

## MEDIDAS DE REFLETÂNCIA DE CORES DE TINTAS ATRAVÉS DE ANÁLISE ESPECTRAL

**Adriana Petito de Almeida Silva Castro (1); Lucila Chebel Labaki (1)  
Rosana Caram de Assis (2); Admir Basso (2)**

- (1) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Caixa Postal 6021  
CEP 13083-970, Campinas, São Paulo, Brasil, FAX +55 (19) 3788-2422  
e-mail: [dripasc@aol.com](mailto:dripasc@aol.com), [lucila@fec.unicamp.br](mailto:lucila@fec.unicamp.br)
- (2) Depto. de Arquitetura e Urbanismo USP São Carlos, SP  
e-mail: [rcaram@sc.usp.br](mailto:rcaram@sc.usp.br), [admbasso@sc.usp.br](mailto:admbasso@sc.usp.br)

### RESUMO

A influência da cor externa no desempenho térmico de edificações tem sido objeto de poucos estudos, no Brasil. São conhecidos os efeitos de ganho de calor solar, em função da refletância das superfícies externas da edificação, porém dispõe-se de pouca informação sobre esse coeficiente. O presente trabalho pretende contribuir para preencher essa lacuna. Dezesesseis amostras de tintas de diferentes cores são analisadas em função de sua refletância à radiação solar. A técnica utilizada é a análise espectrofotométrica, método que fornece não apenas a refletância total, como também as porcentagens de reflexão ao longo do espectro, permitindo escolher a região de interesse. Como a reflexão desse tipo de amostra não é especular, é utilizado um acessório chamado “esfera integradora”, que detecta a distribuição difusa da luz.

### ABSTRACT

The influence of the external color in the thermal performance of buildings has been object of few studies, in Brazil. The effects of solar heat gain are well known, in function of the reflectance of the external surfaces of the construction, however there is little information available about those coefficients. This work aims at contributing to gap this omission. Sixteen samples of paints of different colors are analyzed in function of their reflectance to solar radiation. The technique used is the spectrophotometer analysis. Such a method provides not only the total reflectance, but also the percentage of reflection along the spectrum, allowing us to choose the region of interest. Since the samples do not present specular reflection, an accessory named “integrating sphere” is used. It detects the diffuse distribution of the light.

### 1. INTRODUÇÃO

O estudo do desempenho térmico de edificações tem se desenvolvido com bastante intensidade no Brasil nos últimos anos. Um dos problemas enfrentados por pesquisadores e profissionais da área em nosso país é a necessidade de um conhecimento maior das propriedades térmicas dos materiais e componentes construtivos. Dados retirados de publicações estrangeiras são muito utilizados, podendo referir-se a materiais que não sejam exatamente os utilizados nas construções brasileiras.

Os elementos da edificação, quando expostos à radiação solar, direta ou difusa, podem ser classificados em opacos e/ou transparentes ou translúcidos. Os materiais transparentes são aqueles que permitem a transmissão direta de boa parte da radiação solar, enquanto os materiais opacos são aqueles que somente refletem e absorvem essa radiação, sendo essa propriedade diretamente relacionada com a cor e a textura de revestimento externo.

Nosso interesse de trabalho é investigar a relação entre a cor das paredes externas de uma edificação e o seu comportamento em relação à radiação solar, isto é, o ganho de calor solar pelas superfícies opacas devido à absorção desta radiação, e a conseqüente transmissão de calor para o interior.

As trocas de calor em uma parede opaca podem ocorrer por diferença de temperatura ou por radiação solar incidente. A taxa de transmissão de calor de um ambiente a temperatura  $t_e$  para outro ambiente a temperatura  $t_i$ , através de dado componente, em condições estacionárias (supondo-se temperaturas interna e externa constantes), por unidade de área, isto é, a densidade do fluxo de calor, é dada por:

$$q = U (t_e - t_i) \quad [\text{Eq. 01}]$$

O coeficiente  $U$  da expressão acima combina vários processos de transferência de calor, e é geralmente chamado de coeficiente global de transmissão térmica. Sua função é quantificar a propriedade do material transmitir um fluxo de calor induzido por uma diferença de temperatura entre dois ambientes.

