



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

ANÁLISE BIOCLIMÁTICA EM ÁREAS URBANAS: ESTUDO COMPARATIVO NO BAIRRO DE PETRÓPOLIS, NATAL/RN

Débora Nogueira (1); Mateus Campolina (2); Nathália Braga (3); Renato Savalli (4); Bianca Araújo (5)

(1) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, deboranpinto@gmail.com

(2) Arquiteto, Aluno Especial do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, mateuscampolina@hotmail.com

(3) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, nathbraga@hotmail.com

(4) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, renato@savalli.arq.br

(5) Professora Doutora Visitante do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, dantasbianca@gmail.com
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Campos Universitário, Natal/RN, Tel.: (84) 32153722

RESUMO

Atualmente o espaço urbano é suscetível a alterações climáticas não-naturais diversas causadas pela agressiva ação antrópica, a qual muitas vezes desconsidera o meio ambiente onde se situam as cidades. Dentro desse contexto, observa-se que variáveis climáticas são desconsideradas em boa parte do planejamento e construção de edificações e espaços urbanos, identificando-se, assim, uma inadequação na maioria dos grandes e populosos centros urbanos. Alguns bairros da cidade de Natal/RN, cujo clima é quente e úmido, possuem configurações da forma urbana que indicam alterações climáticas significativas, como no caso do bairro de Petrópolis, um dos mais impermeáveis e verticalizados da cidade. O trabalho tem como objetivo geral, portanto, fazer uma comparação de dados climáticos e da morfologia urbana no referido bairro dos anos de 2002 e 2010, na qual a primeira análise foi desenvolvida por COSTA (2003) em sua dissertação de mestrado. Todos os dados levantados em 2010 foram colhidos fazendo-se uso de equipamentos e metodologias semelhantes aos utilizados na referida dissertação. Observou-se que, considerando-se épocas distintas, elementos climáticos como umidade relativa e temperatura do ar sofreram alterações nos mesmos pontos de medição. Foi avaliado ainda que, apesar da variação observada nos dados das variáveis climáticas, a forma urbana do bairro quase não se alterou, mas os indicativos da não adequação bioclimática dos elementos urbanos se mantiveram com elevada significância.

Palavras-chave: espaço urbano, forma urbana, variáveis climáticas, bioclimatologia.

ABSTRACT

Currently the urban space is susceptible to climate change non-aggressive nature caused by various anthropogenic activities, which often disregards the environment where cities are located. Within this context, it is observed that environmental factors are ignored in much of the planning and construction of buildings and urban spaces, identifying thus an inadequacy in most large and populous cities. Some neighborhoods in the city of Natal, where the climate is hot and humid, have urban settings as indicating significant climate change, as in the district of Petropolis, one of the slicker and uprighted the city. The overall objective of this work was to make a comparison of climatic data and urban morphology in that district for the years 2002 and 2010, in which the analysis was first developed by Costa (2003) in his dissertation. All data collected in 2010 were

picked out using equipment and methods similar to those used in that paper. It was observed that, considering the different seasons, climatic factors such as relative humidity and air temperature changed in the same measuring points. It was assessed that although the observed variation in the data of climatic variables, the urban form of the neighborhood has changed very little, but not indicative of the adequacy of bioclimatic urban elements remained with high significance.

Keywords: urban space, urban shape, climate changes, bioclimatology.

1. INTRODUÇÃO

O clima de um lugar pode ser considerado como a integração de uma série de elementos que se verificam em escalas diferentes, abrangendo desde a macro até a microescala. A escala macroclimática pode definir o clima do entorno mais próximo, que é definido pelas modificações de todas as variáveis meteorológicas, consequência do construído e das características dos edifícios individuais (ROMERO, 2007).

Clima urbano é aquele resultante do crescimento e adensamento da malha urbana que intensifica transformação no comportamento climatológico e meteorológico da camada limite atmosférica. Seu estudo constitui importante ferramenta para a arquitetura e para o planejamento urbano porque a forma como a ocupação da cidade ocorre influencia no clima (COSTA, 2003).

Este trabalho aborda as modificações do clima urbano no bairro de Petrópolis. Bairro este que está localizado na zona leste da cidade de Natal e foi o terceiro bairro da cidade, localizando-se próximo ao centro urbano. Iniciando seu processo de verticalização nos anos 80, favorecido pela existência de uma infra-estrutura básica e sistema viário, hoje o bairro corresponde a um dos bairros mais verticalizados da cidade, com ocupação em parte consolidada.

Para o presente estudo, foi realizada a análise bioclimática comparativa entre dados climáticos e mapeamento de elementos da morfologia urbana do bairro de Petrópolis, em Natal/RN já analisados por COSTA (2003), e um novo levantamento de campo realizado no segundo semestre de 2010. A comparação de dados de épocas distintas é essencial para analisar se a ocupação do território urbano está se dando de maneira positiva, considerando-se o bem estar (conforto) dos moradores e eventuais visitantes e para também servir de base para futuros estudos e intervenções locais.

