

# A INFLUÊNCIA DAS CORES NO CONFORTO TÉRMICO-LUMÍNICO E NA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES

Clarissa Rosado, acadêmica de Arquitetura e Urbanismo

Prof. Dr. Jorge Luiz Pizzutti, professor titular do curso de Engenharia Civil, responsável pelo Laboratório de Termo Acústica da UFSM.

Laboratório de Termo Acústica, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Avenida Roraima, CEP: 97105-340. Tel. (055)220-8461

## RESUMO

Este trabalho resultou dos estudos efetuados durante o desenvolvimento do projeto de pesquisa - O uso das cores visando o conforto térmico-lumínico e a redução do consumo de energia nas edificações, CNPq/PIBIC 96 -cujos objetivos constituíram se em relacionar a cor utilizada na envolvente da edificação como um dos fatores influentes no seu desempenho térmico, e desta forma conscientizar o meio técnico a cerca das influências cromáticas na carga térmica dos ambientes e seu potencial de contribuir na qualidade ambiental das edificações.

## ABSTRACT

This work is the result of the studies made during the development of the research project - Use of Colors in Search for the Thermo-Light Comfort and Reduction of Energy Consumption in Civil Structures, CNPq/PIBIC 96, whose objectives were made in relation to the colors used to cover structures as one of the influential factors of its thermal behaviour. The research helped to the specialists to become aware of the chromatic influences of the thermal loads of the atmosphere and its potential to contribute to the environmental quality of the structures.

## INTRODUÇÃO

O desempenho térmico da edificação é resultante da interação de um conjunto de fatores que podem ser classificados como externos, internos e intrínsecos à edificação (Alucci, 1981). Dentre os últimos encontra-se a influência da cor utilizada na envolvente da construção, que em conjunto com os demais fatores é capaz de modelar as condições ambientais e influir no consumo energético.

A camada de tinta, aplicada nas superfícies externas da edificação, age como um filtro das radiações solares, determinando conforme seu índice de reflexão, o padrão de comportamento das condições térmicas interiores, ou seja, a cor da parede exterior age sobre a temperatura do ar interior, influenciando diretamente sobre as condições de conforto térmico. Logo, do ponto de vista do projeto arquitetônico, o conhecimento dos fenômenos envolvidos na mediação entre condições exteriores e interiores exercidas na edificação torna-se o ponto de partida para elaboração de projetos eficientes.

Entretanto, devido a falta de conhecimento a respeito destes fatos, este projeto teve por objetivo principal a elaboração de um manual para aplicação de cores em edificações, tomando-se como base para determinação cromática mais adequada, os aspectos físicos, fisiológicos e psico-estéticos das cores. O manual aborda a influência das cores no conforto térmico da construção de acordo com os índices de reflexão/absorção da radiação solar de 165 pigmentos de tinta a disposição no mercado regional. Para tanto estes dados foram devidamente calculados adotando-se uma metodologia específica.

## CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo a Agência para Aplicação de Energia (ABILUX, 1992), o emprego de padrões arquitetônicos adequados, com uma especificação de produtos e materiais energeticamente eficientes e a adequação dos projetos racionais, possibilitarão reduções de até 60% no consumo energético das edificações. Neste quadro, as características da envolvente, incluindo fator de reflexão/absorção da cor empregada, assumem sua parcela de contribuição no desempenho térmico da edificação, dentre as quais, revela-se que a falta de uma distribuição cromática eficiente incorre em maiores gastos com iluminação artificial e condicionamento de ar constantes.

Desta forma, as ações para racionalização do consumo energético também devem atingir o planejamento das cores a serem empregadas na edificação. E para tanto, conhecer não só os índices de absorção/reflexão dos pigmentos, mas também os aspectos fisiológicos, psicológicos e estéticos das cores, irá auxiliar em um planejamento mais eficiente dos ambientes, ou seja, do habitat humano, além de proporcionar o alcance de conforto térmico-lumínico, e redução no consumo energético.

