

CAPÍTULO 8

IMPACTOS REGIONAIS, ADAPTAÇÃO E VULNERABILIDADE AO CLIMA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE REGIONAL NO BRASIL

Autores principais: Saulo Rodrigues Filho – CDS/UNB, Dirceu Silveira Reis Junior – UNB, Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins – FUNCEME, Ana Maria H.de Avila – UNICAMP, Felipe Gustavo Pilau – UFSM, Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer – CETESB.

Autores colaboradores: Conceição de Maria Albuquerque Alves – UnB, Natacha Nogueira Britschka – SVMA, Diego Pereira Lindoso – UnB e Patrícia Mesquita – UnB.

Autores revisores: Paulo Caramori – IAPAR e Nathan dos Santos Debortoli – UnB.

ÍNDICE

8.1. REGIÃO NORTE	340
8.1.1 INTRODUÇÃO	340
8.1.2 AGRONEGÓCIO	340
8.1.3 MUDANÇAS NO USO DA TERRA	341
8.1.4 MUDANÇAS NO CICLO HIDROLÓGICO	342
8.1.5 O DESTINO DA FLORESTA TROPICAL ÚMIDA	343
8.1.6. ATRIBUTOS DA VULNERABILIDADE: SENSIBILIDADE E CAPACIDADE ADAPTATIVA	344
8.1.6.1 VARIABILIDADE E CENÁRIOS CLIMÁTICOS	345
8.1.6.2. ASPECTOS-CHAVE DA VULNERABILIDADE REGIONAL	347
8.1.6.3 VULNERABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR	348
8.2. REGIÃO NORDESTE	349
8.2.1 INTRODUÇÃO	349
8.2.2. RECURSOS HÍDRICOS	350
8.2.2.1. ESTRESSE CLIMÁTICO	350
8.2.2.2 TENDÊNCIAS CORRENTES E DO PASSADO	351
8.2.2.3. CENÁRIO DE MUDANÇAS	352
8.2.3. AGRICULTURA	357
8.2.3.1. AGRICULTURA FAMILIAR	359
8.2.4. ENERGIA	360
8.2.5. RECURSOS COSTEIROS	362
8.2.6. SAÚDE	363
8.2.7. DESERTIFICAÇÃO	364
8.2.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	364
8.3. REGIÃO SUL	365
8.3.1. INTRODUÇÃO	365
8.3.2. CARACTERÍSTICAS PECULIARES DA REGIÃO – MUDANÇAS NO USO DA TERRA	366
8.3.3 VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS	369
8.3.4 REGISTROS HISTÓRICOS	371
8.3.5 CENÁRIOS CLIMÁTICOS	372
8.3.6 MUDANÇA NO CICLO HIDROLÓGICO	373
8.3.7 PROJEÇÕES DE IMPACTOS SOBRE SAÚDE HUMANA	375
8.3.8 PROJEÇÕES DE IMPACTOS SOBRE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E SEGURANÇA ALIMENTAR	376
8.3.9 SÍNTESE DAS ANÁLISES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	380
8.4. REGIÃO SUDESTE	380
8.4.1. INTRODUÇÃO	380
8.4.2 CARACTERÍSTICAS PECULIARES DA REGIÃO – MUDANÇAS NO USO DE TERRA	382
8.4.3 VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS	385
8.4.4 CENÁRIOS CLIMÁTICOS	386
8.4.5 MUDANÇA NO CICLO HIDROLÓGICO	387
8.4.6 REGISTROS HISTÓRICOS	389
8.4.7 PROJEÇÕES DE IMPACTOS SOBRE SAÚDE HUMANA	389
8.4.8 PROJEÇÕES DE IMPACTOS SOBRE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E SEGURANÇA ALIMENTAR	390
8.4.9 SÍNTESE DAS ANÁLISES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E LACUNAS DE INFORMAÇÃO	492
8.5. REGIÃO CENTRO-OESTE	393

8.5.1 INTRODUÇÃO	393
8.5.2. MUDANÇAS NO USO DA TERRA	394
8.5.3. VARIABILIDADE E CENÁRIOS CLIMÁTICOS	395
8.5.3.1 ASPECTOS-CHAVE DA VULNERABILIDADE REGIONAL	397
8.5.4. AGRICULTURA FAMILIAR	397
8.5.5. AGRONEGÓCIO	398
8.5.6. EXTRATIVISMO	399
8.5.7. IMPACTOS SOBRE A SAÚDE HUMANA	400
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	401

8.1. REGIÃO NORTE

8.1.1 INTRODUÇÃO

A Região Norte contém a maior extensão única e contínua de floresta tropical do planeta sendo uma de suas áreas mais ricas em estoque de biodiversidade. Atualmente, está ameaçada pelo desmatamento, responsável pela erosão genética e emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Constitui-se, em pleno século XXI, em desafio ambiental nos níveis local, nacional e global. Para se entender as atuais políticas que a afetam, é preciso considerar duas dimensões importantes: a continuidade histórica e a escala geográfica.

Devido a suas dimensões continentais e riqueza percebida, o bioma Amazônia, que recobre essa região do País por inteiro, tem sido considerado como fonte de recursos naturais ilimitados que podem ser utilizados para suprir necessidades suas e de todo o mundo que incluem energia, madeira, minerais e terras para assentar agricultores, seja em pequena escala ou por meio de grandes projetos agropecuários.

Apesar das mudanças que a política brasileira tem experimentado nos últimos 40 anos, a história de políticas públicas para a região revela mais continuidade do que ruptura. Logo após o início do governo militar em 1964, foram estabelecidas políticas de ocupação do território segundo doutrina de segurança nacional, que se materializou em duas frentes: por um lado, a estratégica, possibilitando ocupação mais densa do Norte do País, a fim de garantir a soberania nacional sobre sua vasta extensão e, por outro, como válvula de escape face à crescente demanda por terras em outras partes do Brasil, através da distribuição de terras públicas para projetos de colonização.

8.1.2 AGRONEGÓCIO

Diversos estudos apontaram a pecuária como principal vetor do desmatamento no bioma Amazônia, tendo sua expansão fundamentada na viabilidade financeira de médios e grandes projetos do setor (Margulis, 2003; Veiga *et al.*, 2004; Barreto *et al.*, 2006; 2008). Outros autores afirmaram que os agentes intermediários, que se antecipam à criação de gado e são diretamente responsáveis pelo desmate, têm seu custo de oportunidade parcialmente compensado pela garantia de venda futura das terras aos pecuaristas (Hecht, 1992; Margulis, 2003).

Estima-se que os custos ambientais da pecuária no bioma Amazônia sejam de US\$ 100 ao ano por hectare, superando o retorno econômico avaliado pelo Banco Mundial em US\$ 75/ano/ha (Margulis, 2003). A avicultura e suinocultura também são de grande relevância na produção animal da região, sendo que o Norte mato-grossense compreendeu 58% da criação de suínos por esse estado federativo, gerando toda uma estrutura e um suporte a esta atividade, desde a produção de ração para porcos até de produtos veterinários.

Segundo Barreto (2006), o número de cabeças de gado no bioma Amazônia aumentou 130% entre 1990 e 2003, sendo os estados de Mato Grosso (MT), Tocantins (TO) e Rondônia (RO) responsáveis por 86% desse contingente. Somente o primeiro apresentava, em 2006, cerca de 26 milhões de animais (IBGE, 2012), dos quais 40% se encontravam em sua porção norte, estimulando o estabelecimento de polos frigoríficos e de laticínios na região.

No Brasil, a soja representa, desde os anos 1980, um vetor de colonização notadamente preponderante nos estados da Região Centro-Oeste e, hoje em dia, em partes da Região Norte, como nos estados de Rondônia, Pará e Roraima. O Estado de Mato Grosso é, atualmente, o maior produtor do Brasil com 5,1 milhões de hectares semeados em 2007 e 15,3 milhões de toneladas (t) produzidas, o que representa um quarto da produção brasileira (IBGE, 2012).

Entretanto, a expansão da soja continua ocorrendo sempre mais ao Norte, ainda que timidamente, suplantando os territórios especialmente ao longo da BR-163, que liga Cuiabá a Santarém (Dubreuil *et al.*, 2012). Nos últimos anos, observa-se nítida redução de novas áreas abertas para a agricultura, evolução, sem dúvida, mais ligada à questão do preço do produto que ao real impacto das políticas de preservação. Contudo, nota-se que as superfícies dispostas para a cultura são minoritárias no processo de transformação da ocupação do solo (Morton *et al.*, 2006) e que a essência do desmatamento continua ligada à extensão das áreas de pastagem. Vários autores destacam, o fato de a expansão da cultura citada ter por consequência o caminhar dos criadores de gado para locais situados mais ao Norte da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (Fearnside, 2001).

Portanto, a agricultura assume papel fundamental na compreensão de problemas de uso de terra no bioma Amazônia. Diante de um mercado mundial de alimentos em franco crescimento, associado ao aumento internacional dos preços de commodities, a perspectiva de se ampliar as exportações de produtos agrícolas brasileiras vem impulsionando os cultivos em direção à floresta. A safra nacional no biênio 2007 a 2008 apresentou produção recorde, com crescimento de 7,8% em relação ao período anterior, com destaque para a soja, cuja safra foi de 59,5 milhões de toneladas (IBGE, 2012).

A viabilidade econômica da agricultura de exportação encontra-se no estabelecimento de uma infraestrutura de escoamento e armazenagem da produção. Durante a década 1990, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) financiou investimentos privados em armazéns ao longo da BR-163, próximos aos grandes centros produtivos. Formas tradicionais de comercialização foram substituídas por novas, tais como a aquisição antecipada de insumos agrícolas em troca de parte da produção futura, estabelecendo uma relação de dependência entre os produtores rurais e as grandes agroexportadoras. Nesse contexto, duas empresas ganharam destaque: a Bunge Brasil e a Cargill Brasil.

8.1.3 MUDANÇAS NO USO DA TERRA

As florestas tropicais são responsáveis pelo equilíbrio climático em escala global, prestando inúmeros serviços ambientais aos ecossistemas (Sheil e Murdiyarso, 2009; Makarieva *et al.*, 2009; 2012). A partir das profundas mudanças de uso da terra observadas na Região Norte, principalmente a partir de meados do século XX, sua função reguladora do clima global, regional e local se encontrou ameaçada. Nesse sentido, elas têm sido objeto de inúmeros estudos que contemplam o ciclo do carbono e suas relações com o Homem e a biosfera (Malhi *et al.*, 2004; Moutinho e Schwartzman, 2005; Fearnside, 1999), com destaque para o Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (MCTI/INPA).

No bioma Amazônia, o desmatamento e a perda da biomassa afetam diretamente a manutenção dos sistemas produtivos agrícolas, pois expõem a superfície do solo resultando em erosão e compactação de terra. Paralelamente, o desmatamento propicia a redução da água infiltrada no solo e o incremento do escoamento superficial, alterando a hidrologia local e contribuindo para o assoreamento de lagos e lagoas, além de reduzir, em prazos médio e longo, o volume de nascentes e pequenos corpos d'água.

Simultaneamente, a supressão da cobertura vegetal afeta processos ecológicos críticos para a manutenção da agricultura e dos ecossistemas locais, tornando-os mais instáveis e reduzindo sua capacidade de resposta e recuperação a distúrbios ambientais (Eisenhauer e Schädler, 2010). Por exemplo, a ciclagem de nutrientes, cuja regulação depende do balanço entre sua absorção pela vegetação, a formação de serapilheira e sua taxa de decomposição (Milton e Kaspari, 2007).

Já o uso do fogo – forma tradicional de manejo de pastagens e roçados– potencializa a sensibili-

dade da produção familiar e dos ecossistemas locais tanto a impactos devidos à estiagem quanto àqueles decorrentes de desajuste na ciclagem de nutrientes (Bustamante *et al.*, 2006).

Portanto, áreas desprovidas de cobertura vegetal apresentam valores altos de albedo, o que implica maior reflexão de energia incidente quando comparada às de áreas florestadas (Marengo, 2006). Logo, a baixa umidade estocada nas terras desmatadas resulta em perdas modestas de energia na forma de calor latente – o fenômeno de evapotranspiração – e grandes desperdícios, na forma de calor sensível – o aumento de temperatura –, ao contrário do que se passa nas florestas, o que explica o aquecimento relevante do ar próximo à superfície do solo em pastagens e campos agrícolas, onde a lavoura e o pasto sofrem maior dessecação.

8.1.4 MUDANÇAS NO CICLO HIDROLÓGICO

Nas florestas tropicais úmidas, especialmente do bioma Amazônia, a radiação direta é fortemente absorvida pela vegetação, o que mantém o mesmo grau de umidade da área de solo à copa das árvores. Por conseguinte, pode-se afirmar que o bioclima desse tipo de cobertura de solo é determinado pelo funcionamento da comunidade vegetal. Nela, a radiação incidente sobre a folha é convertida em calor que, por sua vez, é transformado em transpiração, permitindo assim, a ciclagem da água em áreas florestais contínua. Em estresse hídrico, os estômatos se fecham, não respondendo a fatores externos e prejudicando a absorção de gás carbônico pela árvore (Ozanne *et al.*, 2003; Larcher, 2000).

A evapotranspiração da vegetação é responsável por parte substancial das chuvas locais (Bonan, 2008). Aguiar (2006), no âmbito do programa LBA, observou que esse fenômeno respondeu, durante a estação chuvosa, por 75% a 85% da radiação solar incidente sobre áreas de floresta do Sudeste da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas tendo sobrado apenas 25% a 15% para aumentar a temperatura de ar e superfície. Estima-se que, na Floresta Amazônica, entre 25% e 50% da precipitação em uma determinada localidade provêm da própria vegetação subjacente (Eltahir e Bras, 1994). Durante o período de estiagem, esse processo responde pelo volume majoritário de chuva local, enquanto que, fora dele, sua participação, apesar de significativa, é mais modesta.

Evidências arqueológicas sugerem ter ocorrido incêndios catastróficos no bioma Amazônia durante grandes eventos de *El Niño*, registrados por quatro vezes ao longo dos últimos 3.500 anos: em 1500, 1000, 700 e 400 a.C. (Meggers, 1994). O aumento do início desses focos, juntamente com o incremento de inflamabilidade florestal madeireira durante os anos de seca resultaram em substanciais incursões de queimas de floresta em pé no Leste e no Sul da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (Uhl e Buschbacher, 1985; Uhl e Kauffman, 1990; Cochrane e Schulze, 1999; Cochrane *et al.*, 1999; Nepstad *et al.*, 1999). Prognostica-se então, que os períodos de estiagem conduzirão a maior combustão de clareiras na região, contribuindo para a emissão de fumaça e material particulado que funcionarão como fontes de nutrientes de origem eólica para o meio florestal (Talbot *et al.*, 1990).

Caso a frequência de eventos *El Niño* aumente em consequência do aquecimento global (Timmermann *et al.*, 1999), as florestas libertarão suas grandes reservas de carbono para a atmosfera. O futuro da acumulação de dióxido de carbono (CO₂) e, conseqüentemente, o momento em que a concentração atinja níveis considerados perigosos, depende de contínua absorção desse gás pela *antroposfera*, com importante contribuição de emissão a partir da Floresta Amazônica para tal processo. É importante salientar que, cada grau de temperatura alterado em ambiente tropical é percebido com maior impacto por suas espécies do que por aquelas existentes em áreas temperadas (Janzen, 1967; Bonan, 2008).

8.1.5 O DESTINO DA FLORESTA TROPICAL ÚMIDA

As florestas tropicais, que compreendem aproximadamente metade das áreas florestais do globo terrestre são objeto de intenso debate político e científico sobre mitigação de mudanças climáticas, dado seu papel como reservatório natural de carbono, assim como devido às atuais pressões antrópicas sobre ambientes florestais. Os maiores estoques desse elemento químico na Terra se concentram em áreas florestais que, por unidade de área, são capazes de comportar de 20 a 50 vezes mais desse componente e do que as formas simplificadas de cobertura de solo, como a dos pastos e da agricultura (Moutinho e Schwartzman, 2005).

Em consequência, o desmatamento e a modificação de *habitat* biologicamente diversificados de florestas tropicais têm contribuído de forma significativa para o aquecimento global, além de comprometer a disponibilidade de serviços ambientais, ameaçar a biodiversidade e prejudicar a sobrevivência de povos tradicionais que dependem diretamente da cobertura vegetal com a qual convivem (Rodrigues-Filho *et al.*, 2008). Em um contexto de mudanças do clima, a Floresta Amazônica é foco de preocupação, tanto por conta de seus severos impactos projetados sobre a região, como por sua importância para a mitigação do fenômeno climático, haja vista ser ela, a maior área florestal tropical remanescente no mundo.

A Floresta Amazônica é responsável por emitir anualmente centenas de milhões de toneladas de carbono à atmosfera. O desmatamento abre clareiras em seu interior, fazendo com que a incidência de radiação solar penetre diretamente na vegetação, tornando-a mais seca (Nepstad *et al.*, 1999; 2001). O aquecimento global, por sua vez, contribui para sua suscetibilidade a incêndios, à medida que aumenta a intensidade de fenômenos como *El Niño*, que provoca elevação de temperatura do ar e episódios de seca prolongados ao Norte da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (Marengo *et al.*, 2008; Marengo *et al.*, 2011; Dessay *et al.*, 2004).

Os incêndios florestais em anos de ocorrência de *El Niño* podem dobrar o volume emitido de carbono (Nobre, 2001). Portanto, as florestas tropicais têm sido objeto de inúmeros estudos que contemplam seu ciclo emissor de poluente e respectiva relação com antroposfera e biosfera (Betts e Dias, 2010).

De acordo com 23 modelos do IPCC, a intensificação da estação seca na região Sudeste da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas tem 80% de probabilidade de ocorrer. Para Malhi *et al.* (2004), alterações relativas a precipitação durante esse período serão provavelmente, o fator crítico e determinante para o destino do clima no bioma Amazônia. Porém, até o momento, não se identificou tendências a esse respeito para sua porção meridional, que se mostrem consistentes por múltiplos decênios.

Nesse sentido, o desmatamento pode aumentar a convecção sobre áreas de floresta. Entretanto, se grandes áreas forem desmatadas, haverá perda de precipitação produzida pelo ciclo hidrológico local. A remoção de 30 a 40% da vegetação induzirá essa área florestal a conviver com um clima mais seco e, portanto, as chuvas da estação seca se tornarão essenciais para a determinação de padrões vegetais locais e de zonas de transição entre biomas na Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas.

Para se mitigar esses cenários, é necessário que o desmatamento da floresta seja mantido em apenas 30% a 40% de sua área total. Notadamente no bioma Amazônia, o fator vegetação é responsável por grande parte das chuvas locais e regionais, conforme representado por modelos atmosféricos e terrestres tropicais, como o de Shukla *et al.*, (1990), posteriormente aperfeiçoado por Nobre *et al.* (1991).

No primeiro deles, a partir de simulações climáticas e terrestres, áreas da Floresta Amazônica foram substituídas por pasto. E, a partir dessas análises foi possível se identificar características hipotéticas do que poderia ocorrer, caso a cobertura florestal fosse alterada, tais como, aumento de evapo-

transpiração, decréscimo de precipitação, prolongamento da estação seca e reestabelecimento de vegetação difícil nas terras desmatadas.

Tendo sido identificados avanços com relação ao monitoramento e ao controle do desmatamento no bioma Amazônia, novos instrumentos de gestão ambiental, tais como o de pagamentos por serviços ambientais (PSA) surgem como um caminho promissor para a promoção de conservação, visando à mitigação e à adaptação a mudanças climáticas. Valores que cubram o custo de oportunidade, ao não se converter áreas florestais em pastos ou campos agrícolas e que, eventualmente, fomentem a recuperação de terras degradadas devem pautar os investimentos necessários. Micol *et al.* (2008) estimou entre R\$ 24 e R\$ 168/ha/ano, o custo de conservação em propriedades rurais no Estado do Mato Grosso.

Por fim, o risco de vazamento do desmatamento – sua expansão para áreas não contempladas pelo projeto –, por terras vizinhas e em processo de conservação, ainda é de difícil quantificação, o que explicita a cautela que se deve ter diante dos benefícios propiciados pela adoção do mecanismo de redução de emissões por desmatamento e de degradação (REDD).

8.1.6. ATRIBUTOS DA VULNERABILIDADE: SENSIBILIDADE E CAPACIDADE ADAPTATIVA

O conceito de sensibilidade vem sendo amplamente trabalhado na literatura especializada. Füssel (2007) a definiu como o *grau em que um sistema é instantaneamente afetado por uma perturbação* e a associou a fatores internos biofísicos. Já Kaperson *et al.* (2005) a conceituaram como o grau de dano que um sistema de ecologia social experimenta quando sujeito a determinada exposição.

Por sua vez, Turner *et al.* (2003) entenderam o termo como grandeza que reflete a magnitude da reação do sistema de ecologia social a fator ao qual seja exposto. Segundo os autores, condições humanas e ambientais do sistema definem sensibilidade. De forma semelhante, Smit e Wandel (2006) afirmam que, *exposição e sensibilidade são propriedades praticamente inseparáveis de um sistema e são dependentes da interação entre características do sistema e de atributos do estímulo climático.*

De acordo com eles, a sensibilidade de uma comunidade é determinada pelas características de ocupação e subsistência – o local do assentamento, o tipo de moradia, as atividades produtivas e as formas de uso de terra.

Do ponto de vista social, a demografia é fator que influencia a sensibilidade. O crescimento da população aumenta o número de pessoas expostas a distúrbios e pode, eventualmente, criar tensões sociais.

Por sua vez, a proporção de idosos e crianças reflete a sensibilidade do sistema vulnerável a doenças– ou seja, da família e da comunidade. Conflitos sociais também podem emergir da disputa por recursos naturais de uso coletivo, tal como os pesqueiros, podendo levar ao que Hardin chamou de *tragédia dos comuns* (Hardin, 1968).

Já na perspectiva institucional, a regularização fundiária é um fator-chave para a sensibilidade. Produtores rurais desprovidos de documentos de posse ou propriedade de terra são mais sensíveis, pois não conseguem viabilizar a obtenção de comprovantes de regularidade de seus imóveis rurais, tais como os de cadastro (CAR) e licença ambiental (LAR).

De forma semelhante, a inserção competitiva no mercado demanda regularização da terra. É interessante observar que ela constitui sensibilidade relativamente recente, há algumas décadas ine-

xistente ou insignificante, pois em um contexto desconectado dos mercados regionais e no qual o Estado esteve ausente ou presente de modo fraco, a produção e as relações de troca independiam de documentação que comprovasse posse ou propriedade imobiliária.

A capacidade adaptativa, por sua vez, significa o potencial de reação e prevenção dos sistemas sociais e ecológicos antes, durante e após um distúrbio. Está associada à possibilidade de inovação, aprendizado e auto-organização do sistema. Depende da disponibilidade de opções de adaptação e da habilidade de transitar entre as mesmas nele apresentadas – a exemplo de comunidade e ecossistema. As diversas conceituações contidas na literatura especializada se relacionam a diversidade – genética, fenotípica, cultural e tecnológica – e a aspectos político-institucionais de governança.

