



# Capítulo 4

Circunstancias Especiales

## 4 Circunstancias Especiales

Esta sección tiene por objetivo analizar circunstancias especiales, en relación a las cuales hay necesidades y preocupaciones específicas resultantes de los efectos negativos del cambio climático y/o del impacto de la implementación de medidas de respuesta, de acuerdo al artículo 4º, parágrafo 8º de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

### 4.1 Biomas Brasileños

#### 4.1.1 Ecosistemas Costeros

La Zona Costera brasileña abarca ambientes climáticos diversos (húmedo ecuatorial, tropical, semiárido e subtropical), desde la latitud 5°16' Norte hasta la latitud 33°44' Sur, posee una diversificada formación geológica y presenta variadas características geomorfológicas. La línea de costa cambia significativamente de orientación (de SW-NE en la región Sur, a W-E en el estado de Rio de Janeiro, S-N de Espírito Santo a Rio Grande do Norte, ESE-WNW en la región Noreste y NNW-SSE en el estado de Amapá), con una extensión total de aproximadamente 12.400 km cuando son considerados los contornos de las principales bahías, de las grandes islas del archipiélago de Marajó, São Luís y Santa Catarina, y el contorno de la Laguna de los Patos. Las cuencas hidrográficas que alimentan la Zona Costera poseen dimensiones y características geográficas diversas, tales como la cuenca del río Amazonas, los ríos intermitentes en la Región Noreste, los ríos São Francisco, Dulce, Jequitinhonha y Paraíba do Sul, las cuencas del Atlántico limitadas por la Sierra del Mar, y la cuenca de la Laguna de los Patos. De esta forma, los cambios climáticos que ocurran tanto en el continente como en el Océano Atlántico (ciclones extratropicales en la parte Sur, la Zona de Convergencia Intertropical, tempestades tropicales y ciclones extratropicales en el Hemisferio Norte) potencialmente traerán consecuencias importantes sobre la región costera. Para efectos legales, la Zona Costera es constituida por una franja marítima con 12 millas náuticas de ancho, y por una franja terrestre limitada pelos municipios expuestos al mar o a ambientes de estuario, correspondiendo a un ancho promedio de 50 km y a una superficie de 535.000 km<sup>2</sup> (VIDIGAL, 2006, apud NEVES & MUEHE, 2008). Por lo tanto, los efectos del cambio climático sobre la Zona Costera son bastante más amplios que aquellos causados por la elevación termo-eustática del nivel del mar.

Brasil posee una costa con 17 estados bañados por el mar (Amapá, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). Esa extensa costa abriga a un rico mosaico de ecosistemas – estuarios, islas, manglares, restingas, dunas, playas, costas rocosas y arrecifes de corales. La Zona Costera es una parte privilegiada del territorio brasileño en lo relativo a recursos naturales, económicos y humanos.

La costa brasileña puede ser dividida en cuatro grandes áreas:

- La costa litoral amazónica va de la boca del río Oiapoque al delta del río Paraíba. Presenta una gran extensión de manglares exuberantes, así como matas y tierras planas invadidas por las mareas, campos de dunas y playas. Presenta también una rica biodiversidad en especies de crustáceos, peces y aves.
- La costa del noreste comienza en el estuario del río Paraíba y va hasta la Baía de Todos os Santos. Está marcada por la presencia de arrecifes calcíferos y areníticos, además de dunas que, cuando pierden la cobertura vegetal que las fijan, se mueven con la acción del viento. En esta área hay, además, manglares, restingas y matas. En las aguas de la costa nordestina viven el pez buey marino y las tortugas, ambos amenazados de extinción.
- La costa sudeste sigue de la Baía de Todos os Santos hasta el estado de São Paulo. Es el área más densamente poblada e industrializada del país. Sus áreas características son las costas rocosas, los arrecifes y las playas de arenas tipo de monacita. Está dominada por la Sierra del Mar y tiene una línea muy recortada, con varias bahías y pequeñas ensenadas. El ecosistema más importante de esta área es la mata de restinga. Esta parte de la costa es habitada por el oso perezoso (*Melursus ursinus*) de cuello blanco y el mono león dorado, también dos especies amenazadas de extinción.
- La costa sur comienza en el estado de Paraná y termina en el Arroyo Chuí, en el estado de Rio Grande do Sul. Con muchos bañados y manglares, el ecosistema de la región es riquísimo en aves, aunque abriga también a otras especies como castores, nutrias (también amenazadas de extinción) y carpinchos.

En las próximas subsecciones, serán destacados los manglares y las islas marítimas, por tratarse de ecosistemas extremadamente vulnerables al cambio global del clima, además de abordar asuntos referentes a la interferencia humana en esos

ecosistemas, como puertos y terminales, paralela a la ocupación humana en la costa. En la Parte III de la Comunicación, serán presentados algunos de los efectos del cambio global del clima en los ecosistemas marinos y terrestres.

### Islas Marítimas

Considerando la extensión de la costa brasileña, es expresivo el número de islas existentes. Desde el punto de vista ambiental, las islas son conocidas por su fauna y flora únicas, las cuales son particularmente vulnerables a disturbios y destrucción de naturaleza antrópica. Las islas son particularmente vulnerables al cambio climático a partir del potencial aumento del nivel del mar resultante del calentamiento global.

En Brasil, el estudio de islas todavía es poco difundido. Hay un número reducido de informaciones sobre animales y plantas, así como de datos específicos sobre la geomorfología y la geología de las islas. Estudios sobre la vulnerabilidad de las islas brasileñas al aumento del nivel del mar derivado del cambio del clima aún no fueron elaborados.

En futuros estudios, criterios relativos a la población, área y altitud para una distinción preliminar de las islas costeras brasileñas, deben ser combinados con la clasificación de la costa. En relación a la población, todas las islas que tengan centros urbanos deben ser especialmente consideradas (alto riesgo). Debe también considerarse el tipo de costa en la cual la isla está localizada para que se puedan inferir informaciones geológicas y geomorfológicas importantes para la constatación de áreas inundables. El régimen de las mareas es un factor de gran relevancia en contraposición a la altitud. Por ejemplo, la situación en que las islas con bajas altitudes en régimen de macromarea están más comprometidas que las islas de una misma altitud pero con régimen de mesomarea.

El litoral brasileño puede ser dividido en tres tipos de regímenes de mareas, comprendiendo los estados de la Federación incluidos en los intervalos abajo:

- macromarea: del Amazonas a Rio Grande do Norte;
- mesomarea: de Rio Grande do Norte a Bahia; y
- micromarea: de Espírito Santo a Rio Grande do Sul.

Las principales islas marítimas brasileñas están listadas en el Cuadro 4.1, con información sobre su área y localización.

**Cuadro 4.1 Principales islas marítimas brasileñas.**

Nombre	Área (Km²)	Localización		
		Unidades de la Federación	Latitud	Longitud
Costeras				
Grande de Gurupá	3.958,5	Pará	-01° 00'	-51° 34'
Caviana de Fora	2.128,8	Pará	+00° 10'	-50° 00'
Marajó	50.000	Pará	-00° 57'	-49° 56'
Mexiana	1.534	Pará	-00° 02'	-49° 34'
Maracá	463,4	Amapá	+02° 03' 48"	-50° 30' 16"
Maiau	10,1	Maranhão	-01° 07' 00"	-44° 54' 20"
São Joãozinho	71,3	Maranhão	-01° 04' 48"	-45° 58' 24"
São Luís	914,2	Maranhão	-02° 31' 47"	-44° 18' 10"
Grande de Santa Isabel	198,5	Piauí	-02° 51' 07"	-41° 49' 02"
Itaparica	192,2	Bahia	-12° 53' 18"	-38° 40' 43"
Vitória	33,9	Espírito Santo	-20° 19' 10"	-40° 20' 16"
Grande	179,8	Rio de Janeiro	-23° 08' 25"	-44° 10' 09"
Jipóia	5,9	Rio de Janeiro	-23° 02' 34"	-44° 21' 49"
Bom Abrigo	1,1	São Paulo	-25° 07' 16"	-47° 51' 31"
São Sebastião	337,5	São Paulo	-23° 46' 39"	-45° 21' 30"
São Francisco	269,2	Santa Catarina	-26° 17' 26"	-48° 40' 08"
Santa Catarina	423,1	Santa Catarina	-27° 35' 48"	-48° 32' 57"
Oceánicas				
Fernando de Noronha	18,4	Pernambuco	-03° 50' 25"	-32° 24' 38"
Da Trindade	10,1	Espírito Santo	-20° 30' 16"	-29° 18' 46"
Martim Vaz	0,3	Espírito Santo	-20° 29' 10"	-28° 50' 22"

Fuente: IBGE, 2001.

### Manglares

Los Manglares son ampliamente encontrados en las áreas costeras tropicales. En Brasil, sus localizaciones fueron mapeadas en escalas de 1:2.500.000 (para una cobertura nacional) y 1:1.000.000 (para dos áreas seleccionadas en la región Norte) usando imágenes Landsat, cartas náuticas y diversos mapas. Investigaciones identificaron cinco especies principales de árboles en esas áreas: *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana*, *Avicennia nitida*, *Laguncularia racemos* y *Conocarpus erectus*. Esas especies se extienden del Cabo Orange, localizado en los 4° N, hasta la latitud 28° 20' S.

Ese ecosistema representa el 8% de toda la línea de costa del planeta y un cuarto de la línea costera de la zona tropical, sumando un total de 181.077 km<sup>2</sup>. Vale destacar que Brasil es el segundo país en extensión de áreas de manglares (13.400 km<sup>2</sup>), quedando atrás apenas de Indonesia, que presenta 42.550 km<sup>2</sup>, distribuidos a lo largo de sus archipiélagos (SPALDING *et al.*, 1997 apud SOUZA FILHO, 2005).

