

A HIDRO-CLIMATOLOGIA DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO E SEUS ASPECTOS AMBIENTAIS E HUMANOS

*Teresinha de Maria Bezerra Sampaio Xavier*¹

RESUMO - Nesta palestra na *Mesa Redonda – SBMET – O Impacto do Tempo e do Clima no Semi-Árido Brasileiro*, no XVI SBRH, damos ênfase a nossas pesquisas ao longo de cerca de vinte e cinco anos, incluindo trabalhos mais recentes sobre o papel de parâmetros oceânicos sobre o clima (em termos da pluviometria e hidrologia) no Ceará e Nordeste setentrional, a par do desenvolvimento e operacionalização de modelos de previsão regionalizada para o Estado do Ceará, intitulados TEMPO DE CHUVA, os quais atingiram boa performance nos últimos anos. Em particular, apresentamos resultados de um modelo “precoces” para a previsão da “quadra chuvosa” (fevereiro-maio) com base em dados até novembro-dezembro de cada ano anterior, já testado para 2005. Trato, ainda, da validade de que se pudesse estender esses trabalhos para as demais áreas do semi-árido. Bem como, de outras das nossas linhas de pesquisa, em especial aquela tratando de um levantamento objetivo e portanto científico das ocorrências de eventos extremos da pluviometria, secas e anos excepcionalmente chuvosos, no passado, como ainda sobre a heterogeneidade climática na região e os seus regimes pluviométricos. Finalmente, insisto na importância de trabalhos dessa natureza para apoiar o manejo ambiental e também como suporte a políticas sustentáveis para o homem nordestino.

PALAVRAS CHAVES Hidro-Climatologia do Nordeste brasileiro. Modelos de Previsão de Chuvas. Cronologia de Secas e outros Eventos Extremos,

ABSTRACT - In that talk at the “round-table” – *SBMET – Impact of Weather and Climate in the Brazilian Semiarid*, in that XVI Brazilian Symposium of the ABRH, we give special emphasis to our research along nearly twenty-five years, including recent work concerning the role of oceanic parameters (in the Atlantic and Pacific) on the climate of Ceará and setentrional Northeastern-Brazil, respect mainly to the pluviometry and hydrology. Also, concerning the development and operation of regionalized forecasting models for the seasonal rain at the State of Ceará, which can be extended to the north of Northeast. That models, of stochastic nature, are named “TEMPO DE CHUVA”. As a new application we present the results of “precocious models” using the data of the covariates till november/december of each past year. That models, respect to 2005, had implied in correct forecasting, with the observed rainfall inside the numerical intervals of confidence, for seven out eight pluviometric regions of Ceará. Indeed, in the case of the region with the observed rainfall outside the 95% interval of confidence, the error was very little. We consider the extension of all that research to another areas of the brazilian semiarid, including another particular aspects, as the knowledge of the chronology of extreme events, as droughts and exceptionally rainy years, under objective and scientific viewpoint, and concerning the heterogeneity of the regional pluvial regimes. We think that all similar research can be taken as basis of best environmental management and as a support for sustainable politics directed to the populations of Northeastern-Brazil.

KEY WORDS – Northeastern-Brazil Hydro Climatology. Seasonal Forecasting Models for the Rainfall. Chronology of Droughts and another Extreme Events.

1. ACECI-Academia Cearense de Ciências / SBMET-Sociedade Brasileira de Meteorologia (Diretora Científica) / Universidade Federal do Ceará
Rua Oswaldo Cruz 176 Ap. 400 (Meireles) CEP 60.125-150, Fortaleza-CE txavier@secrel.com.br fones (0xx85) 32423702 / 99837150

INTRODUÇÃO

Este texto refere-se a palestra na *Mesa Redonda – SBMET – O Impacto do Tempo e do Clima no Semi-Árido Brasileiro*, neste XVI SBRH. O tema, vasto, pois aspectos ambientais ligados ao Tempo, como enchentes e veranicos, distinguem-se dos relacionados ao Clima, apesar das inter-relações. Ademais, o semi-árido nordestino não é climaticamente homogêneo, pois envolve a ação de sistemas atmosféricos distintos, embora concorrentes. Nesse sentido, esta apresentação restringe-se a apenas alguns dos aspectos de sua hidro-climatologia.

O semi-árido do nordestino corresponde, pela classificação dos domínios morfo-climáticos brasileiros, às “depressões intermontanas e interplanálticas semi-áridas” ou “domínio dos sertões secos”, com predomínio das caatingas, vide **Ab’Sáber (2003)**. De acordo com este, pág. 92: *Trata-se, sem dúvida, da região semi-árida mais povoada do mundo. E refere: Para complementar o esquema de seu perfil demográfico, há que sublinhar o fato de se tratar da região de mais alta taxa de fertilidade humana das Américas. Uma região geradora e redistribuidora de homens, em face das pressões das secas prolongadas, da pobreza e da miséria.* Tal fácies social é que lhe atribui significado em termos da geografia humana e política brasileiras. Este domínio confronta-se por identificação, ao “Polígono das Secas”, na **Figura 1**, principal área ameaçada de desertificação.

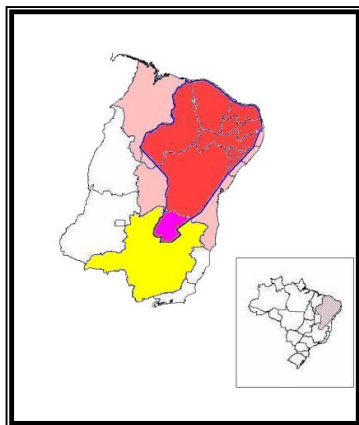


Figura 1 “Polígono das Secas” legal

Áreas	ROSA	+	VERMELHO	=	Nordeste brasileiro
	VERMELHO	+	MAGENTA	=	Polígono da Seca
	AMARELO	+	MAGENTA	=	Minas Gerais

Aqui, vou deter-me em apenas alguns aspectos: **1º)** a heterogeneidade climática do semi-árido nordestino; **2º)** a valia de conhecer a cronologia exata das secas no passado remoto ou mais recente e seu grau de extensão e intensidade, como ainda eventos excepcionalmente chuvosos; **3º)** a análise da influência de eventos oceânicos e seu papel sobre a hidro-climatologia, na região. Dá-se ênfase, ainda: **4º)** à contribuição dos modelos de previsão antecipando fenômenos extremos, secas ou

enchentes, para possibilitar um planejamento efetivo em vista de atender às populações atingidas. Observe-se, quanto 5º) a alterações climáticas, é tema suscitando dúvidas, além disso, exigindo muita investigação. Finalmente, 6º) respeito implicações no plano ambiental e humano limito-me a alguns pontos, conforme trabalhos nossos anteriores.

Aspecto a mencionar é que esta exposição, envolve prospecções, como resultados de trabalhos de pesquisa da palestrante e colaboradores, donde acaba não seguindo a estrutura usual para artigos de pesquisa, em especial por se tratar de palestra. Embora, de resto, dentro dos padrões e normas gerais para trabalhos no XVI SBRH.

HETEROGENEIDADE CLIMÁTICA DO SEMI-ÁRIDO e SISTEMAS ATMOSFÉRICOS

O Nordeste semi-árido não é pluviometricamente homogêneo, em razão de seu extenso território, comportando 2 (dois) regimes principais de chuvas, à parte de variantes e/ou regimes mistos: **1] Regime de Tipo 3** – no Nordeste setentrional, com máximo de chuvas em março, comandadas pela incursão da ZCIT–“zona de convergência intertropical” ao sul do equador; **2] Regime de Tipo 12** – característico do Nordeste meridional, com máximo de chuvas em dezembro, associadas basicamente à ascensão de “frentes frias do sul” (e sub-tipos 11 e 1, com máximos em novembro e janeiro, resp.). Além desses deve-se considerar: **3] Regime de Tipo 5** – com máximo de chuvas em maio (e sub-tipo 6, com máximo em junho) associadas a perturbações atmosféricas originadas do Atlântico, ou “ondas de leste”, atuando usualmente de maio até julho. A rigor, este regime não envolve diretamente o semi-árido, pois se refere à “zona da mata” e litoral leste; porém, em alguns anos, as perturbações atmosféricas que lhe são associadas adquirem suficiente força para adentrar áreas do semi-árido, isso mais evidente no Nordeste setentrional e respeito às chuvas da pós-estação, em junho/julho, excepcionalmente no início de agosto.

