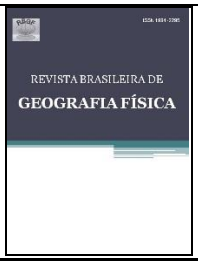
ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



O Sistema Clima Urbano da Ilha do Fundão (Rj): Subsídio para o Planejamento Urbano

Antonio Carlos da Silva Oscar Júnior[1], Ana Maria de Paiva Macedo Brandão[2]

[1]Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNICAMP, Diretor de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Duque de Caxias/RJ e Prof. Assistente do Dept. de Engenharia Ambiental da Universidade Veiga de Almeida-UVA; [2]Prof. Associada do Dept. de Geografia da UFRJ.

Artigo submetido em 27/02/2014 e aceito em 26/03/2015.

R E S U M O

As transformações por que passa a sociedade tem se refletido em alterações ambientais significativas. Emerge daí a necessidade de incorporar ao planejamento e gestão ambiental urbana a análise do seu Sistema Clima Urbano (SCU), associando-o à cartografia e às novas geotecnologias para uma apropriação mais adequada do espaço. O presente estudo aplica as análises do SCU para a Ilha do Fundão, Campus da UFRJ, ambiente que, desde 1945, tem passado por transformações que promovem grandes alterações na sua paisagem, e, mais recentemente, com a Resolução do REUNI, instituído pelo Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007, e do novo plano diretor do Campus para 2020, vislumbra perspectivas de novas intervenções urbanísticas no Campus, ampliando a área construída em prol da área verde, tendência histórica constada pela segmentação e classificação supervisionada de imagens IKONOS de 2003 e 2009. A realização de trabalhos de campo utilizando a metodologia dos transectos móveis nos anos de 1996, 2007 e 2010 para aferição da intensidade das ilhas de calor, associada à coleta de água pluvial em 2010 e avaliação do seu pH, a análise de dados da estação meteorológica da Ilha do Fundão entre 1985 a 1993, a avaliação da percepção ambiental através de questionários e de dados de jornais e dos relatórios de qualidade do ar para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro permitiu concluir que o Campus da UFRJ apresenta níveis críticos de qualidade ambiental. Os resultados mostraram que a Ilha do Fundão apresenta: altos índices de desconforto térmico, com ocorrências de ilhas de calor de até 4,8ºC de intensidade na porção centro-sul da ilha, conincidindo com uma maior densidade de construções. Somam-se sua localização na Bacia Área III, a mais poluída do Estado, permitindo a ocorrência de chuvas com pH de 4,12 e impactos, como dos dias 5 e 6 de abril de 2010, desencadeadores de grandes transtornos. Estes resultados confirmam a necessidade de revisão do plano diretor 2020 considerando as características climato-ambientais da área de estudo para que com a valorização e preservação das áreas verdes e novas tecnológicas construtivas seja possível tornar a ilha confortável e segura para os que dela usufruem.

Palavras-chave: Plano Diretor, Geotecnologias, Gestão Territorial e Ambiental.

The Urban Climate System of Fundão Island: Subsidy for an Urban Management

A B S T R A C T

The transformations undergone by the society has also reflected in significant environmental changes. There emerges the need to incorporate the Urban Climate System (UCS) analysis to urban planning and environmental management, associating it with the new cartographic issues, to proceed with a better appropriation of space. Lined this perspective, this study applies the UCS analyzes for Fundão Island, Campus of UFRJ, environment since 1945 has undergone transformations that promote major changes to its landscape, and more recently with the resolution of the REUNI established by Decree N. 6096 of April 24, 2007 and the new master plan of the campus for 2020, sees prospects for new urban interventions on Campus, increasing the built area in favor of green area, historical trend observed by segmentation and supervised classification of IKONOS images between 2003 and 2009. The completion of methodology with field work using the methodology of mobile transects in 1996, 2007 and 2010 to measure intensity of heat islands, associated with the collection of rainwater in 2010 and evaluation of its pH with pH300 Analyzer or Digimed DM-20, the weather station data analysis of Fundão Island from 1985 to 1993, assessment of environmental perception through questionnaires and data from newspapers and air quality reports for the metropolitan region of Rio de Janeiro (RMRJ) concluded that the UFRJ's campus has already critical levels of environmental quality. According to the results, the Fundão Island features: high levels of thermal discomfort, heat islands with intensity of 4.8ºC in the South central portion of the island, which not coincidentally is the more built. In addition, add to its location in the Basin Area III, the most polluted state allowing rainfall with pH of 4.12 and still impacts such that the days 05 and 06/04/2010, triggering large disorders. These results confirm the need to review the master plan in 2020, taking into

* E-mail para correspondência: thony.oscar@gmail.com. (Oscar Jr., A.C. da S.).

account the climate and environmental characteristics of the study area so that with the appreciation and preservation of green areas and applying new construction technologies to make the island more comfortable and safe for which it enjoys.

Keywords: Master Plan, Geotechnologies, Environmental and Territorial Management.

Introdução

A Universidade Federal do Rio de Janeiro foi criada na década de 1920. Em 1935 iniciaram-se os estudos para a escolha de um local que permitisse a construção de todo o complexo universitário da Universidade do Brasil. Somente em 1948 foi definido o local que sediaria a Cidade Universitária - uma ilha criada artificialmente na Baía de Guanabara, situada no Estuário de Manguinhos, Enseada de Inhaúma, formada pelos rios Jacaré, Farias e Timbó, e, em seguida, entre 1949 e 1952, oito ilhas: Fundão, Baiacu, Cabras, Pindaí do Ferreira, Pindaí do França, Catalão, Bom Jesus e Sapucaia, foram aterradas e interligadas.

Após o aterramento da Ilha do Fundão procedeu-se a construção das diversas unidades que iriam abrigar a Universidade do Brasil. O projeto original de ocupação foi bastante alterado, não tendo sido construídas diversas estruturas programadas, ocasionando grandes vazios, que aos poucos foram sendo ocupados por outros órgãos federais, tais como o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES) da PETROBRAS, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) da ELETROBRAS, Centro de Tecnologia Mineral e o Instituto de Energia Nuclear (CETEM).

O principal objetivo deste estudo é mostrar como o espaço da Ilha do Fundão está sendo modificado e, concomitantemente, produzindo alterações micro e topoclimáticas, também conhecidas como alterações do clima urbano. Atualmente, o homem assume proeminência enquanto agente das tão em voga mudanças, climáticas, sobretudo por sua capacidade de alterar os atributos climáticos (temperatura, pluviosidade, umidade, radiação) de um determinado lugar, que podem afetar cumulativamente a escala regional (Farias, 2006), mas nunca alterando as características genéticas oriundas da circulação atmosférica, sobretudo a secundária (Monteiro, 1976).

Kandel (2002), ajudando a desmistificar grande parte dos mitos e lendas associados às Mudanças do Clima, nos dá uma valorosa contribuição ao afirmar que a vida das pessoas não mudou por causa do (re)aquecimento, mas antes em virtude das novas tecnologias de produção industrial, transporte e telecomunicações, dos progressos nas áreas de saúde pública e da medicina, do desenvolvimento econômico e das guerras. Em meio a essas, o espaço urbano emerge como valioso *locus* para o estudo das inter-relações desses fatores na construção de um ambiente antrópico, em muitos aspectos diferenciados do ambiente natural de outrora, sobretudo quanto aos aspectos climáticos.

Os estudos clássicos em fornecem elementos para a compreensão de como a atmosfera responde/interage ao fator urbano. Dentre esses se destacam os trabalhos: *The Climate of London*, de Chandler (1965), e *The Urban Climate*, de Landsberg (1981), que contribuem para as primeiras tentativas de analisar essa dinâmica climática peculiar nas cidades.

No caso brasileiro, Monteiro em 1976 lança as bases teóricas para a análise do Sistema Clima Urbano (SCU). Nesta obra são propostos dez enunciados básicos, dentre os quais se destaca o primeiro deles, verdadeiro norte: "O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização" e a partir daí vê-se o clima urbano do ponto de vista sistêmico, baseado na Teoria Geral dos Sistemas, no qual se inclui como partes importantes da sua estrutura o natural e o construído pelo homem.

Deve-se dar grande importância aos processos físico-químicos característicos da atmosfera que desencadeiam os tipos de tempo e o clima através dos fluxos de energia, iniciados a partir da entrada da energia solar (input) e comandados pelas componentes dinâmicas determinadas pela circulação atmosférica. Esses fluxos ao encontrarem o ambiente urbano e suas características peculiares favorecem a transformação dessa energia e sua posterior saída na forma de enchentes, poluição e ilhas de calor (*output*).

Desses fluxos energéticos, os de caráter social existentes nas cidades, sejam eles os aumentos de capitais e de população, não devem ser considerados como fluxos de energia propriamente do SCU. Entretanto, como o homem e seus produtos (os artefatos físicos urbanos, por exemplo) têm importância direta e/ou indireta no sistema graças a sua capacidade de transformação na estrutura geoecológica, afetam significativamente os fluxos de energia e o comportamento das variáveis climáticas, atuando como co-participante com a natureza na produção da qualidade ambiental, tornando esse sistema complexo como é, aberto.

