

DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE: ANÁLISE DOS DADOS CLIMATOLÓGICOS DE ANGRA DOS REIS – RJ

Luciene Pimentel da Silva¹; Ursula Guerra²; Wagner Accioly da Silva³; Iukio Ogawa⁴.

¹ Ph.D. em Engenharia Civil, Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524

Phone: +55 21 2587-7580. e-mail: lpds@uerj.br

² Aluna do curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524

Phone: +55 21 2587-7580. e-mail: ursula-guerra@ibest.com.br

³ Aluno do curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524

Phone: +55 21 2587-7580. e-mail: engsilva@ig.com.br

⁴ GMA.T – ELETRONUCLEAR – Eletrobrás Termonuclear S.A., Rua da Candelária, 65, Rio de Janeiro RJ

Phone: +55 21 2588-7503. e-mail: iogawa@eletronuclear.gov.br

RESUMO

Este artigo apresenta resultados da análise dos dados climatológicos do posto da Usina Nuclear em Angra dos Reis – RJ. Foram analisadas as séries temporais de temperaturas e precipitações no período de 1982 à 2000. Na análise dos dados observam-se alterações no padrão temporal dos dados de temperatura nos últimos dez anos, indicando um possível efeito de mudança climática devido ao extraordinário crescimento populacional e conseqüente urbanização que a região da bacia hidrográfica da baía da Ilha Grande, com destaque para o município de Angra dos Reis, vem sofrendo nas duas últimas décadas. O estudo está inserido no Projeto em andamento - “Subsídios para a Gestão Integrada do Saneamento Ambiental em Bacias Hidrográficas Costeiras” - financiado pelo CNPq através do fundo setorial de recursos hídricos edital CT-HIDRO 01/2001.

ABSTRACT

Temperature and precipitation time series for Usina Nuclear station in Angra dos Reis-RJ were analyzed for the period between 1982 and 2000. Observed data shows changes on temperatures averages over the last ten years, indicating a possible climate change effect due to the extraordinary population growth and associated urbanization that the Ilha Grande bay basin has been going through over the last two decades, specially the city of Angra dos Reis. The study is part of the ongoing Research Project – “Subsidies for Environmental Sanitation Integrated Management for Coastal Basins – sponsored by CNPq, Water Resources Sector Funding CT-HIDRO 01/2001.

Palavras-Chave: impactos da mudança do uso do solo, mudanças climáticas.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável expressa em si mesmo o apelo pela articulação do crescimento econômico com a conservação da natureza, implicando fortemente na valorização do espaço. O lugar é visto como uma unidade de investigação e gestão. As zonas costeiras apresentam especificidades da localização que justificam amplamente a particularização do espaço físico-geográfico. A interface com o mar propicia alguns usos quase que exclusivos do litoral, a começar por tornar os espaços litorâneos as bases continentais imediatas de exploração de recursos marinhos, dando-lhes ampla vantagem na localização dos equipamentos relacionados a essas atividades. A posição litorânea também favorece a circulação de pessoas e de mercadorias pelas vias marítimas e o conseqüente estabelecimento de portos. O litoral particulariza-se ainda por uma apropriação cultural que o identifica como espaço de lazer, por excelência, e os espaços preservados são, hoje, ainda mais valorizados nesse sentido, sustentando uma das indústrias litorâneas de maior dinamismo na atualidade, que serve às atividades turísticas e de veraneio. Essas características contribuíram e contribuem para que na atualidade cerca de dois terços da humanidade habitam em zonas costeiras, localizando-se à beira-mar a maior parte das metrópoles contemporâneas.

No Brasil, a densidade demográfica, ao longo do litoral de cerca de 8 mil km de extensão, é de em média 87 hab / km², bem superior à média nacional que é de 17 hab / km². Entre os dezessete Estados litorâneos no País, o Estado do Rio de Janeiro tem a segunda densidade mais alta do país de habitantes em regiões costeiras, 806 hab / km², vindo logo atrás do Estado de Pernambuco, com 906 hab / km². Observa-se ainda em torno das metrópoles Brasileiras uma grande pressão de crescimento populacional das cidades de porte médio, que historicamente vem desprovido de infra-estrutura das mesmas e pressionando, no caso do litoral Brasileiro, à devastação dos remanescentes de mata atlântica.