Quanto a regimes mistos decorrem da superposição e/ou inter-penetração de dois ou mesmo três dos regimes. Os principais estudos permitindo identificá-los devem-se a **Markham (1967)**, **Nimer (1972)** e **Strang (1972)**. Por sua vez, **Xavier & Xavier (1982)(1983)** fizeram uma extensiva reavaliação, a partir das séries históricas de 928 postos pluviométricos, permitindo com maior clareza identificar áreas correspondendo a sub-regimes e regimes mistos, como ainda relacionar os três regimes básicos à dinâmica dos sistemas de perturbações atmosféricas, já mencionados.

Na **Figura 2**, página seguinte, tem-se a distribuição espacial dos postos de Tipo 3: (i) representados pelo símbolo **3**, com único máximo de chuvas em “3 = março”; (ii) pelo símbolo **+**, com máximo principal em “3 = março” e outro secundário em “5/6 = maio/junho” ou “C= 11/12/1 = nov./dez./jan”; (iii) pelo símbolo **-**, com máximo secundário em “3 = março” e máximo principal em outro mês. Percebe-se, claramente, que os (**3,+,-**) distribuem-se em três faixas de norte ao sul, evidenciando o regime depender de sistema atmosférico cuja força decresce desde o norte da região.

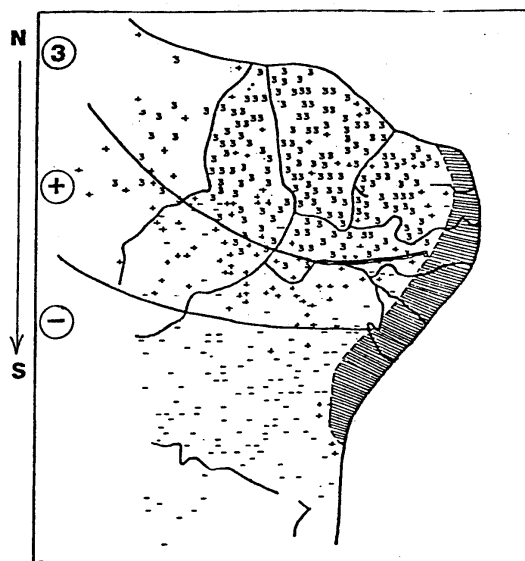


Figura 2 Postos com Regime Pluvial do Tipo 3

fonte : *Xavier & Xavier, 1983, op. cit.*

legenda : 3 = máx. em março; + = máx. predominante em março;
 - = máx. secundário em março (a área hachuriada no litoral leste
 corresponde à “zona da mata”, com regime de tipo 5/6)

Em vista de sua dinâmica, trata-se da influência de “corrente atmosférica ou perturbação de norte” (na nomenclatura de *Nimer, 1972, op. cit.*) que, a rigor, pelos conhecimentos atuais, identifica-se à ZCIT-“Zona de Convergência Intertropical”. Sobre o papel da ZCIT remete-se a nosso artigo recente, publicado em número especial da *RBRH-ABRH*, dedicado ao “semi-árido nordestino”, **Xavier et al (2003)**; que, por sua, vez remete a artigos anteriores.

Já na **Figura 3**, tem-se a distribuição dos postos do Tipo C (máximo em 12=dezembro, ou 11=novembro e 1=janeiro), usando notações análogas (**C**, +, -) às da figura anterior. Denota-se, assim, duas “camadas” (“layers”) de postos distribuídos do sul para o norte, sucessivamente: (i) com predomínio de (**C**, +), (ii) de (-). Tal distribuição sugere, pois, o efeito da migração de “frentes frias do sul”. Porém, não mais de forma tão organizada como na Figura 2. Isso decorre, decerto, da circunstância das frentes frias não apresentarem uma migração ordenada como a da ZCIT. A ascensão das frentes frias exerce no semiárido, de fato, papel mais amplo do que a mencionada figura poderia sugerir, pois ocorrem freqüentes situações em que essas frentes alcançam o extremo sul do Ceará; tanto que no Cariri cearense a “quadra chuvosa” corresponde a janeiro-abril, quadrimestre usualmente ali mais chuvoso e que no restante do território cearense é fevereiro-maio.

Finalmente, respeito às “ondas de leste” ocasionando chuvas na “zona da mata”, de maio a julho, em alguns anos tal sistema ultrapassa a barreira orográfica do Apodi, entre o Rio Grande do Norte e o Ceará, podendo ocasionar chuvas copiosas de “pós-estação”, inclusive em julho, no litoral, serras e sertão. Tal assunto foi tratado em **Xavier (2001)**, Cap. 11. De fato, essas chuvas

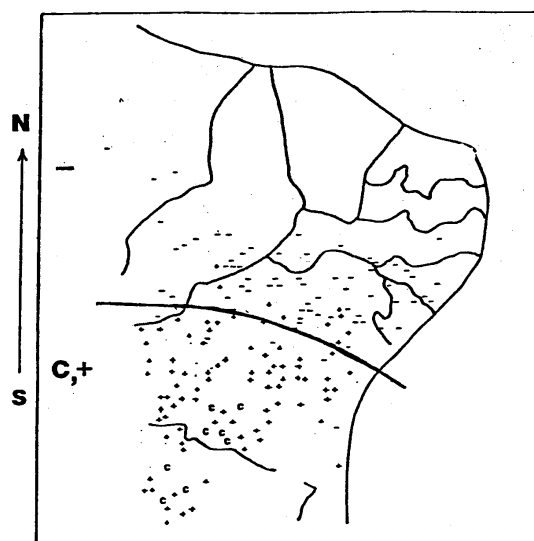


Figura 3 Postos com Regime Pluvial do Tipo C=11,12,1
 fonte : *Xavier & Xavier, 1983, op. cit.*

‘pós-estacionais’ não são inusitadas; assim, em vários anos do período 1964-2000, puderam ser detectados episódios de chuvas mais ou menos intensas em julho. Na **Figura 4**, tem-se o perfil de tais ocorrências para localidades no “Litoral de Fortaleza” (Fortaleza e Aquiraz), no Maciço de Baturité (Pacoti e Aratuba) e na Região Jaguaribana (Aracati/litoral, e Pereiro/serra).

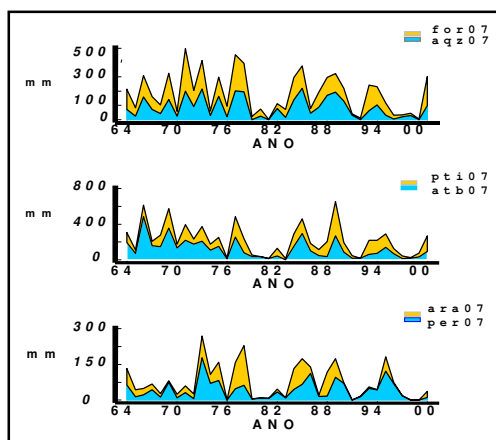


Figura 4 Gráficos de Componentes (acumuladas) para a chuva em Julho, 1964-2000, respeito a pares de localidades no Ceará :

1. Fortaleza (for), Aquiraz (aqz) - *Litoral 3*; **2.** Pacoti (pti), Aratuba (atb) – *Maciço de Baturité*; **3.** Aracati (ara), Pereiro (per) – *Região Jaguaribana*

fonte: *Xavier (2001)*, pág. 379

Cabe mencionar que outros eventos pluviais, no litoral e semi-árido devem-se a sistemas transientes, como vórtices ciclônicos, de maior atividade na pré-estação (dezembro/ janeiro) ou ainda nos dois primeiros meses da estação chuvosa. Neste caso, as chuvas podem ser intensas nas áreas sob suas bordas e inibidas (pela ausência de nuvens) no seu centro, originando “veranicos”.

