



**cggee**

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*

---



Prospecção Tecnológica

**Mudança do Clima**

## **Vulnerabilidade, Impactos e Adaptação à Mudança do Clima no Semi-Árido do Brasil**

*Jose A. Marengo<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> Grupo de Estudos de Clima - CPTEC/INPE - 12630-000 Cachoeira Paulista, São Paulo, Brazil



## 1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento do recurso hídrico na região semi-árida depende grandemente da variabilidade do clima, especialmente a distribuição de chuvas. A variabilidade climática em longo prazo tem sido abordada com algum grau e detalhamento pelos centros climáticos do Brasil e do Nordeste (Marengo 2002, Souza Filho 2003). Porém, ainda resta conhecer esta variabilidade com as incertezas associadas à mudança climática, seja devido à variabilidade natural do clima ou ação antropogénica que determina incrementos na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

O Nordeste brasileiro apresenta alta variedade climática, podendo-se observar desde o clima semi-árido no interior com precipitação acumulado inferior a 500 mm/ano, até os climas chuvosos, observados principalmente na costa leste, com precipitação acumulada anual superior a 1.500 mm. A estação chuvosa principal (acima de 60% do total anual) no norte da Região ocorre de março a maio. A estação seca no semi-árido ocorre entre agosto e outubro, numa faixa orientada no sentido noroeste/sudeste, desde o extremo oeste do Nordeste. A área mais afetada pela falta de chuvas é o chamado Polígono das Secas, uma área de mais de 1 milhão de km<sup>2</sup> onde vivem 27 milhões de pessoas, espalhados em oito estados nordestinos (só o Maranhão fica fora) e norte de Minas Gerais.

A Figura 1 mostra a distribuição espacial do mês, no qual a precipitação média mensal atinge o máximo e também mostra o histograma da distribuição anual da precipitação para cinco estações representativas.

## **2. VARIABILIDADE INTERANUAL DE CHUVA NO SEMIARIDO E INFLUÊNCIA DO ATLÂNTICO E PACIFICO TROPICAL**

As relações entre os padrões anômalos de temperatura de superfície do mar TSM do Atlântico com o clima do nordeste foram inicialmente abordadas nos artigos de Serra (1941). Fatores dinâmicos associados a reduções de chuva têm que ver fundamentalmente com o efeito dos Oceanos tropicais (Atlântico e Pacífico), especialmente o contraste térmico entre os oceanos Atlânticos tropical do Norte e do Sul, que determina a posição média da Zona de Convergência Intertropical e por tanto de chuvas na região norte do Nordeste incluída o semi-árido. Existem fortes evidências, observacionais, teóricas e resultados de modelos de circulação geral da atmosfera, que as condições oceânicas e atmosféricas sobre a Bacia do Atlântico Tropical influem fortemente na variabilidade interanual do clima sobre as Américas (Namias 1972, Hastenrath and Heller 1977; Moura and Shukla 1981; Mechoso e Lyons 1988, Chu 1984; Hastenrath 1990; Mechoso et al. 1990; Nobre and Shukla 1996, Alves et al. 1997, Xavier 2002).

O efeito do Oceano Pacífico Tropical especialmente durante anos de El Niño já foi identificado, especialmente ligado a reduções drásticas de chuva durante a quadra chuvosa. Isto já foi plenamente documentado para casos de estudo de 1983 e 1998 nas pesquisas desenvolvidas pelo CPTEC e os centros estaduais de meteorologia a região. Porém, anos secos na região Nordeste podem ocorrer quando o El Niño não é identificado. Portanto, há outros fatores, além de El Niño/Oscilação Sul ENOS que podem afetar as chuvas nestas regiões.

### **3. VULNERABILIDADE A EXTREMOS DA VARIABILIDADE DE CLIMA NO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE**

A variabilidade climática aumenta a vulnerabilidade de um sistema e aumenta as incertezas no processo de administração da água. O termo vulnerabilidade denota um limite onde uma pessoa ou sistema pode ser afetado. Por outro lado, sustentabilidade significa a capacidade de um sistema manter-se em uma determinada condição. Então, a vulnerabilidade denota o ponto onde a sustentabilidade pode ser comprometida. Concluindo, no presente contexto, vulnerabilidade e sustentabilidade são conceitos correlatos onde frágil sustentabilidade é entendida como vulnerabilidade.

De um modo geral, a economia da zona semi-árido apresenta-se como um complexo de pecuárias extensiva e agricultura de baixo rendimento apoiada nos consórcios formador por algodão, milho, feijão e mandioca. Esse tipo de agricultura no sistema de produção caracterizado pelo complexo algodão-pecuária-culturas de subsistência é altamente vulnerável ao fenômeno das secas.

## 4. IMPACTOS DAS SECAS NA HISTORIA ECONÔMICA DO SEMI-ÁRIDO

### 4.1. SECA

A principal manifestação da variabilidade climática no Nordeste Brasileiro é a seca. O imaginário nacional vinculou a região a este fenômeno. Não obstante eventos de cheias terem ceifado vidas humanas no nordeste. O semi-árido tem no passado uma história de secas que afetam de forma drástica sua população rural. A região é um enclave de escassa precipitação abrangendo quase 1 milhão de km<sup>2</sup>, desde os litorais do estado de Ceará e Rio Grande do Norte até o médio São Francisco, com uma vegetação de tipo de caatinga. Historicamente a região sempre foi afetada por grandes secas ou grandes cheias. Relatos de secas na região podem ser encontrados desde o século XVII, quando os portugueses chegaram à região (Tabela 1). Os diversos autores que enumeram as secas do século XVII a XIX tem como base de análise o registro histórico feito pelos escritores da época ou ainda por depoimento pessoal. Torna-se difícil de alcançar uma classificação objetiva dos anos secos a exceção dos eventos das grandes secas tais como 1777 e 1877.

