



CONTRAMARCO

A SUA REVISTA DE ESQUADRIAS

FOCO

NO VIDRO

FERNANDO SIMON WESTPHAL

Um produto do Grupo Contramarco - Vol. 1



CONTRAMARCO

A SUA REVISTA DE ESQUADRIAS

FOCO NO VIDRO

FERNANDO SIMON WESTPHAL

Diagramado por: Stephanie Fazio e Emanuelle Ormiga

**Conteúdo extraído da Revista Contramarco
(Vol. 1)**

**Todos os direitos reservados
Revista Contramarco**



Sobre o autor

Fernando Simon Westphal é professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), engenheiro civil, com mais de 20 anos de experiência. Possui mestrado e doutorado com ênfase em eficiência energética e simulação computacional do desempenho de edificações. Consultor com participação em projetos certificados LEED, pesquisador no Laboratório de Conforto Ambiental, com atuação na pós-graduação e mais de 80 artigos científicos publicados, além do livro “Vidro Plano para Edificações” pela Editora Oficina de Textos. Atuação em pesquisas e consultoria voltadas a projetos e soluções sustentáveis, assessor técnico da Associação Brasileira das Indústrias de Vidro (Abividro) e colunista da CONTRAMARCO.



Índice

Capítulo 1: _____	05
Reflexão em dias de sol	
Capítulo 2: _____	09
3 pilares do vidro plano	
Capítulo 3: _____	13
Como evitar radiação, luminosidade e calor	
Capítulo 4: _____	16
Energia fotovoltaica	
Capítulo 5: _____	19
Qual a esquadria mais eficiente	
Capítulo 6: _____	23
Melhor desempenho: vidro low-e ou baixo emissivo	

Capítulo 1

**É comum, nos dias de sol intenso,
ocorrer uma incômoda reflexão**



Capítulo 1

As fachadas em pele de vidro no Brasil são alvo de polêmica em torno da aplicabilidade do material aos nossos variados climas, majoritariamente quentes.

Já discutimos bastante aqui sobre eficiência energética e a escolha de vidros de controle solar para mitigar os efeitos do ganho de calor em peles de vidro. Mas um novo tema que tem surgido com frequência no mercado são os efeitos causados pela reflexão do sol sobre o entorno próximo.

Numa edição passada, eu comentei sobre a probabilidade de ofuscamento (brilho excessivo) devido à reflexão do sol por grandes panos de vidro. Mas também demonstramos que uma parede pintada de branco pode ser ainda mais prejudicial ao conforto visual no entorno quando comparada com uma fachada de vidro refletivo.

Atenção na fase de projeto — A reflexão especular do vidro (numa direção bem definida) merece, sim, atenção especial na fase de projeto, pois além do risco de ofuscamento no campo visual, pode concentrar o calor do sol em determinadas regiões do entorno.

O resultado será o aumento na temperatura do ambiente urbano, causando desconforto, e na carga térmica de edificações vizinhas, provocando aumento no consumo de energia para climatização.

O risco de causar o ofuscamento velador (ou cegueira momentânea) sobre vias de tráfego rodoviário e ferroviário deve ser motivo ainda maior de preocupação pelo projetista.

Além desses efeitos físicos, existe a preocupação com o impacto estético, seja pela edificação estar próxima a ambientes naturais, ou de valor histórico reconhecido.

O que diz a legislação — No Brasil, algumas cidades incorporaram regras que limitam o uso de vidros refletivos nas fachadas em determinadas condições, como por exemplo em Niterói (RJ) e em Santos (SP), para os edifícios construídos na orla; e em Belo Horizonte (MG), para edificações no centro histórico ou próximo a edificações históricas. Outras cidades não trazem especificamente a limitação do uso do vidro, mas a avaliação é feita pela prefeitura conforme o patrimônio edificado no entorno, como ocorre em Florianópolis (SC).

No exterior — Alguns países já possuem legislação com determinações mais claras quanto aos limites de taxa de reflexão das fachadas. Em Sydney, na Austrália, o código de construção local estabelece um limite máximo de reflexão do sol sobre os motoristas (o que pode ser quantificado por simulação computacional) e limita a reflexão de superfícies externas das edificações a 20%. O limite aplica-se a qualquer material, não apenas ao vidro.

