XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO SUPERFICIAL NA TEMPERATURA DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS URBANOS

KOWALSKI, Luiz Fernando (1); MENIM, Bruna Fernanda (2); SOUZA, Josiane A. Peniche (3); RÍSPOLI, Ítalo Alberto Gatica (4)

(1) Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e UNASP, luizfernando.lfk@gmail.com
(2) Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP), brunamenin@yahoo.com.br
(3) Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP), josiane.peniche@gmail.com
(4) Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP), italo.gatica@gmail.com

RESUMO

As elevadas temperaturas influenciam as condições de conforto nas áreas urbanas. Sendo assim, o pavimento asfáltico, por ser um material impermeável e de cor escura, tem agravado esse cenário. Pois, dentre algumas variáveis, a coloração tem um papel importante no acúmulo de calor da superfície. Sendo assim, o objetivo desse trabalho é comparar a temperatura superficial entre um pavimento revestido com tinta látex azul e um pavimento convencional. Para isso, foram utilizados termopares e imagens termográficas na etapa de instrumentação, tanto para coleta de temperatura superficial, quanto para a caracterização do local. Ao avaliar as propriedades do material, os resultados demonstraram que há uma variação no albedo em média de 7% entre os pavimentos. Além disso, a temperatura superficial variou entre 1 a 1,5 °C, sob as mesmas condições de coleta entre os dois tipos de pavimento. Por fim, percebe-se que as condições de desgaste da superfície, bem com a variação no albedo em função da cor, foram determinantes na variação da temperatura.

Palavras-chave: *Albedo, Pavimento asfáltico, Temperatura superficial, Termografia.*

ABSTRACT

High temperatures influence the comfort conditions in urban areas. As a result, the asphalt pavement, being an impermeable and dark colored material, has aggravated this scenario. Because, among some variables, coloring plays an important role in the accumulation of heat on the surface. Therefore, the objective of this work is to compare the surface temperature between a floor covered with blue latex paint and a conventional floor. For this, thermocouples and thermographic images were used in the instrumentation stage, both for collecting surface temperature and for characterizing the location. When evaluating the properties of the material, the results showed that there is a variation in albedo on average of 7% between floors. In addition, the surface temperature varied between 1 to 1.5 ° C, under the same collection conditions between the two types of pavement. Finally, it is noticed that the conditions of surface wear, as well as the variation in albedo as a function of color, were determinant in the temperature variation.

Keywords*: Albedo, Asphalt pavement, Surface temperature, Thermography.*

KOWALSKI, Luiz Fernando; MENIM, Bruna Fernanda; SOUZA, Josiane A. Peniche; RÍSPOLI, Ítalo Alberto Gatica. Influência do tratamento superficial na temperatura de pavimentos asfálticos urbanos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças inerentes ao crescimento das cidades têm trazido implicações no microclima das áreas urbanas. De acordo com Jesus (1995) e Cantat (2004), a modificação do espaço, as edificações com suas formas compostas por vértices, redução das áreas verdes, excesso de veículos nas ruas, assim como impermeabilização do solo, são os agentes responsáveis por partes das alterações que ocorrem na temperatura.

Carpio (2014) descreveu que áreas pavimentadas podem chegar até 45% da superfície de uma cidade, uma variável importante quando se busca causas de aumento da temperatura nas áreas urbanas. Além disso, os revestimentos asfálticos podem atingir até 65°C durante o dia, parte da energia armazenada pela superfície asfáltica é devolvida para o ambiente externo.

Esse calor armazenado é o resultado da incidência de radiação de onda curta durante o dia. Prado e Ferreira (2005) descrevem que as ondas eletromagnéticas podem sem classificadas em função de seu comprimento de onda. No espectro solar, elas podem pertencer à faixa do Visível, Ultravioleta ou Infravermelho. Sendo a radiação ultravioleta a parte responsável pelo envelhecimento dos materiais e a radiação infravermelha pela variação da temperatura.

De acordo com Doulos, Santamouris e Livada (2004), o desempenho térmico dos materiais são determinados por suas características de absortância e refletância, a qual varia em função da coloração da superfície. A refletância solar, ou albedo é a fração de radiação solar incidente, que reflete ao entrar em contato com a superfície.

