

Mudanças Climáticas e Desertificação no Semi-Árido Brasileiro

Francislene Angelotti

lêdo Bezerra Sá

Roseli Freire de Melo

O Semi-Árido brasileiro é uma região caracterizada por forte insolação, altas temperaturas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período, de três meses, em média. Assim, a nova delimitação do Semi-Árido levou em consideração os seguintes critérios: precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; índice de aridez de até 0,5 calculado pela razão da precipitação e da evapotranspiração potencial (no período entre 1961 e 1990), e risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (BRASIL, 2005).

De acordo com Marengo (2006), a região semi-árida sempre foi afetada por grandes secas ou grandes cheias e, estatisticamente, acontecem de 18 a 20 anos de seca a cada 100 anos. O regime pluviométrico delimita duas estações bem distintas: a estação de chuvas, com duração de três a cinco meses, e a estação de seca, com duração de sete a nove meses. Tais condições, dentre outras, determinam o sucesso da atividade agrícola e pecuária e a sobrevivência das famílias.

A região semi-árida ocupa uma área de 982.563 km², contendo 1.133 municípios, sendo o maior número na região Nordeste e o menor número na região Sudeste (Tabela 1). O Semi-Árido estende-se desde o litoral norte, no Ceará e no Rio Grande do Norte, e desce em direção ao norte de Minas Gerais, cortando os estados da Paraíba, Pernambuco, Piauí, Bahia, Alagoas e Sergipe (Fig. 1). A região Nordeste, com 1,56 milhão de km² (18,2% do território nacional), detém a maior parte do Semi-Árido brasileiro, ocupando uma área de 969.589,4 km².

Tabela 1. Número de municípios do Semi-Árido brasileiro.

Estado	Total de municípios	Municípios no Semi-Árido	%	Área Total dos municípios (km ²)	Área dos municípios no Semi-Árido (km ²)
Alagoas	102	38	37,25	27.819	12.686,9
Bahia	417	265	63,55	564.693	393.056,1
Ceará	184	150	81,52	148.825	126.514,9
Minas Gerais	853	85	9,96	586.528	103.590,0
Paraíba	223	170	76,23	56.440	48.785,3
Pernambuco	185	122	65,95	98.312	86.710,4
Piauí	223	127	56,95	251.530	150.454,3
Rio G. do Norte	167	147	88,02	52.797	49.589,9
Sergipe	75	29	38,67	21.910	11.175,6
TOTAL	2.429	1.133	46,64	1.808.854	982.563,3

Fonte: Relatório Final do Grupo de Trabalho Interministerial para delimitação do semi-árido nordestino e do Polígono das Secas – Ministério da Integração Nacional – (BRASIL, 2005).

**Fig. 1.** Ilustração da delimitação do Semi-Árido brasileiro.

Fonte: Brasil (2005).

Desertificação

O bioma caatinga é o ecossistema predominante na região semi-árida. Essa vegetação é composta, principalmente, por arbustos e arvoredos, abrigando espécies com grande valor científico, caracterizadas pela rusticidade, tolerância e adaptação ao clima da região. A maior parte das plantas deste bioma apresenta mecanismos adaptativos, tais como folhas transformadas em espinhos, cutículas altamente impermeáveis, caules suculentos, queda das folhas na estação seca para reduzir perda de água por transpiração e presença de sistemas radiculares bem desenvolvidos para o aumento da capacidade de captação de água no solo (ANDRADE-LIMA, 1981).

As necessidades de sobrevivência da população do Semi-Árido, associadas às diversas características de clima, vegetação e solo, têm causado impactos ambientais, sociais e econômicos. Os impactos ambientais podem ser visualizados por meio da destruição da biodiversidade, da diminuição da disponibilidade de recursos hídricos, do assoreamento de rios e reservatórios, da perda da qualidade dos solos e da salinização, que, dentre outros fatores, contribuem para a redução do potencial biológico da terra e, conseqüentemente, da produtividade agrícola. A degradação dos solos e sua associação com a desertificação têm relevância mundial e implicações nas estruturas sociais e econômicas das populações que ocupam as áreas onde se verifica este fenômeno.

