

## **VILA DOS ATLETAS - OLIMPIÁDAS RIO 2016: A COBERTURA DO SOLO E A VEGETAÇÃO NA PRODUÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO**

**L. D. Bastos<sup>1</sup>, P. R. Drach<sup>1,2</sup>, O. D. Corbella<sup>1,3</sup>.**

Programa de Pós-graduação em Urbanismo (PROURB) – Universidade Federal do Rio De Janeiro  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
Tel. 55.21.96834-1808 – Fax 55.22 2598-1991 – e-mail: prourb@fau.ufrj.br

*Recibido 28/07/17, aceptado 29/09/17*

**RESUMEN:** Este estudio evalúa los impactos de las alteraciones de la morfología urbana en el microclima local de la Villa de los Atletas - Juegos Olímpicos 2016, utilizando simulación computacional. La sustitución de la cobertura natural del suelo por calles, aceras y edificaciones altera las propiedades térmicas del medio ambiente, causando modificaciones en las condiciones del clima local. El procedimiento metodológico implica el levantamiento de informaciones sobre la morfología urbana (mapas, fotos, proyectos y visitas in situ) y de los datos climáticos para la creación de los archivos de entrada del programa ENVI-met. Después del proceso de simulación se generan las imágenes para los horarios representativos. Se puede observar a través de los resultados, como se esperaba, la contribución efectiva de la vegetación para controlar el calentamiento local. Este efecto no se restringe a la presencia de especies arbóreas, sino también a la vegetación de cobertura del suelo. La vegetación representa una fuerte aliada en el equilibrio del microclima, además de ser visualmente agradable permite el control del sombreado.

**Palabras clave:** confort térmico, microclima, vegetación, ENVI-met, simulación computacional

### **INTRODUÇÃO**

O processo de urbanização acarreta modificações na atmosfera urbana causando impactos tais como poluição do ar, ilhas de calor, variações no regime de precipitações, o que traz consequências como maior geração de calor, inversões térmicas, modificações na ventilação, umidade, desconforto térmico e aumento no consumo de energia, além de poder comprometer o equilíbrio térmico em uma escala maior. A expansão demográfica que se desenvolveu nos últimos 200 anos, resultou num processo de crescimento urbano que tem desencadeado sérios problemas ambientais, dentre estes há a alteração do clima local (clima urbano) como reflexo da ocupação e da atividade antrópica sobre o meio ambiente (Nascimento e Barros, 2009).

No Brasil, por exemplo, o rápido crescimento urbano a partir da metade do século XX fez com que a ocupação das cidades ocorresse de forma desordenada, uma vez que esta não foi acompanhada de um planejamento para adequar-se à nova condição. Esse crescimento demográfico ocorrido nas cidades trouxe uma série de problemas ao ambiente, como resultado do aumento da malha urbana, da verticalização, uso intensivo do solo nas áreas centrais, excessiva impermeabilização, substituição de áreas verdes por áreas construídas, proliferação de construções que desconsideraram as características do sítio físico, entre outros; fazendo reproduzir nas cidades modelos urbanos com baixa qualidade ambiental. É importante que os planejadores urbanos entendam a relevância de desenvolver formas de ocupação e uso do solo que não tragam prejuízos para os usuários a respeito do conforto térmico e procurem desenvolver a cidade levando em consideração essa questão para o ambiente construído.

---

<sup>1</sup> PROURB/FAU/UFRJ

<sup>2</sup> Professora Adjunta ESDI/FAU/UERJ

<sup>3</sup> Pesquisador CNPq

O processo de transformação de um ambiente reflete diretamente no clima do local, porém o importante é saber como amenizar essas transformações e para isso um bom planejamento urbano pode ser suma importância. A qualidade ou não do ambiente urbano está diretamente relacionada com o planejamento ou não do mesmo. Nesse sentido é importante observar como o planejamento pode ajudar na produção de espaços urbanos com mais qualidade ambiental. Araújo e Caram (2006) apontam que o desafio das grandes cidades é alcançar crescimento e desenvolvimento urbano que proporcionem geração de riqueza, qualidade de vida e qualidade ambiental para seus atuais e futuros habitantes. No que diz respeito ao planejamento ambiental do território, este se apresenta como “um elemento tanto básico como complementar para a elaboração dos programas de desenvolvimento econômico e social, e para a otimização do plano de uso, manejo e gestão de qualquer unidade territorial” (Rodríguez e Silva e Cavalcante, 2007 apud Lima et al., 2011). Lima e Zanella (2011) apontam que, “embora muitos pesquisadores tenham feito esforços para facilitar a comunicação entre a climatologia, arquitetura e planejamento, a sensibilidade para este tema varia de local para local”. Para Acero e Herranz-Pascual (2015) num contexto de alterações climáticas e com o objetivo de melhorar a qualidade de vida e saúde das zonas urbanas, planejadores urbanos estão considerando cada vez mais a componente térmica de clima, a fim de desenvolver as áreas urbanas confortáveis.

Neste estudo, que é um estudo qualitativo, foram analisadas as transformações do microclima em uma região do município do Rio de Janeiro/RJ - Brasil, mais especificamente, onde foi implantado a Vila Olímpica e Paralímpica Rio 2016 (Vila dos Atletas), com os seus 31 edifícios distribuídos em sete condomínios. Foram avaliadas as transformações ocorridas naquele ambiente urbano e as implicações destas alterações no microclima, ou clima local e seus reflexos no conforto térmico. O estudo teve como ferramenta de apoio a simulação computacional através do programa ENVI-met 3.1 (Bruse, 2010).

