

## INFLUÊNCIA DO ALBEDO NA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO URBANO

### INFLUENCE OF ALBEDO ON URBAN ASPHALTIC FLOOR SURFACE TEMPERATURE

#### RESUMO

As altas temperaturas influenciam o conforto térmico dentro das áreas urbanas. O pavimento asfáltico, por ser um material impermeável e de cor escura, tem aumentado esse problema. As cores têm uma grande influência quando se trata de absorver ou refletir calor. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a variação da temperatura superficial em pavimentos com diferentes albedos por meio de sensores de medição superficial com auxílio de imagens termográficas. Para isso, foi necessário caracterizar o clima local para justificar os resultados. Os resultados demonstraram que a diferença entre a refletância dos pavimentos foi de 7%. Logo, a diferença entre a temperatura superficial do pavimento variou entre 1 a 1,5 °C, devido a tonalidade, o envelhecimento da superfície e ao desgaste da tinta látex causado pela abrasão dos veículos.

**Palavras-chave:** Pavimento asfáltico, Temperatura de superfície, Termografia, Absortância, Refletância.

#### ABSTRACT

High temperatures influence thermal comfort within urban areas. Asphalt pavement, being a waterproof and dark colored material, has increased this problem. Colors have a big influence when it comes to absorbing or reflecting heat. Therefore, the objective of this work is to analyze the surface temperature variation in pavements with different albedo by means of surface measurement sensors with the aid of thermographic images. For this, it was necessary to characterize the local climate to justify the results. The results showed that the difference between the reflectance of the pavements was 7%. Therefore, the difference between the surface temperature of the pavement ranged from 1 to 1.5 °C, due to the hue, the surface aging and the latex paint wear caused by the abrasion of the vehicles.

**Keywords:** Asphalt pavement, Surface temperature, Thermography, Absorbance, Reflectance.

#### Josiane Aparecida Peniche Souza

Engenheira Civil, Centro  
Universitário Adventista de  
São Paulo. E-mail:  
josiane.peniche@gmail.com

#### Bruna Fernanda Menim

Engenheira Civil, Centro  
Universitário Adventista de  
São Paulo. E-mail:  
brunamenin@yahoo.com.br

#### Luiz Fernando Kowalski

Doutorando pela  
Universidade Federal de São  
Carlos. Mestre em  
Engenharia Urbana pela  
Universidade Federal de São  
Carlos. Professor associado  
ao curso de Engenharia Civil  
no Centro Universitário  
Adventista de São Paulo.  
E-mail:  
luizfernando.lfk@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças exercidas no meio urbano em relação às construções têm causado modificações nos microclimas 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 do ar.

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. O autor ainda comentou que revestimentos asfálticos podem atingir até 65°C durante o dia, parte da energia armazenada pela superfície asfáltica é devolvida para o ambiente externo.

De acordo com Erel, Pearlmutter e Williamson (2011) a troca de energia que ocorre na superfície é conhecida como balanço energético, seu conceito deriva da primeira Lei da termodinâmica, que afirma que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas é convertida de um estado para outro.

Incropera *et al.* (2007) explicaram a variação de temperatura existente entre os corpos ou entre um corpo e um ambiente, como uma transferência de calor. Elas podem estar trocando energia entre si ou entre meios diferentes, o processo de transferência de calor são: radiação, condução e convecção.

Conforme Holst (2000) o processo de condução é direto, devido ao calor que estimulam o movimento dos átomos, em que eles se colidem com outros, transferindo assim, parte de sua energia. A convecção transmite calor (energia) através do movimento dos fluídos, líquidos ou gasosos, e condução molecular (SILVA, 2006).

Segundo Carpio (2014), radiação solar é a energia emitida pelo sol que percorre a atmosfera através de ondas eletromagnéticas, todas em mesma velocidade. Ferreira e Prado (2003) descrevem que partes dessas ondas solares podem ser classificadas como radiação visível, ultravioleta e infravermelha.

Os autores ainda explicam que a parte chamada luz visível, como o próprio nome diz, é aquela que pode ser detectada pelo olho humano em forma de cores. A radiação ultravioleta é a parte responsável pelo envelhecimento de materiais e doenças cancerígenas na pele em seres humanos, já a radiação infravermelha tem sua principal ação relacionada ao calor, ou seja, térmica.

De forma geral, parte da energia emitida pelo sol é refletida e outra parte é absorvida. Esta energia absorvida é devolvida gradualmente para o exterior ou interior do ambiente na forma de calor (SILVA, 2006). E para que o calor seja conduzido é essencial a presença de dois corpos em temperaturas distintas, pois, por meio da movimentação das moléculas da superfície a energia é lançada no espaço até se chocar com uma superfície opaca, em que uma parcela da mesma é absorvida

e a outra é refletida (ISQ, 2000).

Uma das maneiras de reduzir o problema de aquecimento nas superfícies expostas à radiação solar, conforme Cadorin e Mello (2011), está na implantação dos espaços verdes nas cidades, pois amenizam os efeitos causados pela urbanização, diminui a poluição atmosférica e sonora, melhorando o microclima.

Gilbert, Mandel, Levinson (2015) descreveram que devido ao agravante problema atual de elevadas temperaturas, uma escola em Los Angeles na Califórnia elaborou medidas inovadoras e imediatas de redução da radiação solar, utilizando telhados frios, pavimentos frios, paredes frias e vegetação urbana.

