

Caracterização da refletância de superfícies externas de coberturas e paredes

Sato, N. M. N.(1); Loh, K.(2); Silva, I.L.M.(3)

(1) UNINOVE, e-mail: neide.sato@uninove.br

(2) EPUSP, e-mail: kai.loh@poli.usp.br

(3) UNINOVE, e-mail: isabela_oliveira1@hotmail.com

Resumo

Em locais de clima quente, com alta incidência de radiação solar, a refletância das superfícies externas das edificações influí significativamente nas condições de conforto no interior dos ambientes e no consumo de energia com ar condicionado. No Brasil pesquisas têm sido desenvolvidas para caracterizar a refletância dos materiais comumente empregados em revestimentos de fachada e cobertura. Até o momento, a maioria das pesquisas foi realizada com pinturas e as medições de refletância foram feitas com espectrofotômetro, conforme ASTM E 903. Esta técnica é aplicável somente em corpos-de-prova planos, de pequenas dimensões, o que dificulta sua utilização na caracterização de materiais como telhas e tijolos que apresentam curvaturas ou irregularidades. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de medir a refletância de alguns componentes de cobertura e fachada de edificações e de contribuir para aumentar a base de dados disponível a respeito desta propriedade. Utilizou-se um equipamento portátil que permite realizar medições apoiando-se o sensor diretamente sobre as amostras analisadas, sem necessidade de preparo de corpos-de-prova. As cores dessas amostras também foram caracterizadas conforme a norma ASTM D 2244 e correlacionadas com as refletâncias. Os resultados obtidos mostraram diferenças em relação a dados apresentados como referência em normas e publicações brasileiras.

Palavras-chave: Refletância à radiação solar, Métodos de medição de refletância à radiação solar, Telhas, Tijolos.

Abstract

In warm climates with high solar radiation, the reflectance of the external surfaces of buildings has a high influence on the comfort conditions on buildings and on the energy consumption with air conditioning. In Brazil, studies have been developed to characterize the reflectance of the materials commonly used in coatings for facade and roof. So far, most research has been done with paintings and reflectance measurements using a spectrophotometer according to ASTM E 903. This technique is applicable only in flat specimens, with small sizes, which make their use inadequate in the characterization of materials such as tiles and bricks that present curves or irregularities. This work was developed with the aim of measuring the reflectance of some building components contributing to increase reflectance database of roofing and facades. It was used a portable device that allows measurement relying the sensor directly on the samples surfaces without the need for specimens preparation. The colors of these samples were characterized according to ASTM D 2244 and correlated with their reflectance. The results showed differences in relations to data presented as reference in Brazilian standards and publications.

Keywords: Solar reflectance, Solar reflectance measurements, Tiles, Bricks.

1. INTRODUÇÃO

Em locais de clima quente o ano todo ou com temperatura elevada durante o verão, com elevada incidência de radiação solar, a refletância/absortância das superfícies externas das edificações influí significativamente nas condições de conforto no interior dos ambientes e no consumo de energia devido ao uso de equipamentos de ar condicionado. Este fato foi considerado em normalização brasileira (NBR 15575, 2010) que especifica limites para os valores de transmitância térmica de coberturas e paredes externas em função da absorção à radiação solar de suas superfícies, para a maioria das zonas climáticas estabelecidas na NBR 15220-3 (2005). De acordo com a norma NBR 15575 (2010), nas zonas bioclimáticas 3 a 8, são recomendados valores menores de transmitância térmica quando as absorções forem maiores do que os valores indicados.

De acordo com essas exigências, o desconhecimento do valor da absorção/refletância dos materiais empregados em fachadas e coberturas de edifícios pode levar à necessidade de especificar elementos com menores valores de transmitância térmica para garantir o cumprimento dos requisitos normativos, restringindo as opções de sistemas construtivos que eventualmente poderiam ser utilizados.

No Brasil, a maioria dos estudos realizados para caracterização da absorção é em pinturas látex, apesar das argamassas decorativas, revestimentos cerâmicos e tijolos cerâmicos também serem muito utilizados em fachadas de edifícios altos. Em coberturas há predominância de concreto ou telha cerâmica.