O valor do albedo sofre alterações durante o dia, em função da variação do ângulo de incidência da radiação solar. Este valor é mais alto e variável pelo início da manhã e fim de tarde, e mais baixo e relativamente constante entre 9h e 15h (GIORDANO; KRÜGER, 2013).

Gilbert, Mandel, Levinson (2015) abordaram em sua pesquisa o uso de pavimentos e telhados frios, vegetação urbana e outras tecnologias semelhantes, no contexto do estado da Califórnia, como um caminho na tratativa de problemas urbanos relacionados às elevadas temperaturas.

Devido ao aumento das temperaturas nas cidades, às alterações no microclima, e das condições de conforto urbano, determinado município do interior do estado de São Paulo tomou uma decisão. Por uma decisão da iniciativa privada vinculada ao poder público sem conhecimento técnico, foi realizado um experimento no pavimento de uma via local, ao aplicar tinta látex na cor azul como tratamento superficial. O intuito seria melhorar as condições de conforto térmico dos estabelecimentos em frente ao local do experimento. No entanto, não se sabe o impacto dessa intervenção urbana.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho é comparar a temperatura superficial entre um pavimento revestido com tinta látex azul e um pavimento convencional. A fim de identificar a influência dos tratamentos superficiais no desempenho da superfície pavimentada.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

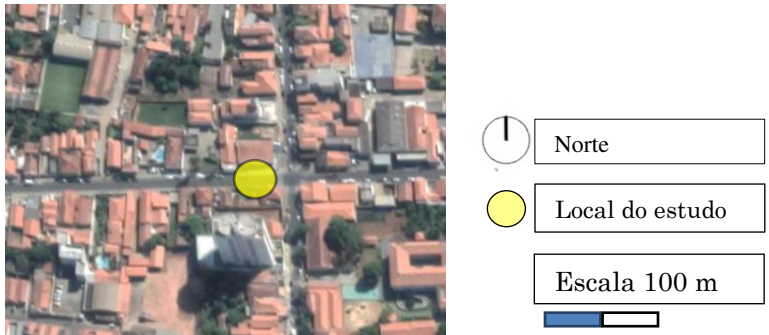
A pesquisa consiste em um trabalho experimental e pode ser dividida em três etapas principais:

- Caracterização do local de estudo;
- Estimativa do albedo das superfícies;
- Coleta de dados de temperatura.

2.1 Caracterização do local

A cidade de Tietê está situada na região Sudoeste (SO), do interior do Estado de São Paulo, nas coordenadas -23,1123 e -47,7229, conforme apresentado na Figura 1 e possui um clima subtropical úmido (Cwa), segundo a classificação de Köppen-Geiger.

Figura 1 - Imagem por satélite, Tietê- SP



Fonte: Google Earth Pro (2020).

O local da pesquisa possui uma faixa da superfície pintada com tinta látex azul a base de água com 3,10 m de largura e 8,44 m de comprimento, totalizando uma área de 25,742 m², localizada na região central. Além disso, devido à abrasão causada pelo tráfego de veículos e acúmulo de poeira, nos dias das pesquisas a tinta estava desgastada, como é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Local da Pesquisa: pavimento revestido com tinta látex azul



Fonte: Os autores.

2.2 Estimativa do albedo das superfícies

A estimativa do albedo da superfície foi realizada através do Espectrômetro Portátil Alta II. O equipamento fornece valores de tensão (mV), os quais matematicamente são transformando em refletância (%), conforme Muniz-Guell; Pezzuto, (2018).

O equipamento tem como base teórica de funcionamento o espectro eletromagnético e as propriedades radiantes de superfícies opacas, previstas na norma ASTM E1980-11 (2019). Possui onze lâmpadas, as quais emitem onze tipos de comprimento de onda, em uma frequência entre 490 nm a 940 nm, sete deles se

encontram na região do visível e quatro na faixa do infravermelho e possui uma estimativa de erro máximo de ± 0,10 (para variância de 0 - 1) em superfícies planas com tintas convencionais (PEREIRA, MARINOSKI, LAMBERTS, GÜTHS e GHISI, 2017).

