



**Estudo para melhoria do conforto térmico e diminuição da formação de ilhas de calor urbana no centro de Recife, PE.**

*Study to improve the Thermal Comfort and reduction of formation of Urban Heat Island in the center of Recife, PE.*

*Estudio para mejorar el Confort Térmico y reducir la formación de Islas de Calor Urbanas em centro de Recife, PE.*

**Paula Maciel Silva**

Professora Doutor, Universidade Católica de Pernambuco, Brasil  
paula.maciел@unicap.br

**Maria Eduarda Ferraz**

Aluna do curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Católica de Pernambuco, Brasil  
maria.2019107244@unicap.br



#### **RESUMO**

O presente estudo visa investigar a influência da forma de ocupação do território nas condições ambientais, com o objetivo de reduzir a formação de Ilhas de Calor Urbana e aumentar o conforto térmico. A área escolhida como objeto de estudo está localizada no centro do Recife-PE. Para elaboração do diagnóstico do território, foi feito o levantamento através de visitas de campo usando como base, para elaboração dos mapas, o ESIG – Sistema de Informação Geográfica do Recife. A partir dos dados levantados, foi possível analisar o território com base: na classificação das Zonas Climáticas Locais, na identificação dos Limites Morfotipológicos e do Indicador Ambiental. Foram realizadas simulações computacionais utilizando o Software Autodesk Forma que gerou dados que permitiu uma comparação entre as diferentes formas de ocupação do território. Foram inseridos corredores verdes como estratégia para mitigar os efeitos da urbanização, o que definiu novos cenários que forneceram dados para analisar a diferença na temperatura do ar e na qualidade urbana. São estratégias reduzir a formação das Ilhas de Calor Urbanas também na escala da cidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto térmico. Ilha de calor urbana. Sustentabilidade urbana.

#### **SUMMARY**

*The present study aims to investigate the influence of the form of occupation of the territory on environmental conditions, with the aim of reducing the formation of Urban Heat Islands and increasing thermal comfort. The area chosen as the object of study is located in the center of Recife-PE. To prepare the diagnosis of the territory, the survey was carried out through field visits using the ESIG – Recife Geographic Information System as a basis for preparing the maps. From the data collected, it was possible to analyze the territory based on: the classification of Local Climatic Zones, the identification of Morphotypological Limits and the Environmental Indicator. Computer simulations were carried out using Autodesk Forma Software, which generated data that allowed a comparison between the different forms of occupation of the territory. Green corridors were inserted as a strategy to mitigate the effects of urbanization, which defined new scenarios that provided data to analyze the difference in air temperature and urban quality. These are strategies to reduce the formation of Urban Heat Islands also at the city scale.*

**KEYWORDS:** Thermal comfort. Urban heat island. Urban sustainability.

#### **RESUMEN**

*El presente estudio pretende investigar la influencia de la forma de ocupación del territorio sobre las condiciones ambientales, con el objetivo de reducir la formación de Islas de Calor Urbanas y aumentar el confort térmico. El área elegida como objeto de estudio está ubicada en el centro de Recife-PE. Para preparar el diagnóstico del territorio, el levantamiento se realizó a través de visitas de campo utilizando el ESIG – Sistema de Información Geográfica de Recife como base para la elaboración de los mapas. A partir de los datos recolectados fue posible analizar el territorio con base en: la clasificación de Zonas Climáticas Locales, la identificación de Límites Morfotipológicos y el Indicador Ambiental. Se realizaron simulaciones informáticas utilizando el software Autodesk Forma, que generó datos que permitieron comparar las diferentes formas de ocupación del territorio. Se insertaron corredores verdes como estrategia para mitigar los efectos de la urbanización, que definieron nuevos escenarios que proporcionaron datos para analizar la diferencia en la temperatura del aire y la calidad urbana. Se trata de estrategias para reducir la formación de islas de calor urbano también a escala de ciudad.*

**PALABRAS CLAVE:** Comodidad térmica. Isla de calor urbana. Sostenibilidad urbana.

## 1 INTRODUÇÃO

A satisfação e o conforto de um indivíduo em relação a um ambiente estão ligados com à forma com que ele se sente no local, com seu psicológico e bem-estar. Vários são os fatores que contribuem para tais sensações, entre eles está o conforto térmico, que está diretamente relacionado com a neutralidade térmica que nada mais é do que o equilíbrio satisfatório e harmônico entre o ambiente e o corpo humano (LAMBERTS et al 2014).

Este trabalho se insere no contexto da Agenda 2030, especialmente, o 11º ODS – Cidades e Comunidades Sustentáveis – que aponta a necessidade de tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Destacam-se as seguintes metas deste objetivo: a redução do impacto ambiental negativo das cidades na qualidade do ar; o aumento da urbanização inclusiva e sustentável; a existência de espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes (ONU, 2015).

A área escolhida como objeto de estudo está localizada no centro do Recife-PE e é parte dos bairros de Boa Vista, Soledade e Santo Amaro (Figura 1). A pesquisa tem como objetivo estudar a morfologia urbana, incluindo a presença de áreas verdes e vegetadas, para identificar estratégias urbanísticas que diminuam a formação das ICUs.

Figura 1 – Mapa de localização da área.



Fonte: As Autoras.

## 2 OBJETIVOS

O **objetivo geral** deste trabalho é investigar o impacto da forma de ocupação do território e da presença da vegetação, com o objetivo de reduzir a formação de Ilhas de Calor Urbana no centro da cidade do Recife e favorecer condições mais favoráveis para o conforto térmico em um recorte do centro do Recife.

Foram definidos os seguintes **objetivos específicos**:

- Identificar os limites morfotipológicos que caracterizam a área de estudo e padrões de temperatura do ar através de uma simulação computacional;



- Identificar as rotas estratégicas, mais utilizadas por pedestre, presentes na área de estudo como local prioritário de implantação da vegetação;
- Entender os desafios decorrentes da necessidade implantar arborização em via de eixo urbano e ampliar a presença da vegetação em centros urbanos.

### **3 MÉTODO DE ANÁLISE**

O trabalho estuda a influência da morfologia existente na cidade na qualidade ambiental e na variável ambiental temperatura do ar, enquanto elementos que estão relacionados com a formação da Ilha de Calor Urbana e do conforto térmico.