Tamanho é o poder decisivo do homem como operando do SCU, que graças a seu poder de decisão ele pode intervir e adaptar o seu funcionamento tornando este passível de auto-regulação. Outro indício da posição de destaque do homem pode ser percebido no conjunto de produtos do SCU que focalizam preferencialmente nos canais (sensoriais) de percepção humana. Os processos que se iniciam essencialmente na atmosfera reconhecem nesse, o homem, o referencial dos problemas e valores dos fatos geográficos. Baseando-se nisso, Monteiro (1976) propõem 3 canais de percepção: o conforto térmico, a qualidade do ar e os impactos. Assim como Monteiro (1976), Marandola Jr. (2009) também aponta a população, ou seja, o homem, como componente essencial para o entendimento das discussões recentes sobre o clima, pois esses atuam tanto como produtores/causadores de distúrbios, assim como alvo dos danos e impactos, sobre tudo em nível local.

Porém, mesmo diante das urgentes necessidades atuais frente os cada vez mais freqüentes acidentes e catástrofes pouco se têm utilizado deste conhecimento e de suas informações para a orientação das políticas públicas de gestão e planejamento do território. Oke (2006) e Alcoforado et al. (2009) confirmam essa posição, advogando que ainda há poucas aplicações do conhecimento sobre *hazards* climáticos na orientação de planos urbanos. Esse problema, segundo Alcoforado et al. (2009), se deve muitas vezes à falha de comunicação entre os estudiosos do clima e os planejadores, sobretudo pela natureza dos fenômenos climáticos e sua representação que não é estática, sendo de difícil materialização em diretrizes. Entretanto a autora aponta direções que têm sido tomadas no ramo da representação e facilitação da linguagem como a produção de mapas estratégicos (Alcoforado et al., 2009: 57).

Oke (2006) explica que outra forma de conduzir o escopo do conhecimento sobre o clima urbano é em termos de métodos de investigação ou práticas que vão além da modelização, trazendo *inputs* de informação climática sobre a forma de diretivas e planos de manejo, seguindo rumo a práticas sustentáveis em desenvolvimento e operação de decisões.

Mendonça (2003) propõe uma metodologia de análise para que o clima urbano se torne uma ferramenta factível ao planejamento urbano, e para isso concede à cartografia grande importância, assim como ao preparo de campo e a correta logística aplicada neste, que deve basear-se em um estudo prévio das condições geoecológicas da área de estudo para as análises dos resultados considere e respeite os fluxos existentes entres os diversos ambientes da área de estudo.

Assim, os resultados apresentados no Plano Diretor de 2020 da Ilha do Fundão projeta a organização deste espaço, e tais intervenções colocam em discussão o modelo planejamento e gestão do ambiente urbano que ainda hoje, em face da preocupação mundial acerca da sustentabilidade e da valorização do marco natural, prega por intervenções "cinzas", mesmo em um espaço, cuja função é de produção de conhecimento. Assim, uma das Universidades mais conhecidas do Brasil e com projeção internacional, ainda promovem uma gestão territorial baseada em práticas que desvinculam a organização espacial do conhecimento produzido pela Climatologia Urbana. Deste modo, este artigo é um contraponto as políticas de intervenção urbanísticas propostas para ilha, utilizando-se para isto do conhecimento do Sistema Clima Urbano (S.C.U.) da Ilha do Fundão.

Material e Métodos

Para atingir o objetivo deste trabalho foi necessário o uso das imagens do satélite IKONOS-2, dos anos de 2003 e 2009, permitindo uma avaliação da evolução do uso e cobertura da terra na área de estudo. As imagens do satélite em questão são de alta resolução, permitindo, portanto, um maior detalhamento das unidades topológicas de uso da terra, fundamentais a este estudo. Além das imagens IKONOS, serviu de insumo ao estudo a proposta do Plano Diretor de 2020, o qual permitiu identificar as intervenções propostas no sitio urbano da Ilha do Fundão, recurso o que viabilizou a comparação e projeção das transformações por qual passará o campus da UFRJ.

Na primeira etapa metodologia procedeu-se com o tratamento das imagens de alta resolução, para os quais foram utilizados, principalmente, dois programas: ArcGIS 9.2 e Spring 4.3.3. Primeiramente, a imagem foi georreferenciada no programa ArcGis, atribuindo, coordenadas a um ponto, vinculando-o a um sistema de coordenadas. No caso deste trabalho, o georreferenciamento ocorreu a partir da imagem de 2009, a qual foi adquirida georreferenciada.

Após o georreferenciamento no programa a imagem foi segmentada no programa Spring. A segmentação é feita com a finalidade de facilitar e agilizar a classificação do uso do solo, ela une áreas espectralmente parecidas, ou seja, com certa similaridade. Para isso foi necessário a definição da área de similaridade, no caso deste trabalho foi utilizado similaridade de 10 para os níveis de cinza e área mínima de 500 pixels.

A segunda parte do trabalho, referente à avaliação as transformações topoclimáticas da área fez-se necessário também o levantamento de dados climáticos, de poluição na cidade do Rio de Janeiro, em particular sobre a Ilha do Fundão, bem como das condições atmosféricas - através de cartas sinóticas e radiossondas, modelo *Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System* (CCATT-BRAMS), fornecidos pelo INPE.

Além destes, trabalhos de campo foram realizados visando: medição de dados climáticos em janeiro de 2006, julho de 2007 e outubro de 2010 na escala horária (dados de temperatura e umidade do ar) e levantamento de dados sobre o uso da terra; mapeamento do campo térmico, identificação de ilhas de calor e sua intensidade seguindo Brandão (1996); estimativa de conforto térmico a partir do Índice de Temperatura-Umidade adaptado de Thom (1959 *apud* Ayoade, 1986) e Terjung et al. (1966 *apud* Vasconcellos, 1998). Complementaram esta análise os equipamentos: pluviômetro alternativo de garrafas PET, pHmetro analyser pH300 (DIGIMED DM-20), datalogger para o registro de dados horários de temperatura e umidade do ar, utilizando-se, principalmente, da metodologia dos transetos móveis, difundida por Monteiro (1976), para avaliação da intensidade das ilhas de calor dos anos de 1996, 2007 e 2010. Para fins de comparação e avaliação da evolução da intensidade das ilhas de calor nos anos mencionados, respeitou-se a localização exata dos pontos de controle e os resultados foram mapeados.

Por fim, sendo condizentes com a proposta de Monteiro (1976), utilizou-se da percepção para avaliar as mudanças ambientais e a qualidade ambiental da área de estudo aplicando 100 questionários aos frequentadores da Ilha do Fundão.

Resultados e Discussão

Sendo imprescindível aos estudos da Climatologia Urbana, a análise do contexto histórico e espacial da

área de estudo, através do tratamento das imagens de alta resolução dos anos de 2003 a 2009 (Figuras 1 e 2), mostra, para nosso recorte, um padrão de aceleradas mudanças no uso do solo do campus universitário, embora se tratando de curto período de tempo. Sem dúvida esse é o padrão de desenvolvimento das áreas pertencentes ao meio urbano, sobretudo naqueles países com alta taxa de crescimento, que para atender a demanda crescente por espaços, avança pelas porções do território introduzindo novas técnicas nestes e conseqüentemente novos elementos ao ambiente.

Através de uma análise comparativa (Figura 3) entre as imagens observa-se que área de gramínea diminui em detrimento do crescimento das áreas com asfalto e aquelas ocupadas por construções. Esse padrão de supressão da população arbórea para ocupação dos elementos tipicamente urbanos sempre esteve presente na evolução da Ilha do Fundão conforme se perceber na Figura 4, que apresenta a evolução territorial desta área de estudo.

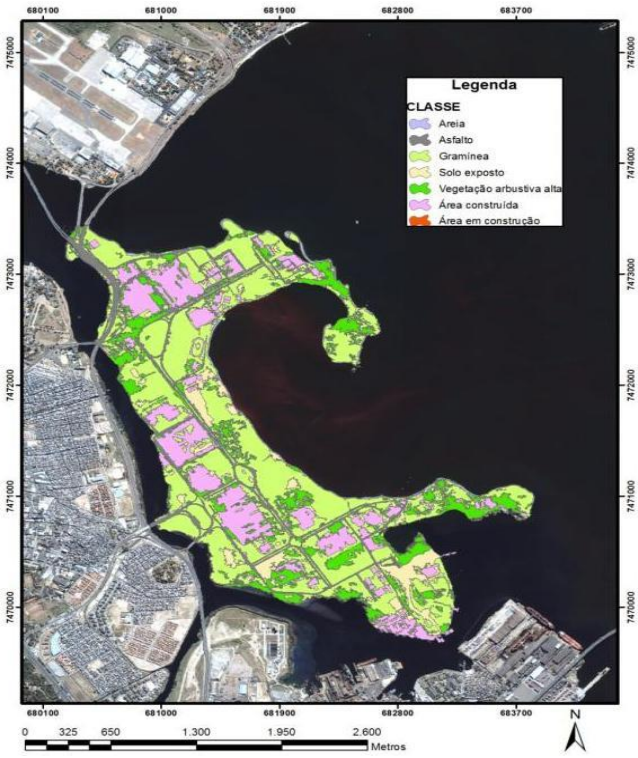


Figura 1: Cobertura e Uso da Terra em 2003.