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de medir a refletância de alguns componentes de cobertura e fachada de edificações e contribuir para aumentar a base de dados a respeito desta propriedade. Com o objetivo de correlacionar a cor com a refletância, foi realizada medição de cor conforme a norma ASTM D 2244-02.

As medidas de refletância foram obtidas de acordo com o método ASTM C 1549-09, empregado em outros países para caracterização de materiais de construção civil (CRRC, 2010; US EPA, 2010) por permitir a realização de ensaios tanto em laboratório como em campo. A maioria dos dados de refletância à radiação solar encontrados em literatura brasileira são resultados de medições efetuadas de acordo com a norma ASTM E 903-96, usando espectrofotômetro em que as medições são realizadas em corpos-de-prova de pequenas dimensões. Também são discutidos e comparados os dois métodos tradicionalmente usados para medição da refletância à radiação solar de superfícies de edificações.

2. COR E REFLETÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR DE SUPERFÍCIES

O fato de cores claras apresentarem maiores valores de refletância à radiação solar é comumente citado em bibliografia. Lamberts et al (1997) propõem valores de refletância entre 0,1 e 0,3 (absorções entre 0,7 e 0,9) para cores escuras, entre 0,3 e 0,5 (absorções entre 0,5 e 0,7) para cores médias e entre 0,5 e 0,8 (absorções entre 0,2 e 0,5) para cores claras. Conforme a norma NBR 15575/1 Anexo A (2010), no procedimento de avaliação do desempenho térmico de edificações por simulação, quando as cores das paredes não forem especificadas no projeto, recomenda-se avaliar o desempenho em três condições: paredes com cores escuras, com absorção de 0,7, com cores médias, com absorção de 0,5 e com cores claras, com absorção de 0,3. No entanto, nenhuma destas referências quantifica as cores.

Essas referências são válidas para tintas convencionais, disponíveis no mercado para proteção e decoração dos edifícios. Atualmente existem produtos especialmente formulados, utilizando pigmentos especiais para aumentar a refletância na região do infravermelho do espectro da

radiação solar, possibilitando a obtenção de tintas, telhas e outros elementos de construção de cores médias ou escuras com menores valores de refletância que produtos convencionais de cores similares (Santamouris 2007; Uemoto et al, 2010; Levinson et al, 2007).

A mesma cor de um produto pode apresentar também refletâncias diferentes em função da rugosidade superficial, no caso de tintas (Dornelles, 2009), ou das características das próprias superfícies como é o caso de tijolos e telhas cerâmicas (Levinson et al, 2007).

São apresentados a seguir alguns métodos normalizados para determinação de cor e de refletância à radiação solar usualmente empregados para caracterizar materiais de construção tendo em vista o conforto térmico no interior de ambientes e a economia de energia com equipamentos de ar condicionado.

2.1 Determinação de cor por medida instrumental

Os procedimentos normativos para a caracterização de cores por medida instrumental (ASTM D 2244-02) utilizam equipamentos que detectam três funções de onda refletidas que representam a sensibilidade do olho humano para as cores vermelho, verde e azul (cores primárias). Utiliza-se uma fonte de luz padronizada e o sistema de cores desenvolvido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), CIE L* a* b* para quantificar cores, baseado em três coordenadas retangulares. A coordenada L* corresponde a uma escala que vai de preto (0) a branco (100), valores maiores nesta coordenada representam portanto cores mais claras. A coordenada a* representa uma escala de vermelho a verde, com valores positivos para cores avermelhadas e negativo para cores esverdeadas e a coordenada b* representa uma escala de amarelo a azul, com valores positivos para cores amareladas e negativos para cores azuladas. A figura 1 ilustra as três coordenadas retangulares e as figuras 2 e 3 ilustram a distribuição das cores no plano e espacial, de acordo com esse sistema.