### **SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL E O ENVI-met 3.1**

O desenvolvimento desta pesquisa pelo processo de simulação computacional se deu pelo fato de que este permite trabalhar com mais de um componente climático como, por exemplo: temperatura, umidade relativa, ventilação e radiação. Outro ponto está na exploração de cenários que abarcam desde as mudanças: na configuração das edificações, no plantio ou não de vegetação, na avaliação dos elementos que serão utilizados na cobertura do solo (concreto, grama, espelhos d'água etc.). Além da exploração de cenários, a simulação pode ainda, diagnosticar e fazer proposições que melhorem as condições de conforto na escala urbana. O ENVI-met no contexto do desenho urbano tem sido amplamente utilizado devido à sua capacidade de combinar e considerar as 4 variáveis climáticas (temperatura do ar, temperatura média radiante ( $T_{mrt}$ ), velocidade do vento e umidade relativa) que influenciam diretamente no conforto térmico. O programa é baseado na dinâmica dos fluidos computacionais (CFD) e termodinâmica. O modelo é o mais completo em termos de cálculo do conforto humano. Por ser baseado nos princípios da mecânica dos fluidos e nas leis fundamentais da termodinâmica o mesmo se destaca como um avanço aos demais programas de simulação urbana. O programa também apresenta suas limitações, como por exemplo, não simular as fontes internas das edificações. Somente as condições de temperatura do ar e de umidade relativa são atualizadas ao longo da simulação diurna. Assim, a velocidade e a direção do vento, permanecem constantes. A escolha do ENVI-met 3.1 foi feita tendo em vista que no momento da pesquisa esta era a versão mais consolidada e gratuita disponível.

### **METODOLOGIA**

#### *Área de Estudo*

A área de estudo localiza-se na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro – Brasil, em um bairro chamado Barra da Tijuca (Figura 1). Este bairro surgiu no final dos anos de 1960 e em pouco mais de 40 anos deixou de ser uma área pouco habitada e passou a ser uma das mais importantes áreas de expansão urbana da cidade. A urbanização deste bairro representa a etapa mais recente da expansão urbana da cidade do Rio de Janeiro. A ocupação do bairro se intensificou rapidamente a partir da elaboração do plano de desenvolvimento da cidade em direção àquela região.

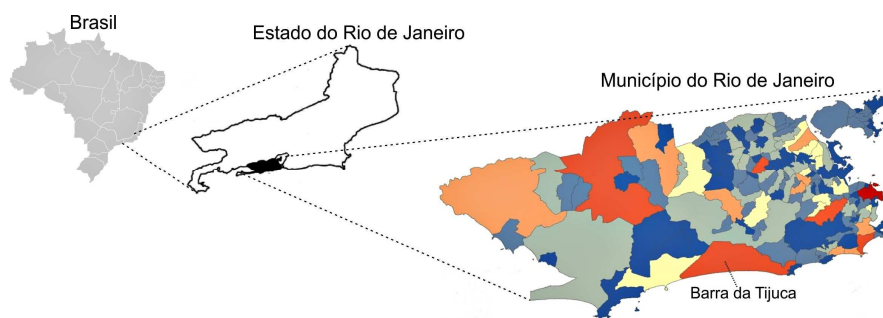


Figura 1: Localização do Bairro da Barra da Tijuca. Fonte: próprio autor, 2016

O local onde o estudo foi realizado, por muitos anos teve seu processo de ocupação lento. Porém isso mudou no ano de 2012 com o início da construção das residências que iriam abrigar atletas e técnicos durante os Jogos Olímpicos e Paralímpicos Rio 2016. Esse conjunto residencial foi erguido dentro de uma área maior que foi batizada por seus idealizadores de Ilha Pura. O Ilha Pura possui 870 mil metros quadrados, dos quais 247 mil m<sup>2</sup> foram reservados para a construção da Vila dos Atletas. A Figura 2 mostra os limites do bairro com a demarcação da área onde foi implantada a Vila dos Atletas Rio 2016 e a Figura 3 mostra o ano de início (Figura 3a) e de conclusão (Figura 3b) da construção da Vila dos Atletas.



Figura 2: Bairro da Barra da Tijuca e a localização (em laranja) da área de construção da Vila dos Atletas. Fonte: Googlemaps 2016 – adaptada



Figura 3: Evolução urbana da área: em março de 2012 (3a) e em maio (3b) de 2016. Fonte: Google Earth

A partir das imagens da Figura 3 é possível observar a intensa e rápida ocupação urbana da área e entender as implicações na dinâmica da região. As Figuras 4 e 5 mostram os limites da região do Ilha Pura com o projeto de implantação da Vila dos Atletas e uma vista aérea da Vila dos Atletas respectivamente.



Figura 4: Limites da Ilha Pura com a proposta do projeto da Vila dos Atletas Rio 2016  
Fonte: [www.ilhapura.com.br](http://www.ilhapura.com.br), agosto de 2015, adaptada.



Figura 5: Vila dos Atletas Rio 2016. Fonte: Ricardo Sete Câmara – adaptada.

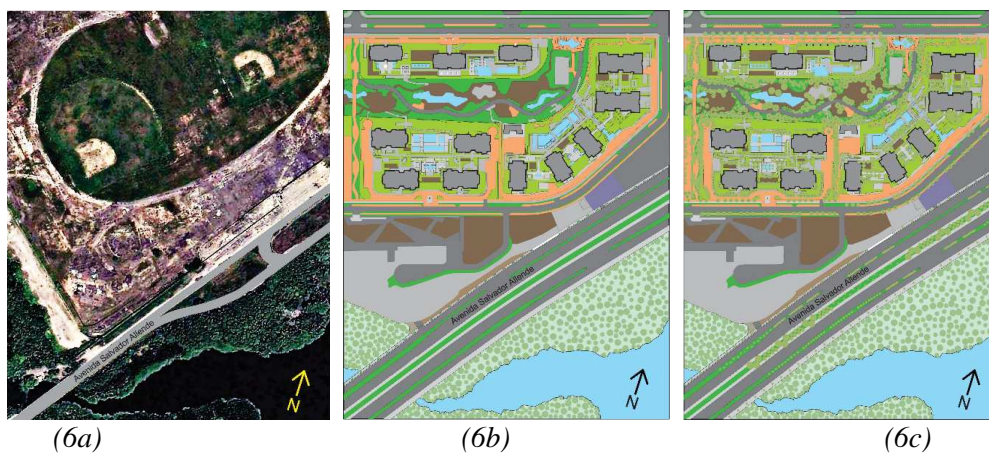
Da imagem da Figura 5 pode-se deprender que a intensa ocupação se deu também verticalmente com a construção dos edifícios de 17 pavimentos.