Assim, o fortalecimento de instituições e paisagens organizacionais – capital social, legislação, fluxos de informação, disponibilidade de fundos, capacidade de aprendizado e conhecimento acumulados – é fundamental para a adaptação, reduzindo sua vulnerabilidade e preparando os sistemas humanos para lidarem com variações ambientais (Eakin e Lemos, 2010).

Nesse contexto, pesam também, favoravelmente, a existência de outros elementos característicos da boa governança, como a imputação de responsabilidade – *accountability*, em inglês. Dietz *et al.* (2003) sugeriram uma forma adaptativa de governabilidade que leve em consideração os seguintes elementos:

- (i) aporte adequado de informações à compreensão pelo tomador de decisão;
- (ii) gestão de conflitos e cumprimento de regras e normas legitimadas pelos atores envolvidos na administração de recursos – inclusive, com o uso de instrumentos econômicos complementares aos de comando e controle;
- (iii) disponibilidade de infraestrutura física, social, institucional e tecnológica; e, ainda,
- (iv) flexibilidade institucional, associada a capacidade de se aprender e repensar regras e normas de acordo com mudanças ambientais.

Portanto, cabe destacar, primeiramente, o caráter de múltiplas escalas da capacidade adaptativa, perpassando âmbitos que vão do local ao global, a depender do estudo de caso. Esse é um aspecto que diferencia os conceitos de sensibilidade – para a qual, é fator interno de um sistema vulnerável – e exposição – para a qual, ele é ingrediente externo à vulnerabilidade de um organismo.

A fragmentação de diversos *habitat* resultante do desmatamento tem consequências negativas tanto para a conservação da biodiversidade regional quanto para manutenção de processos ecológicos. Sabe-se que, o tamanho de fragmentos e a conectividade entre eles são aspectos fundamentais para a manutenção do fluxo gênico, o qual é condição necessária para que a criatividade natural – as combinações de genes e cromossomas – possa atuar e produzir variações potencialmente adaptativas a um ambiente em constante mudança nas populações naturais (Turner *et al.*, 2003).

8.1.6.1 VARIABILIDADE E CENÁRIOS CLIMÁTICOS

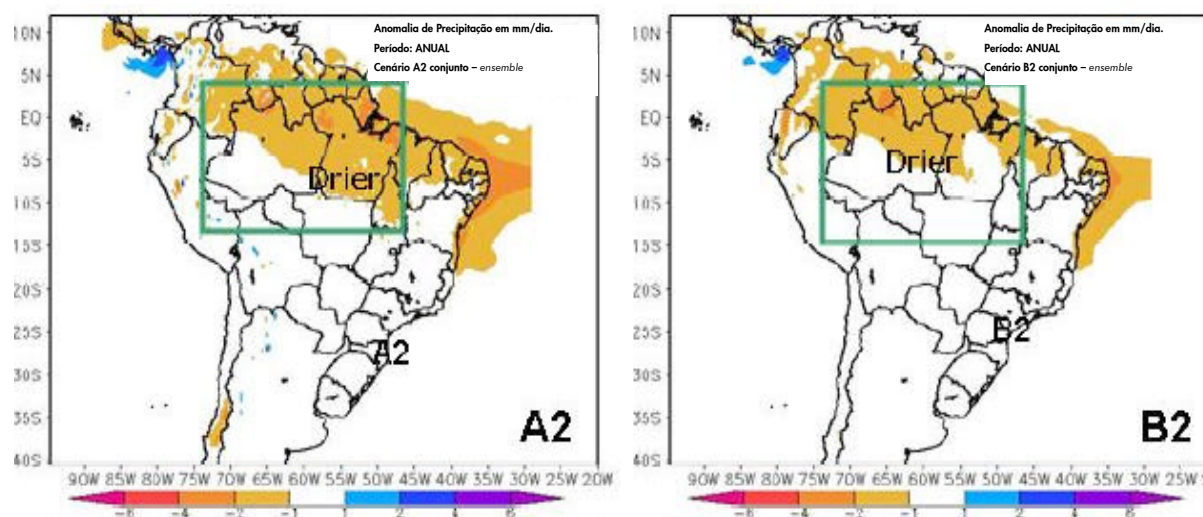
A partir das profundas mudanças no uso da terra observado na Floresta Amazônica, principalmente a partir de meados do século XX, sua função de reguladora do clima global, regional e local tem estado sob ameaça (Davidson *et al.*, 2012). O fator climático é determinante para o crescimento e a conservação de florestas tropicais, enquanto que suas zonas refletem o balanço de energia sobre a superfície da Terra em diferentes latitudes: nas equatoriais, a duração do dia pouco se altera ao longo do ano e a variação térmica maior ocorre durante o dia.

Desse modo, comunidades vegetais densas influenciam de maneira considerável a distribuição da precipitação pluviométrica que atinge o solo e a quantidade de umidade relativa disponível no meio ambiente (Ferreira *et al.*, 2005; Dubreuil *et al.*, 2012). A vegetação é fator estabilizador na circula-

ção da matéria e influencia sobremaneira os sistemas climáticos e hidrológicos. O aporte sistemático, derivado da correlação entre ventos, umidade, pressão, intensidade da luz – do equador aos polos– e estômato de folhas criou características fisiológicas da ecologia complexas e delicadas, especialmente no que tange às interações entre biomassa e clima, nas quais as atividades humanas têm causado distúrbios significativos (Larcher, 2000; Barreto *et al.*, 2006; Laurence *et al.*, 2009; Fearnside, 2008; Betts *et al.*, 2008; Cox *et al.*, 2008).

Nas projeções climáticas realizadas por Marengo (2007) para o período de 2071 a 2100, a Baía Hidrográfica do Rio Amazonas está compreendida entre as latitudes 4,5° N e 12° S. Os vários modelos globais utilizados no Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC-AR3 (IPCC, 2001) e no AR4 (IPCC, 2007) se mostraram divergentes sobre tendências de precipitação para essa área. Entre eles, alguns projetaram redução de pluviosidade, enquanto outros apontaram aumento. Mas a média de seus resultados indicou possibilidade maior de redução pluviométrica, conforme representado neste capítulo à Figura 8.1.

Figura 8.1 Anomalias anuais de precipitação (mm/dia) no bioma Amazônia considerando os cenários A2, representado à esquerda, e B2, mostrado à direita, do AR3 do IPCC no comparativo entre os períodos de 2071 a 2100 e de 1961 a 1990.



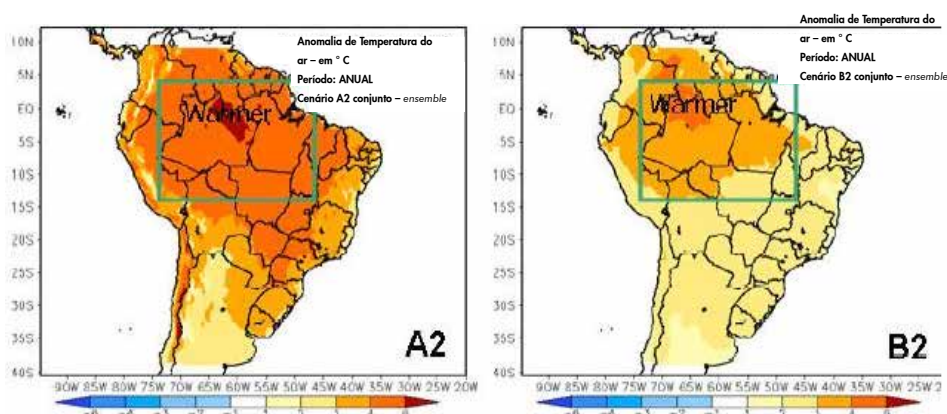
Obs.: Dados obtidos a partir da média observada por três modelos regionais do INPE – Eta/CPTEC/CPTEC, RegCM3 e HadRM3P. Destaque para a tendência de redução das chuvas no Oeste do Estado do Pará – inserido no contorno em verde. As projeções consistem na média aritmética dos cenários produzidos pelos citados modelos. Em resolução de 50 km.

Fonte: Marengo, 2007.

O conjunto – *ensemble*, em francês – dos modelos regionais do INPE apresentados por Marengo (2007), considerando o cenário A2 do AR4 – pessimista – previu uma redução de 365 milímetros (mm) a 730 mm nas médias anuais de precipitação sobre o Oeste paraense. Resultado semelhante se configurou para o cenário B2, representado neste capítulo à Figura 8.1. Já quanto às temperaturas, todos os modelos projetaram tendência de aquecimento conspícuo para o Brasil, como exibido à Figura 8.2 deste Relatório.

Observou-se que as anomalias de temperatura do ar no Estado do Pará variariam entre 4 e 5°C de 2071 a 2100 comparado às médias registradas de 1961 a 1990, quando o parâmetro utilizado foi o cenário A2 do AR4, enquanto que, nas condições do cenário B2, esse aquecimento foi estimado em 3 a 4°C. É certo, porém, que existem incertezas quanto a tais tendências de extremos climáticos para o bioma Amazônia, principalmente devido à falta de dados de longo prazo confiáveis e ao acesso restrito a informações sobre regiões tão extensas (Marengo, 2007).

Figura 8.2 Anomalias anuais de temperatura do ar para a América do Sul no período de 2071 a 2100 em relação ao de 1961 a 1990, para os cenários do IPCC A2 – pessimista – e B2 – otimista.



Obs. As projeções representam a média aritmética dos cenários produzidos pelos modelos regionais Eta/CPTC/CPTC, RegCM3 e HadRM3P. Em resolução de 50 km.

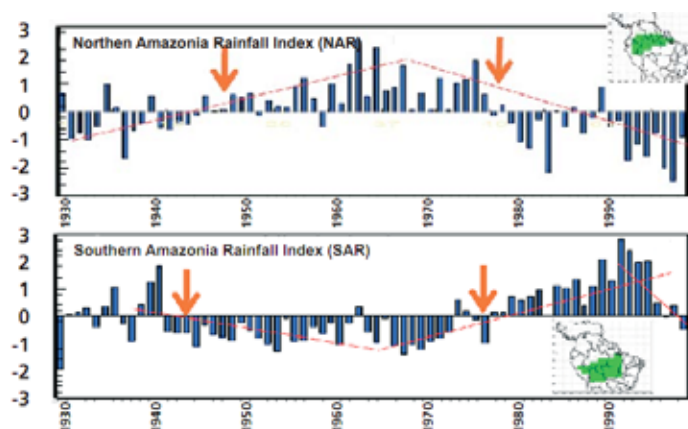
Fonte: Marengo, 2007.

8.1.6.2. ASPECTOS-CHAVE DA VULNERABILIDADE REGIONAL

Existem fortes evidências de que processos climáticos cujas variações são anuais – isto é, os de *El Niño* e de *La Niña* – e entre decênios – as oscilações dos oceanos Atlântico Norte e a decadal do Pacífico – influenciaram sobremaneira a circulação atmosférica global (Goodin, 2003; Latif e Keenlyside, 2009; Marengo, 2007), refletindo-se nas variações de temperatura do ar e de precipitação sobre o continente sul-americano ao longo do século XX (Marengo, 2007; Costa e Foley, 1999). Essas alterações são mais complicadas de serem percebidas pelo Homem, pois abrangem períodos longos de tempo, especialmente ciclos decenais.

Ao se analisar a série histórica de precipitação dos últimos 100 anos para a Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas não foram observadas tendências unívocas de diminuição ou aumento de chuvas, mas sim períodos de pluviosidade mais intensa, intercalados com outros, mais brandos e relacionados a oscilações periódicas entre decênios na dinâmica entre atmosfera e oceanos, conforme representado neste capítulo à Figura 8.1.

Figura 8.3. Anomalias normalizadas das chuvas para o Norte e para o Sul da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas entre 1929 e 1997.



Obs.: Em mm. As setas apontam as mudanças de fase ou *climate shifts*.

Fonte: adaptado de Marengo, 2007.

O Sul e o Norte da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas apresentaram comportamentos simétricos, porém opostos, entre 1929 e 1997, no que tange a variação de pluviosidade. As décadas de 1940 e de 1970 se destacaram por serem períodos nos quais ocorreram mudanças de fase. A partir de meados da década de 1940, o Norte dessa região exibiu tendência positiva – de aumento – para chuvas em relação ao normal, enquanto que, ao Sul da mesma, mostrou-se negativa. Já no final da década de 1970 e início dos anos 1980, essas propensões se inverteram, conforme reproduzido à Figura 8.3 deste capítulo. Tais oscilações estão relacionadas provavelmente à mudança nos campos de circulação atmosférica e oceânica no Pacífico Central entre 1975 e 1976 (Marengo, 2007).

Em escala temporal mais curta, variações na pluviometria também estão associadas às ocorridas em temperatura do ar sobre as porções tropicais dos oceanos Pacífico e Atlântico. Entre 1903 e 2005, eventos extremos de seca associados a *El Niño* foram observados nos biênios de 1925 e 1926, 1963 e 1964, 1979 e 1980, 1982 e 1983, 1990 e 1991, 1997 e 1998 (Marengo, 2007). Já as secas de 2005 e 2010, que causaram grandes impactos sobre o Sul e o Oeste da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas, foram influenciadas pelo aquecimento das águas tropicais do Oceano Atlântico desde 2004, cujo incremento superou 0,5° C acima da média normalmente registrada (Marengo, 2007).

O aquecimento global pode intensificar esse fenômeno à medida que o oceano absorve grande parte do excedente de energia armazenado na Terra pelo efeito estufa.

8.1.6.3 VULNERABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR

A produção agrícola familiar é setor altamente sensível a mudanças climáticas. Os elementos que compõem os sistemas produtivos são regulados por parâmetros atmosféricos, como os de precipitação, temperatura e concentração de CO₂, cujas variações se refletem diretamente na produtividade agropecuária e, conseqüentemente, no cotidiano do produtor e de sua família.

Contudo, generalizações dos impactos de mudanças climáticas sobre a produção familiar devem ser realizadas com ressalvas, uma vez que a vulnerabilidade é determinada pela interação entre especificidades socioeconômicas, culturais e institucionais de âmbito local, e por fatores associados a variações climáticas em diferentes escalas (Morton, 2007; Eakin e Lemos, 2010; Dietz *et al.*, 2003).

Apesar de seu vasto território, a Região Norte abriga 413.101 ou 9% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros – exatos 4.367.902. No contexto regional, três estados federativos compreendem 70% desse total: o do Pará, com cerca de 50% ou 196.150, seguido pelos do Amazonas e do Tocantins, que respondem, respectivamente, por 15% ou 61.843 e 10% ou 42.899 do contingente formado por agricultura familiar na região (IBGE, 2012).

Apesar de reunida em uma categoria para fins estatísticos, a produção familiar é heterogênea, caracterizada por um mosaico de atividades, desafiando as tentativas de se categorizar o produtor em tipologias estanques. A agropecuária divide espaço com o extrativismo, a caça e a caça/pesca na manutenção da subsistência e da renda familiar rural das populações amazônicas.

Quanto à vulnerabilidade climática, secas severas, como as ocorridas em 2005 e de 1997 para 1998, aumentam a dessecação de lagoas e reduzem os níveis dos rios, comprometendo a subsistência e isolando milhares de ribeirinhos (Marengo *et al.*, 2011). Já o aumento de concentrações atmosféricas de CO₂, o incremento da temperatura do ar e as variações em precipitação pluviométrica podem afetar negativamente a produtividade de gêneros agrícolas e de espécies usadas na atividade extrativista.

No que tange aos sistemas produtivos, a proporção entre culturas temporárias e perenes na agricultura, assim como entre pecuária e agricultura nos estabelecimentos e comunidades amazônicas ribeirinhas modulam, potencializando ou minimizando, os prejuízos que uma estiagem mais pro-

longada pode causar a orçamentos familiares e à economia municipal. Outra característica que influencia a sensibilidade é a dinâmica no uso de terra. A substituição da cobertura vegetal por pastagens e campos agrícolas impacta diretamente o clima local, alterando o balanço de energia e, conseqüentemente, influenciando o regime de ventos e o ciclo hidrológico local.

Portanto, a avaliação da vulnerabilidade e da adaptação da produção familiar perpassa três aspectos:

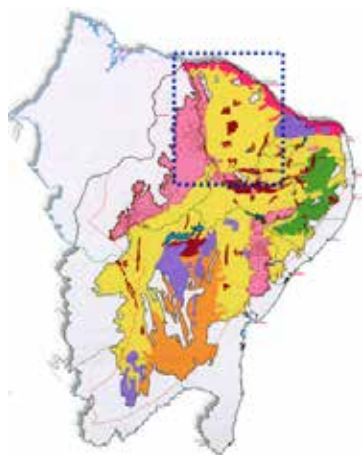
- (1) a identificação das diferentes atividades que compõem os sistemas produtivos familiares e de sua interdependência com a subsistência e a renda do produtor e de sua família;
- (2) a compreensão sobre como cada uma das atividades produtivas poderá ser afetada nos cenários climáticos projetadas; e,
- (3) identificação dos fatores socioeconômicos e institucionais que aumentam a sensibilidade a variações climáticas e reduzem a capacidade adaptativa dos sistemas produtivos familiares (Lindoso *et al.*,2011).

8.2. REGIÃO NORDESTE

8.2.1 INTRODUÇÃO

A Região Nordeste do Brasil ocupa uma área de 1.561.177,8 quilômetros quadrados (km²), correspondente a 18,3% do território nacional, que abriga uma população de 47.741.711 habitantes distribuídos por nove estados federativos: Maranhão (MA), Ceará (CE), Rio Grande do Norte, (RN), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Piauí (PI), Alagoas (AL), Sergipe (SE) e Bahia (BA). Portanto, tal contingente representa 28,9% da população brasileira em densidade demográfica de 30,5 hab/km², muito alta para suas condições semiáridas, com 60,6% concentrado em áreas urbanas. A Figura 8.2.1 deste capítulo reproduz a região Nordeste do Brasil com destaque para a parcela semiárida do País.

Figura 8.2.1. Delimitação da região semiárida do Brasil.



Fonte: Banco do Nordeste do Brasil (BNB, 2005).

O semiárido brasileiro corresponde a 62% de toda a Região Nordeste, incluindo ainda, o Norte do Estado de Minas Gerais, que faz parte da Região Sudeste. Nele, atividades agrícolas e outras são muito limitadas devido à existência de solos de baixa profundidade, em cujas superfícies se pode ver com frequência, um embasamento cristalino, índice maior de evaporação e regime de chuvas caracterizado por alta variabilidade no espaço e no tempo.

A diversidade do semiárido brasileiro também pode ser reconhecida na coexistência entre áreas com culturas tradicionais e estagnadas e outras, de intensa modernização e práticas agrícolas voltadas para terras secas através de métodos modernos utilizados para plantações irrigadas e desti-

nadas à exportação. A diversidade climática e de ambientes de solo mostra algumas das vantagens comparativas oferecidas pela região.

Devido a essa diversidade climática e ambiental, há uma necessidade de promover alterações na maneira de conceber e intervir nesses ambientes.

Tais requisitos não podem ser considerados um problema, mas sim representar potencial, especialmente por causa das características climáticas da região – disponibilidade de luz, calor e baixa umidade – e da agricultura de base familiar.

8.2.2. RECURSOS HÍDRICOS

8.2.2.1. ESTRESSE CLIMÁTICO

A disponibilidade de água em uma região depende de fatores climáticos, tais como precipitação, temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e radiação solar, além de outros, não climáticos, como o tipo de solo da região, sua formação geológica, o uso que o Homem faz dele, e, ainda, as possíveis interferências antrópicas que podem mudar seus caminhos pelas bacias, caso da construção de barragens ou de estruturas de transposição hidrográfica, que transformam, obviamente, o regime hidrológico de um rio.

A Região Nordeste é notadamente a que menor disponibilidade hídrica detém no Brasil, especialmente em sua porção semiárida, que representa 62% do solo nordestino.

De acordo com o Plano Nacional de Recursos Hídricos ou PNRH (MMA, 2006), a disponibilidade hídrica, em grande parte da Região, é menor do que quatro litros por segundo a cada quilômetro quadrado ($l/s/km^2$), chegando a menos de $2 l/s/km^2$ na zona semiárida, valores bastante reduzidos em comparação aos verificados nas outras quatro divisões regionais do País.

O Nordeste brasileiro abriga cinco regiões hidrográficas: as do Atlântico Leste, Nordeste Ocidental e Oriental, além daquelas batizadas a partir dos rios Parnaíba e São Francisco.

Além de possuir baixa disponibilidade hídrica, o clima no Nordeste brasileiro apresenta padrão de regime de chuvas caracterizado por forte variabilidade temporal em escalas ao longo do ano, anual e decenal, que são maiores do que as tendências de mudança no padrão de chuva (Datsenko *et al.*, 1995; Guedes *et al.*, 2006; Marengo, 2006). Além dessa questão temporal, o clima nordestino se caracteriza também por, uma intensa variação espacial.

Os fatores que modulam o clima na Região Nordeste são relativamente bem conhecidos. Diversos estudos mostram relação forte entre as condições de temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico e o regime hidrológico regional. O fenômeno *El Niño Oscilação Sul* (ENOS) possui um papel importante nos seus padrões de chuvas e vazão (Hastenrath e Heller, 1977; Kousky *et al.*, 1984; Ropelewski e Halpert, 1987; Aceituno, 1988; Kayano *et al.*, 1988; Kiladis e Diaz, 1989; Rao e Hada, 1990; Uvo *et al.*, 1998; Kayano e Andreoli, 2007; Guedes *et al.*, 2006). Entretanto, o Oceano Atlântico também influencia de modo relevante o clima nordestino, como demonstraram os estudos de Markham e Mclain (1977), Hastenrath e Heller (1977), Moura e Shukla (1981), Hastenrath (1984, 2000), Wagner (1996) e o de Andreoli e Kayano (2007). Consulta de uma lista mais abrangente pode ser feita em Marengo (2006).

Essa relação entre a temperatura dos oceanos Atlântico e Pacífico permite prever o total precipitado em dado período de tempo com alguns meses de antecedência (Hastenrath, 1990; Hastenrath e Greischar, 1993), o que vem sendo feito há já alguns anos e pode ser visto como estratégia de adaptação a mudanças do clima.

A alta insolação da Região, aliada à ocorrência de ventos fortes, especialmente no Nordeste setentrional, proporciona altíssima taxa de evaporação, resultando em demandas hídricas elevadas pela agricultura e em perdas consideráveis de água para a atmosfera quando se utilizam reservatórios para seu armazenamento, uma estratégia bastante difundida regionalmente que ajudou a reduzir a vulnerabilidade da população ao longo do século XX.