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste artigo é apresentar um estudo bioclimático comparativo no bairro de Petrópolis (Natal/RN) dos anos de 2002 e 2010. Para tal, utilizaram-se dados climáticos e morfológicos do bairro colhidos in loco em épocas semelhantes desses dois períodos. A coleta e quantificação desses dados, atuais, in loco podem ser considerados objetivos específicos dentro do estudo.

3. MÉTODO

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado o método proposto por Katzschner (1997), o qual inicialmente trabalha os mapas de uso do solo, topografia das estruturas da cidade, altura dos prédios, vegetação e sistemas de drenagem, a fim de analisar-los segundo um padrão climático, que inclui todos os fatores climáticos trabalhados de forma a analisar as áreas críticas, fruto de um resultado de uma discussão combinada.

Além do método citado, foi utilizada a metodologia de Oliveira (1985), a qual defende uma análise qualitativa e quantitativa do meio urbano, que subdivide a forma urbana em sítio e massa edificada, tendo em vista a busca por melhorias climáticas em zonas urbanas já estabelecidas ou a serem planejadas¹.

O trabalho está dividido em três principais etapas:

1. Coleta de variáveis climáticas.
2. Coleta de dados da morfologia urbana.

¹ Somente a parte da análise qualitativa foi levada em consideração no estudo base.

3. Tabulação dos dados climáticos coletados.

3.1. Coleta de variáveis climáticas

3.1.1. O período e os horários de medição

No caso da atual análise foram consideradas as variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos. As medições foram realizadas durante os meses de Outubro e Novembro de 2010 (mais precisamente entre os dias 31 de Outubro e 03 de Novembro), e os dados climáticos coletados foram tomados simultaneamente às 6h e às 13h, sendo estes os mesmos horários utilizado por Costa (2003).

3.1.2. Os pontos de medição

Foram mantidos na atual análise os mesmos pontos de medição utilizados na dissertação de referência. Tal decisão facilitaria bastante a identificação de eventuais alterações físicas do espaço urbano, e se essas estariam influenciando de algum modo o clima da área analisada. Vale salientar que os dados da estação meteorológica do campus foram igualmente atualizados².

Como já foi mencionado, foram medidas as variáveis ambientais em nove pontos distintos, oito dentro do bairro de Petrópolis, e um em estação meteorológica fixa, situada no Campus da UFRN. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** traz uma vista de cada ponto de medição dentro do bairro de Petrópolis.

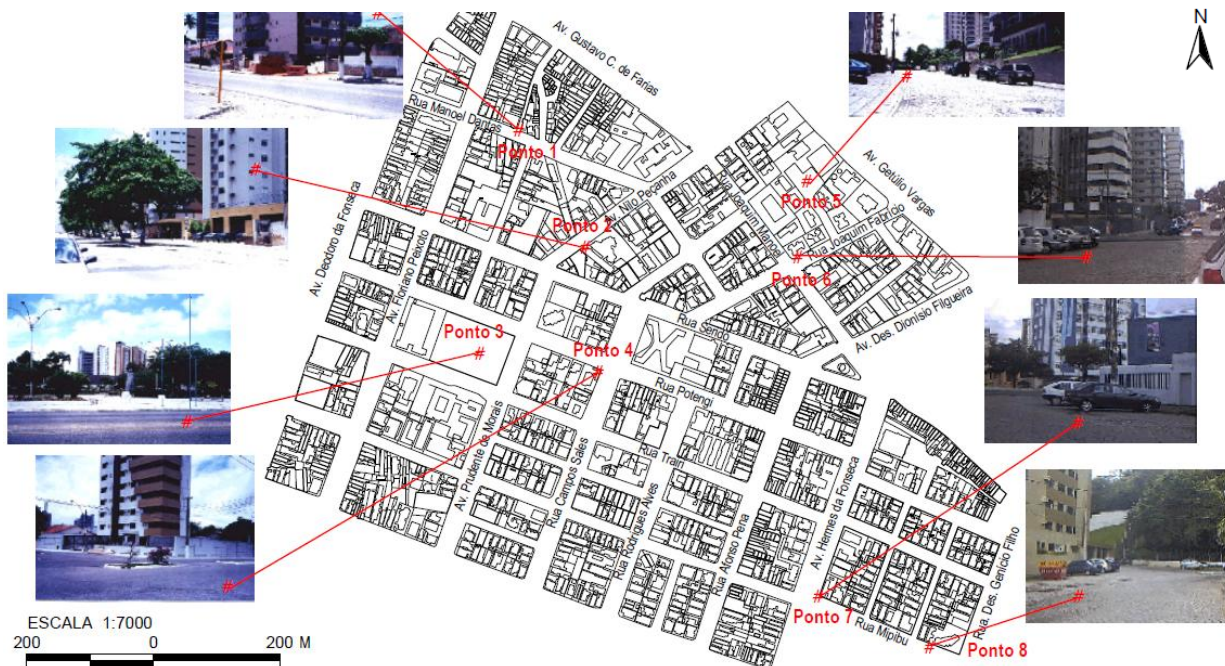


Figura 1– Pontos de medição no bairro de Petrópolis, Natal/RN. Fonte: COSTA, 2003.