Contudo, são eventos de climatologia não de todo elucidada, além disso, difícil de prever com maior antecedência e de introduzir num modelo formal de previsão climática estocástica. Cabe mencionar que tais vórtices podem associar-se à ZCIT, atraindo-a para latitudes mais ao sul da linha equatorial, com intensificação das chuvas, em especial no Ceará e Nordeste setentrional.

CLIMATOLOGIA E CRONOLOGIA DA OCORRÊNCIA DE SECAS E ANOS EXCEPCIONALMENTE CHUVOSOS

De importância prática é a análise da cronologia das secas e sua antítese, anos chuvosos excepcionais. Costuma-se falar em “periodicidade das secas”, mas tal linguagem é abusiva, pois secas não ocorrem ciclicamente em termos do que se entende por “ciclos” do ponto de vista matemático, donde no máximo poder-se-ia falar em “quase-ciclos” ou “quase-periodicidades”.

A monitoração climática inter-anual das chuvas no Nordeste foi por mim desenvolvida (junto a meu principal colaborador, Xavier, A.F.S.) através de trabalhos e artigos em congressos e simpósios, como: **Xavier & Xavier (1984-a) (1984-b) (1986)**; em capítulo de livro, **Xavier & Xavier (1989)**; ou periódicos, **Xavier & Xavier (1987-a) (1999)**. A técnica básica baseia-se em “quantis” (e “ordens quantílicas”), conceitos tratados nos trabalhos acima; como em **Xavier (2001)**, Cap. 5, pp. 161-191. Mencione-se, a respeito, também o livro de **Xavier et al (2002)**.

Finalmente, a reavaliação da cronologia de secas e anos excepcionalmente chuvosos foram apresentadas de forma integrada em **Xavier (2001)**, Cap. 7, “Secas Ocorridas em 1964-2001 e seus Graus de Severidade”, pp. 229-245, e Cap. 8, “Complementos à Cronologia das Secas do Ceará e Nordeste Setentrional”, pp. 247-290. Para o Ceará e Nordeste setentrional, considera-se em particular 1910-1979, comparando nossos resultados, objetivos, com cronologias oficiais e registros históricos. Omitimos, aqui, referências a outros autores, mas comparecem no referido livro e demais trabalhos nossos. A rigor, com nossa investigação sobre a cronologia das secas dispõe-se pela primeira vez de levantamento em bases inteiramente objetivas ou científicas, além de completas, para os períodos considerados. Assim, quem queira documentar-se a respeito e dar continuidade a tal modalidade de investigação, obrigatoriamente terá de passar por nossos trabalhos. Analisamos no Cap. 8, ainda, ocorrências de secas antes de 1910, com dados de Fortaleza a partir de 1849, complementados com os de Quixeramobim desde 1865 e Mossoró desde 1889.

Para exemplificar nossas instâncias sobre cronologias de secas, apresenta-se um levantamento para o Ceará na década 1930-1939, conforme a **Tabela 1**, extraída de **Xavier & Xavier (1987-a)** e de **Xavier (2001)**. Note-se que nessa década, **1930** e **1931** haviam sido **SECOS** (em 1930, 34,2% dos postos na categoria “muito seco”, 38,4% na categoria “seco”, ao passo que em 1931 esses percentuais foram 19,4% e 57,4% , resp.). Segue-se, então, a “Grande Seca” de **1932** (87,3% dos postos na categoria “muito seco”). Em seguida, **1933** é predominantemente “normal”, enquanto

Tabela 1

ESTATÍSTICAS para os PLUVIÔMETROS [CEARÁ-BRASIL] 1930-1939						
	mu to seco	seco	normal	chuvoso	mu to chuvoso	total
1930 :	47 34.06%	53 38.41%	28 20.29%	9 6.52%	1 0.72%	138
1931 :	25 19.38%	74 57.36%	29 22.48%	1 0.78%	0 0.00%	129
1932 :	131 87.33%	13 8.67%	6 4.00%	0 0.00%	0 0.00%	150
1933 :	7 4.76%	32 21.77%	82 55.78%	25 17.01%	1 0.68%	147
1934 :	1 0.55%	1 0.55%	17 9.39%	67 37.02%	95 52.49%	181
1935 :	1 0.51%	2 1.01%	48 24.24%	81 40.91%	66 33.33%	198
1936 :	84 40.98%	66 32.20%	44 21.46%	11 5.37%	0 0.00%	205
1937 :	8 3.90%	57 27.80%	108 52.68%	31 15.12%	1 0.49%	205
1938 :	23 11.50%	60 30.00%	93 46.50%	18 9.00%	6 3.00%	200
1939 :	8 3.92%	45 22.06%	95 46.57%	43 21.08%	13 6.37%	204
fonte : Xavier, T. de Ma.B. S. & Xavier, A.F.S. (1987), Rev. Bras. de Engenharia – Caderno de Recursos Hídricos, Vol. 5, N.2, pp. 7-31 [] = “m.seco”/”seco” cercadura sem sombra = “chuvoso”/”m.chuvoso” ondulado = “normal”; duplo = “chuvoso” ou “m.chuvoso”						

1934 e **1935** caem, principalmente, nas categorias “chuvoso” ou “muito chuvoso”. Já em **1936** retorna situação com o Ceará predominantemente “muito seco” ou “seco” (41,0% e 32,2% dos postos nessas categorias, resp.). Não obstante, esse ano não é referido como seca na maioria das cronologias citadas em outras fontes consultadas; contudo, **Pompeu S^o (1953)** realmente anotara 1936 como “escassamente pluvioso” e mencionando duas outras fontes. Em meu já referido livro, são exibidas as tabelas para as décadas de 1910-1919 a 1970-1979.

A análise de todas essas tabelas permite desmistificar a presunção popular, por vezes freqüentando pretensos meios “científicos”, ou seja, que anos terminados em 4 (quatro) sejam necessariamente chuvosos. É verdade que na década 1930-1939 tivemos **1934** predominantemente “chuvoso”/”muito chuvoso” (37,0% e 52,5% dos postos, resp.); (52,5%), o mesmo ocorrendo em

outras décadas. Assim, **1924** foi predominantemente “muito chuvoso” (88,0% dos postos), além de **1964** (28,4% e 62,6%, resp., nas categorias “chuvoso” ou “muito chuvoso”) e principalmente **1974** (96,0% dos postos como “muito chuvoso”). Contudo, **1914** foi atípico ou heterogêneo (15,6%, 43,8% e 31,3% dos postos, resp., como “seco”, “normal” e “chuvoso”). Por sua vez, **1944** foi predominantemente “seco” ou “normal” (33,5% e 50,3% dos postos, resp.); além de **1954**, este predominantemente “muito seco” ou “seco” (com 31,0% e 53,0% , resp.).

Note-se que tal modalidade de “numerologia” inscreve-se, do ponto de vista do imaginário popular do Nordeste brasileiro, no que se designa como “lógica das eras”. Assim, as “eras” boas seriam de anos terminados em “4” ou “5”. Veja-se **Gomes (1998)**. Ora, ainda conforme **Xavier & Xavier (1987)** e **Xavier (2001)**, tivemos em **1915** no Ceará a “grande seca do 15” (89,7% dos postos na categoria “muito seco”). Quanto a **1955**, ano atípico, de grande variabilidade pluviométrica, com postos nas categorias “seco”/“normal”/“chuvoso” (28,1%, 43,2% e 14,1%, resp.). Também **1965**, foi atípico.