Para elaboração do diagnóstico do território, foi feito o levantamento através de visitas de campo usando como base, para elaboração dos mapas, o ESIG – Sistema de Informação Geográfica do Recife. Foram produzidos os seguintes mapas: cheios e vazios, gabarito, espaços livres e vegetação. A partir destes dados, foi possível analisar o território com base: (i) na classificação das Zonas Climáticas Locais (Local Climate Zones – LCZ) proposto por Stewart e Oke (2012), (ii) na identificação dos Limites Morfotipológicos (Silva, et al. 2018) e (iii) no Indicador Ambiental proposto por Teixeira e Romero (2011). A partir de então, selecionou-se as áreas para a simulação computacional utilizando o Software Autodesk Forma. Essa é uma maneira de identificar a diversidade de ocupação do território e compará-las, identificando suas diferenças morfotipológicas, além de verificar no que são capazes de interferir no clima urbano, mais especificamente, na temperatura do ar.

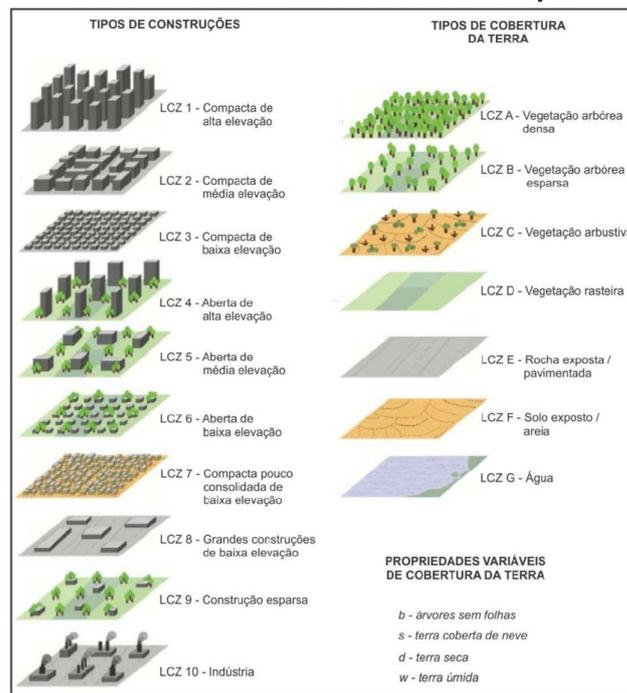
O primeiro passo para utilização do software é selecionar a área para simulação, depois, são inseridos dados como volumetria dos edifícios, limites de propriedades, vias, vegetação e a topografia do terreno. O software possui recursos para essa finalidade. Com isso, é possível fazer modelagens das áreas escolhidas na condição atual e, em seguida, realizar alterações e comparar resultados. O foco deste trabalho é analisar a influência da vegetação, podendo comparar o quanto essa estratégia impacta diretamente na morfologia do local e interfere no microclima da área que impacta diretamente na formação das ICUs.

#### **3.1 As Zonas Climáticas Locais (LCZ)**

Stewart & Oke (2012) classificam as zonas como regiões de cobertura de superfície uniforme, estrutura, material e atividade humana em escala horizontal. São propostas Zonas Climáticas Locais (Local Climate Zones – LCZ) com base na análise de dois fatores: a geometria urbana e a cobertura do solo. Sugerem um padrão de classificação do clima urbano para ser possível fazer uma comparação entre eles podendo ser aplicada em estudos de clima local de forma universal e fácil. Cada zona recebe uma denominação, e é ordenada por propriedades como altura e rugosidade dos elementos. São classificadas em 17 zonas padrão, divididos em 2 tipos: 10 zonas estão relacionadas a tipologias construtivas e 07 relacionadas a tipos de cobertura do solo (Quadro 1). É uma maneira de classificar a paisagem dos ambientes climáticos intraurbanos, aferindo a variação de temperatura entre cada zona climática local (STEWART e OKE, 2012).

A morfologia urbana é um dos fatores que influencia na formação da Ilha de Calor Urbana, uma vez que a estrutura e a distribuição dos elementos físicos da cidade podem afetar aspectos como absorção e liberação de calor das superfícies.

Quadro 1 – Zonas Climáticas Locais e suas definições.



Fonte: Stewart e Oke, 2012.

### 3.2 O Indicador Ambiental

O Indicador Ambiental<sup>1</sup> é um valor numérico resultado de uma equação que pondera subindicadores que expressam atributos quantitativos e qualitativos, relacionados às condições ambientais de uma determinada região. O valor final definirá o nível da qualidade urbana sustentável de uma determinada área urbana (TEIXEIRA, 2013).

São 07 (sete) os subindicadores (Quadro 2): orientação do conjunto de vias, verdes urbanos, preservação, orientação do conjunto de habitações, ventilação, relevo e conforto acústico. Cada subindicador está relacionado a um ou mais atributos, sendo eles: solar, forma, porosidade, relação de áreas verdes, campos de preservação, solar, permeabilidade, sensação térmica, topografia e nível de ruído. Cada atributo, por sua vez, possui quatro itens de avaliação, para os quais são atribuídos pesos que variam de 1 a 4 de acordo com o seu grau de importância

<sup>1</sup> Teixeira (2013) apresenta outros indicadores para a análise da Morfologia Urbana Sustentável na escala da cidade. São eles: mobilidade urbana sustentável, identidade, infraestrutura urbana, coesão social, **ambiental** e expansão. O presente trabalho foca no indicador ambiental.



na qualidade ambiental. A avaliação I equivale ao peso 1; avaliação II, ao peso 2; avaliação III, peso 3 e a avaliação IV, peso 4.

O Indicador Ambiental é calculado a partir da média ponderada, que decorre da seguinte composição: para cada atributo com avaliação de peso 1, multiplicar por 0; peso 2, multiplicar por 3; peso 3, multiplicar por 6; peso 4 multiplicar por 10. Após atribuir todas as avaliações, é obtido todos os resultados, e o resultado final da média identifica o valor do Indicador que pode variar de 0 (zero) a 10 (dez). Quanto maior o valor do Indicador Ambiental, melhor a qualidade urbana da área estudada.