2.3 Coleta de dados de temperatura

A coleta de dados foi realizada em campo, durante o período do verão. Os dias tomados para a análise de dados foram aqueles que apresentaram vento fraco (velocidade inferior à 2 m/s) e céu aberto (índice de claridade atmosférica kt>0,5).

Além disso, os equipamentos foram instalados em um local onde não haveria obstrução do fluxo de ar e sombreamento. A coleta de dados foi realizada de forma automática a cada 1 minuto com os equipamentos apresentados na Tabela 1.

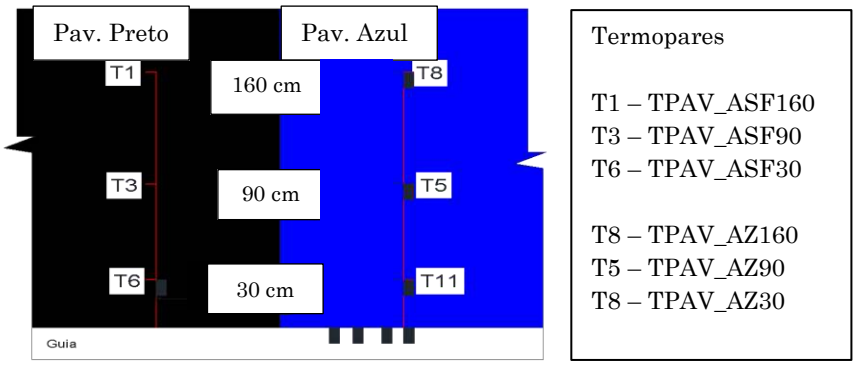
Tabela 1 – Lista de equipamentos

Materiais	Marca/ Modelo	Variáveis
Espectrômetro Portátil	ALTA II	Albedo do pavimento
Anemômetro	Instrutherm/ AD – 250	Direção e velocidade do vento
6 Sensores de Temperatura	DS18b20 Tipo Sonda	Temperatura Superficial do Pavimento
Câmera termográfica	Fluke / Ti 400 9 Hz	Temperatura Superficial
Termo-higrômetro	HOBO Pro V2 U23-001	Temperatura e Umidade do ar
Bússola Digital	Aplicativo	Determinação do Norte Magnético
WR-Plot	Lakes Environmental	Traçado do Vento Predominante

Fonte: Os autores

Os sensores foram instalados em seis pontos no total. Sendo, três na superfície do pavimento convencional e três sobre o pavimento com tratamento superficial, a uma distância de 30 cm, 90 cm e 160 cm em relação à sarjeta. Os sensores de cada cenário foram afastados a uma distância de 120 cm horizontalmente, conforme apresentado na Figura 3.

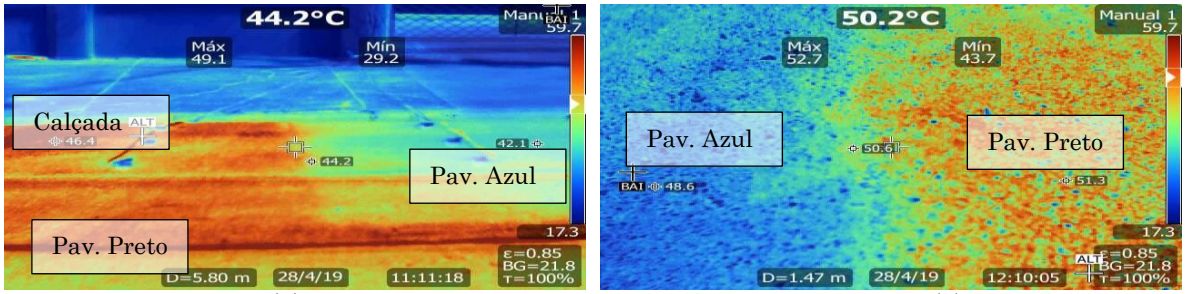
Figura 3 – Distribuição dos sensores sobre os pavimentos



Fonte: Os autores.