Os manglares apoyan la cadena biológica de la fauna marina y también retienen los sedimentos, frecuentemente impidiendo o reduciendo problemas de sedimentación en puertos (MUEHE & NEVES, 1995). Dependiendo de la relación entre topografía, provisión de sedimentos y nivel del mar, las comunidades que habitan manglares pueden disminuir o expandirse, mientras que la proporción de las diferentes especies puede variar. Esas variaciones pueden ser investigadas para escenarios diferentes, usando una combinación de modelos físicos y biológicos, pero actualmente los datos y conocimiento son insuficientes, impidiendo su aplicación al caso de Brasil. Por eso, son recomendados métodos simples, tales como el mapeamiento continuo de las áreas de manglares, además de la adopción de una legislación para la protección y estudio de la evolución de esas áreas.

### **Puertos y Terminales**

Los servicios portuarios buscan atender, esencialmente, la demanda presentada por los flujos derivados del comercio exterior brasileño. Por los puertos pasa cerca del 90% de las

cargas comercializadas con el exterior. Los puertos no representan solamente la puerta de entrada y salida de las mercancías; son también inductores del desarrollo en sus áreas de influencia, siendo, por lo tanto, estratégicos para el país.

La evolución del embarque general de cargas en los puertos organizados (públicos) y terminales de uso privativo brasileños, entre el 2003 y el 2007, demuestra que hubo un crecimiento medio anual del 7,2%, siendo que el embarque total de cargas en los puertos/terminales brasileños en el 2007 fue de 754.716.655 toneladas. La participación de los terminales de uso privativo en ese mismo año representó un 63,1%, mientras que la de los puertos organizados (públicos) se situó en un 36,9%, manteniéndose, así, las mismas participaciones desde el 2003. La mayor concentración en los terminales deriva del embarque a granel, principalmente de minerales de hierro y de derivados de petróleo.

El mapa de la Figura 4.1 muestra la posición geográfica de todos los puertos del país (costa marítima e interior) en el año 2007.

**Figura 4.1 Mapa de los principales puertos de Brasil (costeros y fluviales)**



Fuente: ANTAQ, 2007. Disponible en <<http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Portuario2007/Index.htm>>.

Las variaciones en el nivel del mar pueden acarrear consecuencias en las estructuras portuarias (por ejemplo, espigones, boyas de fondeo, diques), así como en la operación portuaria (por ejemplo, intervalos entre dragados, amplitud de oscilaciones en el anclado, frecuencia de inundación).

Considerando un aumento hipotético de un metro en el nivel del mar, diversos puertos serían inundados o su borde libre (altura superior al nivel de la pleamar) sería reducido a menos de 0,5 m. En Macapá, que es influenciado tanto por la descarga del río Amazonas como por las elevadas mareas oceánicas, las inundaciones del área portuaria ya representan un problema. En las regiones Norte y Noreste, tres puertos (Macapá, Itaqui y Cabedelo) podrían llegar a inundarse y cinco (Belém, Fortaleza, Recife, Maceió y Salvador) sufrirían una disminución de sus bordes libres; siendo que todos manipulan carga general y, a excepción de Fortaleza y Maceió, están localizados dentro de bahías o estuarios. En las regiones Sur y Sudeste, tres puertos (Vitória, Angra dos Reis y Paranaguá) podrían inundarse y cuatro (Forno, Rio de Janeiro, Niterói y São Francisco do Sul) tendrían menos de 0,5 m de borde libre. Se estima que las operaciones en todos esos puertos serían adversamente afectadas y que algunas obras de mejoría serían probablemente necesarias. Considerando la localización de esos puertos y su importancia económica para la región, queda evidente que las regiones Norte y Noreste son más vulnerables que las regiones Sur y Sudeste.

El puerto de Suape, localizado a 35 km al sur de Recife, es el primer ejemplo en Brasil donde un posible aumento del nivel del mar fue considerado al momento de su construcción. Una elevación adicional de 0,25 m fue incluida en el proyecto de las estructuras del puerto, basada en los resultados preliminares de las variaciones en el nivel del mar en Recife, considerando un horizonte de 50 años.

Otros efectos deben ser también considerados. Mayores niveles del mar permiten que las olas lleguen a la costa con una mayor altura debido a la reducción de la fricción con el fondo. Las fuerzas de las olas son proporcionales a la segunda o tercera potencia de la altura de la ola. Así, un aumento del 10% en la altura de una ola aumenta el esfuerzo sobre los pilares en un 20% y aumenta en un 30% el peso de los bloques de roca empleados en la construcción de espigones. Tales cambios serían particularmente importantes para puertos localizados en costas a mar abierto, como en el caso de Recife y Suape, Ilhéus, Praia Mole, Imbituba o en islas artificiales, como por ejemplo, Areia Branca y Sergipe.

Cambios en el patrón de transporte de sedimentos y de deposición también interferirían en la operación de los puertos.

Santos, localizado en un estuario, tiene una larga historia de problemas de intrusión salina, estimados en 1,5 millones m<sup>3</sup>/año de sedimentos fluviales y 0,3 millones m<sup>3</sup>/año de sedimentos marinos. Belém e Itaqui están localizados en estuarios con altas variaciones de mareas y movimientos significativos de sedimentos. En Belém, el volumen medio anual dragado es de aproximadamente 1,0 millón de m<sup>3</sup>, mientras parece no haber problemas en Itaqui. Rio Grande está en la desembocadura de la Laguna de los Patos, donde la marea astronómica es insignificante y las condiciones de flujo son determinadas por las condiciones meteorológicas en el océano y en la laguna, siendo que la intrusión salina es de aproximadamente 0,35 millones m<sup>3</sup>/año. Las tasas y lugares de sedimentación podrán variar con cambios en el nivel del mar. En la costa a mar abierto, un aumento en la tasa de transporte de arena a lo largo de la costa debe ser esperado como consecuencia de mayores olas, siendo Recife un ejemplo de eso. Tres lugares donde ya se verifica una severa deposición en el canal de acceso son: Fortaleza (0,6, 1,6 y 2,5 millones m<sup>3</sup>/año en los años 1960, 1970 y 1980, respectivamente), Paranaguá (38 millones m<sup>3</sup> entre 1968 y 1979) y São Francisco do Sul (3,4 millones m<sup>3</sup> entre 1974 y 1979 en el canal de acceso y 16.000 m<sup>3</sup> en la cuenca de evolución).

Aumentos en la altura de las olas ya fueron descritos en el Atlántico Norte. Cambios similares en el Atlántico Sur serían motivo de preocupación para la industria de petróleo offshore que provee la mayor parte del petróleo y el gas natural producidos en Brasil, como también para todas las estructuras costeras.

### **Ocupación Humana de la Costa**

La distribución geográfica de la población en los estados costeros es bastante diferenciada. Llevándose en cuenta apenas las microrregiones consideradas por el IBGE que se localizan en la Zona Costera, y dentro de ellas los municipios que son bañados por el mar o se localizan en ambientes de estuario, el porcentaje de la población brasileña que efectivamente reside en la Zona Costera se sitúa en la franja del 22% al 25%, valor que se mantiene estable desde el Censo de 1980. Esto se opone a una visión usualmente aceptada de que Brasil es un país cuya población se concentra en la costa marítima. Se identifican tres categorías entre los estados brasileños: aquellos que presentan una población en los municipios costeros inferior al 10% (São Paulo, Paraná y Piauí); los que poseen una población superior al 60% (Rio de Janeiro y Amapá); y los que presentan una población en la franja del 20% al 50% (los demás). Como forma de caracterizar la ocupación humana en la costa, se puede adoptar la densidad demográfica espacial o el índice denominado "Población por extensión

de Línea de Costa - PLC", que consiste en la razón entre la población de los municipios costeros dentro de una microrregión y la extensión de la línea de la costa - LC, en kilómetros de esta microrregión. De acuerdo al conteo poblacional del 2007, aproximadamente 7.100 km de la costa brasileña presentan valores de PLC inferiores a 1.000 hab/kmLC, o sea, son regiones deshabitadas, y por este motivo, vulnerables a la ocupación indebida o ambientalmente frágiles. Cerca de 3.700 km presentan una ocupación de entre 1.000 y 5.000 hab/kmLC, lo que corresponde a municipios pequeños; aproximadamente 500 km presentan un valor de PLC de entre 5.000 y 10.000 hab/kmLC, lo que corresponde a ciudades de porte medio; y, aproximadamente, apenas 1.000 km presentan un valor de PLC superior a 10.000 hab/kmLC, categoría que engloba a las principales capitales estatales costeras del país.

Los Datos del Censo Demográfico del 2000 mostraron que la Zona Costera tenía 395 municipios (IBGE, 2000b). Del total de municipios costeros, 179 (45,3%) fueron clasificados como de pequeño porte (población inferior a 20 mil habitantes). Estos estaban localizados, primordialmente, en las regiones Sur (57,33%) y Noreste (47,9%), conformando decenas de núcleos tradicionales con la economía basada en la agricultura, la ganadería, la pesca, y más recientemente, en la carcinicultura<sup>26</sup> y en las actividades turísticas y de esparcimiento.

Los municipios de porte medio, con una población de entre 20 y 100 mil habitantes, predominaban en las regiones Noreste (56,8%) y en el Sudeste (19,3%), las dos regiones que, históricamente, fueron ocupadas desde el período colonial. Esos municipios presentaban un perfil socioeconómico urbano aún incipiente, intensificado en los últimos años por la explotación turística e inmobiliaria de la costa marítima. Por otro lado, los municipios con más de 100 mil habitantes, considerados como de gran porte, se localizan primordialmente en las regiones Sudeste (40,9%) y Noreste (39,3%), conformando una compleja red de espacios altamente urbanizados, pero carentes de calidad socioambiental. Predominan en esos sistemas urbanos la concentración poblacional, las actividades industriales, comerciales y de servicios. Por lo tanto, se constituyen en los lugares de mayor vulnerabilidad socioambiental (STROHAECKER, 2008).