## DESENVOLVIMENTO

O comportamento térmico da construção revela que através da radiação solar a quantidade de calor recebido pela cobertura e as fachadas do edifício, está relacionada com sua altura. Em construções térreas, 70% do calor penetra pela cobertura e 30% pelas fachadas. Em sobrados, a situação equilibra-se 50% da radiação solar pela cobertura e 50% pelas fachadas. Já em edifícios de mais de 7 andares, a situação encontra-se invertida, 70% atinge as fachadas e 30% a cobertura (Mascaró, 1994).

Neste último caso, a função térmica exercida pela cor dos acabamentos, deve ser tratada como uma variável projetiva capaz de influir no desempenho térmico da edificação. Pois, conforme o índice de absorção da radiação solar da cor utilizada na envolvente, esta superfície resultará mais ou menos absorvente. No caso de uma parede opaca exposta à radiação solar e sujeita a uma determinada diferença de temperatura entre os ambientes que separa, os mecanismos de trocas podem ser esquematizados como na figura 1.

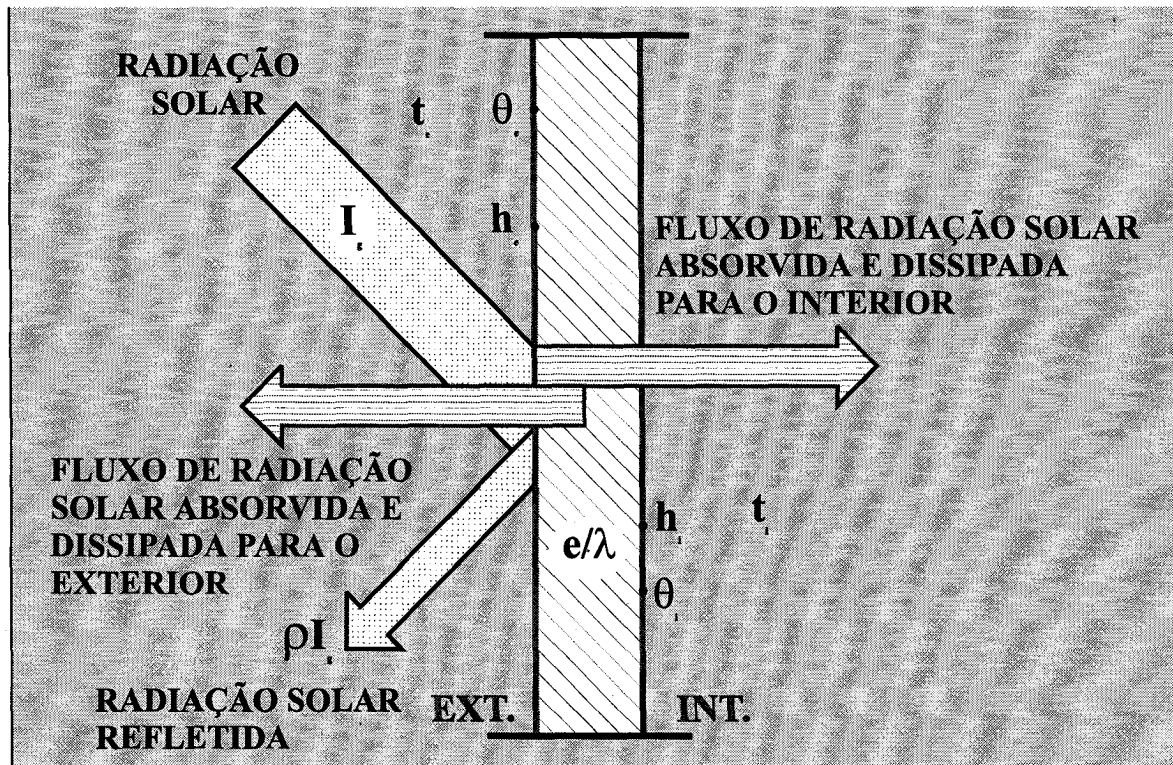


Figura 1 - Fluxo térmico através de paredes opacas (Frota & Schiffer, 1987)

A intensidade do fluxo térmico que atravessa essa parede, por efeito da radiação solar incidente e da diferença de temperatura do ar é dado pela expressão abaixo:

$$q = K(t_e + a \frac{I_g}{h_e} - t_i) \text{ W/m}^2$$

K - coeficiente global de transmissão térmica ( W/m<sup>2</sup> °C)

t<sub>e</sub> - temperatura do ar externo ( °C )