Na região Nordeste, são identificados mais de 660.000 km² em processo de desertificação, afetando diretamente mais de 2,6 milhões de pessoas. Cerca de 400.000 km² encontram-se em estágios avançados de degradação (GOMES, 2000).

Os estudos sistematizados pelo PAN-Brasil indicam que, no Brasil, 32 milhões de pessoas são afetadas por secas e moram em áreas susceptíveis à desertificação. Cerca de 771 destes municípios estão incluídos entre os 1.100 municípios brasileiros com Índices de Desenvolvimento Humano Municipal mais baixos do Brasil. As áreas susceptíveis à desertificação, no Brasil, compreendem porções territoriais dos Estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais, acrescidos de mais de 281 municípios situados no entorno daquelas áreas, englobando, além dos Estados já citados, parte dos Estados do Maranhão e Espírito Santo (BRASIL, 2004).

Além disso, estudos recentes descrevem o Semi-Árido como uma das regiões brasileiras mais vulneráveis às mudanças climáticas¹. Os impactos conseqüentes do aumento de temperatura e anomalias na precipitação afetarão a produção agrícola, os recursos hídricos a demanda de irrigação, a biodiversidade, a modificação do bioma caatinga e a aceleração do processo de desertificação.

¹ *Vulnerabilidade* é o grau de susceptibilidade ou incapacidade de um sistema para lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, incluindo a variabilidade climática e os eventos extremos. A vulnerabilidade está em função do caráter, magnitude e ritmo da mudança do clima e da variação a que um sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação.

Mudança do clima: refere-se a qualquer mudança do clima que ocorra ao longo do tempo, em decorrência da variabilidade natural ou da atividade humana.

Fonte: IPCC (2007).

Mudanças climáticas globais

A atmosfera é constituída por uma mistura de gases, dos quais predominam o nitrogênio (N_2) e o oxigênio (O_2), seguidos do argônio (Ar), totalizando, aproximadamente, 99% dos gases presentes na atmosfera (Tabela 2). Entretanto, vários outros gases encontram-se presentes em pequenas quantidades, como o dióxido de carbono (CO_2), ozônio (O_3), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), que, juntamente com o vapor d'água (H_2O), formam os conhecidos “gases de efeito estufa” - GEE. Os gases do efeito estufa absorvem a energia emitida pela Terra, mantendo sua temperatura. Desta maneira, o efeito estufa é um processo natural, onde os raios do sol aquecem a superfície do planeta, que emite ondas de calor. Parte deste calor é perdida para o espaço, e a outra parte é retida na atmosfera, o que faz com que a temperatura média do planeta fique em torno de $15^\circ C$ e as condições sejam favoráveis à vida, pois se não fosse pelo efeito estufa, a temperatura média próxima a $-20^\circ C$ (CARDOSO, 2006). Assim, este efeito estufa natural atua como regulador térmico, impedindo o esfriamento da terra.

Entretanto, a concentração na atmosfera de alguns desses gases, especialmente o dióxido de carbono, tem aumentado muito no último século, principalmente em virtude do uso intenso e crescente de combustíveis derivados do petróleo, gás e carvão (combustíveis fósseis); do desmatamento; do aumento de resíduos orgânicos nas cidades e nas atividades agropecuárias; do uso de substâncias e gases em processos industriais e equipamentos. Todas essas atividades conduzem a intensificação do efeito estufa, sendo as causas principais do aquecimento observadas nos últimos 100 anos.

44

Parte 1

O que é o IPCC?

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) é um órgão composto por delegações de 130 governos para prover avaliações regulares sobre a mudança climática. Teve início em 1988, com a percepção de que a ação humana poderia estar exercendo influência sobre o clima do planeta. Desde então, o IPCC tem publicado diversos documentos e pareceres técnicos. O primeiro Relatório de Avaliação sobre o Meio Ambiente (Assessment Report ou, simplesmente, AR) foi publicado em 1990 e reuniu argumentos em favor da criação da Convenção do Quadro das Nações Unidas para Mudanças do Clima (em inglês, UNFCCC), onde os governos negociam políticas referentes à mudança climática.

O segundo relatório do IPCC foi publicado em 1995, resultando na criação do Protocolo de Kyoto. O terceiro relatório do IPCC foi publicado em 2001 e o quarto foi publicado em 2007.