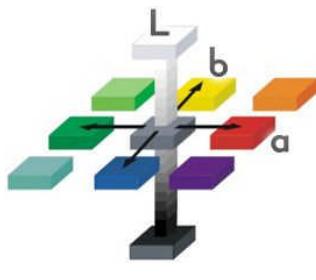


Figura 1 – Coordenadas retangulares CIE L* a* b*.
Fonte:<http://learn.colorotate.org/color-models.html>

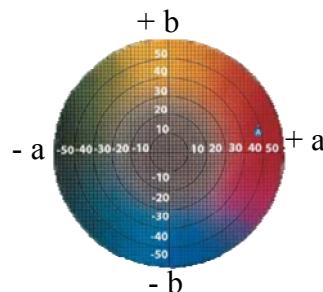


Figura 2 – Diagrama de cores no plano CIE a*b*. Fonte:
http://pdf.directindustry.es/pdf/konic-a-minolta-sensing-americas/how-to-measure-color-difference/18425-6638-_2.html

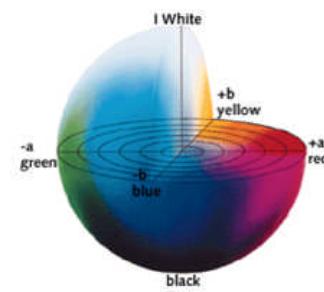


Figura 3 – Distribuição espacial de cores. Fonte:
http://www.aces.edu/dept/_fisheries/education/pond_to_plate/documents/ExplanationoftheLABColorSpace.pdf

2.2 Métodos de determinação de refletância radiação solar

2.2.1 Medição com espectrofotômetro (ASTM E 903/96)

Neste procedimento, um feixe de luz monocromática incide em direção próxima à normal (6° a 12°) sobre a amostra e mede-se a luz refletida para uma esfera integradora. As medições são realizadas varrendo comprimentos de onda do espectro da radiação solar (300-2500nm), sendo considerados suficientes intervalos de 5 nm para captar o comportamento da maioria das superfícies em relação à refletância (Levinson et al, 2010). O equipamento é calibrado

com padrões de referência e os resultados de refletância são obtidos em relação aos padrões. Diferentemente da energia solar, a energia incidente na amostra é constante ao longo do espectro de comprimentos de onda gerados pela fonte do equipamento. Por essa razão os resultados obtidos são corrigidos aplicando-se fatores de ponderação que levam em conta as intensidades de radiação solar típicas para cada comprimento de onda na localidade em estudo. A ASTM G 173 apresenta espectros de radiação solar padrão que são muitas vezes adotados pela falta de dados locais.

Alguns fatores contribuem para restringir o uso deste método para caracterizar materiais de construção, podendo-se citar: o método é mais adequado para superfícies homogêneas uma vez que a luz incide sobre uma área de aproximadamente 10 mm^2 , a amostra deve ser plana e suficientemente pequena para poder ser encaixada dentro do porta amostras do equipamento. Estes equipamentos de bancada além de serem caros e grandes não permitem realizar medições em campo (Levinson et al, 2010).

2.2.2 Medição com refletômetro portátil (ASTM C 1549-09)

Ao invés de utilizar como fonte de radiação lâmpadas que emitem radiação eletromagnética em comprimentos de onda que simulam a radiação solar (ASTM E 903), o equipamento possui uma fonte de radiação difusa que consiste numa lâmpada de tungstênio-halogênio comum e quatro detectores posicionados em um ângulo de 20° em relação à direção da radiação incidente. Cada detector é dotado de filtros que permitem que sejam captadas radiações refletidas nos comprimentos de onda de 380 nm, 500 nm, 650 nm e 1220 nm. São apresentados resultados de refletância solar nestes quatro comprimentos de onda e também da refletância solar global, obtida da ponderação desses valores de acordo com as proporções de energia em cada comprimento de onda de quatro diferentes espectros padrão de radiação solar que podem ser selecionados pelo usuário.

A amostra a ser ensaiada deve ter uma região plana de dimensões suficientes para cobrir uma abertura do equipamento com 2,5 cm de diâmetro pela qual atravessam a radiação incidente da fonte e a refletida pelo material.

A calibração do equipamento é feita utilizando-se duas referências: um cilindro metálico pintado de preto com um orifício em uma de suas bases, simulando uma cavidade de corpo negro de refletância zero e uma amostra com refletância conhecida.