Em Singapura existe regra similar com limite de 15% e em Taipei, Taiwan, a taxa de reflexão máxima permitida é de 25%. Vale lembrar que esses limites se aplicam à reflexão nominal do vidro, medida com feixe de luz ortogonal à peça.

Na prática, a reflexão aumenta com o ângulo de incidência em relação ao plano do vidro. Uma análise por simulação computacional permite avaliar os efeitos da geometria e taxa de reflexão das superfícies da edificação ainda em fase de projeto para diferentes condições de céu e horas do ano.

Medidas mitigadoras podem ser elaboradas e incluir, evidentemente, a limitação do uso de vidro na fachada, mas também especificação de vidros low-e e até insulados, que resultam em menor reflexão. A geometria da fachada pode ser desenhada para evitar reflexão em direções desfavoráveis, ou elementos de sombreamento externo podem ser aplicados.

Capítulo 2

Os três pilares que compõem o ABC do vidro plano



Capítulo 2

A especificação dos vidros para edificações deve atender a três pilares fundamentais, que tentarei resumir aqui como o “ABC do vidro plano”: aplicação, beneficiamento e conforto.

Aplicação — O local e tipo de edificação onde será aplicado o vidro define, evidentemente, suas principais características. A aplicação deverá guiar o processo de especificação para a necessidade de um vidro de segurança, de controle solar, insulado, serigrafado, translúcido, etc.

A aplicação deve ser entendida como a abertura em si, ou seja, qual tamanho do vão, em que posição está, se é passível de contato ou choque com as pessoas, qual orientação solar (calor), se está próximo a vias de trânsito intenso (ruído).

Além disso, o tipo de edificação também vai ditar as regras. Por exemplo, o acesso à luz natural pode ser mais importante em edificações residenciais, enquanto problemas de ofuscamento podem ser mais toleráveis nesses usos. Em edifícios de serviços, o controle da iluminação natural deve ser mais rigoroso, para evitar problemas de ofuscamento e variações bruscas de luminosidades. Mapeada as condições que a aplicação exige, define-se quais as características desejadas para aquele vidro e se ele necessitará de algum beneficiamento.

Beneficiamento — Sabendo-se da aplicação do vidro, pode-se definir o tipo de beneficiamento a ser adotado. Será necessário um vidro laminado? Temperado? Insulado, curvado, serigrafado?

Todas essas questões são avaliadas em conjunto com os requisitos de conforto (térmico, lumínico e acústico), segurança e privacidade.

Vidros de segurança (temperados, laminados e aramados) têm suas aplicações definidas pela ABNT NBR 7199. O conceito geral por trás dos requisitos da norma é evitar o ferimento de pessoas no caso de quebra do vidro. Então, aplicações sujeitas ao choque de pessoas devem possuir vidros de segurança (divisórias, portas, janelas projetantes). Mas no caso de aberturas que possam provocar a queda de pessoas em altura ou queda de fragmentos de vidro sobre as pessoas (guarda-corpos, claraboias, fachadas em pele de vidro), apenas os vidros laminados ou aramados podem ser utilizados, para evitar a abertura do vão no caso de quebra. Outros tipos de beneficiamento poderão ser exigidos para promover padrões aceitáveis de conforto no ambiente interno.

Conforto — Identificando-se a aplicação e o beneficiamento necessário para questões de segurança, pode-se definir o tipo de vidro a ser utilizado para garantir o conforto na edificação. Nesta etapa, algum beneficiamento pode ser necessário, mesmo que a utilização de vidros de segurança não seja exigida por norma.