3.1.3. Os instrumentos de medida

Foram utilizados dois termo-higro-anemômetros Instrutherm modelo THAR-185 (Figura 2) para medir temperatura do ar e umidade relativa. Para medir a velocidade dos ventos utilizaram-se dois equipamentos a parte, os anemômetros digitais portáteis Instrutherm modelo AD 250. A direção dos ventos, assim como estudo de referência, foi verificada com o auxílio de pequenas bússolas e fitas plásticas presas a elas.

² Os dados do aeroporto não puderam ser utilizados devido à ilegibilidade de alguns dados fornecidos pela Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET).

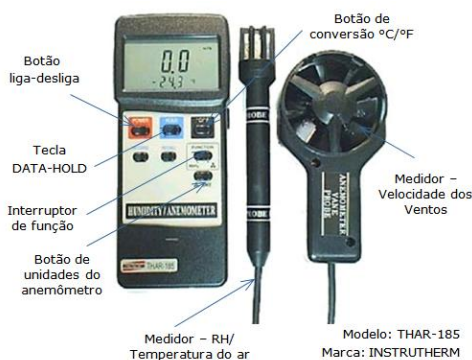


Figura 2 – Termo-higro-anemômetro utilizado nas medições. Fonte: Labcon (UFRN).

3.2. Coleta de dados da morfologia urbana

O Bairro de Petrópolis foi analisado morfologicamente como um todo com relação à sua topografia, usos do solo, altura das edificações (gabarito), áreas verdes e tipo de recobrimento do solo. Os dados foram coletados pelo grupo *in loco*. Desse modo, foram gerados mapas atualizados para cada tipo de dado coletado.

3.3. Tabulação dos dados climáticos coletados

Para a realização deste estudo comparativo, foram repetidas as medições de temperatura, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos, nos mesmos oito pontos definidos no estudo original, respeitando os mesmos horários, no período compreendido entre o dia 31.10.2010 e 03.11.2010.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa. Em termos qualitativos, foi desenvolvido o componente físico-ambiental através da atualização do mapa usos do solo, gabarito, áreas verdes, topografia e de pavimentação, a fim de identificar áreas onde ocorreram as principais alterações na morfologia urbana. E de forma quantitativa, foram analisados dados climáticos coletados *in loco* para 8 pontos. Pontos estes correspondentes aos mesmos pontos analisados por Costa (2003).

4.1. Termos bioclimáticos: componente físico-ambiental

Este item apresenta a caracterização do sítio do bairro de Petrópolis, baseada na comparação entre os dados evidenciados nos mapas elaborados a partir de observação *in loco* e fotos de satélite; com as situações apresentadas no referencial teórico já exposto. As características urbanas são analisadas através de mapas de usos do solo, gabarito, áreas verdes, topografia e de pavimentação.

O bairro de Petrópolis possui diversidade de altura no tocante a sua topografia, com cotas que variam entre 20m e 40m, mas quando comparada à sua grande extensão, essa diversidade torna-se quase insignificante. Sua maior parcela, justamente localizada na região central do bairro, encontra-se entre 30m e 40m acima do nível do mar e forma um grande platô.

Sobre o uso do solo, o bairro em estudo apresenta uma área consolidada com os mais diversos tipos de uso (residencial, comercial, serviço e institucional), além de alguns terrenos sem edificações considerados aqui como terrenos vazios. Apesar do avanço de usos como serviços, comércio, e institucional, e da menor presença do uso residencial unifamiliar, ainda conserva-se uma diversidade de uso do solo no bairro. Contudo, há uma tendência visível para uma ocupação cada vez maior por parte de usos como comércio e serviços (evidenciados no comparativo das figuras 3 e 4), os quais são grandes emissores de calor e sobrecarregam a estrutura viária do bairro, evidenciada pela falta de estacionamentos, que continua sendo um dos maiores problemas. Na figura 4, destacam-se as áreas onde foram observadas as modificações de uso e ocupação do solo.



Figura 3 – Mapa de uso do solo de Petrópolis em 2002. Fonte: COSTA, 2003.