Para este trabalho foram considerados os primeiros 07 (sete) atributos, pois o conforto acústico e o relevo não fazem parte do recorte da pesquisa.

Quadro 2 – Tabela do Indicador Ambiental - Índice de Morfologia Urbana.

Sub-Indicador	Atributo	Conceito	Avaliação
Verdes urbanos	Orientação do conjunto de vias	Solar Orientação das vias em predominância	I. Norte / Sul II. Leste / Oeste III. Nordeste / Sudoeste IV. Noroeste / Sudeste
	Forma	Rala, aberta, escassa, densa, copa larga, alta	I. Inexistente II. Rala, Aberta, Escassa III. Intermediária IV. Densa, Copa Larga, Alta
	Porosidade	Percepção visual dos chãos e vazios (arborização); análise do plano vertical - agrupamentos de árvores.	I. Inexistente II. Rala, Aberta, Escassa III. Intermediária IV. Densa, Copa Larga, Alta
Preservação	Relação de áreas verdes	Relação de área arborizada - porcentagem	I. Não há áreas verdes (0% a 25%) II. Áreas verdes segregadas (26% a 60%) III. Áreas verdes parciais (61% a 80%) IV. Áreas verdes totais (81% a 100%)
	Campos de preservação	APAS, APPS, etc. Bom como território e sustentabilidade	I. Não existe II. Existe, mas não preservam os campos III. Existe, preservam, mas não há um limite dos campos IV. Existe, preservam e há limite dos campos
Orientação do conjunto de habitações	Solar	Predominância da orientação das fachadas	I. Norte / Sul II. Leste / Oeste III. Nordeste / Sudoeste IV. Noroeste / Sudeste
Ventilação	Permeabilidade	Existência de obstáculos para a ventilação	I. Não há permeabilidade II. Permeabilidade inadequada III. Permeabilidade parcial IV. Permeabilidade adequada
	Sensação Térmica	Qualificação segundo relação entre a largura da via e a altura das edificações	I. Relação variável (incalculável) II. Espaços claustrofóbicos (W/H < 1) III. Espaços de Recolhimento (W/H = 1, 2 e 3) IV. Espaços Expansivos (W/H > 4)
Relevo	Topografia	Acomodação das vias às curvas de nível	I. Não há acomodação das vias às curvas de nível (0% a 25%) II. Favorável às curvas de nível (26% a 60%) III. Favorável às curvas de nível (62% a 80%) IV. Favorável às curvas de nível (81% a 100%)
Conforto Acústico	Nível de ruído	Incômodo do ruído por percepção sensorial	I. Não há incômodo II. Ruído baixo intermitente III. Ruído constante IV. Ruído alto (ensurdecedor)

Fonte: Teixeira, 2013.

Apesar de Teixeira (2013) reconhecer o grau de subjetividade existente no processo de avaliação, essa metodologia permite comparar as qualidades da morfologia de áreas urbanas.

#### 4 RESULTADOS

Este tópico apresenta os resultados das Zonas Climáticas Locais, dos Indicadores Ambientais e da Simulação Computacional com o Autodesk Forma.

A área escolhida como objeto de estudo é um recorte dos bairros de Boa Vista, Soledade e Santo Amaro, localizado no centro expandido do Recife-PE. Trata-se da parte continental do centro tendo sido a terceira área territorial ocupada no processo de ocupação da

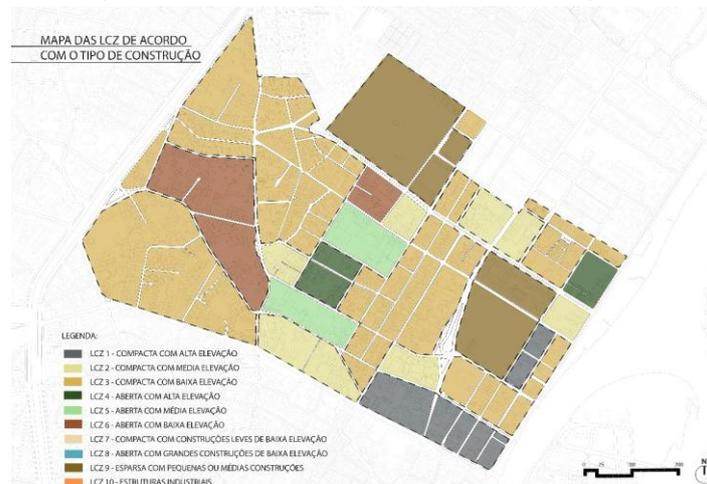
cidade, após as duas ilhas que configuram o (1) Bairro do Recife e (2) os bairros de Santo Antônio e São José.

#### 4.1. Identificação das Zonas Climáticas Locais (LCZ)

Seguindo a metodologia proposta por Stewart e Oke (2012), para identificação das Zonas Climáticas Locais (LCZ), cada quadra da área de estudo foi classificada com base na análise de dois fatores: a geometria urbana e a cobertura do solo. Foram utilizados os mapas de cheios e vazios, de gabarito, de vegetação e espaços livres.

No que se refere ao TIPO DE CONSTRUÇÃO (Figura 2), este é decorrente da variação da geometria urbana no local, da densidade construtiva, da altura e da rugosidade dos elementos. A maior parte das quadras são **compactas com baixa elevação** (LCZ 3). Ou seja, possuem edificações mais horizontais com pouco ou nenhum recuo entre elas. Ao sul do mapa identificam-se quadras **compactas com alta elevação** (LCZ 1) por ter edificações com gabaritos mais altos. A oeste, percebe-se grandes **quadras abertas** com baixa elevação (LCZ 6), isto é, têm menor ocupação do solo e edificações com baixo gabarito. Ao centro do recorte, é notório a presença de duas **quadras abertas com alta elevação** (LCZ 4), caracterizada por possuir edificações altas e grande quantidade de vegetação em seu entorno, na qual está inserida a Unicap. As duas grandes áreas verdes de território correspondem ao cemitério Santo Amaro e o Parque Treze de Maio são áreas ocupadas em sua maior parte por vegetação, com poucas edificações distribuídas, por isso, são classificadas por ser **esparsa com pequenas ou médias construções** (LCZ 9). Nota-se, ainda, a presença de algumas **quadras compacta com média elevação** (LCZ 2), caracterizadas por possuir grande densidade construtiva com edificações de médio gabarito, além de duas **quadras abertas com média elevação** (LCZ 5) localizadas mais ao centro do recorte.