A série histórica do total precipitado por boa parte do século XX e início do século XXI permite mostrar, de forma clara, que a ocorrência de eventos extremos agudos, especialmente de secas, está associada ao evento de *El Niño* no Oceano Pacífico (Marengo, 2006) e também, acontece em conjunção com um padrão de águas mais frias no Sul do Oceano Atlântico em relação à sua porção norte, padrão esse representado pelo índice climático denominado *dípolo do Atlântico*.

Fica claro, com base nas informações apresentadas acima, que os recursos hídricos da Região Nordeste do Brasil são bastante sensíveis à variabilidade climática e a possíveis mudanças futuras no clima. Mesmo se não ocorrer alteração no padrão de chuva sobre o solo nordestino, perspectiva ainda em debate entre cientistas, o simples aumento da temperatura, uma premissa praticamente aceita por todos, já seria suficiente para alterar seu ciclo hidrológico devido ao provável crescimento das taxas de evaporação de lagos e reservatórios – o que, por sua vez, reduziria a oferta hídrica (Marengo, 2008).

Por outro lado, o aumento das taxas de evapotranspiração em consequência de mudanças do clima ainda é questão em aberto, principalmente por causa do efeito do aumento de CO₂ no comportamento dos estômatos e de densidade e distribuição espacial da vegetação.

Diversos estudos acusam o aumento do teor desse gás na atmosfera como resultado de uma redução da abertura do estômato de diversas plantas, o que diminuiria as taxas de transpiração (Eamus, 1991; Field *et al.*, 1995, Brodribb *et al.*, 2009). Entretanto, como em muitos casos a concentração de CO₂ é fator limitante, a concentração maior de CO₂ pode ter efeito fertilizante com consequente, elevação do índice de área foliar, por exemplo, ou expansão de áreas ocupadas por vegetação, o que resultaria em maior evapotranspiração.

Alguns estudos procuraram relacionar mudanças em vazões com resposta de vegetação devida ao aumento da concentração de CO₂. Betts *et al.* (2007) em uma análise continental, concluíram que a duplicação de níveis desse gás resultaria em escoamento 6% maior no continente, e chamaram atenção para o fato de que o efeito do aumento da concentração de CO₂ na vegetação pode ser relevante.

Gedney *et al.* (2006) estudaram diversas bacias hidrográficas nas quais se observou aumento médio de vazão de longo período durante o século XX. Eles foram capazes de relacionar essa tendência positiva com o efeito da expansão de CO₂ na redução de transpiração pelos vegetais. Leipprand e Gerten (2006), baseados em simulação com modelos de biosfera, concluíram que, para um acréscimo de 100% na concentração de dióxido de carbono, a evapotranspiração global seria reduzida em aproximadamente 6%, em consequência do efeito fisiológico desse gás sobre os vegetais. Entretanto, a dupla de autores chamou a atenção para a variabilidade espacial dos resultados, sugerindo inclusive, que esse fenômeno poderia crescer em regiões áridas, como o Nordeste brasileiro. Este aumento estaria vinculado ao aumento de biomassa que nelas ocorreria, o que poderia compensar a conservação de água nos vegetais devido ao efeito fisiológico.

8.2.2.2 TENDÊNCIAS CORRENTES E DO PASSADO

A precipitação e a vazão na Região Nordeste apresentam grau de variabilidade em escalas anual e decenal muito mais intenso do que as tendências de redução ou aumento que, por ventura, tenham

sido identificadas nas últimas décadas (Souza Filho e Lall, 2003; Marengo e Valverde, 2007; Marengo, 2006). Conforme explicado no ítem 8.2.1 deste subcapítulo, isso está fortemente associado aos padrões de variação da temperatura de superfície do mar nos oceanos Pacífico e Atlântico.

Os estudos científicos que tratam das tendências no padrão de chuva sobre o Nordeste brasileiro apresentaram resultados incongruentes. Wagner (1996), autor de um artigo sobre a tendência dos mecanismos físicos que controlam a posição da Zona de Convergência Intertropical em escala decenal, apontou aumento na pluviometria sobre a região no período de 1951 a 1990.

Já Hastenrath (2000), com base nos dados observados em vinte e sete estações pluviométricas, apresentou a variação anual do total precipitado sobre o Nordeste nos meses de março e abril, mostrando tendência leve de aumento, embora não tenha informado seu grau de significância. O autor chamou a atenção para o fato de que essa propensão foi pequena quando comparada à variabilidade anual e decenal observada na Região.

Mais recentemente, Costa dos Santos *et al.* (2009) em um estudo restrito ao Estado do Ceará, observaram tendência estatisticamente significativa de aumento do total precipitado a cada ano para sete das dezoito localidades estudadas. Nenhuma das demais onze localidades apresentou propensão de redução pluviométrica em igual periodicidade.

Entretanto, Moncunill (2006) relatou que, no Estado do Ceará, observou-se redução no volume de chuva total anual da ordem de 6% a cada década do período entre 1961 e 2003, sendo que, em poucas áreas do estado – geralmente, naquelas onde a ocorrência de chuva depende fortemente da topografia – o mesmo não se verificou.

Outro estudo que aponta tendência de redução no volume total de chuvas é aquele apresentado em Lacerda *et al.* (2009). Entretanto, sua análise temporal da pluviometria foi realizada em uma bacia hidrográfica de aproximadamente 17.000 km², localizada na região semiárida do Estado de Pernambuco. Todos os oito postos pluviométricos analisados apresentaram, no período de 1965 a 2004, propensão à diminuição anual estatisticamente significativa.

Marengo e Valverde (2007), com base em revisão bibliográfica, afirmaram que, embora exista tendência de pequeno aumento de chuvas no longo prazo, ela não é estatisticamente significativa.

8.2.2.3. CENÁRIO DE MUDANÇAS

Kundzewicz *et al.* (2007) apresentaram, baseados diversos de artigos científicos, uma visão geral da relação entre quantidade e qualidade de recursos hídricos e os possíveis cenários de mudanças climáticas. Embora a grande maioria dos estudos analisados tenha focado em bacias hidrográficas na América do Norte, Europa e Austrália, as conclusões gerais a respeito dos impactos possíveis sobre aquelas, localizadas em regiões semiáridas, parecem se aplicar também ao Nordeste brasileiro.

Uma das conclusões apresentadas com alto grau de confiança é a de que, apesar do alto grau de incerteza na estimativa dos impactos de mudanças climáticas sobre a vazão de rios, a disponibilidade hídrica em regiões semiáridas deverá diminuir.

Em regiões onde a vazão ribeirinha depende basicamente da chuva, espera-se que haja aumento ainda maior de sazonalidade, com expansão do período úmido e estação seca mais longa (Kundzewicz *et al.*, 2007).

Mas essas conclusões devem ser vistas apenas como indicativo do que se deve esperar em bacias hidrográficas localizadas no Nordeste do Brasil. Não são muitos os estudos científicos sobre os impactos de mudanças climáticas nos recursos hídricos da Região, embora o número de artigos venha aumentando nos últimos anos.

Um estudo de caráter global, elaborado por Milly *et al.* (2005) apresentou estimativa de mudança na vazão média de longo período apurada por 165 estações de fluviometria, algumas das quais situadas no Nordeste brasileiro. O estudo se baseou em simulações feitas por meio de doze modelos climáticos globais, enfocando as mudanças que ocorreriam entre 2041 e 2060 e o período base de 1900 a 1970. A média aritmética dos resultados apontou redução de até 20% na vazão de rios dessa região do País, ressaltando que nem todos os modelos apresentaram tal tendência, o que dá ideia do grau de incerteza nas estimativas.

Vale ressaltar ainda, que um estudo realizado por Ribeiro Neto *et al.* (2011) para o Estado de Pernambuco, descrito mais à frente, chegou a resultados similares ao de Milly *et al.* (2005), embora tenha analisado outros períodos: de 2071 a 2100, tendo, como base, de 1961 a 1990.

Existe um entendimento geral de que os cenários de mudanças de temperatura do ar e precipitação, obtidos com modelos climáticos globais, não possuem detalhamento necessário para a avaliação de impactos causados sobre recursos hídricos de uma dada região ou bacia hidrográfica. Uma das formas de se obter visão mais detalhada desses cenários é se realizar um estudo de detalhamento regional ou *downscaling*, em inglês.

Ambrizzi *et al.* (2007) apresentaram cenários de clima para o Brasil no século XXI com base em um estudo climático que utilizou um modelo global – o *HadAM3P* –, para alimentar outros três, regionais – o *HadRMP3*, o *Eta/CPTEC/CPTEC* e o *RegCM3*. Assim, modelaram os processos atmosféricos de forma mais adequada e obtiveram como resultado para o Nordeste brasileiro, uma redução de precipitação durante o período chuvoso – o outono – para os cenários climáticos A2 e B2 do *IPCC*. Sua análise levou em consideração o período de 2071 a 2100 em relação ao referencial de 1961 a 1990.

Na escala anual, a conclusão foi a mesma para o cenário A2, enquanto que, para o cenário B2, apenas dois modelos indicaram redução. Com relação à temperatura do ar, a confiança nos resultados é ainda maior, pois os três modelos indicaram aumento de 2071 a 2100 em todas as estações do ano e para todos os panoramas climáticos.

Vale notar ainda, que o grau de variação de precipitação e temperatura do ar variou ao longo do território nordestino. Observou-se uma faixa de +1°C a + 2°C no cenário B2 e de +3°C a + 6°C no cenário A2.

Em relação à precipitação, a discrepância entre os resultados dos três modelos foi maior. No cenário B2, considerando o conjunto dos três modelos, os resultados mostraram redução de -1 a -2 mm/dia na porção setentrional do Nordeste e em seu litoral até a Bahia. Para o restante do território da Região não foi prevista nenhuma alteração significativa no volume de chuva. No cenário A2, também considerando o conjunto dos três modelos, os resultados acusaram redução de -1 a -4 mm/dia para as mesmas áreas citadas e, também, estabilidade, para o restante da região.

Com base em simulações obtidas através do modelo regional *HadRMP3*, apresentadas por Ambrizzi *et al.* (2007), Salati *et al.* (2008) realizaram um estudo de balanço hídrico para as doze regiões hidrográficas brasileiras, com resultados sobre mudanças em sua vazão média de longo período em relação ao referencial, de 1961 a 1990. O trabalho enfocou três fases: de 2011 a 2040; de 2041 a 2070 e, de 2071 a 2100.

A Região Nordeste do Brasil contém cinco das doze regiões hidrográficas brasileiras, a saber:
Nordeste Ocidental,
Parnaíba,
Atlântico Nordeste Oriental,
São Francisco e
Atlântico Leste.

Os resultados para as bacias localizadas no nordeste são bastante preocupantes. Por exemplo, a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco poderá sofrer redução de vazão em torno de 60% no cenário B2-BR¹ já no período de 2011 a 2040, enquanto que, a região Atlântico Nordeste Oriental – a mais impactada – acusaria até 90% de contração nos cenários A2-BR² e B2-BR de 2041 a 2070. Chegar-se-ia assim, ao final do século, quase a uma vazão nula no cenário A2-BR de 2071 a 2100.

A hidrologia do Nordeste Ocidental seria menos afetada, com redução de vazão da ordem de 40% no cenário A2-BR e de 50% no B2-BR de 2071 a 2100. Vale informar que os autores fizeram ressalva em relação aos resultados obtidos para as bacias do Nordeste brasileiro, indicando nível alto de incerteza para a Região, tendo em vista que as diferenças entre os valores observados e simulados pelo modelo no clima presente foram relativamente altas.

Tanajura *et al.* (2010) analisaram o desempenho do modelo regional *HadRMP3* apresentado em Ambrizi *et al.* (2007) para o clima presente e avaliaram as mudanças de precipitação e temperatura do ar nos cenários A2 e B2 para o Estado da Bahia.

Esse estudo apresenta, com mais detalhes, a variação espacial dessas mudanças. Seus autores estimaram redução de precipitação anual no litoral do Estado da ordem de 70% para os dois cenários, de 20% a 60% na região semiárida para o panorama A2 e, de 20 a 50%, para o B2.

Em relação à temperatura do ar, as maiores altas foram estimadas para as regiões norte e noroeste baianas: de aproximadamente 4,5° C no cenário B2 e de 5,5° C no A2. Para o litoral, o aquecimento atmosférico esperado seria menor: da ordem de 1,5 a 2,5° C no panorama B2 e, de 2,0 a 3,5° C, no A2.

Com o objetivo de avaliar os resultados baseados no *HadRMP3*, Salati *et al.* (2008) realizaram o mesmo estudo de balanço hídrico para oito das doze regiões hidrográficas brasileiras. Empregaram, porém, quinze modelos climáticos globais do IPCC. Apenas três dessas áreas se localizam no Nordeste: as dos rios Parnaíba São Francisco e do Nordeste Ocidental do Oceano Atlântico. Suas conclusões apontaram situação menos alarmante para todas, embora o grau de redução da vazão média de longo período seja bastante significativo. Por exemplo, pode-se citar que, enquanto os resultados baseados no modelo regional *HadRMP3* indicavam diminuição de quase 80% da vazão média de longo período na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba no cenário B2-BR para os anos entre 2041 e 2070, os resultados obtidos através dos quinze modelos globais indicaram corte de 40%.

Já no caso da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, a redução prevista pelo *HadRMP3* foi de 58% no cenário B2-BR para o período de 2041 a 2070, enquanto que o estudo baseado na média dos quinze modelos globais previu diminuição de 43%. Esses resultados, além de mostrarem com clareza o grau de incertezas inerentes a tal tipo de análise, ilustram os riscos envolvidos ao se tomar decisões baseadas em conclusões derivadas de apenas um único modelo global.

Marengo *et al.* (2007), baseado em análise das médias de diferentes modelos de circulação global da atmosfera (MCGs) regionalizados para o Brasil, concluiu que o aquecimento tende a se intensificar em todas as regiões do País de forma diferenciada.

¹Cenário B2-BR: descreve um mundo no qual a ênfase está em soluções locais para a sustentabilidade econômica social e ambiental. Nele, a mudança tecnológica é mais diversa com forte destaque para iniciativas comunitárias e inovação social no lugar de soluções globais.

² Cenário A2: descreve um mundo futuro muito heterogêneo, onde a regionalização é dominante. Nele, existiria um fortalecimento de identidades culturais regionais, com ênfase em valores de família e em tradições locais. Outras características são um crescimento populacional alto e menor preocupação em relação à rapidez do desenvolvimento econômico.

Em termos de precipitação, os autores identificaram as projeções de clima futuro – o período de 2071 a 2100 – para a Região Nordeste como as de maior confiabilidade, em particular durante o pico da estação chuvosa, ou seja, de março a maio. Os resultados para os cenários A2 e B2 indicaram ainda, chuvas mais fracas nesse período e tendência de extensão de deficiência hídrica para todos os meses do ano.

Enquanto Salati *et al.* (2008) e Marengo *et al.* (2007) realizaram estudo de abrangência nacional sobre os impactos de mudanças climáticas sobre os recursos hídricos, Gaiser *et al.* (2003) relataram investigação de caráter regional, que englobou bacias hidrográficas dos estados do Ceará e Piauí. Krol e Bronstert (2007) apresentaram os efeitos na vazão e no armazenamento de água em reservatórios da Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe, baseados em detalhamento – *downscaling*, em inglês – estatístico dos resultados, obtidos pelos modelos climáticos globais ECHAM-4 e HADCM2, cujas projeções de precipitação diferem entre si para essa região.

O cenário futuro construído a partir do modelo ECHAM-4 representa redução de 50% na precipitação durante o período de 2070 a 2099 em comparação com o de 1961 a 1990. Um segundo panorama, traçado a partir dos resultados apurados pelo HADCM2, apontou avanço no volume de precipitação em torno de 21% para o mesmo período.

Os resultados para a Sub-bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe mostraram forte declínio de vazão após o ano de 2025, quando se utilizou o cenário mais seco, baseado no modelo ECHAM-4. No panorama mais úmido, o aumento observado não foi considerado estatisticamente significativo. Dentro do mesmo projeto de pesquisa, Campos *et al.* (2003) apresentaram o estudo realizado para a bacia contribuinte ao reservatório Várzea do Boi, mostrando sua perda da disponibilidade hídrica.

Outros estudos procuraram estimar os impactos dos diversos cenários de mudanças climáticas nos recursos hídricos de um estado federativo ou mesmo de uma bacia hidrográfica específica, como será visto na sequência.

Medeiros (2003) apresentou um estudo de avaliação de impacto sobre a vazão média de longo período e a evapotranspiração da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu, no Estado da Bahia. O autor utilizou dois modelos climáticos globais, o UKHI, do serviço meteorológico do Reino Unido, e o CCCII, do *Canadian Centre for Climate Modelling and Analys*. Já para a análise hidrológica, ele aplicou o modelo conceitual MODAHC.

Os resultados apresentados mostraram redução no escoamento superficial e na umidade do solo, especialmente no inverno e na primavera. Entretanto, a vazão média anual se manteve a mesma no cenário de duplicação da concentração de CO₂, quando se utilizou os dados gerados pelo modelo UKHI, enquanto que ao se aplicar o CCCII, observou-se redução de 40%.

Ribeiro Neto *et al.* (2011) avaliaram os impactos de mudanças climáticas na disponibilidade hídrica do Estado de Pernambuco. Os autores empregaram os resultados de precipitação, temperatura e umidade relativa obtidos pelo modelo climático global HadM3P para realizar o detalhamento – *downscaling* – a partir do regional ETA CCS. A análise sobre o impacto nos recursos hídricos foi feita através de um estudo sobre seu balanço, como também foi o caso do trabalho feito por Salati (2008), e, a partir dos cenários A2 e B2 do IPCC, para se estimar as alterações ocorridas de 2071 a 2100 em relação ao período base de 1961 a 1990. Os resultados mostraram 19% de redução no escoamento superficial para o cenário B2 e, de 23%, para o A2, similares aos valores encontrados por Milly *et al.* (2005).

Mello *et al.* (2008) avaliaram o impacto das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu, derivada do Rio São Francisco em área de 45.600 km². Esse estudo se baseou na alteração de vazão $Q_{7,10}$ – a vazão mínima com duração de sete dias e período de retorno de dez anos – de 2001 a 2100. Foram utilizados os resultados de detalhamento – *downscaling* – estatístico da simulação resultante da aplicação do modelo de circulação global *HadCMP3* para os cenários A2 e B2. As estimativas de vazão mínima não foram obtidas através de ferramenta de modelagem hidrológica, mas sim, por meio de análise de regressão linear entre vazão dos cursos de água e precipitação sobre a região.

Para o cenário A2, os resultados mostraram aumento de 31 a 131% no efeito pesquisado, enquanto que não se observou nenhuma variação significativa para o cenário B2.

Montenegro e Ragab (2010) realizaram estudo baseado em modelagem hidrológica distribuída para analisar a resposta hidrológica a mudanças do clima e de ocupação de uso de solo na Sub-bacia Experimental do Riacho Mimoso (PE) pertencente à Sub-bacia Representativa do Rio Ipanema, com 149 km² e localizada na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Pesquisaram três períodos futuros: de 2010 a 2039, de 2040 a 2069 e de 2070 a 2099. Empregaram projeções de precipitação baseadas nos modelos *CSMK3* e *HADCM3* para os cenários A2 e B1³ do *IPCC*.

As projeções de temperatura derivaram de trabalhos anteriores que sugeriram aumentos diferenciados, a depender do horizonte temporal analisado e da época do ano. Seus resultados mostraram que, em um cenário mais adverso, denominado de seco – pelos autores, o escoamento poderia ser reduzido em até 34% de 2010 a 2039, até 65% de 2040 a 2069, e, até 72% de 2070 a 2099.

Uma estratégia amplamente utilizada na Região Nordeste para aumentar a oferta de água – mais especificamente, para transportar a água no tempo –, do período úmido para o seco, foi a da construção de reservatórios. Como dito anteriormente, com o aumento da temperatura, é de se esperar incremento na taxa de evaporação de superfícies líquidas, embora isso também dependa de outros fatores, tais como, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos e insolação.

Fernandes *et al.* (2010) procuraram avaliar qual seria o impacto das mudanças do clima no reservatório Epitácio Pessoa, que abastece a cidade de Campina Grande no semiárido nordestino. Os autores utilizaram os resultados de dez modelos climáticos globais para o cenário B1 do *IPCC*. A análise de mudança na taxa de evaporação do reservatório se limitou ao período entre 2011 e 2030, comparado ao referencial entre 1961 e 1990. Os valores de precipitação e temperatura obtidos pelos modelos climáticos globais foram intercalados para o local do reservatório por meio de interpolação bilinear. Os resultados mostraram grande dispersão entre os valores de evaporação no reservatório ao longo dos doze meses do ano, embora, na média, tenha se observado aumento da ordem de 2% na respectiva taxa.

Estudo recente avaliou os impactos das mudanças climáticas no regime de vazão afluente a cinco reservatórios estratégicos, localizados nas bacias hidrográficas receptoras do Projeto de Integração do Rio São Francisco, desenvolvido pelo Ministério da Integração Nacional. Três deles se localizam na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe – composta pelos açudes de Orós, Castanhão e Banabuiú – e outros dois, na Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (Martins, 2011).

O autor analisou os cenários A2 e B1 no período entre 2041 e 2070, utilizando o de 1971 a 2000 como clima presente. Com base em uma análise de representação modelar de desempenho desse intervalo temporal recente, o estudo selecionou três modelos climáticos globais entre todos os do

³ Cenário B1: O contexto e a família de cenários B1 descrevem um mundo convergente com a mesma população global, que atinge o pico em meados do século XXI e declina em seguida, como ocorre no contexto A1, mas com mudança rápida nas estruturas econômicas em direção a uma economia de serviços e informação, com redução da intensidade de utilização material e a introdução de tecnologias limpas e eficientes em relação ao uso de recursos.

AR4: BCM2, INCM3 e MIMR. Por meio de detalhamento ou *downscaling* estatístico, que empregou a técnica de regressão, foi possível gerar séries mensais de precipitação e evapotranspiração potencial, utilizadas para alimentar modelagem hidrológica concentrada. Os resultados colhidos por Martins (2011) mostraram pequena mudança em termos de precipitação média anual, com reduções menores que 10% e aumentos inferiores a 5%.

Contudo, todos os modelos utilizados apontaram mudanças significativas na variabilidade anual. Seus resultados indicaram também, um aumento entre 2 e 15% na evapotranspiração potencial média, dependendo do instrumento de pesquisa empregado. Aliado ao aumento da variabilidade anual da precipitação, a maior evapotranspiração potencial resultou em alterações no regime de escoamento superficial em todas as sub-bacias. No cenário B1, suas faixas de variação do escoamento afluente aos reservatórios foram as seguintes: Banabuiú, de -0,73% a -0,05%, Castanhão, de -0,26% a 0,01%, Orós, de -0,21% a estável, Armando Ribeiro, de -0,15% a 0,06%, e Curemas, de -0,47% a -0,14%. No cenário A2, Banabuiú registrou índices de estável a 0,04%, Castanhão, de -0,01% a 0,02%, Orós, de -0,09% a 0,06%, Armando Ribeiro, de -0,04% a 0,06%, e Curemas, de -0,08 a estável.