A coleta de imagens termográficas foi feita de hora em hora, considerando o mesmo ponto de referência. O objetivo era monitorar o sombreamento e as regiões de transição de material, como o ponto entre a sarjeta e o asfalto (Figura 4a), o ponto de transição entre o pavimento convencional e com tratamento superficial (Figura 4b).

Figura 4 – Pontos de avaliação por termografia



(a) (b)

Fonte: Os autores.

3 ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise de resultados está dividia em três seções:

- Fluxo de ar
- Albedo
- Temperatura superficial

3.1 Fluxo de ar

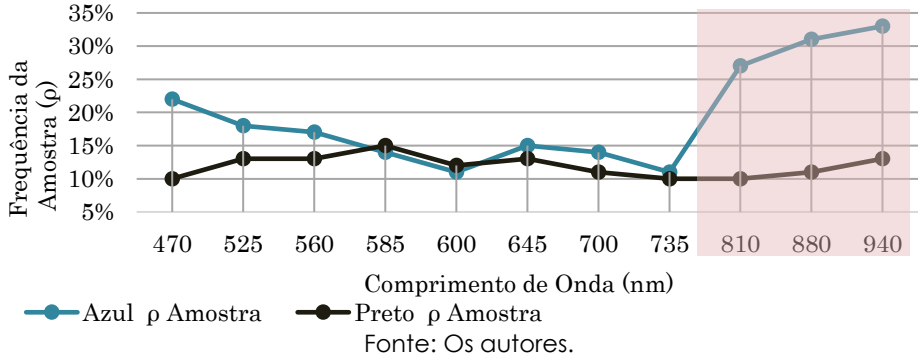
Através dos dados do anemômetro e do *software* WR-Plot, foi possível determinar a direção do vento médio predominante era proveniente da direção leste. Percebe-se também, que os ventos tiveram uma velocidade média máxima 2,53 m/s e uma velocidade média mínima de 0,31 m/s e incidiram de forma paralela às paredes do cânion urbano.

3.2 Albedo

A refletância de um material pode ser alterada por vários aspectos, como composição, direção dos raios solares e textura da superfície, segundo Carpio (2014), os valores da refletância podem variar dependendo do desgaste do material, descoloração da superfície e envelhecimento.

O resultado da refletância (ρ) para o pavimento com superfície azul foi de 0,18 e absortância (α) de 0,82, já o pavimento de superfície convencional obteve a refletância (ρ) 0,11 e absortância (α) de 0,89. É apresentado na Figura 5, a refletância espectral de duas amostras de pavimento asfáltico, uma com tratamento superficial na coloração azul e outro convencional.

Figura 5 – Refletância espectral das amostras



Fonte: Os autores.

Percebe-se que a curva de refletância do pavimento azul está acima do pavimento sem tratamento superficial, o que implica em uma maior refletância solar.

Na região visível do espectro eletromagnético, o qual corresponde ao comprimento de onda de 380 nm a 780 nm, a refletância espectral do pavimento azul é superior ao pavimento preto, com exceção no intervalo de 585 nm a 600 nm do comprimento da onda, em que há uma inversão desse comportamento.

Na faixa infravermelho do espectro, no comprimento de onda superior a 780 nm, percebe-se nitidamente que a refletância do pavimento azul é superior ao pavimento preto. Castro (2002) descreveu em sua pesquisa que as cores que refletem mais no infravermelho não necessariamente refletem mais no visível, a cor azul reflete pouca luz, porém reflete muito no infravermelho, essa diferença está relacionada ao comprimento de onda e a cor analisada.