A bacia hidrográfica da baía da Ilha Grande, localizada predominantemente no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, é uma região em transição. Nos últimos trinta anos, sua base econômica mudou da agricultura para a indústria, passando agora a ser dominada pelo setor de serviços, principalmente a construção civil e o turismo. Sua estrutura social, após trezentos anos de estabilidade causada pelo isolamento, modificou-se radicalmente com a chegada em massa de imigrantes e veranistas e com a mudança da população rural para os centros urbanos. Os recursos naturais, que desde a época da colonização foram usados para fins agrícolas, enfrentam agora as demandas conflitantes da indústria, dos centros urbanos, do turismo

e da construção de segundas residências. Além disso, a região possui o maior remanescente de mata atlântica do Estado do Rio de Janeiro e, suas matas são centro de endemismos de biodiversidade excepcionalmente alta (SEMADS-RJ, 1997).

A região da baía da Ilha Grande apresenta índices de crescimento urbano expressivos (Tabela 1, dados censitários do IBGE). Durante as duas últimas décadas verificam-se taxas de crescimento da ordem de 25 e 31 % (1980-1991 e 1991-2000, respectivamente) na população total dos municípios (Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo) da região da bacia hidrográfica da baía da Ilha Grande. Essas taxas, por si só, já são expressivas quando comparadas com as taxas de crescimento das cidades do Rio de Janeiro e São Paulo entre 1980 e 2000, de 15 e 23 %, respectivamente. Considerando somente os municípios do Estado do Rio de Janeiro, que representam a maior parte da bacia hidrográfica, têm-se crescimentos da ordem de 40 e 36 % para as décadas de 1980-1991 e 1991-2000, respectivamente. A situação mais crítica é do município de Angra dos Reis, que teve crescimento populacional de 106 % entre 1980-2000. Esse crescimento expressivo tem aumentado a pressão sobre os recursos hídricos, tanto em relação aos aspectos quantitativos, quanto aos aspectos da qualidade da água, já que de maneira geral, na região, os cursos d'água são usados diretamente para lançamento de efluentes.

Tabela 1 – Crescimento Populacional nos Municípios da Bacia Hidrográfica da Baía da Ilha Grande, Cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo.

Município	População		Crescimento 1980 - 2000 (%)
	1980	2000	
Angra dos Reis (RJ)	57,861	119,247	106
Arapeí (SP)	2,280	2,618	15
Bananal (SP)	8,687	9,713	12
Cunha (SP)	20,853	23,090	11
Paraty (RJ)	20,599	29,544	43
Rio de Janeiro (RJ)	5,090,700	5,857,904	15
São José do Barreiro (SP)	4,035	4,143	3
São Paulo (SP)	8,493,598	10,434,252	23

Fonte: Dados Censitários do IBGE

Os aspectos que caracterizam a urbanização e que estão mais diretamente relacionados ao ciclo hidrológico e aos recursos hídricos estão associados com o crescimento populacional e aumento do número de construções assim como, a conseqüente impermeabilização da superfície do solo. O aumento da impermeabilização reduz as taxas de infiltração, que por sua vez leva à diminuição das taxas de recarga para os aquíferos e à diminuição do escoamento básico. O escoamento superficial é intensificado, aumentando em velocidade e, a frequência e magnitude dos picos de cheia, levando ocasionalmente às enchentes. O aumento da população contribui para o crescimento da

demanda dos recursos hídricos e ao mesmo tempo aumentam os volumes de efluentes e de resíduos sólidos.

A mudança do uso do solo também tem impacto no balanço de energia entre superfície e atmosfera. Além da mudança da resistência aerodinâmica que afeta a movimentação do ar das áreas em torno, aumenta a transferência de calor para a atmosfera. Ainda, os depósitos de resíduos sólidos contribuem na emissão de gases do efeito estufa. Esses fatores conjugados tendem a produzir temperaturas mais altas e favorecimento à ocorrência de chuvas convectivas nos conglomerados urbanos do que em regiões com características mais rurais. A interação entre processos físicos que ocorrem na superfície e na atmosfera podem ao longo do tempo levar à mudanças na distribuição e disponibilidade dos recursos hídricos.