A Vila dos Jogos Olímpicos e Paraolímpicos Rio 2016 foi projetada para abrigar 17.950 atletas e equipes técnicas. Esta possui 31 edifícios de 17 pavimentos cada, distribuídos em sete condomínios independentes totalizando 476 apartamentos de 2, 3 e 4 quartos. Com total de 200.000 m<sup>2</sup>, conta ainda com um parque de 65.000 m<sup>2</sup> de área verde, 1,1km de ciclovias e 5.500m<sup>2</sup> de espelho d'água. De acordo com os seus planejadores o Ilha Pura nasceu como um bairro planejado e sustentável. E por suas iniciativas sustentáveis ele já recebeu 3 certificações em sustentabilidade: Certificação Aqua-HQE Bairros e Loteamentos (2014); também em 2014 o projeto recebeu da caixa econômica Federal o Selo Casa Azul na categoria Selo Ouro. Ainda no mesmo ano recebeu o selo LEED ND - *LEED for Neighborhood Development* (LEED para Desenvolvimento de Bairros) - concebido pelo Green Building Council. Com essas certificações tornando-se o primeiro bairro no Rio de Janeiro certificado e o primeiro bairro planejado da América Latina a receber o mais importante certificado em sustentabilidade do mundo.

Entre as medidas sustentáveis adotadas pelo projeto, está a redução da emissão de gases de efeito estufa durante o período de obras; uso de madeira nativa certificada; reutilização e reciclagem de resíduos construtivos; implantação de estação de tratamento para reuso da água dos chuveiros e lavatórios nas bacias sanitárias e reposição da água dos lagos; e redução no consumo de energia elétrica por meio de ações como instalação de lâmpadas LED, sensores de presença, usina de painéis fotovoltaicos e elevadores com sistema regenerativo. Além disso, para o paisagismo do parque de 65 mil m<sup>2</sup> que foi projetado pelo escritório Burle Marx, foram utilizadas 163 espécies e mais de 35 mil mudas de plantas cultivadas em um viveiro ao lado do terreno da Ilha Pura, evitando o impacto de transporte das espécies.

#### *Definição do recorte de estudo*

Este trabalho faz parte de uma pesquisa maior que teve por objetivo a realização de uma análise microclimática antes e pós-implantação do projeto da Vila dos Atletas Rio 2016 de modo a avaliar os desdobramentos do mesmo no conforto térmico. A análise foi pensada a partir três cenários que foram denominados de *Momento 01* (antes da implantação), *Momento 02* (pós-implantação, porém sem vegetação arbórea) e *Momento 03* (projeção futura com vegetação arbórea) apresentados na Figura 6. A escolha do recorte aconteceu a partir do Momento 02 (cenário exatamente posterior a implantação do projeto – janeiro de 2017). A partir dessa delimitação retornou-se ao passado, mais especificamente julho de 2011, para registrar a área correspondente ao Momento 01. O recorte do Momento 01 foi reproduzido a partir de imagem retirada da base de imagens históricas do Google Earth. O Momento 03 representa uma projeção de futuro onde a arborização proposta no projeto se encontraria na fase adulta. Neste trabalho as análises qualitativas estão centradas em cima dos Momentos 02 e 03 e mais especificamente na Zona Residencial que será explicitada mais adiante.



(6a) (6b) (6c)  
Figura 6: Bases do Momento 01 (6a), Momento 02(6b) e Momento 03 (6c).

Fonte: Google Earth adaptada e próprio autor.



A Figura 7 representa a área de implantação da Vila dos Atletas Rio 2016 subdividida em duas zonas: Residencial e Apoio, bem como o recorte estudado na pesquisa. A Zona de Apoio foi de caráter temporário e ainda não é possível saber qual será a sua ocupação futura.



Figura 7: Limites da Vila dos Atletas incluindo as Zonas de Apoio e o recorte estudado na pesquisa.  
Fonte: Projeto Ilha Pura – adaptada.

#### Caracterização do recorte de estudo

#### Caracterização Geral

Neste estudo a caracterização da área abordou somente os Momentos 02 e 03 uma vez que o objetivo foi avaliar a questão dos elementos de cobertura do solo e seus efeitos no microclima. No Momento 02 foi realizado um zoneamento do recorte para facilitar a análise. A vegetação arbórea proposta pelo projeto foi desconsiderada na análise do Momento 02 tendo em vista que ela acabou de ser plantada e não possui tamanho suficiente para interferir no conforto do lugar, mas foi considerada no Momento 03. Especialmente o recorte foi dividido em 3 Zonas (Residencial, Apoio e Vegetação Remanescente) e a Avenida Salvador Allende (grande via com fluxo intenso que separa o empreendimento da área de Vegetação Remanescente), como mostra a Figura 8.