Segundo um estudo de Souza Filho (2003), o Semi-Árido Nordestino do século XVIII apresentava uma baixíssima densidade demográfica. A baixa densidade demográfica não reduziu o impacto das secas na economia regional neste século. Brígido (2001) observa que “a de 1777, que durou até 1778, fez perder-se sete oitavos do gado existente na capitania do Ceará”; e “a seca de 1725 foi tão grande que fez secar as fontes do Cariri”, provavelmente impactando o plantio de cana e a policultura que se instalava naquela área.

Tabela 1. Anos de seca no Nordeste Brasileiro durante os séculos XVII-XX (Magalhães e Rebouças 1988, Silva Dias e Marengo 2002, Souza Filho 2003)

| Séculos |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| XVII    | XVII    | XIX     | XX      |
| 1603    | 1711    | 1804    | 1900    |
| 1614    | 1721    | 1809    | 1903-04 |
| 1692    | 1723-24 | 1810    | 1907    |
|         | 1736-37 | 1816-17 | 1915    |
|         | 1744-46 | 1824-25 | 1919    |
|         | 1754    | 1827    | 1932-33 |
|         | 1760    | 1830-33 | 1936    |
|         | 1772    | 1845    | 1941-44 |
|         | 1776-77 | 1877-79 | 1951-53 |
|         | 1783-84 | 1888-89 | 1958    |
|         | 1791-92 | 1891    | 1966    |
|         |         | 1898    | 1970    |
|         |         |         | 1979-84 |
|         |         |         | 1982-83 |
|         | 1790-94 | 1891    | 1986-87 |
|         |         | 1898    | 1991-93 |
|         |         |         | 1997-98 |

Essas secas estão associadas às características climáticas da região, as quais possuem grande variabilidade espacial e temporal na distribuição de precipitação, bem como a concentração de mais de 80% do total anual da chuva no período de quatro meses. Estatisticamente, acontecem de 18 a 20 anos de seca a cada 100 anos. As secas mais graves, que acontecem quando a chuva se reduz a menos da metade desse índice, aparecem em registros históricos desde o início da colonização, no século XVI, e são comuns. Até agora, o século XX foi um dos mais áridos, registrando nada menos que 27 anos de estiagem. A seca mais longa começou em 1979, e 50% do gado morreu por falta d'água, a desnutrição explodiu e milhares de pessoas morreram de sede e desnutrição. O verde da plantação só começou a brotar novamente com o retorno das chuvas cinco anos depois, em 1983.

O primeiro processo econômico do semi-árido foi à criação de gado, que ocupou os sertões até a grande seca de 1877, quando sete oitavos do rebanho que existia no semi-árido foi dizimado pela seca. Naquela época a manufatura de couro era uma atividade econômica de importância. O segundo processo econômico foi à associação de gado com algodão. No período de 1844 a 1877 as

chuvas foram regulares e o gado se reproduziu aumentando significativamente as densidades populacionais. A Guerra Civil Americana possibilitou acesso do algodão do semi-árido para o mercado europeu. E o solo ainda não degradado elevava a produtividade do algodão. Este quadro evolui até a seca de 1877, em que a indústria de algodão e gado foi dizimado. Assim, observa-se que uma visão de desenvolvimento para o Nordeste semi-árido não pode prescindir de uma abordagem da questão da convivência como a variabilidade climática.

As secas a partir de 1942 não tem havido vítimas da seca, salvo casos isolados. Guerra(1981) diz que “havia água saudável em grandes reservatórios, onde ocorriam as maiores irrigações. A política de açudagem tem como marco inicial a construção do reservatório Cedro iniciado em 1884 pelo Eng. Revy e concluída em 1924 pelo Eng. Piquet Carneiro. Outras obras do tipo do Cedro que possibilitassem irrigação só seriam construídas a partir da Seca de 1930/32.” Reservatórios como Estreito, Ema, Feiticeiro, Choro, General Sampaio, Jaibara, no Ceará; Riacho dos Cavalos, Pilões, Santa Luzia, São Gonçalo, Condado e Soledade, na Paraíba; Lucrecia, Ithans e Inharé no Rio Grande do Norte; assim como o início do reservatório Curemas (Paraíba), Lima Campos (Ceará).

Analisando os efeitos das secas ocorridas no período 1973-83, o Relatório do Senado Federal (1997) estimam que, computando as cifras totais do período, chega-se aos números impressionantes de 1,6 milhão de TM de algodão; 4 milhões de TM de mandioca; 3 milhões de TM de milho e 952 mil TM de feijão, sem considerar as demais perdas verificadas em outros produtos. El Niño de 1983 afetou 1328 municípios, com uma população afeitada da ordem de 28.954.000 pessoas. Veja tabela 2 para maior informação sobre o número de pessoas afetadas pelas secas e os gastos que, em resposta, foram realizados pelo governo federal, que permitem comparar dados das secas de 1958, 1970, 1979-83. Durante o El Niño de 1998, após do desastre da seca gerada pelo fenômeno climático o governo federal disponibilizou 465 milhões de Reais de um total de 1,6 bilhões.