Este artigo apresenta resultados da análise dos dados climatológicos do posto da Usina Nuclear em Angra dos Reis – RJ. Este estudo está inserido no Projeto em andamento - "Subsídios para a Gestão Integrada do Saneamento Ambiental em Bacias Hidrográficas Costeiras" - financiado pelo CNPq através do fundo setorial de recursos hídricos edital CT-HIDRO 01/2001. Foram analisados os dados de temperatura e precipitação no período de 1982 à 2000. Na análise dos dados observam-se alterações no padrão temporal dos dados de temperatura nos últimos dez anos. Indicando um possível efeito do extraordinário crescimento populacional e conseqüente urbanização que a região da bacia hidrográfica da baía da Ilha Grande, com destaque para o município de Angra dos Reis, vem sofrendo nas duas últimas décadas.

2. DADOS CLIMATOLÓGICOS

O posto de observação climatológica da Usina Nuclear está localizado nas dependências da Usina Nuclear de Angra dos Reis (Torre A, Figura 1) de propriedade da Empresa Eletro nuclear, nas coordenadas lat 23°00'19" S e long 44° 27'30" W. O posto é de registro automático e os dados disponibilizados, aplicados nesse estudo, foram as séries temporais de temperatura e precipitação no nível horário, para o período de 1982 à 2000. A utilização dos dados nesse estudo foi precedida de análise de consistência. Alguns poucos dados tiveram que ser alterados ou desconsiderados, e, quando possível, as falhas existentes foram preenchidas.

2.1 Dados de temperatura

Na análise de consistência dos dados, alguns poucos dados de temperatura no nível horário foram desprezados. As médias diárias foram determinadas com base na média aritmética entre os valores máximos e mínimos observados. As eventuais falhas de até três dias consecutivos foram preenchidas por interpolação linear segundo análise gráfica de tendências. Evitou-se qualquer preenchimento de valores de pico (máximos) e mínimos. Os eventuais preenchimentos foram em ramos descendentes e ascendentes da dispersão dos pontos. As temperaturas médias mensais mais baixas são registradas no mês de julho (média período 1982-2000 igual a 19.88°C) e as mais altas no mês de fevereiro (média período 1982-2000 igual a 25.51). A média anual no período de análise foi de 22.51°C. Esses

valores são coerentes com os valores apresentados em SEMADS-RJ, 1997. A Figura 2 apresenta os valores das temperaturas máximas, médias e mínimas anuais determinadas a partir dos dados diários. Observa-se tendência de aumento das temperaturas máximas e médias anuais no período.

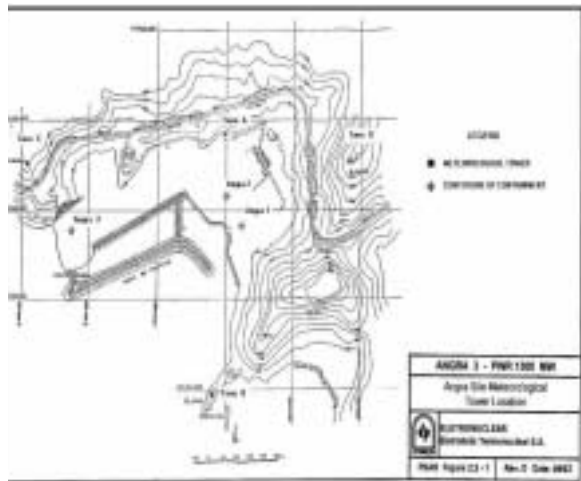


Figura 1 – Localização do Posto Climatológico da Usina Nuclear (TORRE A) – Angra dos Reis (RJ)

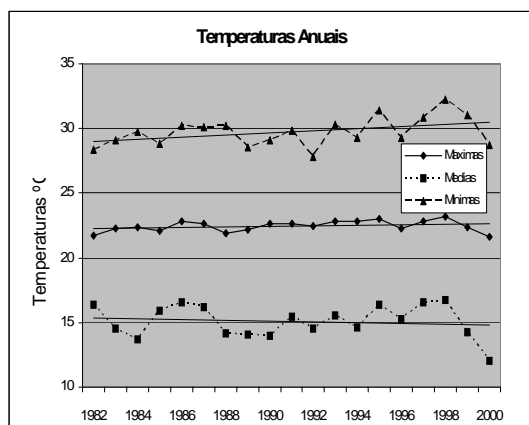


Figura 2 – Temperaturas no Posto Climatológico da Usina Nuclear de Angra dos Reis – RJ

2.2 Dados de precipitação

Esta região é a que apresenta os maiores índices pluviométricos do Estado do Rio de Janeiro, com médias anuais de 2242 mm, sendo os maiores índices registrados no mês de Janeiro. Os dados de precipitação apresentaram algumas falhas no nível horário, mas na maioria dos casos em dias, ou em seqüência de dias sem chuva. A exceção foi o ano de 1999, para o qual não há registros para os meses de Maio e Junho.