De acordo com Doulos, Santamouris e Livada (2004), o desempenho térmico dos materiais é determinado por suas características de absorvância (capacidade de absorver os raios solares que chegam a superfície) e refletância (taxa de radiação solar que reflete ao entrar em contato com a superfície, também conhecida como albedo), dependendo da coloração da superfície.

O valor do albedo varia durante o dia, em função da variação do ângulo de incidência da radiação solar, sendo este valor 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).

Com o intuito de reduzir o albedo, Cheng (2004) realizou experimentos em Hong Kong, em que se mediu as temperaturas de dois protótipos com cores diferentes, chegando à conclusão que a absorvância de cores escuras é muito maior do que cores claras.

Dornelles (2008), comentou que em relação às cores, o mercado de tintas possui uma vasta diversidade principalmente para a estética das edificações. O cliente, ao escolher uma delas, usufruiu dessa diversidade através de seu discernimento visual, pois não possui o conhecimento dos efeitos causados quando aplicada em determinada superfície. Isso deve-se fato que os fabricantes em sua maioria não disponibilizam valores de absorção e reflexão das tintas, e quando encontrados, esses valores estão desatualizados e sem precisão.

Conforme Nasarudin e Shafri (2011) as mudanças na refletância espectral dos pavimentos urbanos acontece devido ao desgaste do mesmo, por meio da poeira, poluição, borracha, óleo, água e marcas de pneu.

De acordo com Gartland (2008) e Durán, Prado e Filho (2013) pavimentos convencionais de asfalto possuem valores de refletância diferentes. Dependendo de sua idade, pavimentos desgastados podem apresentar refletâncias maiores que os novos. Opções de tratamento superficial ou de inclusão de partículas coloridas no asfalto podem ser levadas em consideração quando se pensa em aumento de refletância para pavimentos.

Santamouris (2013) descreveu que pavimento frio é diferente do Concreto Betuminoso Usinado Quente (CBUQ), pois apresenta uma alta refletividade, capacitando a amortização da energia solar e térmica. Os pavimentos frios são baseados principalmente no uso de superfícies com porcentagens altas de albedo à radiação solar.

Gilbert, Mandel, Levinson (2015) afirmaram em seu experimento na escola de Los Angeles que os revestimentos de vedação convencionais em pavimentos asfálticos se baseiam em superfícies de base e, portanto, normalmente são de cor preta, variando na refletância solar inicial de 0,05 a 0,15. Os revestimentos de pátio da escola protegem o sistema de pavimento e fornecem uma superfície mais reflexiva, com valores de refletância solar entre 0,31 e 0,44.

Devido ao aumento das temperaturas nas cidades, às alterações no microclima, e das condições de conforto urbano, uma iniciativa privada vinculada ao poder público sem conhecimento técnico, implantou um experimento no pavimento asfáltico através da aplicação de látex na cor azul como tratamento de superfície, visando melhorar o conforto térmico do estabelecimento em frente ao local do experimento.

Sendo assim, o objetivo desse estudo é analisar a variação da temperatura superficial em pavimentos com diferentes albedos, por meio de sensores de temperatura (termopar), imagens termográficas, direção do vento, umidade relativa do ar e medição da taxa de refletância e absorvância da superfície.

## 2 MATERIAL E MÉTODO

A pesquisa se enquadra na categoria experimental e está dividida em três partes: caracterização do ambiente, coleta de dados em campo e por fim, a análise e discussão de resultados.

### 2.1 Materiais

Os equipamentos utilizados para etapa de instrumentação da pesquisa estão relacionados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Lista de equipamentos

<b>Materiais</b>	<b>Marca/ Modelo</b>	<b>Variáveis</b>
Espectrômetro Portátil	Lunar and Planetary Institute / ALTA II	Refletância e absorvância do pavimento
Anemômetro	Instrutherm/ AD – 250	Direção e velocidade do vento
Seis 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
WRPlot	Lakes Environmental	Traçado do Vento Predominante

**Fonte:** Autores (2019).

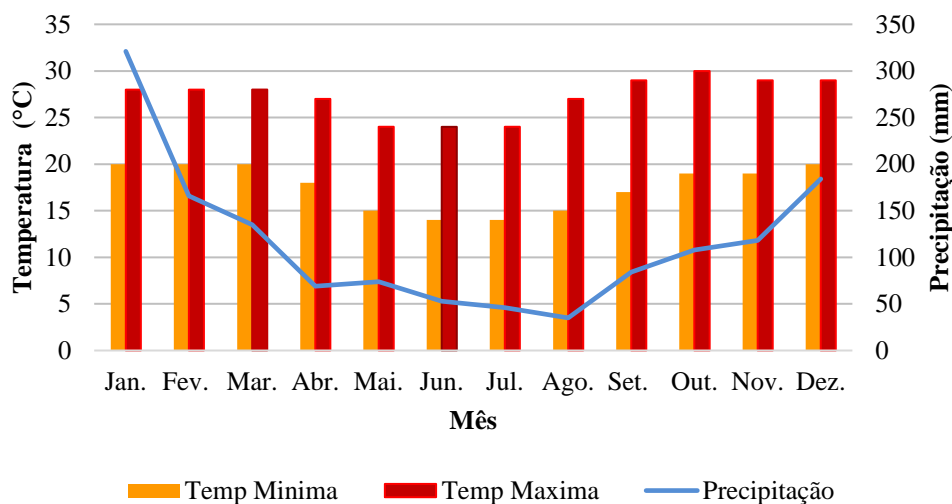
\* Hardware e software denominado “Coletor de Dados JVI” projetado em 2017 e produzido em 2018 pelo professor Dr. Ítalo Alberto Gatica Ríspoli e o acadêmico Victor Paulo Nunes Teixeira, no programa de bolsa de iniciação científica do Centro Universitário Salesiano de São Paulo – UNISAL CDB Americana SP, com patrocínio da empresa privada a Atual Indústria e Comércio de Aquecedores Solares Ltda. cuja principal função é medir, armazenar e transmitir dados climatológicos e ambientais com flexível interfase para o usuário. Equipamento este, que foi apresentado operando em 2018 na amostra científica Salesiana de Lorena SP, e recentemente em 2019 contra apresentado como complemento um solarímetro digital, também operando. Todas as produções desta tecnologia para medição do meio ambiente, foram previamente testadas, aferidas e calibradas.

