

## A INFLUÊNCIA DAS VIAS DE TRANSPORTE COLETIVO NA FORMAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR URBANAS

(1).Mateus P. Scroccaro; (2).Sérgio F. Tavares; (3).Cristina de A. Lima

(1). Mestrando, Arquiteto e Urbanista, mateuspedro97@hotmail.com

(2) Doutor, Arquiteto e Urbanista, sergioft22@yahoo.com.br

(3) Doutora, Arquiteta e Urbanista, cristinadearaujolima@gmail.com

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil, Cx Postal 19.011,  
Curitiba/PR, CEP 81.531-980, Tel. (41) 3361 3110

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é investigar a influência dos dois materiais mais comumente utilizados como revestimento de pavimento, o asfalto e o concreto, na formação do fenômeno conhecido como Ilha de Calor Urbana (ICU). Pesquisaram-se na bibliografia especializada as propriedades térmicas desses materiais com especial enfoque na refletância ou albedo, que é uma das características que mais impactam na formação da ICU. Como estudo de caso, foram feitos o levantamento fotográfico e as quantificações de ocorrências de asfalto e de concreto nos corredores expressos e vias exclusivas de transporte coletivo do Bairro Centro, na cidade de Curitiba/PR. Pelos resultados obtidos foi possível observar como há predominância do revestimento em asfalto nas vias de transporte coletivo em detrimento do revestimento em concreto. Também se obtiveram os dados referentes à quantidade de linhas de transporte coletivo que se concentram no Bairro Centro, acentuando o efeito das ICU através do calor antrópico gerado pela emissão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Palavras-chaves: ilhas de calor, refletância, albedo, revestimentos de ruas, transporte coletivo.

### ABSTRACT

The objective of this study is to investigate the influence of the two materials most commonly used as floor covering, asphalt and concrete, in the formation of the phenomenon known as Urban Heat Island (UHI). It was searched in the bibliography specialized thermal properties of these materials with special focus on reflectance or albedo, which is one of the features that most impact in shaping the UHI. As a case study, the photographic survey and measurements of asphalt and concrete occurrences in the express and exclusive lanes for collective transport of District Centro was made in the city of Curitiba / PR. From the results it was observed the predominance of asphalt coating on the public transport routes to the detriment of coating on concrete. It was obtained also the data regarding the amount of public transportation lines in the District Centro, accentuating the effect of UHI through anthropogenic heat generated by carbon dioxide (CO<sub>2</sub>).

Keywords: heat islands, reflectance, albedo, coatings streets, public transport.

### 1.INTRODUÇÃO

As intensas e rápidas transformações ocorridas na dinâmica populacional brasileira desde meados do século XX estão na raiz de múltiplos desafios colocados atualmente para gestores públicos, legisladores, setores privados e sociedade em geral. As migrações internas, que em poucas décadas esvaziaram as áreas rurais do País e sustentaram o enorme crescimento da oferta de mão de obra para os mercados industriais do centro-sul brasileiro, deram substância a um processo acelerado de urbanização em todo o território, concomitante a uma expressiva concentração populacional nas regiões de maior dinamismo econômico (MAGALHÃES e CINTRA, 2012). Esse processo de urbanização demanda uma crescente infraestrutura que, a despeito de todos os seus benefícios para o conforto humano, traz como resultado centros urbanos densamente construídos e impermeabilizados. As características dessas superfícies impermeabilizadas - tais como ruas e calçadas, paredes e coberturas - podem agravar ou atenuar o fenômeno conhecido como Ilha de Calor Urbano (ICU). Tendo em vista que as ruas e vias das cidades compõem entre 25 e 50% de sua área (GARTLAND, 2010), pode-se ter uma ideia de

como os materiais dessas vias podem influir no efeito das ICU. Este artigo tem como objetivo analisar o impacto de dois materiais frequentemente utilizados para o revestimento dessas ruas, o asfalto e o concreto, e suas relações com as ICU. O método de pesquisa utilizado dividiu-se em duas partes: uma revisão bibliográfica e o estudo de caso através da delimitação da área de estudo e as medições e observações em campo.