Figura 2 – Mapa das Zonas Climáticas Locais de acordo com o tipo de construção.



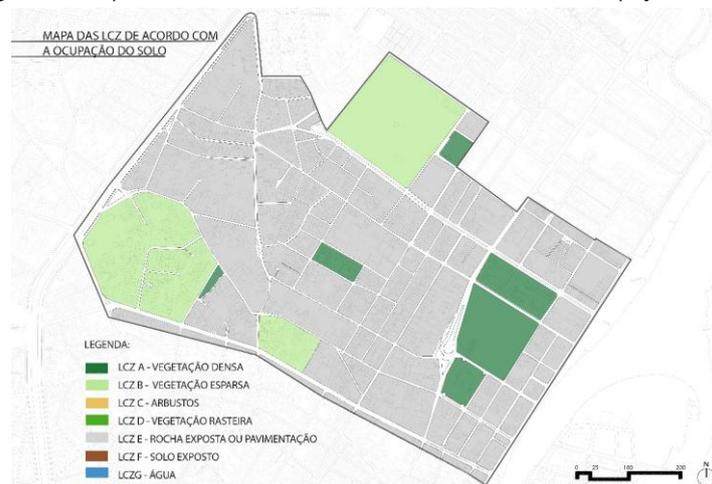
Fonte: Stewart e Oke, 2012. Editado pelas autoras.

O mapa da Figura 3 apresenta a classificação das Zonas Climáticas Locais com base nos padrões de OCUPAÇÃO SOLO, o que revela uma diversidade na composição de coberturas,

incluindo vegetação densa e esparsa, flora rasteira, áreas de solo exposto e superfícies de rocha ou pavimentada.

Há uma predominância da LCZ E, **rocha exposta ou pavimentação**, visto que não existe muitos espaços livres sem a presença de nenhuma edificação. Isso é um indicativo da escassez da presença solos prioritariamente impermeáveis. Algumas quadras são arborizadas e estão localizadas nas bordas da área de estudo. As quadras a Oeste e o Cemitério Santo Amaro (ao Norte), se caracterizam por ser LCZ B, ou seja, composta por **vegetação esparsa**. Outras possuem uma vegetação mais densa e correspondem a um conjunto de três quadras situadas a Leste do perímetro estudado, que abrigam a Biblioteca Pública do Estado de Pernambuco, o Parque Treze de Maio, a Faculdade de Direito, além de uma quadra mais ao centro da área pertencente à parte da Unicap. Duas praças, a do Campo Santo e a Praça Oswaldo Cruz, por possuir grande quantidade de árvore com copas grandes, também estão dentro dessa zona.

Figura 3 – Mapa das Zonas Climáticas Locais de acordo com a ocupação do solo.

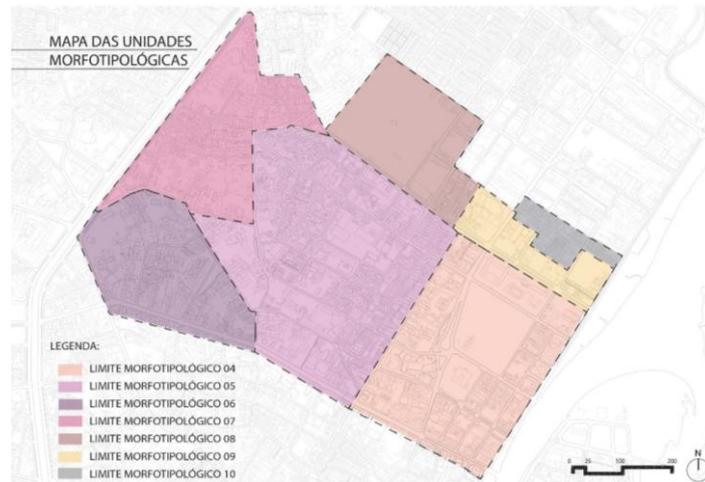


Fonte: Stewart e Oke, 2012. Editado pelas autoras.

#### 4.2. Cálculo do Indicador Ambiental. Condição atual

Ao analisar os resultados obtidos, percebe-se uma diversidade morfológica no território estudado de modo que, calcular o Indicador Ambiental único resultaria em uma distorção. Deste modo o trabalho propõe considerar a classificação das unidades morfotipológicas feitas por Silva et al (2018). A área estudada possui sete Limites Morfotipológicos (LM), sendo quatro deles os que cobrem a maior parte da área (Figura 4). Deste modo os Limites Morfotipológicos selecionados para estudo foram os LM 04, LM 05, LM 06 e LM 07.

Figura 4 – Mapa das unidades morfotipológicas.



Fonte: Silva, 2018. Adaptado pelas autoras.

Para cada um dos Limites Morfotipológicos foram identificados seus Índices Ambientais seguindo a metodologia que define pesos para cada subindicador de acordo com a avaliação feita para cada atributo. Os pesos variam de 1 a 4 de acordo com o seu impacto na qualidade ambiental. Após atribuir todas as avaliações, é obtido a soma dos valores dos atributos avaliados e esse resultado é dividido pela soma dos pesos, com isso, é obtido o resultado da média deles identificando a qualidade do Indicador.

Os resultados permitem identificar o nível de qualidade ambiental e relacioná-lo à morfologia urbana de cada limite analisado. O maior valor de referência é 10. Portanto, quanto maior o resultado obtido melhor a qualidade ambiental. Para este trabalho foram considerados os primeiros 07 (sete) atributos, pois o conforto acústico e o relevo não fazem parte do recorte da pesquisa.

A seguir serão apresentados os cálculos dos Índices Ambientais de cada um dos 04 (quatro) Limites Morfotipológicos (LM).