## 2.2 Caracterização do da área de estudo

A cidade de Tietê está situada a 482 metros de altitude e tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 23° 6' 44" Sul, Longitude: 47° 43' 22" Oeste.

O local em estudo se classifica em uma zona climática (LCZ) 7, composta por pouca vegetação, em que predomina as áreas impermeáveis como o pavimento asfáltico e as baixas construções. As LCZs representam um conjunto de classificação da morfologia externa, em que o local analisado seja representado de acordo com a realidade aproximada (STEWART; OKE, 2012). Para complementar a caracterização do local é apresentada na Figura 1 dados climatológicos de precipitação e temperatura anual, fornecido pelo site Climatempo (2019). O gráfico apresenta a média mensal dos últimos 30 anos, sendo possível a identificação dos períodos mais chuvosos e secos, além dos mais quentes e frios da região.

**Figura 1:** Normais climatológicas



Fonte: Climatempo (2019).

As informações contidas na Figura 1 confirmaram que as temperaturas mínimas se encontram entre os meses de maio a agosto, sendo essa a melhor época para a coleta de dados, pois ocorrem os menores índices de precipitação.

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 m<sup>2</sup>, localizada na Rua do Comércio, em frente à secretaria do meio ambiente e agricultura do município. 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 – Rua do Comercio, Tietê- SP – (a) pavimento revestido com tinta azul (b) fachada geral do local.



**Fonte:** Autores (2019).

### 2.3 Coletas de dados

A aquisição de dados da pesquisa ocorreu nos dias 22 de março e 28 de abril do ano de 2019. Pelo fato da cidade não ter uma estação meteorológica nas bases oficiais, foram instalados equipamentos para coleta de dados de temperatura, umidade do ar, velocidade e direção do vento, com o auxílio do equipamento denominado Coletor de Dados JVI.

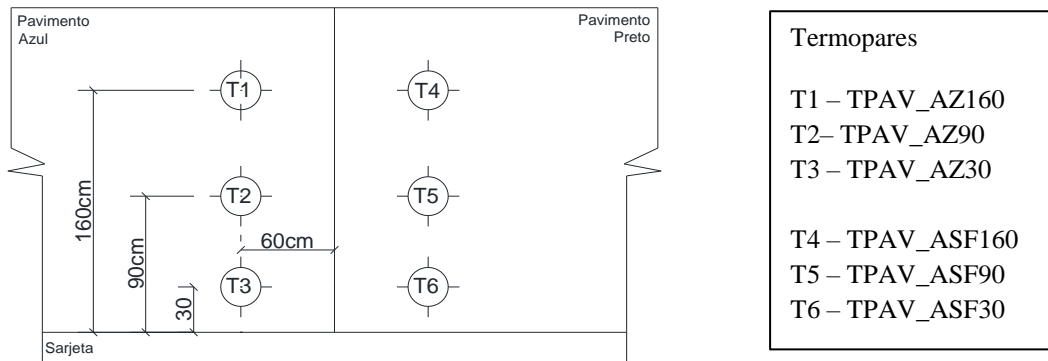
Para a medição de temperatura superficial foi utilizado os sensores de temperatura (termopares), para a umidade relativa e temperatura do ar foi utilizado o termo-higrômetro e para a coleta de dados de direção e velocidade do vento foi utilizado um anemômetro, com aquisição de dados de minuto a minuto.

Os dias de pesquisas foram selecionados de acordo com a meteorologia, com o objetivo de ter dias ensolarados para uma melhor análise dos resultados. Além disso, todos os equipamentos foram instalados em locais onde não houvesse interferência de objetos ao redor.

Cortizo, Barbosa e Souza (2008) comentaram que todo corpo com temperatura acima do zero absoluto emite radiação e está pode ser identificada utilizando imagens termográficas ou sensores de Temperatura.

Os termopares foram instalados em 6 pontos, 3 pontos no pavimento preto e 3 pontos no pavimento azul, com uma distância vertical de 30 cm, 90 cm e 160 cm da sarjeta respectivamente, com uma distância horizontal de 120cm, conforme apresentado na Figura 3.