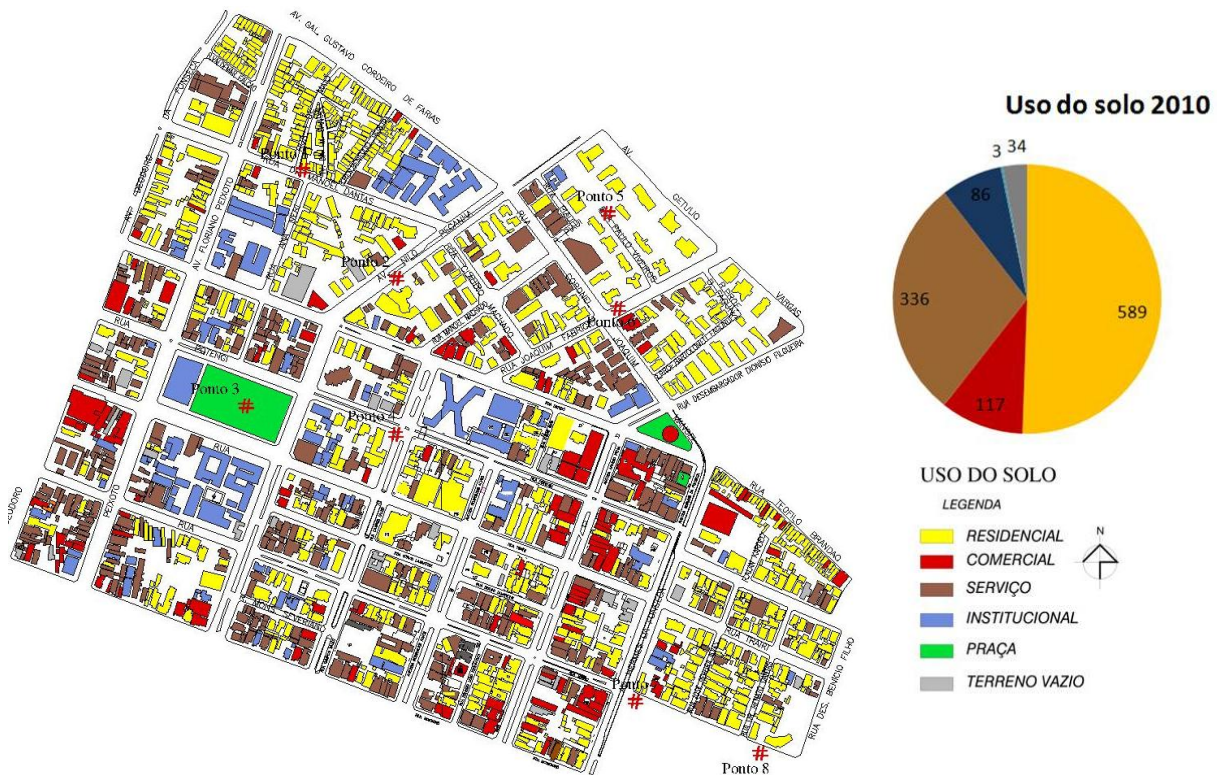


Figura 4 – Mapa de usos do solo do bairro de Petrópolis atualizado em 2010. Fonte: Acervo do grupo.

Com relação ao gabarito, conclui-se que a verticalização hoje presente é intensa, e embora haja diferencial de alturas no bairro, este se encontra não homogêneo, havendo áreas com predominância de edificações térreas, enquanto outras opostamente com a presença apenas de prédios de alto gabarito. Não houve alteração significativa de 2003 para 2010 em relação a altura das edificações no bairro, conforme imaginava-se.

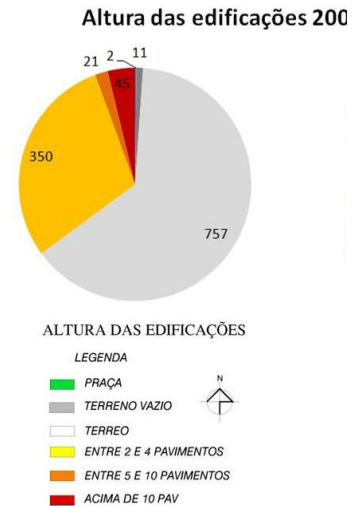
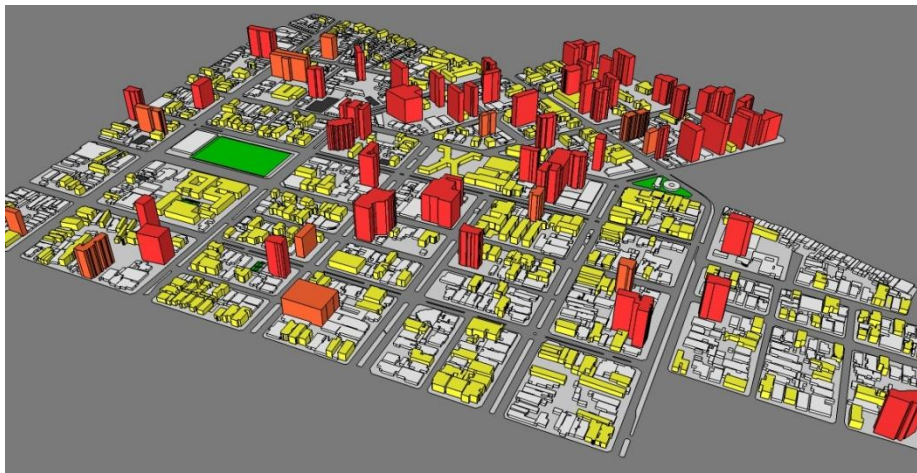


Figura 5 – Mapa de gabarito do bairro de Petrópolis atualizado em 2002. Fonte: Acervo do grupo.

