



III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

INDICATIVOS PARA EMPREGO APROPRIADO DE VIDROS PLANOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, SEGUNDO CRITÉRIOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS

Rosana M. CARAM (1); Eduvaldo P. SICHIERI (1) e Lucila C. LABAKI (2)

(1) - Depto de Arquitetura e Planejamento - EESC - USP

C. Postal 359 - 13560-250- S. Carlos. SP

(2) - Depto de Hidráulica e Saneamento - Fac. Eng. Civil - UNICAMP

C. Postal 6021- 13083-970 - Campinas. SP

RESUMO

A partir das características espectrofotométricas de vidros planos empregados na construção civil, são fornecidos alguns subsídios e parâmetros técnicos relacionados ao desempenho de vidros utilizados nas edificações quando da incidência da radiação solar. A identificação destas incidências transmitidas através dos vidros, nas regiões do ultravioleta, visível e infravermelho, implicam em efeitos visuais e não visuais, oportunamente evidenciados e relacionados à presença e utilização de vidros no ambiente construído

ABSTRACT

By spectrophotometrics data from float type glasses widely employed in civil construction, some useful and technical parameters related to solar radiation performance of these materials are presented. The identification of the transmitted incidence radiation through these glasses into ultraviolet, visible and infrared regions, directly imply on visible and non-visible effects, which are discusses and related to the proper choice of the glass as constructive materials.

PALAVRAS-CHAVES

Vidro; espectro solar; transmissão energética; ambiente construído.

INTRODUÇÃO

A incidência da radiação solar na superfície terrestre não produz apenas efeitos visuais. Causa também efeitos biológicos e físicos distintos. Para uma avaliação mais adequada desses efeitos, tornou-se conveniente dividir a radiação em três regiões, denominadas ultravioleta, visível e infravermelho. Cada uma destas regiões resulta numa considerável interferência no que diz respeito propriamente à construção civil, tanto relativamente ao usuário, quanto à edificação em si.

O vidro como elemento construtivo estabelece uma inter-relação, em maior ou menor proporção, entre o interior de um ambiente, seu entorno e a energia radiante incidente, aspectos estes que não devem ser esquecidos pelos projetistas e profissionais da área.

De um modo geral, o vidro atua de forma seletiva, uma vez que permite que parte dessas radiações incidentes sobre ele, sejam transmitidas diretamente ao interior das edificações.

O objetivo deste trabalho é estabelecer a partir da identificação das radiações transmitidas através de alguns dos vidros planos* empregados na construção civil, uma relação entre as características espectrofotométricas e o emprego mais adequado do vidro dentro de critérios técnicos específicos. Sua ênfase pauta-se na energia transmitida diretamente através do vidro e seus efeitos, não abordando portanto a energia absorvida pelo vidro e reirradiada para o interior na forma de ondas longas.

EFEITOS DA RADIAÇÃO SOLAR

Os efeitos da radiação solar sobre os seres vivos e sobre a matéria incluem uma ampla gama de fenômenos tais como desbotamento ou descoloração da matéria; produção de vitamina D através da pele; formação de eritemas; bronzeamento; queimaduras etc. Tais efeitos devem-se principalmente à radiação ultravioleta. À região do visível associa-se a intensidade de luz branca transmitida, influenciando diretamente no grau de iluminação de um ambiente. Quanto ao infravermelho, interfere diretamente nas condições internas de conforto ambiental, através do ganho de calor. Tais características repercutem de modo considerável na construção civil, dada a crescente utilização de vidros como material construtivo neste setor.

A energia solar que chega à superfície terrestre, varia aproximadamente de 300 nm a 2500 nm. Coincidentemente, a maioria dos vidros empregados na construção civil são praticamente transparentes à essa mesma região do espectro solar, como é possível observar pelos espectros apresentados na Figura 1. De 1 a 5% dessa energia concentra-se na região do ultravioleta, de 41 a 45% na região do visível, e de 52 a 60% na região do infravermelho. Toda essas formas de energia, uma vez absorvidas transformam-se em calor. Variáveis como altitude, latitude, estações do ano, poluição etc podem alterar esse percentual.