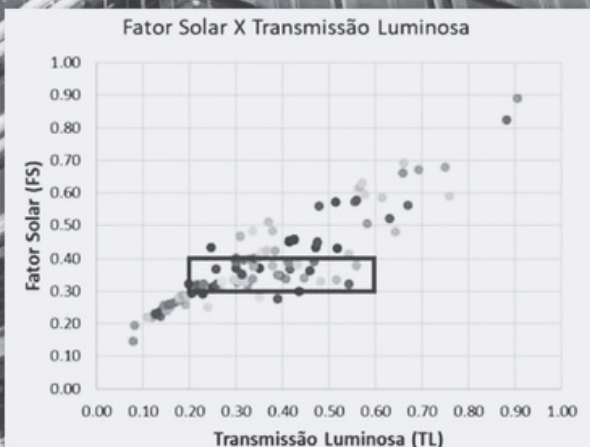
É o caso dos vidros de controle solar. Algumas especificações exigem a laminação ou o uso em composição insulada, porque o revestimento metálico não pode ficar exposto ao ar externo. Ainda pensando em conforto térmico, o vidro pode ser insulado para promover maior isolamento térmico, ou garantir maior transparência para aproveitamento da luz natural. Vidros insulados e laminados podem ser utilizados também para incrementar o isolamento acústico da aplicação.

Enfim, esses requisitos básicos certamente são os pontos de partida para a especificação dos vidros em diversas situações. Dependendo de cada projeto, a análise das condicionantes vai exigir maior atenção para um ou outro item.

Capítulo 3

Luz natural: como evitar o excesso de radiação, luminosidade e calor

Fachada executada com vidro insulado de controle solar e elementos de proteção solar externos (brises) e internos (persianas)
• Projeto: Darling Quarter, Sydney, Austrália • Autor: FJMT Studio.



Capítulo 3

O acesso ao sol é fundamental para a saúde humana. A exposição diária à luz natural nos traz uma série de benefícios, estimulando o ciclo circadiano, ativando nossas funções biológicas e o nosso sistema imunológico. Mesmo a radiação ultravioleta, que em excesso pode ser nociva, na dosagem adequada é fundamental para a produção de vitamina D pelo nosso organismo. Além disso, a radiação ultravioleta possui função bactericida, atuando como um higienizador natural dos ambientes.

Carga térmica — Mas nada em excesso faz bem, e a incidência de sol no interior das edificações deve ser proporcionada na medida certa. Nos diferentes climas brasileiros, o excesso de radiação solar pode representar uma carga térmica significativa, gerando desconforto por calor, mesmo nas regiões mais frias do país — região Sul e regiões serranas. Além disso, problemas de ofuscamento podem ser ocasionados com o excesso de luz admitidos pelas aberturas das edificações.

Vidros coloridos — Inicialmente, os vidros coloridos eram utilizados em situações que necessitavam de uma redução da incidência de sol nas edificações, seja por questões de calor ou brilho excessivo (ofuscamento). Mas os vidros coloridos — verde, bronze e cinza — podem não resolver o problema por completo, pois quanto mais escuros, maior a absorção de calor em suas massas, resultando em aumento na temperatura do próprio vidro e desconforto térmico para as pessoas situadas nas proximidades.

Luz e calor — Os vidros de controle solar foram desenvolvidos para contornar esse problema. Como o próprio nome diz, são vidros que atuam como um filtro à radiação solar, permitindo maior transparência e menor ganho de calor. O mercado nacional dispõe de uma série de especificações, ou modelos, de vidros de controle solar, com diferentes níveis de transparência e fator solar.

O gráfico do capítulo relaciona o fator solar (que representa o ganho de calor pelo vidro) com a transmissão luminosa de 110 especificações de vidros de controle solar disponíveis no mercado nacional.

A área em destaque no gráfico mostra um conjunto de produtos com o mesmo nível de desempenho térmico e diferentes níveis de transparência. Observe que esses vidros apresentam fator solar entre 0,30 e 0,40, ou seja, permitem a passagem de 30% a 40% do calor do sol. A transmissão luminosa desses mesmos vidros possui uma faixa ainda mais abrangente, com valores entre 20% e 60%. Isso mostra que é possível obter vidros mais claros e com baixo ganho de calor. Esse tipo de produto é o ideal para as edificações residenciais, onde geralmente necessitamos de admissão de luz e sol em maior parte do tempo, sem exagerar no ganho de calor.