O método de medição da refletância com refletômetro portátil foi validado comparando-se resultados obtidos com o equipamento e com espectrofotômetros (ASTM E 903/96).

2.3 Exemplos de cores medidas e refletância à radiação solar

O CRRC (Cool Roof Rating Council) apresenta em seu programa de classificação de produtos (CRRC, 2008) valores característicos de refletância à radiação solar para um conjunto de cores de tintas aplicadas em telhas metálicas, medidas de acordo com o sistema CIE L* a* b*, apresentados na tabela 1.

De acordo com os valores apresentados na tabela 1 pode-se observar que as cores azul, marrom, verde e cinza, escuras apresentam refletância igual a 0,25 e as mesmas cores média a clara, apresentam refletância de 0,32, exceto o cinza médio cuja refletância é igual a 0,35. Verifica-se também que a cor clara apresenta valores maiores de L* que a cor escura correspondente. Essa associação da cor medida por técnica instrumental com a refletância permite caracterizar melhor as cores que a identificação visual.

Tabela 1 – Cores e refletância à radiação solar (ρ) (CRRC, 2008)

Cor	L*	a*	b*	ρ
Vermelho	17 a 29	+7 a +36	0 a +15	0,25
Terra cota	20 a 38	+15 a +30	+6 a +16	0,35
Vermelho vivo	23 a 38	+35 a +49	+10 a +48	0,35
Bege	59 a 86	-5 a +5	-3 a +23	0,55
Bronze	51 a 65	-2 a +7	+6 a +21	0,45
Azul escuro	13 a 33	-7 a +6	-25 a -2	0,25
Azul, médio a claro	34 a 55	-12 a -3	-25 a -8	0,32
Marrom escuro	17 a 30	-1 a +9	0 a +10	0,25
Marrom, médio a claro	25 a 58	-2 a 17	+5 a +26	0,32
Verde escuro	18 a 45	-20 a -3	-25 a +11	0,25
Verde, médio a claro	24 a 70	-20 a 0	-25 a +11	0,32
Branco	76 a 89	-3 a +2	-3 a +10	0,65
Branco brilhante	>85	-3 a +1	-3 a +6	0,70
Preto	<26	-1.5 a +1.5	-1.5 a +1.5	0,25
Cinza escuro	24 a 42	-4 a +2	-8 a +4	0,25
Cinza, médio a claro	40 a 77	-4 a +3	-3 a +8	0,35

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas amostras de telhas e tijolos expostas em um mostruário de uma loja de materiais de construção na cidade de São Paulo. Estas amostras estão expostas em ambiente externo coberto, sem incidência de chuvas, há aproximadamente quatro anos e são periodicamente limpas com jato de água conforme informações de funcionários da loja.

Foram ensaiados dois conjuntos de telhas de concreto com seis cores, sendo um dos conjuntos tratado superficialmente com verniz, telhas cerâmicas de sete cores e tijolos cerâmicos de quatro cores.

As medições de refletância foram efetuadas de acordo com a ASTM C 1549-09 utilizando um reflectômetro portátil marca Devices & Services, modelo SSR-ER. As cores das amostras foram determinadas de acordo com a ASTM D 2244-02, utilizando um espectrofotômetro marca Byk Gardner, com geometria de 45/0. Essas medições foram feitas em três posições de cada amostra determinando-se a média destes valores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 4 estão ilustradas as cores das amostras ensaiadas.