I<sub>g</sub> - intensidade de radiação solar incidente global ( W/m<sup>2</sup> ).

a - coeficiente de absorção da radiação solar das ondas eletromagnéticas

h<sub>e</sub> - " de condutância térmica superficial externa ( W/ m<sup>2</sup> °C )

t<sub>i</sub> - temperatura do ar interno ( ° C )

e - espessura da parede ( m)

lg - coeficiente de condutibilidade térmica do material ( W/m °C)

q<sub>e</sub> - temperatura da superfície externa da envolvente ( °C )

q<sub>i</sub> - temperatura da superfície interna da envolvente ( °C )

Conforme pode-se observar, na equação, o fluxo térmico que atravessa uma parede é diretamente proporcional ao coeficiente de absorção da radiação solar das ondas eletromagnéticas, ou seja, da cor. Logo, quanto maior ou menor, for este coeficiente, maior ou menor será o fluxo térmico que atravessará a envolvente da edificação induzindo um aumento na carga térmica dos ambientes. Desta forma, o conhecimento dos índices de reflexão e coeficientes de absorção específicos dos pigmentos de tinta, tornam-se indispensáveis na determinação da cor nas edificações.

Quanto maior for o seu valor, maior será a intensidade do fluxo térmico que atravessará a parede externa, e conforme as exigências humanas de conforto térmico, determinará ou não a utilização de equipamentos de ar-condicionado. Ciente das influências dos coeficientes de absorção/reflexão no consumo energético, e dos aspectos psicológicos e estéticos das cores, é que se fará um planejamento adequado para pintura externa das edificações.

Nos ambientes internos o planejamento adequado do uso das cores associado a um projeto eficiente de iluminação pode resultar em uma economia de até 30% no consumo de energia elétrica (Lida, 1982). Os índices de reflexão e absorção das cores empregadas nas superfícies (teto, parede, piso) determinam a demanda iluminotécnica, necessária para os ambientes. Se as superfícies do ambiente são de cores claras (alta reflectância) a iluminação natural poderá ser elevada em até 25% (ABILUX, 1992). Entretanto, ambientes com elevados índices de iluminância (ou iluminamento) geralmente acarretam luminâncias elevadas que, em determinadas situações podem provocar desconforto aos usuários (ofuscamento direto ou indireto, reflexo das luminárias em telas de vídeo, etc.) o que deve ser evitado mesmo que signifique menor rendimento global do sistema de iluminação, mas de um modo geral, os fatores de reflexão para ambientes planejados harmoniosamente devem prever 75 à 85% para tetos, 50 à 60% para paredes e 25 à 30% para pisos.

As relações entre as intensidade, dentro desta proporção, com os fatores de reflexão acima mencionados não originarão cansaços físicos, pois estes valores consideram o comportamento do órgão visual e as fadigas decorrentes de densidades mal distribuídas. Uma indicação da importância do fator de utilização de reflexão do forro, paredes e piso de um local é que, aumentando o fator de reflexão desses elementos de 50%, 30% e 20% para 80%, 60% e 40%, se obtém 15% de acréscimo na iluminância; se o fator de reflexão é aumentado de 50%, 10% e 10% para 80%, 60% e 40% a iluminância aumenta cerca de 35%.

O fator de utilização reflete as características do ambiente iluminado, mostrando a íntima relação que existe entre as cores das superfícies interiores (fator de reflexão), forma e tamanho do local a ser iluminado. As características de reflexão das superfícies interiores e móveis do local poderão, quando corretamente escolhidos, evitar o ofuscamento refletido. Cores e texturas são dados importantes dos materiais a serem usados no local, e também encontram-se relacionados com o consumo energético dos ambientes.