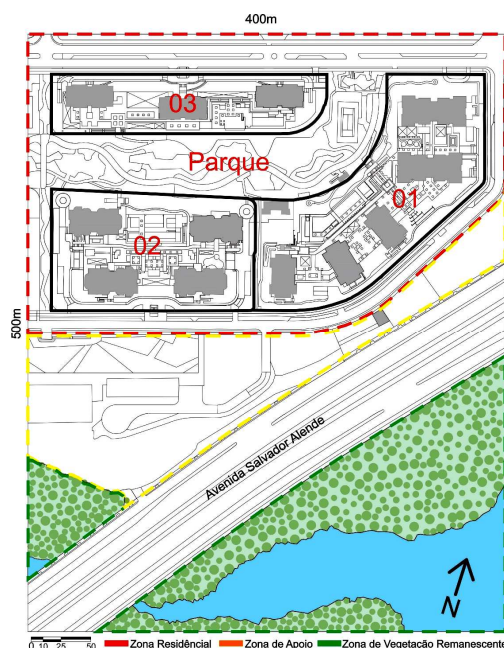
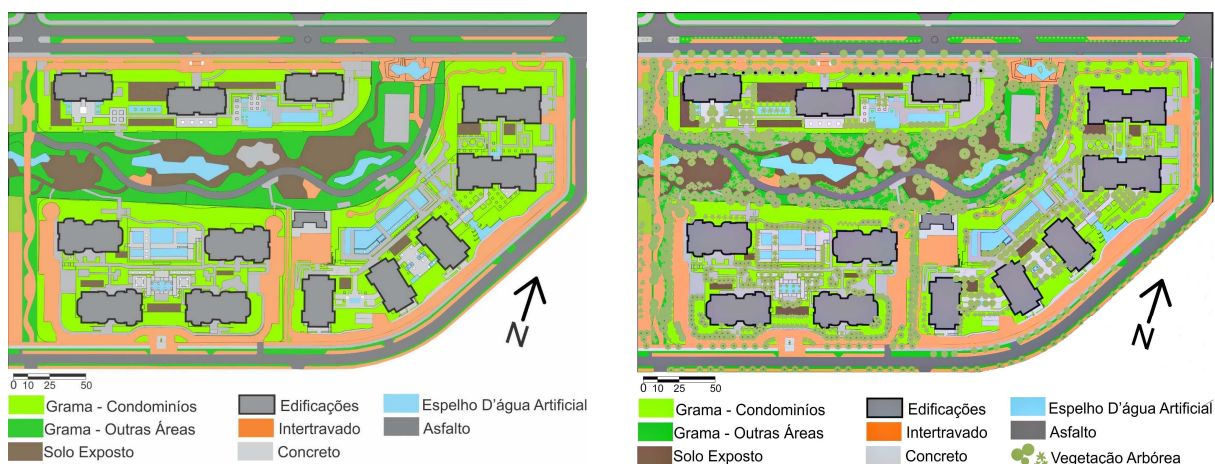


Figura 8: Recorte definido para o estudo: 3 Zonas: Residencial, Apoio e Vegetação Remanescente.  
Fonte: Projeto Ilha Pura – adaptada.

A primeira é a Zona Residencial (Figura 8 – tracejado vermelho) com 92.286,88m<sup>2</sup>, formada por 3 Condomínios (1, 2 e 3), com um total de 12 edifícios de 17 pavimentos cada, e por uma área de uso comum a todos (Parque), além das vias de acesso (vias para carro, pedestre, ciclista). A cobertura de solo desta Zona esta composta pelos seguintes elementos: edificações, piso em concreto, piso intertravado, solo exposto, grama, espelho d’água artificial (piscina), vias e caminhos em asfalto. Abaixo da Zona Residencial tem-se uma região que serviu de apoio a esta no período das olimpíadas, denominada neste trabalho de Zona de Apoio com 29.550,45m<sup>2</sup> (Figura 8 – tracejado amarelo). Esta apresenta em sua cobertura de solo: solo exposto, grama, concreto, brita e asfalto. A terceira zona que compõe o recorte é o trecho de vegetação remanescente que fica as margens da lagoa, bem como a própria lagoa (Figura 7 – tracejado verde). Este trecho foi denominado de Zona de Vegetação Remanescente e esta dividido em 2 partes, uma limita-se entre a Avenida Salvador Allende e a lagoa e a outra com a Zona de Apoio e a avenida Salvador Allende como mostrado na Figura 8 – tracejado verde). Além dessas 3 Zonas a Avenida Salvador Allende propriamente dita também faz parte da configuração do recorte.

### Caracterização da Zona Residencial

Neste trabalho, apesar do tópico 3.3.1 ter apresentado o recorte de estudo como um todo, o foco foi uma análise em cima da *Zona Residencial* (onde o dia a dia das pessoas irá acontecer propriamente) e sua cobertura de solo. Nesse sentido realizou-se uma análise quantitativa da cobertura do solo dessa região após a implantação do projeto de forma a verificar o impacto da inserção dos três condomínios, totalizando 12 edifícios de 17 andares, no microclima. As Figuras 9 e 10 representam a Zona Residencial nos Momentos 02 e 03 com todos os novos elementos introduzidos na nova paisagem. A vegetação arbórea presente no Momento 03 (Figura 10) está com dimensões de árvores adultas, tendo em vista que estas representam uma projeção futura da área.



*Figura 9: Cobertura de solo da Zona Residencial – Momento 02. Fonte: próprio autor, a partir de dados do projeto*      *Figura 10: Cobertura de solo da Zona Residencial –Momento 03. Fonte: próprio autor, a partir de dados do projeto*

As Figuras 9 e 10 permitem compreender a distribuição espacial dos elementos presentes nesta área. Nelas estão indicados tanto os materiais de cobertura do solo bem como a localização das edificações.

### Elementos Naturais e Artificiais na Zona Residencial

O detalhamento dos elementos naturais e artificiais presentes na Zona Residencial são apontados nas Tabelas 1, 2 e 3 que possuem informações quantitativas e descritivas desses elementos. Esses dados e sua leitura conjunta (Figuras 9,10 e Tabelas 1, 2 e 3) possibilitam maior compreensão sobre a dinâmica desses elementos presentes na Zona Residencial, bem como ajudam a ensaiar proposições sobre o conforto térmico do local.

