

ANESTRADA

Nov/Dez 2003

35

Berliner Bogen
BRT Architekten, Alemanha

Sede da Vivo
Edo Rocha, São Paulo

Edifício One Hundred
Botti Rubin Arquitetos, São Paulo

Shopping Iguatemi
Gerardo Jereissati, Fortaleza

Edifícios estruturados em aço

Vidros que mudam de cor

Entrevista: Yopanan, Conrado Pereira Rebello

SAP
10/11/03

SUMÁRIO

Diretores
Arlindo Mungoli,
Luís Carlos Onaga

Editor
Arlindo Mungoli

Editora executiva
Cida Paiva

Editor colaborador
Vicente Wissenbach

Redação
Gilmara Gelinski,
Nádia Fischer, Heloisa Medeiros,
Marcos Luiz Fernandes
(revisor/preparador)

Consultoria técnica
Engenheiro Emílio Siniscalchi

Arte/Produção
Mauro Forte De Lucca
(editoração eletrônica),
Luís Eduardo Mungoli (produção),
Gabriel Veiga Jardim
(assistente de arte)

Colaboram nesta edição
BRT Architekten, Edo Rocha Espaços
Corporativos, Botti Rubin Arquitetos, Ge-
rardo Jereissati, Oglouyan & Associados
Arquitetura, AIC Arquitetura e Gerencia-
mento, Studio Brasil Arquitetura e De-
sign, Maristela Bauermann, Antônio M.
Claret, Ernani C. Araújo, Rosana Caram,
Eduvaldo Sichieri e Agnieszka Pawlicka

Publicidade
Eros Lelot Filho

**Redação, publicidade,
administração**
Rua General Jardim, 703
5º andar, conj. 51 - 01223-011,
São Paulo, SP, (11) 3123-3200

Fotolitos
First Fotolitos

Impressão
Editora Referência

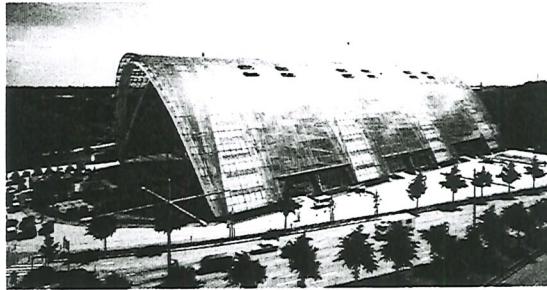
Finestra Brasil é uma publicação
da Arco Editorial Ltda., registrada de
acordo com a Lei de Imprensa.
Marca registrada.

Diretor responsável:
Arlindo Mungoli

ENTREVISTA 45

Projetista de estruturas, o engenheiro civil Yopanan Conrado Pereira Rebello fala sobre as interfaces da estrutura metálica com outros sistemas e defende que arquitetos e engenheiros entendam a linguagem física das estruturas

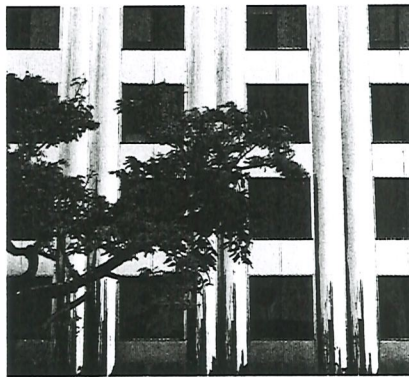
INTERNACIONAL Proteção climática e acústica 51



Implantado sobre a extremidade de um canal de contenção de enchentes, em Hamburgo, Alemanha, o Berliner Bogen tem fachada dupla que cria um sistema de energia regenerativa. Projeto BRT Architekten

/ ARQUITETURA E TECNOLOGIA

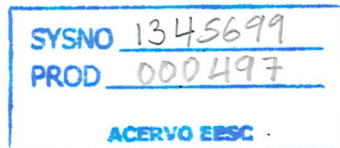
Fragmentos de imagens e cores 56



Revestida com painéis planos e curvos de aço inoxidável, a fachada da sede da Vivo, em São Paulo, reflete uma sucessão de imagens e cores. Projeto de Edo Rocha Espaços Corporativos

Novo desenho cria visibilidade 64

Deslocadas para a área externa do corpo do edifício, as colunas estruturais assumem função estética no edifício One Hundred, em São Paulo. Projeto de Botti Rubin Arquitetos