Já as superfícies expostas diretamente à radiação solar provocarão sempre um ganho de calor no ambiente interno. Esse ganho, para superfícies opacas, vai depender do coeficiente de absorção ( $\alpha$ ) de radiação da superfície e da intensidade da radiação solar global incidente ( $I_g$ ); depende também do coeficiente global de transmissão térmica ( $U$ ), e, ainda, da resistência superficial externa ( $R_{se}$ ). Então, o ganho de calor solar é dado por:

$$q = U \alpha R_{se} I_g \quad [\text{Eq. 02}]$$

Portanto, a intensidade do fluxo térmico ( $q$ ) que atravessa essa parede, pelo efeito da radiação solar incidente e da diferença de temperatura do ar, é dado por :

$$q = U\alpha R_{se} I_g + U(t_e - t_i) \quad (\text{W/m}^2), \quad [\text{Eq. 03}]$$

onde:

$U$ : coeficiente global de transmissão térmica ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )

$\alpha$ : coeficiente de absorção da radiação solar

$R_{se}$ : resistência superficial externa ( $\text{m}^2\text{°C/W}$ )

$I_g$ : intensidade de radiação solar incidente global ( $\text{W/m}^2$ )

$t_e$ : temperatura do ar externo ( $\text{°C}$ )

$t_i$ : temperatura do ar interno ( $\text{°C}$ )

A parcela  $U\alpha R_{se} I_g$  se refere ao ganho de calor solar, sendo  $\alpha U R_{se} = S_{op}$ , fator de ganho solar de material opaco, enquanto a parcela  $U(\Delta T)$  corresponde às trocas de calor por diferença de temperatura, podendo representar ganho, quando  $t_e > t_i$ , ou perda, quando  $t_i > t_e$ .

Percebe-se que a cor de uma superfície opaca fornece boa indicação da sua capacidade de absorção da radiação solar. Quanto mais clara e brilhante, menor a absorção, e, conseqüentemente, maior a reflexão. A cor da pintura externa possui um efeito significativo no ganho de calor, sendo possível, através da escolha adequada da cor, atenuar significativamente esse ganho.

A região chamada visível do espectro solar compreende uma faixa espectral bem definida, que varia de 380nm a 780nm, e é aquela para a qual o olho humano é sensível, causando a sensação de visão e cores. As cores são criadas pela mistura dos vários comprimentos de onda nas proporções apropriadas. Consegue-se perceber que um objeto é azul ou vermelho, por exemplo, porque este objeto reflete o comprimento de onda referente àquela região espectral. A luz é, portanto, o instrumento através do

qual se estabelece a visão, provavelmente o mais importante meio de comunicação do homem com seu entorno (CARAM, LABAKI e SICHIERI, 1995).

No Brasil, há poucas pesquisas a respeito do comportamento dos materiais frente a radiação solar. Com relação aos materiais transparentes, pode-se citar o trabalho de CARAM, R.M., 1998. Já com relação aos materiais opacos, destaca-se o de OITICICA et al., 2000, onde foi medida a refletância de cores em superfícies construtivas de acabamentos variados, adotando-se a cor branca como 85% de reflexão e medindo-se a refletância de outras cores, sempre em relação à cor branca.

Atualmente, a grande variedade de tonalidades de cores disponível no mercado tem influenciado significativamente nos projetos arquitetônicos. Dispõe-se, entretanto, na literatura técnica, de apenas alguns valores de refletâncias médias em superfícies. Além disso, os dados encontrados na literatura brasileira atual, ou são muito imprecisos, ou fornecem valores de refletâncias obtidas há duas ou três décadas, ou, ainda, baseiam-se em resultados obtidos no exterior.

LAMBERTS et al., 1997, apresenta absorvâncias de apenas três tipos de cores: escuras, médias e claras; MASCARÓ, 1991, lista valores de refletância obtidos em 1961; FROTA & SCHIFFER, 1995, baseiam-se em KOENIGSBERGER et al., 1977, que, além de ser autor estrangeiro, publicou esses dados há 24 anos. Além disso, os dados de refletância publicados no projeto de Norma, pela Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações, são, aparentemente, uma compilação dos valores acima citados.

Tais fatos ilustram a importância de uma atualização e uma catalogação das cores. Da mesma forma, os fabricantes nacionais de tintas não exibem, em geral, esse tipo de informação para o usuário.

Um dos métodos para se medir a refletância de cores utiliza o medidor de luminância, que fornece a refletância total. No presente trabalho adotou-se a análise espectrofotométrica, que apresenta várias vantagens em relação ao medidor de luminância. Dentre elas, pode-se citar a precisão nas medidas e a obtenção dos resultados ao longo do espectro, em intervalos de comprimento de onda de 1nm, permitindo escolher a região de interesse.

## **2. OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivos principais:

- Obter experimentalmente valores de refletância da radiação solar de onda curta, no intervalo de 300 a 2.500 nm, de várias cores de tintas utilizadas em vedações externas.
- Complementar informações técnicas pouco disponíveis no mercado, importantes para profissionais atuantes na área.