La Zona Costera brasileña, por lo tanto, puede ser considerada una región de contrastes. En ella son encontradas áreas donde coinciden una intensa urbanización, actividad portuaria e industrial relevante y explotación turística a larga escala (como los casos de las metrópolis y centros regionales coste-

ros localizados, en gran parte, en áreas de estuario y bahías, centros difusores de los primeros movimientos de ocupación de Brasil). Por otro lado, se encuentran también, áreas de baja densidad de ocupación y presencia de ecosistemas de gran significado ambiental, que, sin embargo, vienen siendo objeto de un acelerado proceso de ocupación.

En ese contexto, el Ministerio de Medio Ambiente, en cooperación con el Consejo Interministerial del Mar, los gobiernos estaduais, el Instituto Brasileño de Medio Ambiente y Recursos Naturales Renovables - Ibama, y otras instituciones, intentan ordenar y proteger los ecosistemas con la implementación del Plan Nacional de Gerenciamiento Costero - PNGC<sup>27</sup>.

#### 4.1.2 Amazonia

En territorio brasileño, los ecosistemas amazónicos ocupan los estados de Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima y parte de los estados de Maranhão, Tocantins y Mato Grosso. La Amazonia es reconocida como el mayor bosque tropical existente, el equivalente a 1/3 de las reservas de bosques tropicales húmedos y el mayor banco genético del planeta. Contiene 1/5 de la disponibilidad mundial de agua dulce y un patrimonio mineral no mensurado.

La gran diversidad geológica, aliada al relevo diferenciado, tuvo como resultado la formación de las más variadas clases de suelo, bajo la influencia de las grandes temperaturas y precipitaciones, características del clima ecuatorial caliente superhúmedo y húmedo. Sin embargo, la fertilidad natural de los suelos es baja, en contraste a la exuberancia de los bosques ombrófilos (húmedos) que en ellas se desarrollan.

El bosque, a pesar de ser la característica más destacada de la Amazonia, no esconde la gran variedad de ecosistemas presentes, entre los cuales se destacan las matas de tierra firme, los bosques y áreas llanas inundadas por ríos, los campos abiertos y cerrados. Consecuentemente, la Amazonia abriga una infinidad de especies vegetales y animales.

En ningún lugar del mundo existen más especies de animales y de plantas que en la Amazonia, tanto en términos de especies habitando la región como un todo, como coexistiendo en un mismo punto. Sin embargo, a pesar de que la Amazonia sea la región de mayor biodiversidad del planeta, apenas una fracción de esa biodiversidad es conocida.

27 O PNGC fue constituido por la Ley nº 7.661, del 16 de mayo de 1988, cuyos detalles y operacionalización fueron objeto de la Resolución nº 01, de la Comisión Interministerial para los Recursos del Mar - CIRM, del 21 de noviembre de 1990, aprobada después de la audiencia del Consejo Nacional de Medio Ambiente - CONAMA. Vide: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa/\\_arquivos/pafzc\\_out2005.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa/_arquivos/pafzc_out2005.pdf)>.

26 Carcinicultura es la cría de camarones en viveros.

De acuerdo a registros del Museo Paraense Emílio Goeldi - MPEG<sup>28</sup>, la riqueza de la flora de la Amazonia comprende a aproximadamente 30.000 especies, cerca del 10% de las plantas de todo el planeta. La diversidad de árboles varía de 40 a 300 especies diferentes por hectárea.

En relación a los artrópodos (insectos, arañas, escorpiones, ciempiés etc.) las estimativas del equipo de investigadores del Museo Emílio Goeldi es que más del 70% de las especies de la Amazonia aún no poseen nombres científicos y, considerando el ritmo actual de trabajos de levantamiento y taxonomía, tal situación permanecerá por mucho tiempo. Existen registros de 1.800 especies de mariposas y estimativas de la existencia de más de 3.000 especies de hormigas y de 2.500 a 3.000 especies de abejas.

Hay también, en el Museo Emílio Goeldi, datos de la existencia de aproximadamente 1.300 especies de peces para toda la cuenca amazónica, siendo que apenas en el río Negro ya fueron registradas 450 especies. Registros de 163 especies de anfibios; de 240 especies de reptiles, muchas de las cuales se restringen a la Amazonia o a parte de ella; de más de 1.000 especies de aves, de las cuales 283 poseen una distribución muy restricta o son muy raras; y de 311 especies de mamíferos, las cuales deben ser destacadas.

Varios estudios realizados en la Amazonia, particularmente bajo el Experimento a Larga Escala de la Biósfera-Atmósfera en la Amazonia - LBA<sup>29</sup>, muestran la existencia de una dinámica particular del bosque amazónico, que a veces actúa como fuente y otras como sumidero de carbono. Algunos resultados recientes corroboran el entendimiento de que el bosque amazónico está actuando como un sumidero de carbono, en particular los resultados del estudio en partes permanentes establecidas en la Reserva Ducke<sup>30</sup>. Este estudio ha demostrado que, aunque el bosque natural esté actuando como un sumidero, eso no ocurre de forma homogénea en todas las áreas, dependiendo del tipo de suelo y de otras variables.

28 El Museo Paraense Emílio Goeldi - MPEG, es una institución de investigación vinculada al Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil. Está localizado en la ciudad de Belém, estado de Pará, región amazónica. Desde su fundación, en 1866, sus actividades se concentran en el estudio científico de los sistemas naturales y socioculturales de la Amazonia, así como en la divulgación de conocimientos y acervos relacionados a la región. Vide: <<http://www.museu-goeldi.br/institucional/index.htm>> e <<http://www.museu-goeldi.br/biodiversidade/index.asp>>.

29 Vide Parte IV, sección 2.3, sobre Programa a Gran Escala de la Biósfera-Atmósfera en la Amazonia (*Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia - LBA*)

30 La Reserva Forestal Adolpho Ducke, de propiedad del Instituto Nacional de Investigación de la Amazonia-INPA, localizada en la zona este de Manaus, representa uno de los recursos ambientales más valiosos de la ciudad, pues alberga una fauna y una flora extremadamente diversas y varias nacientes de, ofreciendo agua pura y limpia al entorno de la Reserva.

Los resultados de otras investigaciones en Brasil también han señalado que una elevación de la temperatura media en 3 °C a 4 °C en la Amazonia, hasta el año 2100, tendría un impacto significativo en el bosque, no adaptado a temperaturas superiores a los 40 °C. Se proyecta que parte de la vegetación natural sería substituida por otra semejante a la del Cerrado, que soporta mayores temperaturas.

El uso y la ocupación del suelo de la Amazonia son caracterizados por el extractivismo vegetal y animal - incluyendo la extracción de madera por madereras - por la ganadería, por la agricultura de subsistencia, así como por el cultivo de especies vegetales arbustivo-arbóreas. La producción de granos recubre extensiones continuas expresivas. La actividad minera y la búsqueda de diamantes (actividades puntuales) y la infraestructura regional (actividades puntuales y lineares) también son responsables por la alteración de los ecosistemas naturales. En los alrededores de los núcleos urbanos y las áreas de ocupación más antiguas, una buena parte de las tierras, antes desmatadas, se encuentra recubierta o por vegetación secundaria (capoeiras) o por bosques nativos en sus varias fases de crecimiento y regeneración.

Los instrumentos de conservación de la naturaleza, presentes en la Amazonia, son el manejo de ecosistemas, las unidades de conservación, el estudio y la preservación de especies de la fauna y la flora.

La Amazonia desempeña un papel fundamental en el control del régimen de precipitación y humedad en gran parte del continente sudamericano y posee gran parte del agua dulce del planeta, además de abrigar una inmensa biodiversidad. Todos los motivos aquí citados tornan a esta región especialmente sensible al cambio global del clima.

#### 4.1.3 Mata Atlántica

La Mata Atlántica es un complejo y exuberante conjunto de ecosistemas de gran importancia por abrigar a una parte significativa de la diversidad biológica de Brasil, reconocida nacional e internacionalmente en el medio científico. Lamentablemente, es también uno de los biomas más amenazados del mundo debido a las constantes agresiones o amenazas de destrucción de los hábitats en sus variadas tipologías y ecosistemas asociados.

La Mata Atlántica está distribuida a lo largo de la costa atlántica del país, abarcando áreas de Argentina y de Paraguay en las regiones Sudeste y Sur. La Mata Atlántica ocupaba originalmente 1.315.460 km<sup>2</sup> del territorio brasileño. Sus límites originales contemplaban áreas en 17 estados, (PI, CE, RN,

PE, PB, SE, AL, BA, ES, MG, GO, RJ, MS, SP, PR, SC e RS), lo que correspondía a aproximadamente el 15% del territorio de Brasil. Actualmente, sin embargo, cerca del 70% de esta área ya fue deforestada (ROMA, 2007).

En esa extensa área, vive actualmente cerca del 60% de la población brasileña, que, según el Censo Poblacional 2007 del IBGE, equivale a más de 112 millones de habitantes en 3.222 municipios, que corresponden al 58% de los existentes en Brasil. De estos municipios, 2.594 poseen la totalidad de sus territorios en el bioma y otros 628 municipios están parcialmente incluidos (IBGE, 2005).

El alto grado de interferencia en la Mata Atlántica es conocido. Desde el inicio de la colonización europea, con la ocupación de los primeros espacios territoriales próximos a la región costera y la exploración del palo-brasil - árbol del cual era extraída una tintura muy utilizada por la industria textil en la época - mucha materia prima pasó a ser explotada. Los Impactos de los diferentes ciclos de explotación vinieron posteriormente, como el del oro, el de la caña de azúcar y, posteriormente, el del café. Nuevos ciclos económicos, de desarrollo y de integración nacional surgieron y se instaló definitivamente un proceso de industrialización y, consecuentemente, de urbanización, con las principales ciudades y metrópolis brasileñas asentadas hoy en el área originalmente ocupada por la Mata Atlántica, que hicieron que su vegetación natural fuese reducida drásticamente.

La dinámica de la destrucción fue más acentuada en las últimas tres décadas, teniendo como resultado alteraciones severas para los ecosistemas por la alta fragmentación del hábitat y la pérdida de su biodiversidad. La Figura 4.2 muestra

el área de Mata Atlántica remaneciente en el país, en el más reciente levantamiento de imágenes, producido por el INPE y por el Instituto SOS Mata Atlántica.