8.2.3. AGRICULTURA

Diversos estudos procuraram entender como as mudanças do clima podem afetar o setor agrícola e outros aspectos correlatos à economia, como por exemplo, nível de desenvolvimento econômico, grau de investimento, fluxos migratórios, emprego, valor de serviços ambientais e, até mesmo, alocação de terras produtivas. Muitos desses trabalhos foram realizados em escala nacional, englobando frequentemente, diversos países, dentre os quais o Brasil (Mendelshon *et al.*, 2001; Timmins, 2006; Lobell, 2008; Roson e Van Der Mensbrughe, 2010). Aqueles que trataram dos impactos de mudanças climáticas sobre a agricultura brasileira em nível regional ou estadual são mais escassos (CEDEPLAR/UFMG e FIOCRUZ, 2008; Assad e Pinto, 2008; Moraes, 2010; Ferreira Filho e Horridge, 2010).

Estudo realizado pela EMBRAPA e pela UNICAMP, apresentado em Assad e Pinto (2008), avaliou os impactos de mudanças climáticas sobre a produção agrícola brasileira, baseando-se no programa de zoneamento de risco climático, cujo objeto reúne diversas culturas em mais de 5.000 municípios do Brasil, para subsidiar a decisão sobre o quê, onde e quando plantar, caso ocorressem os cenários A2 e B2 do IPCC. Apenas as nove plantações mais representativas fizeram parte da avaliação: algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, feijão, girassol, milho, mandioca e soja.

O estudo utilizou os horizontes de 2010 como condição atual, 2020, 2050 e 2070. Com exceção da cultura de cana-de-açúcar, as demais apresentaram impactos negativos no Brasil como um todo, sendo que a Região Nordeste é a que deve sofrer maiores consequências, com redução significativa de suas produções de milho e mandioca. Esse recuo está ligado ao encolhimento de áreas de cultivo com baixo risco.

Com o aumento previsto da evapotranspiração e, conseqüentemente, da eficiência hídrica, o risco climático cresce. O estudo citado previu redução na produção de algodão, arroz e feijão no agreste e cerrado nordestinos – ao Sul dos estados do Maranhão e do Piauí e a Oeste da Bahia.

Os resultados obtidos por esses estudos foram alarmantes quanto à mandioca para a Região Nordeste, onde seu cultivo está fortemente relacionado a segurança alimentar. Estima-se que essa cultura se reduzirá drasticamente nessas duas áreas, podendo, até mesmo, desaparecer do semi-árido. A produção de milho também deverá enfrentar forte recuo no agreste nordestino, o maior produtor regional nos dias de hoje. Para o caso da soja, o estudo previu redução produtiva intensa na região de cerrado.

Moraes (2010) avaliou os impactos econômicos de mudanças climáticas para a agricultura brasileira considerando dois cenários: o primeiro, com horizonte até 2020 e sem mudanças sociais e econômicas – 2020/A2 – e, o segundo, até 2070, com adaptações sociais e econômicas – 2070/B2. O autor obteve resultados que mostram a Região Nordeste como uma das mais afetadas nos dois panoramas. Para 2020/A2, eles indicaram queda no PIB regional da ordem de 4%, além de redução de investimentos e consumo, ambos ao redor de 4%, e, ainda, declínio do nível de emprego em torno de 2%. Tais recuos se devem aos efeitos sobre culturas agrícolas.

Para o cenário 2070/B2, os efeitos seriam mais severos. Espera-se queda de 6% no PIB nordestino e, de 5% e 7%, respectivamente, para investimentos e consumo regionais. A expectativa de retração do produto interno bruto do Estado do Piauí ficou em 16.4%. Tais consequências afetariam a força de trabalho, que deverá diminuir.

Ferreira Filho e Horridge (2010) analisaram como os impactos de mudanças na agricultura poderiam afetar a demanda por trabalho e o padrão de distribuição da população. Assim como adotado por Moraes (2010), foram utilizados pela dupla de autores dois cenários: 2020/A2 e 2070/B2. O estudo se baseou em um modelo de equilíbrio geral da economia brasileira e seus resultados, apresentados a seguir, se referem a alterações a partir de cotejo com uma linha base que, nada mais é do que uma projeção futura da economia, calculada a partir do clima presente.

Para o trabalho, a Região Nordeste foi dividida em quatro grupos:
Maranhão e Piauí,
Bahia,
Pernambuco e Alagoas,
Ceará, Paraíba, Sergipe e Rio Grande do Norte.

Os resultados mostraram que os estados do Maranhão e do Piauí seriam os mais duramente afetados, com redução no PIB da ordem de 2,9% e declínio no emprego de aproximadamente 0,6%, enquanto que, os outros estados enfrentariam queda de produto interno bruto ao redor de 1.5%, sem desemprego significativo. No cenário 2020/A2, a emigração dos estados do Maranhão e Piauí tenderia a aumentar em 8%, a exemplo do que ocorreria nos demais, porém, a taxas menores. Seus valores atingiriam ponto máximo por volta de 2025, tendendo depois a diminuir, já que se admitiria a ocorrência do cenário B2. Entretanto, ao final do período – em 2070 –, seu patamar continuaria acima do nível atual. A exceção é o Estado da Bahia, cuja taxa continuaria crescendo até 2070, chegando a 4% acima da linha base de 2005.

A CEDEPLAR/UFMG e a FIOCRUZ (2008) realizaram um estudo específico para a Região Nordeste do Brasil que procurou compreender como mudanças climáticas podem afetar suas atividades produtivas, seus fluxos migratórios, redistribuição populacional e setor de saúde. Foram analisados dois cenários – o A2 e o B2 –, tendo como horizonte 2050.

Os resultados desse trabalho mostraram redução no PIB em relação à linha de base – a da economia futura sem mudanças climáticas – de aproximadamente 11.4% no cenário A2. Entretanto, ela não seria homogênea. Por exemplo, os estados de Pernambuco, Piauí e Ceará deveriam enfrentar queda entre 16 e 18%, enquanto que o de Sergipe acusaria retração de 3.6%. No cenário B2, os recuos previstos seriam menores, mas ainda assim, importantes, com várias economias estaduais se retraindo em cerca de 10%.

Essas reduções no PIB seriam oriundas do desempenho da agricultura, que sentirá os efeitos da elevação de temperatura do ar. O mau desempenho da economia causaria aumento do fluxo migratório do campo para as capitais. O estudo dessas instituições concluiu ainda, que as mudanças de clima repercutirão na disponibilidade de terra para a agropecuária. Perdas importantes foram estimadas para os estados do Ceará – 79.6% –, Piauí – 70.1% –, Paraíba – 66.6% – e Pernambuco – 64.9% –, o que contribuiria, de forma negativa, para o desempenho econômico e os níveis de emprego e renda.

8.2.3.1. AGRICULTURA FAMILIAR

O conceito de agricultura familiar aqui considerado é aquele definido pela Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, que estabelece como agricultor familiar ou empreendedor familiar rural, aquele que pratica atividades no campo, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos:

- I - não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;
- II- utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;
- III - tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento; e,
- IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

A importância econômica da agricultura familiar no País está representada pela ocupação de 75% da força de trabalho agrícola, o que favorece a fixação do Homem ao campo através do emprego de mão de obra rural.

Dados do CENSO Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006) reforçam ainda que a agricultura familiar é responsável por parte significativa da produção da cesta básica nacional. Segundo a mesma fonte, a Região Nordeste concentra cerca de 50% dos estabelecimentos familiares do Brasil, ocupando cerca de 35% do total de áreas por eles cultivadas no País. Dessa forma, impactos de mudanças climáticas sobre atividades desenvolvidas nessas unidades produtivas possuem aspectos econômicos e sociais significativos regionalmente.

A seguir, os quadros 8.1 e 8.2 apresentam neste capítulo, a importância relativa dessa atividade para a Região Nordeste, onde se observou serem familiares aproximadamente 89% do total de 2.454.006 estabelecimentos que desenvolviam, em 2006, atividades agropecuárias, ratificando assim, sua vocação regional.

Quadro 8.1. CENSO Agropecuário 2006 – Distribuição regional de estabelecimentos familiares (IBGE, 2006).

Regiões	Estabelecimentos		Área	
	Total	%	Em ha.	%
Brasil	4.367.902	100	80.250.453	100
Nordeste	2.187.295	50	28.332.599	35
Norte	413.101	9	16.647.328	21
Centro-Oeste	217.531	5	9.414.915	12
Sudeste	699.978	16	12.789.019	16
Sul	849,997	19	13.066.591	16

Quadro 8.2. CENSO Agropecuário 2006 – Distribuição regional de estabelecimentos não familiares (IBGE, 2006).

Regiões	Estabelecimentos		Área	
	Total	%	Em ha.	%
Brasil	807.587	100	249.690.940	100
Nordeste	266.711	33	47.261.842	19
Norte	62.674	8	38.139.968	15
Centro-Oeste	99.947	12	94.382.413	38
Sudeste	222.071	27	41.447.150	17
Sul	156.184	19	28,459.566	11

Um estudo elaborado por Morton (2007) apresentou as diversas implicações de alterações na temperatura do ar incidências prolongadas de períodos de estiagem em regiões secas para populações envolvidas em atividades de agricultura familiar ou de subsistência, dado seu alto grau de vulnerabilidade.

Lindoso *et al.* (2011) analisaram a vulnerabilidade da agricultura familiar no Estado do Ceará a mudanças climáticas a partir de três dos seus atributos – sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição –, que foram avaliados por diversos indicadores. Os autores concluíram que o nível de gravidade dos impactos de condicionantes climáticas sobre esse modo agrícola de produção estadual terá relação com as características e dinâmicas socioeconômicas e político-institucional que possam vir a agir como efeito de tampão – *buffer*, em inglês –, resultando em níveis diferenciados de perdas e riscos climáticos e na sinalização de que, novas práticas e adaptações das já existentes podem moderá-los, a partir do fortalecimento e da difusão de inovações e tecnologias.

8.2.4. ENERGIA

Apesar da estreita relação entre mudanças climáticas e setor energético no que se refere a geração e consumo, este domínio econômico no Brasil se encontra em posição confortável de responsabilidade por emissões de GEEs, correspondendo a apenas 16,48% do total nacional, conforme o Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (Brasil, 2010). A significativa participação de fontes renováveis de energia – 48,3%– na matriz energética do País em 2010 (EPE, 2010), aliada aos investimentos no desenvolvimento do etanol como combustível e como insumo energético a partir da queima do bagaço de cana-de-açúcar– são particularidades setoriais que colocam a Nação na linha de frente do percurso em direção à sustentabilidade.

Adicionalmente, projeções apresentadas no *Plano Decenal de Expansão de Energia* (EPE, 2010) sinalizaram que, em 2019, as fontes hidráulica, eólica e nuclear, bem como as de pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e a biomassa – todas elas, não emissoras – totalizarão 84,7% da geração de energia elétrica no País. A Região Nordeste participa desse cenário positivo com contribuições de origens hidráulica, eólica e de biomassa.

O setor energético arcará com impactos devidos a mudanças climáticas tanto no lado da oferta – produção do insumo –, como da demanda – seu consumo. A energia hidroelétrica, de biomassa e eólica se apresentam como componentes mais relevantes na matriz da Região Nordeste e de reconhecida interface com cenários de alterações de clima. Em geral, a modificação de nível e a variabilidade da vazão natural provocadas pelo fenômeno são elementos indutores de impacto sobre geração de energia, que podem ser avaliados considerando-se sua produção, tanto firme quanto média. Por sua vez, variações concernentes à temperatura do ar e ao número de dias secos causam efeitos diretos sobre o volume demandado pelos aparelhos de ar-condicionado em residências e empreendimentos comerciais.

O setor hidroelétrico regional tem sua base em três bacias hidrográficas estratégicas da Região Nordeste: as do Rio Parnaíba, a do São Francisco e a do Atlântico Leste. Os impactos das mudanças climáticas sobre o mesmo estão relacionados à vulnerabilidade na disponibilidade hídrica regional.

Em estudo realizado para avaliação do impacto de mudanças climáticas sobre o setor hidroelétrico nacional que utilizou os cenários de emissão de GEEs A2 e B2 do IPCC (IPCC, 2000), Lucena *et al.* (2010a) identificaram significativas projeções de impactos, tanto sobre a média de energia gerada por esse segmento, quanto sobre a firme, em bacias hidrográficas estratégicas do Nordeste do Brasil, as quais se destacavam das previsões obtidas para as localizadas em outras partes do País. O Quadro 8.3: mostra um resumo dos impactos identificados por Lucena *et al.* (2010a).

Quadro 8.3: Impactos sobre a geração de energia hidroelétrica nas bacias hidrográficas da Região Nordeste apontados por Lucena *et al.* (2010a).

Bacias/Cenários	Energia firme		Geração média	
	A2	B2	A2	B2
São Francisco	-69%	-77%	-45%	-52%
Atlântico Leste	-82%	-82%	-80%	-80%
Parnaíba	-83%	-88%	-83%	-82%

A decisão sobre investimentos em produção de energia eólica tem encontrado argumentos na potencialidade natural da Região Nordeste para essa modalidade de fonte renovável, bem como na possibilidade de sua complementariedade com a matriz energética do País, fortemente fundamentada no fornecimento hidroelétrico que, por sua vez, se caracteriza por vulnerabilidade a flutuações climáticas.

O uso de energia eólica, notadamente na costa do Estado do Ceará, poderá otimizar o sistema de energia regional complementando os de Sobradinho, Itaparica, Paulo Afonso I, II, III e IV (Bittencourt *et al.*, 1999). Confirmando essa tendência, o *Balço Energético Nacional 2011- ano base 2010* (EPE, 2011) – apontou crescimento de 75,8% para a produção de eletricidade a partir de fonte eólica no Brasil, que alcançaria 2.176,6 gigawatts por hora (GWh) em 2010.

Segundo o Banco de Informações da Geração (BIG) da ANEEL, o crescimento desse parque eólico contou com participação significativa de quatro novos empreendimentos na Região Nordeste, sendo três no Ceará – Volta do Rio, com capacidade instalada para 42MW, Bons Ventos, para 50MW, e Canoa Quebrada, para 57 MW – e um quarto, no Rio Grande do Norte – Alegria I – para a produção de 51 MW.

Estudo elaborado por Lucena *et al.* (2010b) e baseado nos cenários A2 e B2 do IPCC identificou que a velocidade média dos ventos em regiões costeiras do Brasil, especialmente no Nordeste tendia a aumentar consideravelmente. Os autores encontraram aceleração superior a 15% na Região, que alcançaria, inclusive, mais que 20% em grandes áreas nordestinas para os cenários A2 e B2 nos períodos entre 2071 e 2080, 2081 e 2090 e, ainda, 2091 e 2100.

Segundo os autores, com o aumento da velocidade dos ventos em regiões costeiras, a instalação de usinas de energia eólica além da costa – *off-shore*, em inglês –, apesar de apresentar custos maiores de transporte, instalação e manutenção quando comparadas à implantação em terra – *on-shore* –, torna-se possibilidade bastante atrativa de investimento, principalmente quando consideradas as restrições ambientais e os conflitos sobre uso de solos presentes nos projetos com essa segunda opção de localização. Tal fato, aliado à proximidade de grandes centros consumidores, tem influência positiva para esse segmento do setor, tornando-o bastante conveniente à composição da matriz energética da Região Nordeste.

Esse estudo concluiu que mudanças climáticas não representam ameaça para o desenvolvimento do setor de energia eólica, em especial para o Nordeste do País.

A produção de energia originada de biomassa – a de biocombustíveis líquidos –, da qual o etanol é carro-chefe, ocupa posição importante na economia da Região Nordeste. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção de cana-de-açúcar alcançou 627,3 milhões de toneladas em 2010, a serem distribuídas para a produção de açúcar e etanol. Ressalta-se ainda, a enorme probabilidade de expansão dessa produção, dado que as áreas cultiváveis por essa planta no Brasil, cujo potencial, segundo o *Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar* (Manzatto *et al.*, 2009), é de alto a médio, somam 60.750 mil ha., dos quais 4.312 mil ou 7%, na região nordestina.

Estudos realizados por Schaeffer *et al.* (2008) destacaram que, caso todo o cultivo de cana-de-açúcar fosse destinado à produção de etanol e não, em grande parte, para a de açúcar, o País poderia produzir cerca de catorze vezes mais. Também indicaram que, embora essa cultura seja fortemente influenciada por fatores climáticos, os cenários sinalizavam que as principais regiões produtoras no Brasil continuariam dentro dos limites de temperatura do ar indicados para seu cultivo. Dessa forma, não há indícios de riscos ao panorama produtivo desse insumo energético.

Os impactos de mudanças climáticas globais na produção de biocombustíveis na Região Nordeste estão atrelados aos efeitos sobre a agricultura e ao estresse hídrico esperado. Culturas produtoras de tais insumos energéticos seriam forçadas ao redirecionamento de suas plantações para outras regiões do País. É o caso dos cultivos de mamona e a soja, que podem se tornar inviáveis em decorrência da elevação de temperatura do ar e da frequência de períodos de seca (Schaeffer *et al.*, 2008). Tal fato poderia representar restrição à expansão produtiva desse tipo de combustível em território nordestino, especialmente de biodiesel.

8.2.5. RECURSOS COSTEIROS

A elevação do nível do mar é um dos impactos de mudanças de clima, mas seus efeitos sobre a zona costeira dependem da declividade da antepraia e da plataforma continental interna da região em estudo. No caso da Região Nordeste, ambas são muito baixas, o que resulta em amplos recuos de sua linha de costa (Muehe, 2001 e 2003).

Neves e Muehe (2008) fizeram considerações sobre os agentes físicos que atuam na zona costeira nordestina, os impactos deles decorrentes e as escalas espaciais e temporais de sua atuação. Os autores avaliaram aspectos de vulnerabilidade da zona costeira, citando e/ou ilustrando com exemplos do litoral dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Alagoas. Diante da elevação do nível do mar, eles ressaltaram os amplos recuos da linha de costa da Região Nordeste, novamente de acordo com Muehe (2001 e 2003). Elencaram ainda, um conjunto de medidas mitigadoras dentro do contexto de mudanças do clima, agrupadas em três categorias: recuo, acomodação e proteção.

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2007) discutiu brevemente aspectos gerais relativos aos impactos de mudanças climáticas sobre zonas costeiras, seja pela elevação da temperatura superficial do mar (TSM), seja pela elevação do nível médio de oceanos. O mesmo estudo relacionou alterações ligadas ao primeiro fator, entre elas a ocorrida na dinâmica sedimentar – erosão e assoreamento de zona costeira –, o aumento de vulnerabilidade em estruturas e operações além da costa ou *offshore*, transporte marítimo, obras e instalações costeiras e ecossistemas como o de recifes de coral, sensíveis a pequenas variações de temperatura atmosférica, e ainda, as modificações no regime hidrológico – em particular, os extremos de secas e cheias.

No que se relaciona à elevação do nível médio do mar, o estudo listou a perda de espaço territorial e *habitat* costeiros por inundação permanente, a salinização do lençol freático em áreas de costa e o problema decorrente de abastecimento e captação de água potável em algumas cidades, bem como o de escoamento de efluentes urbanos. O referido trabalho ressaltou ainda, o papel do oceano como fonte de energia limpa, contribuindo assim para a redução da emissão de GEEs. Suas considerações são gerais e se aplicam a qualquer região litorânea.

Tanto CGEE (2007), como Neves e Muehe (2008), não podem ser tratados como trabalhos científicos em sua essência, mas, sim, de natureza reflexiva sobre o comportamento futuro do sistema físico, diante de projeções de mudanças de clima relatadas por vários estudos.

8.2.6. Saúde

A Fiocruz realizou, em 2005, um estudo para avaliar os impactos do clima sobre a saúde no País de 1996 a 2001 (Confalonieri *et al.*, 2005a, 2007), e construiu um índice de vulnerabilidade baseado em modelo conceitual usado em trabalho anterior (Confalonieri *et al.*, 2005b).

A construção de tal indicador se baseou em três componentes principais, de caráter socioeconômico, epidemiológico e climático. Para cada um deles, foi obtido índice de 0 a 1 com base na média aritmética de indicadores padronizados que os integravam. Em seguida, a partir da atribuição de pesos a esses fatores, obteve-se o Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG), variando também de 0 a 1, o ponto mais vulnerável da escala. Os estados da Região Nordeste acusaram os maiores valores, com $IVG > 0,3$.

Confalonieri (2008) argumentou que, a Região Nordeste deve ser prioritária no contexto brasileiro para uma avaliação mais cuidadosa de vulnerabilidade setorial ao clima, em especial com relação à saúde. Isto se deve aos seguintes motivos:

1° é a Região mais vulnerável do País;

2° os cenários para o Nordeste indicam redução de clima (Marengo *et al.*, 2007);

3° juntamente com a Região Norte, é aquela cujo clima mais deverá se modificar (Baettig *et al.*, 2007); e,

4° o clima nordestino é predominantemente semiárido e sua população, caracterizada por baixos indicadores sociais.

O autor analisou os possíveis impactos de mudanças de clima sobre a saúde pública, seja como resultado de efeitos físicos ou de socioambientais. Entre os resultantes diretos de alterações de temperatura do ar, citam-se desidratação e internação, e entre aqueles decorrentes da baixa umidade atmosférica, os distúrbios respiratórios.

Já os efeitos socioambientais estão ligados diretamente à escassez hídrica – caso de doenças diarreicas e desnutrição – ou indiretamente, às migrações dela decorrente – como a redistribuição espacial das doenças crônicas e infecciosas e o aumento de demanda por serviços de saúde. O mesmo autor registrou maior incidência epidêmica de leishmaniose visceral – calazar – em São Luís e Teresina, respectivamente capitais dos estados do Maranhão e do Piauí, no início das décadas de 1980 e 1990, períodos em que essa região foi atingida por secas prolongadas. Migrações da zona rural para a urbana desencadearam a instalação de ciclos periurbanos de transmissão da doença, segundo seu estudo.

Confalonieri (2008) finalizou seu trabalho discutindo brevemente estratégias de adaptação para as várias regiões do País.

Aliado aos impactos já relacionados acima e relacionados a mudanças do clima, a modificação do perfil da população resultante de aumento considerável da participação de idosos – de 6% para 19% –, resultará em maior frequência de doenças crônico-degenerativas (CEDEPLAR/UFMG e FIOCRUZ, 2008).