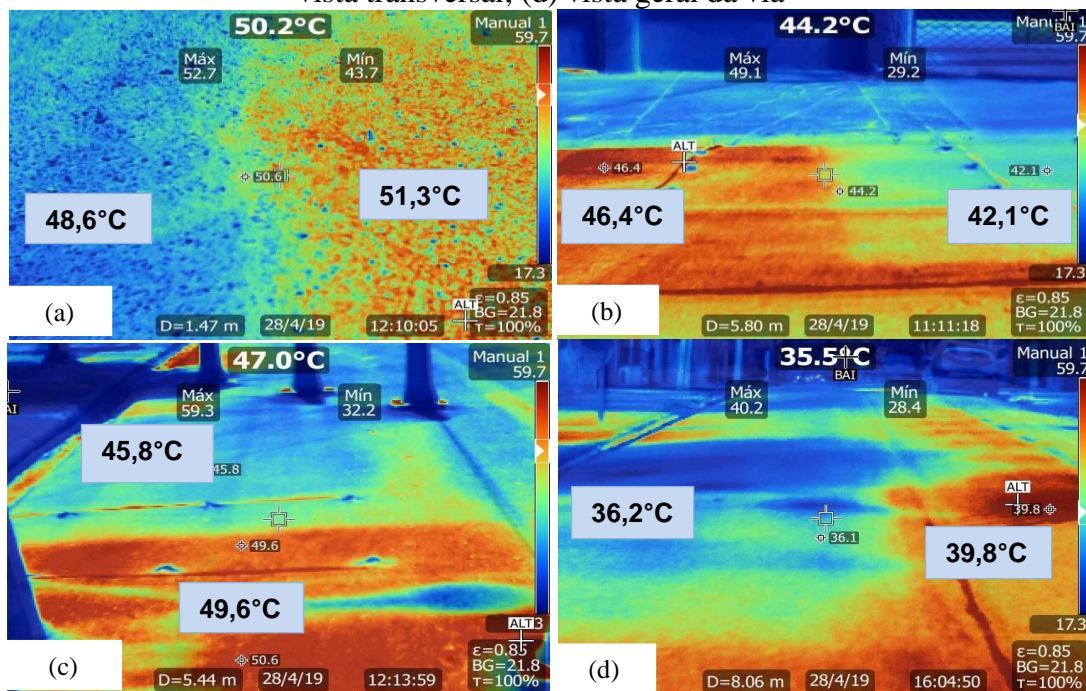
**Figura 3:** Esquematização da localização dos termopares.



Fonte: Autores (2019).

Após a instalação dos termopares, foram coletadas imagens termográficas a cada hora, sempre levando em consideração um ponto de referência, por exemplo, a transição de uma cor para a outra, a sarjeta, e a calçada oposta a faixa com tinta azul analisada, com o objetivo de considerar o efeito do sombreamento e auxiliar a análise de resultados, através de uma representação gráfica das temperaturas das superfícies, conforme apresentado na Figura 4.

**Figura 4:** Câmera Termográfica - (a) divisa entre o pavimento convencional e pavimento revestido com tinta látex azul; (B) visão geral de comparação infravermelha e localização dos termopares; (c) vista transversal; (d) vista geral da via



Fonte: Autores (2019).

Pode-se perceber na região esquerda na Figura 4.a que a temperatura superficial instantânea do pavimento asfáltico convencional possui uma diferença de 2,7°C a mais em relação ao pavimento com superfície tratada, isso pode ser explicado pela diferença do albedo, pois nesse caso a superfície com coloração escura absorveu mais energia que a superfície de coloração clara.

Percebe-se que na região da direita na Figura 4.b a temperatura da superfície azul é inferior em relação ao pavimento asfáltico. Os marcadores indicam uma diferença na temperatura instantânea de aproximadamente 4°C, o que pode ser justificado pela diferença no valor da refletância da superfície devido à coloração ou material.

Além disso, percebe-se que o sombreamento da árvore provoca um resfriamento da superfície conforme mostrado nas figuras 4.c e 4.d, por isso há uma variação de temperatura de até 27 °C entre a máxima e a mínima. Carpio (2014) descreveu que a vegetação diminui a temperatura por meio da transpiração das plantas, evaporação da umidade do solo e por sombreamento.

Rosenfeld *et al* (1995) relatou que a implantação de vegetação é essencial para a mitigação de temperatura do ar e de superfície, mas é necessário um período para que as árvores atinjam um tamanho adequado. Ele também ressalta que a implantação de cores com alto valor de albedo traz benefícios imediatos, porém é necessário a manutenção constante.

A fim de ampliar a análise de resultados e caracterizar a superfície do pavimento, foram determinadas algumas propriedades radiantes, como a absorptância e refletância. O ensaio foi executado através do espectrômetro.

O espectrômetro fornece valores de tensão (mV), os quais matematicamente são transformando em refletância (%), conforme Muniz-Gäll; Pezzuto, (2014).

O equipamento tem como base teórica de funcionamento o espectro eletromagnético e as propriedades radiantes de superfícies opacas. 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.

Em ambos os dias de pesquisas foram realizadas coletas de dados para o cálculo de absorptância e refletância, para que houvesse uma maior confiança nos resultados obtidos.

