares durante o Estudo preliminar, e a subsequente realização de simulações paramétricas (que comparam opções de projeto) ao longo do Anteprojeto até a consolidação do produto reduzem riscos e trazer assertividade nas decisões muito antes do lançamento.

O esquema abaixo apresenta nossa visão sobre um processo de projeto que incorpora o desempenho térmico de forma intrínseca ao fluxo tradicional de trabalho de incorporadores e gerenciadores.



1 **Concepção Inicial:** Oportunidade para análise inicial qualitativa, ainda sem simulações para identificação de riscos. Deve considerar orientação solar, fachadas críticas, áreas de vidro e sistemas construtivos. Esse é o momento ideal para a contratação de consultores, que devem orientar a concepção desde antes das primeiras simulações.

2 **Planta e Volume Definidos:** Uma simulação computacional preliminar nessa etapa é capaz de mensurar quantitativamente os riscos de não conformidade, possibilitando eventuais necessidades de otimização do produto .

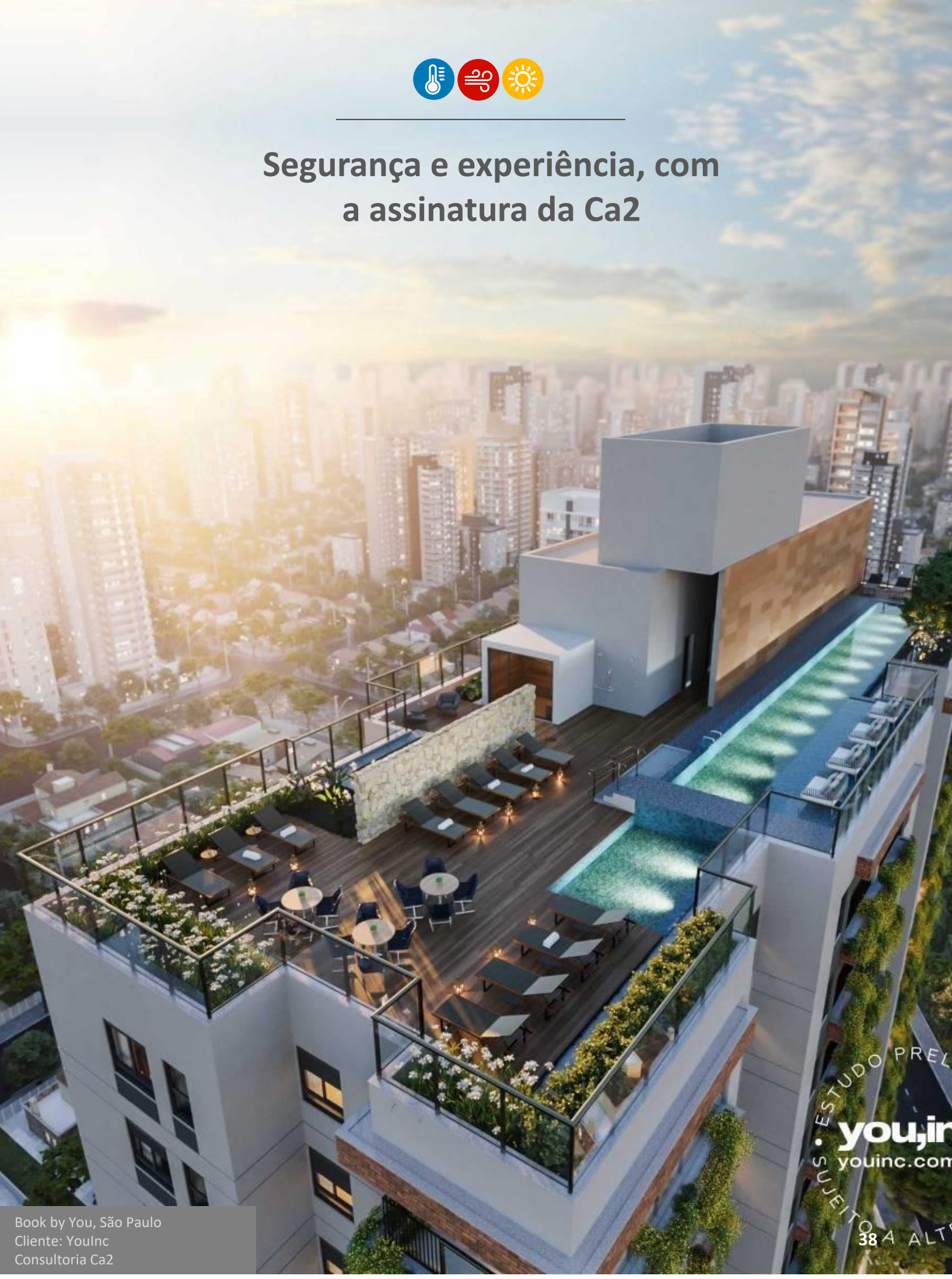
3 **Desenvolvimento Produto:** Nesse momento devem ser realizadas simulações mais detalhadas que irão auxiliar na consolidação do produto. Aqui definem-se os limites de cores de fachadas, áreas de vidro e sistema de vedações, entre outros. Ao longo do processo de consolidação do produto podem ser feitas diversas simulações para testar opções.