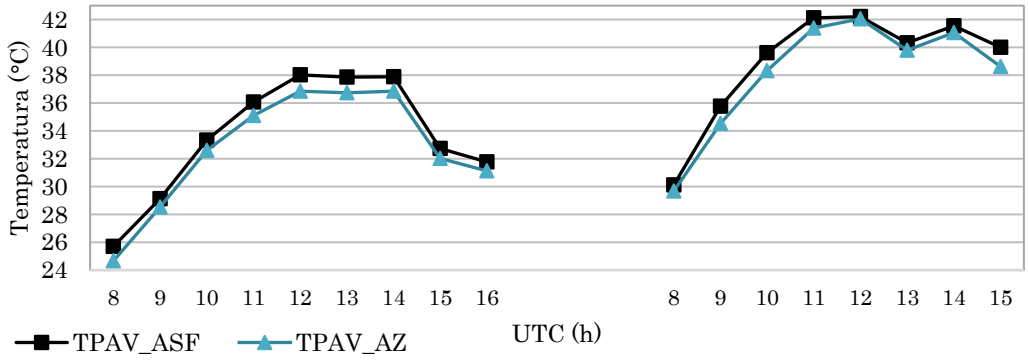
Dornelles e Roriz (2007) comentaram que a maneira mais precisa de medição de refletância na região espectral se encontra na parte do visível, ultravioleta e infravermelha, possibilitando escolher a parte mais interessada dentro da pesquisa.

Sendo assim, ao considerar que a região do infravermelho é aquela que corresponde às alterações no fluxo de calor dos materiais, esta é a região que melhor contribui para a análise das variações térmicas.

3.3 Temperatura superficial

É demonstrado na Figura 6, a comparação de temperaturas dos pavimentos através de cada UTC (*Universal Coordinated Time)* em dois dias de pesquisa.

Figura 6 – Temperatura superficial do pavimento azul e do pavimento preto



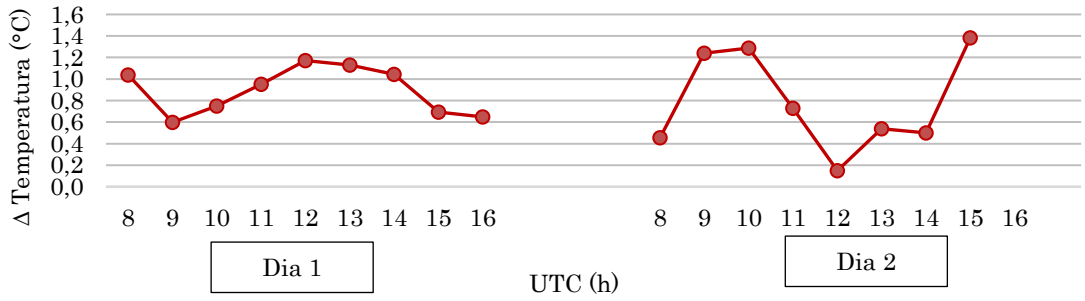
Fonte: Os autores.

Percebe-se que em ambos os dias a temperatura do pavimento asfáltico continuou superior em relação ao pavimento com tratamento superficial devido ao seu menor albedo. E a queda da temperatura devido ao vento que incidiu.

Werneck (2018) em seus estudos constatou que as construções do ambiente urbano podem provocar alterações na velocidade e direção dos ventos, quando se tornam barreiras e canalizações. Para Romero (2013) o vento é uma variável importante, pois o aumento deste pode induzir à perda de calor por convecção.

Na Figura 7 é apresentada a diferença de temperatura entre os pavimentos convencional e com tratamento de superfície.

Figura 7 - Diferença de Temperatura entre os pavimentos Azul e Preto



Fonte: Os autores.

Na Figura 7 percebe-se no primeiro dia de pesquisa que a maior variação da temperatura ocorre próximo ao meio dia, onde a maior variação entre os pavimentos comparados atingiu 1,1°C e no segundo dia a maior variação de temperatura superficial foi de 1,4°C, isso pode ser explicado pelo fato do pavimento asfáltico possuir um menor albedo, que permite uma maior absorção da radiação incidente.

Carpio (2014) descreveu que a espessura das camadas do pavimento também pode ter influência na sua temperatura superficial, pois um pavimento com uma maior espessura terá um aquecimento demorado durante o dia, e durante a noite também liberará a energia de forma lenta.