#### **INDICADOR AMBIENTAL PARA O LIMITE MORFOTIPIOLÓGICO 04 (LM 04)**

- a) Sub - indicador: Orientação do conjunto de vias.  
Atributo: Solar - Avaliação: III (Nordeste/Sudoeste) = peso 3 x 6 = 18
- b) Sub - indicador: Verdes Urbanos.  
Atributo: Forma - Avaliação: III (Intermediária) = peso 3 x 6 = 18  
Atributo: Porosidade - Avaliação: II (Rala, Aberta, Escassa) = peso 2 x 3 = 6  
Atributo: Relação de áreas verdes - Avaliação II (26% a 60%) = peso 2 x 3 = 6
- c) Sub - indicador: Preservação  
Atributo: Campos de preservação - Avaliação IV (Existe, preservam e há limite dos campos) = peso 4 x 10 = 40
- d) Sub - indicador: Orientação do conjunto de habitações  
Atributo: Solar - Avaliação III (Nordeste/Sudoeste) = peso 3 x 6 = 18
- e) Sub - indicador: Ventilação  
Atributo: Permeabilidade - Avaliação: II (Permeabilidade Inadequada) = peso 2 x 3 = 6



A soma do resultado de todos os atributos foi 112, a soma dos pesos foi 19, ao dividir o resultado dos atributos pela soma dos pesos, tem-se o valor do **Índice Ambiental igual a 5,89**, o que equivale a, aproximadamente, 60% de qualidade urbana.

#### **INDICADOR AMBIENTAL PARA O LIMITE MORFOTIPOPOLÓGICO 05 (LM 05)**

- a) Sub - indicador: Orientação do conjunto de vias  
Atributo: Solar - Avaliação: IV (Noroeste/Sudeste) = peso 4 x 10 = 40
- b) Sub - indicador: Verdes Urbanos  
Atributo: Forma - Avaliação: III (Intermediária) = peso 3 x 6 = 18  
Atributo: Porosidade - Avaliação: IV (Densa, Copa Larga, Alta) = peso 4 x 10 = 40  
Atributo: Relação de áreas verdes - Avaliação I (0 a 25%) = peso 1 x 0 = 0
- c) Sub - indicador: Preservação  
Atributo: Campos de preservação - Avaliação I (Não existe) = peso 1 x 0 = 0
- d) Sub - indicador: Orientação do conjunto de habitações  
Atributo: Solar - Avaliação IV (Noroeste/Sudeste) = peso 4 x 10 = 40
- e) Sub- indicador: Ventilação  
Atributo: Permeabilidade - Avaliação: III (Permeabilidade Parcial) = peso 3 x 6 = 18

A soma do resultado de todos os atributos foi 156, a soma dos pesos foi 20, ao dividir o resultado dos atributos pela soma dos pesos, tem-se o valor do **Índice Ambiental do LM 04 igual a 7,8** o que equivale a 78% de qualidade urbana.

#### **INDICADOR AMBIENTAL PARA O LIMITE MORFOTIPOPOLÓGICO 06 (LM 06)**

- a) Sub - indicador: Orientação do conjunto de vias  
Atributo: Solar - Avaliação: III (Nordeste/Sudoeste) = peso 3 x 6 = 18
- b) Sub - indicador: Verdes Urbanos  
Atributo: Forma - Avaliação: III (Intermediária) = peso 3 x 6 = 18  
Atributo: Porosidade - Avaliação: II (Rala, Aberta, Escassa) = peso 2 x 3 = 6  
Atributo: Relação de áreas verdes - Avaliação I (0 a 25%) = peso 1 x 0 = 0
- c) Sub - indicador: Preservação  
Atributo: Campos de preservação - Avaliação I (Não existe) = peso 1 x 0 = 0
- d) Sub - indicador: Orientação do conjunto de habitações  
Atributo: Solar - Avaliação III (Nordeste/Sudoeste) = peso 3 x 6 = 18
- e) Sub- indicador: Ventilação  
Atributo: Permeabilidade - Avaliação: III (Permeabilidade Parcial) = peso 3 x 6 = 18

A soma do resultado de todos os atributos foi 78, a soma dos pesos foi 16, ao dividir o resultado dos atributos pela soma dos pesos, tem-se o valor do **Índice Ambiental do LM 06 é igual a 4,85**, que equivale a, aproximadamente, 50% de qualidade urbana.

#### **INDICADOR AMBIENTAL PARA O LIMITE MORFOTIPOPOLÓGICO 07 (LM 07)**

- a) Sub - indicador: Orientação do conjunto de vias  
Atributo: Solar - Avaliação: II (Oeste/Leste) = peso 2 x 3 = 6
- b) Sub - indicador: Verdes Urbanos



- Atributo: Forma - Avaliação: III (Intermediária) = peso 3 x 6 = 18  
Atributo: Porosidade - Avaliação: II (Rala, Aberta e Escassa) = peso 2 x 3 = 6  
Atributo: Relação de áreas verdes - Avaliação I (0 a 25%) = peso 1 x 0 = 0
- c) Sub - indicador: Preservação  
Atributo: Campos de preservação - Avaliação I (Não existe) = peso 1 x 0 = 0
- d) Sub - indicador: Orientação do conjunto de habitações  
Atributo: Solar - Avaliação II (Oeste/Leste) = peso 2 x 3 = 6
- e) Sub- indicador: Ventilação  
Atributo: Permeabilidade - Avaliação: III (Permeabilidade Parcial) = peso 3 x 6 = 18

A soma do resultado de todos os atributos foi 54, a soma dos pesos foi 14, ao dividir o resultado dos atributos pela soma dos pesos, tem-se o valor do **Índice Ambiental do LM 07 é igual** a 3,8 ou que equivale a 38% de qualidade urbana.