Tabela 2 Nordeste: População afetada pelas secas e recursos e recursos aplicados pelo governo federal nos programas de emergência. Período 1958, 1970, 1979-83. (Fonte: Senado Federal, 1997).



| Anos | Numero de municípios afetados | Área Afetada (km <sup>2</sup> ) | População afetada | Recursos gastos (Preços constantes) |
|------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1958 | 618                           | 500.000                         | 10.000.000        | 422.050                             |
| 1970 | 605                           | 578.400                         | 9.176.000         | 225.999                             |
| 1979 | 513                           | 538.709                         | 9.114.314         | 234.768                             |
| 1980 | 988                           | 1.399.086                       | 19.487.201        | 740.056                             |
| 1981 | 1.100                         | 1.441.624                       | 23.526.979        | 1.018.841                           |
| 1982 | 898                           | 1.391.479                       | 15.483.587        | 408.298                             |
| 1983 | 1.328                         | 1.591.050                       | 28.954.000        | 1.558.592                           |

## 5.2. ENCHENTES

As chuvas intensas que ocorreram em toda a Região em Janeiro de 2004 geraram os totais acumulados de chuva em algumas regiões, neste período, chegaram a 500% acima da média histórica. Em algumas localidades, os máximos de precipitação excederam em mais que 300 mm a média climatológica do mês. Em Picos, no Piauí, choveu 436 mm, quando a média do mês é igual a 127 mm; na cidade de Barra, na Bahia, choveu 280 mm (a média do mês é 12 mm); em Quixeramobim, no Ceará, choveu 252 mm (a média do mês é 78 mm). As reservas hídricas do Nordeste que no início de janeiro eram, em média, cerca de 30% da capacidade máxima, atingiram no final do mês um percentual superior a 90%, devido os altos índices pluviométricos. A Figura 2 mostra que as chuvas no semi-árido chegaram ate quase 300 mm acima da media de longo termo 1961-90, geraram enchentes que atingiram boa parte dos municípios de Nordeste.

Segundo a Secretaria Nacional da Defesa Civil, as enchentes de janeiro 2004 no Nordeste tiveram os seguintes impactos: 219 mortos, 1404 feridos, 370.000 desabrigados e desalojados; 1219 municípios atingidos (42% dos municípios de Nordeste foram atingidos), e 115.984 casas destruídas ou danificadas. A Tabela 3 apresenta as estatísticas dos impactos das chuvas e enchentes de Janeiro 2004 no Nordeste, em tanto que Tabela 4 mostra os danos materiais e resultados da operação emergencial do governo feita pela distribuição de cestas de alimentos.

Tabela 3. Municípios atingidos e danos humanos associados às enchentes de Janeiro 2004 no Nordeste (Fonte: Secretaria Nacional de Defesa Civil).

| Estados | Municípios atingidos | Feridos leves | Feridos graves | Vítimas fatais | Desabrigados | Desalojados |
|---------|----------------------|---------------|----------------|----------------|--------------|-------------|
| CE      | 89                   | 14            | 2              | 33             | 33.131       | 51.967      |
| PE      | 113                  | 0             | 0              | 39             | 26.467       | 13.574      |
| PI      | 136                  | 217           | 8              | 5              | 23.470       | 28.052      |
| MA      | 31                   | 489           | 2              | 0              | 16.481       | 2.432       |
| RN      | 95                   | 17            | 1              | 2              | 11.756       | 11.264      |
| BA      | 97                   | 5             | 0              | 19             | 10.420       | 28.465      |
| PB      | 135                  | 0             | 0              | 31             | 14.337       | 12.930      |
| MG      | 164                  | 473           | 51             | 18             | 5.136        | 11.898      |
| AL      | 30                   | 46            | 0              | 6              | 4.414        | 1.782       |
| ES      | 77                   | 4             | 1              | 9              | 1.404        | 6.469       |
| SE      | 23                   | 0             | 0              | 0              | 1.287        | 12.526      |

Tabela 4. Danos materiais (casas e pontes) operação emergencial de distribuição de cestas de alimentos associados às enchentes de Janeiro 2004 no Nordeste (Fonte: Secretaria Nacional de Defesa Civil).

| Estados | Casas destruídas | Casas danificadas | Pontes destruídas | Pontes danificadas | Numero de cestas | Kgs.    |
|---------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------|---------|
| CE      | 3.476            | 20.509            | 0                 | 0                  | 15.565           | 282.455 |
| PE      | 2.348            | 4.510             | 5                 | 0                  | 8.294            | 15.046  |
| PI      | 3.171            | 11.551            | 0                 | 0                  | 9.563            | 172.125 |
| MA      | 1.193            | 4.631             | 0                 | 0                  | 3.274            | 74.040  |
| RN      | 1.371            | 4.257             | 0                 | 0                  | 9.580            | 172.440 |
| BA      | 2.066            | 5.567             | 0                 | 0                  | 24.977           | 450.072 |
| PB      | 2.999            | 5.058             | 0                 | 0                  | 8.697            | 156.546 |
| MG      | 404              | 3.914             | 156               | 296                | -                | -       |
| AL      | 540              | 1.101             | 0                 | 0                  | 3.699            | 66.582  |
| ES      | 231              | 1.384             | 212               | 0                  | -                | -       |
| SE      | 147              | 563               | 144               | 101                | 2.138            | 38.484  |

## 6. AÇÕES DE MONITORAMENTO DE CLIMA NA REGIÃO PARA AVALIAÇÕES DE VULNERABILIDADE: ANÁLISE DO NÚMERO DE DIAS COM DÉFICIT NO TRIMESTRE CHUVOSO NOS ÚLTIMOS SEIS PERÍODOS CHUVOSOS

Visto que a precipitação na Região Nordeste apresenta uma grande variabilidade no tempo e espaço, a ocorrência de chuvas, por si só, não garante que as culturas de subsistência serão bem sucedidas. Uma seca intensa durante a quadra chuvosa ou uma precipitação intensa ou excessiva na mesma época podem ter impactos bastante negativos na economia regional e nacional, pois o governo federal tem que tomar ações para mitigar os danos e reduzir o prejuízo.

Nesse contexto, o **PROCLIMA**, *Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste*, é uma iniciativa conjunta da **Sudene e do Ministério da Integração Nacional**, para monitorar a estação chuvosa na Região Nordeste. O Proclima é executado pelo **INPE/CPTEC** e pelos Estados da Região Nordeste, Minas Gerais e Espírito Santo, através dos núcleos e laboratórios estaduais participantes do **PMTCRH** - Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos. Um dos produtos gerados pelo PROCLIMA é o **número de dias com déficit hídrico** durante o período chuvoso é uma boa referência do comportamento da precipitação pluviométrica, em quantidade e regularidade, como também, do possível impacto sobre as atividades agrícolas, a assim poderia se considerar como um indicador da “**vulnerabilidade**” da agricultura a falta de chuva.