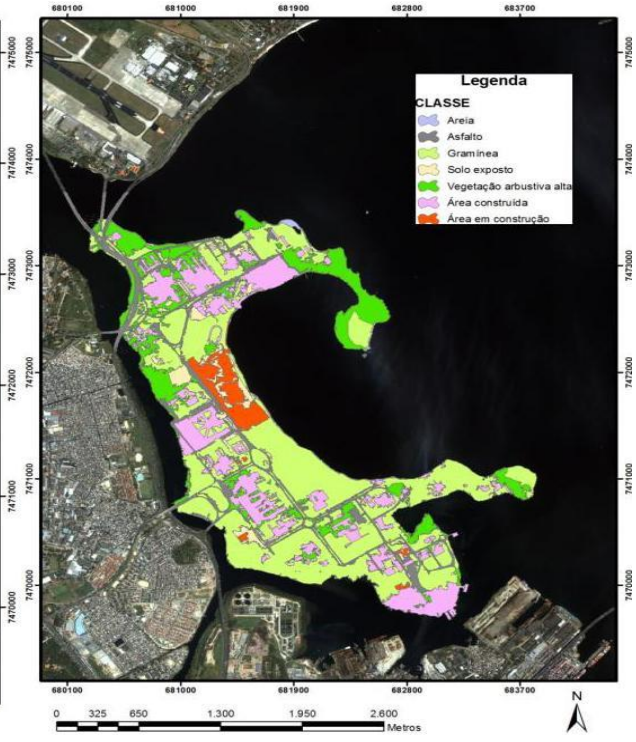


Figura 2: Cobertura e uso da terra em 2009.

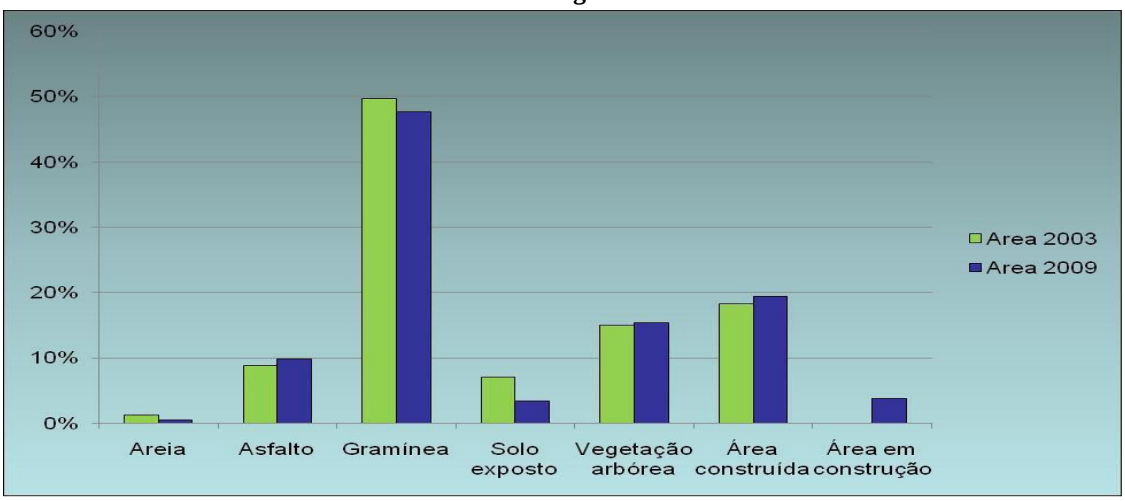


Figura 3. Comparativo de evolução da área de estudo.

Atualmente projeções podem ser feitas para a Cidade Universitária da UFRJ tomando como base o Plano Diretor 2020 elaborado e divulgado pela instituição. A perspectiva é que pelas intervenções que vem sofrendo e que sofrerá o campus, resposta às adaptações exigidas pelo REUNI (Reestruturação e Expansão das Universidades Federais), presentes no mapa da Ilha para 2020 (Figura 5), permanecerá neste a lógica de supressão das áreas verdes e expansão das construídas, principalmente na porção centro-sul, provocando uma intensificação daquela diferenciação observada na análise do uso da terra entre 2003 e 2009. Essa dinâmica urbana, sobretudo pela: supressão da vegetação e consequente redução da evapotranspiração, alteração do albedo e amento do acúmulo energético e eliminação de poluentes, rejeito das atividades

industriais e dos veículos automotores, provocam pressões nos sistemas naturais, sobretudo no climático.

Quando se procede com a análise da série climatológica da estação da Ilha do Fundão, entre 1985 e 1993, observa-se que os anos de 1986, 1988 e, sobretudo, de 1990, foram os que apresentaram maiores situações de desconforto térmico (Figura 6). Na série, o verão do ano de 1990 apresentou três meses consecutivos de situação de "muito desconforto". Os anos de 1986 e 1988 também foram de "muito desconforto" em janeiro e fevereiro.

Nas Figuras 7 e 8 observa-se claramente um ritmo entre as estações extremas, tanto na temperatura como climático, marcado pela com concentração de altas temperaturas e chuvas no verão e o inverso para o inverno. Essa é uma característica comum ao clima tropical, contudo as ilhas de calor podem intensificar esse padrão em virtude da intensificação das células convectivas, intensificação que ocorre pelo acumulo de energia e elevado contraste térmico deste ambiente.

A característica observada através dos dados meteorológicos, de tendência ao *stress térmico*, é corroborada pelas informações extraídas dos inquéritos aplicados na área de estudo, no qual 53% dos entrevistados indicam situação de muito calor e calor no campus, corroborando então a situação de desconforto térmico para a área de estudo (Quadro 1).

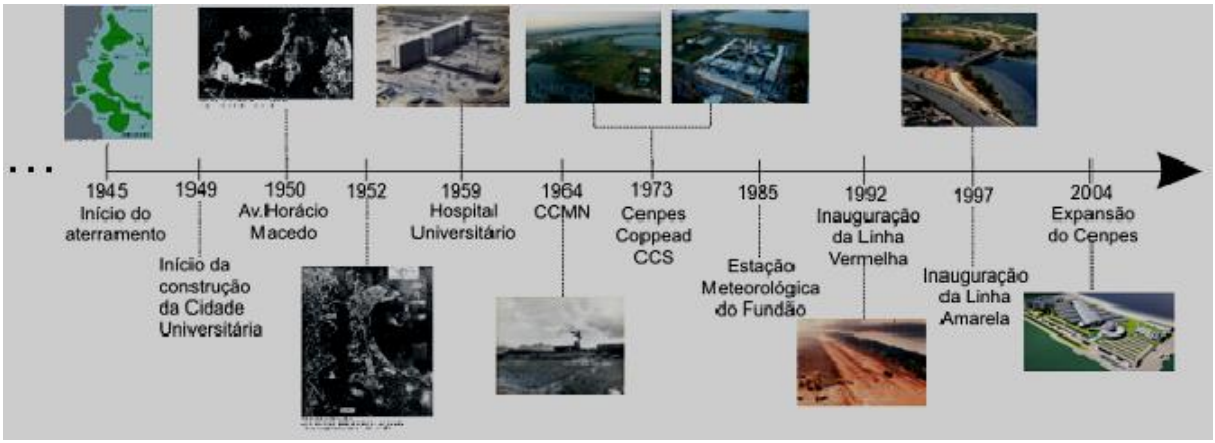


Figura 4. Linha do tempo da evolução territorial da Ilha do Fundão (intervenções).

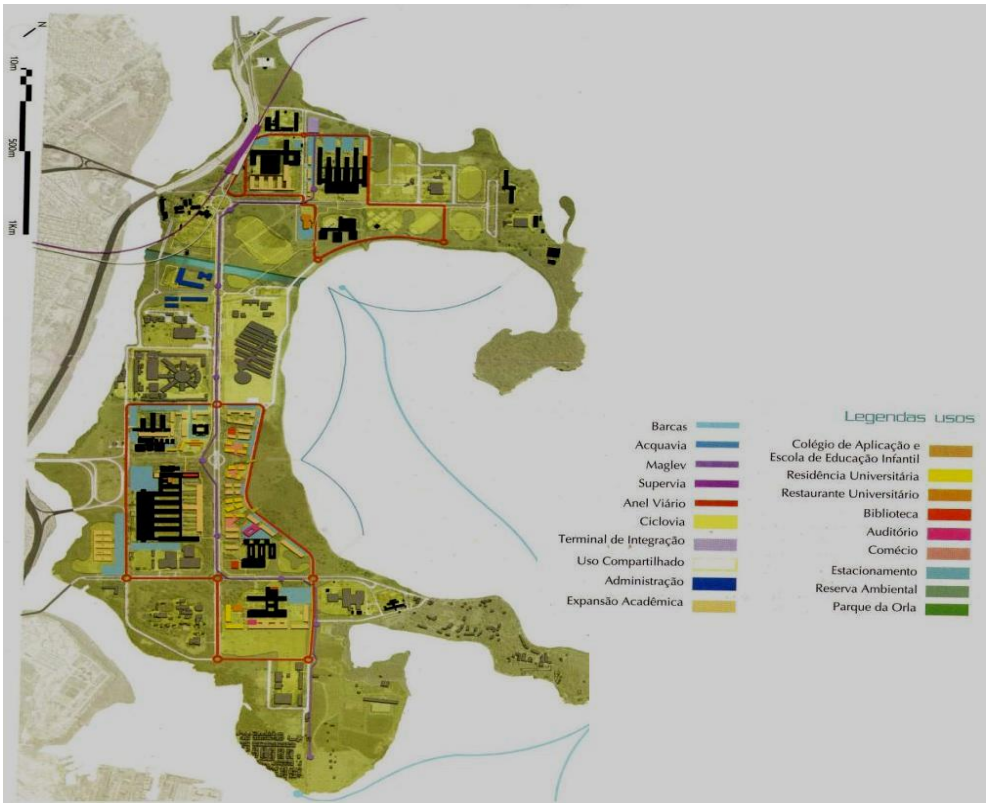


Figura 5. Mapa da Ilha do Fundão para 2020. Fonte: Plano Diretor da UFRJ.