Colunas estruturais
Sua função estética

Fachada com sistema modular 72

A construção com o sistema modular resultou em bons níveis de vedação e de comportamento estrutural no edifício Maria Cecília Lara Campos, em São Paulo. Projeto de AIC Arquitetura e Gerenciamento

Proposta para edifício escolar 76

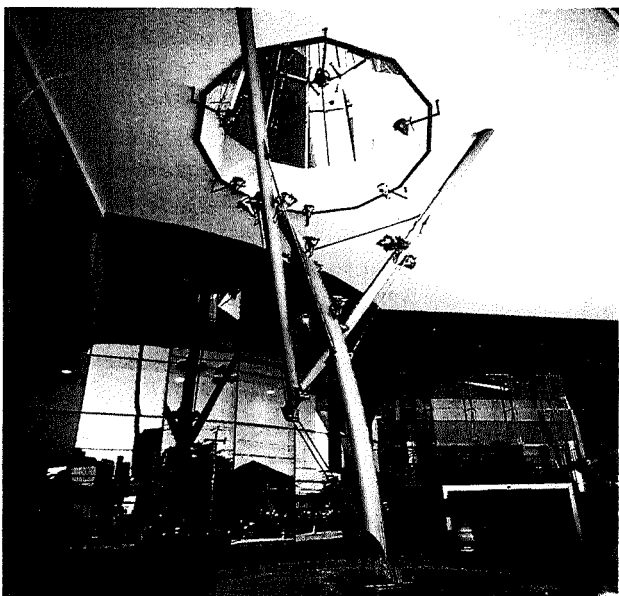
Vidros refletivos, painéis de alumínio composto e revestimento cerâmico foram os materiais escolhidos para o envoltório dos edifícios do Centro Universitário Assunção. Projeto de Studio Brasil Arquitetura e Design

O vidro como elemento espacial 80

A fachada de vidro lateral amplia o espaço visual da sede da Alpha Telecom, em São Paulo, evitando seu confinamento em um terreno estreito. Projeto de Oglouyan & Associados Arquitetura

Estrutura como peça escultórica 84

O shopping Iguatemi Fortaleza ganha uma fachada de vidro, protegida por marquise em que se destaca uma peça estrutural com geometria espacial de dez metros de altura. Projeto de Gerardo Jereissati



A arquitetura e a concepção estrutural de uma edificação estão intimamente ligadas, e a integração entre uma e outra deve ocorrer tanto nos casos da estrutura metálica como de concreto. Essa proposta é defendida pelo engenheiro civil Yopanan Conrado Pereira Rebello, projetista de estruturas entrevistado nesta edição. E pode ser observada em alguns projetos que publicamos. Muitas vezes, a estrutura deixa de ser o esqueleto da edificação para, exposta, compor sua estética, caso do edifício One Hundred, que, por recurso arquitetônico, exhibe suas quatro colunas unidas às vigas de cada andar por elementos de concreto. Todo o conjunto, formando uma estrutura única, devidamente revestido com painéis de alumínio composto.

Em outras obras, a estrutura transforma-se em peça escultórica, trabalhada em detalhes, como mostra a ampliação do shopping Iguatemi Fortaleza, que ganhou uma fachada de vidro protegida por marquise apoiada em peça estrutural com geometria espacial, fabricada com perfis tubulares de aço. Com o avanço tecnológico da construção, também surgem exemplos, como a sede da Vivo, em São Paulo, em que a arquitetura foi desenvolvida tendo como ponto de partida o sistema construtivo proposto - que, se por um lado impôs limitações, por outro incentivou a realização de uma obra única, com fachadas revestidas por aço inoxidável. Esses exemplos são indicativos de que cada vez mais arquitetos e engenheiros devem conhecer a linguagem dos sistemas, não apenas estruturais, como de todo o processo construtivo, entre eles os sofisticados sistemas de fachadas.