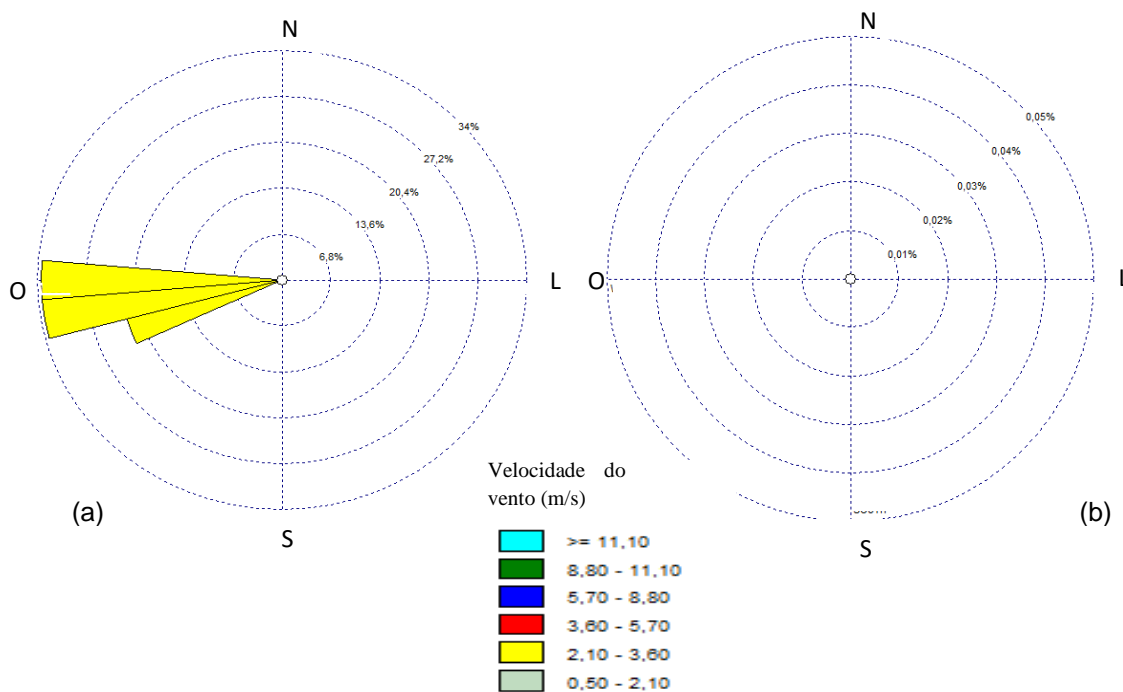
### **3 ANÁLISE DE RESULTADOS**

A análise dos resultados será em função das propriedades radiantes da superfície pavimentada. Em seguida, será feita uma relação dessas propriedades à variação de temperatura e das condições do microclima.

#### **3.1 Vento**

Após inserir os dados obtidos pelo anemômetro no *software* WRplot, foi possível determinar a direção do vento médio predominante, através do gráfico Rosa dos Ventos, apresentado na Figura 5, além de verificar que os ventos tiveram uma velocidade média máxima 2,53 m/s e uma velocidade média mínima de 0,31 m/s.

**Figura 5:** Rosa dos ventos - (a) Primeiro dia; (b) segundo dia



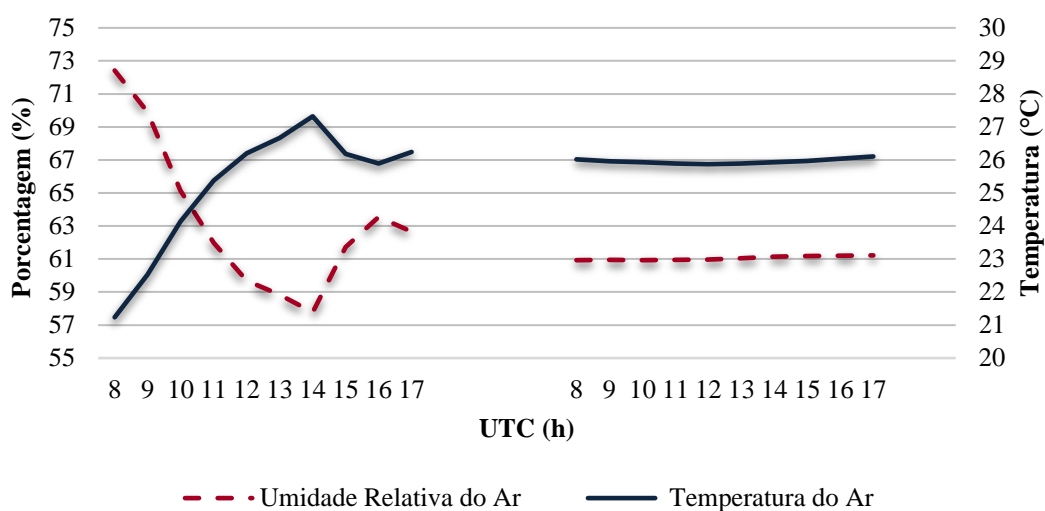
**Fonte:** Autores (2019).

Pode-se observar que a Figura 5.a e 5.b, são completamente opostas, no primeiro dia houve ventos médios no sentido NO e SO, enquanto no segundo dia os ventos médios não chegaram a atingir a velocidade média de 0,50 m/s.

### 3.2 Umidade Relativa e Temperatura do Ar

Por meio do Termo-Higrômetro foi possível analisar a umidade relativa e temperatura do ar, conforme apresentado na Figura 6.

**Figura 6:** Umidade Relativa e Temperatura do Ar



**Fonte:** Autores (2019)

Nota-se que a temperatura é sempre oposta à umidade do ar, no primeiro dia a temperatura inicia-se baixa com a umidade alta e por volta das 10 horas inverte-se, a temperatura aumenta e a umidade cai, já no segundo dia, pode-se perceber que a temperatura permaneceu acima da umidade relativa e ambos permaneceram constantes.