	Elemento	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Quantidade (%)	Albedo	Emissividade
Momento 02 e Momento 03	Edificações	10.451,72 m <sup>2</sup>	12 %	-----	-----
	Asfalto	10.686,86 m <sup>2</sup>	12%	0,04	0,95
	Concreto	15.299,35 m <sup>2</sup>	17%	0,55	0,95
	Intertravado	13.686,86 m <sup>2</sup>	15%	-----	-----

Tabela 1: Elementos artificiais na Zona Residencial

	Elemento	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Quantidade (%)
Momento 02 e Momento 03	Gramma	31.026,86 m <sup>2</sup>	34%
	Solo exposto sem vegetação	5.677,46 m <sup>2</sup>	6%
	Espelho d'água artificial	3.626,85 m <sup>2</sup>	4%

Tabela 02 – Elementos naturais (exceto vegetação arbórea) – Zona Residencial – Momento 02 e 03

	Elemento	Características
Momento 03	Árvore de pequeno porte	- Pequeno Porte (altura entre 4 - 6m; copa menor que 4m). - Médio Porte (altura entre 6 – 10m; copa entre 4 – 6m). - Grande Porte (altura maior que 10m; copa maior que 6m).
	Árvore de médio porte	
	Árvore de grande porte	
	Palmeira de pequeno porte	
	Palmeira de médio porte	
	Palmeira de grande porte	

Tabela 03 – Vegetação arbórea – Zona Residencial – Momento 03

A classificação das espécies arbóreas do projeto foi baseada nas dimensões de suas copas de acordo com Mascaró (2005 apud AGUIRRE JUNIOR; LIMA, 2007). Nesta classificação foi estabelecida uma relação entre altura e copa das espécies arbóreas. Para geração do arquivo de entrada da simulação foi necessário uma adequação com as espécies disponibilizadas pelo programa.

#### Características climáticas do local

O clima da cidade do Rio de Janeiro é o tropical atlântico, com amplitudes térmicas relativamente baixas. Os verões são quentes e úmidos, enquanto os invernos apresentam-se amenos e com regime de chuvas mais restrito. A temperatura média varia entre 21,3 °C (julho) e 26,3 °C (janeiro). Porém mesmo no inverno as temperaturas podem chegar aos 30 °C e no verão passar dos 35 °C, inclusive chegar aos 40 °C. A Tabela 4 apresenta informações climáticas da cidade do Rio de Janeiro para o mês de janeiro de 2017.

Temperatura (°C)	Máxima	31,6 °C
	Mínima	23,9 °C
	Média	27,54 °C
Umidade Relativa (%)	Máxima	89,0 %
	Mínima	53,0 %
	Média	75,0 %
Velocidade do vento (m/s)	Mínima	0,7 m/s
	Máxima	10,5 m/s
Vento Predominante (direção)	Sudeste	
Precipitação (mm)	57,6 mm	

Tabela 04 – Dados climáticos – Cidade do Rio de Janeiro – Janeiro de 2017

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

#### As Simulações

As simulações foram realizadas para três momentos apresentados (Figura 6) anteriormente. Porém, neste trabalho somente foram analisados os resultados para os Momentos 02 e 03 centrados apenas na Zona Residencial (Figura 9 e 10).

Os dados para as simulações foram agrupados em 3 categorias: Elementos Artificiais, Elementos Naturais, Dados climáticos ou Meteorológicos. Fez-se necessário fazer uma correlação entre os elementos presentes no projeto com os que o Software possui e em alguns casos até agrupar mais de um elemento presente no projeto para que fosse possível se adequar aos existentes no programa. Isso foi mais presente com os Elementos Naturais. As Tabelas 05 e 06 apontam as correlações realizadas para o processo de simulação no ENVI-met 3.1.

Elementos no Recorte estudado	Elementos no ENVI-met
Piso em Concreto	Paviment Concret
Piso Intertravado	
Asfalto	Asfalt Road
Edificações	Building

Tabela 05 – Correlação entre de Elementos Artificiais

Elementos no Recorte estudado	Elementos no ENVI-met
Solo exposto	Loamy Soil
Gramma	Grass 50cm ever
Brita	Granity Paviment
Árvores copa pequena	Ds 10m
Árvores copa média	
Árvores copa grande	TH 15m
Palmeira pequena	L1 15m
Palmeira média	
Palmeira grande	L2 20m

Tabela 06 – Correlação ente elementos naturais

A escolha das árvores no programa ENVI-met 3.1 se deu a partir da correlação de suas alturas com as alturas das árvores observadas no recorte.

Para as simulações um dia Tipo foi criado tendo em vista que se trabalhou com os valores médios das variáveis (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento) para o mês de janeiro de 2017. O dia Tipo foi denominado de 16 de janeiro. A umidade específica (g/kg) a 2000m de altura também foi utilizada com o valor médio do mês. As Informações meteorológicas retiradas da estação mais próxima do local (Estação: A652 – Rio - Forte de Copacabana) disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Estação Meteorológica do Galeão (83746SBGL) cujos dados estão disponibilizados em University of Wyoming ([www.weather.uwyo.edu](http://www.weather.uwyo.edu)). A Figura 11 apresentam os dados (resolução/tamanho dos grids, dados climáticos, tempo de simulação, etc) utilizados nos arquivos de entrada (input) para a realização das simulações.

Figura 11: Dados utilizados nas simulações.



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados nas Figuras 12, 13, 14, 16, 16 e 17 são referentes ao recorte como um todo, porém a discussão central foi em cima da Zona Residencial como já explicitado anteriormente.