Aliás, espantoso, numa das universidades da região sai dissertação de mestrado empregando aquela “lógica” (ou “falta de lógica”) como método de previsão “científica” (sic!); decerto, sem conduzir a prognósticos confiáveis e senão modalidade grosseira de “numerologia climática”. Tais assuntos, tornaram-se agora tema de pesquisa, liderada por A.F.S. Xavier, contando com minha colaboração, para a análise científica de aspectos ligados ao “folclore” meteorológico/climático. Chame-se atenção que existem observações populares merecedoras de prospecção mais profunda, à parte de muitas práticas ou “experimentos” desprovidos de sentido ou de qualquer base racional.

Infelizmente, para retroagir ao passado, não se dispõe de estatísticas como tais, pois não se implantara no Nordeste a rede pluviométrica que existe, aproximadamente, desde 1910. Mas, com os dados de Fortaleza (a série mais longa de toda a “América equatorial”), vê-se que **1864**, **1884** e **1904** foram anos “secos”. Embora mais recentemente, **1984** e **1994** foram em média anos “muito chuvosos” nas regiões homogêneas cearenses. Quanto a **2004**, apesar de excepcionalmente chuvoso em janeiro (na “pré-estação”) e até meados de fevereiro, na verdade foi de chuvas escassas e/ou irregulares na “quadra chuvosa” propriamente dita, chegando a se caracterizar como “seca verde”.

Em **Xavier & Xavier (1984-a)** e artigos subsequentes são apresentadas análogas tabelas (aqui omitidas por falta de espaço) para o Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Respeito aos três últimos Estados mencionados caberia refazer o trabalho, separando a “Zona da Mata” e o “Agreste”/“Seridó”. Restou uma lacuna, para o “semi-árido” baiano. Como, ainda, estendê-lo para décadas mais recentes. Não obstante, seria pesquisa exaustiva e minuciosa, exigindo recursos pesados de computação, de que já nos havíamos servido mediante pacotes computacionais por nós desenvolvidos para o então ‘Sistema DEC-10’ da UFC. A rigor, em nosso caso, tratara-se de trabalho de “data mining” (“mineração de dados”), quando ainda não se utilizava tal expressão

na literatura científica. Note-se que nessa modalidade de pesquisa não caberia utilizar atabalhoada ou irrefletidamente modernos procedimentos automatizados de “data mining”, como “classificação automática” (“rígida” ou “fuzzy”), “métodos fatoriais” ou a “caixa preta” das “redes neurais”, etc., vez que nos estudos climáticos exige-se o concurso em paralelo de procedimentos peculiares, além da preparação preliminar dos dados, conforme cada propósito ou objetivo. Evidentemente, todos aqueles métodos automatizados serão sempre bem-vindos, mas com a ressalva precedente.

Finalmente, para registros na primeira metade do século XIX, como nos séculos anteriores, a cronologia não é de todo confiável, baseando-se apenas em registros históricos. Note-se, porém, que **Brasil, Thomaz Pompeu de S. (1863/1977)**, no “Ensaio Estatístico da Província do Ceará”, Vol. I, pág. 111, menciona cinco “grandes secas gerais”, no século XVIII e primeira metade do século XIX, das quais três ocorreram em eras supostas “boas”, a saber, 1724, 1825 e 1845.

Em **Xavier (2001)**, págs. 262-263, lembra-se a necessidade de rever a cronologia histórica com base em novos estudos documentais, à parte da realização de pesquisas dendroclimáticas, na região. Para este último fim, utilizando remanescentes de árvores das “serras úmidas”, sem esquecer a proposta de **Fritts (1963)**, do Arizona, que demonstrou a viabilidade de empregar “anéis datáveis” em xerófitas suculentas, o que talvez se aplique ao caso do semi-árido nordestino. Para a análise de eventos climáticos inter-anuais, menciono ainda a técnica de “seqüências binárias”, também baseada em “quantis” e nas idéias de **Yao (1982)**, utilizando gráficos por nós desenvolvidos; veja-se **Xavier & Xavier (1990)**, bem como **Xavier (2001)**, pp. 263-264 / 289-290.

INFLUÊNCIA DE EVENTOS OCEÂNICOS NO PACÍFICO E ATLÂNTICO E SUA INFLUÊNCIA NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

No contexto de nossas pesquisas, foram tratados os casos do Ceará e Nordeste setentrional, sobre o papel de eventos oceânicos na chuva. Impossível, aqui, mostrar todos os resultados obtidos. Assim, à parte de alguns artigos mais antigos, remete-se ao Cap. 2 - “Influência dos Oceanos sobre o Clima”, pp. 293-317, **Xavier (2001)**.

Na **Figura 5**, página seguinte, temos todas as principais áreas no Atlântico intertropical utilizadas em nossas pesquisas: **a)** ao sul da linha equatorial, $A = A1 + A2$ (adjacente à costa do Nordeste) e $B = B1 + B2$ (na costa da África); **b)** **G** (Golfo da Guiné); **c)** ao norte do equador, $C = C1 + C2$ (junto ao Sahel africano e África equatorial), $D = D1 + D2$ (costa norte da América do Sul/Brasil).

Omitimos os gráficos relacionando a chuva nas principais regiões pluviometricamente homogêneas no Ceará, na “quadra chuvosa” (fev.-mai.) em função: **1)** da TSM-SST na **Área A** do Atlântico intertropical sul, adjacente à costa do Nordeste brasileiro, no bimestre jan.-fev.; **2)** do DIPOLLO da TSM, calculado a partir da diferença entre as TSM nas **Áreas A** e **C** (esta situada no

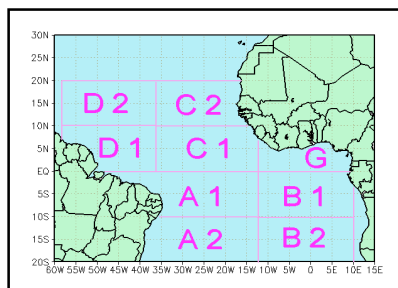


Figura 5 Áreas selecionadas para cálculos de temperaturas médias (e suas anomalias) no Atlântico intertropical

Atlântico intertropical norte, adjacente à África), no mesmo bimestre. Com respeito a **1**) (TSM na **Área A**) os coeficientes de correlação calculados iam de $R = 0,58$ no *Litoral* a $R = 0,55$ na *Ibiapaba* e no *Sertão Central + Inhamuns*; caindo para $R = 0,43$ no *Cariri*. Já no caso do DIPOLo os coeficientes eram maiores, variando de $R=0,53$ a $R=0,71$. Os gráficos, aqui omitidos, podem ser consultados em **Xavier (2001)**, pp. 307 e 311 e **Xavier & Xavier (1998-a) (1998-b)**.

Note-se que também foi expandido o “lag” para variáveis preditivas com respeito à chuva, de sorte que tais covariáveis sejam tomadas com maior antecedência, ou seja, no bimestre nov.-dez. de cada ano precedente; donde sua importância para uma previsão precoce. Veja-se **Xavier (2001)**, remetendo ainda a outros artigos.

Componente Meridional da Pseudo-Tensão do Vento no Atlântico

Conceito importante refere-se à “componente meridional da Pseudo-Tensão do Vento” no Atlântico intertropical, ou componente $N \rightarrow S$ dos alíseos (no hemisfério norte) ou $S \rightarrow N$ (hemisfério sul). Isso foi considerado em **Xavier & Xavier (1997)** e **Xavier et al (1998-a) (1998-b) (2000-a) (2000-b) (2000-c)**. De fato, são elevados os coeficientes de correlação do valor desta componente na **Área A** (ou na **sub-área A1**) do Atlântico inter-tropical, com as chuvas em várias regiões cearenses e localidades no Nordeste setentrional. Veja-se a **Figura 6**, com a evolução desta componente (WYA_b1) no bimestre b1 = jan.-fev., respeito à chuva no Litoral 3 (litoral de Fortaleza) na “quadra chuvosa” fev.-mai. (LIT3_qfm). Na figura, WYA_b1 é multiplicada por (-1). Em **Xavier (2001)**, *pág. 313*, têm-se análogos gráficos para outras regiões, inclusive no sertão.