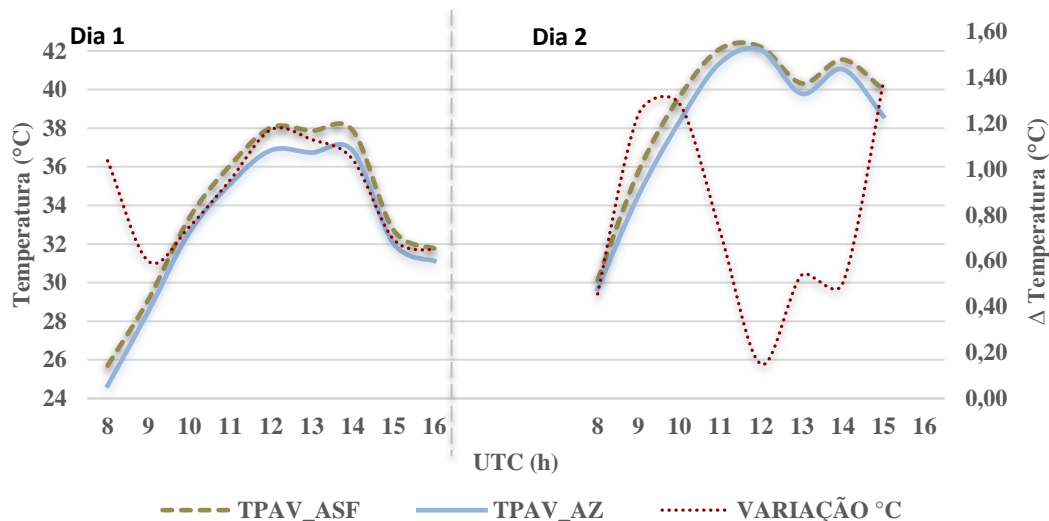
### 3.3 Temperaturas Superficiais

Os sensores de temperatura fazem a aquisição de dados de minuto a minuto, desse modo, para que haja uma melhor compreensão dos resultados, as temperaturas foram reduzidas a UTCs (*Universal Coordinated Time*), ou seja, cada UTC corresponde a exatamente uma hora, todos os valores obtidos das 08h00min à 08h59min da manhã foram classificados como UTC 8 e assim sucessivamente.

Os resultados da pesquisa apresentam divergências nas quantidades de UTCs utilizadas em cada dia. Isso se deve ao fato de que no primeiro dia começou a chover após as 16hs e no segundo dia a chuva começou um pouco antes, assim os equipamentos foram retirados para não serem danificados.

É demonstrado na Figura 7 a diferença e a comparação de temperatura superficial dos pavimentos por meio de cada UTC nos dias de pesquisa. A abreviação de TPAV\_ASF se refere ao pavimento asfáltico convencional e TPAV\_AZ pavimento com aplicação de tinta látex azul.

**Figura 7:** Variação e comparação entre pavimento superfície azul e pavimento convencional de ambos os dias



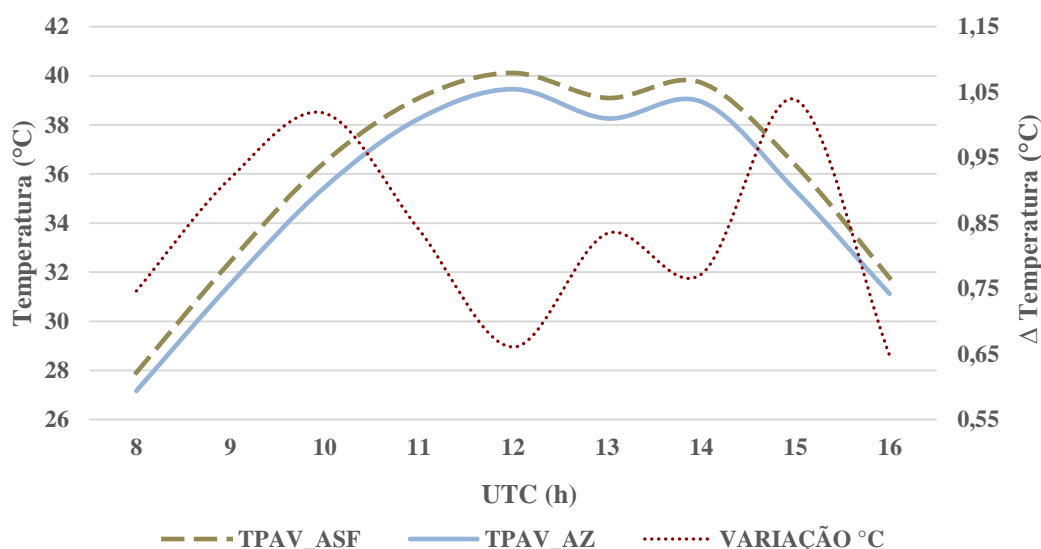
Fonte: Autores (2019).

Percebe-se que nos dois dias as temperaturas do pavimento asfáltico continuaram superiores em relação ao pavimento com tratamento superficial. Pode-se notar que em ambos os dias tiveram comportamentos diferentes após a UTC 12, no primeiro dia as temperaturas permaneceram quase constantes, caindo após a UTC 14 devido ao início da precipitação, e já no segundo dia houve uma quebra brusca de temperatura na UTC 13 e após a UTC 15, a queda de temperatura superficial na primeira UTC pode ser explicado pelo sombreamento de um objeto que estava próximo ao local de pesquisa e na segunda UTC pode ser explicado pelo início da precipitação.

Ainda na Figura 7 percebe-se no primeiro dia que a maior variação da temperatura ocorreu próximo ao meio dia, onde a maior variação entre os pavimentos comparados atingiu 1,1°C. Pode-se observar também que na UTC 9 do primeiro dia houve queda de temperatura superficial, isso também pode ser justificado por interferência da sombra de um objeto que estava protegendo o local de pesquisa.