### 1.1.Eixos estruturais como vias características de Curitiba

Este artigo apresenta uma pesquisa focalizada no estudo das Ilhas de Calor Urbanas tendo como recorte de análise parte das vias do sistema de transporte coletivo da cidade de Curitiba/PR, chamados “eixos estruturais”. A razão da escolha desse recorte foi a representatividade desses eixos na proposta urbanística de Curitiba, por sua vez comprometida com a sustentabilidade urbana a partir do Plano Diretor de 1966, e de programas como ampliação de áreas verdes e de espaços públicos, reciclagem de resíduos e a implantação do sistema de transporte, dentre vários outros. A ideia do sistema de transporte foi inovadora ao propor a canaleta exclusiva – também chamado de corredor expresso –, uma inovação premiada na década de 1980, e que repercutiu pelo mundo afora, tendo sido objeto de grande número de estudos no Brasil e no exterior, reproduzida em diversas cidades de vários países (TRINDADE,1997; PINDERHUGHES, 2004). Diariamente a cidade de Curitiba recebe visitantes do mundo todo que vêm para conhecer seu urbanismo, incluindo o famoso sistema de ônibus.

Os eixos estruturais, percurso principal do sistema de transporte coletivo, são formados pelo sistema ternário, composto por 3 tipos de vias: uma via central exclusiva para os ônibus e duas laterais, sendo uma via de tráfego lento e outra de tráfego rápido, as chamadas ‘vias rápidas’ (CAMARGO, 2004). Ao longo dos eixos o uso do solo foi orientado para uma ocupação de alta densidade, com edifícios de mais de 15 pavimentos. Esses eixos concentram parcela significativa da população, e conformam o desenho urbano emblemático da cidade.

Há uma política pública municipal de melhoria das condições de funcionamento do sistema de transporte coletivo que visa melhores condições de vida para a população, incentivo à diminuição do uso de veículos particulares e da poluição, do consumo de energia na forma de combustível e de outros materiais, favorecimento do uso de bicicletas, conforme o Plano Municipal de Mobilidade Urbana e Transporte Integrado (IPPUC, 2014) e a Lei n.º 14.594/2015, conhecida como a Lei das Bicicletas. Somando os objetivos dessa política com as condições de uso e ocupação do solo ao longo dos eixos estruturais se configurou o interesse em investigar as possibilidades de diminuir o impacto da ocupação urbana em relação ao fenômeno das Ilhas de Calor Urbanas analisando as propriedades térmicas dos dois principais revestimentos dos eixos estruturais, o asfalto e o concreto.

### 1.2.Propriedades térmicas dos pavimentos concreto e asfalto

Para os mais frequentes materiais de revestimentos de pavimentos, o asfalto e o concreto, podem-se elencar quatro principais propriedades térmicas: a capacidade calorífica, a condutividade e emissividade térmicas e a refletância solar ou albedo e ainda uma correlação entre a condutividade e a emissividade que, divididas, fornecem o índice de difusividade térmica (GARTLAND, 2010) (TABELA 01).

Tabela 01 - Propriedades térmicas do asfalto e do concreto.

Propriedade térmica	Asfalto	Concreto
Capacidade calorífica	1,94 J/m <sup>3</sup> /kx10 <sup>-6</sup>	2,11 J/m <sup>3</sup> /kx10 <sup>-6</sup>
Condutividade térmica	0,75 w/m k	1,51 w/m k
Difusidade térmica	0,39m <sup>2</sup> /sx 10 <sup>-6</sup>	0,72m <sup>2</sup> /sx 10 <sup>-6</sup>
Emissividade térmica	> 0,85	0,70 - 0,90
Refletância - albedo	5-10%	35 - 40%

Fonte: Oke,1987;Gartland,2010.

Segundo Gartland (2010), a capacidade calorífica é a propriedade dos materiais em armazenar calor em suas massas; quanto mais calor é armazenado, maior é a temperatura do material. Já a condutividade térmica é a capacidade do material em conduzir o calor para o seu interior.

A difusidade térmica obtém-se dividindo a condutividade térmica do material por sua capacidade calorífica. Altos índices de difusidade térmica indicam que o calor chega a camadas mais profundas do material e as temperaturas se mantem mais constantes com o tempo. Índices baixos indicam que apenas uma camada mais fina é aquecida e as temperaturas tendem a oscilar mais rapidamente.

A emissividade térmica de um material é a sua capacidade de radiação de calor (não refletir). Como a emissividade da maioria dos materiais é de 0,85 ou maior (numa escala que vai até 1), esse índice não é um fator tão importante para as temperaturas de superfícies dos pavimentos (GARTLAND, 2010).

Conforme definido na NBR15220 de desempenho térmico de edificações, refletância ou o albedo é o quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície, pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.

O albedo é um índice da capacidade que o material tem de refletir parte da radiação solar incidente, variando de 0 a 1, quando não expresso em porcentagem. Quanto maior o albedo, maior a porcentagem da radiação incidente que é refletida, e por tanto, uma menor parcela de energia é convertida em calor, resultando em temperaturas superficiais menores (GIORDANO e KRUGER, 2013).