/ TECNOLOGIA

Vidros que mudam de cor 92

Como funcionam as janelas eletrocromáticas, em artigo de Rosana Caram e Eduvaldo Sichieri, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos, e Agnieszka Pawlicka, do Instituto de Química de São Carlos

Edifícios estruturados em aço 94

Os cuidados nas fases de planejamento, desenvolvimento de projetos e representação gráfica de edifícios com estrutura de aço, em artigo de Maristela Bauermann, Antônio M. Claret e Ernani C. Araújo, da Universidade Federal de Ouro Preto

SEÇÕES

Fax Finestra	14	Debate	98
Destaques	18	Produtos e Sistemas	102

VIDROS QUE MUDAM DE COR

Estudos sobre o desempenho de vidros eletrocromicos estão sendo realizados em parceria entre escolas da Universidade de São Paulo (USP). Veja o que são e como funcionam as janelas eletrocromicas, em artigo dos professores Rosana Caram e Eduvaldo Sichieri, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos, e Agnieszka Pawlicka, do Instituto de Química de São Carlos.

O uso indiscriminado de grandes áreas transparentes em fachadas, sem elementos de proteção solar, tem sido questionado, principalmente devido aos problemas gerados pelo excessivo ganho de calor que ocorre através dessas superfícies. Algumas variáveis de projeto, tais como a orientação geográfica e as características óticas dos materiais especificados (vidros e policarbonatos), podem implicar significativo acúmulo de densidade de energia no interior das edificações, traduzindo-se em desconforto térmico e mesmo visual para os usuários. Obviamente, com decorrências diretamente relacionadas ao consumo energético necessário para o condicionamento ambiental das mesmas.

O envelope de uma edificação pode ser interpretado como uma barreira entre as condições externas e as internas, sobre as quais não se tem controle imediato. Uma das funções do bom projeto arquitetônico é promover o controle das condições ambientais internas, funcionando o envoltório da edificação como filtro que exclua as ocorrências indesejáveis do ambiente externo e aproveite as benéficas. A radiação solar é uma delas: pode vir a ser muito benéfica, quando bem aproveitada, como também pode ser especialmente indesejável em determinadas condições.

Do ponto de vista do conforto ambiental, a radiação solar relaciona-se diretamente ao conforto térmico e visual nas edificações, sendo a janela, com suas superfícies transparentes, a parte do envelope que pode permitir facilmente seu ingresso no ambiente interno.

Atento a essa questão, o mercado tem proposto soluções técnicas alternativas, tais como os vidros coloridos, os termorrefletores, os filmes de controle solar, as micropersianas, as janelas de caixilhos duplos e triplos, vidros dicróicos e, mais

recentemente, os vidros eletrocromicos. As opções hoje disponíveis para fechamentos transparentes apresentam características fixas quanto à transmissão para a radiação solar, pois são dependentes de seu processo de fabricação e de sua coloração. Portanto, o usuário não pode interferir na transparência de sua fachada.

Janelas inteligentes, desenvolvidas a partir de vidros eletrocromicos, proporcionam aos usuários a possibilidade de interferência, uma vez que o vidro eletrocromico apresenta características distintas de transmissão à radiação solar, quando polarizado ou des-polarizado. Dessa maneira, pode-se minimizar o consumo de energia de uma edificação, com a racionalização do uso de sistemas de ar condicionado e de iluminação artificial, considerando que, ao longo do dia, o usuário vai definir quando permitirá ou não a passagem da radiação solar.

Janelas eletrocromicas

Mas o que são e como funcionam as janelas eletrocromicas? O termo "eletrocromico" provém da junção de duas palavras, "eletro" (eletricidade) e "cromico" (relativo à cor). Portanto, os dispositivos eletrocromicos representam a aplicação prática do fenômeno

de eletrocromismo, que, por definição, implica uma mudança reversível de coloração, ocasionada pela aplicação de uma diferença de potencial ou corrente elétrica.

Os dispositivos eletrocromicos apresentam a estrutura de sanduíche, composta por filmes finos (por exemplo: WO_3 e CeO_2-TiO_2) que mudam sua coloração conforme a aplicação de potencial elétrico nos seus condutores eletrônicos. São formados por cinco filmes finos prensados entre dois substratos de vidro (figura 1). O dispositivo é constituído de dois condutores iônicos, usualmente feitos de óxido de estanho dopado com indium ITO; um filme fino eletrocromico; eletrólito (condutor iônico); e um reservatório de íons de lítio ou hidrogênio. O fenômeno de mudança de coloração está ligado à inserção de íons de lítio (Li^+) ou hidrogênio (H^+) que vêm da camada de eletrólito para a camada de filme eletrocromico, geralmente formado por óxidos de tungstênio, nióbio ou vanádio. No caso, por exemplo, de óxidos de tungstênio e nióbio ocorre brusca mudança de coloração, passando de quase transparentes (transmissão de 80%) para azul-escuro (transmissão de 10%) .