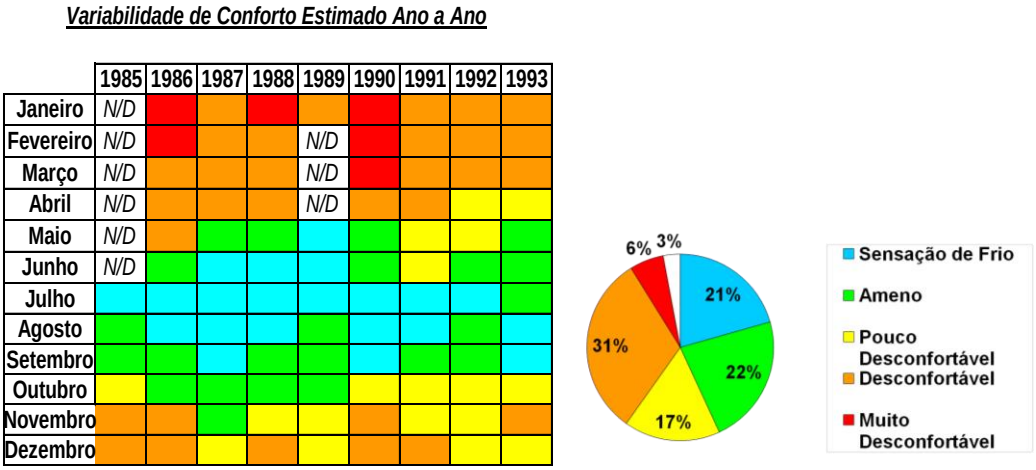


Figura 6. Estimativa do Conforto térmico da Ilha do Fundão e variabilidade mensal. *N/D = Dados não disponíveis.

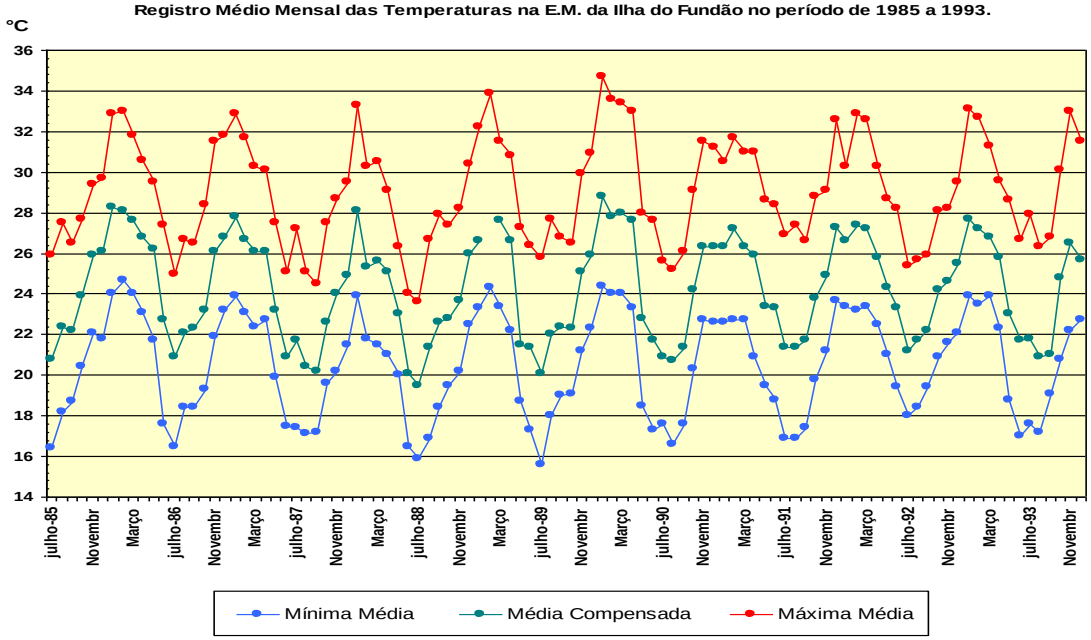


Figura 7. Variabilidade térmica mensal da estação Ilha do Fundão entre 1985 e 1993. Fonte de Dados: Departamento de Meteorologia da UFRJ.

Com a análise conjunta das experiências de campo realizadas em 1996 (Figura 9), 2007 (Figura 10) e 2010 (Figura 11) observa-se a recorrência de temperaturas mais elevadas na porção centro-sul da ilha. É valido destacar que no ano de 2007, devido a falhas do equipamento, não foram obtidos dados do transeto móvel para a porção centro-sul. Contudo, pela metodologia contar com estações fixas de monitoramento pôde-se concluir nesta mais uma vez ocorreram as temperaturas mais elevadas em campo. Conclui-se assim que houve uma intensificação das ilhas de calor da área de estudo, já que em 1996 estas apresentavam uma intensidade de até 1,2ºC, passando à 2,0ºC em 2007 e, finalmente, 2,6º C em 2010. Estes dados refletem a situação matutina, que merece atenção especial já que normalmente contaria com as brisas vindas da Baía de Guanabara, amenizando as temperaturas locais. Uma das hipóteses é que a verticalização pode estar tornando o efeito das brisas pouco significativo neste ambiente, e deste modo pouco afetando no equilíbrio térmico.

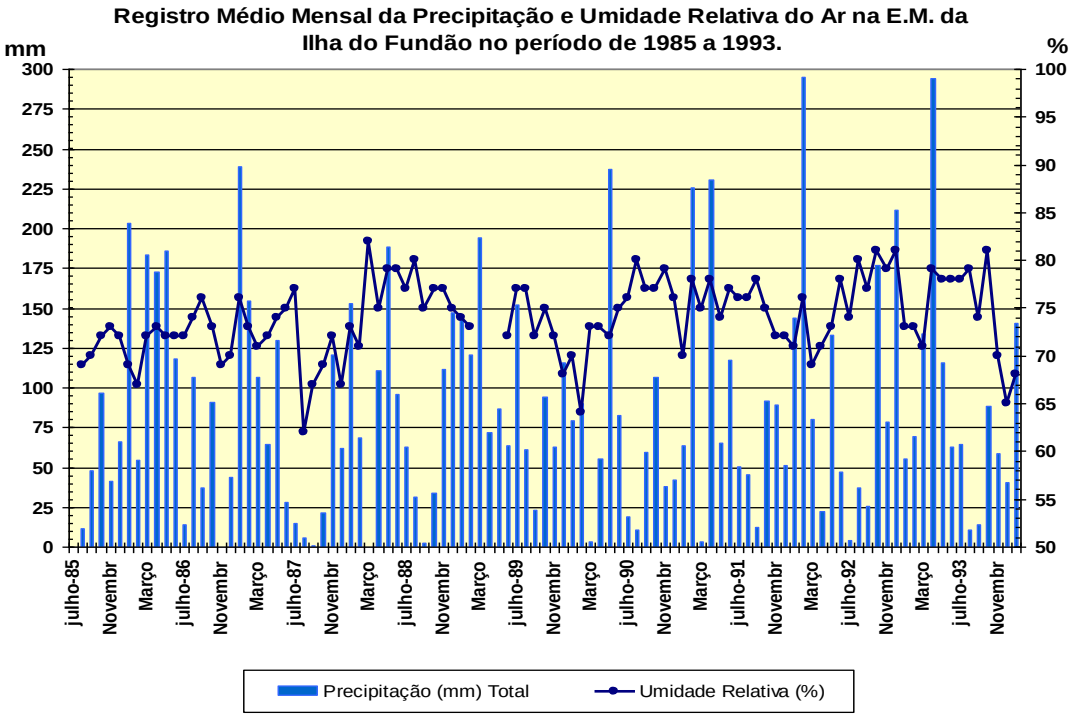


Figura 8. Variabilidade pluvio-higrométrica mensal da estação Ilha do Fundão entre 1985 e 1993. Fonte de Dados: Departamento de Meteorologia da UFRJ.

Tomando mais detalhadamente o ano de 2010, apesar de uma condição sinótica não muito favorável, sob atuação do anticiclone polar atlântico (Figuras 12) – o qual máscara a intensidade das ilhas de calor devido a elevada nebulosidade e a advecção de ar frio-, no período da manhã (Figura 11) não foram observadas ilhas de forte intensidade, porém no período da tarde (Figura 13) na porção centro-sul da ilha aparecem ilhas de até 4,8ºC. Destacam-se também as ilhas de frescor próximas do alojamento dos estudantes e do horto universitário que contam com uma extensa área verde, destacando a importância destas para a regulação microclimática local.

Quadro 1. Percepção térmica e tempo de permanência dos frequentadores da Ilha do Fundão.

Sensação térmica (%)	
Muito Calor	19
Calor	34
Pouco Desconfortável	23
Confortável	20
Frio	4
Muito Frio	0

Tempo de Permanência na Ilha (%)			
Não disponível	3 dias	4 dias	5 dias
14	5	17	64
2 horas	4 horas	8 horas	mais de 8 horas
0	20	40	37
Sexo (%)		Idade	
Masculino	Feminino	< 22 anos	> 22 anos
55	45	28	72

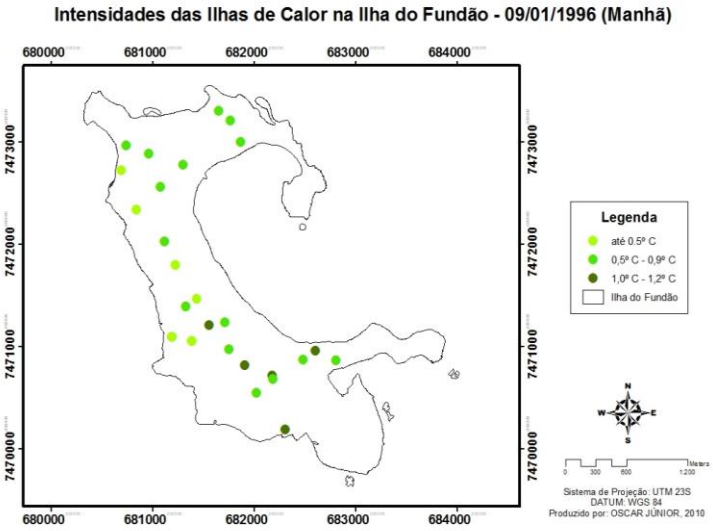


Figura 9. Intensidade das Ilhas de Calor no Fundão na manhã de 09/01/1996.

