



A IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS REVESTIMENTOS FRIOS

Prof. Dra. Kelen A. Dornelles

Instituto de Arquitetura e Urbanismo - IAU/USP

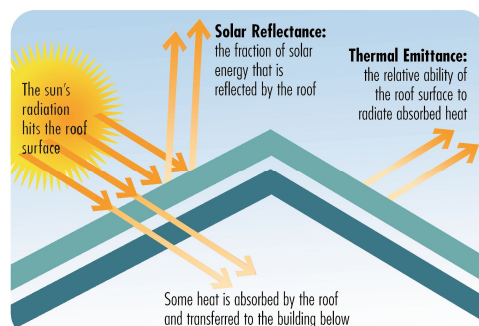


SUPERFÍCIES FRIAS



O que caracteriza uma superfície fria?

- Alta **Refletância Solar** (ρ):
 - Diminui os ganhos de calor solar das superfícies (300 – 2.500 nm).
- Alta **Emitância Térmica** (ϵ):
 - Aumenta as perdas de calor em onda longa (4.000 – 40.000 nm).



Fonte:
CRRC-Cool Roof Rating Council

A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

SUPERFÍCIES FRIAS

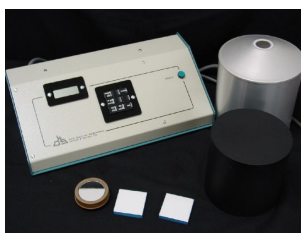


Como determinar essas propriedades?

- **Refletância Solar (ρ)** ou **Absortância Solar ($\alpha = 1 - \rho$)** :
 - ASTM E903-12: espectrofotômetro com esfera integradora.
 - ASTM C1549-16: refletômetro portátil (Solar Spectrum Reflectometer).
 - ASTM E1918-16: piranômetro ou albedômetro.



A) Em laboratório. Amostras planas, homogêneas, pequena área.
Fonte: Arquivo pessoal



B) Lab./campo. Amostras > 3 cm, também superfícies rugosas.
Fonte: Devices & Services.



C) Campo. Amostras > 4 m lado, superfícies rugosas, curvas.
Fonte: Kipp Zonen.

A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

SUPERFÍCIES FRIAS



Como determinar essas propriedades?

- **Emitância Térmica (ε)**:
 - ASTM C1371-15: standard test method for determination of emittance of materials near room temperature using portable emissometers.
 - Uso de emissômetro portátil.



Amostras planas $\phi > 5,7$ cm.
Fonte: Devices & Services.

A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

BASES DE DADOS - BRASIL



Tabela B.2 — Absortância (α) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (ϵ) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas)

Tipo de superfície	α	ϵ
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25	0,25
Caiação nova	0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro	0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro	0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor	0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido	0,40 / 0,80	0,84
Vidro metalizado	0,35 / 0,80	0,15 / 0,84
Pintura:		
Branca	0,20	0,90
Amarela	0,30	0,90
Verde clara	0,40	0,90
"Alumínio"	0,40	0,50
Verde escura	0,70	0,90
Vermelha	0,74	0,90
Preta	0,97	0,90

Fonte: NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

- **Norma:**
 - NBR 15220-2 (2005)
 - Absortância (α)
 - Dados genéricos.

BASES DE DADOS - BRASIL



- **Programa de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética**
 - REQUISITOS DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE (RAC)
 - Anexo da portaria INMETRO Nº 50/ 2013:

ANEXO GERAL V – CATÁLOGO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE PAREDES, COBERTURAS E VIDROS

- Absortância solar (α)

Tipo	Número	Cor	Nome	α
Acrílica Fosca	01		Amarelo Antigo	51,4
	02		Amarelo Terra	64,3
	03		Areia	44,9
	04		Azul	73,3
	05		Azul Imperial	66,9
	06		Branco	15,8
	07		Branco Gelo	37,2
	08		Camurça	57,4
	09		Concreto	74,5
	10		Flamingo	49,5
	11		Jade	52,3

Fonte: INMETRO (2013).

A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

BASES DE DADOS - BRASIL



ANEXO GERAL V – CATÁLOGO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE PAREDES, COBERTURAS E VIDROS

- Dados medidos em **laboratório**:
 - ASTM E903** (espectrofotômetro).
 - 78 tintas**:
 - Acrílica (Fosca, semi-brilho);
 - PVA (Fosca, semi-brilho).