### ÍNDICES DE ABSORÇÃO E REFLEXÃO

A obtenção dos coeficientes de absorção da radiação solar e respectivos índices de reflexão da luz de cada pigmento analisado obedeceu a seguinte metodologia:

1. contato com o fabricante de tinta e seleção dos produtos a serem analisados: como objeto de estudo, 165 pigmentos de tinta, sendo todos pertencentes a indústria de tintas Renner S.A.;
2. ajustes necessários a eficácia da metodologia, como calibragem do termômetro superficial e preparo das medições de temperatura e radiação solar;
3. preparação do material de análise, 165 tarjetas sobre base de isolante térmico;
4. levantamento da temperatura superficial das tarjetas coloridas obedecendo as características químicas da tinta, ou seja, dados como linha e textura foram levados em consideração;
5. efetuados os levantamentos de temperatura superficial das 165 tarjetas, foram realizados os cálculos dos coeficientes de absorção da radiação solar dos pigmentos de tinta analisados.
6. confecção das tabelas contendo os índices de reflexão e coeficientes de absorção da radiação solar dos pigmentos analisados, bem como os dados referentes a cada cor, como linha, nome e número comercial, visando a consulta e a utilização prática dos resultados de pesquisa.

O cálculo destes 165 coeficientes, foi realizado utilizando-se a expressão matemática que confere o coeficiente das ondas eletromagnéticas, pois cor é onda eletromagnética. Sua expressão é a seguinte:

$$\alpha = \frac{(t_s - t_{ar}) \cdot \alpha_e}{E}$$

Onde:

$t_{ar}$  - temperatura do ar (°C)

$t_s$  - temperatura superficial (°C)

$\alpha_e$  - coeficiente de convecção para planos horizontais;

E - energia da radiação solar incidente (W/m<sup>2</sup>)

a - coeficiente de absorção da radiação solar das ondas eletromagnéticas;

Os dados de  $t_{ar}$ ,  $t_s$  e E, foram coletados com o uso dos aparelhos:

Indoor Climate Analyze 1213 - B&K;

Termômetro de Sansonite 3532 - B&K.

Os experimentos consistiram basicamente em levantamentos das temperaturas superficiais das 165 tarjetas, e dos valores relativos a radiação solar, no instante do experimento, e temperatura do ar que precederam aos cálculos dos coeficientes de absorção e reflexão das cores analisadas. Também foram cuidadosamente observados os horários de realização das medições, que se realizaram entre às 11:55h e 12:55h, em virtude da necessidade de incidência direta do sol sobre as tarjetas.

Conhecer as propriedades termo-físicas dos materiais empregados na construção torna-se indispensável ao projetista que queira atingir a climatização natural e a eficiência energética em suas edificações. No que diz respeito a materiais de revestimento, a cor da envolvente da edificação assume papel relevante e não deve ser negligenciada sua capacidade de influir no desempenho térmico da construção. Deste modo, com o objetivo de auxiliar na determinação das cores foram confeccionadas tabelas contendo além das características comerciais de cada pigmento, os dados encontrados em pesquisa.

Os pigmentos de tinta analisados, pertencem aos catálogos das Tintas Renner S.A.. Os dados referentes a cada cor, como linha, nome e número comercial, foram anotados objetivando uma consulta precisa, bem como a utilização prática dos resultados que originaram a elaboração do manual de cores. Como demonstração parcial a tabela 1 pode ilustrar os resultados obtidos na pesquisa.

Nome comercial: Rekolor Acrílico

Descrição: É recomendado para pinturas de acabamento semibrilhante, em superfícies de reboco curado, cimento amianto, concreto, tijolos à vista e telhas, principalmente em exteriores.

Textura: Semibrilhante, lisa ou fosca (Rekolor Acrílico Fosco).

Cores: Para as cores de catálogo, os índices de absorção/reflexão estão dispostos no quadro abaixo:

**Tabela 1 - Dados referentes a tinta Rekolor Acrílico**

nome	número	$\alpha$	r %
<i>branco</i>	900	0,300	70,00
<i>branco fosco</i>	901	0,312	68,80
<i>palha</i>	912	0,340	66,00
<i>marfim</i>	965	0,347	65,30
<i>areia</i>	970	0,351	64,90
<i>branco gelo</i>	905	0,360	64,00
<i>rosa</i>	929	0,363	63,70
<i>pêssego</i>	924	0,367	63,30
<i>camurça</i>	915	0,375	62,50
<i>salmão</i>	928	0,400	40,00
<i>damasco</i>	922	0,430	57,00
<i>telha</i>	945	0,533	46,70
<i>vermelho</i>	955	0,680	32,00
<i>concreto</i>	930	0,730	27,00
<i>azul</i>	940	0,740	26,00
<i>verde amaz.</i>	934	0,880	12,00
<i>preto</i>	960	0,962	3,80

## CONCLUSÃO

Como resultado de uma análise da utilização das cores nos ambientes construídos, elaborou-se este trabalho, visando fornecer parâmetros projetuais relacionados com o desempenho térmico das edificações e sua habitabilidade. Do qual pode-se concluir que, a especificação dos materiais de revestimento empregados no projeto arquitetônico, age como um fator intrínseco da edificação, capaz de influir nas condições de conforto ambiental e no consumo energético.