Para o período analisado a média dos totais anuais foi de 1986.76 mm, compatível com o registrado em outros postos na bacia hidrográfica da baía da Ilha Grande, mas um pouco abaixo da média da região. Na Figura 3 são apresentados os totais anuais. Observa-se uma certa variabilidade nos dados, sendo o menor valor, 1304.8 mm, em 1984, e o maior, 2545 mm, em 1985. Esses dados foram comparados com o posto de Vila Mambucaba (lat 23°01'33" S e

long 44°31'05" W) operado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Embora o desvio padrão das séries no mesmo período tenham sido compatíveis, a média para Vila Mambucaba foi de 2254 mm, e os totais para 1984 e 1985, foram respectivamente de 1734.4 mm e 2840 mm. O maior valor no posto Vila Mambucaba foi observado em 1986, igual a 2978 mm, e o menor, em 1990, igual a 1448 mm. Valores compatíveis com o menor total anual no posto da Usina Nuclear foram observados nos postos Paraty (lat 23°13'25" S e long 44°45'50" W) em 1983, 1989, 1990 e 1993, e Campos do Cunha (lat 22°55'16" S e long 44°49'20" W) em 1967, 1984, 1990 e 1994, ambos operados pela CPRM.

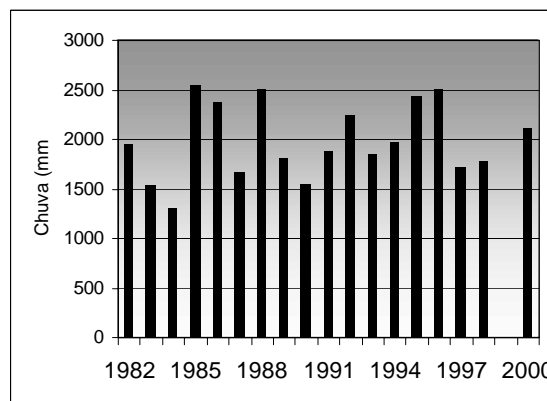


Figura 3 – Totais Anuais de Precipitação no Posto Climatológico da Usina Nuclear de Angra dos Reis -RJ

3. DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tem crescido recentemente, a preocupação com os efeitos climáticos provocados pelas ações antrópicas e suas conseqüências na distribuição e disponibilidade dos recursos hídricos.

A mudança do uso do solo tem impacto no balanço de energia entre superfície e atmosfera. Além da mudança da resistência aerodinâmica, que afeta a movimentação do ar das áreas em torno, aumenta a transferência de calor para a atmosfera (veículos automotores, atividades domésticas e industriais). Os processos de combustão adicionam vapor d'água e uma variedade de químicos à atmosfera. Ainda, os depósitos de resíduos sólidos contribuem na emissão de gases do efeito estufa. A remoção da vegetação e a impermeabilização da superfície provocam diminuição da evapotranspiração. Esses fatores conjugados tendem a produzir temperaturas mais altas e favorecimento à ocorrência de chuvas convectivas nos conglomerados urbanos do que em regiões com características mais rurais. Assim, além do aumento pela demanda dos recursos hídricos e do aumento da concentração de poluentes, a interação entre processos físicos atmosféricos e hidrológicos, podem provocar sérios impactos na distribuição e disponibilidade dos recursos hídricos (Hall, 1988).

BRYSON E ROSS (1972), apud BRANDÃO (1992), apresentam alguns valores de referência, esperados das variações médias de elementos climáticos devido à urbanização (Tabela 2).

Tabela 2 – Variações Médias dos Elementos Climáticos causadas pela Urbanização (adaptado de BRANDÃO, 1992)¹

Elemento	Comparação com a zona rural
Temperatura Média anual	0.5 a 1.0 °C mais
Média mínima (inverno)	1.0 a 2.0 °C mais
Precipitação Total	5 a 10% mais
Dias com menos de 5 mm	10% mais