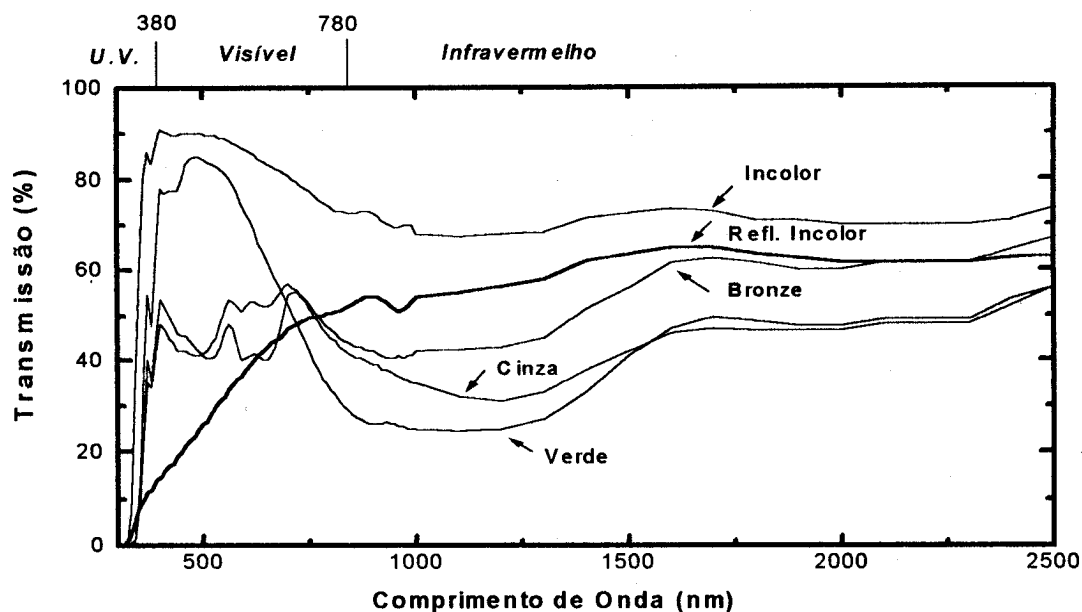


Figura 1 - Transmissão da radiação solar nas regiões do ultravioleta, visível e infravermelho, para os vidros incolor, verde, bronze, cinza e refletivo incolor.

A presença do ultravioleta, embora em pouca proporção não pode ser desprezada, pois é altamente energética. Também o infravermelho, conhecido como infravermelho próximo, traduz-se num dado importante em termos de conforto térmico, pois é a energia radiante em forma de calor, sendo

* A caracterização espectrofotométrica desses vidros tem sido objeto de pesquisa dos autores [1,2], sendo as ponderações aqui apresentadas complementares aos ensaios experimentais ora apresentados [3].

transmitida diretamente através dos vidros. Atente para o fato de que o infravermelho-próximo representa uma fração bastante grande do espectro, sendo representado por pelo menos metade da energia incidente. É bastante comum a associação indevida de que o vidro não seria transparente ao infravermelho. Considerando os tipos de vidros estudados, sejam eles coloridos ou incolores, isso é verdade somente para o infravermelho longo, cujos comprimentos de ondas sejam superiores a 5000nm [4,5]. Portanto, também é importante considerar as transmissões através dos vidros para as regiões do ultravioleta e infravermelho, além da região do visível, normalmente mais destacada.

IMPLICAÇÕES QUANTO AO USO DO VIDRO

Alguns efeitos visuais e não visuais da energia radiante são evidenciados e relacionados com a presença e a utilização de vidros nas edificações.