4 **Lançamento:** No período que antecede o lançamento, as simulações já devem ter sido finalizadas, as cores de fachada e elementos construtivos definidos em função dos resultados, pois nenhuma alteração de produto ou imagens será possível à partir daqui. Não se deve nunca lançar um empreendimento sem as simulações finalizadas e o relatório técnico emitido.

5 **Especificações finais e documentação:** Nesse momento, a compatibilização das estratégias de desempenho térmico são compatibilizadas com os diversos projetos. Não se deve alterar nenhuma diretriz previamente simulada. Qualquer alteração que se fizer necessária deve ser submetida à novas simulações, sujeitando o projeto à não conformidades. Por fim, com base nas simulações da opção escolhida, emite-se o relatório técnico final de atendimento.

6 **Registro de Responsabilidade Técnica:** A RRT é emitida, assegurando a responsabilidade técnica das simulações e do processo de consultoria.

Segurança e experiência, com a assinatura da Ca2



Book by You, São Paulo
Cliente: YouInc
Consultoria Ca2

> A Ca2 é para aqueles incorporadores que buscam uma alternativa segura às empresas e consultores engessados, relatórios confusos e pouco objetivos e que não passam a segurança que você precisa no atendimento à norma de desempenho.

Somos nacionalmente reconhecidos como uma empresa de excelência em Conforto Térmico, lumínico e acústico. Na Ca2 compreendemos e influenciamos o projeto arquitetônico visando o atendimento aos requisitos da Norma de Desempenho, sempre respeitando a criação do arquiteto e o orçamento de obra. Essa abordagem tem sido aplicada por nós em **mais de 200 empreendimentos em todo o país** para importantes incorporadores, tornando o atendimento à norma, que geralmente é um rito burocrático, em um processo mais seguro, rápido e objetivo.

Nossos clientes são sempre assessorados por **profissionais sêniores**, que dão total segurança, suporte e assertividade nos resultados das simulações e nas estratégias de intervenção. Além disso, fornecemos os **relatórios mais objetivos, claros e didáticos do mercado**, o que resolve muitas "dores de cabeça" típicas que os incorporadores costumam ter na interpretação dos resultados e nas recomendações de projeto. Por fim, prescrevemos aquilo o que é estritamente essencial para que o projeto atenda à norma, **sem "pesar a mão",** e sem descaracterizar o partido arquitetônico, o conceito do produto e o orçamento da obra. Mas se você quiser, podemos ir além, elevando a qualidade de seu empreendimento aos níveis mais altos de desempenho.