**Figura 4.2 Atlas de las áreas remanecientes de bosques de Mata Atlántica.**



Fuente: SOSMA/INPE, 2008. Disponible en: < [http://mapas.sosma.org.br/site\\_media/download/mapas\\_a3/estados/mapa\\_BRASIL\\_a3\\_portrait\\_08\\_SDEC.pdf](http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/mapas_a3/estados/mapa_BRASIL_a3_portrait_08_SDEC.pdf)>.

#### 4.1.4 Campos Sureños

Los “Campos Sureños” fueron así denominados por el estudio de prioridades para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad de la Mata Atlántica y de los Campos Sureños del MMA/Pronabio, elaborado por la institución Conservación Internacional - CI, Instituto Socioambiental - ISA, WWF e Instituto Brasileño de Medio Ambiente y de Recursos Naturales Renovables - Ibama<sup>31</sup>. De manera genérica, los campos de la región Sur de Brasil son denominados “pampas”, término de origen indígena para la “región plana”. Esta denominación, sin embargo, corresponde solamente a uno de los tipos de campo, más encontrado al sur del estado de Rio Grande do Sul, abarcando también territorio de Uruguay y Argentina. Otros tipos conocidos como campos del alto de la sierra son encontrados en áreas de transición con el dominio de araucarias. En otras áreas se encuentran, además, campos de fisionomía semejante a la sabana.

A primera vista, la vegetación campestre muestra una aparente uniformidad, presentando en las partes altas más planas una alfombra herbácea baja, de 60 cm a 1 m, poco densa y pobre en especies, que se torna más densa y rica en los declives, predominando gramíneas, compuestas y leguminosas; los géneros más comunes son: *Stipa*, *Piptochaetium*, *Aristida*, *Melica* e *Briza*. La mata aluvial presenta innumerables especies arbóreas de interés comercial.

La vocación de la región de Campaña, la mayor extensión de campos del estado de Rio Grande del Sur, está en la ganadería de corte. Las técnicas de manejo adoptadas, sin embargo, no son adecuadas para las condiciones de esos campos, y la práctica artesanal quemadas aún no es bien conocida en todas sus consecuencias. Los pastajes son, en su mayoría, utilizados sin grandes preocupaciones con la recuperación y el mantenimiento de la vegetación. Los campos naturales en Rio Grande do Sul son generalmente explotados bajo un pastoreo continuo y extensivo.

Otras actividades económicas importantes, basadas en la utilización de los campos, son las culturas del arroz, el maíz, el trigo y la soja, muchas veces practicadas en asociación con la creación de ganado bovino y ovino. En el alto río Uruguay y en la planicie media, la expansión de la soja y también del trigo llevó a la desaparición de los campos y a la deforestación de las matas. Actualmente, esas dos culturas ocupan prácticamente toda el área, provocando una gradual disminución de la fertilidad de los suelos. De eso también resultan la erosión, la compactación y la pérdida de materia orgánica.

31 Vide <[http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/campos\\_sulinos.htm](http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/campos_sulinos.htm)>

#### 4.1.5 Pantanal

La Comisión Interministerial para Preparación de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en 1991, definió al Pantanal de Mato Grosso como “la mayor planicie de inundación continua del planeta”. Su localización geográfica es de particular relevancia, ya que representa el vínculo entre la sabana del Cerrado, en la región central de Brasil, el Chaco, en Bolivia, y la región Amazónica, al Norte, también identificándose, aproximadamente, con la cuenca del alto Paraguay<sup>32</sup>.

El Pantanal funciona como un gran embalse, provocando un desfase de hasta cinco meses entre las corrientes de entrada y salida de agua. El régimen de verano determina inundaciones entre noviembre y marzo en el norte, y entre mayo y agosto en el sur, siendo en ese caso, bajo la influencia reguladora del Pantanal.

Como área de transición, la región del Pantanal ostenta un mosaico de ecosistemas terrestres, con afinidades, sobre todo, con el Cerrado y, en parte, con la bosque Amazónico, además de ecosistemas acuáticos y semiacuáticos, interdependientes en mayor o menor grado. Los altiplanos y las tierras altas de la cuenca superior son formados por áreas escarpadas y rastros de altiplanos erosionados, conocidos localmente como sierras. Están cubiertos por vegetaciones predominantemente abiertas, tales como campos limpios, campos sucios, sabanas y grandes sabanas, determinadas, principalmente, por factores edafoclimáticos, y también por bosques húmedos, prolongamientos del ecosistema amazónico.

La planicie inundable que forma el Pantanal propiamente dicho, representa una de las más importantes áreas húmedas de América del Sur. En ese espacio pueden ser reconocidas planicies de baja, media y alta inundación, destacándose los ambientes de inundación fluvial generalizada y prolongada. Esos ambientes, periódicamente inundados, presentan una alta productividad biológica, gran densidad y diversidad de la fauna.

El proceso de expansión de la frontera, dado principalmente después de 1970, fue la causa fundamental del crecimiento demográfico del Centro-Oeste brasileño. La región de la planicie del Pantanal, con su estructura agraria de grandes propiedades orientadas a la ganadería en sus áreas inundables, no se incorporó al proceso de crecimiento poblacional. No hubo un aumento significativo en número o población de las ciudades de la región. En el altiplano, sin embargo, el patrón de crecimiento urbano fue acelerado. Como todas las ciudades surgidas o expandidas en esa época, las de Mato Grosso y Mato Grosso do Sul no tenían ni tienen una infraes-

32 Vide <<http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/pantanal.htm>>.

estructura adecuada para minimizar el impacto ambiental del crecimiento acelerado, causado, principalmente, por el lanzamiento de efluentes domésticos o industriales en los cursos de agua de la cuenca. Ese tipo de contaminación repercute directamente en la planicie de la región, que recibe los sedimentos y residuos de las tierras altas.

El mismo proceso de expansión de la frontera fue responsable por el aprovechamiento de las sabanas para la agropecuaria, lo que causó una ola deforestación de áreas del altiplano para la implantación de cultivos de soja y arroz, además de pastajes.

#### 4.1.6 Cerrado

El bioma *Cerrado* es considerado como un ecosistema tropical de sabana, con similitudes a las sabanas de África y Australia. EL área nuclear o central del *Cerrado* está distribuida, principalmente, por el Altiplano Central Brasileño, en los estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, parte de Minas Gerais, Bahía y el Distrito Federal, abarcando 196.776.853 ha. Hay otras áreas de *Cerrado*, llamadas periféricas o ecótonos, que son transiciones con los biomas Amazonia, Mata Atlántica y el semidesértico *Caatinga*.

Los Cerrados son así reconocidos debido a sus diversas formaciones ecosistémicas. Bajo el punto de vista fisionómico, existen el "gran cerrado", el cerrado típico, el campo cerrado, el campo sucio de cerrado, y el campo limpio, que presentan una altura y biomasa vegetal en orden decreciente. El llamado "gran cerrado" es el único considerado como una formación forestal.

La típica vegetación que se da en el *Cerrado* posee sus troncos tortuosos, de bajo porte, ramas retorcidas, cortezas espesas y hojas gruesas. Los estudios efectuados consideran que la vegetación nativa del *Cerrado* no presenta esa característica debido a la falta de agua – pues, allí existe una grande y densa red hídrica – sino que eso se debe a factores edáficos, como el desequilibrio en el tenor de micronutrientes, como, por ejemplo, el aluminio.

El *Cerrado* brasileño es reconocido como la sabana más rica del mundo en biodiversidad con la presencia de diversos ecosistemas y flora y fauna riquísimas.

Hasta la década de 1950, los *Cerrados* se mantuvieron casi inalterados. A partir de la década de 1960, con la interiorización de la capital del país y la abertura de una nueva red de rutas, grandes ecosistemas dieron lugar a la ganadería y a la agricultura extensiva, como la soja, el arroz y el trigo. Tales

cambios se apoyaron, sobre todo, en la implantación de una nueva infraestructura vial y energética, así como en el descubrimiento de nuevas vocaciones de esos suelos regionales, permitiendo nuevas actividades agrarias rentables, lo que causó un impacto en la biodiversidad hasta entonces poco alterada.

A partir de la década de 1990, gobiernos y diversos sectores organizados de la sociedad iniciaron debates sobre como conservar las áreas remanecientes del *Cerrado*, con la finalidad de buscar tecnologías basadas en el uso adecuado de los recursos hídricos, en la extracción de productos vegetales nativos, en los criaderos de animales silvestres, en el ecoturismo y en otras iniciativas que posibiliten un modelo de desarrollo sustentable.

#### 4.1.7 Caatinga

El bioma *Caatinga* es el principal ecosistema existente en la región Noreste, extendiéndose por el dominio de climas semiáridos y ocupando los estados de Bahía, Ceará, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Sergipe, Alagoas, Maranhão y Minas Gerais. El término *Caatinga* es originario del tupi-guaraní<sup>33</sup> y significa "mata blanca". Es un bioma único, pues, a pesar de estar localizado en un área de clima semiárido, presenta una grande variedad de paisajes y una relativa riqueza biológica y de endemismo. Las sequías estacionales y periódicas establecen regímenes intermitentes a los ríos, dejando la vegetación sin hojas. El follaje de las plantas vuelve a brotar y queda verde en los cortos períodos de lluvias.

La *Caatinga* está dominada por tipos de vegetación con características xerofíticas – formaciones vegetales secas, que componen un paisaje cálido y espinoso – con estratos compuestos por gramíneas, arbustos y árboles de porte bajo o medio (3 a 7 metros de altura), caducifolias, con gran cantidad de plantas espinosas, mezcladas entre otras especies como las cactáceas y las bromeliáceas.