Para uma maior compreensão dos resultados é apresentado na Figura 8 a diferença e a comparação média entre os dois dias de pesquisa.

**Figura 8:** Variação e a comparação entre pavimento superfície azul e pavimento convencional dos dois dias



**Fonte:** Autores (2019).

Observa-se na Figura 8 que a variação média dos dois dias de pesquisa não ultrapassou 1,1°C de diferença, 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 quase 50% dos raios solares incidentes.

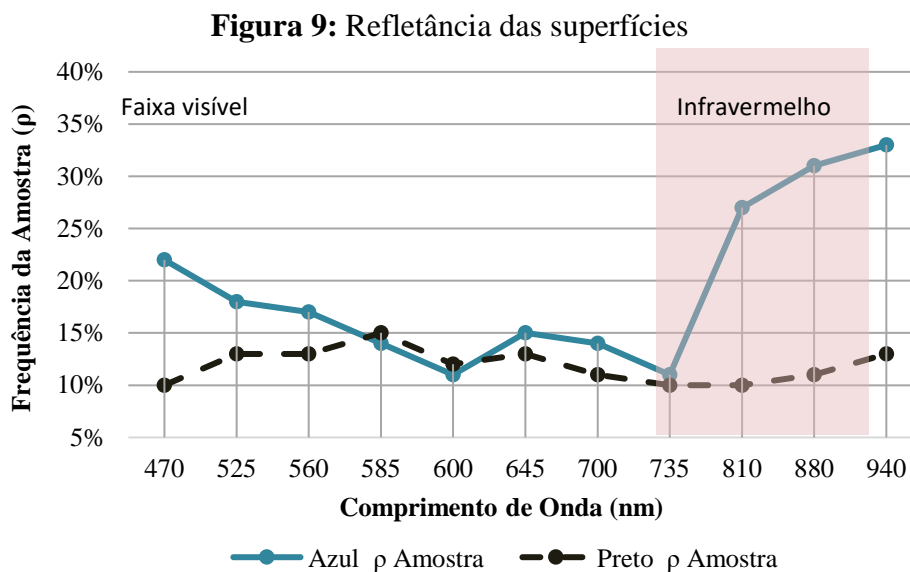
Ainda na Figura 8, percebe-se que a média da temperatura dos dois dias de pesquisa, onde o pavimento asfáltico preto continua com a temperatura maior que o pavimento azul. Isso se deve ao fato que o pavimento preto, por sua coloração escura absorve uma quantidade maior de ondas curtas (raios solares) emitidas pelo sol. As ondas permanecem agrupadas dentro da superfície escura e são liberadas lentamente em forma de ondas longas durante a noite, causando o aumento da temperatura térmica urbana (DORNELLES, 2008).

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

### 3.4 Refletância espectral e solar

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.

É apresentado na Figura 9 a refletância espectral de duas amostras de pavimento asfáltico, uma com tratamento superficial na coloração azul e outro convencional.



Fonte: Autores (2019).

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.

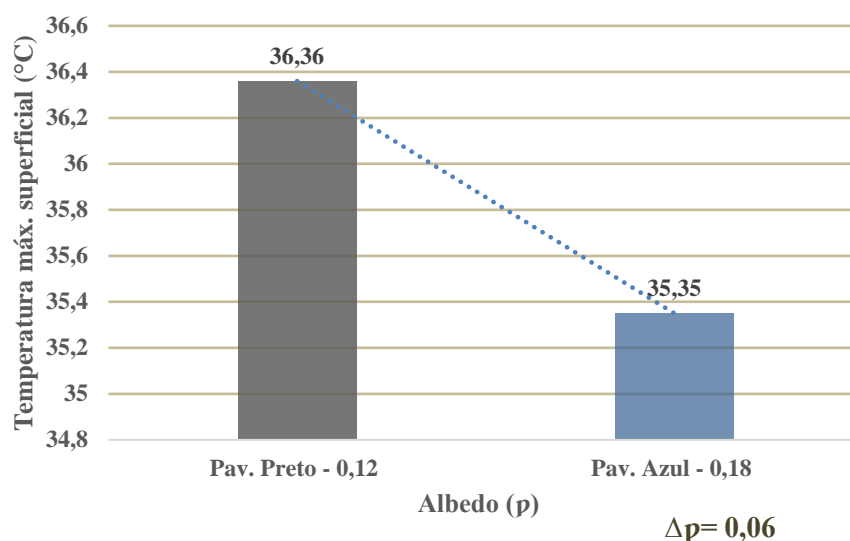
Na faixa infravermelho do espectro, no comprimento de onda superior a 780 nm, percebe-se nitidamente que a refletância do pavimento azul é superior ao pavimento preto. Castro (2002) descreveu em sua pesquisa que as cores que refletem mais no infravermelho não necessariamente refletem mais no visível, 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.

É apresentado na Figura 10 a máxima temperatura superficial dos dois pavimentos em relação aos seus valores do albedo.

**Figura 10:** Relação de temperatura máxima superficial por albedo.



Fonte: Autores (2019).

O resultado da refletância (p) para o pavimento com superfície azul foi de 0,18 e absortância ( $\alpha$ ) de 0,82, já o pavimento de superfície convencional obteve a refletância (p) 0,11 e absortância ( $\alpha$ ) de 0,89, sendo a diferença de albedo (p) de 0,06.