Devido à aplicação de potencial ou corrente elétrica, os dispositivos eletrocromicos mudam a sua coloração, pois quando estão desativados encontram-se no estado incolor, e quando ativados passam a apresentar determinada coloração. As colorações obtidas com os vidros eletrocromicos, quando ativados, são

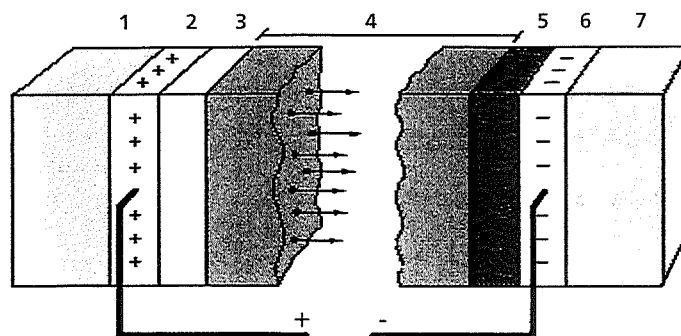


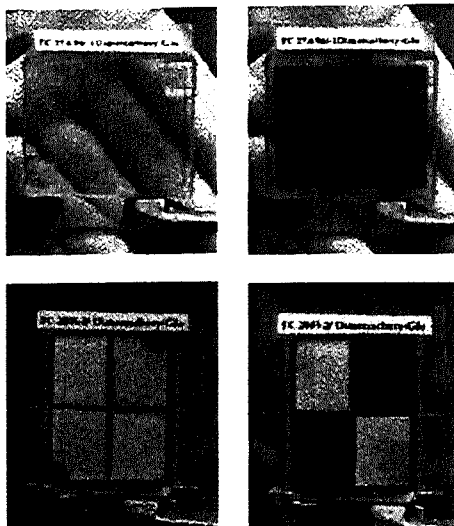
Figura 1 - Esquema de janela eletrocromica

1. e 7. Vidro / 2. e 6. Condutor transparente / 3. Reservatório de íons / 4. Eletrólito / 5. Filme eletrocromico

azul, verde, amarelo, vermelho e cinza. Não estão apresentados na tabela todos os materiais possíveis de ser utilizados, mas são essas as cores obtidas (ver tabela).

A construção/montagem de uma janela eletrocromica pode privilegiar um tamanho maior ou ocorrer em pequenas partes compostas, que podem operar de modo independente, constituindo dessa maneira um display. Atualmente, já é possível construir uma janela eletrocromica (no tamanho maior) de até um metro quadrado.

Essas mudanças de coloração, através da polarização e dependendo do filme eletro-



Fotos de janelas eletrocromicas, inteiras (acima) e em display (abaixo)

WO_3	azul	TiO_2	cinza
Nb_2O_5	azul	$TiO_2-Al_2O_3$	azul
V_2O_5	Verde, amarelo, vermelho	$TiO_2-Cr_2O_3$	azul

Materiais eletrocromicos e as colorações obtidas a partir de seu uso

crômico utilizado, filtrarão de maneira seletiva a radiação solar, podendo atenuar o ingresso de raios infravermelhos na edificação. Estes representam cerca de 52% do total da radiação solar, cuja entrada no interior da edificação é altamente indesejável no verão e, por vezes, desejável no inverno. Se for necessário ou adequado o ingresso da radiação infravermelha no inverno, a janela deve permanecer no estado despolarizado e, portanto, incolor e transparente. Caso a situação exija a atenuação da passagem de calor (infravermelho), o dispositivo eletrocromico deverá ser ativado. Esse controle deve ser acionado pelo usuário ou, preferencialmente, por sistemas automatizados incorporados ao edificio, implicando grande economia no consumo de energia.

Como já mencionado anteriormente, a questão de redução de consumo de energia preocupa os governos, não somente no Brasil, mas também em outros países. O Departamento de Energia, da Universidade de Berkeley, tem conduzido estudos em grande escala que comparam a performance de sistemas de janelas eletrocromicas com os de janelas estáticas, considerando também o sistema de iluminação. O uso diário de energia para iluminação foi de 6% a 24% menor para as janelas eletrocromicas. As ja-

nelas apresentavam índice de transmissão de 11%.