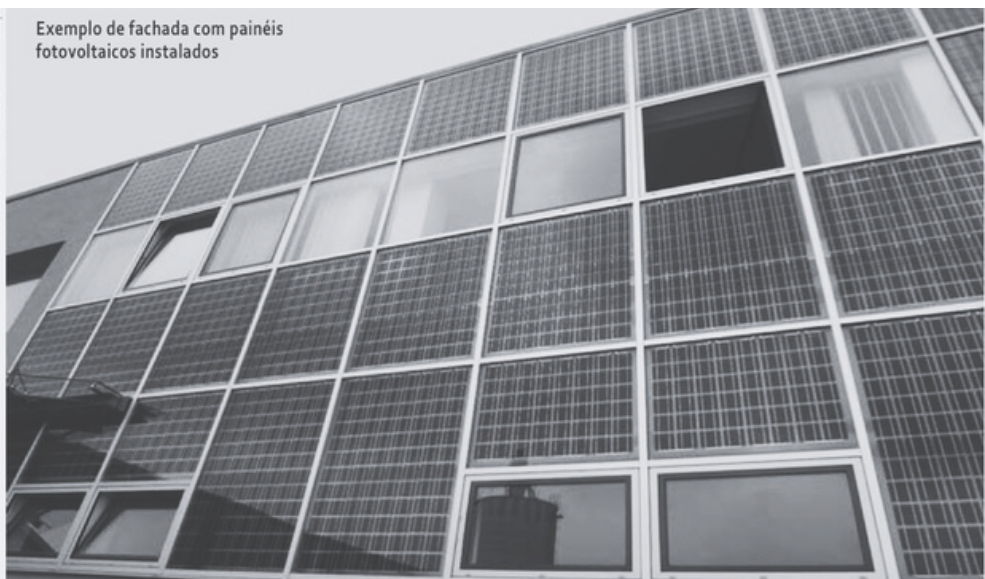
Outras estratégias — Evidentemente, o vidro sozinho não faz milagres. Em muitas situações, a especificação de um vidro com baixa transmissão luminosa pode ser insuficiente para regular a entrada de luz no ambiente e garantir uma boa distribuição de contrastes em todo o espaço. Por isso, é importante prever outras estratégias em conjunto, como o uso de cortinas e persianas, ou mesmo elementos de sombreamento incorporados à esquadria, como as venezianas e persianas de enrolar, ou brises e beirais na edificação.

Capítulo 4

Energia fotovoltaica, um assunto que merece ser analisado

Exemplo de fachada com painéis fotovoltaicos instalados

Foto: acervo Fernando Simon Westphal



Capítulo 4

Há alguns meses, ouvi de um amigo consultor da área de energia: “Painel fotovoltaico virou split”. Ele se referia à popularização do sistema e o fato da instalação ser facilmente realizada por técnicos já atuantes no mercado de instalações elétricas e ar-condicionado. E isso é bom!

O conceito do sistema fotovoltaico é muito simples. Basta uma área com acesso ao sol para a colocação dos painéis, e um pequeno espaço para a instalação dos controladores de carga e inversores de frequência, que transformam a energia elétrica de corrente contínua para corrente alternada, que usamos nas nossas edificações.

Com a possibilidade de interligar o sistema à rede elétrica, a instalação junto às unidades consumidoras no Brasil decolou, especialmente nos últimos dois anos. Como a disponibilidade de sol é sazonal, em muitas regiões do país o consumidor pode ter uma geração em excesso durante o verão e escassez no inverno. Nesses casos, os créditos gerados no verão poderão ser utilizados nos meses seguintes, dentro do prazo de 60 meses.

O cálculo do potencial de geração também é simples. Basta multiplicar a insolação média da região (pesquisando pelo Atlas Solar do Brasil, encontramos esta informação) pela eficiência do painel fotovoltaico. Por exemplo, em Florianópolis a insolação média anual gira em torno de 1600 kWh/m^2 . Considerando um sistema com eficiência de 15%, teremos uma geração anual de 240 kWh/m^2 . Se o sistema custar cerca de R\$ 1.500/m², a economia de energia com o kWh na faixa de R\$ 1,00 paga o investimento em pouco mais de seis anos. É um ótimo negócio.

Essa conta rápida é feita considerando o painel instalado na horizontal. Mas em um edifício com muitos andares, a proporção da cobertura em relação à área útil é reduzida, diminuindo também o retorno do investimento. Então, por que não instalaros painéis nas fachadas?