Com efeito, o enfraquecimento dessa componente na referida área, adjacente à costa do Nordeste, favorece a chuva na região. Tal enfraquecimento importa na migração para o sul da linha equatorial da ZCIT-“Zona de Convergência Inter-Tropical”. Assim, tornando-se uma covariável importante para os modelos de previsão. Quanto à inversão do sinal da componente meridional, demarca a posição da ZCIT sobre o Atlântico. Na **Figura 7**, tem-se o estado dessa componente na bacia do Atlântico, em janeiro/1974 (ano excepcionalmente chuvoso) quando se delineava precocemente seu grande enfraquecimento, ao sul da linha representando a posição média da ZCIT.

-0,71, - 0,64 e - 0,65, ou seja, em geral maiores para as regiões litorâneas e menores para as duas mais interioranas, como de esperar. Por outro lado, as correlações crescem quando se considera *DIP_02* (em fevereiro); obtendo-se $R = - 0,78$ para a chuva na Ibiapaba (e também no Litoral 1) e $R = - 0,71$ no Cariri. Independentemente dos valores numéricos encontrados, todas as correlações foram altamente significativas, com “probabilidades de erro” muito pequenas, desde $p=0,0000$ a $p=0,0002$. Para $R = - 0,78$ o percentual de explicação da variância é elevado, da ordem de 61% !

Na **Figura 8** mostra-se a evolução conjunta de DIPV-02 e da chuva na Ibiapaba na “quadra chuvosa”. Para melhor perceber essa evolução, trabalhou-se com $(-1) \times \text{DIPV_02}$ (ou seja, multiplicando o dipolo por menos um). Note-se, em geral, que as duas curvas (dipolo do vento e chuva) acompanham-se entre si, muito bem. Contudo, em 1970 e 1980 ocorrem dois valores muito negativos de $(-1) \times \text{dipolo do vento}$, a que não correspondem valores suficientemente baixos da chuva. Isso poderá exigir, decerto, uma correção no cálculo do dipolo do vento, levando em conta o balanço em torno da posição da ZCIT na área A1+B1+C1+D1, sugerido em **Xavier (2001)**.

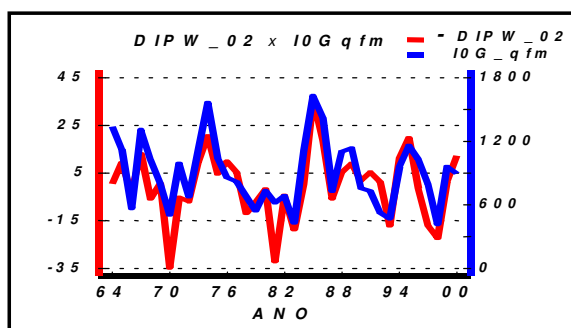


Figura 8 “Dipolo do Vento” (*) em fevereiro (DIPW_02) versus Chuva em I0G = Região da Ibiapaba no quadrimestre fev.-mai. (I0G_qfm) com referência ao período 1964-2000

(*) Dipolo do vento DIPW_02 em A1+B1+C1+D1 e multiplicado por -1
 fonte: “PIRATA Extension-West-1”-Fortaleza-2000 & Xavier(2001)

Eventos ENSO/ENOS

Omite-se, aqui, a análise aprofundada sobre o papel dos eventos ENSO-“El Niño-Southern Oscillation”/ENOS-“El Niño-OscilaçãoSul”, sobre a chuva. Em princípio, acreditava-se que um “evento quente” (“El Niño”) sempre importasse em seca no Nordeste. Isso foi causa de erros de previsão, no passado, pois a rigor um papel determinante estrito reserva-se em geral a um “El Niño” forte. Assim, cabe sempre o mais das vezes considerar o estado do Atlântico. Analogamente, a ocorrência de um “evento frio” (“La Niña”) não implica, de necessário, num excesso chuvas na região. Por outro lado, quando de episódios “neutros” no Pacífico equatorial (aspecto até então negligenciado em termos de pesquisa) coube-nos demonstrar pela primeira vez

que na presença de tais episódios tudo pode ocorrer, no Ceará e Nordeste setentrional, em particular; ou seja, desde anos secos até anos excepcionalmente chuvosos; veja-se **Xavier & Xavier (2002)**; **Xavier et al (2003-b)**. Cabe lembrar, aliás, que na “grande seca” 1979-1983 no semi-árido brasileiro, na verdade seus quatro primeiros anos correspondiam a eventos “neutros” no Pacífico equatorial. Por outro lado, é preciso cuidado com a cronologia de eventos ENSO/ENOS no Pacífico, pois há muitos erros e discrepâncias na literatura (artigos científicos, teses, etc) e também na Internet. A esse respeito, remete-se a **Xavier (2001)**, Cap. 13, “Cronologia de Eventos ‘El Niño’ (EN) e ‘La Niña’ (LN)”, *págs. 409-441*. Igualmente, objeto de nossa conferência, com atualizações, no INPE-CPTEC-2004 e em Seminário no DCA-Depto. de Ciências Atmosféricas/IAG/USP-2004.

OS MODELOS “TEMPO DE CHUVA” PARA PREVISÃO DA CHUVA ESTACIONAL NO CEARÁ E NORDESTE SETENTRIONAL

Nossa pesquisa sobre a possibilidade de desenvolver um modelo de previsão para a chuva, em especial no Nordeste setentrional e no Ceará, inicia-se a partir de 1985. Esses trabalhos preliminares estão relatados em **Xavier (2001)**, Caps. 1 e 6. Por “TEMPO DE CHUVA” entendese o modelo (ou conjunto de modelos) = **T**écnicas **E**stocásticas de **M**odelagem para **P**revisã**O DE CHUVA**. Por outro lado, de 1988 a 1995, vários outros trabalhos haviam sido desenvolvidos, utilizando MLG = “Modelos Lineares Generalizados”. Veja-se referência a todos eles em **Xavier (2001)**. As versões subseqüentes, a partir de apoio propiciado através da FUNCEME, baseiam-se em modelos clássicos de regressão “stepwise”, desenvolvidos para cada uma das 8 (oito) regiões pluviometricamente homogêneas do Estado do Ceará. Para tais modelos, remete-se a artigos apresentados em reuniões científicas mas, em particular, a **Xavier et al (1998-a) (2000-a)** e **Xavier (2001)**. Versões foram também desenvolvidas para bacias hidrográficas cearenses.

A seguir, apresentamos a estrutura para um desses modelos, onde **TSMA** = TSM/SST na Área A do Atlântico; **DIP** = Dipolo da TSM no Atlântico; **N12a** = anomalia da TSM/SST no Pacífico Equatorial, na Área “Niño 12” (próxima à costa do Peru) e **WYA1** = componente meridional da Pseudo-Tensão do Vento na Área A1 e **Chuva_Qfm** = chuva no Quadrimestre fev.-mai. (ou seja na “quadra chuvosa”). Note-se que **b1** refere-se ao bimestre jan.-fev. e **ε** ao erro de previsão (ou flutuação aleatória); **α**, **β**, **γ**, **δ**, **λ** são os coeficientes do modelo. Tem-se, pois:

$$\begin{aligned} \text{CHUVA_Qfm} &= \Phi(\text{TSMA_b1}, \text{DIP_b1}, \text{N12a_b1}, \text{WYA1_b1}) = \\ &= \alpha + \beta (\text{TSMA_b1}) + \gamma (\text{DIP_b1}) + \delta (\text{WYA1_b1}) + \lambda (\text{N12a_b1}) + \epsilon. \end{aligned} \quad [1]$$

Um resultado muito animador foi que em cada uma das equações obtidas, os sinais algébricos para os coeficientes **β**, **γ**, **δ** e **λ** são sempre compatíveis com os papéis exercidos pelas covariáveis respectivas, de acordo com o conhecido da literatura especializada, bem como, ainda

mais importante, atendendo às suas interpretações físicas; ou seja : $\beta > 0$; $\gamma > 0$; $\delta < 0$; $\lambda < 0$. Isso se manteve para todos os demais modelos ensaiados ou suas variantes, até agora. Em outras palavras, o significado físico de cada covariável é assimilado, automaticamente, no contexto dos modelos, sem interferência do pesquisador.