Entretanto, tais critérios não tem sido incorporados ao projeto arquitetônico. Como revela a tendência da arquitetura local, cujos exemplares, necessitam de maior gasto de energia para garantir sua habitabilidade, e mesmo assim o conforto ambiental fica geralmente longe de ser alcançado. Quanto ao emprego de cores, este é feito seguindo apenas os aspectos estéticos. Considerando estes fatos, a elaboração deste trabalho, deu-se no intuito de resgatar, produzir e transmitir informações, sobre cores, capazes de conscientizar o profissional das implicações geradas pelas escolhas cromáticas.

Todas as preocupações e informações aqui lançadas dependendo de características e necessidades específicas, podem não produzir soluções plenamente satisfatórias. Porém, se empregadas, atenuarão os gastos excessivos e, minimizarão a potência e consumo de eventuais equipamentos empregados, refletindo na maximização e racionalização energética, e principalmente, contribuindo na obtenção de conforto e higiene na habitação. Conjuguar cores, conforto e eficiência energética pode parecer um trinômio discutível, mas tanto pelas propriedades físicas e fisiológicas quanto psico-estéticas, o uso "adequado" das cores em interiores e/ou exteriores pode trazer benefícios sem um custo adicional. Basta que, o profissional (arquiteto ou engenheiro) esteja atento a propriedades cromáticas, e seja capaz de tirar partido destas "ferramentas" tão simples.

Portanto, estudos capazes de despertar a redescoberta de elementos tão cotidianos, como as cores e suas influências no bem estar humano, tem utilidade reconhecida, além de colaborar com parâmetros projetuais na elaboração de projetos, nos quais as intensidades cromáticas serão bem distribuídas. Contribuindo, assim, para aumentar o tempo de permanência do homem contemporâneo nos ambientes construídos.

Embora estas informações objetivem a escolha e aplicação de cores de forma adequada. Em alguns casos, não poderão ser seguidas. A “ditadura” da cor adequada, não deve atingir os fatores culturais. Pois, a formação da policromia da cidade depende do grau de influência de diversos fatores no meio urbano. Em cidades novas, onde não existem tradições históricas, os fatores climáticos devem prevalecer e orientar a escolha dos esquemas cromáticos. Mas no caso de cidades históricas, a compreensão da “policromia histórica da arquitetura” e todo o seu legado cultural deverão ser respeitados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABILUX, Agência para aplicação de energia - ELETROBRÁS e PROCEL - “Uso racional de energia elétrica em edificações- Iluminação”. São Paulo, 1992;
- ALUCCI, M. P. Recomendações para adequação de uma edificação ao clima no estado de São Paulo, São Paulo, 1981. 2v (Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP);
- AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA, Boletim informativo: “Uso racional de energia”, a.7 nº 30 mar/abr 1994;
- MASCARÓ, L. e MASCARÓ, J. - “Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios”. Ed. Sagra-NC Luzzatto, 2ª edição, Porto Alegre 1992.;
- FROTA, Anésia B. e SCHIFFER, Sueli R.- “Manual de conforto térmico”- 2ª edição, Studio Nobel;
- GOLDMAN, Simão - “Psicodinâmica das cores”- Ed. La Salle, vol 1,2- 3ª edição;
- LAMBERTS, R. / LOMARDO, L.L.B./ AGUIAR, J.C. e THOMÉ, M.R.V. - “Eficiência energética em edificações: estado de arte”. ELETROBRAS- PROCEL, março 1996;
- LIDA, Itírio - “Ergonomia- projeto e produção”. Ed. Edgard Blücher, 1989.;
- MASCARÓ, L. - “Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo”. São Paulo, projeto de pesquisa - 1985.;