Os alemães já fazem isso há anos. Aqui eu destaco outra frase, que escutei de um cliente quando sugeri a ele a instalação de células fotovoltaicas em uma pele de vidro voltada para oeste: “Instalar painel fotovoltaico na fachada não é didático”. Ele se referia ao fato de o potencial de geração ser reduzido com o painel na vertical, pois a insolação é reduzida.

Fazendo algumas contas e simulações simples, mostrei que o potencial de geração de energia solar de um painel instalado numa fachada norte em Florianópolis é de 55% em relação ao painel na cobertura. Nas fachadas leste e oeste esse fator é de 45%, e na fachada sul, 35%. Estamos falando da ampliação do período de retorno do investimento para cerca de 12 anos nas fachadas norte, leste e oeste. Ainda continua sendo um bom negócio.

Um apartamento com consumo médio de 240kWh/mês necessitaria de 12m² de painéis para ser autônomo em energia. Encontrar essa área na cobertura é inviável para todos os apartamentos de um prédio multifamiliar. Mas alocar cerca de 20m² na fachada do apartamento é possível. Podemos aproveitar o guarda-corpo da sacada, os peitoris das janelas e qualquer outra área opaca da fachada. Cada apartamento teria sua pequena central de energia por um custo inferior ao que se gasta nos móveis da cozinha, por exemplo. E com vida útil que ultrapassa os 25 anos. A instalação de células fotovoltaicas entre vidros laminados ainda é pouco explorada aqui no Brasil. Vejo aí um potencial enorme para aplicação desta estratégia em guarda-corpos e spandrel glass.

Capítulo 5

Qual a esquadria mais eficiente? Conheça algumas considerações



Capítulo 5

Do ponto de vista da eficiência energética, a melhor esquadria é aquela que permite o controle adequado da iluminação natural e das três formas de trocas de calor: o ganho da radiação solar, condução de calor devido à diferença de temperatura e a infiltração de ar ou ventilação.

Em 2013, quando desenvolvemos os estudos para estabelecer a etiqueta de conforto térmico de esquadria, publicada posteriormente na ABNT NBR 10821-4 em 2017, nosso desafio era contemplar todas essas variáveis em um único selo. Conseguimos dar um passo importante, identificando diretrizes básicas para a especificação de esquadrias em climas brasileiros com foco em conforto térmico:

- Nas regiões Norte e Nordeste, as mais quentes do país, o importante é a especificação de vidros de controle solar com baixo fator solar (baixo ganho de calor do sol).
- Na região Sul, além do baixo fator solar para diminuir o calor excessivo no verão, deve-se optar por vidros insulados e perfis mais isolantes, como o pvc, alumínio com thermal break e madeira, evitando o desconforto térmico por frio no inverno.
- As regiões restantes, Sudeste e Centro-Oeste, são intermediárias, nas quais se deve procurar vidros com baixo fator solar, podendo ser insulados e utilizando perfis de esquadrias mais isolantes.

É claro que essas são regras gerais e cada projeto pode ser avaliado com mais profundidade para identificar as reais necessidades.

Mas as simulações energéticas desenvolvidas naquele contexto contribuíram para entender melhor a relação do tipo de material da esquadria, vidro, clima e conforto térmico interno em edificações residenciais.

O método de avaliação pode ser aprimorado. Precisamos falar de infiltração de ar, controle de ventilação e elementos de sombreamento. Por definição, a infiltração de ar difere da ventilação por uma questão semântica. A primeira é a entrada de ar não intencional por frestas, e a segunda é a entrada de ar desejada e de forma controlada através de aberturas projetadas para isso em uma esquadria. A infiltração de ar é indesejada tanto em climas frios quanto em climas quentes, pois provoca desbalanceamento na temperatura do ar interno, sem a possibilidade de controle pelo usuário.

A ventilação natural é uma das formas de condicionamento passivo recomendadas a todas as regiões climáticas brasileiras, pois temos problemas de calor em todo o país, mesmo que com diferentes durações ao longo do ano. O ideal é que esta ventilação seja realizada de forma controlada, em que o usuário possa acionar e até mesmo regular a taxa de ar conforme sua necessidade.