Em especial, vamos apresentar aqui a previsão “precoce” para a chuva nas diversas regiões homogêneas cearenses, divulgada no decorrer da 1^a. quinzena de janeiro/2005, utilizando os dados das covariáveis em novembro/dezembro. Na Tabela 2, temos os intervalos de previsão para a Chuva no quadrimestre fevereiro-maio/2005, para as várias regiões pluviometricamente homogêneas no Ceará (conforme apresentado em reunião de previsão climática realizada na FUNCEME na 1^a quinzena de janeiro) comparativamente aos valores observados da chuva na referida quadra (dados da FUNCEME). Trata-se de resultado inédito, apresentado de primeira mão.

Tabela 2 Chuva Observada em fevereiro-maio e Intervalos de Previsão para as Regiões Pluviometricamente Homogêneas Ceará - 2005

Região ⁽²⁾	CHUVA ⁽¹⁾ Observada	INTERVALO de PREVISÃO ^{(1) (3)}		
		extremo inferior	previsão pontual	extremo superior
Litoral 1	582,5 (S)	511,5 (S)	771,5 (N)	974,7 (N)
Litoral 2	520,0 (MS)	429,2 (MS)	619,9 (S)	790,2 (N)
Litoral 3	665,8 (S)	627,7 (S)	818,7 (N)	1048,2 (N)
Baturité	709,8 (N)	584,9 (MS)	805,3 (N)	910,0 (N)
Ibiapaba	717,6 (S)	533,2 (MS)	765,3 (N)	997,5 (N)
Jaguaribana	405,1 (S)	357,4 (MS)	600,1 (N)	650,9 (N)
S. Central-I.	414,5 (S)	366,3 (S)	504,8 (N)	603,9 (N)
Cariri	481,1 (S)	483,4 (S)	580,5 (N)	720,5 (N)

(1) chuva em mm

(2) Lit 1 = litoral norte; Lit 2 = litoral do Pecém; Lit 3 = litoral de Fortaleza; Baturité (maciço de); Ibiapaba (Reg. da); Jaguaribana (Reg.); S. Central_I. = Sertão Central+Inhamuns;

(3) **MS** = “muito seco”; **S** = “seco”; **N** = “normal”; **C** = “chuvoso”.

De fato, todos os valores da chuva observada no quadrimestre fevereiro-maio, com os dados das covariáveis até novembro/dezembro, caíram dentro dos intervalos de confiança para a previsão, com respeito a 7 (sete) das oito regiões; com exceção do Cariri, embora com um valor observado (481,1 mm) muito próximo do extremo inferior (483,4 mm) do intervalo de previsão, portanto envolvendo erro numericamente muito pequeno. Conforme se constata examinando a referida Tabela 2.

Para tal modelo precoce com dados de novembro/dezembro, modificou-se o elenco de covariáveis que entram na equação, passando a envolver: **a) DIP_12** (dipolo do Atlântico em dezembro); **b) N34a_12** (anomalia da TSM na Área “Niño 3/4”), conforme modelos testados até 2002, de menor previsibilidade. Porém, acrescentou-se ainda: **c) TSMB_12** (TSM na Área B do Atlântico inter-tropical sul, adjacente à costa da África); **c) WYA_b6** (componente meridional do vento na Área A adjacente à costa do Nordeste no bimestre b6 = nov./dez.). De fato, testaram-se variantes dos modelos, em função de covariáveis que eram, ou não, incorporadas à equação de regressão para a previsão de **CHUVA_Qfm** (chuva na “quadra chuvosa” fevereiro-maio nas várias regiões cearenses).

A circunstância de um intervalo de previsão comportar mais de duas categorias, por exemplo de MS (“muito seco”) a N (“normal”) como ocorreu na Região Jaguaribana, não significa que a previsão é excessivamente indeterminada; com efeito, neste caso, o extremo inferior calculado apenas adentrou a parte superior da faixa correspondente à categoria MS (“muito seco”). Aliás, com probabilidade muito pequena respeito a tal possibilidade.

De fato, cálculos são efetuados através uma aproximação via um modelo “triangular”, em geral assimétrico. O esquema abaixo (denotado como Figura 9) indica como isso pode ser feito, inclusive para estimar as probabilidades nos segmentos dentro das várias faixas ou categorias da chuva cobertas pelo intervalo de confiança (no exemplo estão envolvidas apenas duas classes). Em tal exemplo esquemático, o extremo inferior da previsão invade a classe “seco”, porém comprometendo apenas parte da faixa correspondente.

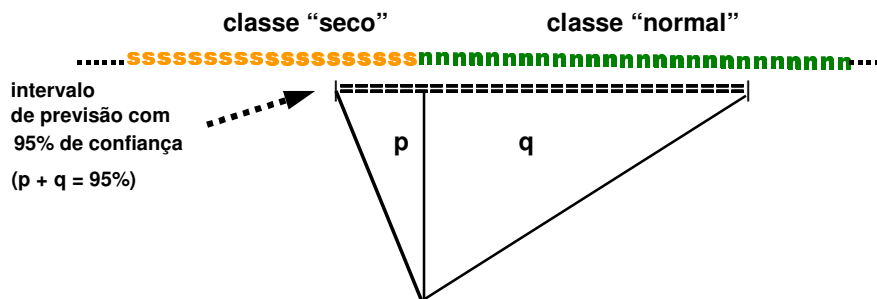


Figura 9 - Cálculo, via aproximação “triangular”, das probabilidades para os segmentos das várias classes cobrindo o intervalo de confiança da previsão.

Embora a “previsão precoce” (estocástica) utilizando dados de novembro/dezembro somente tenha condição de ser anunciada por volta da 1^a quinzena de janeiro, é designada como precoce porque, de fato, as condições do Atlântico em termos da sua temperatura e vento de superfície costumam estabilizar-se de janeiro para fevereiro, de sorte que uma previsão mais confiável teria condição de ser anunciada apenas no início de fevereiro. Por outro lado, tentamos no passado experimentos com vistas a uma previsão ainda mais precoce, ou seja, com dados até novembro do ano anterior, porém os resultados possuíam pouca confiança e estabilidade, envolvendo ademais valores muito baixos de explicação da variância.

MUDANÇAS E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.

Prefiro não adentrar em demasia na análise de problemas ligados a mudanças de tempo e clima, incluindo implicações para nosso semi-árido. Na verdade, tratei parte desse problema há anos atrás, em conferência que apresentei em outra mesa-redonda, no IV SBHRH; ver **Xavier (1981)**. Na ocasião, examinei várias questões relativas ao semi-árido, mas o principal tema então abordado referia-se a medidas para controle do tempo e clima da região, em particular com respeito ao emprego de “chuvas artificiais”; à época, eu não era favorável ao uso dessa “tecnologia” e minha posição não mudou muito, desde então.

Quanto à análise de possíveis mudanças no semi-árido em função de fenômenos globais e hemisféricos (como o papel do “efeito estufa”) são ainda discutíveis. Por outro lado, poucos avanços poderão ser obtidos, nessa direção, enquanto não se conhecer melhor o clima da região, além estudar de forma mais aprofundada a questão sobre possíveis mudanças climáticas nos oceanos. De fato, conseguimos flagrar indícios de alterações no Atlântico intertropical, com possíveis impactos no semi-árido, conforme **Xavier & Xavier (2000)**. Assim, nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro denotou-se tendência para valores mais baixos da temperatura superficial do mar na Área C do Atlântico norte adjacente ao litoral africano (ou TSMC) na primeira metade do período 1964-1999, contra uma tendência para valores mais elevados na segunda metade. O mesmo denotava-se para as Áreas G (Golfo da Guiné) e B (no Atlântico sul, adjacente à costa da África). Por outro lado, havia também indicação de mudanças para a componente meridional do vento, principalmente na Área B, em novembro e dezembro. Essas observações, evidentemente, merecem uma análise atualizada, no que estamos agora trabalhando.