Para Gartland (2010), a refletância é a principal propriedade dos pavimentos secos e impermeáveis que influencia na temperatura de superfície, juntamente com as características de absorção de água desses pavimentos.

Os pavimentos asfálticos (FIGURA 01A) têm geralmente cores preta ou cinza escuro, com valores de refletância solar entre 5-10% quando novos. Com a idade, tendem a clarear e tornar-se mais refletivos, com refletância solar entre 12 e 19% (GARTLAND, 2010).

De acordo com Gartland (2010), os pavimentos de concreto (FIGURA 01B) tem uma refletância solar entre 35 e 40% quando novos. Com o tempo, esses pavimentos tendem a ficar sujos e sua refletância solar é reduzida a 25-35%. Contudo, ainda assim mantem-se mais frescos que os pavimentos asfálticos devido suas cores mais claras.

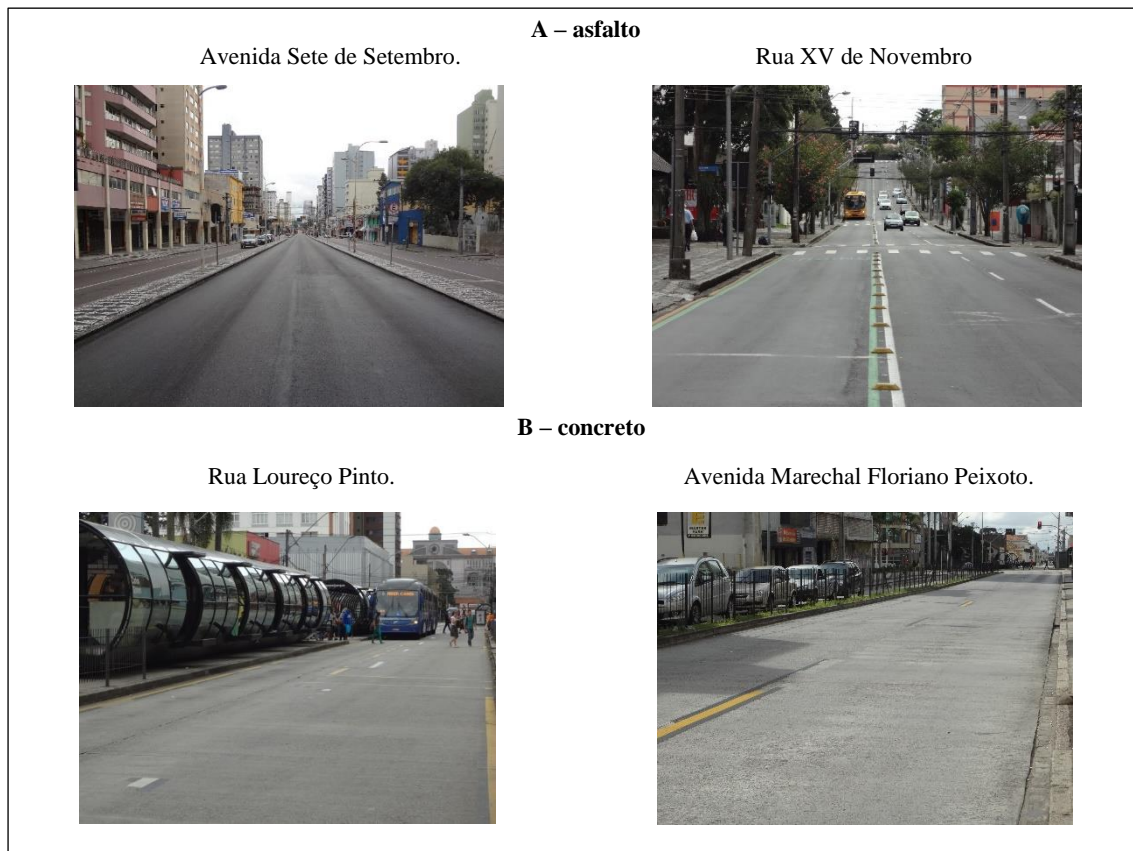


Figura 01 – Curitiba, exemplos de pavimentos em asfalto e em concreto.  
Fonte: O autor (2014)

Segundo Ikematsu (2007), o comportamento refletivo de um material também depende da refletância especular e da refletância difusa. A refletância especular ocorre quando a superfície da amostra consegue refletir toda a luz incidente num mesmo ângulo como se fosse um "espelho". Já a refletância difusa ocorre quando a superfície da amostra reflete a luz incidente em diversos ângulos dispersos devido à irregularidade da superfície.