O sombreamento segue o mesmo raciocínio. O ideal é que fosse promovido por dispositivos móveis, permitindo o seu controle e ajuste ao longo do ano. Nas regiões frias, poderia se admitir o sol no inverno e bloqueá-lo no verão. Fazer isso sem dificultar o contato visual com o exterior e admissão de luz natural é outro desafio.

Mas e qual seria o tipo de material mais eficiente para o perfil? Evidentemente, quanto mais isolante, melhor, pois dificulta a troca de calor por condução, evitando o ganho de calor excessivo no verão e a perda no inverno. Perfis de pvc, madeira e alumínio com thermal break são mais eficientes nesse quesito. Em climas extremos, essa escolha é importante. Porém, em climas amenos ou em pequenas áreas de abertura, a influência do perfil é irrelevante. Se o consumidor dispõe de recursos, pode optar por esquadrias mais isolantes e com vidros insulados. Certamente o resultado será melhor.

Capítulo 6

**Obtenha o melhor desempenho
com o vidro low-e ou baixo
emissivo**

Foto: acervo Fernando Simon Westphal



Capítulo 6

Os vidros de controle solar possuem um revestimento metálico numa de suas faces, com a função de filtrar a radiação solar incidente, diminuindo o ganho de calor. Porém, parte dessa radiação é absorvida na massa do vidro.

À medida que é aquecido, o vidro emite calor por radiação em ondas longas, assim como qualquer outro material mais quente do que o seu entorno. A velocidade com que a emissão de calor ocorre depende do acabamento superficial dos materiais.

A propriedade que mede essa velocidade é a emissividade, adotando-se como referência o “corpo negro”, um material desenvolvido em laboratório e capaz de absorver e emitir 100% do calor radiante, ou seja, possui emissividade igual a 1,0. Todos os outros materiais ao nosso redor possuem emissividade entre 0,8 e 0,9, o que significa que emitem 80% a 90% do calor absorvido, quando comparado à maior taxa de emissão possível.

A exceção ocorre com os metais polidos, que resultam em emissividades mais baixas, retardando a emissão de calor. Isso explica o uso de revestimentos metálicos em uma série de aplicações em que se deseja retardar o esfriamento, como por exemplo, o papel alumínio utilizado na cozinha, com a função de reduzir a emissão de calor dos alimentos.

A importância do coating — Os vidros comuns, sem revestimento de controle solar (coating) possuem emissividade de 0,84. No caso dos vidros de controle solar, como o coating é composto por metais e óxidos metálicos, a emissividade pode ser menor, reduzindo a emissão de calor pela face revestida.

Consequentemente, o calor tende a ser emitido para o lado oposto.

Certas especificações de coating podem chegar a emissividades inferiores a 0,20 e por isso são classificados como vidros low-e (de low emissivity ou baixa emissividade).

A obtenção dessa característica é determinada pela composição dos metais utilizados no coating, principalmente, com adição de prata.


Esses produtos são muito comuns em climas extremos, sejam muito frios, ou muito quentes. Nos Estados Unidos e na Europa é normal o uso de vidros insulados para maior isolamento térmico dos fechamentos envidraçados. Nesses casos, ao se adotar um vidro low-e na composição insulada com o revestimento de baixa emissividade no vidro interno, na face voltada para a câmara de ar, há uma diminuição na emissão de calor de dentro da edificação (aquecida) para o ambiente externo (mais frio). O resultado é o maior isolamento térmico da composição de vidro.

Em climas quentes, deve-se “inverter” esta configuração, usando o vidro low-e na peça externa, voltando-se a face revestida para a câmara de ar, diminuindo a emissão de calor para dentro da edificação, que certamente está resfriada pelo ar-condicionado.

Essa barreira de calor proporcionada pela superfície low-e é eficaz apenas quando a face revestida está exposta à câmara de ar.

No caso de vidros laminados com o coating posicionado contra o PVB, o efeito low-e como retardante à emissão de calor é perdido e o vidro comporta-se como uma peça

convencional, com emissividade de 0,84. Nesses casos, a opção por vidros low-e ocorre devido as suas propriedades ópticas, pois em geral resultam em maior seletividade da radiação solar, ou seja, são vidros que resultam em maior transmissão de luz e menor ganho de calor.



Siga [@contramarco](#) nas redes sociais

FERNANDO SIMON WESTPHAL