Os resultados revelam uma diferença em relação ao Índice Ambiental que expressa a qualidade urbana de cada Limite Morfotipológico (LM). O LM 04, que obteve 60% de qualidade urbana, foi favorecido pela existência de **campo de preservação**, decorrente da proximidade com o Rio Capibaribe que foi considerado uma área ambiental preservada com limite dos campos o que favorece acesso à ventilação contribuindo para a diminuição das temperaturas do ar em áreas próximas. O LM 05 obteve o melhor resultado com 78% de qualidade urbana, devido a fatores como a **orientação das vias**, que predominam no sentido Noroeste/Sudeste, o que ajuda na formação de **corredores de vento** vindo principalmente do Sudeste, além de possuir **edificações mais baixas**. O LM 06 obteve 50% de qualidade urbana, um valor relativamente baixo considerando a sua dimensão. O Limite Morfotipológico com menor resultado foi o LM 07, com 38% de qualidade urbana, devido a presença de **poucas áreas verdes** em relação aos outros limites estudados, da **orientação das edificações** que recebem excessiva **radiação solar** e da **orientação das vias**, que não favorecem a **ventilação**.

Com isso, é notório que os limites com melhores resultados são o LM 04 e o LM 05, que estão mais perto do Rio Capibaribe e com forte presença de vegetação. Isso demonstra que a qualidade ambiental está fortemente influenciada pela presença de elementos naturais como o rio e massas verdes. Tal constatação sugere a diretriz de arborizar vias para formar corredores verdes como estratégia para alterar o sub-indicador “Verdes Urbanos”.

#### 4.3. Cálculo do Indicador Ambiental. Corredores verdes

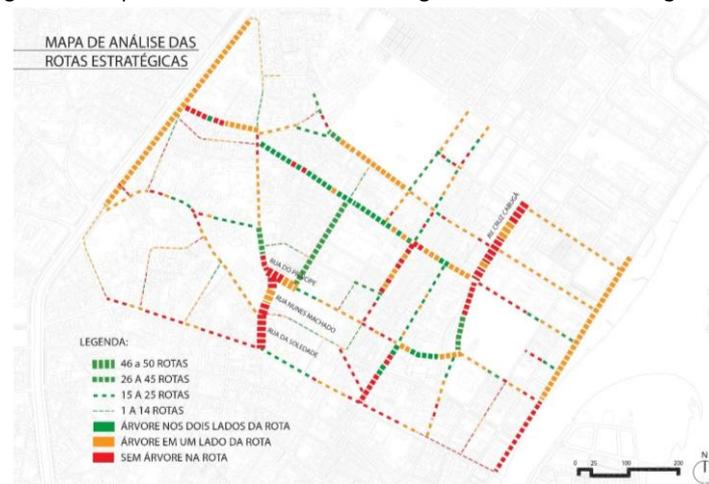
Diante dos resultados obtidos, surge a pergunta: **quais vias são prioritárias para a criação de corredores verdes de modo a oferecer uma melhor sensação de conforto térmico ao pedestre?**

Pesquisas realizadas tendo como território de estudo o Centro Continental do Recife, do qual a área de estudo deste trabalho é um recorte, apontam as chamadas Rotas Estratégicas Cidadãs (SILVA, et al, 2018). Elas foram identificadas a partir sobreposição de rotas de pedestre escolhendo o percurso mais favorável para conectar, inicialmente, (i) os espaços públicos polares e espaços públicos viários entre si; bem como conectar (ii) equipamentos educacionais,

de comércio e serviço, de saúde, institucionais, culturais e residenciais, com os espaços públicos viários. A sobreposição dos percursos permitiu a identificação de rotas mais utilizadas por pedestres e foram representadas, no mapa, com diferentes espessuras para expressar o grau de repetição (SILVA et al, 2018).

O mapa da Figura 5 apresenta a sobreposição das Rotas Estratégicas com a indicação da presença de árvores nos dois lados da via, em um dos lados e sem vegetação. Nota-se que, há rotas estratégicas de grande intensidade, descritas por ter uma maior espessura no mapa, caracterizadas pela presença de poucas árvores. É o caso da Rua da Soledade, Rua Nunes Machado, o início da Rua do Príncipe e a Av. Cruz Cabugá.

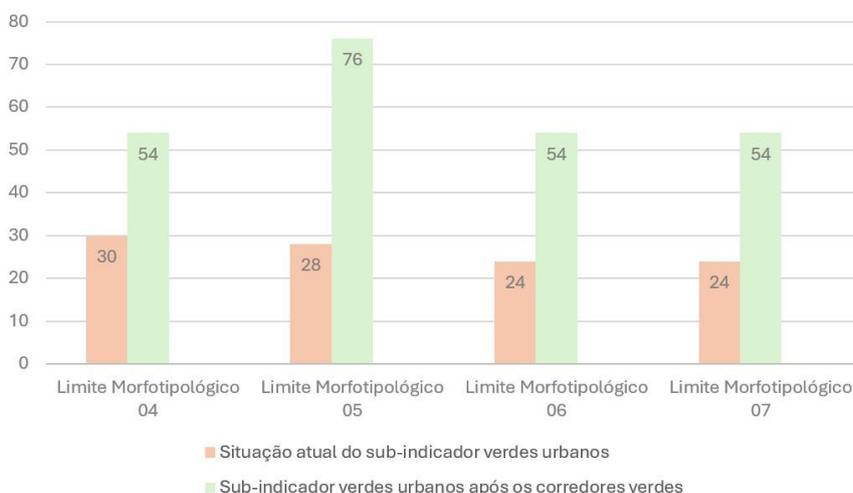
Figura 5 – Mapa de análise das rotas estratégicas de acordo com a vegetação.



Fonte: Silva, 2018. Editado pelas autoras.

O trabalho utilizou a estratégia de inserir vegetação nas rotas estratégicas como elemento mitigador da ocupação urbana, criando corredores verdes. Assim, será possível avaliar como essa estratégia impacta, inicialmente, no Índice Ambiental e, em seguida, no microclima local, utilizando simulações computacionais. Essa solução altera o sub indicador "verdes humanos" que se refere à porosidade e à relação das áreas verdes, conforme está demonstrado no gráfico (Figura 6).

Figura 6 – Gráfico com os resultados do Sub-indicador Verdes Urbanos.