Na TABELA 02 são apresentados valores típicos de refletância segundo Studervant (2000), Thevenard e Haddad (2006), apud Ikematsu, 2007, e quanto mais clara é a superfície do material, maior é o seu valor de refletância. Na composição da tabela foram consideradas medias de valores medidos ao longo de um dia. Observa-se que revestimentos brancos refletem 85% da radiação solar e absorvem aproximadamente 15%. É possível observar pela FIGURA 02 as diferenças de tonalidades entre o asfalto e o concreto.

Segundo Schimitz (2014), o uso de materiais de revestimento com melhores condições termodinâmicas, como por exemplo maior albedo, pode favorecer o clima e o conforto urbano, diminuindo os efeitos das ICU.

Tabela 02 – Valores típicos de refletância.

<b>Material</b>	<b>Refletância (%)</b>
Revestimento refletivo branco	85
Tinta branca	60
Areia do deserto	40
Concreto	22
Betumem (asfalto)	9
Água (largos ângulos de incidência)	7

Fonte: Studervant (2000), Thevenard e Haddad (2006), apud Ikematsu, 2007



Figura 02 – Exemplos das diferenças de tonalidades entre o asfalto (mais escuro) e o concreto (mais claro).

Fonte: O autor (2014).

### 1.3. Ilhas de calor

O fenômeno conhecido como Ilha de Calor Urbano (ICU) - presente em vários centros urbanos ao redor do mundo - caracteriza-se por regiões que experimentam temperaturas mais quentes que seus arredores rurais (EPA, 2014). A ICU pode ser visualizada como uma bolha de calor estagnada sobre as áreas mais densas e verticalizadas e quando isoterms são traçadas em um mapa, formam-se os contornos característicos de uma ilha, daí o termo 'ilha de calor'.

Para Gartland (2010), as principais causas das ICU são:

- a) Falta de vegetação, pois árvores e vegetações produzem sombras para edifícios, pavimentos e pessoas, protegendo-os do sol. Também as plantas utilizam a energia solar para evaporar água, fenômeno conhecido como evapotranspiração, evitando que essa energia seja usada para aquecer a cidade.
- b) Utilização difundida de superfícies impermeáveis, que assim como a ausência de vegetação, acaba por reduzir a evaporação da água a qual, pelas características impermeáveis das superfícies, acaba sendo destinada ao sistema de coleta de águas pluviais, não resfriando o solo.
- c) Maior difusidade térmica dos materiais urbanos, o que causa o aumento do armazenamento de calor.
- d) Baixa refletância solar dos materiais urbanos, o que causa o aumento da radiação solar no ambiente urbano.
- e) Geometrias urbanas que aprisionam o calor, pois causam o aumento da radiação solar na infraestrutura urbana, através da altura e espaçamento das edificações.
- f) Geometrias urbanas que diminuem as velocidades dos ventos, pois reduzem a convecção, ou seja, a transferência de energia da superfície terrestre para o ar acima dela.
- g) Aumento dos níveis de poluição, pois aumenta o saldo de radiação presente no ambiente urbano, principalmente à noite.
- h) Aumento da utilização de energia, através da adição de calor antropogênico, ou seja, o calor "produzido pelo homem", por meio de edifícios, equipamentos ou pessoas.

O fenômeno de ICU produz vários impactos negativos que afetam as pessoas, podendo-se citar: desconfortos de saúde; aumento da poluição do ar e suas consequências na saúde populacional; o desperdício de dinheiro e o custo ambiental pelo aumento da demanda de energia para o condicionamento dos ambientes e o custo gerado pelos danos de enchentes pelo excesso de áreas impermeáveis no espaço urbano (GARTLAND, 2010).

Souza (2013), através de imagens de sensoriamento remoto Landsat e Modis, detectou a presença de ICU em várias localidades de Curitiba, inclusive no Bairro Centro, destacando como causas desse fenômeno o tráfego intenso, principalmente o transporte coletivo, as áreas pavimentadas e a expressiva verticalização das construções.

Para Gartland (2010), as três principais estratégias de mitigação de ICU são as coberturas frescas, pavimentos frescos e árvores e vegetações. As coberturas frescas possuem alta refletância solar (albedo) e alta emissividade térmica. Para tornar pavimentos mais frescos deve-se aumentar sua refletância solar e aumentar sua capacidade de armazenamento e evaporação de água. Já as árvores e vegetações mitigam as ICU através de suas sombras e pelo processo de evapotranspiração, que ocorre na fotossíntese.