DORNELLES, K. A Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. 2008. Tese (Doutorado) – FEC-UNICAMP, Campinas, 2008.

Tipo	Número	Cor	Nome	α	Tipo	Número	Cor	Nome	α
Acrílica Fosca	01	Amarelo Antigo		51,4	Látex PVA Fosca	40	Branco Gelo		34,0
	02	Amarelo Terra		64,3		41	Erva doce		21,9
	03	Arelia		44,9		42	Flamingo		46,8
	04	Azul		73,3		43	Laranja		39,9
	05	Azul Imperial		66,9		44	Marfim		29,7
	06	Branco		15,8		45	Palha		28,5
	07	Branco Gelo		37,2		46	Pérola		25,7
	08	Camurça		57,4		47	Pêssego		39,5
	09	Concreto		74,5		48	Alecrim		64,0
	10	Flamingo		49,5		49	Azul bali		48,9
	11	Jade		52,3		50	Branco Neve		10,2
	12	Marfim		33,6		51	Branco Gelo		29,7
	13	Palha		36,7		52	Camurça		55,8
	14	Pérola		33,0		53	Concreto		71,5
	15	Pêssego		42,8		54	Marfim		26,7
	16	Taiacô		78,1		55	Marmôcos		54,7
	17	Terracota		64,6		56	Mel		41,8
Acrílica Semi-brilho	18	Amarelo Antigo		49,7	Acrílica Fosca	57	Palha		27,2
	19	Amarelo Terra		68,6		58	Pérola		22,1
	20	Azul		79,9		59	Pêssego		35,0
	21	Branco Gelo		36,2		60	Telha		70,8
	22	Cinza		86,4		61	Vanila		23,9
	23	Cinza BR		61,1		62	Amarelo Cándido		25,2
	24	Crispículo		66,0		63	Arelia		35,7
	25	Flamingo		47,3		64	Azul Profundo		76,0
	26	Marfim		33,9		65	Branco Neve		16,2
	27	Palha		39,6		66	Branco Gelo		28,1
	28	Pérola		33,9		67	Camurça		53,2
	29	Preto		97,1		68	Cerâmica		65,3
	30	Telha		69,6		69	Concreto		71,6
	31	Terracota		68,4		70	Flamingo		44,4
	32	Verde Quadra		75,5		71	Marfim		24,5
	33	Vermelho		64,2		72	Palha		26,4
Látex PVA Fosca	34	Amarelo Cándido		29,3		73	Pérola		22,9
	35	Amarelo Terra		61,4		74	Pêssego		29,8
	36	Arelia		39,0		75	Preto		97,4
	37	Azul angra		32,3		76	Vanila		27,7
	38	Bianco Sereno		26,6		77	Verde Musgo		79,8
	39	Branco		11,1		78	Vermelho Cardinal		63,3

A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

POR QUE MEDIR?



Refletância / Absortância:

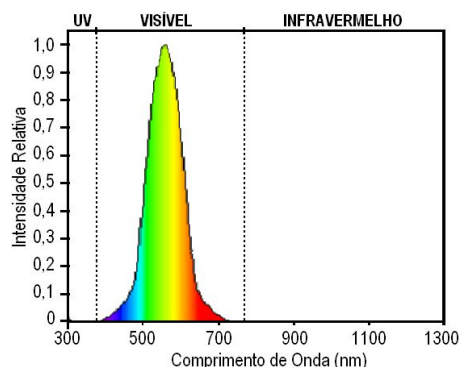
- Associadas às cores das superfícies e suas tonalidades (claro/escuro)



Preta:
 $\alpha = 95\%$
 $\rho = 5\%$

Branca:

$\alpha = 20\%$
 $\rho = 80\%$



Curva de sensibilidade do olho humano

Fonte: adaptado de IES (1984).

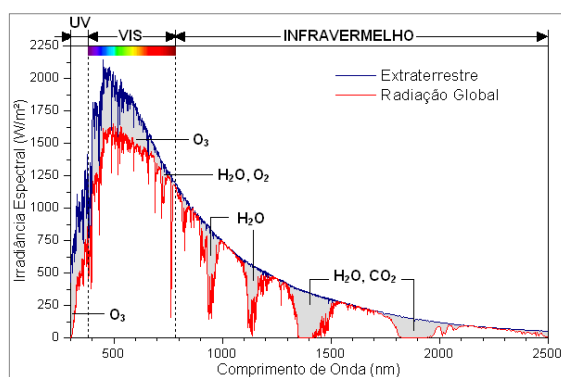
A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

POR QUE MEDIR?