La mayor parte de la población local sobrevive de una agricultura incipiente, de un extractivismo vegetal pobre y de una ganadería irrisoria. Existe la pecuaria bovina y la pecuaria caprina, siendo esta más importante que la primera. Los ovinos deslanados también son criados como alternativa. La irregularidad climática es uno de los factores que más interfiere en la vida de la población. Aun cuando llueve, el suelo raso y pedregoso no tiene capacidad de almacenar el agua que cae y la temperatura elevada (medias de entre 25 °C y

<sup>33</sup> Lengua indígena brasileña; lengua general hablada hasta el siglo XIX en la costa marítima (designación genérica de las tribus tupis del litoral), y actualmente, todavía presentes en ciertas áreas esparcidas en la Amazonia bajo el nombre de nheengatu.

29 °C) provoca una intensa evaporación. Por eso, solamente en algunas áreas próximas a las sierras, donde la presencia de lluvias es mayor, la agricultura se torna posible. Existen algunas manchas de suelo que pueden ser aprovechadas por la agricultura, y actualmente, con una fuerte irrigación y corrección del suelo (ya que este en general es ácido) se planta café, mango y otras frutas con gran éxito<sup>34</sup>.

Los ecosistemas del bioma *Caatinga* se encuentran bastante alterados, con la sustitución de especies vegetales nativas por cultivos y pastajes. Las quemadas son todavía prácticas comunes para la preparación de la tierra para la agropecuaria. Aproximadamente el 80% de los ecosistemas originales ya fueron antropizados<sup>35</sup>.

## 4.2 Regiones de Ecosistemas Frágiles

Los ecosistemas frágiles incluyen los desiertos, las tierras semiáridas, las montañas, las tierras húmedas, las isletas y determinadas áreas costeras, siendo importantes por tener características y recursos propios.

El territorio brasileño está constituido por estructuras geológicas muy antiguas y está bastante erosionado. El país presenta modestas altitudes, ya que el 93% del territorio brasileño posee altitudes inferiores a 900 metros. Así, no hay grandes cadenas montañosas en Brasil, y las mayores montañas del país se localizan en parques nacionales<sup>36</sup>, como puede ser verificado en el Cuadro 4.2.

En el país ha sido dada una atención especial a la conservación de la Sierra del Mar, que constituye un sistema montañoso que se extiende desde el estado de Espírito Santo hasta el sur del estado de Santa Catarina. La Sierra del Mar abraza los principales remanentes de la Mata Atlántica, que recubría toda la costa este brasileña, desde el estado de Rio Grande do Norte hasta el estado de Rio Grande do Sul.

La Constitución Federal dispone que “el Bosque Amazónico brasileño, la Mata Atlántica, la Sierra del Mar, el Pantanal de Mato-Grosso y la Zona Costera son patrimonio nacional, y su utilización se hará, en la forma de la ley, dentro de condiciones que garanticen la preservación del medio ambiente, inclusive en relación al uso de los recursos naturales”<sup>37</sup>.

34 Vide: <<http://www.vivaterra.org.br/caatinga.htm>>.

35 Vide < <http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/caatinga.htm>

36 El 22 de agosto del 2002, fue creado por Decreto Presidencial el Parque Nacional de las Montañas de Tumucumaque, en la región noroeste de Amapá, en la frontera con la Guyana Francesa, que corresponde a 3,8 millones de hectáreas de bosque amazónico continuo y prácticamente intocado.

37 En su artículo 225º, parágrafo 4º.

**Cuadro 4.2 Montañas de Brasil con altitudes superiores a los 2.600 metros**

Nombre	Localización	Estado	Altitud
			(M)
Pico da Neblina	Parque Nacional do Pico da Neblina	Amazonas	3.014
Pico 31 de Março	Parque Nacional do Pico da Neblina	Amazonas	2.992
Pico da Bandeira	Parque Nacional do Caparaó	Espírito Santo / Minas Gerais	2.890
Pico das Agulhas Negras	Parque Nacional do Itatiaia	Minas Gerais / Rio de Janeiro	2.787
Pico do Cristal	Parque Nacional do Caparaó	Minas Gerais	2.780
Pedra da Mina	Serra Fina	Minas Gerais / São Paulo	2.770
Monte Roraima	Parque Nacional do Monte Roraima	Roraima	2.727
Morro do Couto	Parque Nacional do Itatiaia	Rio de Janeiro	2.680
Pedra do Sino de Itatiaia	Parque Nacional do Itatiaia	Minas Gerais	2.670
Pico dos Três Estados	Serra Fina	Minas Gerais / Rio de Janeiro / São Paulo	2.665
Pedra do Altar	Parque Nacional do Itatiaia	Minas Gerais / Rio de Janeiro	2.665
Morro da Cruz do Negro	Parque Nacional do Caparaó	Espírito Santo	2.658
Pedra Roxa	Parque Nacional do Caparaó	Espírito Santo	2.649
Pico do Tesouro	Parque Nacional do Caparaó	Espírito Santo	2.620
Pico do Maromba	Parque Nacional do Itatiaia	Rio de Janeiro	2.619
Morro do Massena	Parque Nacional do Itatiaia	Minas Gerais / Rio de Janeiro	2.609
Pico da Cabeça de Touro	Serra Fina	São Paulo	2.600

Fuente: IBGE, 1996.

### 4.3 Desertificación

La desertificación no es un problema reciente. En 1977, en Nairobi, Kenia, fue realizada la Conferencia Internacional de las Naciones Unidas para el Combate a la Desertificación, donde fueron fijadas las líneas del Plan de Acción de Combate a la Desertificación - PACD, que tenía como objetivo desarrollar acciones en el ámbito mundial. Sin embargo, los avances obtenidos fueron extremadamente modestos.

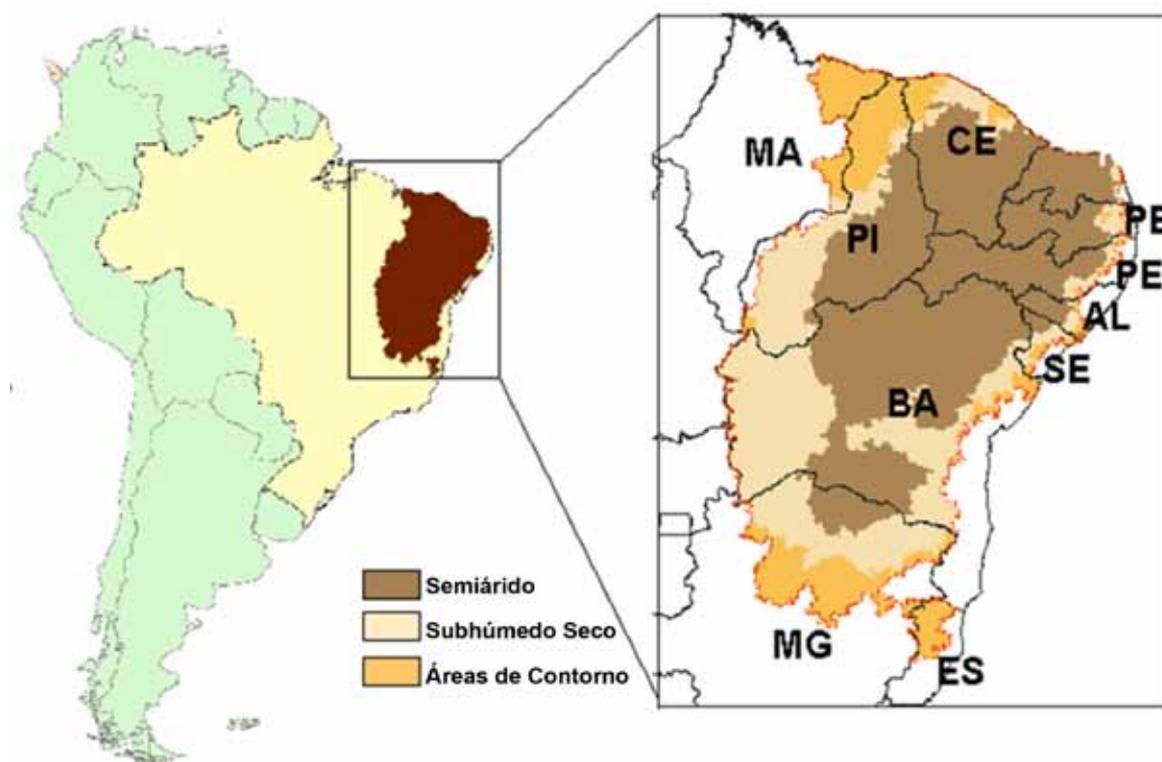
Como foco de aplicación de la Convención de las Naciones Unidas para el Combate a la Desertificación, las áreas susceptibles a la desertificación son aquellas de clima árido, semiárido y subhúmedo seco. Esas clases climáticas, en el ámbito de la cuestión de la desertificación, son determinadas de acuerdo al Índice de Aridez (THORNTHWAITE, 1941), adoptado para el establecimiento de las áreas susceptibles y para la elaboración del World Atlas of Desertification publicado por el United Nations Environment Programme (UNEP, 1997), mapa este que ha servido de parámetro en todo el mundo. Ese índice es definido como la razón entre la canti-

dad de agua proveniente de la lluvia y la evapotranspiración potencial, o sea, la pérdida máxima posible de agua por la evaporación y transpiración, determinando las siguientes categorías:

- Hiperárido -  $< 0,03$
- Árido -  $0,03 - 0,20$
- Semiárido -  $0,21-0,51$
- Subhúmedo seco -  $0,51-0,65$
- Subhúmedo húmedo -  $> 0,65$

Las áreas susceptibles a la desertificación corresponden a más del 30% de la superficie terrestre del planeta, donde viven más de mil millones de personas. En Brasil, las áreas susceptibles son aquellas que corresponden a las regiones semiárida y subhúmeda seca, localizadas en su gran mayoría en la región Noreste y en el norte de los estados de Minas Gerais y Espírito Santo (Figura 4.3).