Takebayashi e Moriyama (2009) demonstraram através de experimentos em um estacionamento na cidade de Kobe, Japão, que a substituição de asfalto por grama em vários estacionamentos da cidade poderia reduzir a temperatura do ar em 0,1°C. Também Susca et al (2011) demonstraram que a utilização de telhados verdes e cobertura branca, em detrimento de cobertura de cor preta, não só contribui para o melhoramento da qualidade do clima na micro escala do edifício, mas também na macro escala da cidade, mitigando as ICU.

Mattos (2001) demonstrou a importância do setor de transporte do Rio de Janeiro na emissão do principal gás do efeito estufa, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Tal setor contribui com mais da metade das emissões de CO<sub>2</sub> de todos os setores da economia daquela cidade na utilização de combustíveis fósseis. Tais dados corroboram as causas que intensificam as ICU, ou seja, o aumento da poluição e do calor antropogênico.

## 2.OBJETIVO

O asfalto e o concreto são materiais muito utilizados no revestimento da pavimentação da maioria das cidades no Brasil e no mundo. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é investigar a predominância desses materiais nas vias do sistema de transporte coletivo da cidade de Curitiba/PR e, através de uma revisão bibliográfica, como influenciam a formação do fenômeno conhecido como Ilha de Calor Urbana (ICU).

## 3.MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em duas partes:

1. Revisão bibliográfica dos conceitos relacionados ao tema: vias do sistema de transporte coletivo em Curitiba/PR; propriedades térmicas do concreto e do asfalto e o fenômeno das Ilhas de Calor Urbano (ICU), delineados na introdução deste trabalho.

2. Estudo de caso, através da escolha e delimitação da área de estudo e das medições e observações em campo.

### 3.1.Escolha e delimitação da área de estudo

Esta pesquisa foi realizada na cidade de Curitiba, no Estado do Paraná, a qual está localizada entre as coordenadas 25°25'48"S e 49°16'15"W. O clima característico desta região é do tipo Cfb na classificação de Köppen (subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e invernos com geadas frequentes, sem estação seca). As temperaturas médias anuais nos meses quentes e frios são inferiores a 22 °C e 18 °C respectivamente, e a temperatura média anual é igual a 17 °C. A média anual da umidade relativa do ar fica em torno de 85% e da precipitação entre 1.300 e 1.500mm anuais, sem deficiência hídrica ao longo do ano (MAACK, 1981).

Os dados analisados nesta pesquisa foram extraídos do Bairro Centro, por apresentar as características comuns aos centros de várias cidades, nos mais diversos locais, tais como grandes áreas impermeáveis de ruas e calçadas, ausência de vegetação e presença maciça de construções de grande porte tomando quadras inteiras.

A escolha do Bairro Centro se deu, também, pois segundo Oke (1987) normalmente o centro se caracteriza por ser mais quente que os bairros residenciais e periféricos devido à maior atividade antrópica, delineando o chamado "perfil clássico das ilhas de calor".

O Bairro Centro está localizado na área central de Curitiba/PR e conta atualmente com 3,3 km<sup>2</sup> e aproximadamente 33.000 habitantes, sendo o mais denso da cidade (IBGE, 2010). Devido sua característica em oferecer inúmeros serviços públicos, de lazer, saúde, educação etc, é um dos bairros mais atendidos pela chegada e partida de ônibus do transporte coletivo, sendo servido atualmente por treze concentrações de pontos nos quais convergem 201 linhas de ônibus, caracterizando-se assim como um enorme terminal a céu aberto (TABELA 03). Os 23 terminais de ônibus espalhados pelo restante da cidade concentram, somados, 475 linhas (URBUS, 2014), demonstrando assim a relevância e os possíveis impactos ambientais do transporte coletivo no espaço urbano do Bairro Centro, principalmente no que tange à emissão de gases poluentes, os quais acentuam os efeitos das ICU (GARTLAND, 2010).

Tabela 03- Pontos de concentração de linhas de ônibus no Bairro Centro

Localização	Número de linhas
Alameda Dr. Muricy	5
Círculo Militar	6
Praça Carlos Gomes	12
Praça Rui Barbosa	60
Praça Tiradentes	21
Praça 19 de Dezembro	26
Travessa Moreira Garcez	9
Av. Marechal Floriano Peixoto	9
Colégio Estadual	18
Praça Osório	5
Praça Santos Andrade	9
Praça Zacarias	5
Rua Nestor de Castro	16
<b>Total Geral</b>	<b>201</b>

Fonte: URBS (2014)

Além dos eixos estruturais já citados, o sistema de transporte coletivo de Curitiba também tem como característica a integração de linhas, num sistema denominado RIT - Rede Integrada de Transporte - o qual permite ao usuário a utilização de mais de uma linha de ônibus com o pagamento de apenas uma tarifa (URBS, 2014). Ao longo desses eixos estruturais desenvolvem-se as canaletas exclusivas – ou corredores expressos – os quais se caracterizam por vias de uso exclusivo de ônibus. Também faz parte desse sistema as vias de uso exclusivo de ônibus, as quais se caracterizam por ruas anteriormente ocupadas por carros e atualmente destinadas apenas para o transporte coletivo (FIGURA 03).