### Temperatura do Ar - 12 horas

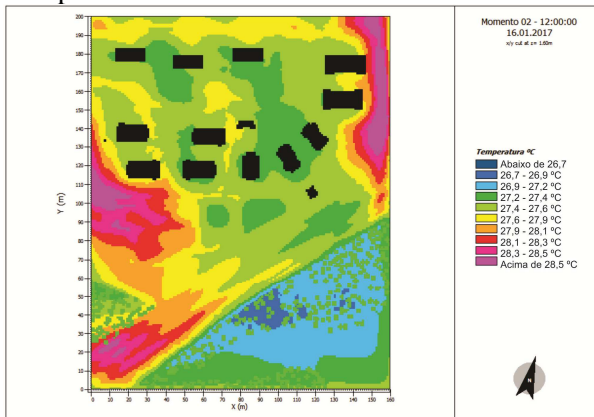


Figura 12: Resultado para temperatura do ar: Momento 02.  
Visualização: Leonardo (Bruse, 2010).

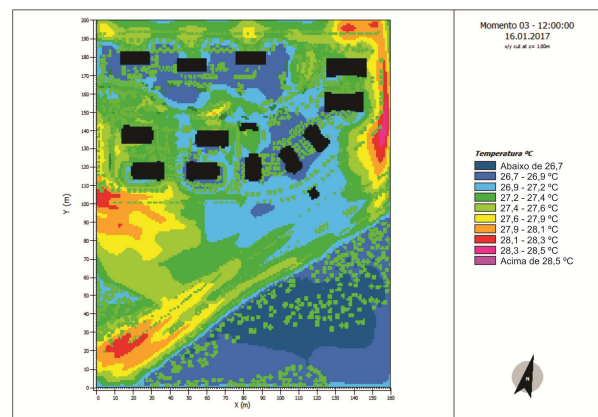


Figura 13: Resultado para temperatura do ar: Momento 03.  
Visualização: Leonardo (Bruse, 2010).

### Umidade Relativa - 12 horas

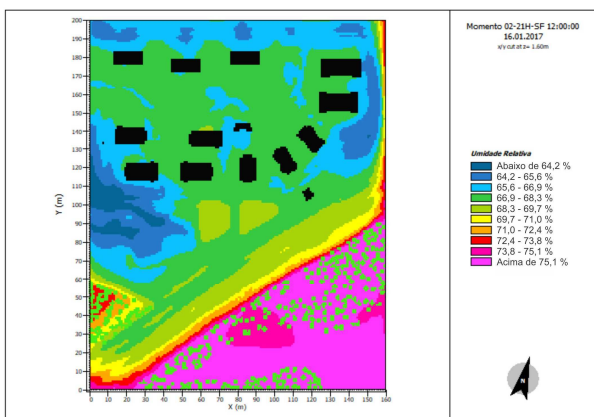


Figura 14: Resultados para umidade relativa: Momento 02.  
Visualização: Leonardo (Bruse, 2010).

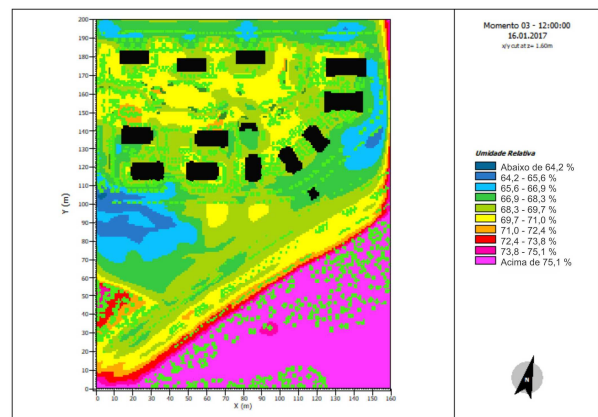


Figura 15: Resultados para umidade relativa: Momento 03.  
Visualização: Leonardo (Bruse, 2010).

### Velocidade do Vento - 12 horas

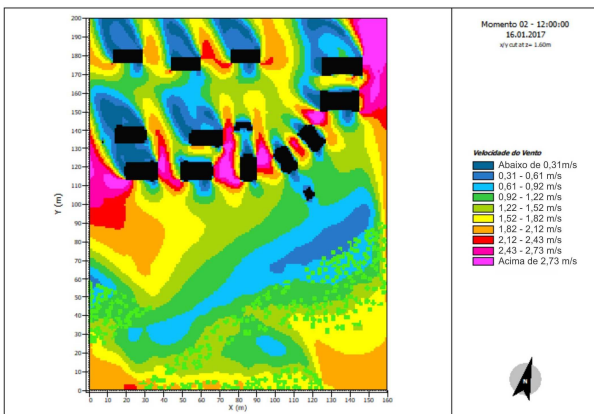


Figura 16: Resultados para velocidade do vento: Momento 02.  
Visualização: Leonardo (Bruse, 2010).

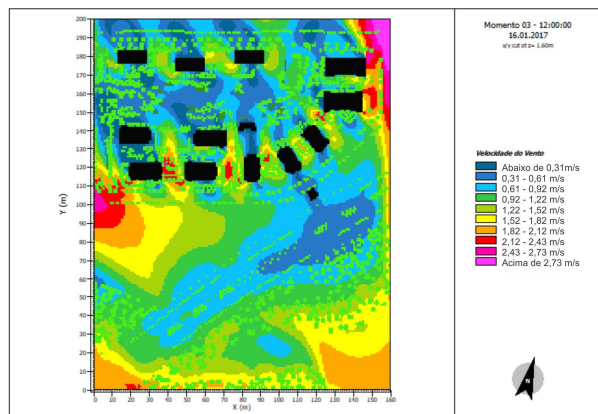


Figura 17: Resultados para velocidade do vento: Momento 03.  
Visualização: Leonardo (Bruse, 2010).