Por exemplo, as chamadas "casas de vegetação" ou "estufas", normalmente são protegidas por polímeros ou vidros transparentes a fim de se assegurar as condições internas bioclimáticas desejáveis. A presença da luz visível é imprescindível, pois a clorofila realiza a fotossíntese através dessa luz. Por isso são utilizadas normalmente envoltivos transparentes. As consequências dessa transparência em praticamente todo o espectro solar, implica em alguns prejuízos na região do ultravioleta e do infravermelho. A primeira pode causar danos na estrutura protoplasmática dos vegetais, tornando-os quebradiços e desbotados [6]. A segunda pode acentuar um dos grandes problemas relacionados às estufas, que é o superaquecimento que ocorre ao longo do dia, principalmente em países de clima quente. A presença do calor excessivo, em alguns casos, chega a ser mais nociva para a vegetação que a própria radiação ultravioleta. O vidro incolor é o mais transparente à todo espectro, transmitindo assim além da luz visível, a radiação infravermelha próxima como também a ultravioleta acima de 310nm [4]. Abaixo desse comprimento de onda, apresenta opacidade ao ultravioleta que nele incide. Uma solução alternativa como indicativo para uso de vidros em casas de vegetação, recairia sobre um que transmitisse menos radiação ultravioleta e infravermelho, mantendo porém as características transmissivas da região visível. Tais exigências excluem vidros coloridos como bronze e cinza, por serem grandes redutores da luminosidade, mas viabiliza o vidro verde como opção, considerando que seu espectro apresenta considerável redução no ultravioleta, boa transmissão no visível, e acentuada queda na transmissão do infravermelho próximo. O espectro de absorção da clorofila apresenta dois picos na região do visível, em torno de 430nm, na região do azul, e aproximadamente em 660nm. A absorção da luz nestas duas regiões do azul e do vermelho conduzem à cor verde da clorofila [6].

Outro fenômeno amplamente observado, refere-se ao eritema (irritação e vermelhidão da pele) e queimaduras causadas pela exposição à radiação ultravioleta. A eficiência espectral desse processo, concentra-se entre 280 e 320nm, acusando um ápice em 290nm, e decrescendo abruptamente depois disso, conforme os comprimentos de onda aumentam (figura 2). Radiações ultravioletas com comprimentos de ondas inferiores a 290nm praticamente não chegam ao solo, pois são absorvidas quase totalmente pela camada de Ozônio na atmosfera [4,7]. O vidro apresenta opacidade à essa região do espectro entre 290 e 310nm, tanto os incolores quanto os coloridos. Quanto mais espesso o vidro maior será o coeficiente de absorção do ultravioleta, resultando em uma menor transmissão e uma maior proteção.

Outra consequência da exposição ao ultravioleta é a pigmentação da pele, mais conhecida como bronzeamento. Ocorre no intervalo compreendido por comprimentos de ondas de 320 a 400nm [7]. Sendo os vidros de um modo geral transparentes à esses comprimentos de ondas, é possível bronzear-se através deles, mas sem chegar à eritemas e mesmo queimaduras por exposição à radiação solar. Recorrer a um solário envidraçado nesse caso, seria muito adequado.

Por outro lado, a radiação ultravioleta aplica-se na cura e prevenção de doenças como o raquitismo, visto que somente esta região do espectro, entre 280 e 310nm, é a responsável pela síntese de vitamina D através da pele [7]. De nada adiantaria uma pessoa que necessite desta radiação expor-se aos raios solares através de uma vidraça. O vidro absorveria a radiação indicada, devido a presença de óxidos de ferro em sua composição [4]. Para escapar às consequências nocivas da exposição à região do