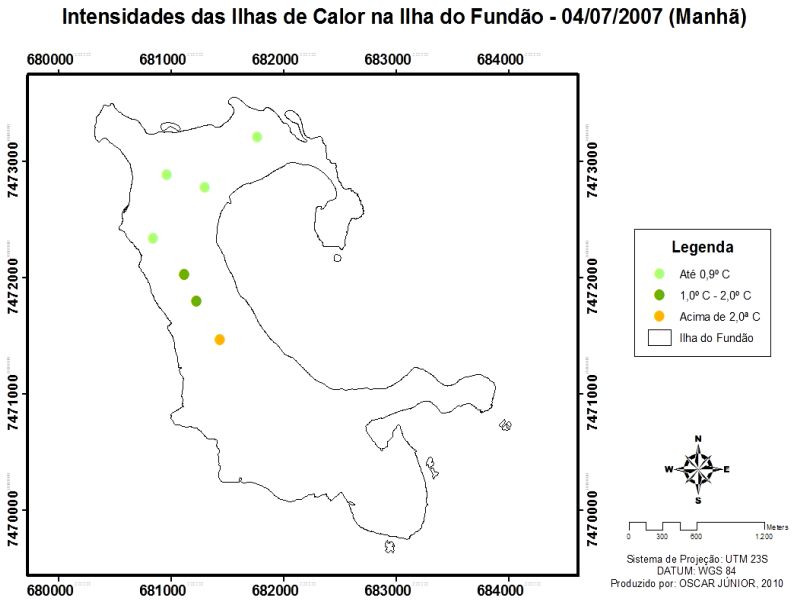


Figura 10. Intensidade das Ilhas de Calor no Fundão, na manhã de 04/07/1996.

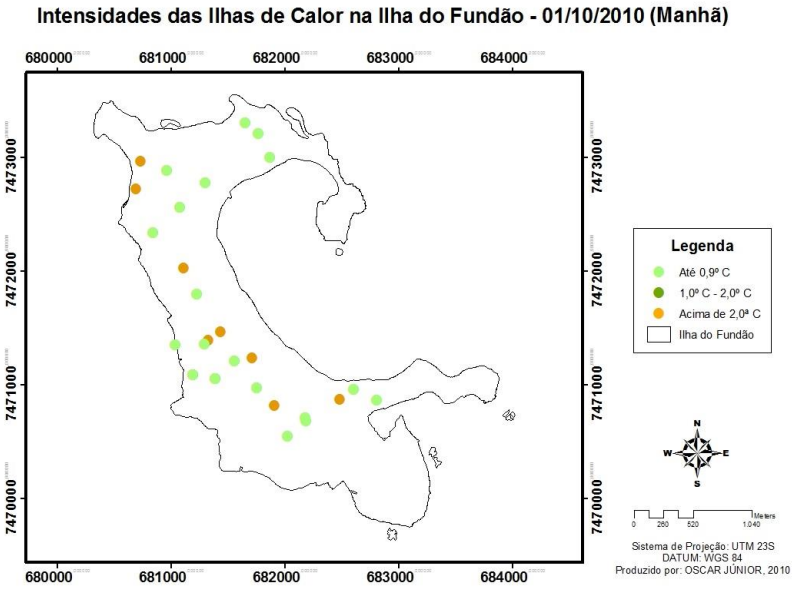


Figura 11. Intensidade das Ilhas de Calor no Fundão na manhã de 01/10/2010.

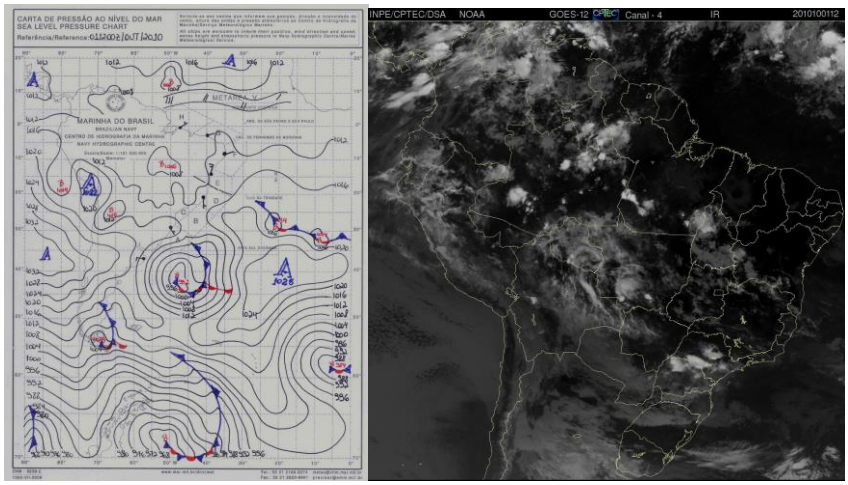


Figura 12. Situação sinótica do trabalho de campo de 01/10/2010. Fonte: Marinha do Brasil e CEPETEC.

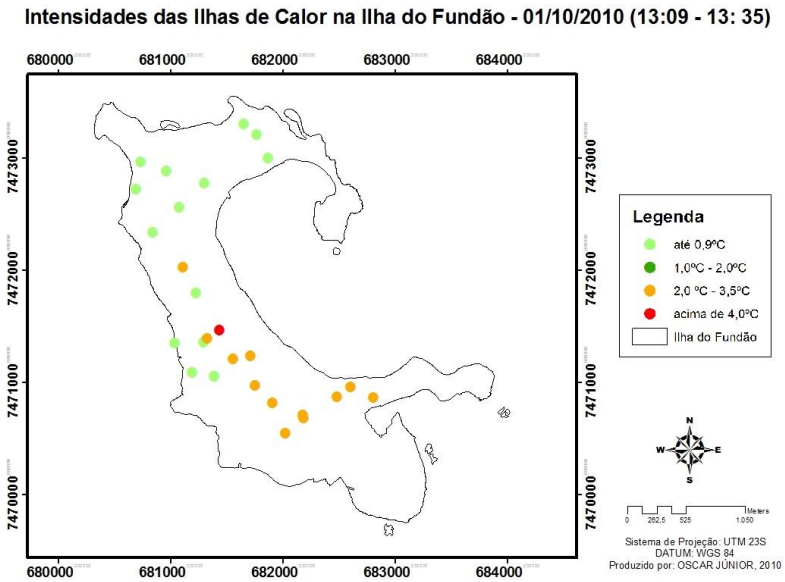


Figura 13. Intensidade das Ilhas de Calor no Fundão na tarde de 01/10/2010.

Além da presença de inúmeros elementos, artificiais, que compõem o ambiente urbano e que tornam as trocas energéticas deste diferenciadas, destaque especial deve ser dado ao *input* de partículas na atmosfera, rejeito das atividades urbanas – tanto de fontes fixas como móveis – que encontram na atmosfera seu destino e acabam provocando alterações significativas na baixa atmosfera. Landsberg (1981) tentou quantificar as diferenças entre atmosfera urbana e a rural, e este pode ser destacado como um importante elemento de diferenciação entre ambas (Quadro 2), oferecendo subsídios para a interpretação dos resultados apresentados anteriormente.

Quadro 2. Características do clima urbano. Fonte: Adaptado de Landsberg (1981).

	Elemento	**Comparado a ambientes rurais**
Poluentes	Núcleos de Condensação	10 vezes mais
	Particulados	10 vezes mais
Nebulosidade	Nuvens	5 a 10% mais
	Nevoeiro (inverno)	100% mais
	Nevoeiro (verão)	30% mais
Precipitação	Quantidades	5 a 15% mais
	Tempestades	10 a 15% mais
Temperatura	Média Anual	0,5 a 3ºC mais
	Mínima de Inverno	1 a 2ºC mais
	Máxima de verão	1 a 3ºC mais

A partir da contribuição dada por Landsberg (1981), é possível reconhecer também a necessidade de reconhecer a área de estudo no contexto metropolitano do Rio de Janeiro, pertencente a Bacia Aérea III, a mais poluída do estado, reflexo da alta concentração industrial e da frota de veículos automotores do Estado. A Bacia Aérea III, segundo o INEA (2009), corresponde as áreas com características similares em termos de topografia, meteorologia e fontes de emissões, sendo a Bacia Aérea III a da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Além disso, a Ilha encontra-se entre as três principais vias expressas da região – Linha Vermelha, Avenida Brasil e Linha Amarela – que, em conjunto, segundo informações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes-DNIT, têm o tráfego de, aproximadamente, 600 mil veículos por dia. Contribui também para o aporte atmosférico local a presença de refinarias como a REDUC e a de Manguinhos, além de diversas fábricas de cimento.

Destaque merece ser feito para o fato de na área de estudo não haver estações de monitoramento do ar, apesar de situação favorável para sediá-las, sendo assim utilizou-se para na presente análise a estação de Bonsucesso como padrão. Cabe ainda esclarecer que o fato de não trabalhar os dados para o ano de 2010 e posteriores se deve, única e exclusivamente, pelo fato da instituição não ter tornado público os resultados para esses anos.