Figura 03 – Exemplos de canaleta exclusiva (ou corredor expresso) e via exclusiva para ônibus.  
Fonte: O autor (2014).

O Bairro Centro é o único que concentra todos os eixos de corredores expressos, nos sentidos leste, oeste, norte e sul e ainda um eixo entre o leste o sul, denominado eixo Boqueirão (FIGURA 04). Tais corredores expressos e mais as vias exclusivas tem como pavimento de revestimento o asfalto e o concreto (FIGURA 01).

### 3.2. Medições e observações em campo

Através de ortofotos, mapas em escala e observações in loco, foi feita a especificação e quantificação dos pavimentos de ruas do Bairro Centro para os corredores expressos e vias exclusivas de ônibus (TABELA 04 e FIGURA 04). A grande maioria dessas vias, cerca de 68%, é revestida com asfalto e 32% revestida de concreto, estando de acordo com Gartland (2010), segundo a qual por questões econômicas o asfalto ainda é o revestimento que domina as vias de circulação de veículos, pois o concreto tem um custo inicial até 33% maior que o asfalto. Nos EUA, o asfalto corresponde a 85% dos pavimentos das ruas urbanas contra 15% do concreto (HAWBAKER, 2002, apud GARTLAND, 2010).

Tabela 04- Especificação e quantidades de pavimento na área de amostra (m)

Localização	Asfalto	Concreto	Total
Sete de Setembro	1607	118	1725
Alferes Poli	373	---	373
Praça Rui Barbosa	561	188	749
Visconde de Nacar	655	---	655
Fernando Moreira	354	445	799
Marechal Floriano Peixoto	---	538	538
Pedro Ivo	---	118	118
Lourenço Pinto	---	538	538
Travessa da Lapa	776	---	776
Presidente Faria	255	743	998
Praça Tiradentes	166	---	166
XV de Novembro	879	---	879
<b>Totais parciais e geral</b>	<b>5626</b>	<b>2688</b>	<b>8314</b>
<b>Relação com o total geral (%)</b>	<b>67,67%</b>	<b>32,33%</b>	<b>100%</b>

Fonte: O autor (2014)

Foi possível observar como a durabilidade e resistência mecânica do concreto é maior do que o asfalto, pois conforme a FIGURA 05 pode-se notar como o peso concentrado dos ônibus acaba por danificar o asfalto, obrigando a manutenções e substituições mais seguidas se comparado ao concreto. Segundo Gartland (2010), os pavimentos de concreto têm durabilidade muito maior (13-35 anos, versus 6-20 anos para o asfalto) e tem custos de manutenção menores (13:1 para manutenção do asfalto: manutenção do concreto). Como medida para atenuar os altos custos do concreto em relação ao asfalto, acaba-se por instalar aquele material apenas nas paradas dos ônibus (FIGURA 05 b), pois os movimentos de frenagem e arrancada do veículo são os mais impactantes para o revestimento asfáltico. Não obstante, foram observados *in loco* muitos locais revestidos com asfalto e danificados, mesmo não se tratando dos pontos de paradas (FIGURA 05).