Diante dessa possibilidade decorrente de mudanças, sejam de clima ou de perfil populacional, CEDEPLAR/UFMG e FIOCRUZ (2008) construíram um índice para permitir avaliar a capacidade de cada estado federativo em lidar com os impactos climáticos sobre a saúde. Chamado índice de vulnerabilidade da saúde (IVS), ele varia de 0 a 1, seu grau indicador de maior vulnerabilidade. Foi calculado a partir de seis endemias: doença de chagas, dengue, leishmaniose tegumentar, e visceral, leptospirose e esquistossomose. Derivou também, de dois problemas ligados à saúde infantil – mortalidade por diarreia e por desnutrição – registrados em cada um dos estados do Nordeste.

Esse estudo concluiu que, de acordo com as projeções, o Ceará é o estado nordestino mais vulnerável à dengue, enquanto que a Bahia é em relação à esquistossomose. Por outro lado, o Estado do Maranhão foi o que demonstrou menor capacidade para lidar com as duas formas de leishmaniose. Adicionalmente, o trabalho localizou vulnerabilidade mais elevada à moléstia no Ceará e em Pernambuco, enquanto que Sergipe se mostrou mais suscetível à doença de chagas.

Com relação aos problemas de saúde infantil, os estados do Maranhão, Alagoas e Sergipe mostraram-se mais vulneráveis quanto à diarreia, sendo que o primeiro acusou maior vulnerabilidade quanto a desnutrição infantil.

Ao avaliar os problemas de saúde acima de forma conjunta, o estudo identificou os estados do Maranhão, Bahia, Paraíba e Ceará como os que terão mais dificuldades de lidar com efeitos de mudanças de clima sobre esse setor.

8.2.7. DESERTIFICAÇÃO

Por desertificação, entende-se a degradação da terra em zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo variações climáticas e atividades humanas. A *Convenção de Combate à Desertificação das Nações Unidas* (UNCCD) utiliza o Índice de Aridez, ou seja, a razão entre a precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (ETp) para estabelecer a diferenciação do clima enquanto forçante do processo de desertificação.

Assim, as zonas supracitadas se referem a áreas onde a razão entre a precipitação média anual e evapotranspiração varia de 0,05 a 0,65. Nesse contexto, poucos estudos foram encontrados acerca de impactos de mudanças do clima enquanto forçantes do processo de desertificação.

Martins *et al.* (2012) avaliaram a mudança do índice de aridez para vários cenários futuros – A1, B2, A1B do IPCC – durante o período de 2041 a 2070, utilizando vários modelos climáticos globais. A evapotranspiração potencial foi estimada a partir de Hargreaves, método que utiliza informações de temperatura média, mínima e máxima do ar. Mesmo com a incerteza na precipitação, os autores identificaram tendência de aumento da forçante climática do processo de desertificação.

8.2.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Condições socioeconômicas e climáticas peculiares da Região Nordeste reforçam a urgência na construção e análise de cenários de mudanças climáticas a seu respeito. Revelam também, sua fragilidade diante das medidas de adaptação necessárias.

Por apresentar extensa área semiárida com consequências socioeconômicas historicamente desafiadoras, a Região Nordeste foi objeto de estudos de avaliação a respeito dos impactos de mudanças climáticas cujo foco esteve, em sua maioria, voltado para a futura disponibilidade hídrica na região. Embora já exista certo conhecimento dos processos que modelam o clima nordestino, ainda se busca consensos e reduções de incertezas na construção de cenários de alterações de clima referentes a níveis e variações de temperatura do ar, evapotranspiração, precipitação e vazão natural de cursos d'água.

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos da Região, fortemente baseados na construção e operação de reservatórios de acumulação e na transposição de bacias, apresentam-se bastante sensíveis aos cenários de mudanças climáticas, uma vez que aumentos nos níveis de temperatura do ar e suas conseqüentes taxas de evaporação já são aceitos pelos prognósticos dos cientistas. Espera-se também, com relativo consensos, pela acentuação de eventos extremos, tanto no período seco, como no úmido.

De uma maneira geral, os estudos sinalizaram severos impactos de mudanças climáticas sobre o setor agrícola, notadamente para as culturas de mandioca, algodão, soja, arroz, milho e feijão. A intensidade dos efeitos das alterações do clima sobre na agricultura familiar da Região Nordeste é moderada por arranjos socioeconômicos e políticos-institucionais nela presentes, que favorecem a adaptação com novas práticas. No entanto, a abrangência dessa modalidade produtiva é um sinalizador importante da necessidade de programas e políticas de adaptação que a preservem e fortaleçam nessa região do País.

No setor energético brasileiro, a participação da Região Nordeste está centrada nas fontes hidráulica, eólica e de biomassa. A geração de energia a partir das duas últimas origens não seria comprometida pelas mudanças climáticas, *a priori*. Estudos apontam para aumento na velocidade dos ventos em regiões costeiras, favorecendo a instalação de usinas por eles movidas além da costa – *off-shore* –, e ampliando a capacidade produtora energética regional. Seu carro-chefe, a produção de etanol – originada de biomassa – também não seria significativamente alterada, uma vez que as variações no nível de temperatura do ar projetadas estão dentro do intervalo tolerado pela cultura da cana-de-açúcar.

O maior impacto ocorrerá na geração de energia hidroelétrica, dependente de níveis e variações de vazão natural dos cursos d'água para os grandes reservatórios, bem como influenciada por níveis elevados de evaporação.

Em ambientes costeiros, estudos preliminares de caráter reflexivo sinalizaram impactos que devem ser analisados dentro da complexidade do comportamento marinho, a fim de se identificar sua relação com diversas atividades antrópicas e a estabilidade dos ecossistemas costeiros.

No setor de saúde, um índice de vulnerabilidade geral (IVG) inclui componentes socioeconômico, epidemiológico e climático. Em uma avaliação nacional desse indicador, os estados da Região Nordeste apresentaram os maiores valores. Estudos ratificaram a relação existente entre a severidade de impactos de mudanças climáticas sobre a saúde, com indicadores sociais e econômicos referentes à Região Nordeste. O reflexo ficou evidente nos registros de altos números de internações e índices elevados de desidratação, distúrbios respiratórios e desnutrição, bem como, na redistribuição espacial de doenças infecciosas, devido a costumeiros eventos de migração.

No que se refere ao processo de desertificação caracterizado pela degradação de terra em zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, a Região Nordeste tem apresentado cenários preocupantes, devido às extensas áreas nas quais ele já está em curso. Apesar da tendência de aumento da forçante climática desse processo, registrada em estudos, observa-se ainda, a incipiência de investigações com foco direto sobre a análise da relação entre o referido fato e mudanças climáticas.

8.3. REGIÃO SUL

8.3.1. INTRODUÇÃO

Formada pelos estados do Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC) e Paraná (PR), a Região Sul do Brasil, com 576.774,31 quilômetros quadrados, totaliza 6,77% do território brasileiro. Com 27.386.891 habitantes, distribuída respectivamente em contingentes de 10.693.929, 6.248.436 e 10.444.526, representa 14,3% da população brasileira, sendo a terceira mais populosa entre as cinco que compõem o País, atrás da Sudeste e da Nordeste (IBGE, 2010).

À exceção do Norte do Paraná, o clima predominante nos três estados é o subtropical, sem estação seca e com temperatura do ar no mês mais quente maior que 22° C, conforme classificação de Koppen (Moreno, 1961). Durante o inverno, principalmente nos meses de junho e julho, é comum o registro de graus negativos e formação de geada. Nas regiões serranas do Rio Grande do Sul e de

Santa Catarina, onde faz ainda mais frio, ocorrem nevascas ocasionais. Com chuva regularmente distribuída ao longo dos doze meses de ano, são registrados, de forma geral, entre 1.000 mm e 2.000 mm anuais.

Originárias de rocha basáltica ou arenitos, as classes predominantes de solo no Estado do Rio Grande do Sul são as de latossolos, para a maior parte de sua região norte – o planalto –, com presença de cambissolos na serra do Nordeste gaúcho, de planossolos, argissolos e neossolos na sua depressão central e de planossolos hidromórficos em sua costa.

Já em Santa Catarina, há a predominância de cambissolos e nitossolos nas porções oeste e central do Estado, com ocorrência de argissolos no Leste. Por sua vez, são as classes latossolos, argissolos e nitossolos que predominam no Oeste e no Norte do Estado do Paraná, com grandes extensões de neossolos por suas áreas central e sulina, e de cambissolos em sua porção leste (Brasil, 1973; EMBRAPA, 1984; EMBRAPA, 2004).

Recobrando essas terras, têm-se vegetações típicas, com destaque para os campos meridionais, divididas por áreas de planalto e ocupando manchas territoriais desde o Paraná até o Rio Grande do Sul e, também, caracterizando a campanha gaúcha, onde recebe o nome de Pampa por seu relevo aplainado a ondulado. Nas porções de maior altitude dos planaltos e nos terrenos mais acidentados, ocorrem matas de araucária. Já nas regiões costeiras, surge a mata atlântica, vegetação caracterizada por suas densidade e variedade.

Com economia ainda bastante alicerçada sobre a agropecuária, a Região Sul expandiu, nas últimas décadas, seu parque industrial, localizado principalmente junto às capitais gaúcha e paranaense – Porto Alegre e Curitiba –, com destaque atualmente para a indústria automotiva e a de autopeças. Os três estados sulinos também se destacam por seu sistema portuário. Ao todo, são cinco os portos marítimos instalados – dois no Rio Grande do Sul – os de Rio Grande e de Porto Alegre –, dois em Santa Catarina – os de Laguna e de Itajaí – e um no Paraná – o de Paranaguá.

Líder nacional na produção de algumas culturas agrícolas, em relação aos dados de produção nas últimas cinco safras – as do biênio de 2006 e 2007 ao de 2010 a 2011 –, a Região Sul foi responsável por 92% do trigo, 71% do arroz, 31% do feijão, 41% do milho e 36% da soja produzidos nacionalmente, perdendo o posto de maior produtor de soja para a Região Centro-Oeste. Juntas, ambas totalizam mais de 80% da oleaginosa em solo brasileiro (CONAB, 2011).

Na produção pecuária, a criação de bovinos da Região Sul se diferencia das existentes nas demais regiões do País por suas raças de origem europeia e a qualidade de sua carne. Em número total de animais é a que apresenta o menor rebanho, com 27,8 milhões de cabeças, 14% do total nacional de cabeças. O rebanho ovino, que também se destaca pelas raças que o compõem e suas finalidades produtivas – lã e carne –, é o segundo maior do País, com 4,8 milhões de unidades.

Assim, a Região assume a liderança na produção de aves e de suínos, com aproximadamente 50% do produto brasileiro (IBGE, 2010). Essa liderança proporcionou concentração de indústrias de processamento de carnes e derivados principalmente no Oeste catarinense e paranaense.

8.3.2. CARACTERÍSTICAS PECULIARES DA REGIÃO – MUDANÇAS NO USO DA TERRA

O estabelecimento e o avanço da produção agrícola nos estados da Região Sul gerou desmatamento de áreas de florestas, em especial no bioma Mata Atlântica, já que, de acordo com o *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica*, no período de 2008 a 2010 (SOS Mata Atlântica e INPE, 2010), ele recobriria originalmente todo o Estado de Santa Catarina (100%), 98% da área do Paraná e 48% da área do Rio Grande do Sul.

Para 2010, ainda conforme o *Atlas*, o remanescente desse bioma, somado as áreas de floresta, restinga e mangue, totalizava 10,65%, no Paraná, e 23,04%, em Santa Catarina, enquanto que no Rio Grande do Sul, os dois primeiros tipos de vegetação somavam 7,48% do total.

A ocupação de terras marcou intenso processo de atração de população, além do aumento e de produção agropecuária, estimulando a urbanização de forma acelerada na década de 1980 (Lima *et al.*, 2006). À medida que a ocupação das matas avançava pelo interior do Sul do Brasil, ocorria uma *metamorfose* no uso da terra e no surgimento de povoados (Silva Neto e Frantz, 2003).

Uma das culturas pioneiras a ocupar as áreas desmatadas foi a do café que, por um longo período, foi o principal gerador de riquezas para o Paraná. Conforme dados da Secretaria da Agricultura e Abastecimento desse estado (SEAB, 2008), a área total de plantio em 1970 era de 1.048.000 hectares, representando 43,6% de toda área plantada no País. Segundo Maack (1981), a destruição das matas pluviais e sua substituição por cafezais, sem deixar reservas ou florestas de proteção das nascentes, aumentou a variabilidade na precipitação, registrando-se ocasiões de abundância e escassez de chuva.

Segundo o autor, as perdas de florestas mostram claramente um salto no processo de desmatamento entre as décadas de 1930 e de 1950. Esse período correspondeu ao de avanço da cultura cafeeira, bem como ao do pós-guerra, quando ocorreu a consolidação da modernização agrícola nos países então chamados subdesenvolvidos e o início da fase de industrialização da agricultura, conforme Kageyama (1990).

Em 1975, uma grande geada, sem precedentes, devastou os cafeeiros da região dos municípios paranaenses de Maringá e Londrina, liquidando a produção do ano seguinte. Os cafeicultores resolveram substituir o café por outra cultura, mais resistente a eventuais geadas. Algumas das alternativas encontradas foram a mecanizada da soja e trigo, a de algodão e de milho e as pastagens. Fleischfresser (1988) mostrou que a introdução de tratores, colheitadeiras e outras máquinas agrícolas saltaram de 2,9% para 44,3% entre 1970 e 1980.

Por causas financeiras e climáticas adversas e pelo incentivo a novas alternativas de produção, em 2007, os cafezais restantes ocupavam 97.307 hectares ou apenas 4,29% de toda a área ocupada pelo café no País. De acordo com dados do CENSO Agropecuário 2010 (IBGE, 2010), a terra cultivada por lavouras temporárias e permanentes na Região Sul representava 32,8% e 6,9%, respectivamente, da ocupação por essas culturas no território nacional. São 19,8 milhões de hectares – dos quais 19,4 milhões de lavouras temporárias e pouco mais 400 mil das permanentes – que, originalmente, se compunham de vegetações típicas regionais e que, atualmente, são exploradas economicamente pela atividade agrícola.

As áreas de planaltos e planícies foram basicamente ocupadas pelas lavouras de trigo, milho e soja. Entre os anos de 1970 e 1985, a área destinada anualmente à cultura do trigo era de mais de 2 milhões de hectares, caindo posteriormente para uma média de apenas 1 milhão de hectares cultivados por safra (IBGE, 2011). Toda a área restante passou a ser reservada principalmente a espécies forrageiras, a exemplo de aveia preta (*Avena stringosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*), também útil à pecuária, ou de espécies como o nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*) e a ervilhaca (*Vicia sativa L.*), cujo uso principal é a adubação verde e a consolidação do sistema de plantio direto – ou seja, a formação de palhada para a semeadura da safra de verão. Em áreas do Norte e do Oeste paranaenses, devido a condições climáticas – com destaque para o menor risco de ocorrência de geada – terras que, anteriormente, eram plantadas com trigo passaram ao cultivo do milho safrinha, semeado após a colheita das lavouras de soja.

Já em 1970, a produção de milho era responsável pela modificação de uso da terra em mais de 4 milhões de hectares da Região Sul, sobretudo no Paraná – 46% da área total –, seguido pelo Rio Grande do Sul, com 35%, e por Santa Catarina, com 19%. Atualmente, são cultivados cerca de 3,1 milhões de hectares com milho (IBGE, 2011).

As áreas desocupadas foram, então, incorporadas à produção de soja, responsável nas últimas quatro décadas pela maior mudança de uso da terra ocorrida na Região Sul. Chegando ao interior gaúcho ainda na década de 1920, foi apenas no final dos anos 1960 e início dos 1970 que a cultura ganhou cultivo em escala. Desde 1970, quando já eram registrados mais de 2 milhões de hectares (IBGE, 2011) até 2011, a cultura passou a ocupar uma extensão aproximadamente quatro vezes superior, de 9,1 milhões de hectares.

Várzeas ou banhados também tiveram seu uso alterado pela atividade agrícola. Nelas, a produção orizícola, já em 1970, ocupava mais de 1 milhão de hectares. Na área total, relativamente constante até 2006, o Estado de Santa Catarina manteve uma participação média de pouco mais de 11%, o Paraná reduziu sua presença de 44% para pouco mais de 2% e o Rio Grande do Sul passou a responder por aproximadamente 85% da produção de arroz da Região Sul. Mais de 70% do volume desse alimento produzido no País sai das lavouras desses três Estados (IBGE, 2011).

O processo de modernização agrícola, primeiramente com foco no trabalho mecânico dos solos destinados a todas as culturas agrícolas temporárias, devido a seus efeitos negativos – tal como o aumento de erosão –, foi paulatinamente – e segue sendo – substituído pelo sistema denominado *plantio direto*, sem revolvimento de solo e semeando cada nova safra sobre a palhada da cultura antecessora.

Hoje aceito como prática conservacionista na atividade agrícola, o *plantio direto* beneficia a redução de níveis de erosão ao diminuir o impacto das gotas de chuva sobre o solo, proporcionar aumento de taxas de infiltração e retenção de água e, ainda, ao interferir positivamente na minimização do escoamento superficial e nas propriedades físicas, químicas e biológicas. Ele também promove redução na amplitude da variação térmica do terreno e, além de tudo, beneficia suas biologia e microbiologia ao incorporar material orgânico, auxiliando assim, na contenção de mudanças climáticas por reduzir as emissões de carbono à atmosfera.

Tomando-se como exemplo dados de pesquisa realizada pela EMBRAPA Soja sobre estoques de carbono (C) e nitrogênio (N) em solo submetido a *plantio direto* e a *plantio convencional* (PC), Babujia *et al.* (2010) constataram que, a maior diferença de resultados entre esses sistemas ocorre nos primeiros 30 centímetros (cm) de perfil, com aumento de 29% no teor de C total do solo cultivado por PD.

Ainda, contestando afirmações de pesquisadores norte-americanos (Baker *et al.*, 2007), essa investigação confirmou incrementos significativos no sequestro de carbono em camada de 0 a 60 cm. Comparativamente ao PC, houve aumento de 18% nos estoques de C e de 16% nos de N contidos na matéria orgânica do solo, assim como de 35% de C e de 23% de N contidos na biomassa microbiana em área de PD.

Ao longo dos 20 anos de duração do trabalho, na camada de 0 a 60 cm do solo, o ganho do PD, em comparação com o PC, foi de 800 kg de C/ha/ano e de 70 kg de N/ha/ano. Conforme o CENSO Agropecuário 2006 (IBGE, 2006), a área total ocupada por *plantio direto* em relação às lavouras temporárias no Brasil era de 17,5 milhões de hectares. Desse total, 48,3% estavam distribuídos entre os estados do Rio Grande do Sul, com 4,05 milhões de hectares, de Santa Catarina, com outros 754 mil e do Paraná, com mais 3,6 milhões.

Um ponto a ser destacado em relação à mudança no uso do solo na Região Sul é a arenização. Identificada como área de atenção especial (MMA, 1997), a região de ocorrência de areais se localiza no Sudoeste do Rio Grande do Sul, entre as latitudes de 29°00' e 31°00'S e as longitudes de 54°30' e 58°45'W, em direção oeste até a fronteira com a Argentina e a República Oriental do Uruguai, onde estão os municípios gaúchos de Alegrete, Cacequi, Itaqui, Maçambará, Manuel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, São Borja, São Francisco de Assis e Unistalda (Suertegaray *et al.*, 2001; Mósena, 2008).

As áreas de arenização diferenciam-se daquelas de desertificação basicamente no caso do Rio Grande do Sul, por estarem localizadas em uma região de clima subtropical, com precipitação média anual de 1.400 mm. Trata-se do *retrabalho* de depósitos areníticos pouco ou nada consolidados que promovem dificuldade de fixação para a vegetação devido à constante mobilidade dos sedimentos pela ação da água e dos ventos (Suertegaray, 1987). Mais detalhadamente, a gênese dos areais se vincula aos processos naturais de deflação, predominante nos meses de verão, de escoamento superficial, mais significativo nos meses de inverno devido a maior umidade do solo e chuvas prolongadas e de escoamento concentrado sob a forma de ravinas e voçorocas (Suertegaray, 1995).

Ainda sobre a arenização, de acordo com Ab'Saber (1995), apesar de ter sua origem comprovadamente vinculada a causas naturais, a consolidação do quadro de degradação teve a participação do Homem em ações diretas, a exemplo do recorte e da remoção de areia de margens de estradas ou rodovias ou de baixas vertentes de vales, rios, sangas e arroios, e indiretas, como dos desmates em locais inadequados próximos às sangas e arroios, a ampliação eventual da área de pecuária mediante a destruição da vegetação de médio porte, a exploração de florestas para obtenção de lenha e tentativas de implantação de agricultura comercial com utilização de maquinário inadequado ao preparo do solo.

Conforme o *Atlas da Arenização – Sudoeste do Rio Grande do Sul* (Suertegaray et al., 2001), as manchas arenosas ocupam uma área de 36,7 km², com outros 16 km² em processo. A primeira delas corresponde a 0,26% do Sudoeste do Rio Grande do Sul.

8.3.3 VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As condições meteorológicas da Região Sul do Brasil são acentuadamente influenciadas por um fenômeno natural de escala global que provoca alterações no clima no mundo inteiro, denominado de *El Niño/Oscilação Sul* (ENOS). Ele ocorre na porção equatorial do Oceano Pacífico, mostrando de forma marcante o forte acoplamento do oceano à atmosfera que se manifesta na região.

As variações irregulares em relação às condições normais de oceano e atmosfera geram as fases opostas do ENOS – *El Niño* e *La Niña*. O fenômeno *El Niño* representa o aquecimento de águas simultaneamente à diminuição de pressão atmosférica no Leste do Oceano Pacífico, enquanto que o *La Niña* é o oposto, refletindo o resfriamento do líquido e pressão do ar maior na região leste desse mesmo oceano.

As mudanças nos padrões de transporte de umidade do ar causam variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas (Cobb et al., 2003; CPTEC/INPE, 2011). A Região Sul apresenta forte sinal do fenômeno ENOS, causando principalmente variabilidade na precipitação pluvial, com desvios positivos em anos de *El Niño* e, do contrário, nos anos de eventos *La Niña*, nos quais esses registros ficaram abaixo da média climatológica (Rao e Hada, 1990; Studzinski, 1995; Fontana e Berlato, 1997; Grimm et al., 1997).

No Estado do Rio Grande do Sul, em anos de *El Niño*, houve aumento de chuvas em relação ao regime pluviométrico normal em praticamente todos os meses. Entretanto, é na primavera do ano em que se inicia o fenômeno, especialmente em outubro e novembro e com repique ao final do outono do ano seguinte, em maio e junho, que os desvios pluviométricos se mostraram mais significativos.

Na fase fria do ENOS – a de *La Niña* –, observou-se sobre o solo gaúcho, precipitação abaixo da média climatológica de períodos do ano coincidentes com a quente. Em relação a distribuição espacial, verificou-se que a porção oeste era a mais afetada, apresentando reduções de 80 a 120 mm sobre grande parte do Estado, sendo essas diferenças crescentes no sentido Leste para Oeste (Fontana e Berlato, 1997).