Ao calcular e analisar a diferença média de ambos os dias de pesquisa percebe-se que a diferença média não ultrapassou 1,1°C, esse resultado pode ser explicado pela tonalidade da tinta utilizada. Dornelles (2008) em sua pesquisa testou a refletância de alguns tons de azul e apesar de terem sua tonalidade parecida, apresentaram valores de refletância diferente. A autora ainda explicou que o fator principal para definir se uma tinta possui alta refletividade é a região infravermelha que possui 50% da energia proveniente dos raios solares incidentes.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo avaliar a variação de temperatura entre um pavimento asfáltico convencional e outro com tratamento superficial. Para isso, foram realizadas coletas de temperatura, bem como estimados os valores de albedo de cada objeto de estudo através do espectrômetro portátil Alta II. Os pavimentos foram expostos às mesmas condições de temperatura, livres de sombreamento, vento fraco e em vias com a mesma orientação geográfica.

Os resultados obtidos através dos ensaios, apresentaram uma refletância de 11,6% para o pavimento asfáltico convencional 18,5% para o pavimento com tratamento superficial. Esses valores sofrem alterações devido ao envelhecimento da superfície e desgaste da tinta, devido à abrasão causada pelo tráfego de veículos e exposição à radiação ultravioleta.

Percebe-se também que o pavimento com tratamento superficial de tinta látex azul apresentou uma variação de temperatura superficial de aproximadamente 3,4% inferior ao pavimento asfáltico convencional.

Sendo assim, percebe-se que ao utilizar a tinta látex à base de água como tratamento superficial, há uma melhora instantânea na redução da temperatura de superfície. Entretanto, é necessária uma manutenção constante da superfície tratada. Percebe-se também que a diminuição da temperatura superficial não é

proporcional a taxa de refletividade.

Desta forma, para trabalhos futuros sugere-se a investigação de outros tipos de tratamento superficial, materiais reflexivos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E1980-11: Standard practice for calculating solar reflectance index of horizontal and low-sloped opaque surfaces**. West Conshohocken, 2019.

CANTAT O. L'îlot de chaleur urbain parisien selon les 'types de temps'. **Norois. Environnement, aménagement, Société**, n.191, p.75-102, 2004.

CARPIO, J, A, V. **Uso de pigmentos de óxidos de metais mistos na pavimentação para a mitigação da ilha de calor urbana**. Florianópolis. 437 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

CASTRO, A. P. A. S. **Análise da refletância de cores de tintas através da técnica espectrofotométrica.** 2002. 183p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. Método alternativo para identificar a absortância solar de superfícies opacas. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 109-127, jul./set. 2007.

DOULOS, L.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. **Solar Energy**, v. 77, n. 2, p. 231–249, 2004.

GILBERT, H; MANDEL, B. H.; LEVINSON R. Keeping California cool: Recent cool community developments. **Energy and Buildings**, v. 114, p. 20-26, 2016

GIORDANO, D. E.; KRÜGER, E. Potencial de Reduação da Temperatura de Superfície pelo Aumento do Albedo nas Diversas Regiões Brasileiras. Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo, n.11, p.13-22, 2014.

JESUS, E.F.R. **Espaço, tempo e escala em Climatologia**. São Paulo. 217 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1995.

MUNIZ-GÄAL, L. P.; PEZZUTO, C.C.; CARVALHO, M. F. H. de; MOTA, L. T. M. Eficiência térmica de materiais de cobertura. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.18, n.1, p.503-518, jan./mar.2018.

PEREIRA, C. D.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S.; GHISI, E. Avaliação experimental do espectrômetro Alta II e sua aplicação na normatização brasileira. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 110-121 ,out./dez. 2017.

PRADO, R. T. A.; FERREIRA, F. L. Measurement of albedo and analysis of its influence the surface temperature of building roof materials. **Energy and Buildings**, v. 37, n. 4, 2005. p. 295–300, 2005.

ROMERO, M.A.B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Brasília: Editora Unb, 2013. 128p.

WERNECK, D. R.; ROMERO, M. A. B. **Estratégias de Mitigação das Ilhas de Calor Urbanas: Estudo de Caso em Áreas Comerciais em Brasília- DF**. 2008. 134 f. Dissertação (Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.