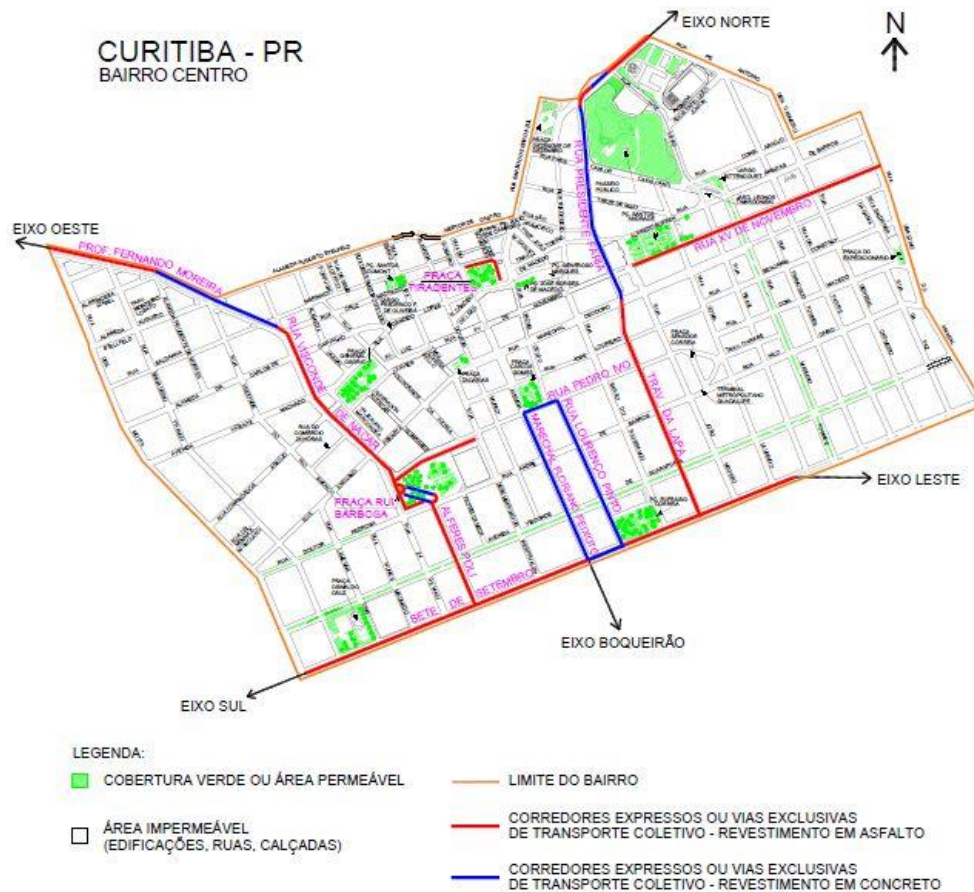


Figura 04 – Localização dos corredores expressos e vias exclusivas e tipo de revestimentos: asfalto ou concreto  
 Fonte: O autor (2014), adaptado de IPPUC (2014)



Figura 05 – Exemplos das deformidades do asfalto nos corredores expressos.  
 Fonte: O autor (2014).



Contra o asfalto depõe o seu alto custo ambiental, pois sua produção depende do cimento, produto responsável por alto consumo de energia e grande quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um dos principais gases do efeito estufa (GARTLAND, 2010). No cômputo do custo de ciclo de vida do pavimento é preciso considerar o custo inicial de instalação mais as despesas com manutenção durante a vida esperada do pavimento. Nesse cenário, o concreto geralmente apresenta custos de ciclo de vida iguais ou inferiores aos pavimentos asfálticos (PACKARD, 1994, apud GARTLAND, 2010).

Segundo Tavares (2006), no contexto da construção civil a indústria do cimento é a maior emissora de CO<sub>2</sub>, pois além do uso de combustíveis fósseis para geração de energia térmica, ocorrem emissões adicionais pela calcinação de calcário durante a produção do clínquer. Assim a fabricação de cimento acaba sendo responsável por 4 a 5 % de todo o CO<sub>2</sub> despejado na atmosfera por atividades humanas (MARLAND, 2003, apud TAVARES, 2006).

Foi feita a quantificação das ruas pavimentadas do Bairro Centro (TABELA 05) e juntou-se a esses dados a quantidade de corredores expressos e vias exclusivas para ônibus para toda Curitiba, fornecida pela URBS. Já na TABELA 06 é possível verificar a participação das vias de transporte coletivo no Bairro Centro (cerca de 16% do total de ruas do bairro) e a participação desse transporte em relação ao total de corredores expressos e vias exclusivas de Curitiba, perfazendo 10,25%.

Tabela 05 – Quantidade de vias pavimentadas (Km)

Descrição	Quantidade
Corredores expressos e vias exclusivas para ônibus, em Curitiba *	81
Ruas pavimentadas no Bairro Centro, para veículos em geral	54
Corredores expressos e vias exclusivas para ônibus, no Bairro Centro	8,3

Fonte: O autor (2014).

\*Dado da URBS (2014)

Tabela 06 – Participação dos corredores expressos e vias exclusivas do Bairro Centro (%)

Em relação ao total de corredores expressos e vias exclusivas em Curitiba	10,25
Em relação às vias pavimentadas do Bairro Centro para veículos em geral	15,37

Fonte: O autor (2014).