## **3. METODOLOGIA**

A pesquisa baseou-se na seguinte metodologia:

### **3.1 Seleção de Cores de Tintas**

A seleção de cores foi realizada através de catálogo da fabricante Tintas Coral Ltda., sendo analisadas 16 amostras de tinta acrílica, escolhidas de acordo com seu uso freqüente na região de Campinas, com base na observação.

### **3.2 Análise Espectrofotométrica**

As análises óticas foram realizadas em espectrofotômetro marca HITACHI, modelo U-3501, do Instituto de Química da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP. O espectrofotômetro utilizado varre a região espectral relativa ao ultravioleta, visível e infravermelho-próximo, possibilitando escolher exatamente as regiões do espectro que interessam.

A análise por espectrofotômetro é o melhor meio para se obter as respostas que o trabalho propõe atingir, pois o equipamento fornece informações quanto à porcentagem de transmissão, reflexão e absorção das amostras. Para operar no modo transmissão não há a necessidade de acessórios, mas, para operar no modo reflexão e absorção, objeto deste trabalho, é necessária a utilização de um acessório adicional, chamado esfera integradora, que é um acessório de 60 mm de diâmetro a ser colocado em um compartimento do espectrofotômetro, tendo a função de permitir a distribuição difusa da luz. A esfera integradora é usada para medições de transmitância de amostras transparentes e de refletância de amostras sólidas. A parede interna da esfera é provida de uma pintura branca altamente refletiva (pastilhas de sulfato de bário). O sulfato de bário é uma referência internacional, sendo considerado 99,8 % de reflexão (HITACHI, s/d). As amostras, cortadas em dimensões de 25 x 25 mm, aproximadamente, foram ensaiadas uma a uma, no intervalo de 300nm a 2500nm.

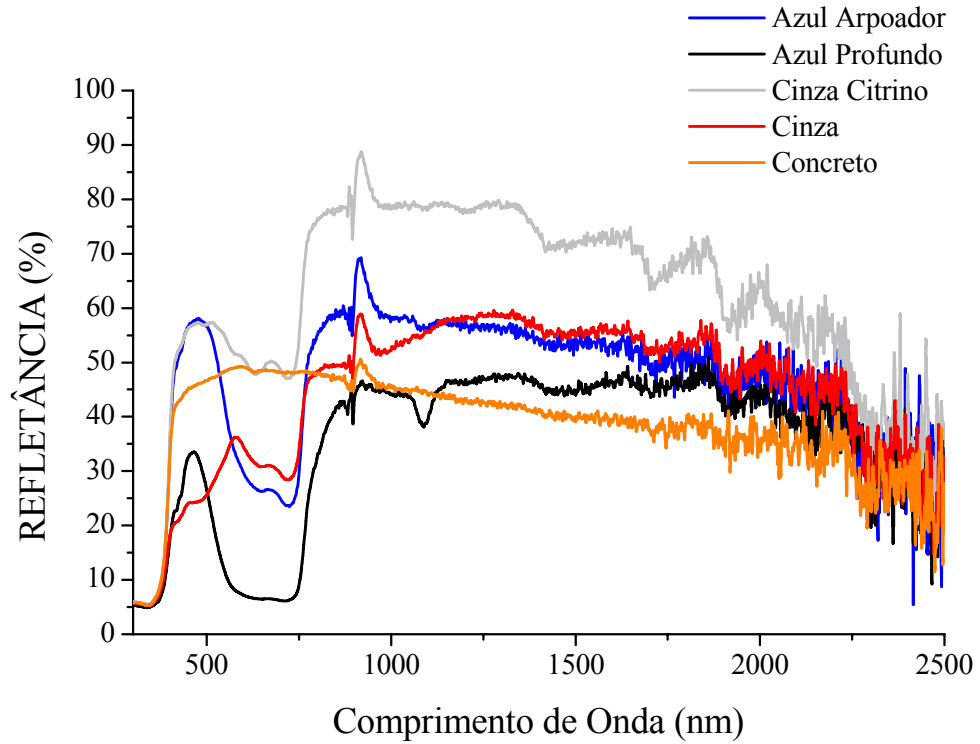
O espectrofotômetro forneceu as curvas de reflexão para cada amostra de tinta analisada. Os dados de reflexão foram processados por programa gráfico, e, por integração das áreas, foram obtidas as porcentagens de reflexão.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