Da mesma forma, em Santa Catarina, de acordo com Minuzzi (2010), houve correlação entre variações de regimes de chuva – de setembro a maio – com a TSM em regiões da porção equatorial do Oceano Pacífico. Em anos de ocorrência de *El Niño*, com exceção do mês de setembro em que se observou tendência de chuva abaixo da climatologia do litoral do Estado, houve propensão pluviométrica de igual a superior à média climática, principalmente para os meses de novembro, janeiro, fevereiro e maio, sendo que nesse último, envolveu quase todo o solo catarinense –, registrando a classificação máxima de muito chuvosa que se caracteriza por uma distribuição de desvios normalizados $\geq 40\%$.

Na ocorrência de *La Niña* houve tendência de chuvas abaixo da média climatológica para outubro e também, para novembro, quando elas se apresentaram inferiores a tal patamar sobre todo o Estado, registrando para a maioria das áreas desvio normalizado classificado como *muito seco*. No ano seguinte ao início desse fenômeno, a propensão acusou superação do índice médio, apesar de seus desvios terem se mostrado espacialmente pouco abrangentes e extremos.

Por se localizar em área de transição entre a Região Sul e Sudeste, o Estado do Paraná apresenta resposta ao fenômeno *La Niña* um pouco mais variável em relação aos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. De acordo com Grimm *et al.* (1997), na primavera, as regiões mais influenciadas pelo *El Niño* são as áreas do Sudoeste e do litoral paranaenses.

Com relação às mudanças climáticas, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças no Clima (IPCC, 2007b) houve, durante o século XX, aumento de $0,6^\circ\text{C}$ na temperatura média global, que se pronunciou na década de 1990. Quanto à precipitação, o incremento foi de 0,2 a 0,3% na região tropical compreendida entre 10° de latitude Norte e 10° de latitude Sul.

As possíveis causas dessas alterações no interior do sistema que engloba terra, atmosfera e oceano são estudadas, sob o ponto de vista global, levando-se em conta suas forçantes e seus mecanismos de interação. Sua variação pode ter causa de ordem natural, devida a atividades humanas – antropogênica – ou fruto da soma das duas.

Com o aquecimento global, espera-se para futuro próximo, de forma geral, cenários de climas mais extremos, com secas, inundações e ondas de calor mais frequentes. A elevação na temperatura do ar aumenta sua capacidade de reter vapor d'água e, conseqüentemente, a demanda hídrica. Em resposta a essas alterações, os ecossistemas de plantas poderão expandir sua biodiversidade ou sofrer influências negativas. Impactos como elevação de nível dos oceanos e furacões mais intensos e frequentes também poderão ser sentidos.

Marengo e Camargo (2008), ao estudarem as temperaturas máximas e mínimas no Sul do Brasil, durante o período de 1960 a 2002, encontraram aquecimento sistemático da Região, detectando tendências positivas nas máximas e nas mínimas anuais e sazonais. A amplitude térmica apresentou fortes propensões inversas neste período, sugerindo que os índices térmicos mínimos são mais intensos que os máximos, especialmente no verão.

Com relação ao regime de chuvas, Groisman *et al.* (2005) identificaram tendências positivas de aumento pluviométrico sistemático e de extremo na Região Sul do Brasil. Haylock *et al.* (2006), ao estudarem-na ao lado de seus países vizinhos na América do Sul durante o período de 1960 a 2000, encontraram a mesma propensão nos índices de precipitação, sugerindo que houve aumento de intensidade e frequência de dias com ocorrências mais fortes.

Ainda com relação à precipitação pluvial, Teixeira (2004) identificou ligeira tendência de aumento no número de ocorrências na Região Sul, tal como demonstrado por Alexander *et al.* (2006), que ao analisá-los em periodicidade anual, e incluindo o Paraguai, o Uruguai e o centro-norte da Argentina, identificaram igual propensão para o número de dias com chuva intensa e o volume concentrado em eventos chuvosos e muito chuvosos entre os anos de 1961 e 2000.

Um exemplo de fenômenos climáticos extremos e de indício de mudança climática sem precedentes, ainda que no curto tempo de registro meteorológico da Região Sul, ocorreu no dia 7 de março de 2004. Uma tempestade inicialmente classificada como ciclone extratropical atingiu a costa sul do Brasil, com chuvas fortes e ventos estimados em cerca de 150 km/h, matou 11 pessoas no continente e no oceano, causando destruição em dezenas de municípios. O fenômeno recebeu o nome de Catarina pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais Meteorológicos e de Hidrometeorologia da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri Ciram), por ter sido esse o estado mais atingido pelo primeiro furacão ocorrido no País.

Alguns estudos indicaram que o aumento na temperatura das águas oceânicas estaria tornando mais intensos esses fenômenos, mas ainda há incertezas quanto à real influência do aquecimento global em mudanças na frequência de furacões e tufões e em sua ocorrência em locais onde não eram observados (Webster *et al.*, 2005; Marengo e Nobre, 2005).

8.3.4 REGISTROS HISTÓRICOS

Analisando a tendência temporal de temperatura anual do ar para o período de 1913 a 1981 no Estado do Rio Grande do Sul, representada pelas localidades de Santa Vitória do Palmar, Bagé, Uruguaiana, São Luiz Gonzaga, Passo Fundo e Caxias do Sul, Mota *et al.* (1993) destacaram que durante esses 69 anos, tal fator climático aumentou 0,45°C, com incremento médio de 0,0065°C a cada ano.

Tendência linear crescente da média da temperatura mínima referente a 90 anos de dados – de 1918 a 2007 –, para dez estações meteorológicas distribuídas pelo Rio Grande do Sul, também foi relatada por João (2009) e por Marques *et al.* (2005), que apresentaram valores ascendentes do sentido Leste para Oeste no Estado, variando de 0,8°C a 1,8°C. Conforme Marques *et al.* (2005), os menores acréscimos foram encontrados no litoral gaúcho e os maiores, em uma faixa que engloba partes da depressão central do Estado, de sua região missioneira em Santo Ângelo e São Luiz Gonzaga e do baixo Vale do Rio Uruguai em São Borja, Itaqui e Campanha. As demais áreas apresentaram valores intermediários. O aumento observado no índice médio em Passo Fundo foi atribuído à elevação do mínimo anual (Cunha *et al.*, 2007).

Para o município de Pelotas, os resultados da análise de dados climáticos de 1897 a 2004 evidenciaram aumento de 1°C na temperatura mínima média anual. Reduzindo o período de análise – de 1950 a 2004 –, esse incremento foi ainda superior – 1,66°C –, o que significa que o maior avanço ocorreu nos últimos 50 anos (Steinmetz *et al.*, 2005).

Reiteraram esses resultados, Mezzomo *et al.* (2007), ao analisarem o comportamento das temperaturas mínimas médias trimestrais para a região homogênea do Rio Grande do Sul, que inclui Pelotas, durante 90 anos de observações – de 1913 a 2002 – correspondentes ao verão – os meses de janeiro, fevereiro e março – e ao inverno – período de julho, agosto e setembro. Eles demonstraram que, em 100 anos, esse índice em periodicidade trimestral subiu 1,7°C ao longo da primeira estação e 1,6°C, ao curso da segunda. Apesar de terem se limitado a tecer alguns comentários sem tomar nenhuma posição conclusiva sobre esses fatos, os autores sinalizaram que tal tendência térmica positiva, embora possa ser atribuída a fenômenos puramente locais, não pode ser desvinculada do aquecimento global, sobre o qual há consenso cada vez maior entre os cientistas.

Para o Estado de Santa Catarina, pesquisas da Epagri/Ciram mostram acentuada elevação da temperatura ao longo dos anos, com destaque para a década de 1990 (Campos *et al.*, 2006). Na Estação Meteorológica de São Joaquim, a mínima apresenta aumento de 3°C em um período de 51 anos – de 1955 a 2006 – e, em Caçador, 2,9°C ao longo de 64 anos – de 1942 a 2006. Para outras localidades, o mesmo comportamento também foi registrado: 2,8°C, em Urussanga, 2,2°C,

em Lages e, 2,1°C, em Campos Novos. O único registro de tendência negativa foi para a região litorânea de Florianópolis: -0,3°C.

Ainda em Urussanga, nesse mesmo estado federativo, ao estudar tendências anuais de temperatura e precipitação pluvial a partir de análise estatística de uma série de dados coletados entre 1924 e 1998, Back (2001) detectou propensão significativa de aumento da média térmica anual – de aproximadamente 1 °C por século – e no mês de janeiro, ao redor de 1,8°C/século. O autor identificou o mesmo quanto à pluviometria total anual e no quarto trimestre.

Também no Estado de Santa Catarina, Prudêncio *et al.* (1999), com dados de 32 estações pluviométricas instaladas no litoral, referentes a séries coletadas entre 1961 e 1995, apontaram aumento significativo de precipitação total anual apurada por doze estações, com diminuição das chuvas em apenas uma delas e sem tendência relevante para as demais.

Ao analisar tendências de mudanças nos padrões de temperatura do ar e precipitação nos dados informados pelas estações meteorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Londrina, no estado paranaense, Ricce *et al.* (2009) demonstraram que em um período de 48 anos – de janeiro de 1961 a dezembro de 2008 –, ocorreu aquecimento de 1,33°C no índice mínimo anual, de 0,83°C no médio e de 0,33°C no máximo, enquanto que a pluviometria não mostrou tendência significativa de alteração.

Ainda no Paraná, os municípios de União da Vitória e Piraquara têm apresentado aceleração de seu ciclo hidrológico desde o início da década de 1970, o que pode ser constatado através do aumento da frequência de chuvas mais intensas, da vazão média de seus rios e da ocorrência de estiagens de maior duração. Além dessas alterações diretas, foi observada tendência de elevação da temperatura mínima e diminuição da máxima em Ponta Grossa desde 1954. Esse resultado pode estar associado ao gradativo e regionalizado incremento de nebulosidade. No período noturno, ela interferiria no balanço de ondas longas, fazendo subir o índice térmico atmosférico mínimo. Em contrapartida, durante o dia, seu valor máximo teria sido reduzido pela irradiância solar global (Silva e Guetter, 2003).

Para outras localidades paranaenses, Gasparotto *et al.* (2005), ao realizarem análise de tendência de variáveis climáticas térmicas e hídricas, destacaram aumentos de 0,032°C ano⁻¹ em Bandeirantes, de 0,034°C ano⁻¹ em Cascavel, de 0,036°C ano⁻¹ em Cerro Azul, de 0,029°C ano⁻¹ em Cianorte, 0,040°C ano⁻¹ em Fernandes Pinheiro, de 0,051°C ano⁻¹ em Palmas, de 0,032°C ano⁻¹ em Ponta Grossa, de 0,043°C ano⁻¹ em Telêmaco Borba e de 0,039°C ano⁻¹ em Umarama. Tais incrementos podem estar associados a mudanças no balanço energético devido à modificação de uso do solo, provocado pelos processos de desmatamento e de ocupação agrícola. Uma exposição maior do solo provoca intensificação do calor armazenado durante o dia, que pode contribuir para elevar as temperaturas mínimas, embora não se possa descartar os efeitos de alterações no clima em escalas maiores, decorrentes de atividades humanas.

8.3.5 CENÁRIOS CLIMÁTICOS

Tal como exposto no Quarto Relatório de Avaliação (AR4) do IPCC, publicado em 2007 (IPCC, 2007), em seu capítulo 13 – *América Latina* –, a variabilidade climática e os eventos extremos têm afetado severamente a região latino-americana nos últimos anos, com destaque para relatos incomuns sobre esse segundo fenômeno, tais como as chuvas na Venezuela em 1999 e 2005, as inundações no pampa argentino de 2000 a 2002, a seca no bioma Amazônia em 2005, as tempestades de granizo na Bolívia em 2002 e na Cidade Autônoma de Buenos Aires em 2006, além de acontecimentos sem precedentes a exemplo do furacão Catarina no Sul do Oceano Atlântico em 2004 e temporada de episódios desse mesmo tipo de evento em 2005 na Bacia do Caribe.

Conforme o AR4, a projeção para mudanças em temperatura e precipitação para a ampla região Sul da América do Sul, obtida a partir de sete modelos de circulação geral e dos quatro principais cenários de emissões de GEEs para o inverno – os meses de junho, julho e agosto – indicou aumento de 0,6°C a 1,1°C já para 2020, de 1°C a 2,9°C para 2050 e de 1,8°C a 4,5°C para 2080. Para o verão – os meses de dezembro, janeiro e fevereiro –, foi projetada elevação de 0,8°C a 1,2°C para 2020, de 1,0°C a 3,0°C para 2050 e, para 2080, de +1,8°C a 4,5°C.

Devido a sua maior complexidade, as projeções climáticas regionais mostram grau muito mais elevado de incerteza quando objetivam prever mudanças no regime de chuvas. Para o inverno – meses de junho, julho e agosto – de 2020, o índice pluviométrico diverge entre -5% e 3%, para 2050, entre -12% e 10% e, para 2080, entre -12% e 12%. Similarmente, no verão – meses de dezembro, janeiro e fevereiro – de 2020, sua variação vai de -3% a 5%, no mesmo período de 2050, oscila entre -5% e 10% e, no de 2080, de -10% a 10%.

8.3.6 MUDANÇA NO CICLO HIDROLÓGICO

Grimm (2003) apresentou um mapa com a climatologia da precipitação sobre o Brasil de 1956 a 1992, onde destacou a diversidade dos totais observados por todo seu domínio espacial. No extremo Sul do País, esse aspecto é praticamente uniforme ao longo do ano, mas, ao mesmo tempo, ocorre na Região do Brasil com maior variabilidade térmica anual, podendo a temperatura mínima variar de 8°C no inverno a 18°C no verão em algumas áreas (Quadro *et al.*, 1996).

As diferenças entre os regimes de precipitação e temperatura do ar sobre o Sul do Brasil ao longo do ano, principalmente no inverno, se devem ao fato de essa região ser influenciada por sistemas atmosféricos distintos (Satyamurty *et al.*, 1998). A geada pode ser considerada como um dos principais fenômenos atmosféricos que nela atuam.

Devido à sua localização latitudinal, a Região Sul sofre mais influência dos sistemas de latitudes médias, dentre os quais os frontais são os principais causadores de chuvas (Quadro *et al.*, 1996). Sua trajetória é fortemente ligada ao posicionamento e intensidade do jato subtropical da América do Sul (Kousky e Cavalcanti, 1984).

Outro sistema meteorológico responsável por chuvas intensas (Madox, 1983; Miller e Fritsch, 1991), principalmente no Oeste da Região Sul são os complexos convectivos de mesoescala (CCM).

Um fenômeno que pode ser responsável por anomalias de precipitação e temperatura sobre o Sul do país é o bloqueio atmosférico (Casarin e Kousky, 1986). Sua ocorrência pode trazer um padrão regional anômalo por longos períodos, tais como tempo estável prolongado próximo da sua fase de formação, com possibilidade de seca ao ocorrer na mesma região ou, até mesmo, de enchentes em áreas para as quais os distúrbios ciclônicos são desviados.

Outro fenômeno de grande escala que pode influenciar a precipitação sobre algumas regiões da América do Sul é o ENOS, cujos episódios podem causar anomalias não só na região de aquecimento do Oceano Pacífico, como por todo o globo (Grimm *et al.*, 1998, Coelho *et al.*, 2002).

As forçantes não climáticas influenciam os recursos hídricos através de mudança no uso do solo, construção de reservatórios e emissão de poluentes (IPCC, 2007a). Modificações naturais e artificiais da cobertura vegetal de bacias hidrográficas afetam seu comportamento hidrológico (Tucci e Clarke, 1997; Tucci, 2003; Zhao *et al.*, 2010).

Os fluxos globais de vapor d'água da superfície terrestre estão se modificando devido à ação do homem. Em termos de alterações de ciclo hidrológico, o desmatamento é força motriz tão grande quanto é a irrigação. O desmate os diminuiu em 4% – 3.000 km³/ano – a partir da terra, uma

redução quantitativamente tão grande quanto aquela causada pelo aumento de irrigação: 2.600 km³/ano (Gordon *et al.*, 2005).

Existem amplas evidências de que, mudanças no uso da terra nas bacias e sub-bacias hidrográficas do Alto do Rio Paraná e dos rios Paraguai e Uruguai podem ter contribuído para um aumento de 28% no fluxo médio desse primeiro curso d'água desde 1970. Tucci e Clarke (1998) perceberam que esse incremento na vazão ribeirinha aconteceu após grandes áreas terem experimentado o desmatamento ou modificação no uso do solo. A intensificação da atividade agrícola e industrial nessa região motivou transição de culturas de café para as de cana-de-açúcar e soja, assim como para criação de gado no alto da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. Diferentemente da cafeicultura, a produção do último produto agrícola mencionado precisa de preparação intensiva de terreno, feita através do emprego de máquinas.

No Sul do Brasil e Norte da Argentina, observaram-se tendências de aumento de chuva e vazão de rios desde meados do século XX (Marengo e Valverde, 2007). Os rios da Prata e Paraná apresentaram queda desde 1901 a 1970 e aumento sistemático desde o início dos anos 1970 até o presente (Barros *et al.*, 1999; Tucci, 2001), fato consistente com o incremento registrado em precipitações (Hulme e Sheard, 1999).

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, que drena os estados do Sul do Brasil e parte do Paraguai, tem apresentado importante aumento de vazão nas últimas décadas. O bioma Pantanal também a integra, de modo que, qualquer alteração que seus rios sofram tem implicação direta sobre a capacidade de armazenamento desse enorme reservatório natural.

A vazão nessa bacia aumentou aproximadamente 15% desde a década de 1960, o que é consistente com os crescentes valores de volume de precipitação nela observados. Isso é também coerente com mudanças nesses mesmos aspectos hidrológicos referentes a regiões do Norte da Argentina (Marengo *et al.*, 1998; Garcia e Vargas, 1998; Barros *et al.*, 1999).

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraná possui séries de vazão estacionárias e não estacionárias (Müller *et al.*, 1998), cujas características são as seguintes:

- (1) as séries de vazão natural dos rios Tietê, Paranapanema e do Paraná a jusante do Rio Grande não são estacionárias, com aumento médio após 1970;
- (2) as taxas de elevação da vazão média crescem de montante para jusante;
- (3) os postos pluviométricos nas bacias dos rios Grande, Tietê e Paranapanema acusaram não estacionariedade; e, por fim,
- (4) somente a Sub-bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba manteve estacionariedade de vazão durante todo o período de análise.

Até meados do século XXI, a Bacia Hidrográfica dos rios Paraná e da Prata deverá aumentar sua vazão entre 10% e 40% no cenário A1B do IPCC, segundo doze modelos climáticos analisados por Milly (2005). O UK Met Office (2005), ao usar o HadGEM1 do Hadley Centre for Climate Prediction and Research para A1B e A2 – pessimista sobre emissão de GEEs –, atestou a previsão.

O Rio Grande, afluente do Rio Paraná, apresentou significativa divergência quanto à vazão estimada em diferentes simulações climáticas para o cenário A1B. Ela aumentaria 13%, conforme o modelo ECHAM5 do Max-Planck-Institut für Meteorologie, e 9%, segundo o HadCM3, ao passo que sofreria redução pelo apurado com os modelos do Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCMA) em -14%, do Institut Pierre Simon Laplace Des Sciences de L'environnement (IPSL) em -28% e, do HadGEM1 em -10%. Apresentou, ainda, pequena alteração de -2% na aplicação do modelo do The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Em virtude dos resultados obtidos, Nobrega *et al.* (2011) sugeriram que a escolha do modelo climático é a maior fonte de incerteza para a projeção de impactos sobre a vazão dos rios.

8.3.7 PROJEÇÕES DE IMPACTOS SOBRE SAÚDE HUMANA

Os fenômenos climáticos podem influenciar a saúde humana de forma direta ou indireta. No caso brasileiro existem várias doenças infecciosas endêmicas que são sensíveis às variações do clima, principalmente aquelas de transmissão vetorial e as de veiculação hídrica (Confalonieri, 2005).

Efeitos diretos, tais como furacões, tempestades e inundações – especialmente em zonas urbanas – provocam mortalidade por afogamento, deslizamentos de terra, desabamentos de prédios e ondas de calor. Os indiretos, como a perda de produção agrícola, resultam em impacto nutricional e queda nos padrões de higiene pessoal e ambiental. São, também, determinantes de fenômenos demográficos (Thompson e Cairncross, 2002; Barcellos *et al.*, 2009). Enchentes ou secas afetam a qualidade e o acesso à água e podem favorecer a incidência de leptospirose, hepatites virais e doenças diarreicas.

As características físicas e químicas dos poluentes e fatores climáticos, como temperatura e umidade do ar e precipitação, definem o tempo de residência dos primeiros na atmosfera. Eles podem ser transportados a longas distâncias em condições atmosféricas favoráveis – pouco úmida e de alto índice térmico.

Em áreas urbanas, sua presença, associada a eventos meteorológicos como os de inversão térmica, podem agravar os casos de asma, alergias, infecções bronco-pulmonares e infecções nas vias aéreas superiores – sinusite –, principalmente entre os grupos mais susceptíveis que incluem crianças menores de cinco anos e idosos com idade acima de 65 anos (Martins *et al.*, 2002; Barcellos *et al.*, 2009).

Variáveis como idade, perfil de saúde, resiliência fisiológica e condições sociais contribuem diretamente para as respostas humanas relacionadas às de ordem climática (Martins *et al.*, 2004). Fatores que aumentam a vulnerabilidade a problemas de clima combinam crescimento populacional, pobreza e degradação ambiental (IPCC, 2001; McMichael, 2003).

Os riscos associados a mudanças climáticas globais não podem ser avaliados separados desse contexto. Ao contrário, deve-se ressaltar que são produtos de vulnerabilidade e perigos, como costumam ser medidos em engenharia.

Os perigos, no caso de mudanças globais, são dados pelas condições ambientais e pela magnitude de eventos. Já a vulnerabilidade é conformada pelas condições sociais, marcadas por desigualdades e diferentes capacidades de adaptação, resistência e resiliência.

Uma estimativa da vulnerabilidade de populações brasileiras apontou a Região Nordeste como a mais sensível a mudanças climáticas devido a seus baixos índices de desenvolvimento social e econômico (Confalonieri, 2005, GT2, 5.1).

A construção do indicador sintético de vulnerabilidade da população brasileira aos impactos do clima na saúde (Confalonieri *et al.*, 2005) foi baseada em três componentes principais: socioeconômico; epidemiológico e climático. Ele coloca os estados do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina e do Paraná, como detentores de bons resultados, o que resulta na menor vulnerabilidade exposta pela Região Sul.

Essas avaliações se baseiam no pressuposto de que grupos populacionais com piores condições de renda, educação e moradia sofreriam os maiores impactos de mudanças ambientais e climáticas. No entanto, como ressalta Guimarães (2005), os contingentes mais pobres nas cidades e no campo têm demonstrado imensa capacidade de adaptação, uma vez que já se encontram excluídos dos sistemas técnicos.