**Figura 4.3 Áreas del territorio brasileño susceptibles a la desertificación**

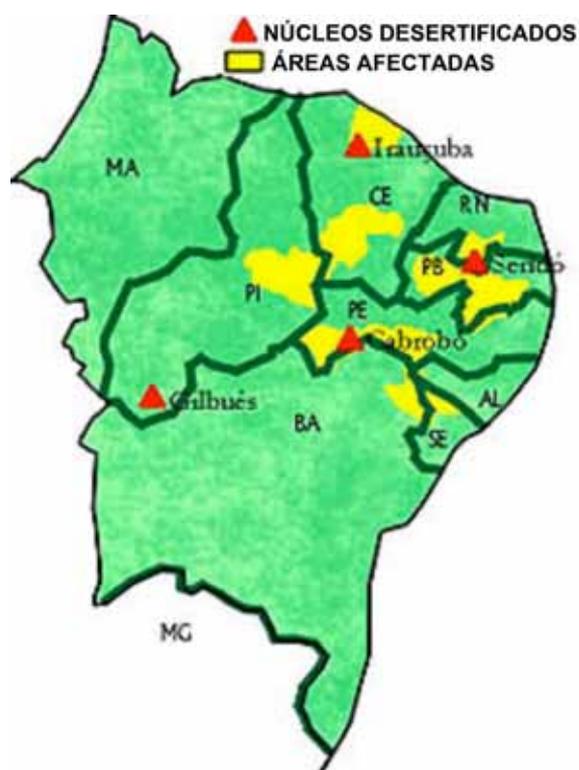


Fuente: MMA, 2004.

La región semiárida brasileña se caracteriza por una evapotranspiración elevada, dada en períodos de sequías, suelos de poca profundidad, alta salinidad, baja fertilidad y reducida capacidad de retención de agua, lo que limita su potencial productivo. Además, el proceso de desertificación es intensificado por la pobreza, y viceversa. En la región semiárida brasileña son verificados los indicadores sociales más alarmantes de Brasil. Las áreas susceptibles a la desertificación suman entre 940 mil y 2,3 millones de km<sup>2</sup>, o sea, entre un 11% y un 15,2% del territorio brasileño, concentrando 1.482 municipios, donde viven cerca de 32 millones de habitantes (MMA, 2004). Son números que hacen del conjunto de esta área, la región seca más habitada del mundo.

Datos del Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2004) indican que una área de 181.000 km<sup>2</sup> en la región semiárida viene siendo seriamente afectada por el proceso de desertificación, con la generación de impactos difusos, abarcando diferentes niveles de degradación de los suelos, de la vegetación y de los recursos hídricos. Las áreas más críticas, con una intensa degradación, generan daños considerables, conocidos como núcleos desertificados, los cuales fueron inicialmente identificados en cuatro localidades: Gilbués, Iraçuba, Seridó y Cabrobó, totalizando 18.743,5 km<sup>2</sup>, conforme ilustra la Figura 4.4.

**Figura 4.4 Áreas afectadas y núcleos desertificados en la región Noreste de Brasil.**



La región Noreste de Brasil se caracteriza naturalmente por tener un alto potencial para evaporación del agua, debido a la enorme disponibilidad de energía solar y a las altas temperaturas. Obsérvese que los ciclos de fuertes sequías que normalmente castigan a la región, se dan en intervalos que van de pocos años e inclusive pueden llegar a durar décadas. Los aumentos de temperatura asociados al cambio del clima derivado del calentamiento global, independientemente de lo que pueda pasar con las lluvias, serían ya suficientes para causar una mayor evaporación de los lagos, embalses y represas y una mayor demanda evaporativa de las plantas. Esto quiere decir que, a no ser que haya un aumento del volumen de las lluvias, el agua se tornará un bien aún más escaso, con serias consecuencias para la sustentabilidad del desarrollo regional (MARENGO, 2008).

Un estudio desarrollado por el Núcleo de Asuntos Estratégicos de la Presidencia de la República, en el 2005 (NAE, 2005), reveló que la región Noreste es la región del país más vulnerable al cambio global del clima, considerando que en esa región la escasez de agua ya es un problema. Actualmente, la disponibilidad hídrica per capita en la región es insuficiente en los estados de Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas y Sergipe, sin contar además las variaciones regionales de déficit hídrico, que hacen que la situación sea aún más insustentable para los habitantes del semiárido afectados por el estrés hídrico.

Es importante resaltar que, en Brasil, las áreas susceptibles a la grave degradación de los suelos, de los recursos hídricos, de la vegetación y a la reducción de la calidad de vida de la población afectada, no se limitan a las regiones semiárida o subhúmeda seca. Han sido identificados procesos de degradación de suelos en otros lugares del país, como en Rio Grande do Sul (especialmente en el municipio de Alegrete), Paraná, São Paulo y Rondônia. Sin embargo, la situación más preocupante de degradación es la de la región del Cerrado, pues el suelo, formado por arena quartzolita, es naturalmente poco estructurado y pobre en nutrientes. Aunque la vegetación compense la fragilidad del ecosistema, manteniendo una pequeña camada de suelo fértil, las frecuentes quemadas y la acción del ganado, que consume todos los brotes, provocan un debilitamiento de la tierra, posibilitando que la camada de tierra productiva ceda lugar a la arena. Sin embargo, esas áreas no son encuadradas en el concepto de desertificación, según la metodología de las Naciones Unidas.

La desertificación provoca tres tipos de impactos, relacionados entre sí: ambientales, sociales y económicos. Los impactos ambientales corresponden a la destrucción de la fauna y de la flora, a una reducción significativa de la disponibilidad

de recursos hídricos (sedimentación de ríos y embalses) y a la pérdida de las propiedades física y química de los suelos. Esos impactos ambientales generan una pérdida considerable de la capacidad productiva del suelo, provocando cambios sociales. Con un semiárido más árido y con una mayor frecuencia de sequías, la base de sustentación para las actividades humanas disminuirá, siendo probable que aumente el desplazamiento de la población - principalmente agricultores pobres, como los agricultores de subsistencia - para las grandes ciudades de la región o para otras regiones, aumentando los problemas sociales ya presentes en las grandes metrópolis. Las consecuencias económicas de esos impactos también son grandes. Las estimativas de las pérdidas en suelos y recursos hídricos representan una enorme pérdida económica que afecta a millones de personas y contribuye a la pobreza y la vulnerabilidad social. En Brasil, los costos de las pérdidas de suelo y de recursos hídricos llegan a US\$ 5 mil millones por año, equivalente al 0,8% del Producto Bruto Interno - PBI, afectando negativamente la vida de más de 15 millones de personas<sup>38</sup>.

Brasil, según prevé la Convención de las Naciones Unidas para el Combate a la Desertificación, elaboró el Programa Nacional de Combate a la Desertificación y Mitigación de los Efectos de la Sequía - PAN-Brasil. El programa es un medio de planificación que busca definir las directrices y las principales acciones para el combate y la prevención del fenómeno de la desertificación en las regiones brasileñas con clima semiárido y subhúmedo seco.

El gobierno brasileño está creando un sistema para prever los grandes períodos de sequía en el semiárido y colaborar con las áreas susceptibles a los procesos de desertificación que pueden ser agravados por el cambio global del clima. Bautizado como Sistema Brasileño de Alerta Precoz de Sequías y Desertificación, a partir de una iniciativa de los Ministerios de Ciencia y Tecnología y de Medio Ambiente, el proyecto busca crear e implantar un sistema que permita una previsión más inmediata de las grandes sequías episódicas que impactan a la región. El proyecto busca también la creación de una herramienta de diagnóstico para identificar las áreas más afectadas por la degradación ambiental y más susceptible a la desertificación. Las acciones de irrigación en las áreas del semiárido también han sido implementadas.

## 4.4 Áreas de Elevada Contaminación Atmosférica Urbana

En Brasil, como en la mayoría de los países en desarrollo, los índices de urbanización son altos. En la década de 1970, el país alcanzó un índice de urbanización del 55,9%, llegando al 81,2% en el 2000 y al 84,4% en el 2008. La región Sudeste, la más desarrollada del país, presentó, en el 2007, un índice del 91,9%<sup>39</sup>.

Ese crecimiento acelerado en las últimas décadas, en su gran mayoría desordenado, trajo fuertes presiones en las zonas urbanas. Tal proceso, combinado la industrialización, implica altos índices de contaminación atmosférica urbana.

El nivel de contaminación atmosférica es determinado por la cuantificación de las substancias contaminantes presentes en el aire. Es considerado como contaminante atmosférico<sup>40</sup> "cualquier forma de materia o energía con intensidad y en cantidad, concentración, tiempo o características en desacuerdo a los niveles establecidos, y que tornen o puedan tornar el aire como impropio, nocivo u ofensivo a la salud, inconveniente al bienestar público, dañino a los materiales, a la fauna y a la flora o perjudicial a la seguridad, al uso y aprovechamiento de la propiedad y a las actividades normales de la comunidad".

El problema más serio de la contaminación atmosférica verificada en Brasil está relacionado a la emisión de material particulado - MP por las industrias y por el sector de transportes. El material particulado consiste en una mezcla de partículas en forma líquida, sólida, o ambas, que queda en suspensión en el aire y representa una compleja composición de substancias orgánicas e inorgánicas. Esas partículas varían en tamaño, composición y origen. Sus propiedades son resumidas de acuerdo a sus diámetros aerodinámicos, denominadas como tamaño de la partícula.

La fracción más grande es denominada como MP10 (partículas con diámetros aerodinámicos menores a 10  $\times$ m), que pueden alcanzar las partes superiores de las vías respiratorias y el pulmón. Partículas menores o finas son denominada como MP2,5 (con diámetros aerodinámicos menores a 2,5  $\times$ m). Esas partículas son más peligrosas porque penetran más profundamente en el pulmón pudiendo alcanzar la re-

38 Vide : <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=ascom.noticiaMMA&idEsutura=8&codigo=6027>>

39 Vide <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>

40 Conforme la Resolución Conama n° 3, del 28 de junio de 1990.

gión alveolar. El tamaño de las partículas también determina el tiempo de suspensión en la atmósfera. Mientras que la sedimentación y la precipitación remueven las MP10 de la atmósfera en algunas horas a partir de la emisión, las MP2,5 pueden permanecer en suspensión por días, o inclusive algunas semanas, pudiendo ser transportadas por grandes distancias (OMS, 2005).