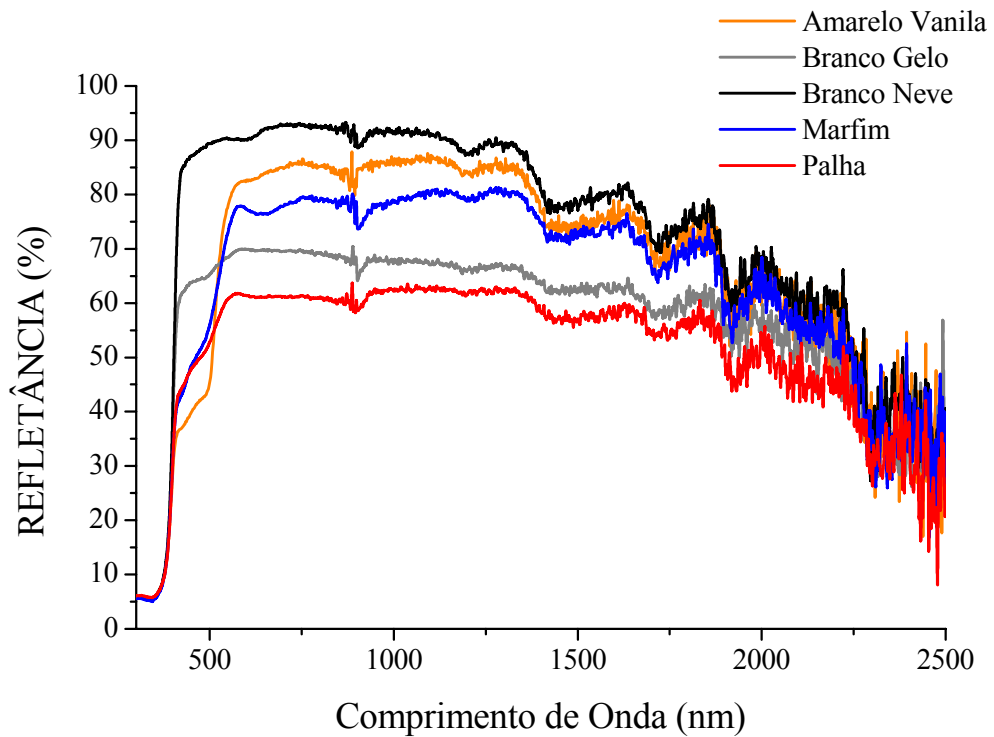
A seguir são apresentados a tabela e os gráficos e com os fatores de reflexão obtidos.

**Tabela 1 - Fatores de Refletância obtidos para diferentes cores (no intervalo de 300 a 2500 nm)**

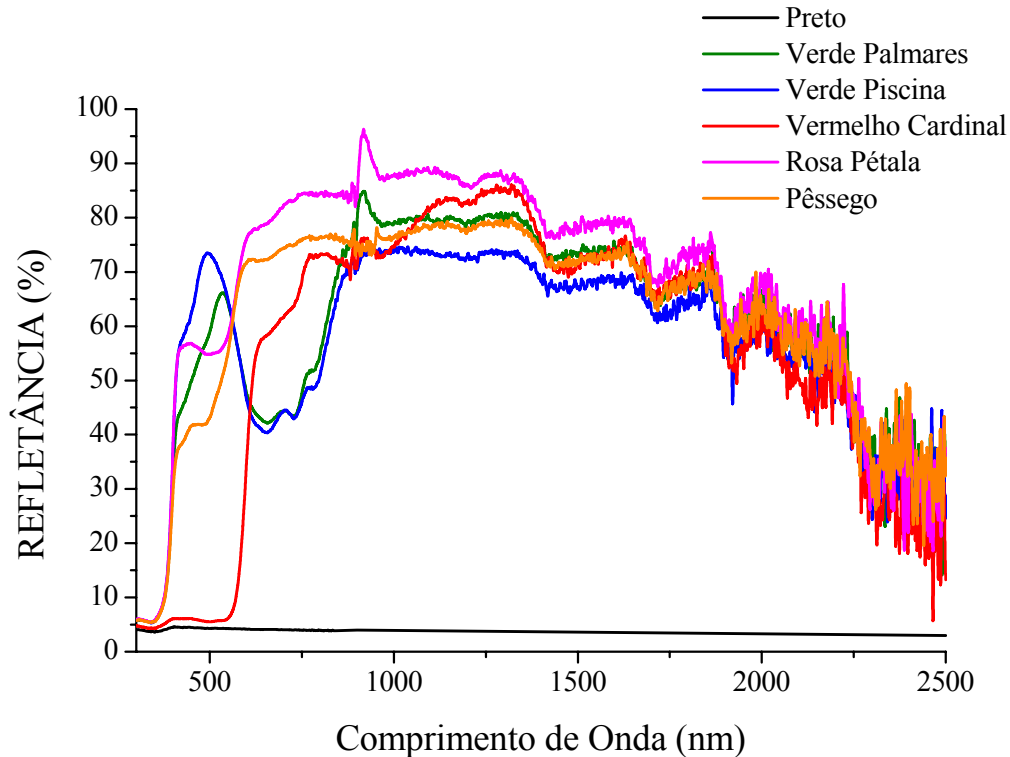
CORES	REFLETÂNCIA (LUZ VISÍVEL)	REFLETÂNCIA (ESPECTRO SOLAR)
Branco Neve	73,67%	72,93%
Amarelo Vanilla	61,00%	66,43%
Rosa Pétala	57,45%	67,32%
Marfim	56,13%	63,69%
Branco Gelo	55,51%	57,32%
Palha	53,20%	51,57%
Pêssego	50,31%	61,67%
Cinza Citrino	45,02%	61,12%
Verde Piscina	44,70%	57,00%
Verde Palmares	41,78%	59,82%
Cinza	39,43%	38,48%
Azul Arpoador	33,57%	45,86%
Vermelho Cardinal	30,88%	55,45%
Concreto	28,65%	44,26%
Azul Profundo	14,01%	35,46%
Preto	3,95%	4,24%