Em se tratando de aumento de frequência e de intensidade de eventos extremos, as mudanças climáticas devem, portanto, produzir impactos importantes sobre a saúde humana, porém nem todos negativos. Por exemplo, a alta na mortalidade que se observa durante as estações de inverno poderia ser reduzida com o aumento de temperatura do ar. Também, a expansão de áreas e de períodos de seca pode diminuir a propagação de alguns vetores. Entretanto, em geral, os efeitos prejudiciais deverão ser mais intensos que de melhoria (Barcellos *et al.*, 2009).

Em relação a muitas das doenças que afetam a população e que tem estreita relação com a variabilidade climática, os estados da Região Sul apresentam atualmente os menores índices de ocorrência comparados às demais unidades federativas brasileiras. São exemplos, a incidência média anual de 2% para casos de dengue, de 3% para os de leishmaniose tegumentar americana (LTA), de 1% para os de esquistossomose, de 15% para os de hepatites virais, resultados muito associados ao clima regional e que, frente aos cenários futuros de aumento da temperatura, umidade e precipitação, poderão crescer.

Com relação às ocorrências de leptospirose, a Região Sul já ocupa o segundo lugar em termos de incidência média anual registrada respondendo por 37% do total de casos – uma condição que poderá piorar com o aumento dos eventos extremos, potenciais causadores de inundações (OPAS, 2009).

8.3.8 PROJEÇÕES DE IMPACTOS SOBRE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E SEGURANÇA ALIMENTAR

Dependente e altamente susceptível de oscilações ou a mudanças do clima, será na agropecuária que as maiores e mais diretas consequências para o Homem tenderão a ocorrer, já que sua principal finalidade é a alimentação humana e essas transformações poderão piorar o já grave problema da fome em regiões mais vulneráveis do planeta. O aquecimento do ar provocará aumento de demanda hídrica pelas culturas agrícolas e, tal necessidade de mais água poderá esbarrar com cenários de redução de chuvas.

Ao avaliar o ocorrido na agricultura em anos passados sob a influência de ENOS, se pode prever os desafios a serem enfrentados, principalmente quando são avaliados os anos de eventos *La Niña*. Os aumentos pontuais de precipitação pluvial quando da ocorrência de *El Niño* favoreceram as culturas de soja e de milho com aumentos produtivos, enquanto que, concomitantemente ao *La Niña*, acentuaram-se as perdas decorrentes de períodos de estiagem mais frequentes e prolongadas.

Devido à estiagem provocada pelo fenômeno *La Niña* durante a safra de 2004 para 2005, a produtividade média foi de apenas 698 kg ha⁻¹ de soja e 1.269 kg ha⁻¹ de milho –, considerando-se a primeira e a segunda colheitas (CONAB, 2011). Já para a produção de trigo e de arroz o cenário foi contrário. O excesso de chuva acabou favorecendo o surgimento de doenças, manteve o solo frequentemente saturado e reduziu níveis de radiação solar, fatores que reduzem crescimento aéreo e radicular e afetam negativamente os componentes do rendimento da primeira (Cunha *et al.*, 1999), e da segunda (Carmona e Berlato, 2002) culturas.

Para *La Niña*, tem-se maior frequência de eventos favoráveis devido aos altos índices de insolação no mesmo período. No Rio Grande do Sul, são conhecidas as relações entre clima e planta com ênfase no ENOS para as culturas da soja (Berlato e Fontana, 1999; 2003), do trigo (Cunha *et al.*, 1999), do arroz (Carmona e Berlato, 2002) e do milho (Berlato *et al.*, 2005). Com essa preocupação, pesquisas procuram antever as futuras mudanças em relação à atual configuração agrícola do País. Em relatório divulgado em conjunto por EMBRAPA e UNICAMP (Deconto, 2008) – cuja equipe de pesquisadores é especialista em zoneamento agrícola de risco climático e, por isso, acostumada a quantificar a interferência do clima na agricultura – foi exposta uma nova geografia da produção nacional desse setor com base nas projeções de mudanças climáticas apontadas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

As previsões climáticas para o Brasil até os anos de 2020, 2050 e 2070, foram projetadas por meio do modelo climático *Providing Regional Climates for Impact Studies* (PRECIS), coordenadas por pesquisadores do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do INPE.

Os resultados mostraram que, com exceção da cana-de-açúcar e da mandioca, as culturas de algodão, arroz, café, feijão, girassol, milho e soja sofrerão impactos negativos, apresentando diminuição de produção em função da redução de áreas com baixo risco climático. Para a Região Sul do País, mesmo que um aumento na temperatura do ar reduza o risco de geadas, possibilitando a áreas hoje restritas ao cultivo de plantas tropicais tornarem-se futuramente viáveis, não haverá compensação de perdas com um clima mais quente.

Como segunda maior produtora de soja do Brasil, a Região Sul estaria diante de perdas significativas, segundo apontam as projeções a partir de cenários futuros. Caso as condições de cultivo se mantenham como as atuais e nenhuma modificação genética seja feita, essa é a cultura que mais deve sofrer com o aquecimento global.

Até 2070, a área de baixo risco no País pode ser reduzida a 60% da hoje existente em decorrência do aumento na deficiência hídrica e de possíveis veranicos mais *intensos*. Conjuntamente, a área nordestina de cerrado e a Região Sul do Brasil serão as mais fortemente afetadas. Nacionalmente, já em 2020, o solo de baixo risco para cultivo será reduzido em 21,62% a 23,59%, com sua parcela apta encolhendo até 2050, de 29,6% a 34,1%, em relação à extensão atual.

Conforme o estudo, opostamente a todas as perdas apontadas para a Região Sul, as projeções de mudanças climáticas futuras até certo ponto poderiam ser benéficas. A redução de geadas que atingem com maior frequência os estados do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, prejudicando entre maio e agosto cultivos como os de café e milho e as culturas hortícolas e frutíferas, causaria a migração de outras, adaptadas ao clima tropical, para áreas mais ao Sul do País e de maiores altitudes, para compensar a elevação de temperatura do ar.

Com um aumento próximo a 3°C – valor do aquecimento médio estimado pelo IPCC como mais provável até 2100 –, é provável que ocorra o deslocamento das culturas de café e cana-de-açúcar para áreas de maiores latitudes. Em relação à cana-de-açúcar, plantações nelas localizadas, que hoje apresentam restrições para cultivo pelo alto risco de geadas, perderiam essa característica, principalmente no Rio Grande do Sul, e se transformariam em regiões de potencial produtivo dentro de dez a 20 anos.

Para o arroz, cultivado e vermelho, Lago *et al.* (2008) avaliaram a resposta do desenvolvimento das plantas a diferentes graus de aumento em temperatura mínima e máxima do ar diárias verificadas no município gaúcho de Santa Maria. Para cenários climáticos de 100 anos, com aumentos simétricos e assimétricos de temperatura mínima e máxima de 0°C, +1°C, +2°C, +3°C, +4°C e +5°C a partir da base de dados de 1969 a 2003 e, utilizando-se nove genótipos de arroz cultivado e dois biótipos de arroz-vermelho, os resultados mostraram que, de forma geral, houve diminuição na duração do subperíodo vegetativo – emergência – diferenciação da panícula –, enquanto que o reprodutivo – diferenciação da panícula, antese – e o enchimento de grãos – antese, grãos com casca amarronzada – se prolongaram com a elevação térmica da atmosfera nos cenários de mudança climática.

Ainda para o arroz irrigado, no mesmo cenário de aumento e na temperatura do ar, porém com o dobro da concentração atual de CO₂ atmosférico, Walter *et al.* (2010) simularam os efeitos do clima sobre o rendimento de grãos para três cultivares de arroz (IRGA 421, IRGA 417 e EPAGRI 109) em sete datas de semeadura entre 20 de julho e 20 de janeiro, com intervalos mensais. Observaram maior produtividade para todos os materiais genéticos testados – de sinal mais positivo para cultivares de ciclo muito precoce (IRGA 421) e menos elevado, para aqueles de ciclo longo (EPAGRI 109).

Apesar de o incremento térmico aumentar a esterilidade de espiguetas, a semeadura em épocas não utilizadas para cultivo atualmente, tais como nos meses de agosto e setembro, tornar-se-ia ideal pela redução desse efeito, antes causado pelo frio. Portanto, se tais mudanças climáticas se confirmarem, o período atualmente recomendado para semear cultivares de arroz irrigado deverá ser ampliado.

Quanto à produção de milho, ao avaliarem a fenologia da cultura sob cenários de mudanças climáticas, Streck *et al.* (2010) destacaram dois aspectos importantes:

- a) o de encurtamento do período de desenvolvimento foliar. e;
- b) o de que o insucesso do cultivo de milho em razão de geada diminuiria, em cenários de temperatura do ar elevada, para as datas de emergência classificadas como *muito cedo* e *muito tarde*, o que resultaria em aumento da estação produtiva no município gaúcho de Santa Maria, em condições de clima mais quente, similar ao observado para a plantação de arroz (Walter *et al.*, 2010).

Quanto a alterações de produtividade nas culturas de milho, soja e trigo, Streck e Alberto (2006) simularam diferentes aumentos da temperatura ao ar, com o dobro da concentração de CO₂ atmosférico atual – de 700 partes por milhão (ppm) – Observaram que, para a primeira delas, elevação de 3°C e 4°C anulariam os efeitos positivos do aumento de CO₂ sobre o rendimento da cultura. Na condição climática de Santa Maria, aquecimento de 2°C, associado a dióxido de carbono mais concentrado promoveria maior colheita de grãos por planta independentemente de precipitação pluvial mais farta.

Aumentos de 5°C a 6°C diminuiriam significativamente o rendimento de grãos de trigo. Também para o milho, a elevação de 2°C a 3°C na temperatura do ar tenderia a anular o efeito positivo de maior volume de CO₂ sobre o rendimento da cultura. Para a de milho, aquecimento igual ou superior a 4°C, provocaria produtividade menor. Já quanto à produção de soja, observou-se redução nos desvios produtivos por conta desse mesmo fator climático, sendo que, apenas a partir de uma expansão térmica de 6°C se verificaria alteração negativa.

Completando o desenvolvido por Siqueira *et al.* (1994) ao avaliar os reflexos de mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS sobre a produção agrícola brasileira enfocando as culturas de trigo, milho e soja, descrevem, para trigo e milho, uma relação inversa aos aumentos das concentrações de CO₂ na atmosfera, com queda de 20% da produtividade de trigo e de 8% da produtividade de milho para a Região Sul, reflexos diretamente associados com os aumentos de temperatura.

Quanto à cultura de soja, relatam resultados diferenciados e antagônicos aos obtidos para as de trigo e milho. Simulações apontaram reflexos positivos na produção de biomassa e de grãos em relação aos cenários climáticos decorrentes do aumento do CO₂ atmosférico, aparentemente superando os efeitos negativos do aquecimento do ar. Para a Região Sul, esse trabalho apontou aumentos potenciais de 30% para o cultivo de soja, divergindo dos resultados colhidos por Streck e Alberto (2006).

Para a cultura da batata, Fagundes *et al.* (2010), ao avaliarem os efeitos de mudanças climáticas baseados em dados meteorológicos de Santa Maria, no RS, e em cenários sem e com alterações na temperatura e concentração de CO₂ atmosféricos, apontaram que, para anular o efeito benéfico desse gás concentrado sobre a produtividade no cultivo durante a primavera, bastariam aumentos simétricos de 4° C nos índices térmicos mínimos e máximos diários e assimétricos de 5°C. Já no outono e em igual circunstância, os tubérculos praticamente não teriam sua rentabilidade afetada.

Esses autores concluíram, também, que a antecipação da data de plantio no cultivo de primavera e o atraso no de outono, diminuiriam o impacto negativo do aumento na temperatura do ar sobre a produtividade do tubérculo.

Quanto aos impactos das mudanças climáticas sobre o zoneamento da cultura do feijão no Estado de Santa Catarina, conforme Pandolfo *et al.* (2007b), as mudanças climáticas podem causar, no longo prazo, grandes efeitos sobre a cadeia produtiva, restringindo seu cultivo a algumas regiões por aumentos de deficiência hídrica e abortamento floral. Além da redução do ciclo de desenvolvimento devido à temperatura do ar mais elevada, haveria dificuldade para competir com plantas daninhas de metabolismo C4. Suas taxas de crescimento – por unidade de tempo, e eficiência na produção de *fitomassa*, por quantidade de água consumida – seriam maiores comparada à cultura do feijão principalmente no início do cultivo, sua conversão de energia luminosa, melhor, e, seus problemas com pragas e doenças, agravados.

Como principal produtora de frutas de clima temperado, a Região Sul tem tido os possíveis impactos de mudanças climáticas sobre a fruticultura como é foco de pesquisas. Os aumentos da temperatura do ar registrados nas últimas décadas nos estados do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina e do Paraná, e as projeções futuras (IPCC, 2007) se deram em oposição à dependência dessas espécies ao acúmulo de horas de frio para quebra de dormência.

Considerando cenários de aumento na temperatura do ar de 1°C, 3°C e 5,8°C (IPCC, 2001), Wrege *et al.* (2010) estimaram as alterações na disponibilidade de número de horas de frio (NHF) para os três estados da Região Sul, com base em dados de 81 estações meteorológicas. A se confirmar o cenário de aumento de 1°C haveria diminuição de áreas com maior acúmulo dessa condição temporal, padrão que se acentuaria no caso de uma elevação de 3°C.

Já na hipótese de um incremento de 5,8°C, todas elas praticamente desapareceriam, com exceção de pequenas zonas situadas em pontos mais altos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, onde o NHF máximo seria de 334 horas.

Ao avaliar os padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na Região Sul do Brasil e seus impactos sobre os cultivos de pêsego e nectarina no Estado de Santa Catarina, Campos (2011) destacou que, em função dos cenários futuros de clima de 2071 a 2100 – e para outros dois panoramas, de extremos de emissões de GEEs – o A2 e o B2 elaborados pelo IPCC (2007) –, seria possível obter benefício devido à diminuição de riscos de geada – e, por consequência, de produção.

Porém, independentemente do cenário – A2 ou B2 –, a redução de 200 a 300 horas de frio em quase todo o estado catarinense, acabaria reduzindo as áreas aptas ao plantio de pêsego e nectarina, restringindo essas produções às localidades de maior altitude do planalto sul estadual. A restrição na extensão desses cultivos está prevista para o extremo Oeste e as regiões serranas de Santa Catarina.

Para o cultivo de videira – *Vitis vinifera L* nesse mesmo estado, Pandolfo *et al.* (2009), ao se utilizarem dos critérios do zoneamento agrícola propostos por Agroconsult (2010), estimaram o impacto de mudanças climáticas para os próximos 20 e 50 anos analisando a tendência de horas de frio inferior ou igual a 7,2°C. Os resultados apurados mostraram redução de áreas potenciais de cultivo, ainda maior nas áreas de produção desse fruto.

Com relação aos cultivos de maçã e, também, de banana – frutífera de clima tropical altamente susceptível a geadas –, Pandolfo *et al.* (2007a) analisaram como aumentos na temperatura média do ar influenciariam o zoneamento agroclimático do Estado de Santa Catarina. Os resultados obtidos mostraram restrições às áreas para o plantio da primeira e, expansão daquelas aptas, para o da segunda. Porém, ressaltaram que a ampliação de terras para a bananicultura também poderá ser acompanhada de maior incidência de doenças e pragas de ciclo curto.

Com relação à produção cafeeira, Assad *et al.*, (2004) avaliaram o efeito de aumento na temperatura do ar sobre áreas atualmente aptas ao cultivo, incluindo o norte paranaense. Ao simularem aquecimento médio anual de 1°C, 3°C e 5,8°C (IPCC, 2001), encontraram nelas grande alteração, mesmo considerando acréscimo de 15% na precipitação pluvial. Para o Estado do Paraná,

com elevação de 1° C, ocorreria expansão da terra apropriada devido a deslocamento de produção para o Sul de seu território, ainda mais acentuado no cenário intermediário, de mais 3° C, porém já com registros de redução do solo estadual adequado de 86,8% para 66,7%. Com um acréscimo de 5,8° C, ele se contrairia em 25,2%.

8.3.9 SÍNTESE DAS ANÁLISES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alterações na cobertura e uso da terra, com retirada de floresta e inclusão de cultivos agrícolas, anuais ou perenes, tais como os observados na Região Sul, geraram modificações no balanço de energia, com influência irrestrita às fronteiras dos seus três estados e potencial para modificação de seus regimes térmico e hídrico.

Essa é a única região do Brasil que apontou tendências positivas em sua pluviometria até agora. Com mudanças climáticas e expectativa de maior frequência de eventos extremos – em suas áreas mais ao Sul, sobretudo –, se espera aumento de pluviosidade até o fim do século. A temperatura do ar seguiu o padrão de aumento em seus valores médios, com redução dos episódios de geadas e de dias frios acompanhando o verificado nas outras regiões do País.

Dentre os riscos de eventos extremos identificados, destacam-se os de enchentes e alagamentos, com grandes volumes de precipitação pluviométrica em curto espaço de tempo. Além de provável quebra de produção de alimentos, um desafio para a Região Sul são as cidades localizadas próximas aos rios. Em novembro de 2008, o Estado de Santa Catarina foi surpreendido por um evento de precipitação intensa. Aproximadamente 700 mm de chuva em curtíssimo período devastaram parte do Vale do Itajaí. O Centro de Operações de Defesa Civil de Santa Catarina estimou que 1,5 milhão de pessoas foram afetadas, com 135 mortes.

Além do volume pluviométrico anômalo, a vulnerabilidade dos municípios da região contribuiu para a gravidade do evento. Situações como essa, poderão se tornar mais frequentes. Com o aumento predominantemente urbano da população, os tomadores de decisão devem considerar meios de adaptação importantes.

O meio agrícola passará por adaptações, com a introdução de espécies exógenas devido à baixa temperatura. Culturas anuais como as de soja e de milho poderão ser substituídas por outras, parcialmente perenes e perenes, tais como as de cana-de-açúcar e de café. As frutíferas que necessitam de horas de frio poderão não encontrar mais ambiente adequado para o seu desenvolvimento potencial, entretanto são baixos seus riscos com a perda de áreas agriculturáveis. Técnicas alternativas como as de plantio direto e consórcio entre florestas, gado e agricultura podem ser medidas necessárias para se minorar os riscos climáticos a advir.

8.4. REGIÃO SUDESTE

8.4.1. INTRODUÇÃO

A Região Sudeste é formada pelos estados de Espírito Santo (ES), Minas Gerais (MG), Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP), totalizando área de 924.266 km², equivalente a 10,86% do território brasileiro, com uma população de 80.353.724 habitantes, assim distribuída:

- 3.514.952 habitantes em 78 municípios do ES, cuja densidade demográfica é de 76,25 hab/km²;
- 19.597.330 moradores em 853 municípios de MG, cuja densidade demográfica é de 33,41 hab/km²;
- 15.989.929 residentes em 92 municípios do RJ, cuja densidade demográfica é de 365, 23 hab/km²; e, ainda,

- 41.262.199 pessoas em 645 municípios de SP, estado cuja densidade demográfica é de 166,25 hab/km² (IBGE, 2011).

Embora a Região Sudeste esteja localizada, quase que em sua totalidade, na área tropical localizada entre as latitudes 14° e 25°, seu clima se caracteriza como o mais diverso das regiões brasileiras, devido à distribuição longitudinal e à altimetria de seu território. Ele abrange o Planalto Atlântico e as serras do Mar, da Mantiqueira, do Espinhaço, dos Órgãos, da Canastra e de Caparaó, quase todas dispostas no sentido de Norte para Sul, de modo a produzir um clima tropical de altitude e incrementar as chuvas locais pelo efeito orográfico, além de constituírem barreira às precipitações, que, devido ao relevo, diminuem do Leste para o Oeste.

A dinâmica atmosférica da Região é influenciada por sistemas atmosféricos da baixa troposfera e pelas Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), resultantes do corredor de umidade da massa equatorial continental em sentido Noroeste para Sudeste, das linhas de instabilidade do ar tropical e dos complexos convectivos de *mesoescala* (CCMs) que, somados, intensificam perturbações e instabilidades no clima regional (Sant'Anna Neto, 2005).

Em decorrência de tais fatores, essa região brasileira apresenta 14 subtipos climáticos (IBGE, 2006 *apud* Neto, 2005), classificados, a partir de seus respectivos índices de temperatura média do ar e regimes pluviométricos, em três grandes conjuntos. O primeiro grupo é caracterizado por clima quente, com cinco subdivisões possíveis em função da distribuição pluvial. O segundo é denominado *subquente* e se define por médios níveis térmicos na atmosfera ligeiramente influenciados pela altitude com características pluviométricas semelhantes as do interior e, o terceiro deles, é composto por subgrupos mesotérmicos, mais brando e uniforme em termos de aquecimento e distribuição sazonal de chuvas (Sant'Anna Neto, 2005).

Os solos da Região Sudeste também apresentam grande variedade dada suas localização em zona de transição climática e diversidade de relevo, vegetação e material geológico de origem. Eles podem ser classificados em quatro grandes áreas:

- uma região semiárida ou *polígono das secas*, situada ao Norte da Região Sudeste, cujos solos apresentam similaridade com os do sertão nordestino;
- uma faixa litorânea que compreende depósitos arenosos onde se encontram, principalmente, *neossolos quartzarênicos* ou quartzosos, *espodossolos* nas areias da orla costeira além de outros sedimentos e, ainda, alguns tabuleiros onde são mais comuns os *latossolos* e *argissolos* amarelos;
- uma área montanhosa que abriga a maior parte dos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e partes do Leste São Paulo e de Minas Gerais, sendo nela predominantes os *argissolos* e *latossolos* vermelho–amarelos, desenvolvidos principalmente em materiais derivados de granitos, gnaiesses e xistos em trechos de relevo *mamelonar* – conhecido como mar de morros –, e *neossolos litólicos* e *cambissolos* em terras com declives acentuados; e,
- planaltos de origem sedimentar, situados no Oeste dos estados de Minas Gerais e São Paulo, com predominância de *latossolos* vermelho–amarelo e vermelho e de *neossolos quartzarênicos*, sendo que os mais produtivos, tais como as *terras roxas*, se encontram nos vales dos rios Parnaíba, Grande e Paranapanema e em grande parte da porção ocidental paulista (Lepsch, 2005).

Em suma, ao se observar a distribuição de solos na Região Sudeste, segundo levantamento e mapas elaborados por Manzatto *et al.*, (2002), constata-se que as classes encontradas na região são as seguintes:

argissolos – 20,68%,
cambissolos – 8,64%,
chernossolos – 0,21%,
espodossolos – 0,37%,
gleissolos – 0,5%,
latossolos – 56,30%,
neossolos – 9,38%,

nitossolos – 2,56%,
planossolos – 0,16%,
vertissolos – 1,20% e,
solos com uma porcentagem de água, neles infiltrada, de 1,20%.