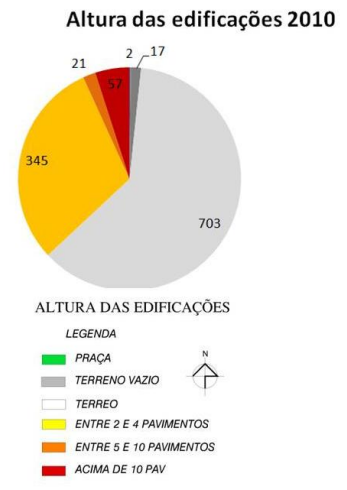
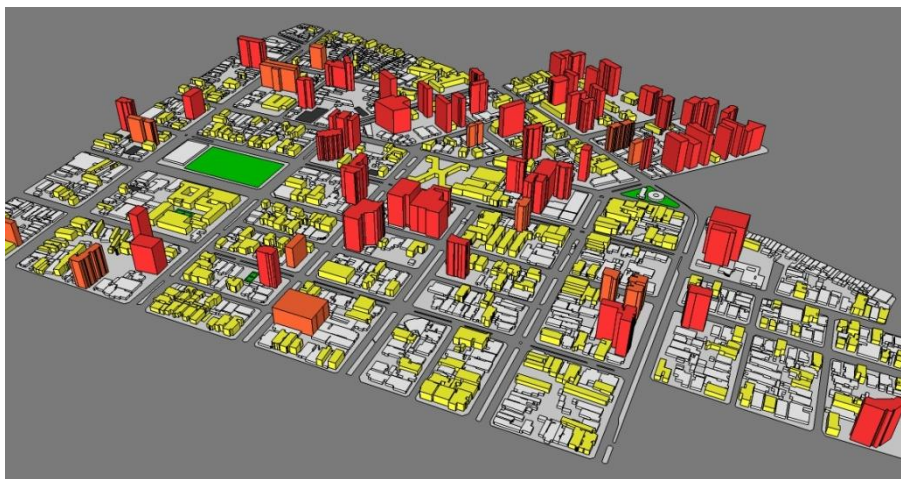


Figura 6 – Mapa de gabarito do bairro de Petrópolis atualizado em 2010. Fonte: Acervo do grupo.

No mapa de área verde, pode-se observar pouca quantidade vegetação principalmente no interior dos lotes no bairro, o que certamente pouco contribui para a amenização climática de Petrópolis. Nas áreas onde há predominância residencial, houve retirada de parte da vegetação.

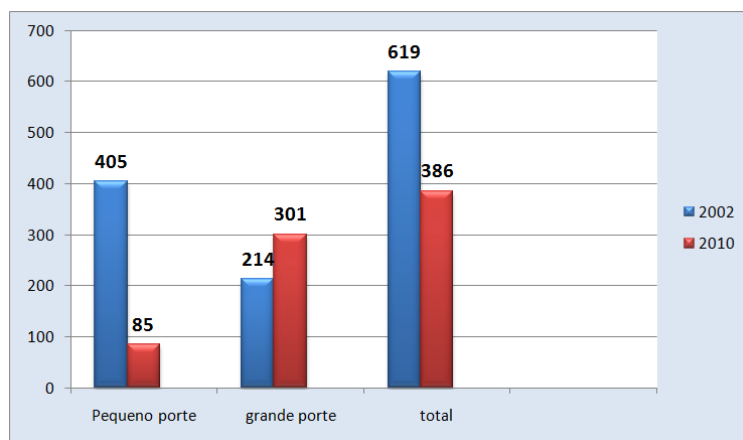


Figura 7 – Comparação entre quantidade de arborização. Fonte: Acervo do grupo.

Considerando-se o recobrimento do solo, pode-se afirmar que este tenha sido a característica urbana que

sofreu menores alterações. Contudo, vale ressaltar que por ser um bairro mais antigo e bem estabelecido, as ruas e avenidas há tempos já se encontram pavimentadas com recobrimento em asfalto, tornando-se assim uma fonte de calor devido ao baixo albedo.

4.2. Análise Comparativa entre os dados obtidos no período de 2002-2010

Para a realização deste estudo comparativo, foram repetidas as medições de temperatura, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos, nos mesmos oito pontos definidos no estudo original, respeitando os mesmos horários, no período compreendido entre o dia 31.10.2010 e 03.11.2010.

Os resultados obtidos apresentam os primeiros tratamentos estatísticos, com o cálculo das médias de todas as variáveis, ponto a ponto, em cada período e médias gerais de cada variável.

O procedimento seguinte foi à construção das curvas horárias de temperatura e umidade relativa de cada ponto, a partir das quais foi possível calcular as temperaturas e umidades relativas médias diárias de cada um deles. Os cálculos realizados utilizaram a metodologia descrita em ARAÚJO (1998), onde são apresentados os fatores de ajustes para a construção das curvas horárias de temperatura e umidade para Natal/RN, aplicadas nas fórmulas:

$$T_J = T_{MAX} - (T_{MAX} - T_{MIN}) \times F_{J(T)}$$

e

$$UR_J = UR_{MAX} - (UR_{MAX} - UR_{MIN}) \times F_{J(U)}$$

Onde:

T_J : Valor horário da Temperatura do ar (°C)

T_{MAX} : Temperatura máxima (°C)

T_{MIN} : Temperatura mínima (°C)

$F_{J(T)}$: Fator de ajuste da temperatura do ar

UR_J : Valor horário da Umidade Relativa do ar (%)

UR_{MAX} : Umidade Relativa máxima (%)

UR_{MIN} : Umidade Relativa mínima (%)

$F_{J(U)}$: Fator de ajuste da Umidade Relativa

Uma vez realizado o tratamento dos dados obtidos em campo, foi possível realizar uma análise comparativa entre os dados obtidos dos dois períodos, mesmo levando em consideração as limitações que prejudicam uma conclusão mais rigorosa sobre os resultados observados.