Feita as considerações, há que salientar as perspectivas não são as melhores no que diz respeito ao material particulado em suspensão na atmosfera já que a cidade, em inúmeros pontos, conta com obras de intervenções urbanísticas para a realização dos mega eventos desportivos, sobretudo devido ao intenso tráfego de caminhões. Segundo dados do INEA (2009; 2010), são as fontes moveis as responsáveis por 77% do material particulado presente na atmosfera. Assim

os dados de 2008 (Figura 14) e 2009 (Figura 15) com raras situações de boa qualidade do ar se tornaram cada vez mais frequentes.

Essa característica provoca reflexos em outra variável climática, a qualidade das águas pluviais da área de estudo. Segundo estudos de Figueiredo et al. (2009) a respeito da qualidade da água das chuvas na cidade do Rio de Janeiro em 2008, tomando seis bairros cariocas e usando o pH como parâmetro, na Ilha do Fundão foi a que mostrou a maior ocorrência (dois eventos) de eventos mais acidificados que o comum. Devido este resultado, o experimento foi repetido no ano de 2009, exclusivamente para a Ilha do Fundão, mas neste ano não foram registrados eventos acidificados como no ano anterior.

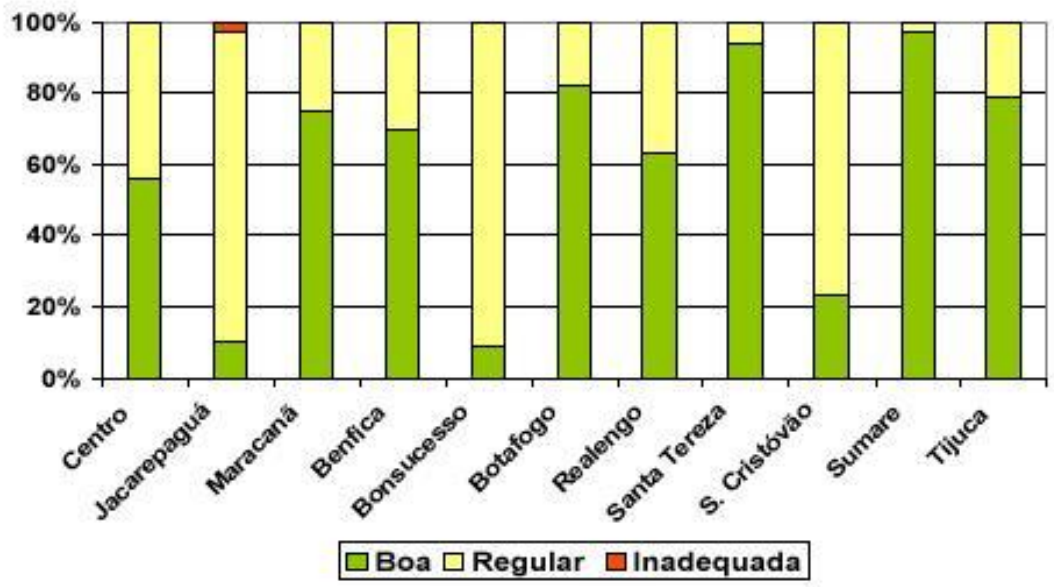


Figura 14. Índice Anual de Qualidade do Ar em 2008. Fonte INEA (2009).

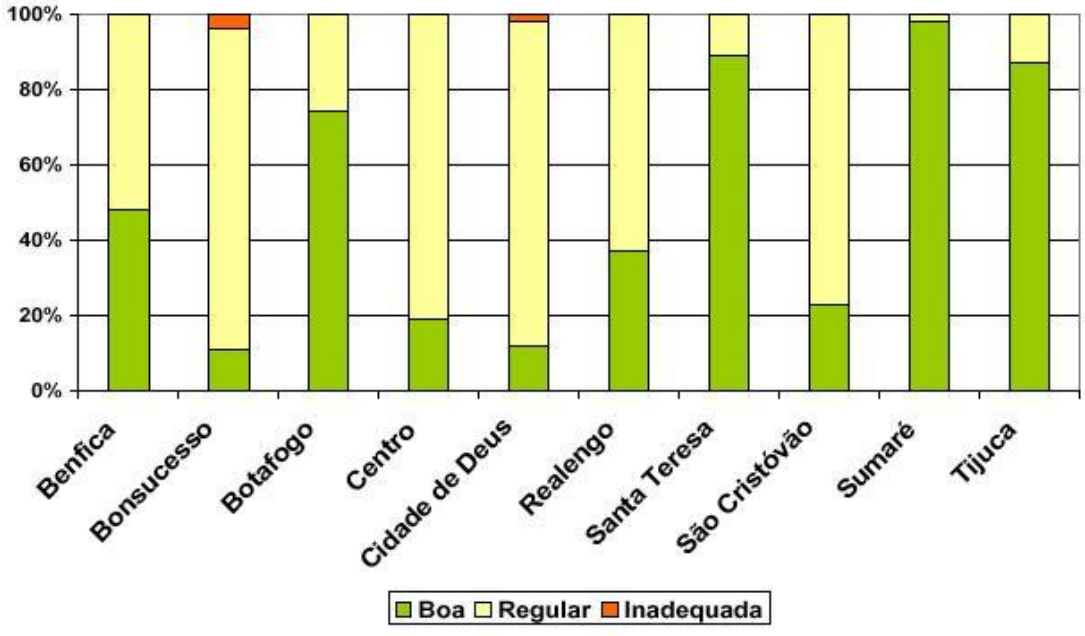


Figura 15. Índice Anual de Qualidade do Ar em 2009. Fonte INEA (2009).

Para o ano de 2009 a tendência observada foi a de maior frequência de eventos alcalinos e principalmente normais, explicados pelas características do sítio urbano carioca, e especialmente da Ilha do Fundão, pois como destaca Marques (2006) conta com os sais marinhos, neutralizadores dos íons na atmosfera. De Mello (2001) também contribui para a compreensão dos resultados obtidos no trabalho de campo, ao mostrar que a liberação de íons como amônio, oriundos da Baia de Guanabara, também podem contribuir para essa neutralização, tornando o pH das chuvas menos ácido. Conclui-se, portanto, que devido à posição da área de estudo, dificuldades para uma elevada frequência de chuvas mais acidificadas. Para aquelas ocorrências de chuvas mais acidificadas, pH 4,12 e 5,0, é importante salientar que houve uma combinação de

fatores que ajudam a compreender essas ocorrências. Combinou-se nestes eventos uma situação sinótica de instabilidade, com atuação da frente polar – frequentemente causadora de chuvas na fachada sul-oriental do Brasil (Monteiro, 1969) -, situação de inversão térmica, que promove a retenção dos gases poluentes na baixa atmosfera, dificultando sua dispersão, que na ocorrência da pluviosidade são retirados da atmosfera, tornando a água mais ácida. Outrossim, destaca-se o alto índice de concentração de CO no Rio de Janeiro, um dos gases apontados por diversos estudos (Galloway, 1982; Hill,1997; De Mello, 2001; Marques, 2006) como o principal causador da chuva ácida.

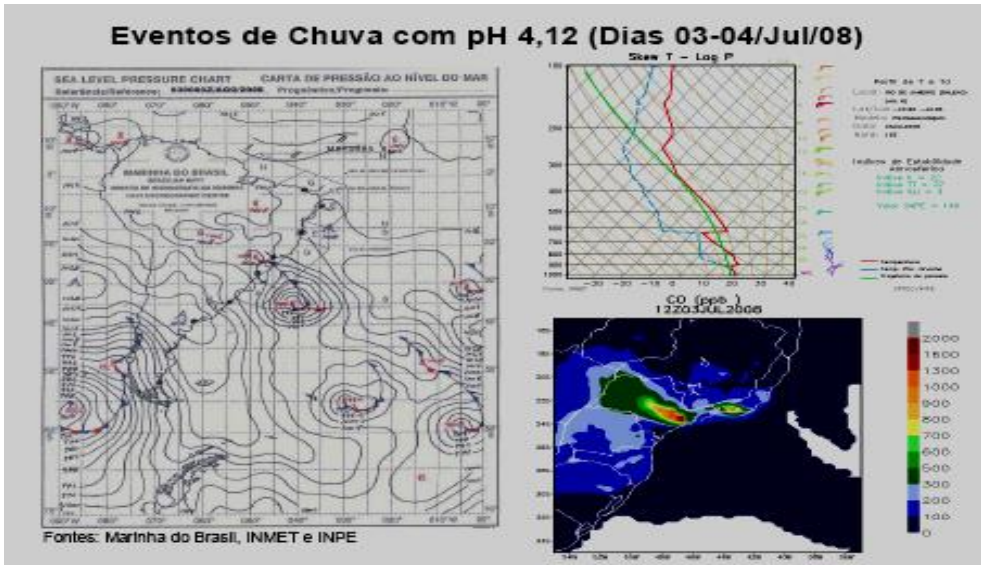


Figura 16. Situação Sinótica do evento ácido entre os dias 3 e 4 de julho de 2008. Fonte: Marinha do Brasil e CEPETEC.

Nas Figuras 16 e 17 apresentam-se as pranchas representativas dos principais eventos pluviais no período de 2008 e 2009. No primeiro caso observa-se que a cidade do Rio de Janeiro estava sob domínio de perturbação atmosférica causada pela Frente Polar Atlântica, essa entrada de frente provocou uma inversão térmica na área de estudo, favorecendo o aprisionamento dos aerossóis na baixa atmosfera.
Nesse dia, o Rio de Janeiro, segundo modelo CATT-BRAMS, apresentava entre 900 e 1300 ppb (partes por bilhão) de CO, o que explica o alto teor acidificado do evento pluviométrico do dia 3 e 4 de julho de 2008.