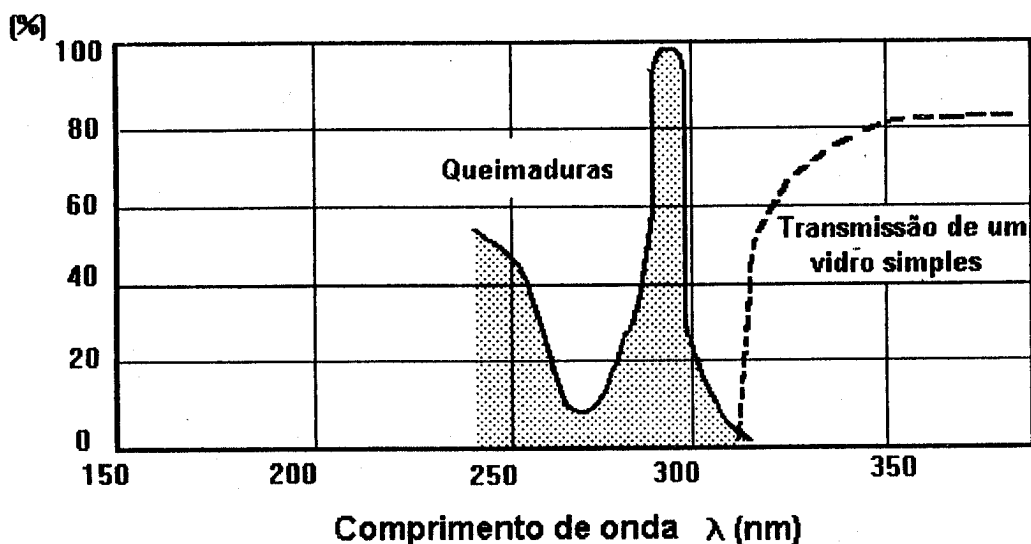


Figura 2 - A área hachurada mostra a região da radiação ultravioleta que provoca eritemas e queimaduras.

ultravioleta, como queimaduras, eritemas etc, as primeiras horas da manhã são indicadas.

Museus ou ateliês de pinturas devem ser protegidos da ação agressiva do ultravioleta, que pode causar descoloração ou desbotamento de telas, pinturas e outras obras de artes, através da deterioração química da matéria. Residências, escritórios, bibliotecas etc, podem sofrer alterações nas colorações de madeiras, móveis, livros, tapetes, quadros etc, devido a presença da radiação ultravioleta em seus interiores. A região do ultravioleta responsável pelo desbotamento da matéria, situa-se entre 300nm e 400nm. Comprimentos de ondas inferiores a esse limite provocam também um desbotamento muito rápido, além de outras formas de deterioração da matéria [5].

A ação bactericida da luz solar também é função de seu comprimento de onda, pois somente aqueles inferiores a 320nm são eficazes no combate à bactérias, mofo, vírus etc [5,7]. Áreas envidraçadas de residências, escolas, hospitais, bibliotecas, restaurantes e outros devem sempre permitir a abertura de seus vãos, de forma que a radiação direta ou difusa penetre sem sofrer qualquer processo de filtração, propiciando deste modo seu efeito bactericida.

O vidro é plenamente transparente à região visível do espectro, compreendida entre 380 e 780nm, porém, a presença de óxidos de ferro adicionados à sua composição, acarreta em absorção em certos intervalos de comprimentos de ondas, reduzindo assim a quantidade de energia transmitida através do vidro em determinadas regiões do espectro, implicando em curvas de transmissões espectrais típicas como as apresentadas na Figura 1.

Vidros coloridos, igualmente modificam a distribuição espectral da luz, não sendo indicados portanto, em lugares onde haja necessidade de uma reprodução precisa de cores, como as requeridas em museus, ateliês, salas de exposições de artes e pinturas etc. O uso de iluminação artificial, com características espectrais complementares, também pode ser empregada como fonte alternativa.

A intensidade de radiação do infravermelho próximo é bastante significativa até cerca de 1500nm, para valores superiores a este, a curva de transmissão para essa radiação decresce, fazendo com que pouca desta energia atinja a superfície terrestre. Vapores de água presentes na atmosfera atuam na absorção dessa radiação [5].

CONCLUSÕES

Tipos de vidros bem como suas cores dependem das exigências do projeto, pois não há normas que os especifiquem, ficando então sujeitos à orientação dos fabricantes. É muito importante que estes forneçam dados completos acerca das características espectrofotométricas dos vidros para as três regiões do espectro distintamente.