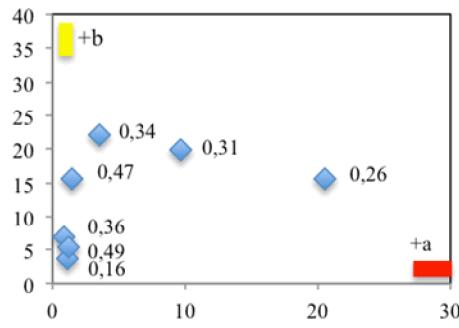
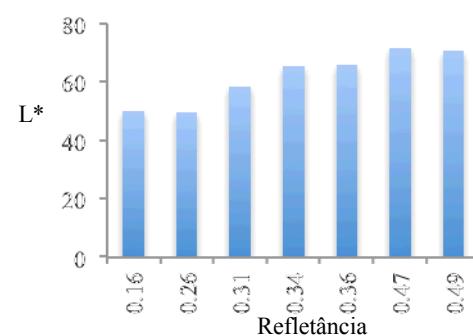
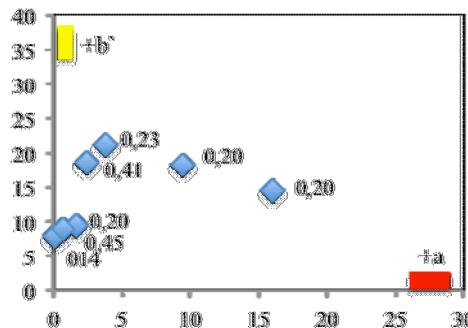
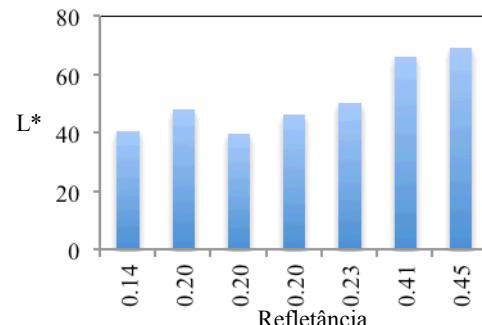


Figura 4 - Telhas de concreto

Na tabela 2 estão apresentadas as médias das medidas de refletância à radiação solar e de cores das amostras de telhas de concreto sem aplicação de verniz e com aplicação de verniz. As cores estão denominadas de acordo com a identificação comercial dos produtos. Nas figuras 5, 6, 7 e 8 estão representadas os valores de refletância à radiação solar no plano de coordenadas CIE a^* b^* e em função de L^* .

Tabela 2 – Refletância à radiação solar (ρ) e cores de telha de concreto

Cor	Sem aplicação de verniz				Com aplicação de verniz			
	ρ	L^*	a^*	b^*	ρ	L^*	a^*	b^*
Grafite	0,16	49,9	1,12	3,72	0,14	40,5	0,07	8,00
Vermelho	0,26	49,5	20,5	15,7	0,20	39,5	16,1	14,4
Bege damasco	0,31	58,4	9,64	19,8	0,20	46,4	9,45	18,3
Cinza pérola	0,36	65,8	0,88	6,87	0,20	48,1	1,62	9,52
Marfim palha	0,47	71,6	1,48	15,7	0,41	65,9	2,43	18,6
Marfim claro	0,49	70,8	1,18	5,42	0,45	69,1	0,73	8,96

Figura 5 – Cores no plano de coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ com os correspondentes valores de ρ - telhas de concreto.Figura 6 – Valores de L^* em função de ρ - telhas de concreto.Figura 7 – Cores no plano de coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ com os correspondentes valores de ρ - telha de concreto com verniz.Figura 8 – Valores de L^* em função de ρ - telha de concreto com verniz.

A tabela 2 mostra que as telhas com aplicação de verniz apresentam refletâncias inferiores às declaradas de mesma cor, sem revestimento.

As figuras 5, 6, 7 e 8 mostram que para produtos com valores de a^* e b^* próximos, os valores de refletância aumentam com o valor de L^* , ou seja, são maiores para as cores mais claras. A influência desta medida pode ser observada comparando-se a cor marfim claro com as cores cinza pérola e grafite das amostras sem verniz, não há diferença significativa nos valores de

a^* e b^* destas três amostras, no entanto, o valor de L^* da cor marfim claro é maior que a das outras proporcionando um maior valor de refletância à radiação solar.

Nas telhas sem verniz observa-se que a coordenada L^* da cor vermelha é aproximadamente igual à da cor grafite porém o grafite apresenta refletância menor que o vermelho. Este fato está de acordo com os valores da tabela 1 em que o cinza escuro apresenta L^* (24 a 42) maior para ter o mesmo valor de refletância que o vermelho (L^* de 17 a 29).