**Figura 1: Refletâncias obtidas para as cores Azul Arpoador, Azul Profundo, Cinza Citrino, Cinza e Concreto**



**Figura 2: Refletâncias obtidas para as cores: Amarelo Vanilla, Branco Gelo, Branco Neve, Marfim e Palha**



**Figura 3: Refletâncias obtidas para as cores Pêssego, Preto, Rosa Pétala, Vermelho Cardinal, Verde Palmares e Verde Piscina**

### Análise dos Resultados

- Esperava-se que a cor branca fornecesse o maior coeficiente de reflexão e a cor preta, o menor. Os resultados o comprovam, pois foram obtidos 73,67% de reflexão para o Branco Neve, índice considerado baixo se comparado com aqueles publicados em literatura (85-95%), e 3,95% para o Preto. O Branco Neve chega a atingir 90% de reflexão na região entre 800 e 1000 nm, mas quando se integra no visível, obtém-se um valor mais baixo para a refletância.
- Há uma tendência no mercado em se considerar cores claras como sendo Gelo, Marfim e Palha. Mas, pela tabela, pode-se observar que a cor Amarela deve ser considerada como uma opção de cor clara, pois o Amarelo Vanilla é mais refletor que o Gelo, Marfim e Palha. Observa-se também que o Marfim e o Gelo têm uma reflexão relativamente baixa (em torno de 55%).
- Pode-se comprovar que as cores Cinza e Concreto, muito utilizadas em exteriores, não são realmente adequadas para climas quentes, pois refletem pouco, isto é, absorvem bastante, podendo transferir o calor para o interior.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARAM, R.M. (1998) Caracterização ótica de materiais transparentes e sua relação com o conforto ambiental em edificações. Campinas, 164p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.
- CARAM, R.M., LABAKI, L.C., SICHIERI, E.P. (1995) Os vidros e o conforto ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Gramado. *Anais*. Porto Alegre: ANTAC. p. 215-220.
- CINTRA DO PRADO, L. (1961) Iluminação Natural, São Paulo, FAU-USP.
- Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações (1988) Desempenho Térmico de Edificações – Parte 2: Métodos de Cálculo da Transmitância Térmica, da Capacidade Térmica,

do Atraso Térmico e do Fator de Calor Solar de Elementos e Componentes de Edificações. Comitê Brasileiro de Construção Civil.

FROTA, A.B., SCHIFFER, S.R. (1995) Manual de Conforto Térmico. 2ª ed., Ed. Nobel, São Paulo.

HITACHI (s/d) Manual de Instruções – Esfera Integradora.

KOENIGSBERGER, O.H., INGERSOLL, T.G., MAYHEW, A., SZOKOLAY, S.A. (1977) Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Ed. Paraninfo, Madrid.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.O.R. (1997) Eficiência Energética na Arquitetura. PW Editores, São Paulo.

MASCARÓ, L. R. (1991) Energia na edificação. Projeto Editores Associados Ltda., São Paulo.

OITICICA, M.L.G.R., BARBIRATO, G.M., SILVA, C.A. de C., MACHADO, I.B.L. (2000) Refletância de Cores em Superfícies Construtivas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Salvador. *Anais*. Salvador: ANTAC. p. 1386-1391.