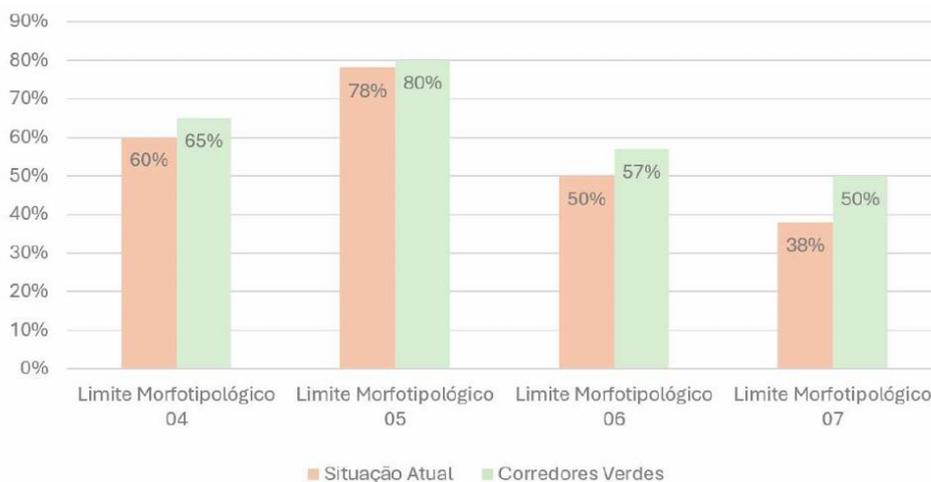


Fonte: As Autoras.

Para saber o quanto esses corredores verdes afetam o nível da qualidade urbana, foi calculado o novo o Indicador Ambiental para cada um dos quatro Limites Morfotipológicos estudados.

O gráfico, na Figura 7, apresenta revela o impacto no Indicador Ambiental do sub-indicador “verdes urbanos”. O LM 07 registrou o maior acréscimo percentual na qualidade urbana – 12% devido a presença de muitas rotas estratégicas na área sem vegetação. O LM 06 obteve um aumento de 8%, o LM 04 teve um aumento de 5% e o LM 05, apenas 2% na sua qualidade urbana, por já possuir bastante massa vegetativa em sua área.

Figura 7 – Gráfico com os resultados do Indicador Ambiental.



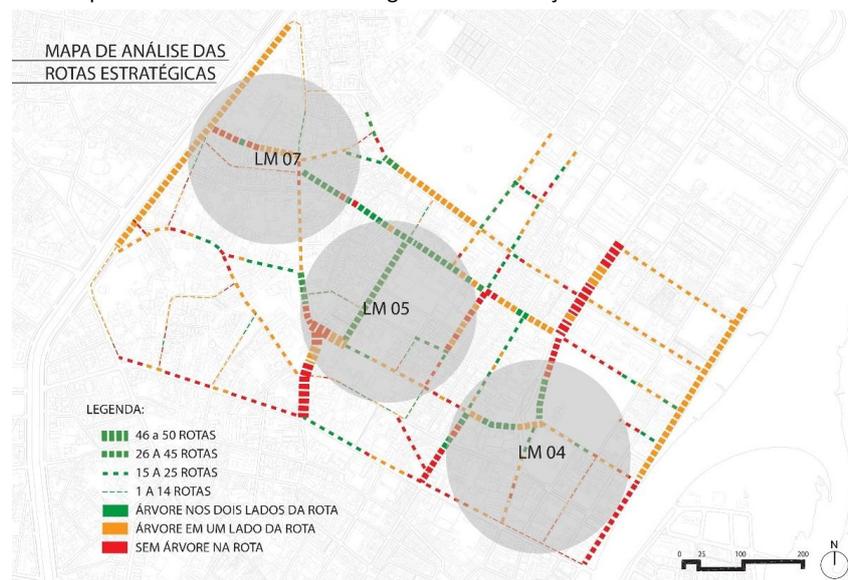
Fonte: As Autoras.

Com isso, é possível concluir que todos os Limites Morfotipológicos estudados resultaram em um aumento da sua qualidade urbana afetando positivamente o sub - indicador de “verdes urbanos”.

#### 4.2. Simulação do benefício dos corredores verdes

O benefício das rotas estratégicas transformadas em corredores verdes foi comprovado através de simulações computacionais utilizando o software Autodesk Forma. É possível identificar como a aplicação dessa estratégia afeta a temperatura e o conforto térmico das áreas estudadas. Em função da limitação do software, foram escolhidas três áreas para a simulação. Foram definidas de modo a representar os Limites Morfotopológicos estudados anteriormente. O mapa da Figura 8 apresenta as três áreas simuladas representadas por círculos com raio de, no máximo, 300m que corresponde à extensão máxima possível de ser simulada. A análise será feita a partir do resultado da temperatura do ar obtido na simulação. Essa abordagem nos permite compreender o impacto da vegetação no microclima da área.

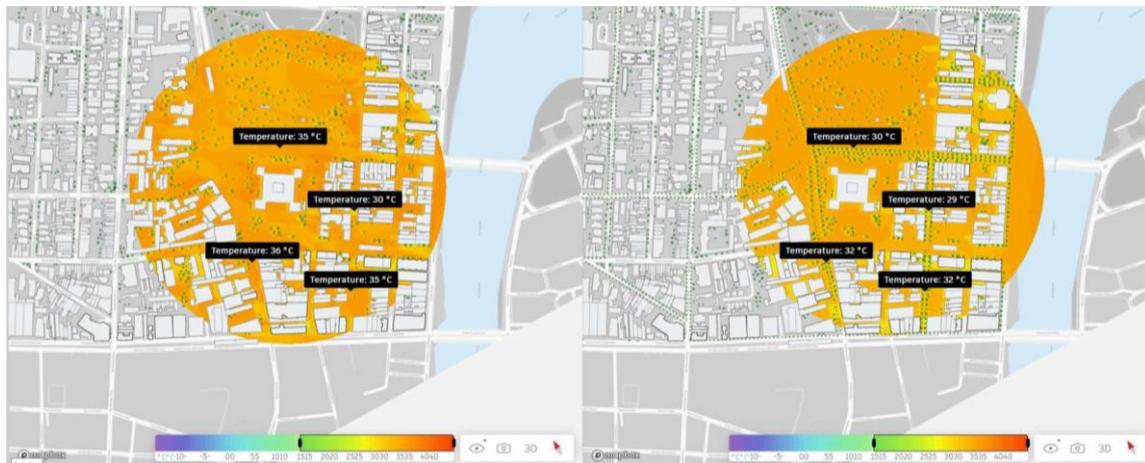
Figura 8 – Mapa de análise das rotas estratégicas com marcação das áreas simuladas no software.