O resultado da confrontação desses dados, através de tabelas e gráficos [3], permite a identificação do desempenho individual de cada vidro em relação às radiações incidentes. Alguns resultados estão sumarizados na tabela seguinte.

| Efeitos | Região de Concentração da Efetividade (nm) | Indicativos |
|--|--|---|
| 1. Eritemas, queimaduras | 280 a 320 | Qualquer vidro com espessura mínima de 4mm |
| 2. Bronzeamento | 320 a 400 | Idem |
| 3. Síntese de Vitamina D (antirraquitismo) | 280 a 310 | Incidência direta (ausência de vidros) |
| 4. Descoloração da Matéria | inferior à 400 | Vidro bronze ou laminado com 3 películas de Polivinil Butiral |
| 5. Fotossíntese em Estufas | visível, com picos em 430 e 660 | Incolor e verde |
| 6. Luminosidade | visível, de 380 a 780 | De preferência vidros incolores, verdes e azuis* |
| 7. Calor | infravermelho próximo, de 780 a 2500 | Vidros verdes e azuis (monolíticos) |

*O vidro monolítico azul não é fabricado no país.

A utilização de vidros com espessuras iguais ou superiores à 4mm, é necessária para evitar-se queimaduras ou eritemas ao expôr-se à radiação solar através de uma vidraça, por exemplo. Vidros com estas espessuras não são transparentes ao ultravioleta B (comprimentos de ondas inferiores à 320nm), nocivo à pele.

A pigmentação da pele ocorre devido à incidência de comprimentos de ondas situados entre 320 e 400nm. Vidros com espessuras iguais ou superiores à 4mm são indicados, pois permitem que essa região do espectro os atravessem, mas impedem a transmissão do ultravioleta B. Uma vidraça permitiria então o bronzeamento, mas não provocaria queimaduras na pele.

Para a síntese de vitamina D através da pele, utilizada no tratamento e cura do raquitismo, a exposição à radiação solar deve ocorrer de forma direta, sem a intervenção de vidraças, pois o vidro absorveria o intervalo do espectro eficaz na produção dessa vitamina.

Nenhum dos vidros analisados e comercialmente disponíveis no mercado, absorvem totalmente a radiação ultravioleta responsável pela descoloração de móveis, roupas em vitrines etc. O vidro bronze e o laminado apresentam boa redução dentro deste intervalo. Vidros verdes e azuis apresentam as menores transparências ao infravermelho próximo, sendo que o de coloração azul praticamente reduz a zero as transmissões entre 900 e 1400nm [8].

O vidro verde e o incolor são os mais transparentes à região do visível, intervalo do espectro com características necessárias às casas de vegetações.

A iluminação depende do dimensionamento dos vaos das aberturas bem como de suas orientações geográficas. Em princípio, todos os tipos e cores de vidros podem se utilizados, lembrando sempre que vidros de colorações mais escuras podem prejudicar os níveis de iluminação adequados aos ambientes em questão. Atente para o fato de que o vidro incolor refletivo possui o menor índice de transparência à luz visível [3].

Os efeitos visuais e não visuais da radiação solar destacados e relacionados à presença do vidro dentro do ambiente construído, representam parte de um universo a ser exaurido.

AGRADECIMENTOS

Aos órgãos financiadores (CNPq, CAPES e FAPESP) e aos Drs. M. Siu Li e L de Oliveira do Depto de Física da USP/São Carlos, pelo auxílio nas medidas e pelo uso do espectrofotômetro.

REFERÊNCIAS

1. CARAM, R.M. e LABAKI, L.C. - *III Encontro Nacional do Ambiente Construído (III ENTAC)*, São Paulo, SP., (nov. 1993), vol. 2, anais;
2. CARAM, R.M.; SICHIERI, E.P. e LABAKI, L.C. - *XI Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência Materiais (XI CBECIMAT)*, Águas de S. Pedro, SP (Nov. 1994), pg.1473-1476, vol 2, anais;
3. LABAKI, L.C.; CARAM, R.M. e SICHIERI, E.P. - *Os Vidros e o Conforto Ambiental*, neste congresso;
4. BAMFORD, C.R. - *Colour Generation and Control in Glass*. Elsevier Scien. Publis. Co. N.York, 1977;
5. *Nonvisual Effects of Radiant Energy*. in *IES Lighting Handbook* - Section 19, Application Volume, pg. 19.1, 1987;
6. NOBEL, P.S. - *Plant Cell Physiology*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, USA, 1970;
7. KOLLER, L.R. - *Ultraviolet Radiation*. John Wiley & Sons, Inc.; London, 1952;
8. ZANOTTO, E.D. - (comunicação pessoal).