El largo tiempo de exposición al material particulado puede tener como resultado una reducción substancial de la expectativa de vida. Los efectos a largo plazo poseen un efecto mucho más significativo para la salud pública que los efectos a corto plazo. El MP2,5 muestra una mayor asociación con la mortalidad, ya que puede producir un aumento del 6% en el riesgo de muerte por cualquier enfermedad, a partir de un aumento de  $10 \times \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración. Con ese mismo aumento de concentración, el riesgo relativo estimado aumenta en un 12% para las muertes por enfermedades cardiovasculares y un 14% para muertes por cáncer de pulmón.

Los efectos relacionados a la exposición a largo plazo incluyen: un aumento de los problemas respiratorios y de enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, reducciones de las funciones pulmonares en niños y adultos, y una reducción de la expectativa de vida, debido, principalmente, a la mortalidad cardiopulmonar y probablemente al cáncer de pulmón.

Cuando se determina la existencia de concentración de un contaminante en la atmósfera, se mide el grado de exposición de los receptores (seres humanos, otros animales, plantas y materiales) como resultado final del proceso de lanzamiento de este contaminante en la atmósfera, a partir de sus fuentes de emisión y sus interacciones en la atmósfera, desde el punto de vista físico (dilución) y químico (reacciones químicas).

Es importante insistir que, aun siendo mantenidas las emisiones, la calidad del aire puede cambiar debido a las condiciones meteorológicas que determinan una mayor o menor dilución de los contaminantes. Es por eso que la calidad del aire empeora en relación a los parámetros de monóxido de carbono, material particulado y dióxido de azufre, durante los meses de invierno, cuando las condiciones meteorológicas son más desfavorables a la dispersión de los contaminantes. El ozono, por su parte, presenta mayores concentraciones en la primavera y el verano, por ser un contaminante secundario que depende de la intensidad de la luz solar para ser formado.

La determinación sistemática de la calidad del aire debe ser, por cuestiones de orden práctico, limitada a un restricto nú-

mero de contaminantes, definidos a partir de su importancia y de los recursos materiales y humanos disponibles. De forma general, el grupo de contaminantes consagrados universalmente como indicadores más amplios de la calidad del aire está compuesto por: monóxido de carbono, dióxido de azufre, material particulado, ozono y dióxido de nitrógeno. La razón de la elección de esos parámetros como indicadores de la calidad del aire está ligada a que aparecen con una constante frecuencia y a los efectos adversos que causan al medio ambiente.

Los estándares de calidad del aire, según publicación de la Organización Mundial de la Salud, del 2005, varían de acuerdo al abordaje adoptado para balancear los riesgos a la salud, viabilidad técnica, consideraciones económicas, además de otros factores políticos y sociales, que a la vez dependen, entre otras cosas, del nivel de desarrollo y de la capacidad nacional de gerenciar la calidad del aire. Las directrices recomendadas por la OMS llevan en cuenta esta heterogeneidad, y en particular reconocen que, al formular políticas de validación del aire, los gobiernos deben considerar cuidadosamente sus circunstancias locales antes de adoptar los valores propuestos por la OMS como estándares nacionales.

En Brasil, los actuales estándares nacionales de calidad del aire y los respectivos métodos de referencia fueron establecidos por el Ibama41, la cual amplió el número de parámetros anteriormente reglamentados42. Los estándares establecidos por medio de esa disposición fueron sometidos Consejo Nacional de Medio Ambiente - Conama43.

Según el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2007), está prevista una mayor frecuencia de olas de calor en áreas urbanas, con una mayor intensidad y duración. Además, puede preverse un deterioro de la calidad del aire y el aumento de áreas de riesgo, en especial en las ciudades tropicales, cada vez más sujetas a lluvias intensas que pueden provocar derrumbes en declives e inundaciones.

Debido al calentamiento global, se espera que algunos contaminantes pasen a tener su concentración ambiental aumentada, principalmente los gases y partículas generados a partir de procesos fotoquímicos atmosféricos. De ese modo, podrá haber un aumento de la mortalidad general debido a la presencia de aerosol secundario (nitratos y sulfatos) y gases oxidantes (ozono) (NOBRE *et al.*, 2010).

41 Por medio de la Orden Ministerial Normativa n° 348, del 14 de marzo de 1990.

42 Por medio de la Orden Ministerial Normativa GM n° 0231, del 27 de abril de 1976.

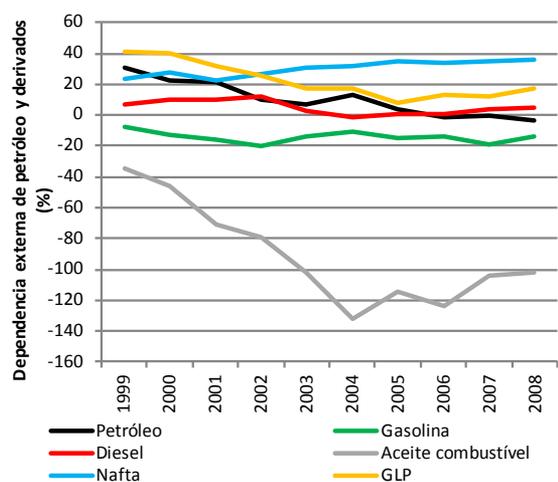
43 Vide sección sobre el Pronar, en la Parte III de la Comunicación Nacional.

## 4.5 Dependencia Externa de Petróleo y de sus Derivados

En la década de 1970, la dependencia externa de energía fue creciente, pasando de un 28% a cerca del 46% de las necesidades nacionales. Los datos del 2007 muestran una reducción de ese nivel a poco más del 8%. Específicamente en relación al petróleo, la disminución fue aún más significativa: de una dependencia cercana al 85% en 1979, el país pasó a una autosuficiencia en el 2005, y en el 2006 presentó un superávit de 1,7% (calculado como la diferencia entre la demanda interna de energía, inclusive pérdidas de transformación, distribución y almacenaje y producción interna) (MME, 2008).

La Figura 4.5 muestra la evolución de la dependencia externa de petróleo y sus derivados entre los años 1999 y 2008. Los valores negativos representan los años en que Brasil presentó un superávit del producto en cuestión.

**Figura 4.5 Evolución de la dependencia externa\* de petróleo y sus derivados - 1999 a 2008**



\* Nivel de dependencia externa (%) =  $(1 - \text{producción} / \text{consumo total}) * 100$ .  
Fuente: Brasil, 2009.

Recientemente Brasil realizó grandes descubrimientos de petróleo, específicamente en la denominada zona del pre-sal<sup>44</sup>, localizada entre la costa marítima de los Estados de Santa Catarina y Espírito Santo, donde se encontraron grandes volúmenes de petróleo leve. Así, hay una tendencia en la cual que Brasil, a medio plazo, se transforme en exportador líquido de derivados de petróleo.

44 El término pre-sal se refiere-se a un conjunto de rocas localizadas en las porciones marinas de gran parte del litoral brasileño, con potencial para la explotación de petróleo. El nombre pre-sal deriva de un acuerdo que refleja el intervalo de rocas que se extiende por debajo de una extensa capa de sal, que en ciertas áreas de la costa tiene una espesura de hasta 2.000 m. El término pre es utilizado porque, a lo largo del tiempo, esas rocas fueron siendo depositadas antes de la capa de sal. La profundidad total de esas rocas, que es la distancia entre la superficie del mar y las reservas de petróleo abajo de la capa de sal, pueden llegar a más de 7 mil metros (Vide: < <http://www2.petrobras.com.br/presal/10-perguntas/>>).

## Referencias Bibliograficas

- AGOSTINHO, A. A. *et al.*, 2005. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade*, Belo Horizonte, 1 (1): 70-78.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Bacias hidrográficas no Brasil*. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id\\_area=104](http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=104)>. Acesso em: 18 de mayo, 2010.
- ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS, 2007. *Anuário Estatístico Portuário 2007*. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Portuario2007/Index.htm>>. Acesso em: 9 de junio, 2010.
- BRASIL - Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima, 2004. *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília: MCT. 274p.
- BRASIL - Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética, 2008. *Balanço Energético Nacional 2008: ano base 2007*. Rio de Janeiro: EPE. 244p.
- BRASIL - Empresa de Pesquisa Energética, 2009. *Balanço Energético Nacional 2009: ano base 2008*. Rio de Janeiro: EPE. 274p.
- BROWN, K. S.; FREITAS, A. V. L., 1999. Lepidóptera, p.227-243. In: BRANDÃO, C.R.F.; CANCELLO, E.M. (ed.). *Invertebrados terrestres - biodiversidade do estado de São Paulo*, v.5. São Paulo: FAPESP.
- CAVALCANTI, I. F. A. *et al.*, 1982. *Análise de um caso de atividade convectiva associada a linhas de instabilidade na região sul e sudeste do Brasil*. São José dos Campos: INPE.
- CHAN, S. C., 1990. *Analysis of easterly wave disturbances over South Atlantic Ocean*. Dissertação de mestrado. São José dos Campos: INPE.
- CHIARELLO, A. G. *et al.*, 2008. Mamíferos ameaçados de extinção no Brasil, p.680-882. In: MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G.M.; PAGLIA, A.P. (Ed.). *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*, v.2. Brasília: MMA; Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- COSTA, L. P. *et al.*, 2005. Conservação de mamíferos no Brasil. *Megadiversidade*, Belo Horizonte, 1(1): 103-112.
- CUSTÓDIO, M. A. M.; HERDIES, D. L., 1994. O jato de baixos níveis a leste da cordilheira dos Andes - um estudo de caso. In: *VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Belo Horizonte: SBMET. Anais. p.617-619.
- DANTAS, R. J. E. S. *et al.*, 2009. Balança comercial brasileira - dados consolidados. Brasília: SEEXEC/MIDIC.
- DRUMMOND, G. M., 2008. Introdução, p.39-155. In: MACHADO, A. B. M., DRUMMOND, G. M. e PAGLIA, A. P. (ed.). *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*, v.2. Brasília: MMA; Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2010. *Global forest resources assessment 2010*. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/fra/41256/en/>>. Acesso em: 5 de agosto, 2010.
- FERNANDES, K. A.; SATYAMURTY, P., 1994. Cavados invertidos na região central da América do Sul. In: *VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Belo Horizonte: SBMET. Anais. p. 93-94.
- FORZZA, R. C. *et al.*, 2010. Introdução. In: *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/>>. Acesso em: 28 de mayo, 2010.
- GAN, M. A.; RAO, V. B., 1991. Surface cyclogenesis over South America. *Monthly Weather Review*. 119(5): 1293-1302.
- GIRARDI, E. P., 2008. *Atlas da questão agrária brasileira*. Disponível em: <<http://www4.fct.unesp.br/nera/atlas/agropecuaria.htm>>. Acesso em: 18 de mayo, 2010.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L., 1977. Dynamics of climatic hazards in the Northeast Brazil. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*. 103(435): 77-92.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1960. *Censo demográfico 1960*. Rio de Janeiro: IBGE.

- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1996. *Anuário estatístico do Brasil, 1996*. Rio de Janeiro: IBGE.
- \_\_\_\_\_, 2000a. *Anuário estatístico do Brasil - 2000*. Rio de Janeiro: IBGE.
- \_\_\_\_\_, 2000b. *Censo demográfico 2000*. Rio de Janeiro: IBGE.
- \_\_\_\_\_, 2001. *Cadastro de ilhas no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE.
- \_\_\_\_\_, 2004. *Mapa da distribuição regional da vegetação natural - 2004*. Disponible en: <[http://www.ibge.gov.br/mapas\\_ibge/pol.php](http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/pol.php)>. Acceso en: 1 a 12 de mayo, 2010.
- \_\_\_\_\_, 2005. *Malha municipal digital do Brasil - 2005*. Disponible en: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/territ\\_doc1a.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/territ_doc1a.shtm)> - Malha Municipal Digital do Brasil - 2005. Acceso en: 14 de junio, 2010.
- \_\_\_\_\_, 2006a. *Pesquisa nacional por amostra de domicílios, v.27*. Rio de Janeiro: IBGE. 125p.
- \_\_\_\_\_, 2006b. *Estatísticas da saúde - assistência médico-sanitária 2005*. Rio de Janeiro: IBGE. 162p.
- \_\_\_\_\_, 2007a. *Contagem da população - 2007*. Rio de Janeiro: IBGE. 311p.
- \_\_\_\_\_, 2007b. *Pesquisa nacional por amostra de domicílios - 2007*. Rio de Janeiro: IBGE.
- \_\_\_\_\_, 2008. *Síntese de indicadores sociais 2008*. Rio de Janeiro: IBGE.
- \_\_\_\_\_, 2009a. *Perfil dos Municípios Brasileiros - 2009*. Rio de Janeiro: IBGE.
- \_\_\_\_\_, 2009b. *Sistema de Contas Nacionais*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponible en: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/pib/defaultcnt.shtm>>. Acceso en: 26 de enero, 2010.
- IDB/SUS - INDICADORES E DADOS BÁSICOS DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE, 2008. *Indicadores e dados básicos - Brasil-2008*. Disponible en: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2008/matriz.htm>>. Acceso en: 19 de mayo, 2010.
- INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2008. *Sinopse estatística da educação básica 2007*. Brasília: INEP. 18 p.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R. K. & Reisinger, A. (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland.
- IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2006a. *Radar social 2006 - condições de vida no Brasil*. Brasília: IPEA. 86 p.
- \_\_\_\_\_, 2007. *Objetivos de desenvolvimento do milênio - relatório nacional de acompanhamento*. Brasília: IPEA. 152 p.
- \_\_\_\_\_, 2009. *Boletim nº 30*. Brasília: IPEA. 26p.
- \_\_\_\_\_, 2010a. *Objetivos de desenvolvimento do milênio - 4º relatório nacional de acompanhamento*. Brasília: IPEA. 91p.
- \_\_\_\_\_, 2010b. *Texto para discussão nº 1478: determinantes do desenvolvimento na primeira infância no Brasil*. Brasília: IPEA. 35p.
- IPEA/PNUD - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA/ PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 1996. *Relatório sobre o desenvolvimento humano no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA; Brasília: PNUD.
- KOUSKY, V. E.; CHU, P. S., 1978. Fluctuations in annual rainfall for northeast Brazil. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. 56(5):457-465.
- KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A., 1984. Eventos oscilação sul - El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*. 36(11): 1888-1899.
- MACHADO, A. B. M. et al. (ed.), 2008. *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção, v.2*. Brasília: MMA; Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. 1420p.
- MARENGO, J. A.; HASTERNRATH, S., 1993. Cases studies climatic events in Amazon Basin. *Journal of Climate*. 6: 617-627.

- MARENGO, J. A., 1995. Interannual variability of deep convection over the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. *International Journal of Climatology*. 15(9): 995-1010.
- MARENGO, J. A., 2008. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. *Parcerias Estratégicas*. Brasília: CGEE, 27: 150-176.
- MARTINS, M.; MOLINA, F. B., 2008. Programa geral dos répteis ameaçados do Brasil, p.327-377. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A.P. (Ed.). *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*, v.2. Brasília: MMA; Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- MATSUMOTO, S. K. *et al.*, 1982. The structure and the role of a subsynoptic-scale cold vortex on the heavy precipitation. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. 60: 339-354.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004. *Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - PAN-BRASIL*. Brasília: MMA. 220p.
- MOURA, A. D.; SHUKLA, J., 1981. On the dynamics of droughts in the northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*. 38: 2653-2675.
- MUEHE, D. C. E. H.; NEVES, C. F., 1995. The implications of sea-level rise on the Brazilian coast: a preliminary assessment. *Journal of Coastal Research*. Fort Lauderdale, 14: 54-78.
- NAE - NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2005. *Mudança de clima: negociações internacionais sobre a mudança de clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança de clima*. Brasília: Cadernos NAE, v. 1.
- NEUTZLING, J., 2007. O setor externo da economia brasileira durante e após o Plano Real. *Perspectiva Econômica*, São Leopoldo, 3(1): 96-122.
- NEVES, C. F.; MUEHE, D., 2008. Vulnerabilidade, impactos e adaptação às mudanças do clima: a zona costeira. *Parcerias Estratégicas*. Brasília: CGEE, 27: 217-296.
- NIMER, E., 1979. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: SUPREN/IBGE. 421p.
- NOBRE, C., 1983. The Amazon and climate. In: *Proceedings of Climate Conference for Latin America and the Caribbean*. Geneva: World Meteorological Organization.
- NOBRE, C. *et al.*, 2010. *Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo, Sumário Executivo*. São Paulo: CCST/INPE, NEPO/UNICAMP, USP, IPT, UNESP. 32p.
- NOBRE, P., 1994. Variabilidade climática sobre o Atlântico tropical. Parte II: estudo de casos. In: *VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Belo Horizonte: SBMET. Anais.
- OLIVEIRA, A. S., 1986. *Interações entre sistemas na América do Sul e convecção na Amazônia*. Dissertação de mestrado. São José dos Campos: INPE.
- OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2005. *Air quality guidelines - Global Update 2005*.
- PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2009. *Relatório de desenvolvimento humano 2009*. New York: PNUD. 217p.
- QUADRO, M. F. L.; ABREU, M. L., 1994. Estudos de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul. In: *VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Belo Horizonte: SBMET. Anais. p.620-623.
- RAO, V. B.; RADA, K., 1990. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the southern oscillations. *Theoretical and Applied Climatology*. 42: 81-91.
- RAO, V. B. *et al.*, 1993. Seasonal and interannual variations of rainfall over eastern northeast Brazil. *Journal of Climate*. 6: 1754-1763.
- ROMA, J. C., 2007. *Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros*. Brasília: MMA. 18 p.
- SILVA DIAS, M. A. F.; HALLAK, R., 1994. Análise de casos de formação de vórtices de ar frio. In: *VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Belo Horizonte: SBMET. Anais. p. 613-616.
- SILVANO, D. L.; SEGALLA, M.V., 2005. Conservação de anfíbios no Brasil. *Megadiversidade*. Belo Horizonte, 1(1): 79-86.

- SIPOT - SISTEMA DE INFORMAÇÕES DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO, 2009. *Página de Internet oficial da divisão de estudos de inventário e hidrologia da Eletrobrás*. Disponible en: <<http://www.eleto-bras.com/elb/data/Pages/LUMIS21D128D3PTBRIE.htm>>. Acceso en: 31 de mayo, 2010.
- SOSMA/INPE - FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/ INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2008. *Atlas dos remanescentes florestais 2008*. Disponible en: <[http://mapas.sosma.org.br/site\\_media/download/mapas\\_a3/estados/mapa\\_BRASIL\\_a3\\_portrait\\_08\\_SDEC.pdf](http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/mapas_a3/estados/mapa_BRASIL_a3_portrait_08_SDEC.pdf)>. Acceso en: 19 de abril, 2010.
- SOUZA FILHO, P. W. M., 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*. 23(4): 427-435.
- SPALDING, M., BLASCO, F., FIELD, C., 1997. *World mangrove atlas*. ISME, Okinawa, 178 p.
- STROHAECKER, T. M., 2008. Dinâmica populacional, p.59-73. In: ZAMBONI, A.; NICOLODI, J.L. (org). *Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil*. Brasília: MMA.
- THORNTHWAITE, C. W., 1941. *Atlas of Climatic Types in the United States*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service (Miscell Pub. N. 421).
- UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 1997. *The World Atlas of Desertification*. 2ed. London: UNEP. 182p.
- VIDIGAL, A. A. F. (Coord.), 2006. *Amazônia azul: o mar que nos pertence*. Rio de Janeiro: Record.
- VIRJI, H., 1981. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. *Monthly Weather Review*. 109(3): 599-610.
- YAMAZAKI, Y.; RAO, V. B., 1977. Tropical cloudiness over the South Atlantic ocean. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. 55(2): 205-207.