A partir da análise dos dados de temperaturas médias anuais do Posto Climatológico da Usina Nuclear de Angra dos Reis - RJ, observa-se uma tendência de aumento das temperaturas médias e máximas anuais, e, uma leve tendência de diminuição das temperaturas mínimas (veja linhas de tendência Figura 2). Comparando-se a média dos dez primeiros anos (22.31°C) com a média dos nove anos mais recentes (22.6°C) observa-se que a média anual dos últimos nove anos é maior do que a média do primeiro período e, maior do que a média para todo período (22.5°C). A mesma tendência é observada para as temperaturas máximas anuais. Foram ainda observadas, as temperaturas médias mensais nos dois períodos (Figura 4). Em todos os meses, exceto Abril e Novembro, as médias do período mais recente (1992-2000) foram maiores do que as médias do primeiro período de dez anos. Sendo as diferenças mais acentuadas para os meses de verão do que para os meses de inverno. A mudança de tendência dos meses de Abril e Novembro foi atribuída ao fato desses meses apresentarem concentração de falhas no primeiro ou no segundo período. Os meses de Abril e Novembro apresentam, respectivamente, falhas nos anos de 1982 e 1991, e, 1983, 1997 e 1998.

Na análise sazonal, a maior variação, foi observada para o período de verão (Novembro à Abril), da ordem de 0.3°C (1982-1991, igual a 20.43°C e 1992-2000, igual a 20.74°C). Essa diferença é semelhante à encontrada em termos de médias anuais, mas ambas (média anual e sazonal) abaixo dos níveis apresentados na Tabela 2 (BRYSON E ROSS, 1972 apud BRANDÃO, 1992). No estudo apresentado por BRANDÃO (1992) para a cidade do Rio de Janeiro, foram calculadas médias decenais de temperaturas para um número de postos de observação da cidade.

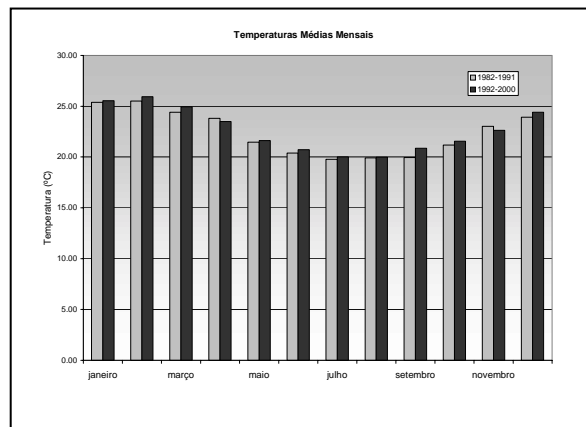


Figura 4 – Temperaturas Médias Mensais do Posto Climatológico da Usina Nuclear de Angra dos Reis - RJ

Comparando os resultados encontrados com os dados sugeridos na Tabela 2, observaram-se valores de menor magnitude nas alterações entre os dois períodos decenais. No entanto, praticamente em todas as análises, os valores para o segundo período, 1992-2000 foram maiores do que para o primeiro período. Indicando um possível efeito das ações antrópicas que a região do litoral sul fluminense vem sofrendo nos últimos vinte anos.

BRANDÃO (1992) analisou séries termopluiométricas da cidade do Rio de Janeiro. Embora o estudo não seja conclusivo, foram observadas tendências de aumento das temperaturas médias decenais, que foram atribuídas em parte às ações antrópicas.

A partir da comparação de dados climatológicos da floresta em torno de Manaus e da cidade no período de aproximadamente 15 meses, MAITELLI e WRIGHT (1996) observaram aumento nas temperaturas da região urbana.

Foram analisados ainda, os dados de precipitação do posto da Usina Nuclear. Não foi observada tendência de aumento dos totais anuais no período, que possa sugerir mudança do regime pluviométrico (Figura 3). Foram analisados ainda, o número de dias com totais pluviométricos menores ou iguais a 5 mm. A análise dos dados nos níveis anual e sazonal ficaram um pouco prejudicadas pela existência de falhas nos dados observados.

A Figura 5 apresenta a média dos valores mensais para os períodos de 1982-1991 e 1992-2000. Para os meses de Janeiro e Agosto, a média do segundo período foi maior do que a primeira média decenal. Já para os outros meses a tendência inversa foi observada. Os meses de Abril, Junho e Dezembro apresentaram falhas e, de maneira conservativa, não foram considerados no estudo. De maneira geral, não foram observadas as tendências indicadas na Tabela 2 (BRYSON E ROSS, 1972).