#### 4. CONCLUSÕES

Pelos dados e resultados levantados nas medições foi possível observar como há predominância do revestimento em asfalto nas vias de transporte coletivo no Bairro Centro, em Curitiba/PR, em detrimento do revestimento em concreto. Também se obtiveram os dados referentes à quantidade de linhas de transporte coletivo que se concentram no Bairro Centro, acentuando o efeito das ICU através do calor antrópico gerado pela emissão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Tendo em vista as características térmicas do asfalto levantadas na bibliografia pesquisada e sua preponderância no revestimento da área em estudo, pode-se inferir como os efeitos das ICU poderiam ser significativamente atenuados pela substituição desse material por outro material com melhores propriedades térmicas, como por exemplo, o concreto.

Propriedades térmicas tais como as altas taxas de emissividade térmica e refletância (albedo) fazem do concreto um material mais propício à atenuação do efeito das ICU nas regiões impermeabilizados, em comparação ao asfalto.

Como os corredores expressos e as vias exclusivas de transporte coletivo de Curitiba/PR são administrados pelo poder público, a substituição do asfalto por materiais mais frescos e que atenuem as ICU poderia ser uma política indutora para o restante da sociedade como exemplo de uma prática ambientalmente mais sustentável, para estimular outros setores a também adotarem práticas que melhorem a qualidade de vida do espaço urbano, tal como sugerem as iniciativas de diversas cidades ao redor do mundo na adoção de políticas públicas que promovam estratégias para modificar a geometria urbana e reduzir o calor antropogênico, mitigando assim o efeito das ICU (EPA, 2014).

Futuramente, novos estudos poderiam aprofundar questões importantes relacionadas ao uso do concreto nos pavimentos não apenas das vias de transporte coletivo, mas nas vias de transporte em geral. Temas como os altos custos de implantação desse material se comparado ao asfalto e os altos impactos ambientais da produção do cimento, assim como o ciclo de vida do

concreto e do asfalto, poderiam ser motivo de investigações que fornecessem mais dados para a tomada de decisões de órgãos públicos e privados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- CAMARGO, D. de. **A história do Sistema de Transporte Coletivo de Curitiba (1887/2000)**. Curitiba: Travessa dos Editores, 2004.
- CURITIBA. **Lei municipal n.º 14.594, de 16/01/2015**. Dispõe a mobilidade urbana sustentável. Lei da Bicicleta.
- EPA. **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of strategies**. Urban Heat Island Basics. 2014. Disponível em: <<http://www.epa.gov/heatIsl/resources/compendium>>. Acessado em: 05/12/2014.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- GIORDANO, D.E.; KRUGER, E. **Potencial de redução da temperatura de superfície pelo aumento do albedo nas diversas regiões brasileiras**. XII Encontro Nacional e VIII Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído ENCAC/ELACAC, Brasília, 2013.
- IKEMATSU, P. **Estudo da refletância e sua influencia no comportamento térmico de tintas refletivas e convencionais de cores correspondentes**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. IBGE. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em: 05/12/2014.
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **IPPUC, 2014**. Disponível em <<http://www.ippuc.org.br>>. Acessado em: 28/11/2014.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2a Ed. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1981.
- MAGALHÃES, Marisa Valle; CINTRA, Anael Pinheiro de Ulhôa. **Dinâmica Demográfica do Paraná: tendências recentes, perspectivas e desafios**. Revista Paranaense de Desenvolvimento, Curitiba: IPARDES, n.122, p.263-291, jan./jun. 2012.
- MATTOS, L.B.R. **A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa no Município do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- OKE, T.R. **Boundary Layer Climates**. New York: Routledge, 1987.
- PINDERHUGHES, R. **Alternative urban futures**. Oxford: Rowman & Littlefield, 2004.
- SCHMITZ, L. K. **Reestruturação urbana e conforto térmico em Curitiba/PR: diagnóstico, modelagem e cenários**. Tese de Doutorado em Geografia – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- SOUZA, S.V.R. **Mapeamento do fenômeno de ilhas de calor na cidade de Curitiba utilizando os sensores TM-Landsat e Modis**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- SUSCA, T.; GAFFIN, S.R.; DELL’OSSO, G.R. **Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs**. Environmental Pollution, 159, p. 2119-2126, Elsevier Science Ltd, 2011.
- TAKEBAYASHI, H; MORIYAMA, M. **Study on the urban heat island. Mitigation effect achieved by converting to grass-covered parking**. Solar Energy, 83, p. 1211-1223, Elsevier Science Ltd, 2009.
- TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- TRINDADE, E.(org.) **Cidade, homem, natureza**. Curitiba: Universidade Livre do Meio Ambiente, 1997.
- URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S/A. **URBS, 2014**. Disponível em <<http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br>>. Acessado em: 01/12/2014.