Estudos sobre mudanças climáticas devidas à urbanização, ou relacionadas ao desmatamento/reflorestamento e ainda levando em conta o papel de grandes represas sobre micro-climas locais, etc., seriam evidentemente também bem-vindos. Não dispomos, porém, de tempo para abordar

nossos estudos sobre mudanças climáticas urbanas, em Fortaleza (igualmente para São Paulo). Remeto, assim, a **Xavier (2001)**, Cap. 12.

Ainda com ligação à “ilha de calor” e sobre a possibilidade de que a presença da cidade possa também provocar alterações locais na precipitação pluvial, cabe mencionar que, mesmo sendo detectadas tais mudanças, torna-se difícil decidir se realmente atribuir-se-iam ao efeito topo-climático da cidade ou se teriam origem regional, hemisférica ou global. Por outro lado, quanto a enchentes urbanas, em geral reiteraões de análogas ocorrências anteriores, sabe-se que não podem ser atribuídas de necessário a tendências de aumento da chuva, pois se dão mais em função da ocupação indevida do solo, do assoreamento dos cursos d’água e devido a problemas de drenagem, com o agravamento da impermeabilização da superfície de quase toda a área urbana.

IMPLICAÇÕES NOS PLANOS AMBIENTAL E HUMANO

Igualmente, sobre estes assuntos haveria muito a discorrer. Remeto à conferência já mencionada no IV SBHRH, **Xavier (1981)**, bem como a trabalho mais recente, publicado no Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, **Xavier (2003)**, tratando dos temas “O nosso Clima Futuro” e “O Clima e a Fome”. Deve, assim, ficar claro que riscos climáticos de origem natural e/ou antrópica concorrendo para diminuir a disponibilidade hídrica, à parte de condições que regulam o desenvolvimento das plantas, guardam relação nítida com as possibilidades de desabastecimento alimentar e a fome. Contudo, essas causas climáticas não podem ser completamente dissociadas dos demais fatores, econômicos, sociais, políticos, etc., os quais podem levar a seu agravamento.

CONCLUSÕES

No contexto desta palestra acredito haver conseguido apresentar um apanhado de pesquisas de nossa autoria e colaboradores sobre estudos climáticos no semi-árido nordestino, de interesse para a região, com ênfase maior no Nordeste setentrional e em particular no Ceará. A validade desta palestra decorre da circunstância de que nossas pesquisas, ao longo de cerca de vinte e cinco anos, propiciam caminhos para outros pesquisadores, inclusive com vistas a atualizar resultados por nós obtidos e, além disso, para estendê-los a outras áreas do semi-árido nordestino. Um grande desafio, nessa caminhada, é a dificuldade para atualizar arquivos de dados, principalmente os da pluviometria e hidrológicos, que nem sempre estão facilmente disponíveis, a tempo hábil, muito menos “on-line” muitos deles, além de problemas ligados a sua qualidade intrínseca.

Retorno ao problema da previsão climática para o semi-árido, de grande importância imediata. Nos últimos anos procuramos manter em operacionalização os modelos de previsão do TEMPO DE CHUVA, principalmente para o Ceará, embora com dificuldades, pois no momento não dispomos de instituição que nos dê suporte. Com efeito, a operacionalização de tais modelos

exige recursos humanos, além dos custos financeiros. Por outro lado, cabe atualizar constantemente os arquivos numéricos de dados atmosféricos e oceânicos usados na previsão. Apesar dos nossos avanços no estudo de outros parâmetros, medidas da posição da ZCIT no Atlântico, ver **Xavier et al (2003-a)**, e do “dipolo do vento”, ver **Xavier (2001)**, sua incorporação nos modelos exige pesquisas em paralelo, por vezes longas.

Quanto a investigações com modelos estocásticos de previsão de chuva aplicados a outras áreas do semi-árido brasileiro parecem não existir, ou se existem, ao menos não nos consta tenham sido operacionalizados. Mas se trata de filão que outros pesquisadores deviam explorar. Para o Nordeste meridional o problema parece ser difícil, principalmente que a ascensão de frentes frias é fenômeno muito intrincado no que concerne sua introdução nos modelos, com uma “antecedência” (ou “lag”) apropriado. Para finalizar, insisto na validade e importância de trabalhos dessa natureza como base para um manejo mais racional dos recursos ambientais, na região, bem como para orientar políticas sustentáveis.

BIBLIOGRAFIA

- AB´SABER, A. (2003), “*Os Domínios da Natureza no Brasil*”, Ed. Ateliê, São Paulo, 160 pp.
- BRASIL, Th.P.de S. (1863/1977), “*Ensaio Estatístico da Província do Ceará*”, Fortaleza-Ceará, Vol. 1, 840 pp. [Typ. de B. de Mattos, 1863; Biblioteca Básica Cearense – Fundação Waldemar Alcântara, Fortaleza-CE, ed. fac-símile, 1977]
- FRITTS, H.C.(1965), “*Recent Advances in Dendrochronology in America with Reference to Significance of Climatic Change*”, pp. 225-263, in *Changes in Climate*, Proc. of the Rome Symposium, UNESCO / WMO, Liège.
- GOMES, A.M. (1998), “*Imaginário Social da Seca – suas implicações para a mudança social*”, Fundação Joaquim Nabuco – Editora Massagana, Recife-PE, 234 pp. [originalmente tese de mestrado no programa de pós-graduação em sociologia da UFPE].
- MARKHAM, C.G. (1967), “*Climatological Aspects of Drought in Northeastern-Brazil*”, University of California-Berkeley, Ph.D. Thesis, xiii + 251 pp., Univ. Microfilms Inc., Ann Arbor, Michigan.
- NIMER, E. (1979), “*Climatologia da Região Nordeste do Brasil – Introdução à Climatologia Dinâmica*”, Revista Brasileira de Geografia, Vol. 34, pp. 3-51.
- POMPEU S^O, T. (1953), “*História das Secas–Século XX*”, Coleção Instituto.do Ceará, Monografia No. 23, Vol. II, Editora B. Fontenelle, Fortaleza-Ceará.
- STRANG, D.M.G. (1972), “*Análise Climatológica das Normais Pluviométricas do Nordeste Brasileiro*”, CTA-IAE (IAE-M/02/72), São José dos Campos.
- XAVIER, T. de Ma. B.S. (1981), “*Modificação do Tempo e Mudanças Climáticas: Estado Atual e Perspectivas para a Região Nordeste*”, in Anais do IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Fortaleza-CE, Nov. 1981, Vol. 4, pp. 365-384.
- XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S. (1982), “*Análise Espacial de Padrões Pluviométricos para a Região Nordeste do Brasil*, in Anais do II CBMET-Congresso Brasileiro de Meteorologia, Pelotas-RS, Out. 1982, Vol. III, pp. 239-274.

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S. (1983), “*Análisis Espacial de Regímenes Pluviales en la Región Nordeste de Brasil*”, in Proc. 1st International Conference on Southern Hemisphere Meteorology, São José dos Campos-SP, Ago. 1983, Ed. American Meteorological Society, Boston-USA, pp. 147-149.

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S. (1984-a), “*Dry and Wet Periods Characterization Over Drough Polygon ('Polígono das Secas') in Northeast Brazil*”, 2nd WMO Sympos. on Meteorological Aspects of Tropical Droughts, Fortaleza-CE, 1984 [versão estendida: Relatório de Pesquisa, 52 pp., contém todas as tabelas].