¹ Foram destacadas da Tabela apresentada em BRANDÃO, 1992, somente os valores relativos aos elementos analisados nesse estudo

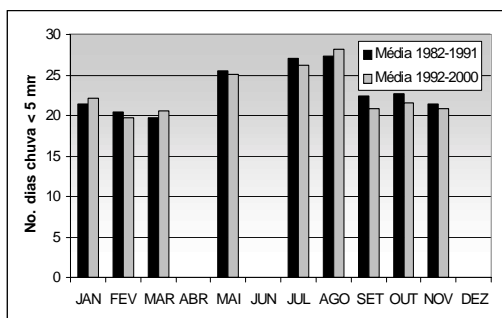


Figura 5 – Média Mensal do Número de Dias com Totais Pluviométricos Menores ou Iguais à 5 mm do Posto Climatológico da Usina Nuclear de Angra dos Reis - RJ

4. CONCLUSÕES

A mudança do uso do solo tem impacto no balanço de energia entre superfície e atmosfera. Além da mudança da resistência aerodinâmica, que afeta a movimentação do ar das áreas em torno, aumenta a transferência de calor para a atmosfera. A remoção da vegetação e a impermeabilização da superfície provocam diminuição da evapotranspiração. Esses fatores conjugados tendem a produzir temperaturas mais altas e favorecimento à ocorrência de chuvas convectivas nos conglomerados urbanos do que em regiões com características mais rurais. Assim, além do aumento pela demanda dos recursos hídricos e do aumento da concentração de poluentes, a interação entre processos físicos atmosféricos e hidrológicos, podem provocar sérios impactos na distribuição e disponibilidade dos recursos hídricos.

A partir da análise dos dados de temperaturas médias anuais do Posto Climatológico da Usina Nuclear de Angra dos Reis - RJ, observou-se uma tendência de aumento das temperaturas médias e máximas anuais. Comparando-se a média dos dez primeiros anos (22.31°C) com a média dos nove anos mais recentes (22.6°C) observa-se que a média anual dos últimos nove anos é maior do que a média do primeiro período e, maior do que a média para todo período (22.5°C). A mesma tendência foi observada para as temperaturas máximas anuais. Foram ainda observadas, as temperaturas médias mensais nos dois períodos. Em todos os meses, exceto Abril e Novembro, as médias do período mais recente (1992-2000) foram maiores do que as médias do primeiro período de dez anos. Sendo que as diferenças foram mais acentuadas para os meses de verão do que para os meses de inverno. Na análise sazonal, a maior variação, foi observada para o período de verão (Novembro à Abril), da ordem de 0.3°C.

A análise dos dados pluviométricos ficou um pouco prejudicada por causa da existência de falhas. Não foi observada tendência significativa de aumento dos totais pluviométricos anuais ou do número de dias com totais pluviométricos menores ou iguais a 5 mm.

Estudos futuros deverão envolver o possível preenchimento das falhas nos dados pluviométricos do posto da Usina Nuclear e a análise da distribuição espaço-temporal das precipitações na região. Durante esse estudo verificou-se a existência de séries climatológicas de longo termo para um posto operado pelo INMET em Angra dos

Reis. A partir da disponibilidade desses dados, poder-se-á proceder a uma análise mais detalhada sobre eventuais mudanças nos padrões climáticos da região.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento - CNPq pelos recursos financeiros para realização da Pesquisa. À ELETRONUCLEAR e à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM por disponibilizar os dados aplicados no estudo. À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ - pela concessão dos recursos financeiros para participação no II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa e apresentação do trabalho. À Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ pela concessão da bolsa de iniciação científica. Finalmente à Faculdade de Engenharia pela infra-estrutura disponibilizada para realização dos estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANDÃO, A.M.P.M., (1992) As Alterações Climáticas na Área Metropolitana do Rio de Janeiro: Uma Provável Influência do Crescimento Urbano. In: ABREU, M. A., (Org.). Natureza e Sociedade no rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Coleção Biblioteca Carioca, v. 21, cap. 6, p. 143-200.
- MAITELLI, G.T. & WRIGHT, I.R., (1996) The Climate of a riverside city in the Amazon Basin: urban-rural differences in temperature and humidity. In Amazonian deforestation and climate. Editado por J.H.C. Gash, C.A. Nobre, J.M. Roberts e R.L. Victoria, seção 11, p. 193-205.
- SEMADS-RJ (1997) Diagnóstico Ambiental da Baía da Ilha Grande, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Rio de Janeiro.