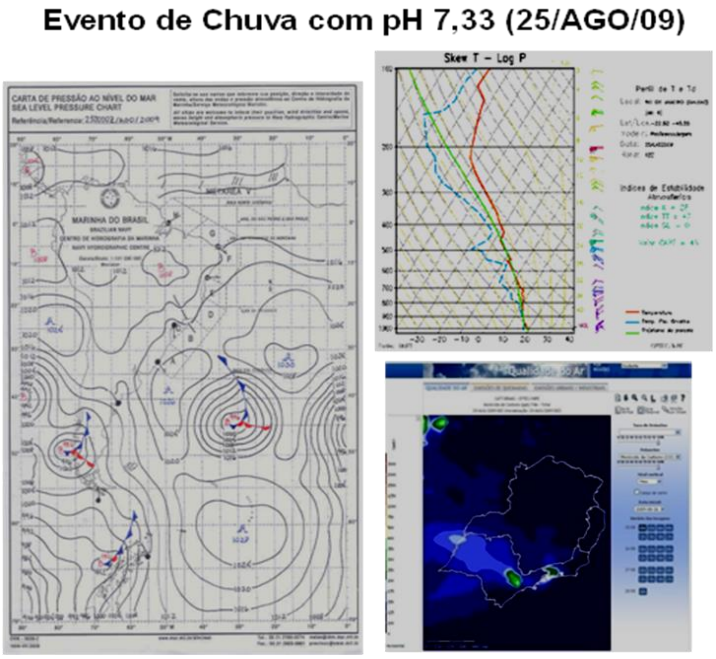


Figura 17. Situação Sinótica do evento alcalino no dia 25 de agosto de 2009. Fonte: Marinha do Brasil e CEPETEC.

O segundo caso estava sob uma moderada instabilidade, causada pela repercussão da Frente Polar Atlântica sob o oceano, neste dia não se observou inversão térmica e, além disso, segundo o modelo CATT-BRAMS era baixo o teor de CO, não superior a 500 ppb, na atmosfera local, caracterizando desse modo o evento alcalino do dia 25/08/2009. Assim, há que se destacar que esse fenômeno é fruto de uma interação de diversos elementos e dinâmicas que tem na atmosfera seu ápice, contudo se materializa também em virtude da intervenção antrópica, cada vez mais expressiva, na baixa atmosfera.

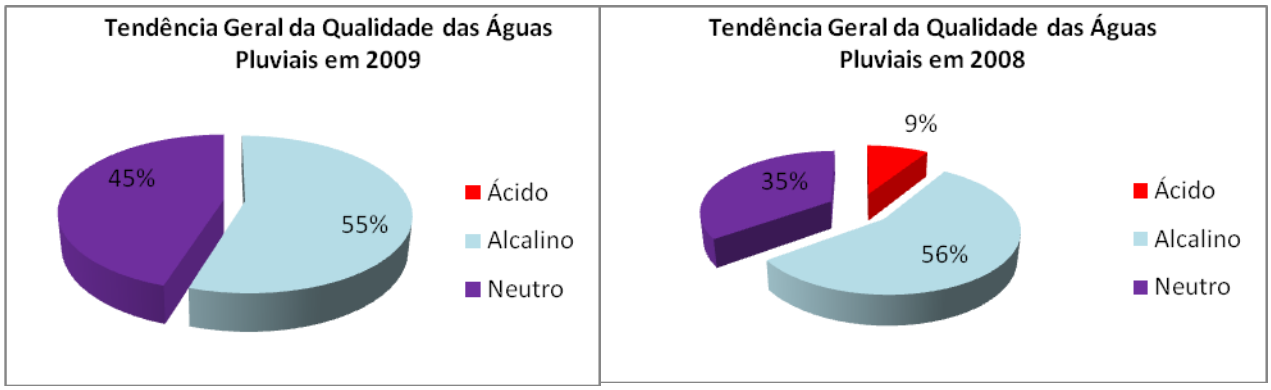


Figura 18. Tendência Geral da Água Pluvial na Ilha do Fundão em 2008 e 2009.

A Figura 18 sintetiza os resultados de qualidade das águas pluviais da Ilha do Fundão a partir do pH entre 2008 e 2009. Vale destacar que a elevada concentração dos eventos entre as categorias alcalina e neutra, se explica, conforme destacado anteriormente pela localização do sitio carioca. Além disso, conforme lembra Marques (2006) a neutralização pode ocorrer também pelas contribuições antropogênicas e poeira do solo em suspensão, ao passo que no jogo de reações químicas que se processam na baixa atmosfera os aerossóis produzidos por nós desempenham um importante contrabalanceamento que limita a ocorrência de eventos mais acidificados.

> *"A acidez da água da chuva é neutralizada em sua maior parte pelo cálcio (Ca^{+2}) visto que o amônio (NH^{+4}) neutraliza menos e o magnésio (Mg^{+2}) neutraliza de maneira insignificante. Para a variação da composição iônica das chuvas, pode-se verificar que a poeira do solo contribui com aproximadamente 50%, as atividades antropogênicas e os sais marinhos contribuem com cerca de 25% cada"* (Marques, 2006, p. 17).

Além da qualidade pluvial o impacto dessa dinâmica de alteração, conhecida como alterações do Clima Urbano, pode ser sentido também no que diz respeito ao impacto da pluviosidade.

Apesar de uma dimensão territorial particular, menor em relação aos outros bairros cariocas, e com uma função diferenciada a do seu entorno – núcleo acadêmico e cientifico – fatores que teoricamente confeririam a área de estudo características favoráveis a uma gestão eficiente do seu espaço, visto que não conta com dinâmicas como dos diferentes espaços interurbanos pressionados sobretudo pelo adensamento populacional, a área de estudo recorrentemente vem apresentando suscetibilidade ao impacto das chuvas.

A Figura 19 apresenta os danos da chuva dos dias 5 e 6 de Abril de 2010, feita pelo Jornal ADUFRJ, retratando o despreparo do campus da UFRJ ao impacto das variáveis meteorológicas. Fica claro assim a quase irrelevância dada ao clima no gerenciamento do espaço, entre outros motivos, como salienta Oke *apud* Alcoforado (1999), pela falta ou falha na comunicação entre planejadores e climatologistas, mesmo em territórios com a dimensão e função da Ilha do Fundão, campus da UFRJ.

www.adufrj.org.br

UFRJ

Na UFRJ, temporal afetou HUCFF, CT e reitoria

Unidades sofreram com inundações no subsolo

O temporal que atingiu o Grande Rio fez com que a reitoria da UFRJ tomasse a decisão de suspender as aulas até o dia 12. A medida, conforme explicou o reitor Aloisio Teixeira no Conselho Universitário do dia 8, seguiu o apelo das autoridades de manter a população em casa para liberar as ruas para o trabalho de bombeiros, ambulâncias e viaturas policiais. Além do mais, as fortes chuvas provocaram inundações nas salas das subestações do Centro de Tecnologia e do prédio da reitoria e deixaram sem luz esses locais – o próprio Consuni precisou ser realizado no CCMN. Também na ilha do Fundão, o Hospital Clementino Fraga Filho perdeu o abastecimento de água: sofreu uma cheia no segundo subsolo, onde fica localizado o sistema de bombas que alimenta a unidade.

O prefeito universitário Helio de Mattos declarou que não houve danos estruturais graves, até o dia 12, uma vez que nenhuma unidade teria entrado em contato com o órgão: "A UFRJ volta hoje (dia 12) a funcionar plenamente. Houve danos em subestações, algumas unidade com vazamentos, porém, nenhuma unidade entrou em contato dizendo que estaria impossível começar as aulas", disse. "Na quinta e sexta-feira passadas, foram resolvidos problemas pequenos. O mais pesado foi a inundação da casa de bombas no HU e a falta de luz. A informação que a gente tem

Fotos: Kelvin Melo

UMA DAS SUBESTAÇÕES DO CENTRO DE TECNOLOGIA ALAGADA AINDA NO DIA 8, À TARDE

Também na ilha do Fundão, o Hospital Clementino Fraga Filho perdeu o abastecimento de água: sofreu uma cheia no segundo subsolo, onde fica localizado o sistema de bombas que alimenta a unidade.

desligados e, na quarta-feira, após o escoamento e reparos necessários, a energia foi religada gradativamente.

Os blocos A e B não foram afetados por que as subestações foram transferidas para áreas mais altas (a do bloco A fica ao lado do Auditório, e a do bloco B, depois do Unibanco). Sérgio disse também que o ideal seria retirar as subestações do CT do subsolo e que o principal problema do Centro é a falta de espaço, mas é preciso tentar viabilizar área e verba para que um projeto de transferência seja feito.

Situação na Praia Vermelha

Para o Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, as chuvas não causaram maiores consequências, de acordo com o superintendente Agnaldo Fernandes: "O maior transtorno foi a dificuldade de acesso ao *campus* da Praia Vermelha". Agnaldo acredita que houve alagamentos

Figura 19. Registro da repercussão da chuva entre os dias 5 e 6/04/2010 no campus da UFRJ. Fonte: ADUFRJ (abril de 2010).