As Figuras 3 (a-f) mostram o número de dias com déficit hídrico no Trimestre Chuvoso na região de atuação da Sudene nos períodos 01/10/1998-30/09/1999, 01/10/1999-30/09/2000, 01/10/2000-30/09/2001, 01/10/2001-30/09/2002, 01/10/2002-30/09/2003. e 01/10/2003-01/06/2001. É importante lembrar que os regimes climáticos na Região Nordeste são diferenciados, o que determina que o início do período chuvoso seja diferente em cada micro-região. A análise apresentada concentra-se no trimestre chuvoso de cada um das sub-regiões da área do semi-árido que compreende os meses de fevereiro, março, abril e maio.

Um número pequeno de dias com déficit hídrico no período indica chuvas em quantidade e regularidade suficiente, o que geralmente está associado a safras normais. Um número de dias com déficit hídrico elevado é indicativo de chuvas insuficientes ou da ocorrência de veranicos em períodos críticos de desenvolvimento da cultura (fenômeno chamado de seca verde no semi-árido) podendo então ser associado a um possível colapso de culturas de subsistência.

As cores esverdeadas apresentam áreas potencialmente favoráveis para atividades agrícolas nos últimos seis períodos chuvosos; enquanto cores avermelhadas indicam áreas que apresentaram significativo déficit hídrico, no qual a atividade agrícola esteve comprometida. Nas áreas com cores amareladas, correspondem a situações intermediárias, onde houve queda de produtividade ou perda parcial de safra. De um modo geral, pode-se observar uma incidência de condições climáticas pouco propícias para agricultura na região do semi-árido. Esta situação deve ser considerada “normal”, pois a ocorrência de chuvas irregulares é um fato freqüente no semi-árido. O estado de Pernambuco, nesses último três anos foi um dos mais “castigados” pelas chuvas irregulares no período de 1998 ate 2002, mais em geral todos os estados do Nordeste têm sido afetados em diferente grau.

A análise preliminar indica que, na estação chuvosa 1998/1999, houve efeitos mais severos desde o sul do estado de Rio Grande do Norte até o norte da Bahia. Nos períodos chuvosos de 1999/2000 e 2000/2001 a irregularidade da chuva teve impactos mais profundos na faixa do agreste do Nordeste, que é a região de transição entre o sertão e zona da mata/litoral, bem como nos sertões de Piauí, Ceará (em particular o sertão de Inhamuns), e Pernambuco. Já em 2001/2002 a situação hídrica foi menos impactante que nos anos anteriores, em tanto que em 2002/2003 apresentou-se déficit hídrico desde o centro do estado de Paraíba até o norte Bahia.

A modo de síntese, a figura 4 indica áreas que apresentaram número de dias com déficit hídrico superior a 40 dias (em cores amareladas na figura 3) durante os últimos quatro períodos chuvosos (1999-2000, 2000-2001, 2001-2002, 2002-2003). As áreas com cores avermelhadas apresentaram déficit hídrico severo nos últimos quatro períodos chuvosos, enquanto cores verdes indicam áreas nas

quais não houve déficit hídrico severo em pelo menos os três últimos períodos chuvosos. A partir dessa análise, pode-se concluir que as áreas em vermelho estão mais vulneráveis diante da possibilidade de ocorrência de uma nova seca na estação chuvosa 2003-04. Portanto, o quadro de umidade do solo está se apresentando desfavorável na região que abarca o norte da Bahia, oeste do Piauí, centro e oeste de Pernambuco e o centro da Paraíba. O objetivo desta análise é de caracterizar as áreas mais frequentemente afetadas por eventos climáticos e servem com um indicativo inicial de regiões potencialmente mais vulneráveis devido a sucessivos eventos climáticos críticos. Deve-se salientar que a presente análise se baseia apenas em fatores climáticos, e não levam em conta as ações de mitigação resultantes de políticas públicas.

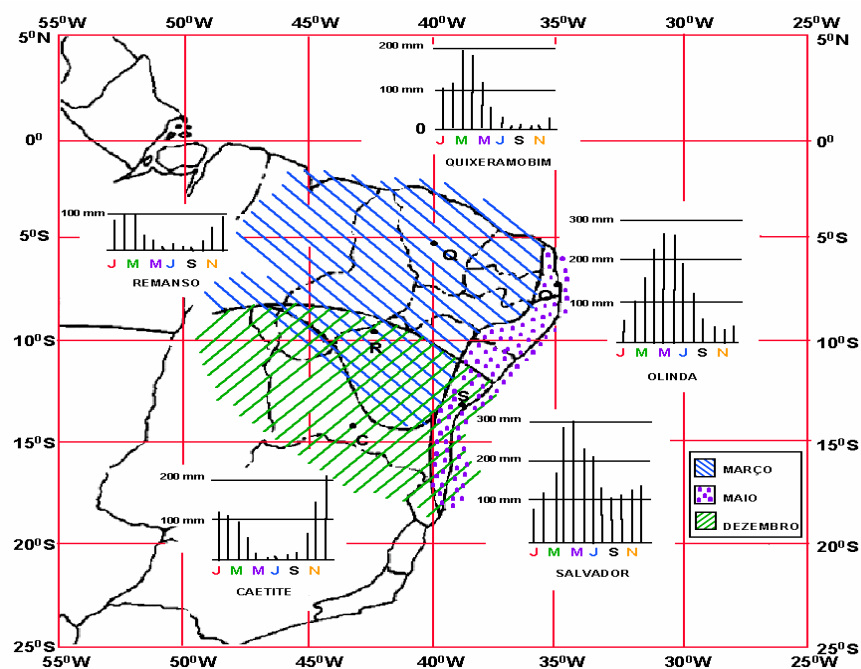
## 7. VARIBILIDADE DE LONGO PRAZO DAS CHUVAS NO SEMIARIDO E CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS FUTURAS