Nas figuras 9 e 10 estão ilustradas as amostras de telhas e tijolos cerâmicos ensaiadas e nas tabelas 3 e 4 estão apresentados os valores de refletância à radiação solar destes componentes. Os valores apresentados na Tabela 3 estão em ordem crescente de refletância Nas figuras 11, 12, 13 e 14 estão representadas os valores de refletância à radiação solar no plano de coordenadas CIE a^* b^* e em função de L^* desses elementos.



Figura 9 – Amostras de telhas cerâmicas

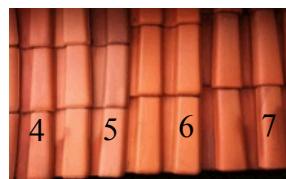


Figura 10 – Amostras de tijolos cerâmicos

Tabela 3 – Refletância à radiação solar (ρ) e cores de telhas cerâmicas

Amostra (*)	ρ	L^*	a^*	b^*
3	0,44	39,7	25,7	30,2
7	0,45	56,7	15,1	19,5
6	0,46	52,4	22,9	31,5
5	0,47	57,9	20,5	29,4
4	0,48	61,8	15,5	25,0
1	0,49	56,3	24,4	35,2
2	0,55	72,3	5,62	23,2

(*) As sequências das amostras não correspondem à ordem da Figura 9. Estão apresentadas em ordem crescente de refletâncias.

Tabela 4 – Refletância à radiação solar (ρ) e cores de tijolos cerâmicos

Amostra	ρ	L^*	a^*	b^*
1	0,34	45,2	21,4	27,7
2	0,37	60,1	10,5	20,2
3	0,44	55,2	13,1	21,5
4	0,48	68,5	7,24	18,8

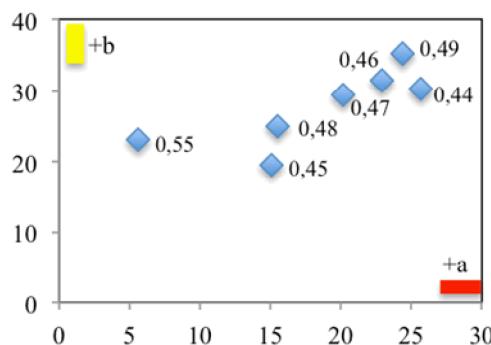


Figura 11 – Cores no plano de coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ com os correspondentes valores de ρ - telhas cerâmicas.

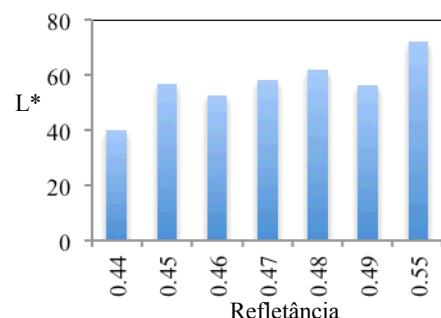


Figura 12 – Valores de L^* em função de ρ - telhas cerâmicas.

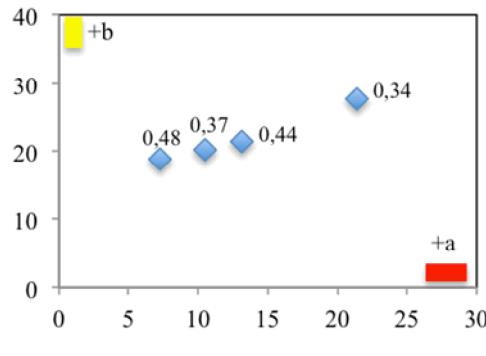


Figura 13 - Cores no plano de coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ com os correspondentes valores de ρ - tijolos cerâmicos

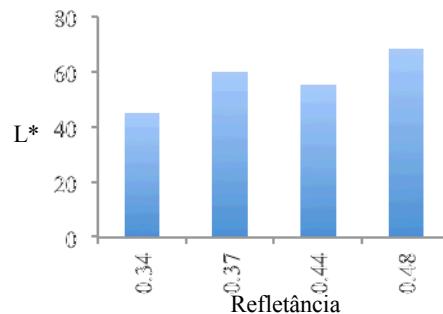


Figura 14 – Valores de L^* em função de ρ - tijolos cerâmicos.