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S. (1984-b), “*Classificação de Anos Secos e Chuvosos na Região Nordeste do Brasil e sua Distribuição Espacial*”, Anais do III-CBMET-Congresso Bras. de Meteorologia, Belo Horizonte, Dez. 1984, Vol. 3, pp. 257-275.

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S.(1986), “*Estudo Estatístico sobre a Persistência e Alternância de Anos Secos e Chuvosos no Estado do Ceará*”, in Anais do IV-CBMET / I Congresso Interamericano de Meteorologia, Brasília, Out. 1985, Vol. 1, pp. 143-148 [+Relatório de Pesquisa, Fortaleza-Ceará / versão estendida, 37 pp.], .

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S. (1987-a), “*Classificação e Monitoração de Períodos Secos e Chuvosos e Cálculo de Índices Pluviométricos para a Região Nordeste do Brasil*”, Revista Brasileira de Engenharia / Cadernos de Recursos Hidricos, Volume 5, N° 2, pp.7-31.

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A. F. S. (1987-b), “*Aplicação de Filtragem Binária no Estudo da Ocorrência de Períodos Secos ou Chuvosos no Nordeste Brasileiro*”, Anais do 7º Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos / 3º Simpósio Luso-Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos, Salvador-Bahia, Nov. 1987, Vol. 2, pp. 617-629.

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S. (1989), “*Caracterisation et Moniteurisation des Períodes Sèches et Pluvieuses au Nord-Est du Brésil*”, pp. 93-99; in Bret, B., Coord., *Les Hommes face aux Secheresses-Nordeste Brésilien et Sahel Africain*, IHEAL & EST, Coll. IHEAL, No. 42 / Série Thèses et Colloques, No.1, Institut. des Hautes Études de l'Amérique Latine, Univ. de Paris III / Nouvelle Sorbonne, Paris.

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S. (1990), “*Binary Filtering for the Study of Persistence and Alternance of Dry and Wet Years in Northeast-Brazil*”, in Extended Abstracts of Papers Presented at the 3^d WMO Sympos. on Meteorological Aspects of Tropical Droughts with Emphasis on Long-Range Forecasting, Niamey-Niger (Tropical Meteorology Research Programme Report Series), Report N° 36 / WMO/TD-N° 353), pp. 255-261.

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S. (1997), “*Papel da Componente Meridional do Vento na Costa do Nordeste do Brasil para a Previsão da Chuva no Estado do Ceará*”, in Artigos Selecionados do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória-ES, Anais Vol. 1, pp. 537-543.

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S. (1998-a), “*Análise do Papel das Temperaturas Oceânicas no Atlântico e Pacífico e Outras Covariáveis na Chuva no Ceará*”, in Anais/CD-ROM do X-CBMET-Congresso Brasileiro de Meteorologia / 1º Simpósio Brasileiro de Climatologia / VIII Congresso da FLISMET, Brasília, Out. 1998 [pre-print: Cadernos Atena, No. 9A, Abr. 1998, Fortaleza-CE].

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S. (1998-b), “*Eventos EL NIÑO: sua Influência sobre as Chuvas no Estado do Ceará e Comparação com o Papel de outras Covariáveis (com uma referência especial ao evento “El Niño” 97/98)*”, CADERNOS ATENA, No. 4B, 20 de Janeiro de 1998, Fortaleza-CE.

XAVIER, T.de Ma.B.S., XAVIER, A.F.S., SILVA-DIAS, P.L.da & SILVA-DIAS, M.A.F.da (1998-a), “*Papel da Componente Meridional do Vento na Costa do Nordeste Brasileiro e de*

Outras Covariáveis para Prever a Chuva no Estado do Ceará (1964-1997)”, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 3, No. 4, Outubro de 1998, pp. 121-139.

XAVIER, T.de Ma.B.S., XAVIER, A.F.S., SILVA-DIAS, P.L.da & SILVA-DIAS, M.A.F.da (1998-b), “*Componente Meridional do Vento na Costa do Nordeste e a ZCIT: Relações com a Chuva (1964-1998)*”, in Anais / CD-ROM do X CBMET-Congresso Brasileiro de Meteorologia / VIII Congresso da FLISMET, Brasília, Out. 1998 [reproduzido em Cadernos Atena, No. 13, Nov. 1998, Fortaleza-CE].

XAVIER, T.de Ma.B.S. & XAVIER, A. F. S. (1999), “*Caracterização de Períodos Secos ou Excessivamente Chuvosos no Estado do Ceará através da Técnica dos Quantis : 1964-1998*”, Revista Brasileira de Meteorologia, Vol. 14, N. 2, pp. 63-78.

XAVIER, T.de Ma.B.S., XAVIER, A.F.S., SILVA-DIAS, P.L.da & SILVA-DIAS, M.A.F.da (2000-a), “*Previsão Regional da Chuva para o Estado do Ceará através do Projeto ‘Tempo de Chuva’ : 1964-1999*”, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 5, No. 3, pp. 69-92.

XAVIER, T.de Ma.B.S., XAVIER, A.F.S., SILVA-DIAS, P.L.da & SILVA-DIAS, M.A.F.da (2000-b), “*A Zona de Convergência Intertropical-ZCIT e suas Relações com a Chuva no Ceará: 1964-98*”, Revista Brasileira de Meteorologia, Vol. 15, No. 1, pp. 27-43.

XAVIER, T.de Ma.B.S., XAVIER, A.F.S., SILVA DIAS, P. L. da & SILVA DIAS, M.A.F. da (2000-c), “*The Wind over the Atlantic and the Forecasting of the Rain in Ceará (1964- 2000)*”, in “OCEAN WINDS – A Workshop on Present and Emerging Remote Sensing Methods”, June 2000, Brest-France / CERSAT NEWS, Special Issue, No.11, OCEAN WINDS, IFREMER-Brest-France.

XAVIER, A.F.S. & XAVIER, T.de Ma.B.S. (2000), “*Evidências de Variações Climáticas no Atlântico Intertropical no Período 1964-1999*”, in Anais / CD-ROM, XI CBMET–Congresso Brasileiro de Meteorologia / 2º Simpósio Brasileiro de Climatologia, Rio de Janeiro, Out. 2000.

XAVIER, T. de Ma. B.S. (2001), “*TEMPO DE CHUVA – Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional*”, ABC Editora, Fortaleza-Ceará, 478 pp.

XAVIER, T. de Ma. B.S., SILVA, J.de F.da & REBELLO, E.R.G. (2001), “*A Técnica dos Quantis e suas Aplicações em Meteorologia, Climatologia e Hidrologia, com ênfase para as Regiões Brasileiras*”, Editora Thesaurus, Brasília, 142 pp.

XAVIER, T.de Ma.B.S., XAVIER, A.F.S., SILVA-DIAS, M.A.F.da & SILVA-DIAS, P.L.da (2003-a), “*Interrelações entre Eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a Chuva nas Bacias Hidrográficas do Ceará*”, Revista Brasileira de Recursos Hídricos (número especial sobre o semi-árido nordestino), Vol. 8, No. 2, pp. 111-126.

XAVIER, T.de Ma.B.S., XAVIER, A.F.S., SILVA, J.de F.da & REBELLO, E.R.G (2003-b), “*Campos da TSM-Temperatura da Superfície do Mar na Bacia do Atlântico Intertropical e as Chuvas no Ceará em Anos com Pacífico Neutro: 1964-2001*”, Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, Vol.27, No. 2, pp. 19-37.

XAVIER, T.de Ma.B.S. (2003), “*O Dia Meteorológico Mundial 2003 e os temas: O Nosso Clima Futuro e O Clima e a Fome*”, Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, Vol.27, No. 2, pp. 39-47.

YAO, C.S. (1982), “*A Statistical Approach to Historical Records of Flood and Droughts*”, Journal of Applied Meteorology, Vol. 21, pp. 588-594