Não trazemos apenas nossa expertise técnica aos projetos, mas também a sensibilidade da arquitetura, e assim somos capazes de compreender e influenciar o projeto arquitetônico, sempre respeitando a intenção e a criação do arquiteto.

Portfólio Ca2

Conheça o que o que a experiência, a excelência e a segurança de uma consultoria da Ca2 pode fazer pelo seu empreendimento, com uma relação custo- benefício que justifica o investimento a cada projeto.

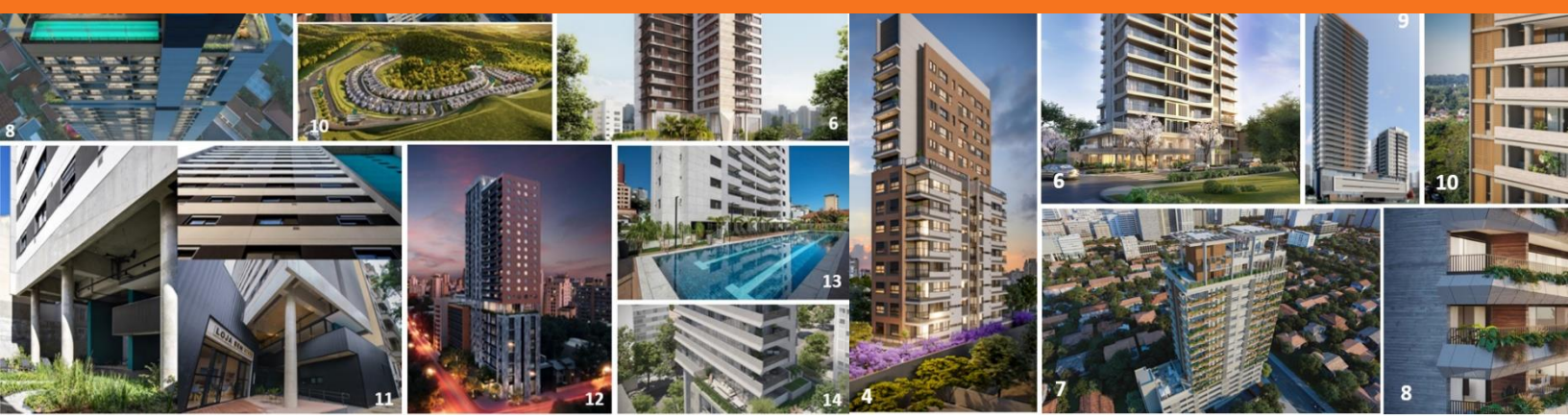
Baixe **aqui** nosso portfólio de consultorias em desempenho térmico e lumínico para a NBR 15.575.

Se os líderes de mercado nos contratam, é porque resolvemos

Nossos clientes sabem que ao contratar a Ca2, estão contratando um verdadeiro seguro. Um seguro de que terão um atendimento primoroso, exclusivamente por profissionais seniores, e que receberão relatórios claros, objetivos e didáticos, facilitando muito seu trabalho e dos arquitetos, na interpretação dos resultados e na implementação das recomendações de projeto. Estes e muitos outros incorporadores contratam os serviços da Ca2.

+ dezenas de clientes atendidos

200+ EMPREENDIMENTOS



Somos verdadeiramente multidisciplinares

Entendemos que cada cliente tem necessidades únicas e, além de sermos sua melhor opção para a os estudos de desempenho térmico, lumínico e acústico da Norma de Desempenho, também trabalhamos com uma gama mais ampla de serviços. Confira abaixo nossos portfólios.