A utilização dos dados de 2002, para efeito comparativo, justifica-se pelo fato de serem os dados climáticos colhidos no bairro de Petrópolis mais atuais disponíveis em trabalhos acadêmicos recentes.

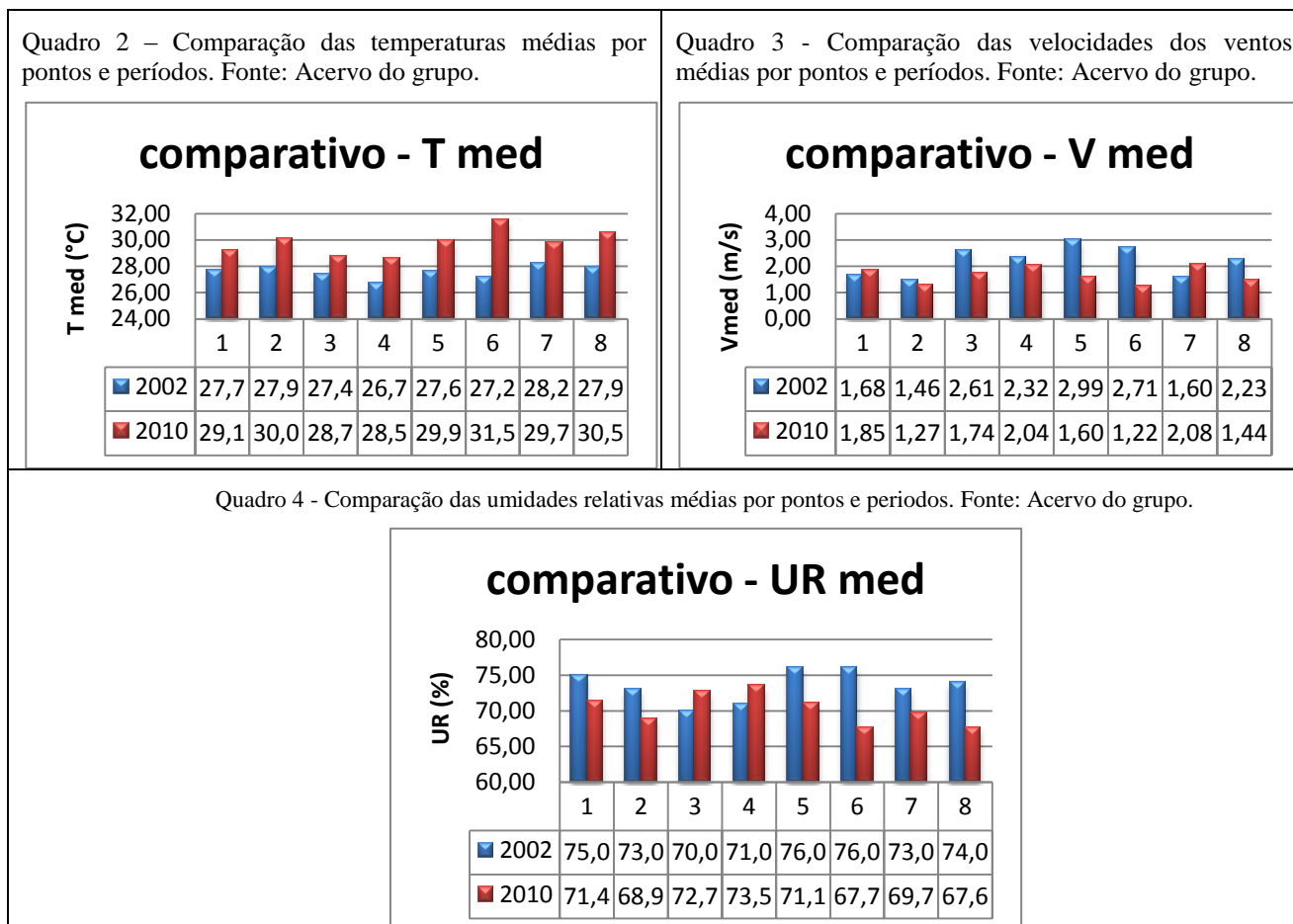
O quadro 1 apresenta um comparativo entre os dados de temperatura, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos médios, ponto a ponto e geral.

Quadro 1 - Quadro comparativo entre resultados de distintos períodos de 2002 e 2010. Fonte: Acervo do grupo.

| PONTO | Tmed | | UR med | | Vmed | | AZ med | |
|-------|-------|-------|--------|-------|------|------|--------|--------|
| | 2002 | 2010 | 2002 | 2010 | 2002 | 2010 | 2002 | 2010 |
| 1 | 27,70 | 29,19 | 75,00 | 71,44 | 1,68 | 1,85 | 219,00 | 113,63 |
| 2 | 27,90 | 30,07 | 73,00 | 68,90 | 1,46 | 1,28 | 200,00 | 49,38 |
| 3 | 27,40 | 28,74 | 70,00 | 72,74 | 2,61 | 1,74 | 151,00 | 155,00 |
| 4 | 26,70 | 28,58 | 71,00 | 73,50 | 2,32 | 2,04 | 173,00 | 170,63 |
| 5 | 27,60 | 29,91 | 76,00 | 71,10 | 2,99 | 1,60 | 160,00 | 192,50 |
| 6 | 27,20 | 31,51 | 76,00 | 67,74 | 2,71 | 1,23 | 190,00 | 75,00 |
| 7 | 28,20 | 29,79 | 73,00 | 69,73 | 1,60 | 2,08 | 203,00 | 101,25 |

| | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|--------|
| 8 | 27,90 | 30,50 | 74,00 | 67,67 | 2,23 | 1,44 | 165,00 | 115,63 |
| MÉDIA GERAL | 27,60 | 30,03 | 74,00 | 69,95 | 2,20 | 1,65 | 182,63 | 121,63 |