Em relação a variabilidade de longo prazo, Wagner (1996) estudou tendências decadais nos mecanismos que controlam o gradiente meridional de TSM na região, e detectou um aquecimento sistemático do Atlântico Tropical Sul, principalmente observado nos meses de verão (fevereiro-março), enquanto que a TSM no Atlântico Norte aumenta no inverno (agosto-setembro) e diminui no verão. Como consequência do incremento do gradiente meridional de TSM no verão, a ZCIT se desloca mais para o sul e chuva no norte de Nordeste tende a incrementar no período de estudo 1951-90. Porém, este estudo não mostra impactos na frequência ou intensidade de eventos extremos de chuva na região. Para o Rio São Francisco, as séries no posto de Sobradinho apontam para quedas sistemáticas nas vazões desde 1979 e que não estão associadas à redução da chuva na bacia coletora. Possíveis causantes de esta queda apontam para uso na agricultura, aproveitamento da energia entre outros. Então, é possível que consequências de projetos como a Transposição de Águas do Rio São Francisco podem se refletir em quedas ainda maiores em vazões do rio. O projeto, que consiste na construção de um conjunto de canais e adutoras para a transferência de 2% do volume médio das águas do Rio São Francisco aos principais vales do interior do Nordeste brasileiro poderia beneficiar os estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e parte de Rio Grande do Norte, e “levar benefícios a oito milhões de pessoas” (*Jornal Tribuna da Bahia*, 16/01/2000), ao longo prazo poderia afetar os outros estados que possui parte das bacias coletoras, como Minas Gerais e Bahia.

Para mudanças climáticas futuras, os quatro cenários climáticos aqui expostos estão relacionados com quatro projeções diferentes de emissões de gases de efeito estufa para o futuro, definidas no Special Report on Emissions Scenarios (SRES) do IPCC. Estas serão designadas por B1, B2, A1 e A2. As mudanças na emissão de carbono por fontes industriais/produção de energia em 2100 variam entre um decrescimento de 4% (cenário B1), até um aumento de cerca de 320% (cenário A2), relativamente às estimativas para o ano 2000. Estas estimativas das

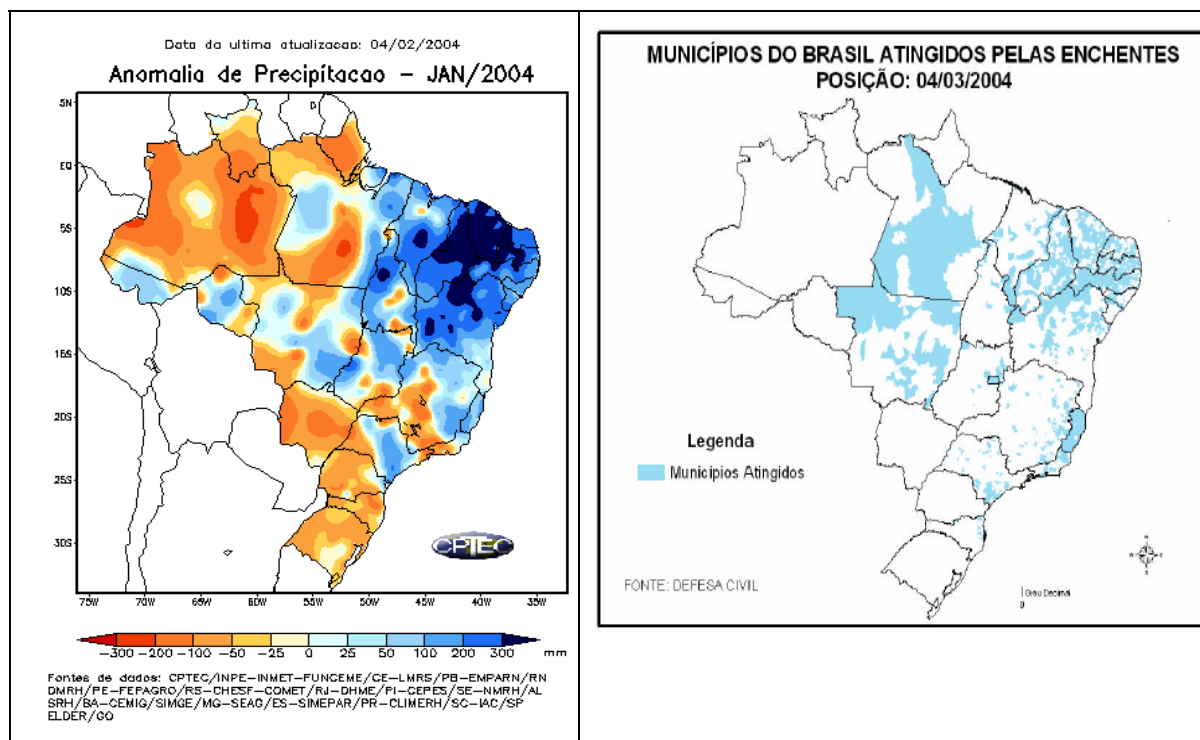
taxas de emissão futura ignoram a existência de medidas do foro político para a proteção do clima. A concentração em dióxido de carbono na atmosfera aumenta de aproximadamente 370 ppm em 1999, para cerca de 550 ppm em 2100 no cenário B1, e para mais de 830 ppm no cenário A2. As concentrações de outros gases de efeito estufa também aumentam.