Incidência da radiação solar (espectro solar):

UV: 3% VIS: 45% IV: 52%



Distribuição espectral da energia solar ao nível do mar (radiação global) e acima da atmosfera terrestre (extraterrestre), e principais gases absorvedores da radiação solar.

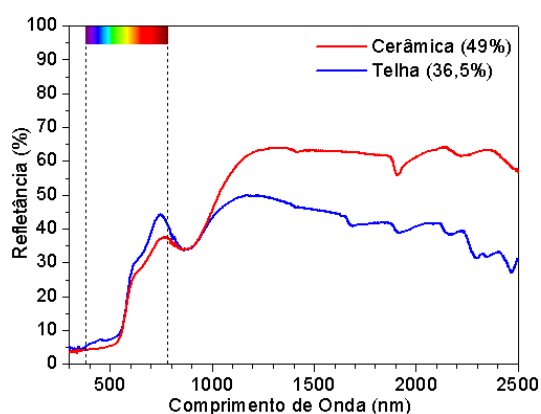
Fonte: Dornelles (2008), adaptado de DUFFIE e BECKMAN (1984).

A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

POR QUE MEDIR?



- Comparando-se materiais diferentes:



Refletância solar:

TINTA
(36%)



CERÂMICA
(49%)



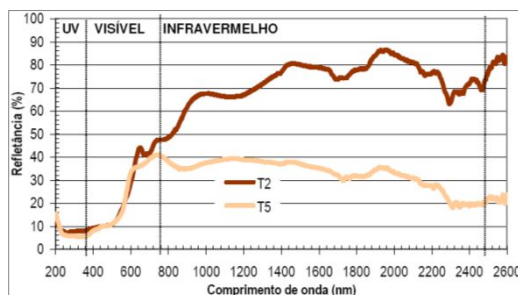
A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

POR QUE MEDIR?



• SUPERFÍCIES FRIAS x CONVENCIONAIS:

- Mesma refletância na região **VISÍVEL**
- Aumento da refletância na região do **INFRAVERMELHO PRÓXIMO**



Marrom (R %)		
	T2	T5
UV	8,0	5,7
VIS	26,4	26,4
IV	72,9	32,8
TOT	61,9	30,2

Refletância de tintas:

FRIA (T2) e **CONVENCIONAL** (T5) de cor marrom.

(Fonte: IKEMATSU, 2007).

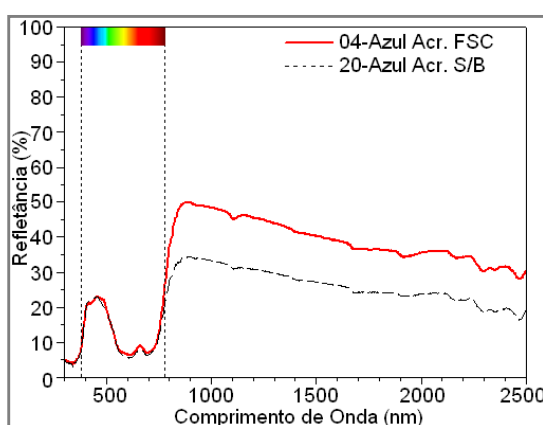
A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

POR QUE MEDIR?



• EXEMPLOS: TINTAS CONVENCIONAIS DE MESMA COR

Acrílica FOSCA x Acrílica SEMI-BRILHO



Azul (R %)		
Nº	04	20
UV	4,9	4,6
VIS	13,2	12,6
IV	39,1	26,2
TOT	33,2	22,9

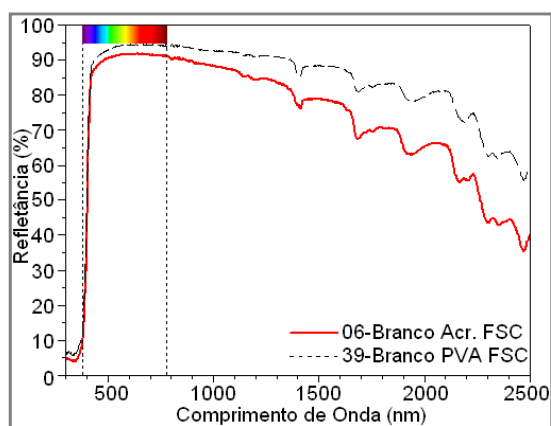
A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

POR QUE MEDIR?