Os resultados de refletância de telhas cerâmicas variaram de 0,44 a 0,55, sendo o valor de 0,55 referente a uma telha de cor bege, mais clara que as convencionais, podendo ser considerado o intervalo de 0,44 a 0,49 para as cores mais comuns. Nesta faixa de variação não foi possível verificar correlação entre os valores de refletância e de L^* .

Os tijolos cerâmicos apresentaram refletância de 0,34 a 0,48, não sendo também observada correlação entre esses valores e os valores de L^* correspondentes.

Os valores obtidos nesta pesquisa foram maiores que os apresentados na norma NBR 15220-3 que traz como referências valores de 0,20 a 0,25 para telhas de barro e de 0,20 a 0,35 para tijolos aparentes.

4. COMENTÁRIOS FINAIS

A pesquisa mostrou que, no caso das telhas de concreto, das três coordenadas, a L^* é a que mais influí na refletância. Entretanto é importante continuar os estudos realizando um maior número de medições para verificar se há correlações entre valores de refletância e coordenadas que caracterizam a cor. Deve-se ainda caracterizar a refletância dos materiais de construção civil que podem apresentar diferenças não somente devidas à cor como também em função de outros fatores como natureza dos materiais e rugosidade.

No que se refere a métodos de medição, programas de certificação como o LEED (U.S. Green Building Council's Leadership in Energy and Environmental Design) e normas como a ASHRAE 90.2 (ASHRAE, 2007) especificam valores de refletância de coberturas de edificações, conforme ASTM E 903/96, cancelada em 2005. O ensaio com o refletômetro (ASTM C 1549-09) tem sido utilizado por instituições que qualificam revestimentos de cobertura como o CRRC (CRRC, 2010) e o Energy Star (US EPA, 2010) por ser mais rápido, de menor custo e principalmente devido à sua portabilidade que permite realizar ensaios em amostras expostas ao ambiente natural, sem necessidade de remoção ou extração de corpos-de-prova.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005, 23 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575-1: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2010, 52 p.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING, AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). ASHRAE 90.2-2007: Energy Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 2007.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM C1549: Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Solar Reflectometer. West Conshohocken, PA, USA, 2009.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM D2244: Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color and Coordinates. West Conshohocken, PA, USA, 2002.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM E903: Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres (Cancelada em 2005), American Society of Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA, 1996.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM G 173: Standard Tables for Reference Solar Spectral Irradiances: Direct Normal and Hemispherical on 37° Tilted Surface, West Conshohocken, PA, USA, 2008.

COOL ROOF RATING COUNCIL. Product rating program CRRC-1. 2008. Disponível em http://www.coolroofs.org/documents/CRRC-1_Program_Manual_041212.pdf. Acesso em 12/09/2011.

DORNELLES, K. A. Absortância solar de superfícies opacas: base de dados de tintas latex acrílica e PVA e a influência da rugosidade superficial. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Natal, 2009. Anais. Natal, 2009.

LAMBERTS R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 1997. 192p.

LEVINSON, R.; AKBARI, H.; BERDAHL, P. Measuring solar reflectance—Part I: defining a metric that accurately predicts solar heat gain. *Solar Energy*, v.84, p. 1717-1744, 2010.

LEVINSON, R.; BERDAHL, P.; AKBARI, H.; MILLER, W.; JOEDICKE, I.; REILLY, J.; SUZUKI, Y.; VONDTRAN, M. Methods of creating solar-reflective nonwhite surfaces and their application to residential roofing materials. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, v. 91, p. 304-314, 2007.

SANTAMOURIS, M.; PAVLOU, C; SYNNEFA, A.; NIACHOU, K. Recent progress on passive cooling techniques: Advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households. *Energy and Buildings*. Vol 39, July 2007, pp 859-866.

UEMOTO, K. L.; SATO, N. M. N.; JOHN, V. M. Estimating thermal performance of cool colored paints. *Energy and Buildings*, v. 42, p. 17-22, 2010.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Energy Star. Disponível em <http://www.energystar.gov>, 2010. Acesso em 12/09/2011.