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através do ensaio espectral apresentaram uma diferença de albedo entre os pavimentos de 0,06, com o asfalto preto refletindo 0,12 e asfalto azul refletindo 0,19. Esses valores sofrem alterações devido ao envelhecimento da superfície por meio da abrasão causados pelos carros, e o desbotamento da tinta, devido aos raios ultravioletas.

Percebe-se que através dos gráficos e imagens termográficas que existe uma variação máxima de temperatura de aproximadamente 2,67% quando comparado o pavimento asfáltico convencional e o pavimento asfáltico com tratamento superficial de tinta látex azul. O pavimento preto absorve mais ondas curtas durante o dia, tornando-o mais aquecido que o pavimento azul.

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.

Embora o albedo se relacione diretamente com a temperatura de superfície, ela não é linearmente proporcional ao albedo, sendo assim, levando em consideração o ambiente, o clima e as condições do pavimento a proporção dos resultados encontrados é de que o incremento de 0,1 de albedo implica em uma redução de 1,6°C na temperatura de superfície.

Considerando que o tipo de material e sua rugosidade influenciam na absorção e refletância, para trabalhos futuros sugere-se que a pesquisa seja refeita com outros tipos de tintas, pois estás

possuem diferentes tipos de propriedades em sua composição, ou testar a inclusão de pigmentos diretamente na composição do asfalto, além de realizarem a pesquisa em estações quentes e em outros tipos de vias.

## 5 REFERÊNCIAS

- CADORIN, A. C.; MELLO, N. A. **Efeitos da Impermeabilização dos Solos Sobre a Arborização no Município de Pato Branco.** *Revista Synergismuss certifica UTFPR*. Pato Branco, n° 6. 2011.
- CANTAT O. **L'îlot de chaleur urbain parisien selon les 'types de temps'**. *Norois*, 191, p.75-102
- 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.
- CHENG, V. **Predicting thermal performance of building design in Hong Kong: scale-model measurement and field study.** 2004. 171p. Thesis (Master of Philosophy in Architecture) – The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong. 2004.
- CLIMATEMPO. **Climatologia de Tietê.** Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/568/tiete-sp>. Acesso em 02 de outubro de 2019.
- CORTIZO, E. C.; BARBOSA, M. P.; SOUZA, L. A. C. Estado da Arte da Termografia. **Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 158-193, 2008.
- DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. Método alternativo para identificar a absorvância solar de superfícies opacas. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 109-127, jul./set. 2007.
- DORNELLEZ, K. A. **Absorvância solar de superfícies opacas: Método de determinação e base de dados para tinta látex acrílica e PVA.** 2008. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- 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.
- DURÁN, G. Y. B.; PRADO, D. A.; FILHO, W. P. **Caracterização da refletância espectral de materiais urbanos com uso de Espectrorradiômetro.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 16., Foz do Iguaçu, 2013. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p.8893-8900.
- ERELL, E.; PEARLMUTTER, D.; WILLIAMSON, T. **Urban microclimate: Designing the spaces between buildings.** New York: Taylor & Francis, 2011. 29p.
- FERREIRA, F. L.; PRADO, R. T. A. Medição do albedo e análise de sua influência na temperatura superficial dos materiais utilizados em coberturas de edifícios no Brasil. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo. 2003. *E-book*.
- GARTLAND, L. M. **Heat Islands: Understanding and mitigating heat in urban areas.** Londres: Routledge, 2008. *E-book*.
- GILBERT, H.; MANDEL, B. H.; LEVINSON R. Keeping California cool: **Recent cool community developments.** California, p.1, June, 2015.
- GIORDANO, D. E.; KRÜGER, E. **Potencial de Redução da Temperatura de Superfície pelo Aumento do Albedo nas Diversas Regiões Brasileiras.** In: ENCONTRO NACIONAL E LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., Brasília, 2013.
- HOLST, G. C. **Common sense approach to thermal imaging.** Washington: SPIE Optical Engineering Press, 2000.
- INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentals of heat and mass transfer.** 6th ed. New York: John Wiley & Sons, 2007.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Sistema de Indicadores de Percepção Social.**

Disponível em:  
[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1246&Itemid=68](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1246&Itemid=68).  
Acesso em: março 2019.

ISQ. **Térmica dos Edifícios**. Instituto de Soldadura e Qualidade, Oeiras, 2000.

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-GÄLL, L. P.; PEZZUTO, C. C. **Medições de refletância através do espectrômetro portátil alta II**. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INVAÇÃO, 4., Campinas, 2014. **Anais...**Campinas: PUC-Campinas, ISSN, 2014.

NASARUDIN, N. E. M.; SHAFRI, H. Z. M. **Development and Utilization of urban spectral library for remote sensing of urban environment**. Journal of Urban and Environmental Engineering, v.5, n.1, p.44-56. June, 2011.

ROSENFELD, A. H.; AKBARI, H.; BRETZ, S.; FISHMAN, B. L.; KURN, D. M.; SAILOR, D.; TAHA, H. **Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, and updates**, Energy and Buildings 22, 1995. p. 255 – 265.

SANTAMOURIS, M. **Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island: A review of the actual developments**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Greece, v. 26, p. 224-240, may. 2013.

SILVA, P. C. P. **Análise do comportamento térmico de construções não convencionais através de simulação em VisualDOE**. Braga, 2006. 245f. Dissertação (Mestre em engenharia civil) – Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Braga, 2006.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. **Local Climate zones for urban temperature studies**. Canada: American Meteorological Society, 2012.