Fonte: Silva, 2018. Editado pelas autoras.

A Figura 9 apresenta o resultado gráfico da simulação feita com o Autodesk Forma para o LM 04. Identificou-se valores da temperatura do ar em 04 (quatro) pontos. Foram realizadas, também, simulações para os LM 05 e 07.

Figura 9 – Análise da temperatura na simulação antes e depois da vegetação no limite morfotipológico O4.



Fonte: Elaborado pelas Autoras no Autodesk Forma.

No **LM 04**, a inserção da arborização urbana resultou na redução da temperatura do ar em todos os pontos analisados sendo: redução de 3°C, na Rua da Saudade; 4°C na Rua do Hospício; 5°C na Rua Princesa Isabel. A hipótese para este último cenário de melhor resultado é a orientação da via em relação aos ventos predominantes Sudeste, fator que ajuda na diminuição da temperatura (Figura 10).

No **LM 05**, a redução da temperatura do ar varia de 1°C, na Rua Afonso Pena a 5°C, na Rua Bispo Cardoso Ayres onde há a queda de 34°C para 29°C, provavelmente, favorecida por sua orientação noroeste/sudeste, o que forma grandes corredores de vento. Semelhante situação acontece na Rua do Príncipe, que tem uma queda de 35°C para 30°C, possivelmente pelo fato de ser uma via que recebeu grande quantidade de vegetação. A menor redução foi observada na Rua Afonso Pena, deve-se ao fato de já ser uma rua arborizada antes da simulação.

Por fim, na simulação do **LM 07**, os corredores verdes também promoveram variações na temperatura. Comparadas com os outros dois LM simulados, este é o que resultou na menor redução de temperatura: de 1°C a 3°C. Apesar de, aparentemente, ser uma diferença pequena na redução da temperatura, é uma redução importante na escala da cidade e contribui para reduzir o efeito na formação das Ilhas de Calor. Além disso, há de se destacar outros benefícios como o resfriamento evaporativo, o sequestro de CO<sub>2</sub> e o sombreamento direto produzido pela vegetação na vias públicas o que contribui para oferecer uma maior sensação de conforto.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho se propôs a investigar o impacto da forma de ocupação do território, com o objetivo de reduzir a formação de Ilhas de Calor Urbana no centro da cidade do Recife, a fim de aumentar o conforto térmico em um recorte dos bairros de Santo Amaro, Soledade e Boa Vista. Através da classificação das Zonas Climáticas Locais (Stewart & Oke, 2012) e do Indicador Ambiental (Teixeira & Romero, 2011), foi possível identificar a qualidade ambiental do recorte estudado e o relacioná-los às características da morfologia urbana. A simulação computacional

foi realizada com o software Autodesk Forma por ser um software gratuito, de fácil acesso, mesmo se possui limitações, como, por exemplo, a dimensão da área possível de ser simulada.

Através da simulação foi possível identificar os benefícios que o aumento da arborização nas vias traz. Os resultados demonstraram a temperatura do ar diminuiu em todos os cenários criados. Resultados mais favoráveis também foram obtidos para os Indicadores Ambientais mostrando melhoria na qualidade urbana.

No entanto, é sabido que, especialmente em áreas centrais onde é frequente a existência de vias estreitas, nem sempre será possível inserir arborização urbana. Nestes casos, é necessário dar ênfase para o microclima na escala da cidade, e buscar compensar a não arborização dessas vias com uma maior vegetação em áreas não ocupadas por edificações como (i) os espaços públicos: **parques e praças; refúgios**, que são resultado do alargamento das vias e que podem vir a se tornar lugares de permanência; os espaços semi-público que são edifícios de uso institucionais, educacional ou mesmo comercial que são de acesso ao público e possuem áreas livres no pavimento térreo; além de espaços vazios em lotes privados.

Este trabalho deseja apontar o potencial de arborização nas áreas públicas, semi-públicas e privadas, o qual, possivelmente, traria uma melhoria na qualidade urbana da área, visto que iria interferir no cálculo do Indicador Ambiental (Figura 11).

A metodologia utilizada permitiu analisar a influência da morfologia urbana na qualidade ambiental e comprovar a influência da inserção de vegetação em vias urbanas através do cálculo do Indicador Ambiental e simulações computacionais que resultam na melhoria da qualidade urbana e na redução da temperatura do ar.

Figura 11 – Mapa dos espaços públicos e potencial de áreas privadas.



Fonte: Silva, 2018. Editado pelas autoras.

## 6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. (2014). **Eficiência Energética na Arquitetura**. ELETROBRAS/PROCEL, Rio de Janeiro 3ª Edição.



MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia, 1976.

OKE, Timothy R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly journal of the royal meteorological society**, v. 108, n. 455, p. 1-24, 1982.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, 2015. Disponível em: <enda2030/undp-br-Agenda2030-completo-pt-br-2016.pdf>. Acesso em: 19/05/2023.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. **Local Climate Zones for Urban Temperature Studies**. Em: Bulletin of the American Meteorological Society, v. 93, n. 12, 2012.

SILVA, Paula. et al. **Plano Centro Cidadão: Diagnóstico Urbanístico para o Centro Expandido Continental do Recife**. Vol. 02. Recife: FASA, 2018.

TEIXEIRA, Éderson Oliveira; ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Morfologia Urbana Sustentável em regiões administrativas do DF – Estudo de caso: Asa Sul**. IN: Anais. ENCAC, 2011.

TEIXEIRA, Éderson Oliveira. **Método de avaliação ambiental de espaços urbanos. Estudo de caso: Asa Sul do Plano Piloto de Brasília-DF**. Dissertação de mestrado. UNB, 2013.

VOOGT, James A.; OKE, Tim R. **Sensoriamento remoto térmico de climas urbanos**. Sensoriamento remoto do meio ambiente, v. 86, n. 3, pág. 370-384, 2003.