Os relatórios são publicados em quatro etapas e são produzidos por três grupos de trabalho. O primeiro grupo reúne evidências científicas de que a mudança climática se deve à ação do homem; o segundo retrata as conseqüências da mudança climática para o meio ambiente e para a saúde humana, e o terceiro estuda maneiras de minimizar os impactos da mudança climática e prover alternativas de adaptação das populações. Um quarto capítulo sintetiza o conhecimento atual contido nos relatórios científicos sobre as possíveis mudanças do clima no futuro para os tomadores de decisões. Este relatório é chamado de *Summary for Policy Makers* ou Relatório Sumário para Tomadores de Decisões.

Além da queima de combustíveis fósseis, o aumento da concentração de dióxido de carbono se deve à mudança no uso da terra. De acordo com o Inventário Brasileiro sobre os gases do efeito estufa, as queimadas e os desmatamentos no Brasil respondem por 75% das emissões de CO_2 , enquanto a utilização de combustíveis pela indústria e transporte responde por 25% (BRASIL, 2008). Entretanto, dados do IPCC (2007) afirmam que os aumentos das concentrações de metano e de óxido nitroso são devidos, principalmente, à agricultura (INTERGOVERNMENTAL..., 2007).

Tabela 2. Principais gases da composição da atmosfera.

Gás	Símbolo	Porcentagem (volume)
Nitrogênio	N_2	78,08
Oxigênio	O_2	20,95
Argônio	Ar	0,93
Vapor d'água	H_2O	0 a 4
Dióxido de carbono	CO_2	0,037 = 368 ppm
Metano	CH_4	0,00017 = 1,7 ppm
Óxido nitroso	N_2O	0,00003 = 0,3 ppm
Ozônio	O_3	0,000004
Clorofluorcarbono	CFC	0,00000002

Fonte: Ahrens (1991).

O aquecimento global é consequência do aumento na concentração dos gases do efeito estufa, ocasionando alterações contínuas da composição química da atmosfera ao longo do século XXI, com efeitos persistentes por vários séculos. O dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso são os principais gases de efeito estufa. Atenção maior tem sido dada ao dióxido de carbono, vez que o volume de suas emissões para a atmosfera representa em torno de 60% do total das emissões de gases de efeito estufa. Nos últimos 250 anos, a quantidade de CO_2 na atmosfera aumentou de 290 para 379 partes por milhão, com previsão de chegar a 580 ppm em 2100, o que seria o dobro da concentração existente na atmosfera antes da industrialização (INTERGOVERNMENTAL..., 2007) (Fig. 2).

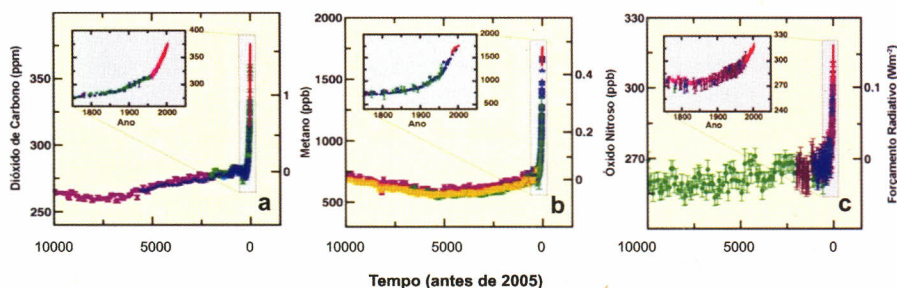


Fig. 2. Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (a), metano (b) e óxido nitroso (c) ao longo dos últimos 10.000 anos (painéis grandes) e desde 1750 (painéis inseridos). As medições são obtidas a partir de testemunhos de gelo (símbolos com diferentes cores para os diferentes estudos) e amostras atmosféricas (linhas vermelhas). As forçantes radiativas² correspondentes são mostradas nos eixos do lado direito dos painéis grandes.

Fonte: IPCC (2007).