• EXEMPLOS: TINTAS CONVENCIONAIS DE MESMA COR

ACRÍLICA Fosca x PVA Fosca



Branco (R %)		
Nº	06	39
UV	5,1	7,2
VIS	86,0	89,1
IV	71,6	82,9
TOT	71,8	81,3

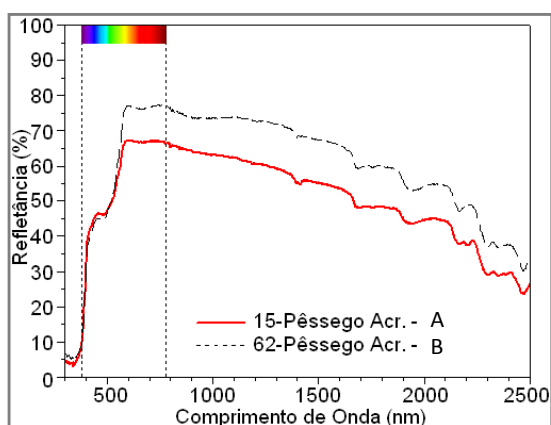
A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

POR QUE MEDIR?



• EXEMPLOS: TINTAS CONVENCIONAIS DE MESMA COR E TIPO

Fabricante A x Fabricante B (Acrílica Fosca cor “Pêssego”)



Pêssego (R %)		
Nº	15	62
UV	4,8	6,3
VIS	56,3	61,5
IV	50,0	60,8
TOT	49,5	58,9

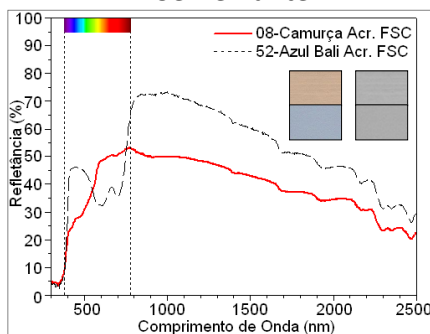
A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

POR QUE MEDIR?

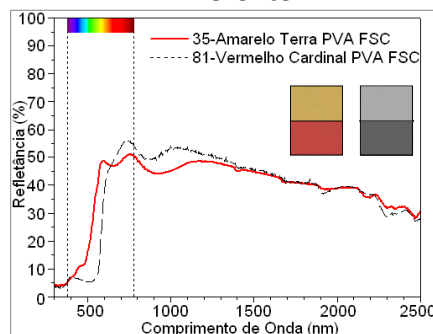


• EXEMPLOS: TINTAS CONVENCIONAIS - Tonalidades

Semelhante



Diferente



Camurça e Azul Bali (R %)					Amarelo Terra e Vermelho Cardinal (R %)				
Nº	UV	VIS	IV	TOT	Nº	UV	VIS	IV	TOT
08	5,0	39,9	39,4	38,2	35	4,2	33,4	41,6	38,7
52	4,3	39,9	54,8	50,3	78	3,6	27,8	43,0	38,8

A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

IMPORTÂNCIA DA MEDIÇÃO



- Conhecimento do **comportamento térmico** das superfícies;
- Obtenção de **dados precisos** de caracterização dos revestimentos;
- Criação de **base de dados nacional** de superfícies frias;
- **Divulgação em catálogos:**
 - **Facilidade de escolha** para o cliente;
 - Adoção de revestimentos com **conhecidas** propriedades térmicas;
 - Atendimento a **segmentos de mercado** em ascensão:

ABNT NBR 15575-1_2013

Edificações Habitacionais — Desempenho
Parte 1: Requisitos gerais



A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP

CONTATO



Obrigada!

kelend@usp.br

IAU-USP

São Carlos-SP - BRASIL

A importância da caracterização das propriedades térmicas dos revestimentos frios
Prof. Dra. Kelen A. Dornelles – INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – USP