Os resultados apresentados nas Figuras 12, 13, 14, 16, 16 e 17 são relativos à temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento; e foram tomadas às 12 horas do dia Tipo. O horário e a data foram escolhidos por serem representativos do período de verão para a cidade do Rio de Janeiro. As seis pranchas foram tomadas na mesma escala (dentro de suas unidades de medida) para permitir a comparação entre os experimentos.

#### Temperatura do Ar (°C) – 12horas

##### Momento 02

Pelo resultado do Momento 02 (Figura 13) foi possível observar que a combinação de grama, solo exposto e espelhos d'água contribuíram positivamente para o conforto térmico na Zona Residencial ao contrário de áreas vizinhas onde ocorreu o predomínio de cobertura artificial do solo. Nesta Zona, apenas 2 edifícios do condomínio 01 e 01 edifício do condomínio 02 que estão próximos as zonas de calor apresentaram em suas bordas um aumento expressivo de temperatura. Estas regiões correspondem à insolação que a região recebeu associada ao tipo de material presente no solo (asfalto, concreto e intertravado). Sobre a cobertura artificial na região dos Condomínios observa-se que sua associação à grama e espelhos d'água permitiu mitigar a emissão de calor e sua condução entre os materiais do solo. Nas regiões mais quentes a variação foi de 1,8 °C a mais que a menor temperatura.

##### Momento 03

No Momento 03 (Figura 14) nota-se que a presença da arborização promoveu a redução da temperatura do ar no conjunto. Esta variação mostra que a presença da vegetação tem um efeito positivo para os usuários, tanto na questão da temperatura, quanto na questão do sombreamento também. A Zona Residencial que no Momento 02 registrava como menor temperatura 27,2 °C, passou a registrar 26,7°C. Pode-se dizer que a introdução de árvores no projeto conseguiu neste horário tornar a região mais agradável comparativamente ao Momento 02. A vegetação além de reduzir os níveis de temperatura, reduziu também a radiação direta e criou zonas de sombreamento, tornando a o projeto mais confortável termicamente. Outra observação diz respeito às regiões localizadas entre alguns edifícios do condomínio 1 e do condomínio 3. Essa pequena variação indica que nesses pontos a sensação térmica está muito próxima das temperaturas da região que apresenta os menores valores desta variável (Zona de Vegetação Remanescente). Essas baixas temperaturas, apresentadas nesses pontos, pode ser reflexo da associação entre zonas de sombreamento criadas pelos edifícios, vegetação presente nesses locais e espelhos d'água.

#### Umidade Relativa – 12horas

##### Momento 02

A Zona Residencial ficou predominantemente na faixa máxima de 68,3%. Nos locais que concentraram temperatura elevada neste horário a umidade relativa (Figura 15) chegou ao menor valor (64,2%). No Parque, 3 locais apresentaram valores mais baixos (65,6%): a quadra poliesportiva (concreto), um pequeno trecho em concreto no meio deste e um trecho do passeio em asfalto.

##### Momento 03

Neste momento (Figura 16) observou-se que a vegetação implantada no projeto ajudou na manutenção de valores medianos dessa variável climática. No Momento 02 para o mesmo horário a variação ficou entre 66,9% à 68,3%. Neste momento os valores se concentraram entre 68,3% à 71,0%, apresentando, porém, valores mínimos (64,2%) nas regiões que possuíam forte calor. Este resultado mostra que a arborização conseguiu elevar os níveis de umidade do recorte, principalmente na Zona Residencial, se comparada com o Momento 02.

#### Velocidade do Vento – 12horas

A direção do vento predominante para a região é a sudeste (135°). Essa direção é favorável ao projeto, uma vez que ele passa por uma região de vegetação remanescente, logo, contribui para o resfriamento do ar. Aqui estão os comentários para os dois Momentos estudados no horário observado.

## Momento 02

No Momento 02 (Figura 17) após atravessar a Zona de Vegetação remanescente o vento encontra as edificações. Há uma perda de velocidade e mudança de direção ante os obstáculos. Ao encontrarem os “corredores” entre as edificações há um ganho de velocidade, chegando a máxima (2,73m/s). O Parque recebe vento com velocidade moderada e baixa. Grandes Sombras de vento se formam do lado oposto aos obstáculos. A intensidade de vento com maior velocidade ocorre nas extremidades desta Zona.

## Momento 03

A introdução da vegetação (Figura 18) promove a redução da velocidade do vento no interior do conjunto. A velocidade mais intensa que existia entre os edifícios é reduzida. A vegetação fez com que a velocidade dos ventos ficasse entre a escala moderada e baixa (1,52m/s à 0,31m/s).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### *Considerações Sobre a Área do estudo*

A análise aqui desenvolvida levou em conta dois cenários: o cenário posterior à ocorrência dos Jogos Olímpicos Rio 2016, portanto, sem a existência de espécies arbóreas e o cenário futuro, com a presença de espécies arbóreas.

### *Implantação das edificações*

A implantação das edificações teve papel importante na ventilação da região, uma vez que as edificações não criaram grandes barreiras, permitindo assim que todas as regiões, principalmente as da Zona Residencial, recebessem ventilação com mais ou menos intensidade. No contexto do conforto térmico o vento é um importante condicionante climático e pode gerar situações climáticas positivas e negativas. O posicionamento das edificações em um projeto urbano é relevante, pois a rugosidade da superfície altera o fluxo do vento local reduzindo a velocidade do vento na medida em que ele se aproxima do solo. Nesse sentido pode-se dizer que houve um pensamento sobre a forma urbana como instrumento de controle climático, tendo em vista que os espaços abertos contribuíram para a obtenção de conforto da região para os usuários.