Para efeito de melhor visualização, foram construídos os gráficos comparativos entre os dois períodos, para temperaturas médias, umidades relativas médias e velocidades médias dos ventos, em cada ponto da região do trabalho original (bairro de Petrópolis).



Em relação às temperaturas médias, observamos um significativo aumento nas mesmas, em especial nos pontos 2, 5, 6 e 8. Em relação às umidades relativas observamos uma esperada diminuição, exceto nos pontos 3 e 4, onde os valores mantiveram-se acima dos valores esperados. Quanto à velocidade dos ventos, o ponto 1 e 7 apresentou valores maiores na coleta de dados de 2010, em relação à de 2002. Em relação aos azimutes das direções médias dos ventos, houve uma completa discordância entre os dados obtidos e os dados do trabalho original, inclusive com mudança de quadrantes.

Apesar de o trabalho de Costa (2003) ter trabalhado com dados de duas épocas do ano e o presente levantamento apenas com uma, a mais quente, pode-se afirmar que a tendência de comportamento da temperatura do ar é mantida em relação aos pontos, percebendo-se apenas uma diferenciação em relação à maior variação nos pontos 5 e 6 (Quadro 2).

Analizamos as variações de diferenças de temperatura e umidade entre os dados obtidos nas regiões 1 (bairro de Petrópolis) e 2 (campus da UFRN) do trabalho original. Consideramos que, se houvessem diferenças relativas entre estas variáveis nos dois períodos, haveria maiores indícios de mudanças climáticas no bairro em estudo.

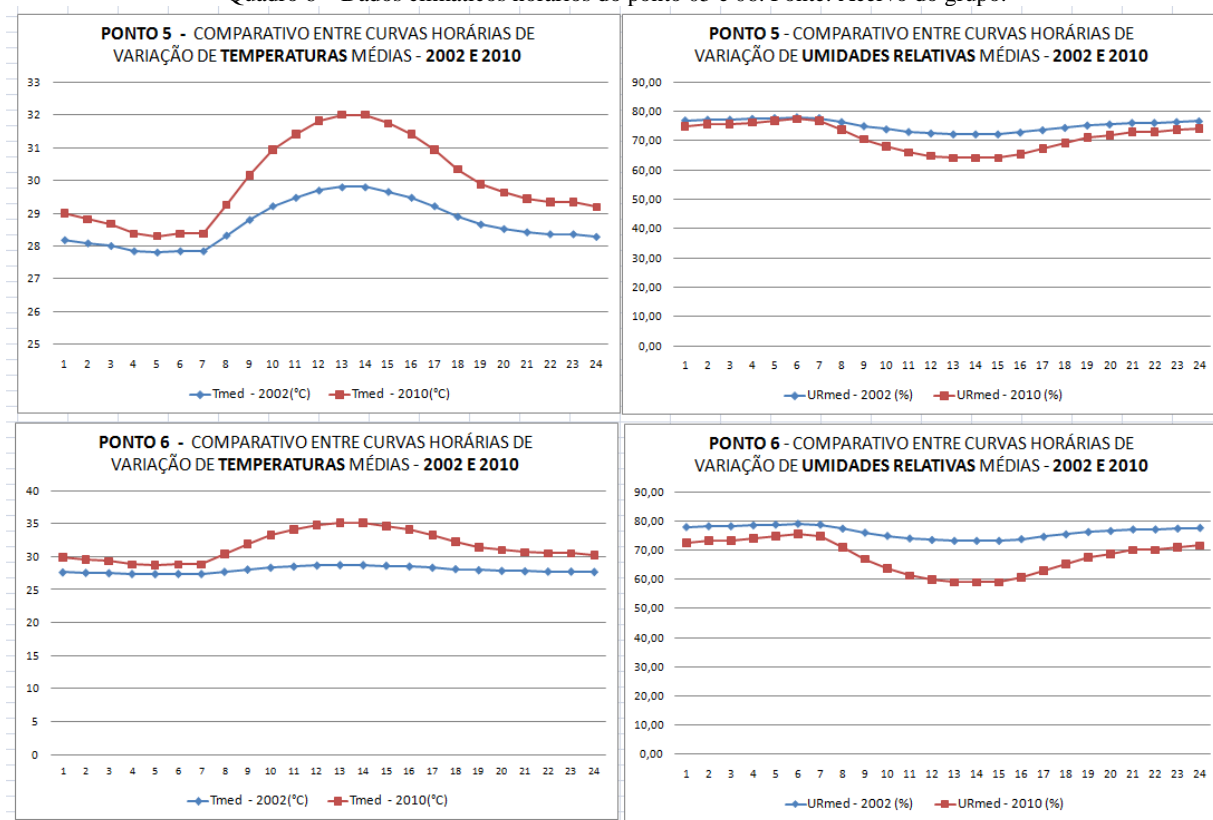
O quadro 5 traz os valores médios obtidos para cada região e a variação percentual de temperatura obtida para as variáveis de temperatura e umidade nos dois períodos.