Em relação a precipitação, a Figura 5 apresenta um media de um conjunto de 6 modelos globais do IPCC, para os cenários A1 e B2 (Hulme e Sheard 1999). Os mapas mostram de a zona seca do Nordeste, para o cenário A2-alta, na década de 2050, em Março-Maio o delta da Amazônia é a região com maior diminuição anual da precipitação (cerca de 20% mais seca), enquanto que no Nordeste teria um aumento de ate 16% em chuva No período setembro-novembro as chuvas diminuem ate mais de 20%/. Assim, para o Nordeste a maioria dos modelos concorda com um aumento da precipitação. Quando são utilizados cenários climáticos para a avaliação de seus impactos, é importante analisar os efeitos da variabilidade natural do clima e compará-los com os da variação climática induzida pelo homem.

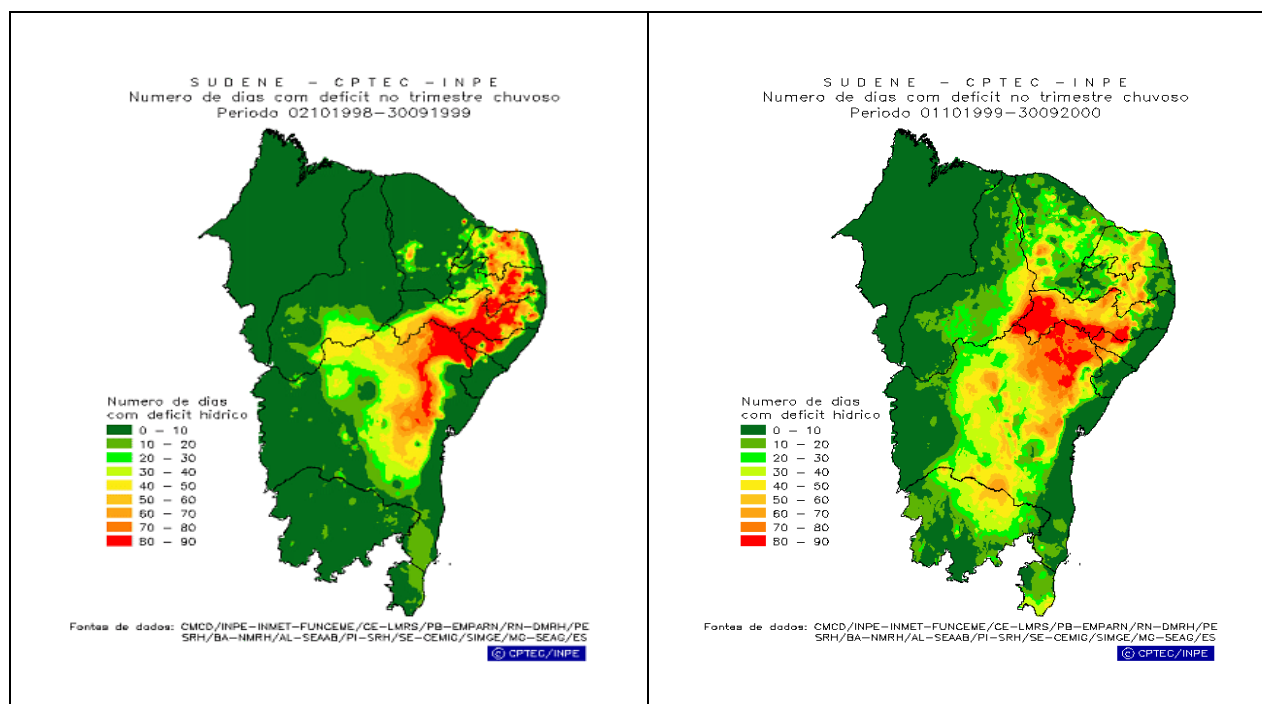


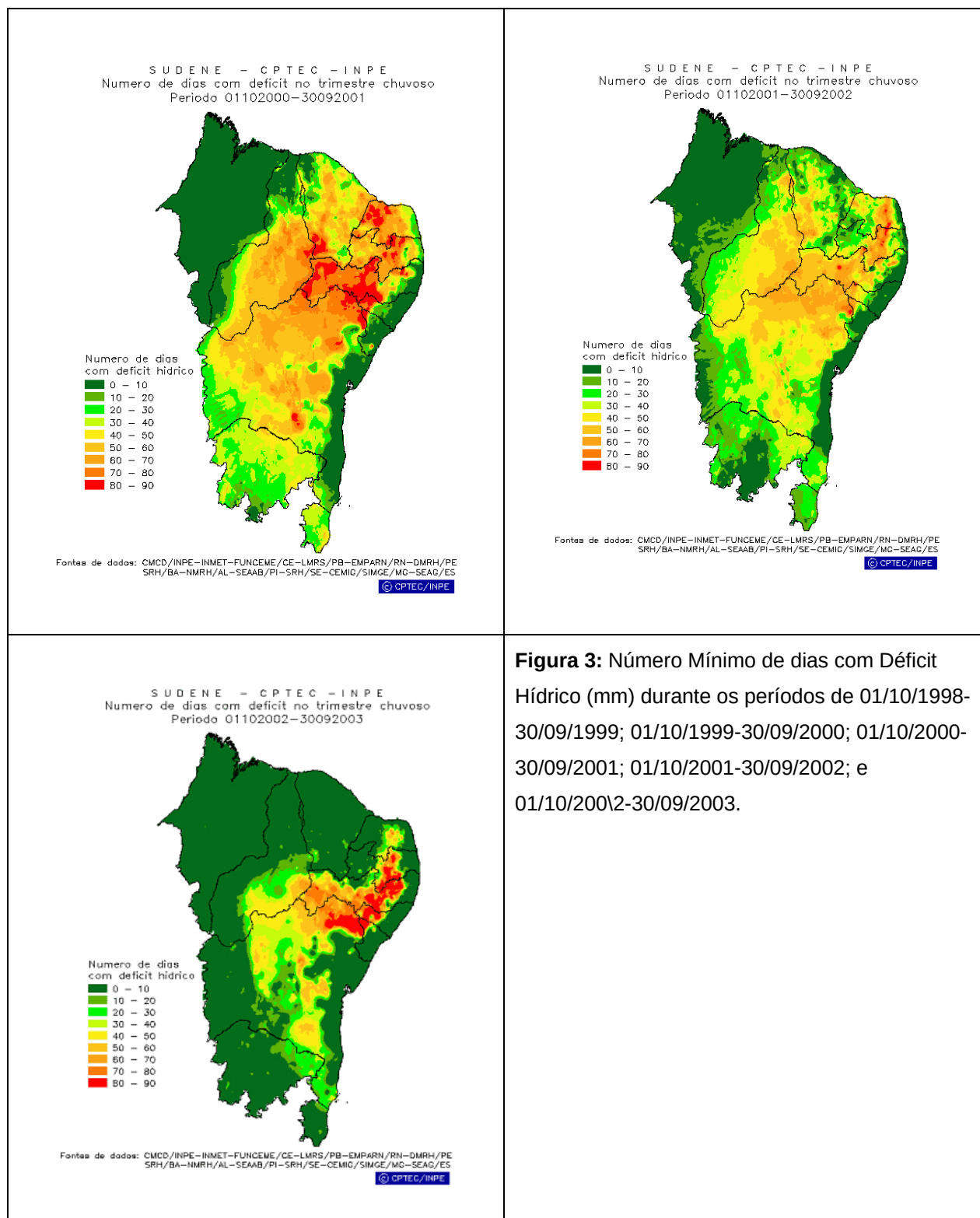
**Figura 1:** Distribuição espacial do mês no qual a precipitação média mensal atinge o máximo e histogramas da distribuição anual de precipitação (eixo vertical em mm) para cinco estações, representando diferentes regimes pluviométricos do Nordeste. Os dados utilizados são para o período de 1931 a 1960. A localização das estações está indicada pelas letras Q (Quixeramobim), O (Olinda), S (Salvador), C (Caetité) e R (Remanso). (Fonte: CPTEC/INPE).