### *Cobertura do solo*

A implantação do projeto trouxe uma nova configuração para a cobertura do solo com aumento da cobertura artificial. Pelos resultados foi possível observar que a configuração espacial dos elementos artificiais refletiu diretamente na produção de calor, uma vez que as áreas com maiores temperaturas foram as que apresentaram grande emissão de calor. Ao contrário disso em regiões onde a relação de cobertura artificial com cobertura natural esse desconforto foi amenizado, mesmo com a ausência de vegetação arbórea. Ainda com relação à modificação da cobertura vegetal do solo é importante dizer que a substituição desta tem relação direta com as alterações climáticas e estas por sua vez são consequências da forma de ocupação. A densidade de áreas construídas e a existência e disposição de corpos d'água, áreas verdes e espaços livres influenciam na maior ou menor quantidade de calor absorvido por uma região. As análises descritivas ou quantitativas da cobertura do solo principalmente na zona residencial mostram que houve a preocupação de se substituir a cobertura do solo por elementos também naturais (grama, solo exposto e espelhos d'água), predominando grandes áreas gramadas onde apenas os caminhos são artificiais.

### *Arborização*

Com relação à arborização e como ela foi pensada, as simulações apontaram resultados positivos. Falando sobre a questão da distribuição das espécies arbóreas é importante ressaltar que sua distribuição em pequenas parcelas de forma uniforme por diversas áreas é a mais eficiente na amenização climática do que a sua concentração em poucos e grandes locais. É possível dizer que o pensamento de distribuição e não de concentração da vegetação, somente no parque foi usado no projeto. Os resultados mostraram que a arborização conseguiu amenizar o calor em todos os horários, inclusive nas regiões mais quentes. Neste trabalho não foi possível ter total conhecimento sobre as espécies, porém saber sobre o comportamento delas em relação ao conforto térmico no microclima é importante para o planejamento de uma região nova ou já existente, de forma a aproveitar com mais inteligência os benefícios dos indivíduos arbóreos. As árvores também podem criar ventilação mais

amena, uma vez que conseguem reduzir a velocidade do vento, diminuindo os corredores de vento e espalhando mais essa variável e isso foi observado no projeto com a implantação da arborização.

### *O ENVI-met 3.1*

O software é instrumento de auxílio ao estudo microclimático urbano principalmente como ferramenta para a comparação entre cenários e análises qualitativas. Uma das limitações que a versão 3.1 apresenta é a tipologia das árvores, uma vez que este possui pouca variedade de espécies. Apesar das limitações que o programa apresenta, estas não invalidam e nem desqualificam ele como ferramenta para estudos microclimáticos. Com relação aos parâmetros de conforto que se apresentavam de maneira positiva pelas análises quantitativas da cobertura do solo e posteriormente com a introdução da vegetação arbórea, o programa confirmou isso em seus resultados.

Os resultados apontaram que as estratégias projetuais contribuíram de maneira positiva na qualidade do projeto. A disposição das edificações, os espaços livres, a preocupação com a cobertura do solo, a criação do Parque, a distribuição da vegetação (gramínea e arbórea) criaram condições térmicas agradáveis a microescala proporcionando melhor qualidade de vida aos seus usuários. Percebe-se nesse contexto princípios do Urbanismo Microclimático que torna possível um desenvolvimento urbano sustentável. Os resultados vão ao encontro das certificações recebidas pelo projeto, tornando-o o primeiro “Bairro” da América Latina a receber o mais importante certificado em sustentabilidade do mundo.

### REFERÊNCIAS

- Acero, J. A. e Herranz-Pascual, K. (2015). A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. *Building and Environment*, 93, 245–257.
- Araújo, B. C. D. DE. e Caram, R. (2006). Análise ambiental: estudo bioclimático urbano em centro histórico. *Ambiente & Sociedade*, 1, 149–167.
- Assis, E. S. DE. (2007). Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros. *Revista de Arquitetura e Urbanismo*, 9, 20–25.
- Bruse, M., LEONARDO 3.75 - 2009. On-line Manual. In: <http://www.envi-met.com>. Latest Build: 14-Dec-09, 2010.
- Drach, P. R. C. e Emmanuel, R. (2014). Interferências da forma urbana na dinâmica da temperatura. *Revista de Morfologia Urbana*, 2, 2, 55–70.
- Gomes, P. S. e Lamberts, R. (2009). O estudo do clima urbano e legislação urbanística: considerações a partir do caso Montes Claros – MG. *Ambiente Construído*, 9, 1, 73–91.
- Ilha Pura. Disponível em: <<http://ilhapura.net/empreendimento-a-venda-ilha-pura.php?lançamento=ilha-pura-apartamentos-vila-olimpica-paraolimpica-rio-2016-rj.php>>.
- Lima, L. C.; Zanella, M. E. (2011). A climatologia aplicada ao planejamento urbano e ambiental de aquiraz/ce-br. *Revista Geográfica de América Central*, 1–13.
- Nascimento, D. T. F.; Barros, J. R. (2009). Identificação de ilhas de calor por meio de sensoriamento remoto: estudo de caso no município de Goiânia – GO/2001. *Boletim Goiano de Geografia*, 29, 1, 119–134.

**ABSTRACT:** This study evaluates the impacts of changes in urban morphology on the local microclimate of athletes' village - 2016 Olympic games, using computer simulation. The replacement of natural soil cover by streets, sidewalks and buildings alters the thermal properties of the environment, causing changes in local climate conditions. The methodological procedure involves the collection of information on the urban morphology (maps, photos, projects and visits in loco) and the climatic data for the creation of ENVI-met input files. After the simulation process, the images are generated for the representative times. It can be observed through the results, as expected, the effective contribution of the vegetation to control the local heating. This effect is not restricted to the presence of arboreal species, but also to the cover vegetation of the soil. The vegetation represents a strong ally in the balance of the microclimate, besides being visually pleasing allows the control of the shading.

**Keywords:** thermal comfort, microclimate, vegetation, ENVI-met, computational simulation