Quadro 5 – Comparativo entre temperatura e umidade médias em Petrópolis e no Campus. Fonte: Acervo do grupo.

| REGIÃO | Tmed (°C) | | URmed(%) | |
|----------------------|------------|------------|--------------|-------------|
| | 2002 | 2010 | 2002 | 2010 |
| R1 anual | 27,60 | 30,03 | 74,00 | 69,95 |
| R2 anual | 25,20 | 27,12 | 86,30 | 71,01 |
| R2 Out - Nov | 26,24 | 27,12 | 77 | 71,01 |
| Var Anual (%) | 8,7 | 9,7 | 14,25 | 1,49 |

Como último elemento de comparação, aos gráficos de mudanças horárias foram destacados os pontos 5 e 6, por terem apresentados mudanças mais significativas na temperatura e do ar e umidade, no quais, onde o aumento relativo foi acima da média encontrada nos demais pontos. Analisando o quadro 8, constatam-se as alterações climáticas horárias ocorridas nesses pontos, que são fruto de mudanças climáticas do local e da cidade (conforme quadro 6).

Quadro 6 – Dados climáticos horários do ponto 05 e 06. Fonte: Acervo do grupo.



5. CONCLUSÕES

Este trabalho buscou uma comparação entre os dados da forma urbana e de análises bioclimáticas entre a dissertação de Costa (2003) e dados coletados em 2010. As metodologias utilizadas auxiliaram na comparação da leitura dos mapas e dados climáticos, os quais permitiram uma análise dos pontos positivos e negativos encontrados. Por pontos positivos entendem-se características urbanas mais propícias ao conforto ambiental humano, considerando-se o tipo de clima analisado, nesse caso, o quente e úmido. Por pontos negativos pode-se considerar o oposto do anterior.

Com relação à atualização do componente físico ambiental, a maior alteração no uso do solo ocorreu da mudança de edificações residenciais para serviços, em sua maioria, e comércio. Tal alteração de uso, segundo as metodologias estudadas, favoreceria um maior tráfego de veículos e geração de calor na região do bairro de Petrópolis.

Com relação ao gabarito, verificou-se que as tendências de alturas semelhantes em mesmas áreas continuaram e se intensificaram, sendo esta uma tendência que desfavorece o clima local. Isso ocorre porque

em algumas áreas há apenas edificações de alto gabarito, enquanto outras, separadas, possuem predominância de baixo gabarito, não havendo diferencial de alturas- rugosidade – numa mesma região, atributo este importante para o clima quente e úmido da área.

Sobre a área verde e pavimentação do solo não houve mudanças significativas. Além disso, verificou-se uma modificação na direção da ventilação, no qual não se sabe o motivo de tal ocorrência.

Os dados climáticos coletados como temperatura e umidade relativa indicaram para uma alteração no clima nos pontos de medição, se comparados com aqueles coletados em 2001 e 2002. Como houve poucas mudanças na forma urbana, há indícios que o que ocorreu foi uma mudança do clima de Natal como um todo. Para isso, foram comparados os dados da estação meteorológica do INPE, no qual, para os mesmos dias (em out-nov) em 2002 e em 2010, houve um aumento da temperatura e redução de umidade; o que confirma os dados coletados em 2010.

O resultado no presente estudo pode auxiliar na tomada de decisão quanto a intervenções urbanísticas na área. Através da identificação dos pontos críticos, com maior redução de umidade relativa e maior aumento de temperatura, é possível se determinar quais áreas deveriam ser alvo de intervenção e como se daria essa, em cada caso particular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Eduardo Henrique Silveira de. **Dias Climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Natal-RN**/ Eduardo Henrique Silveira de Araújo, Themis Lima Fernandes Martins, Virgínia Maria Dantas de Araújo. Natal: EDUFRN – Editora daUFRN, 1998.

COSTA, Angelina Dias Leão. **Análise Bioclimática e Investigação do Conforto Térmico em Ambientes Externos**: Uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN. Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte no ano de 2003.

KATZSCHNER, Lutz. **Estudos de clima urbano como ferramentas para planejamento urbano e arquitetura**. Salvador: FAUFBA, ANTAC, 1997.

OLIVEIRA, P. M. P. (1985). **Cidade apropriada ao clima e a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano**. Dissertação (Mestrado) – UNB, Brasília. 1985.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Centro Regional do Nordeste. Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais (LAVAT). **Arquivos Climáticos**. Disponível em: <http://www.crn2.inpe.br/lavat/index.php?id=climatologica>. Acesso em 21 de Novembro de 2010.

ROMERO, Bustos. **Arquitetura Bioclimática do espaço público**. Brasília: UNB, 2007.