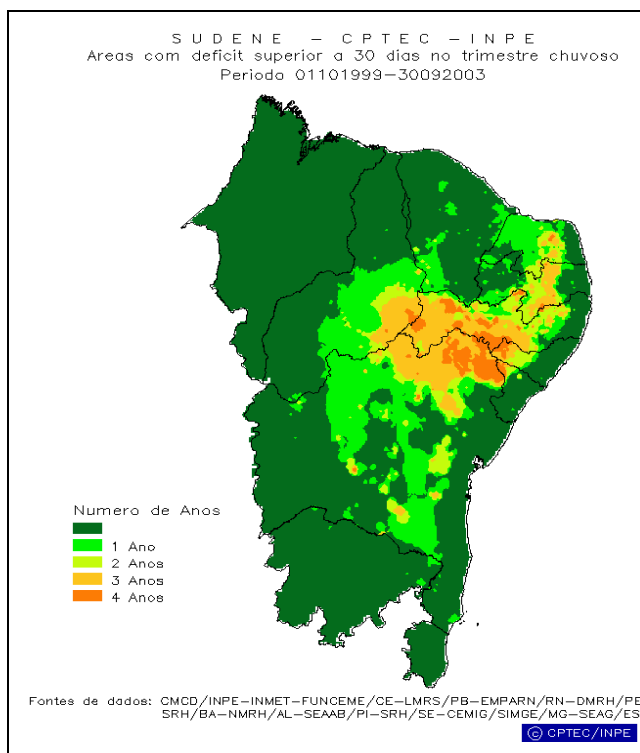


**Figura 2.** Mapa de anomalias de chuva em mm para os meses de Janeiro 2004( esquerda). Valores das anomalias aparecem na escala de cor, e as anomalias são e relação a media de longo prazo de 1961-90 (Fonte: CPTEC). O mapa de direita mostra os Municípios de Brasil atingidos pelas enchentes de Janeiro-Fevereiro 2004 (Fonte: Ministério da Integração Nacional 2004).



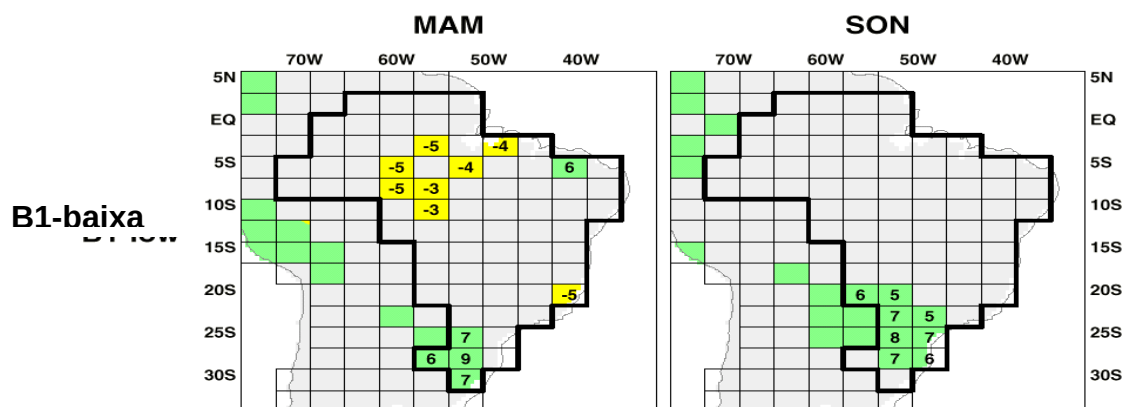


**Figura 3:** Número Mínimo de dias com Déficit Hídrico (mm) durante os períodos de 01/10/1998-30/09/1999; 01/10/1999-30/09/2000; 01/10/2000-30/09/2001; 01/10/2001-30/09/2002; e 01/10/2002-30/09/2003.