² O forçamento radiativo é uma medida da influência de um fator na alteração do equilíbrio da energia que entra e sai do sistema Terra-atmosfera e é um índice da importância do fator como possível mecanismo de mudança do clima (IPCC, 2007).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) concluiu, no seu Quarto Relatório, que o aumento da concentração dos GEE na atmosfera pode elevar a temperatura média no planeta Terra entre 1,8 e 6,4°C nos próximos 100 anos. Observou-se que durante o século XX, a temperatura média da atmosfera aumentou em 0,6°C +/- 0,2°C. A década de 1990 foi a mais quente desde que as primeiras aferições foram efetuadas no final do século XIX. A previsão de impactos econômicos e socioambientais decorrentes do aquecimento global indica que todas as regiões e os países do mundo serão afetados. Caso não sejam tomadas medidas prontamente necessárias para reverter o processo atualmente em curso, o futuro do planeta, em geral, pode estar ameaçado pelos impactos do aquecimento global. O aumento da temperatura nos últimos anos, juntamente com o derretimento de geleiras nos pólos e o aumento no nível do mar, são algumas das já notáveis conseqüências do aquecimento global (INTERGOVERNMENTAL..., 2007).

As primeiras projeções de clima futuro no Brasil usando modelos climáticos regionais sugerem a possibilidade de eventos climáticos extremos mais frequentes, já indicados pelos modelos globais. Secas ocasionais (devidas à sazonalidade ou às variações inter-anuais das chuvas) e secas severas de longos períodos podem ser causadas ou agravadas pela influência humana sobre o meio ambiente (redução da cobertura vegetal, mudança do albedo, mudanças climáticas locais, efeito estufa, etc.). Os cenários futuros utilizando modelos climáticos regionais deverão ter foco direcionado na pesquisa para possíveis estratégias de mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas.

Cenários Climáticos do IPCC

Os cenários climáticos do IPCC são baseados em diferentes projeções futuras de emissões de gases do efeito estufa e suas interações com o aumento populacional e desenvolvimento socioeconômico. Os cenários são classificados em A1, A2, B1 e B2, apresentando as seguintes características:

- 1. Cenário A1:** descreve um futuro de crescimento econômico muito rápido, onde a globalização é dominante com a introdução de tecnologias novas e mais eficientes. Há três cenários: A1, A1F (máximo uso de combustível fóssil) e A1T (mínimo uso de combustível fóssil);
- 2. Cenário A2:** descreve um mundo heterogêneo onde a regionalização é dominante, o crescimento populacional é alto e há menos preocupação com desenvolvimento rápido;
- 3. Cenário B1:** descreve uma mudança rápida na estrutura econômica mundial com a introdução de tecnologias limpas. A ênfase está em soluções globais e sustentabilidade social e ambiental;
- 4. Cenário B2:** descreve um mundo em que a ênfase está nas soluções locais, sustentabilidade econômica, social e ambiental, com iniciativas comunitárias e inovação social em lugar de inovações globais.

Mudanças climáticas e o Semi-Árido brasileiro

Dados do IPCC (2007) apontam que o Semi-Árido nordestino será uma das regiões brasileiras mais afetadas pelas mudanças climáticas globais. Reforçando esta afirmação, pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE têm desenvolvido modelos regionais para cenários futuros, com maior resolução espacial. Tais modelos indicam que a temperatura poderá aumentar em 1.5-2.5°C, para o cenário B2, e em até 3-5.5°C, para o cenário A2, até o final do século XXI. Com o aquecimento, haverá aumento na evaporação e diminuição da disponibilidade hídrica (MARENGO, 2006).

Os cenários futuros sinalizam uma alteração nas características climáticas do Semi-Árido, com tendência de estiagem por praticamente todo o ano no Nordeste, apontando para intensificação da aridez da região até o final do século XXI. O balanço hídrico realizado com as médias dos valores dos modelos do IPCC sugere menores índices pluviométricos na estação chuvosa e maiores deficiências de umidade no solo ao longo do ano (MARENGO, 2006).

Os aumentos de temperatura entre 1,5°C e 5°C, como previstos nos modelos propostos por Marengo (2006), aumentariam a deficiência hídrica no Semi-Árido, afetando, consideravelmente, a disponibilidade de água para os consumos humano e animal e as atividades produtivas das áreas dependentes de chuva. Além disso, a ocorrência de eventos extremos poderia resultar em maior frequência de chuvas torrenciais e enchentes, provocando severos impactos socioambientais. O aumento na frequência de dias secos consecutivos, ondas de calor e estiagens prolongadas, também, são esperados com esses aumentos de temperatura previstos.