Conclusão

Problemas conforme os apontados neste estudo são oriundos não só da forma como o território é produzido e sob qual visão de mundo orienta este processo, mas também daquelas que norteiam o processo de gestão territorial. Segundo Egler (2012) nenhuma disciplina pode evocar para si o conhecimento completo da multiplicidade de situações que se articulam e retroalimentam no território, daí a necessidade de um olhar multidisciplinar e transversal sobre a gestão territorial, culminando naquilo que o autor domina de Inteligência Territorial. Nesse sentido, levando em consideração a defesa proposta por Leff (2001) a respeito da crise ambiental que vivenciamos, há que se destacar também, que no âmbito da gestão territorial os problemas que para nós se apresenta é fruto direto da atual incapacidade cientifica de articulação de saberes e de uma perspectiva ainda cartesiana de observar o mundo. E no que cabe à Geografia, sua deficiência de articulação interna – a respeito da dicotomia que se estabeleceu entre física e humana – reduz o incrível potencial desta para orientar a superação epistemológica tão necessária.

Diante do panorama destacado, mesmo em um território com as particularidades da Ilha do Fundão, consegue-se observar que a involução da qualidade ambiental tem forte associação com a má apropriação e gestão do espaço, que privilegiando a introdução de elementos como o concreto e asfalto, ainda hoje símbolos do progresso, em detrimento das áreas verdes, traz como consequência alterações ambientais, tais como do clima urbano, culminando em desconforto térmico, ilhas de calor, elevados índices de poluição, chuvas mais acidificados e impactos pluviais devastadores.

Assim, é cada vez mais evidente que o planejamento deva ser uma importante estratégia dos diversos segmentos da sociedade, em especial, do poder público frente à realidade ambiental que vivenciamos. Planejamento e ordenamento territorial são vieses do processo de gestão, cujo objetivo principal é de organizar e administrar o uso de dado território e regular a ocupação de forma a considerar as condições dos recursos naturais, a dinâmica social, a estrutura produtiva e o sistema de assentamento da população (Brandão, 2000) diminuindo, portanto, riscos e aumentando oportunidades.

Dessa forma é imprescindível considerar a contribuição dada pela Climatologia à gestão territorial, afinal é uma variável importante no Sistema Territorial (Gómez Orea, 2007), sobretudo em um momento em que se discute a possibilidade de incremento da severidade climática, trazendo impactos de diversas ordens às comunidades humanas. Cumpre, com isto, as contribuições da Climatologia, a orientação para um caminho viável e condizente com o programa sustentável e de proteção e qualidade do ambiente, o qual deverá contemplar outras esferas do conhecimento.

Nesse sentido, a cidade por sua expressividade econômica, social, cultural e demográfica no território, deve tornar-se alvo prioritário desse processo, afinal o modelo de urbanização brasileiro acontece de forma acelerada e com uma ordem alheia ao funcionamento dos sistemas naturais, aumentando o caráter caótico

desse ambiente, produzindo riscos dos mais variados às populações que neles residem.

O plano diretor, fruto da luta dos movimentos sociais urbanos, emerge na política urbana brasileira como instrumento da gestão participativa e colaborativa do território, o qual orientará a atuação das diversas pastas setorial. Esse instrumento apresenta um potencial formidável para o equacionamento de diversos problemas urbanos, entre eles a reversão da baixa qualidade ambiental e dos riscos ambientais. Para cumprir este objetivo, tal instrumento deve, portanto, ser elaborado a partir de uma análise objetiva das variáveis demográficas, econômicas, de infraestrutura, de suporte e cobertura, assim como do clima. Considerar as informações citadas anteriormente é peremptório para adequar as características urbanística de cada cidade, viabilizando uma melhoria concreta na qualidade ambiental e, por conseguinte na qualidade de vida e a segurança da população dos núcleos urbanos, o que não pôde ser observado no plano diretor da Ilha do Fundão.

Como modesta contribuição ao caso da nossa área de estudo, sugerimos que o plano diretor da instituição deva contemplar o aumento das áreas verdes, visto a muito bem sucedida experiência do horto universitário (uma das ilhas de frescor encontradas na área de estudo). É importante também o incentivo à criação de jardins internos e externos nos prédios. Chafarizes apresentam-se também como boas soluções para tentar equilibrar o campo térmico, afinal contribui com disponibilização de vapor d'água aumentando a umidade na atmosfera local. Para as próximas construções indica-se ainda a necessidade de construção de prédios de baixo gabarito, evitando que sejam anulados o efeito das brisas vindas da Baía de Guanabara.

Atualmente, existem, também, algumas alternativas para aumentar a eficácia da infiltração da água no solo, diminuindo assim o acumulo d'água. Além disso, intervenção nos prédios já existentes é urgente, adequando-os para enfrentar os eventos chuvosos mais intensos.

Indica-se, finalmente, a necessidade de instalação de estações de monitoramento da qualidade do ar para que com base nestes dados possa ser avaliada a real situação que se encontra a área de estudo, servindo inclusive para a proposição, por parte dos técnicos e cientistas ali presentes, de novas políticas para reverter a situação, além de estimular a compreensão dos fenômeno aqui abordados.

Agradecimentos

Os autores aproveitam a oportunidade para externalizar os mais sinceros agradecimentos à FAPERJ pelo financiamento da pesquisa durante todas as suas etapas, bem como à Pro-Reitoria de Extensão da UFRJ (PR5), que por meio de suas bolsas de extensão universitária do Programa Institucional PIBEX estimulou ações por meio da educação ambiental para reverter o quadro aqui exposto.

Agradecemos também àqueles que tornaram possível a continuidade da pesquisa ao longo dos anos e a construção de uma base de dados, ainda que modesta, fundamental para a gestão territorial, sendo assim. A toda a equipe do CLIMAGEO/UFRJ que tornaram essa pesquisa completa, aqueles que ao longo dos anos tornaram possível esse monitoramento constante para que hoje atingíssemos os resultados aqui expostos (Felipe Figueiredo, Thiago Silveira, Tatiana Malheiros, entre outros).

Finalmente, nossa sincera gratidão aos revisores e editores desta revista, os quais, através de seus comentários e sugestões elevaram significativamente a qualidade do artigo.

Referências

Alcoforado, M.J. 1999. Aplicação da climatologia ao planejamento urbano. Alguns apontamentos. Finisterra XXIV, 83-94.

Alcoforado, M.J.; Andrade, H.; Lopes, A.; Vasconcelos, J. 2009. Application of climatic guidelines to urban planning. The example of Lisbon (Portugal). Landscape and Urban Planning 90, 56-65.

Brandão, A.M.P.M. 1996. O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado em Geografia Física USP, São Paulo, 370p.

Chandler, T.J. 1965. Urban climatology. WMO, Geneva. 343p.

De Mello, W.Z. 2001. Precipitation Chemistry in the coast of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, Brazil. In: Environmental Pollution 1, 235-242.

Egler, A. G. 2012. Ordenamento Territorial e Zoneamento-Ecológico-Econômico (ZEE) no Estado de São Paulo. In: São Paulo. ZEE Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de São Paulo: seminário de 12 a 14 de dezembro de 2011. São Paulo: SMA, pp:.15-24.

Farias, H.S. 2006. O Ritmo Semanal do Clima no Bairro Maracanã. Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado em Geografia, UFRJ.

Figueiredo, F.F.; Silveira, T.S.; Brandão, A.M.P.M. 2009. Controle Ambiental das Águas Pluviais na Região Metropolitana do Rio de Janeiro - Estudo de Caso Sobre a Ocorrência de Chuva Ácida. In: Anais do 12º Encuentro de Geógrafos de América Latina. Montevidéu. pp.342, 343.

Galloway, J.N., Likens, G.E., Keene, W.C.; Miller, J.M. 1982. The Composition of Precipitation in Remote Areas of the World. In: Journal of Geophysical Research 87, 8771-8786.

Gómez Orea(, D. Ordenacion Territorial. 2ªed. Madrid Ediciones: Mundi-Prensa. 2007.

Hill, M.K. 1997. Understanding Environmental Pollution. Ed. Cambridge University Press, Cambridge.

INEA, 2009. Relatório de Qualidade do Ar 2009, INEA, Rio de Janeiro.

Jornal AdUFRJ. De 13 de Abril de 2010.

Kandel, R. 2002. Le réchauffement climatique. Paris: Presses Universitaires de France.

Landsberg, H.E. 1981. The urban climate. New York: Maryland Academic Press.

Leff, H. Epistemologia Ambiental. São Paulo: Cortez. 2001.

Marandola JR., E. 2009. Tangenciando a vulnerabilidade. In: Hogan, D.J.; Marandola Jr, E. (Org.) Populações e mudanças climáticas: dimensões humanas das mudanças ambientais globais Campinas: NEPO/Unicamp; Brasília: UNFPA. pp. 29-52.

Marques, R. 2006. A Poluição Atmosférica em Cuiabá/MT: A Água da Chuva, Depositado Seco e Material Particulado Inalável, Dissertação de Mestrado UFMT, Cuiabá.

Mendonça, F. 2003. Clima e Planejamento urbano em Londrina: Proposição medotológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométeorico. In: Monteiro, C.A.F; Mendonça, F. (Orgs). Clima Urbano, Rio de Janeiro: Contexto. pp. 93-120.

Monteiro, C.A.F. 1969. A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil: Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. Tese de Doutorado em Geografia Física da USP, São Paulo.

Monteiro, C.A.F. 1976. Teoria e Clima Urbano. IGEO-USP, Instituto de Geociências, USP, Série Teses e Monografias, 25, São Paulo, 181 pp.

Oke, T.R. 2006. Towards better scientific communication in urban climate. Theoretical and Applied Climatology 84, 179-190.