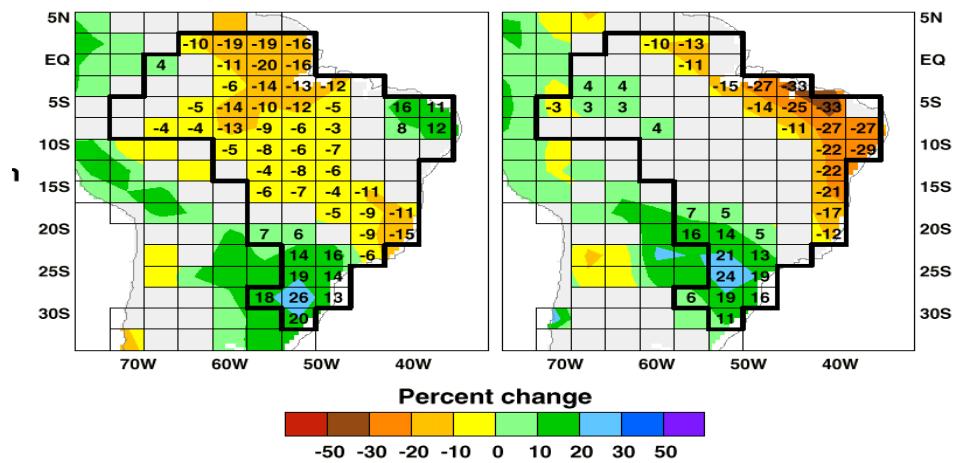


**Figura 4:** Abrangência geográfica das áreas com déficit hídrico severo para diferentes estações chuvosas de 1999 até 2003.

Figura 5. Variações da precipitação média sazonal (percentagem relativa à média climatológica 1961-90), para um período de 30 anos centrado na década de 2050, para os quatro cenários. Os números correspondem às alterações simuladas para cada retângulo de grade da media dos modelos sobre o Brasil. Apenas se apresentam valores que sejam elevados, comparados com a variabilidade natural da precipitação em escalas temporais de 30 anos (Hulme e Sheard 1999).



A2-alta



## REFERENCIAS

Alves, J. M. B., de Souza, E., C. A. Repelli, Vitorino, M. Ferreira, N., 1997: Episódios de La Niña na bacia de oceano Pacífico equatorial e a distribuição sazonal e intrasazonal das chuvas no setor norte do Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 12, 63-76.

Brigido, J (2001) Ceara: Homens e Fatos. Editora Demócrito Rocha 2001.

Chu, P. S., 1984: Time and space variability of rainfall and surface circulation in the northeast Brazil - tropical Atlantic sector. *J. Meteorol. Soc. Japan*, 62, 363-370.

Guerra, P. B. (1981) A civilização da Seca. DNOCS. 1981.

Hastenrath, S; Heller, L., 1977. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quartely Journal of the Royal Meteorological Society*, 103(435):77-92.

Hastenrath, S., 1990: Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. *J. Climate*, 3, 893-904.

Hulme, M, Sheard N (1999) Cenários de alterações climáticas para o Brasil. Climate Research Unit, Norwich, Reino Unido. 6 pp. 1999.

Magalhães, A., Rebouças, O.: 1988: The effects of climate variations on agriculture in Northeast Brazil. pp. 277-304. *In The Impact of Climate Variations on Agriculture. Vol 2. Assessments in Semi-Arid Regions.* Eds. M. Parry, T. Carter, N. Konijn. Kluwer Academic Publishers.

Marengo J. A. (2002) Mudanças climáticas globais e regionais. Avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. *Rev. Brasileira de Meteorologia*, 16, 1-8, 2002.

Mechoso, C., Lyons, S., Spahr, J., 1990: The impact of sea surface temperature anomalies on the rainfall in northeast Brazil. *J. Climate*, 3, 812-826.

Mechoso, C., Lyons, S., 1988: On the atmospheric response to SST anomalies associated with the Atlantic warm event during 1984. *J. Climate*, 1, 422-428.

Moura, A. D. e J. Shukla: 1981. On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmospheric Science*, 38 (12): 2653-2673.

Ministério da Integração Nacional (2004) Enchentes 2004. Relatório Sala de Situação. Brasília 2004. 56 pp.

Namias, J., 1972: Influence of northern hemisphere general circulation on drought in northeast Brazil. *Tellus*, 24, 336-342.

Nobre P, Shukla J. 1996: Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *J Climate* 9:2464-2479

Ramos, 1975: Precipitation characteristics in the Northeast Brazil dry region. *J.Geophys.Res.*, 80, 1665-1678.

Senado Federal (1997) Comissão “El Niño” relatório final. Brasília, Setembro 1997. 190 pp.

Silva Dias, P., Marengo, J., 2002: Aguas atmosféricas. Aguas Doces no Brasil-capital ecológico usos multiplos, exploração racional e conservação. Aldo da Cunha Rebouças, Benedito Braga Jr., José Galizia Tundizi, Eds. Segunda Edição. IEA/USP, pp. 65-116.

Souza Filho, F. A. (2003) Variabilidade e Mudança Climática nos semiaridos brasileiros. Capítulo 3 em *Clima e Recursos Hídricos no Brasil*, Carlos Tucci. Benedito Braga Editores. Porto Alegre, Coleção ABRH 9. pp. 77-111.

Xavier, T., 2002: Tempo de Chuva: Monitoramento das chuvas nas regiões pluviometricamente homogêneas do estado do Ceará na Quadra Chuvosa=Fevereiro+Março-Abril-Maio de 2002, para fins de avaliação das previsões. *Cadernos Atena*, 25, 1997, Fortaleza, CE, 22 pp.

Wagner, R., 1996: Decadal-scale trends in mechanisms controlling meridional sea surface temperature gradients in the tropical Atlantic. *J. Geophys. Res.*, 101, 16683-16694.