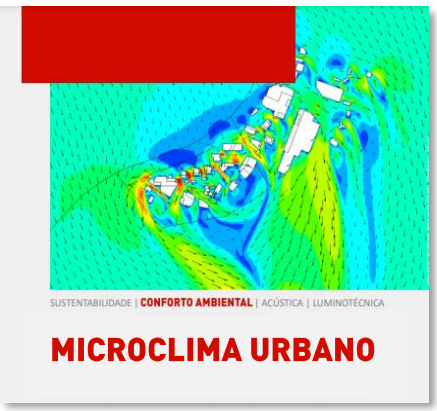
Certificação LEED e outras
Baixe **aqui.**

Certificação EDGE
Baixe **aqui.**

Certificação Fitwel
Baixe **aqui.**

Térmico e Lumínico (NBR 15575)
Baixe **aqui.**

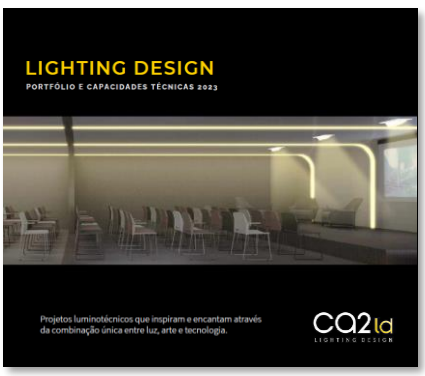
Conforto: Projetos especiais
Baixe **aqui.**



Estudos de microclima
Baixe **aqui.**

Acústica (NBR 15575)
Baixe **aqui.**

Acústica: Projetos especiais
Baixe **aqui.**



Projeto de Luminotécnica
Baixe **aqui.**

CONFIRA NOSSA SELEÇÃO GRATUITA DE **E-BOOKS**

A Ca2 tem o prazer de apresentar uma seleção de nossos melhores e-books, abrangendo temas essenciais como sustentabilidade, certificações, acústica e luminotécnica. Neste conjunto exclusivo, a Ca2 oferece aos leitores uma oportunidade única de explorar conteúdos enriquecedores, através de uma linguagem clara e objetiva, que irão lhe proporcionar uma compreensão aprofundada e prática desses domínios cruciais na indústria da arquitetura e construção civil.

Certificação EDGE: Guia para Incorporadores

O sistema EDGE torna mais rápido e fácil certificar um projeto verde. Esse e-book é um guia para incorporadores que desejam investir na agenda ESG através desta certificação.

Baixe **aqui** seu e-book.

Saúde e bem-estar através da certificação Fitwel

Ao adotar estratégias simples e inteligentes, edifícios podem se tornar mais saudáveis e confortáveis, contribuindo para uma melhor qualidade de vida. Esse e-book convida-os a explorar as estratégias e os benefícios da certificação Fitwel, de saúde e bem-estar em edifícios.

Baixe **aqui** seu e-book.

Princípios do projeto luminotécnico

O projeto luminotécnico é um processo complexo que envolve a consideração de diversos fatores, incluindo estética, eficiência energética, e o atendimento aos requisitos de normas e certificações. Neste e-book você encontrará os princípios básicos do projeto de iluminação, e compreenderá mais sobre as grandezas luminotécnicas e as tecnologias tipicamente empregadas em projetos.

Baixe **aqui** seu e-book.

Como o som nos afeta?

Não é incomum ainda nos dias de hoje, vermos edifícios que não são projetados de forma adequada para atingir o conforto acústico. Nos acostumamos com esse contexto ruidoso, sem nos dar conta do quanto o ruído indesejado nos afeta. Este e-book tem como objetivo demonstrar brevemente como o som atinge o nosso cotidiano e a nossa saúde.

Baixe **aqui** seu e-book.

SUSTENTABILIDADE | CONFORTO AMBIENTAL | ACÚSTICA | LIGHTING DESIGN

Av. Queiroz Filho, 1560 -Torre Rouxinol – sala 13,
Vila Hamburguesa. São Paulo, SP – Brasil 05319-000
Tel. +55 (11) 2309 6720
projetos@ca-2.com

www.ca-2.com