No cenário pessimista, com maior aumento de temperatura (5°C), o Semi-Árido brasileiro poderá se tornar uma região árida (MARENGO, 2006). Salazar et al. (2007), que desenvolveram cenários futuros para os biomas da América do Sul, por meio de modelos climáticos gerados a partir de informações oriundas do IPCC (2-6°C, no cenário A2, e 1-4°C, no cenário B1), observaram, em maior ou menor grau, um quadro de desertificação do Semi-Árido nordestino no período de 2090-2099. Desta maneira, as mudanças no clima terão influência direta nas características e distribuição da vegetação.

Vulnerabilidades e perspectivas

De todos os ambientes do Brasil, a região semi-árida é a que apresenta a maior vulnerabilidade às mudanças climáticas no aspecto social, principalmente devido a potenciais impactos negativos sobre os recursos hídricos e a agricultura de sequeiro³. O entendimento sobre os impactos que as mudanças climáticas globais poderão causar nesta região, em seus mais variados aspectos: ar, solo, água, economia, áreas

³ O impacto das mudanças climáticas será maior sobre áreas e populações mais vulneráveis ou sobre ecossistemas com menor capacidade natural de um sistema se recuperar após um impacto (IPCC, 2007).

de risco à ocupação humana, biodiversidade, entre outros, é de extrema importância para todos.

Da mesma forma, as causas e as conseqüências da desertificação, a degradação ambiental e a situação atual dos recursos naturais no Semi-Árido são assuntos complexos, que precisam ser explorados. Perspectivas de pesquisas devem considerar as tendências climáticas do Semi-Árido, a fim de obter medidas de mitigação e possíveis formas de adaptação às mudanças climáticas, principalmente no que se refere à conservação dos recursos naturais, produtividade agrícola e qualidade de vida da população.

A partir destes conhecimentos, poderão ser adotadas políticas públicas visando o desenvolvimento sustentável do Semi-Árido brasileiro, decorrente da necessidade de aumentar a capacidade adaptativa da sociedade e da economia regional frente às mudanças climáticas.

O Semi-Árido brasileiro será uma das regiões mais afetadas pelas mudanças climáticas. Entretanto, temos na região uma população que vem convivendo com seca e altas temperaturas há muitos anos. O bioma Caatinga é rico em espécies endêmicas totalmente adaptadas aos estresses hídrico, salino e a altas temperaturas. Assim, a região abriga um banco genético extremamente importante, e pouco conhecido, que poderá ser utilizado para a obtenção de genes usados no melhoramento de plantas agrícolas, permitindo assim encontrar alternativas para o aumento da produção de alimentos.

Referências

AHRENS, C.D. *Meteorology Today*. St. Paul, MN: West Publ. Co., 1991.

ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 149-153, 1981.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Brasília, DF, 2005. 32 p. il.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. As emissões no Brasil e o processo de aprimoramento de inventários. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional sobre mudança do clima**. Brasília, DF, 2008. p. 18-27. Disponível em:

<<http://www.forumclima.org.br/arquivos/plano-nacional-mc.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretária de Recursos Hídricos. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca - PAN Brasil**. Brasília, DF, 2004. 213 p.

CARDOSO, F. **Efeito Estufa. Por que a Terra Morre de Calor**. São Paulo: Ed. Mostarda, 2006. 95 p.

GOMES, C. M.S.; GEHLEN, V. R. F.; OLIVEIRA, H. M. C. de. Atividades humanas e desenvolvimento sustentável: uma saída para o desastre da seca e desertificação no semi-árido pernambucano. In: ENCONTRO NACIONAL DA ABEP, 12.; ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 12., 2000. Caxambu. **Brasil 500 anos: mudanças e continuidade: anais**. Campinas: ABEP, 2000. Disponível em: <<http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2000/Todos/Posterres/Atividades%20Humanas%20e%20Desenvolvimento%20Sustent%C3%A1vel....pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for policymakers. In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007**. Cambridge, Cambridge University Press, 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2007.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 159 p. il. (Biodiversidade, 26).

SALAZAR, L. F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South América. **Geophysical Research Letters**, Washington, v. 34, 2007.