Os dispositivos eletrocromicos, na forma de janelas eletrocromicas inteligentes, consistem

numa nova e moderna opção para arquitetura. A modernidade desses sistemas se deve a sua possibilidade de conexão aos sistemas de controle dos edificios, permitindo a in-

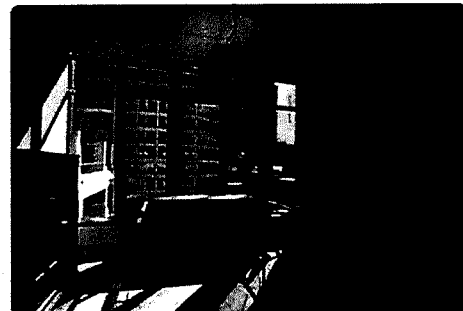


Vista do interior do apartamento testado durante um dia nublado. As janelas eletrocromicas estão no seu estado transparente sob condições de luz difusa (à esquerda). Com a entrada do sol, as janelas são automaticamente ativadas e ficam coloridas (à direita)

teratividade por meio do usuário ou por parâmetros ambientais relacionados ao interior da edificação, predefinidos, como níveis de iluminação e temperatura interna. Ou seja, pode-se preestabelecer que, ao se atingir determinada temperatura ou nível de iluminação, o dispositivo eletrocromico seja automaticamente ativado, permitindo, com isso, a racionalidade e a possibilidade de redução no consumo de energia.

Vale lembrar que os vidros eletrocromicos possuem memória. Isso significa que com a aplicação de um a cinco volts obtém-se a mudança de coloração; para descolorir o vidro basta inverter a polaridade dos eletrodos. O tempo de memória implica o período em que o vidro eletrocromico permanece colorido depois de cessada a aplicação de voltagem. Pode ser muito longo, atingindo de 12 a 24 horas, o que é conveniente para as fachadas, pois o sistema pode permanecer ativado durante o período do dia que se fizer necessário.

Estudos sobre o desempenho de vidros eletrocromicos têm sido realizados pelo Instituto de Química da USP (IQSC), em parceria com o Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Eesc/USP, em São Carlos.



Referências bibliográficas

- Caram, R. M.; Labaki, L. C.; Sichiery, E. P. "Analysis of spectral transmission of solar radiation by window glasses". Em *The 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate - Anais*, Nagóia, Japão, 1996, p. 731-737.
- Labaki, L. C.; Caram, R. M.; Sichiery, E. P. "Spectral transmission of solar radiation by transparent materials in building façades". Em *Proceedings of Indoor Air Quality'99*, Edimburgo, Escócia, 1999.
- Caram, R. M.; Labaki, L. C.; Sichiery, E. P. "Películas de controle solar e o conforto ambiental". Em *Finestra Brasil*, ano 6, nº 21, abril/junho de 2000, São Paulo, p. 114-116.
- Caram, R. M.; Pizzutti, J. C.; Sichiery, E. P.; Labaki, L. "Transparent materials in civil construction: study of solar radiation transmission at different angles of incidence". Em *18th Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA*, Florianópolis, novembro de 2001.
- Pizzutti, J. C.; Caram, R. M.; Sichiery, E. P.; Labaki, L. "Considerations about the use of solar heat gain factor and shading coefficient for different types of glass windows". Em *18th Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA*, Florianópolis, novembro de 2001.
- Sichiery, E. P.; Caram, R. M.; Pawlicka, A.; Avellaneda, C. "Vidros eletrocromicos na arquitetura: nova opção para controle da radiação através de fachadas". *14º CBECIMAT*, São Pedro, novembro de 2000.
- Pawlicka, A.; Dragunski, D. C.; Guimaraes, K. V.; Avellaneda, C. A. O. "Electrochromic devices with solid electrolytes based on natural polymers". *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2003.
- Melo, L. O.; Avellaneda, C. A. O.; Assis, R. M. C.; Sichiery, E. P.; Pawlicka, A. "Electrochromic properties of sol-gel coating of Nb_2O_5 and $Nb_2O_5:Li^+$ ". *Materials Research* 5, 43-46, 2002.
- buildings.lbl.gov/hpbcbs/Element_3/02_E3_P2_2_2.html