Salvo pelas faixas litorâneas de dunas, os solos da Região Sudeste tiveram origens graníticas, basálticas e gnáissicas antigas, altamente afetadas por intemperismo, tendo sido, portanto, a chuva e a temperatura do ar sobre o local, mais determinantes do que eles próprios para a formação vegetal (Dean, 2004).

Sob o domínio dos biomas Mata Atlântica e Cerrado, a vegetação da Região é composta tipicamente por fisionomias de florestas, ombrófila densa e estacional semidecídua, e de savana. Atualmente, a primeira se restringe a poucos agrupamentos isolados presentes nas encostas voltadas para o mar nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, no Sudeste, e Santa Catarina, na Região Sul (Veloso *et al.*, 1991).

A floresta estacional semidecídua é um dos ecossistemas desse tipo de vegetação mais ameaçados no Brasil. Está restrita, no momento, a alguns poucos fragmentos remanescentes com apenas 6,8 % da sua área total, preservada dentro de unidades de conservação (Ribeirito *et al.*, 2009 apud Brassaloti *et al.*, 2010), que se encontram por quase todo o Estado do Espírito Santo, principalmente em trechos de altitudes baixa e mediana, ocupando em sua maioria, áreas úmidas, acompanhando cursos d'água e sendo relevantes para proteção de recursos hídricos (Barata e Confalonieri, 2011). Sua devastação está associada, sobretudo, à expansão de fronteiras agrícolas no início do século XX (Duigan *et al.*, 2000 apud Brassaloti *et al.*, 2010).

Além de apresentar maiores índices de densidade demográfica e urbanização do País, a Região Sudeste tem a economia mais industrializada entre todas as cinco, com apenas 12,8% de sua população ocupada no ramo agrícola (IBGE, 2001).

8.4.2 CARACTERÍSTICAS PECULIARES DA REGIÃO – MUDANÇAS NO USO DE TERRA

O avanço da produção agrícola e a urbanização nos estados da Região Sudeste provocaram desmatamentos das áreas de florestas, restinga e mangue no bioma Mata Atlântica. No período de 2008 a 2010, ele recobriria parcialmente os territórios de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Rio de Janeiro.

Em 2010 sua vegetação remanescente, somados os três tipos citados, totalizava 11,07% no Espírito Santo, 10,4% em Minas Gerais e 19,61% no Rio de Janeiro, enquanto que, em São Paulo, se encontravam intactos 15,78% das áreas de floresta e restinga. O desflorestamento ocorrido de 2008 a 2010 correspondeu a 0,05% da extensão original total no Espírito Santo, a 0,45% em Minas Gerais, a 0,03% no Rio de Janeiro e a 0,02% em São Paulo (SOS Mata Atlântica, 2011).

Informações mais detalhadas sobre as emissões e remoções de CO₂ decorrentes do uso de terra, mudanças em sua utilização e na de florestas foram localizadas por este Relatório para o Estado de São Paulo, onde a emissão de dióxido de carbono diminuiu sensivelmente no período de 1994 a 2002 e se manteve em declínio menos acentuado de 2002 a 2005 e de 2005 a 2008. As remoções desse gás predominaram no balanço para tais setores paulistas na análise de 1994 a 2008 (FUNCATE, 2012).

O processo de ocupação da Região Sudeste do Brasil guarda algumas especificidades, tais como a criação de gado e a cultura do café, que foram suas alavancas. O *triângulo mineiro* era área tradicionalmente ocupada pela pecuária em grandes fazendas e com presença de cultivos em pequena produção agrícola para consumo local e regional em terras de cerrado.

Uma das culturas pioneiras a ocupar o Sudeste foi o café, que por longo período foi o principal

gerador de riquezas para o Brasil, em especial, a partir de São Paulo. O lucro acumulado com sua produção e exportação também influenciou o povoamento da Província do Rio de Janeiro e contribuiu para firmar a então capital do Brasil como centro de irradiação para ocupação da Região Sudeste no século XIX.

O café seguiu os passos da lavoura canavieira nas terras do Rio de Janeiro, começando pelos arredores da capital e aproveitando a estrutura de plantação preexistente. Teve início como agricultura complementar e depois, aproveitando a elevação dos preços internacionais, chegou à região serrana do futuro estado federativo (Heredia *et al.*, 2010).

A devastação das florestas que diminuiu de tal forma os mananciais que abasteciam a então capital, instigou o governo, alarmado com a situação em 1857, a iniciar a desapropriação de propriedades na floresta da Tijuca. E, em 1861, foi iniciado o reflorestamento da região, a fim de protegê-los.

No início dos anos de 1880 estavam plantados com café aproximadamente 700.000 hectares no futuro estado fluminense, cuja produção era exportada pelo porto do Rio de Janeiro. Essa riqueza influenciou o desenvolvimento de várias cidades e vilas pelo caminho de busca por solos virgens e produtivos e de áreas ainda florestadas (Laerne, 1885 *apud* Melo, 2008). Com cerca de 75.000 km², essa região cafeeira pertencia às antigas províncias do Rio e de Minas Gerais – em cerca de 35.000 km² na sua parte leste entre o Rio Paraíba do Sul e a Serra da Mantiqueira – a uma pequena área de São Paulo e Espírito Santo (Melo, 2008).

A área onde hoje se localiza a Floresta da Tijuca foi devastada, primeiro para a produção de carvão e, depois, para ser ocupada por cafeeiros no século XIX. O Rio de Janeiro era, então, responsável pela sua produção e escoamento. Essa cultura em terras com declive acentuado e sem manejo adequado para preservação de solo gerou nele erosões intensas que o esgotaram rapidamente e a cultura, em seguida, migrou para o Oeste da Província de São Paulo, centralizando-se no município de Campinas e se estendendo até o de Ribeirão Preto.

A cultura cafeeira penetrou no Estado de São Paulo vinda do Rio através do Vale do Paraíba. Alastrou-se rapidamente, atingiu o centro-oeste paulista e seguiu em direção ao Estado do Espírito Santo (Melo, 2008).

Em meados do século XIX, o café já era o principal produto comercial brasileiro, representando 3/4 do valor das exportações da época e influenciando profundamente na ocupação da região. A introdução das ferrovias viabilizou a vinda em massa de migrantes e a ocupação das terras motivada pelo café foi ajudada pela expansão ferroviária (Carvalho, 2007). Do total do produto embarcado pelo porto do Rio de Janeiro em 1850, 79% eram provenientes da própria Província, enquanto que o Espírito Santo respondia pela origem de 2%, Minas Gerais de 8% e São Paulo de 11%. Então, a cafeicultura respondia por 40% das exportações do Brasil.

O açúcar – então, segundo produto brasileiro em volume exportado –, representava cerca de 30% do total (Ferreira, 1860 *apud* Melo, 2008). Por volta de 1885, toda a região centro-oriental paulista já estava efetivamente ocupada, a produção cafeeira do Estado de São Paulo representava metade da nacional, a migração de mineiros e cariocas havia sido expressiva e foi seguida pela chegada dos estrangeiros.

Até a década de 1930, a cultura cafeeira foi a base da economia do País e estava sediada principalmente no Sudeste, em especial no Estado de São Paulo, onde se constituiu em uma das forças responsáveis pela sua urbanização. Assim, a história do desmatamento desta região segue a mesma trilha da expansão cafeeira, cuja produção se deslocou para o Sul de Minas Gerais, principalmente a partir da década de 1980. Um dos motivos desse deslocamento foram os riscos climáticos presentes em São Paulo, particularmente, de geadas e de secas que provocaram queda na rentabilidade da lavoura (Carvalho, 2007).

O café foi, certamente, um dos principais propulsores para construção de ferrovias na primeira metade do século XX, em particular no Sudeste. Embora a estrada de ferro transportasse o gado mais depressa ao mercado, reduzindo a necessidade de derrubada de florestas ao longo das trilhas da pecuária que se estendiam até o Rio de Janeiro, a demanda urbana por carne de boi era muito maior e, ao fim das longas marchas que os traziam até os terminais ferroviários, o rebanho ainda tinha que ser engordado. Eram estocadas nos terminais dos estados de São Paulo e Minas Gerais, mais de um milhão de cabeças, o que implicava queima de cerca de 2500 km² de floresta primária para se plantar pastos artificiais e alimentá-las anualmente, ao fim dos deslocamentos (Dean, 2004).

Por sua vez, a produção de açúcar até 1700 – 150 anos após sua exportação alcançar escala comercial –, além de ter eliminado cerca de mil km² de Mata Atlântica com os campos de cana – assumindo-se crescimento quase constante e um tempo médio de quinze anos para se abandonar terras cansadas para agricultura de subsistência ou pastagens – consumia floresta na forma de lenha queimada, no processo de cristalização de caldo de cana.

Isso teria levado essa cultura a consumir mais de 1200 km² de floresta no curso de 150 anos, calculando-se duzentas toneladas de lenha por hectare (Dean, 2004). Por outro lado, no século XX, principalmente a partir dos anos 1970, o açúcar se tornou rentável no Estado de São Paulo ocupando espaços anteriormente abertos pelos cafeeiros e incentivado pela implantação de uma política energética nacional de biocombustíveis – o Plano Proálcool (Carvalho, 2007). Hoje, no século XXI, é uma presença significativa nesse estado.

A laranja também foi introduzida na região, na década de 1980, e tornou o País o maior produtor mundial de suco. O esgotamento dos solos com a cultura do café empobreceu significativamente as áreas férteis e, auxiliado pelos fatores anteriormente citados, encorajou a conversão das antigas regiões cafeeiras a outras culturas. A liberalização da política cafeeira nacional trouxe possibilidades para sua produção no Brasil a partir dos anos 1980, mas outros os estados que ao longo das décadas de 1980 e 1990, aproveitaram da melhor maneira possível à nova conjuntura – em especial, Minas Gerais (Broggio *et al.*, 1999). Segundo informações da Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais, atualmente é esse o maior produtor de café, respondendo por 52% da produção nacional.

Em similitude com o que ocorreu no Sul do País, pode-se afirmar que a destruição das matas pluviais e sua substituição por cafezais, quase sem deixar reservas ou florestas de proteção de nascentes em muitas das áreas, aumentou a variabilidade na precipitação pluviométrica intensificando a ocorrência de escassez e ou abundância, como aconteceu no Estado do Paraná (Maack, 1981). Também ocorreu no Sudeste processo similar, no qual o desmatamento, iniciado no processo de modernização agrícola, nas décadas de 1930 e 1950 causou o mesmo efeito (Kageyama, 1990).

Um experimento numérico com o modelo *Brazilian* RAMS (BRAMS), realizado sobre o Sudeste do Brasil com o objetivo de investigar as mudanças no clima devido a alterações no uso de terra durante os últimos 150 anos, mostrou que elas influenciaram o padrão espacial de precipitação, incrementando-o em algumas áreas e diminuindo-o em outras, com forte dependência do tipo e distribuição da vegetação. Além disso, evidenciaram redução de 5% no índice pluviométrico médio anual e incremento de até 0,6°C na temperatura do ar no Sudeste brasileiro (Négron Juárez e Rocha, 2004).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) ressaltou que as florestas podem estar entre as principais vítimas de mudanças climáticas, resultantes de impactos danosos sobre o meio ambiente e ecossistemas, em especial sobre os meios de subsistência para populações que são diretamente dependentes da floresta e de outros ecossistemas (IPCC, 2001 *apud* Pellegrino *et al.*, 2007).

8.4.3 VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (*IPCC-AR4*), divulgado em 2004, demonstrou conclusivamente os perigos do aumento de concentração de GEEs na atmosfera, resultantes da baixa capacidade dos países em reduzir suas emissões, e projetou aumento na temperatura global entre 2°C a 4,5°C sobre os níveis registrados antes da era pré-industrial. A estimativa mais provável fala em incremento médio de 3°C, assumindo que os níveis de CO₂ se estabilizem em patamar 45% acima do atual (*IPCC, 2004 apud Marengo et al., 2007*).

Para o Brasil, a temperatura média aumentou aproximadamente 0,75°C até o final do Século XX, considerando a média anual 1961 a 1990 de 24,9°C, tendo o ano de 1998 sido registrado como o mais quente, até 0,95°C acima da normal climatológica de 24,9°C.

Em nível regional, pode-se observar que, para o período de 1951 a 2002, os índices mínimos de temperatura do ar aumentaram. Tendências de aquecimento foram detectadas anual e sazonalmente, maiores durante o inverno e a primavera (*Relatório 2, Obregon e Marengo, 2007 apud Marengo et al., 2007*).

Tendências lineares de chuva anual no período de 1951 a 2002 foram observadas (*Marengo et al., 2007*), incluindo propensões positivas de até +120 mm/década para a maior parte do Sul e Sudeste do Brasil, assim como alguns postos pluviométricos detectaram séries declinantes para Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Estudos têm mostrado relação de extremos de chuva no Sudeste e no Sul do Brasil ao padrão de frequência e intensidade de circulação, tais como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) ou o jato de baixos níveis da América do Sul (SALLJ). Em especial, pode-se citar o Primeiro Relatório de Avaliação do IPCC que exibiu tendências positivas de noites quentes para o Sudeste brasileiro, de 5% na década de 1950 até quase 35% no início do século XXI, enquanto que, os dias frios apresentaram frequência de 25 a 30% na década de 1970, chegando até a faixa entre 5 e 10% nos anos de 2001 e 2002, em comportamento consistente com propensões positivas de grande magnitude registradas no Brasil para índices mínimos de temperatura e, em menor grau, para os máximos.

Os dados das estações analisadas mostraram tendência de aumento de episódios de chuva intensa, definidos pelo índice R10 – o número de dias com mais de 10 mm de precipitação – e de pluviosidade extrema, definido pelo índice R95t – a fração do volume pluviométrico total devida a eventos acima do percentil de 95th – sobre grande parte do Sudeste da América do Sul, o centro da Argentina e até as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil.

Na Região Sudeste, as tendências de chuva apareceram mais intensamente no Estado de São Paulo, mas a falta de dados pluviométricos não permite estender a análise para o de Minas Gerais. Vários estudos já identificaram tendências positivas no número de dias com chuva intensa e muito intensa concentrada em tempo curto, bem como na quantidade concentrada em eventos chuvosos, os quais indicam ocorrência provável de enchentes no período de 1961 a 2000 (*Marengo e Valverde, 2007 apud Marengo et al., 2007*). Portanto, essa região brasileira não mostrou mudanças perceptíveis ou aumento de volume de precipitação definido até finais do século XX, mas ele pode ter sido mais intenso (*Marengo et al., 2007*).

A média dos modelos estudados (*Marengo et al., 2007*) é indicativa de maior probabilidade de redução de chuva nessas regiões em consequência do aquecimento global. Para o futuro, a Bacia Hidrográfica do Rio da Prata ainda apresenta tendências positivas, enquanto que, sobre terras tropicais, se detectaram tendências positivas no caso da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas e, negativas, para o Nordeste e Sudeste do Brasil, contrastando com o apurado no presente.

As observações mostraram, ainda, que, para o Sudeste da América do Sul, os modelos para o clima do presente simulam bem as tendências observadas de aumento de chuvas intensas, representadas

pelo índice R10, o que confere um alto grau de certeza sobre as propensões futuras delineadas para essa região.

Poucos estudos enfocaram o impacto de mudanças climáticas sobre a biodiversidade do Brasil (Canhos *et al.*, 2008), destacando-se, nessa reduzida literatura especializada, aqueles a respeito desses efeitos sobre as espécies arbóreas de cerrado (Siqueira e Peterson, 2003) e de mata atlântica (Colombo, 2007). No primeiro caso, tal vulnerabilidade foi avaliada (Siqueira e Peterson, 2003 *apud* Canhos *et al.*, 2008) a partir da seleção de 162 delas e se projetou as futuras áreas potenciais de ocorrência das mesmas, baseadas em dois cenários climáticos do IPCC (2007).

Sua conclusão evidenciou uma perda de área maior que 50% para todas as espécies analisadas nos dois cenários. Esse processo indica extinção ou significativa redução de áreas habitáveis no bioma Cerrado para grande parte das variedades estudadas (Canhos *et al.*, 2008).

Seguindo essa tendência, os resultados desse estudo mostraram retração territorial média de 25% do bioma Mata Atlântica para todas as suas 38 espécies no cenário mais otimista e de 50%, no cenário mais pessimista, com deslocamento para o Sul.

8.4.4 CENÁRIOS CLIMÁTICOS

De acordo com o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC-AR4), no capítulo sobre a América Latina, a região tem sido afetada severamente por eventos extremos e variabilidade climática nos últimos anos, destacando-se relatos como secas na Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas em 2005 e observadas na Região Sul do Brasil em 2004, 2005 e 2006, o furacão Catarina no Sul do Oceano Atlântico em 2004 (IPCC, 2007).

As mudanças no uso de terra têm afetado sensivelmente o clima da América do Sul (IPCC, 2004 *apud* Marengo e Valverde, 2007). Ainda segundo o Relatório, se pode observar aumentos de chuva no Sudeste. Os mesmos modelos utilizados pelo IPCC-AR4 (Vera *et al.*, 2006 *apud* Marengo e Valverde, 2007), para o período de 2070 a 2099 no cenário A1B, apontaram aumento de precipitação sobre a porção subtropical do continente durante o verão e sua redução durante o inverno sobre quase todo o Brasil. Destaca-se também nesse documento, a menção a um possível impacto de mudanças climáticas sobre os regimes hidrológicos e térmicos na Bacia Hidrográfica dos rios Paraná-Prata e a consideração da grande contribuição da mesma ao PIB do Brasil (Marengo e Valverde, 2007).

Entre as principais metrópoles da Região Sudeste do Brasil, cita-se como exemplo para cenários climáticos futuros, as principais ameaças naturais no município do Rio de Janeiro, que estão associadas a enchentes e inundações, além de movimentos de massa, como deslizamentos ou escorregamentos, que ocorrem em período chuvoso. Isso demanda análise de cenários de risco e condições de vulnerabilidade em conjunto com projeções de intensificação de ocorrência de eventos pluviométricos locais, considerando ainda, a expansão urbana, a forma de uso e ocupação de solo e o planejamento municipal (Young e Hogan, 2010).

Destaca-se que a situação do município do Rio de Janeiro é comum à enfrentada por outras regiões metropolitanas do Sudeste, sendo que esse tipo de área não responde de modo homogêneo aos eventos associados a mudanças climáticas devido à diversidade de condições naturais e sociais nela encontradas.

Áreas atingidas por inundações que possam vir a resultar de combinação entre elevação de nível do mar e eventos extremos terão efeitos diferenciados sobre estruturas produtivas, grupos sociais e condições ambientais, além de impactos geoeconômicos significativos para o Estado do Rio de Janeiro e sua metrópole, uma vez que a principal atividade econômica estadual – a extração maríti-

ma ou *offshore* de petróleo e gás natural – é atividade extremamente vulnerável a eventos extremos (Egler, 2008).

Estudos apontaram elevação média de 2°C a 3°C na temperatura do ar na Região Metropolitana de São Paulo entre 2070 e 2100 que pode dobrar o número de dias com chuvas intensas – aquelas com volume acima de 10 mm. Nesse contexto, a principal vulnerabilidade dessa região são as enchentes, as inundações com alta energia de escoamento, as enxurradas com intenso potencial de arraste, além de alagamentos, escorregamento de massas em encostas e eventos pluviométricos mais severos (Nobre *et al.*, 2010b).

A alta vulnerabilidade ambiental e social do município de São Paulo abrange majoritariamente áreas de favelas que possuem condições socioeconômicas significativamente piores e maior concentração de crianças e jovens do que aquelas onde essa suscetibilidade é baixa ou média (Alves, 2006). Além disso, estudos observacionais detectam que os eventos extremos de chuva acima de 50 mm/dia na cidade têm se tornado mais frequentes e intenso desde 1960 devido mais a efeitos da urbanização do que à mudança de clima (Nobre *et al.*, 2010a).

Para o período de 1931 a 2010, foi analisada a evolução dos extremos na precipitação diária na cidade de São Paulo e se encontrou tendências de aumento positivas. Os índices climáticos explicam 85% da variância na frequência de tais eventos na estação seca. Já na estação chuvosa, houve maior correlação com a temperatura na superfície do mar nas proximidades da costa paulista, de modo que comportamento térmico e os índices climáticos explicariam a menor fração na variância dos referidos extremos, quando comparada com a registrada durante o período de estiagem.

Tal correlação indica que outros fatores, como, por exemplo, ilha de calor urbana e poluição do ar, devam ser considerados causas possíveis das tendências observadas ao longo dessas quase oito décadas. A evolução dos eventos extremos diários de precipitação mostrou curvas de propensão maiores para os eventos mais extremos ao longo do período de análise (Silva Dias *et al.*, 2012).

Dados climáticos de longo período foram analisados para doze grandes cidades (Blake *et al.*, 2011 *apud* Grimm e Sampaio, 2012). Dez delas apresentaram tendência de aquecimento, sendo significativa em sete. No século passado, a maior tendência de aquecimento entre todos esses municípios ocorreu em São Paulo: 0,27°C/década.

No planalto brasileiro, que inclui a maior parte da Região Sudeste, os erros dos modelos climáticos regionais (MCRs) foram maiores para todas as variáveis analisadas. As comparações das simulações para os meses de janeiro e julho mostraram desempenho melhor durante o período de inverno. Os campos simulados de precipitação e temperatura do ar para os cenários A2 e B2 na estação de verão mostraram padrões muito similares, embora tenha se mostrado mais intenso para o primeiro deles, como seria esperado.

Sobre o Sudeste, se observou anomalias de precipitação positivas entre 2 e 4 mm/dia, enquanto que, sobre o Brasil, elas foram negativas, principalmente sobre sua parte Norte. No campo de temperatura, o estudo mostrou comportamento igual ao verificado sobre a citada região brasileira para toda a América do Sul. Esses resultados apontaram para um quadro de monção sul-americana mais seca e quente (Nicolini *et al.*, 2002 *apud* Ambrizzi *et al.*, 2007).

8.4.5 MUDANÇA NO CICLO HIDROLÓGICO

O clima e o ciclo hidrológico estão estreitamente relacionados. Há estimativas de que um acréscimo na temperatura média global entre 2,0 e 4,5°C até o final do século possam ser acompanhadas por substantivas e perturbadoras modificações na hidrologia de todo o planeta (Pope e Santos, 2007).

Embora o Brasil apresente grande disponibilidade de água, ela está intimamente ligada ao clima e sua distribuição por diferentes regiões do País é bastante desigual. Por exemplo, a Região Sudeste, com sua grande oferta hídrica, é afetada pela seca relacionada à urbanização descontrolada, o que a torna vulnerável quanto à escassez no abastecimento, e possivelmente decorrente de mudanças climáticas (Marengo *et al.*, 2010).

O Sudeste do Brasil tem mostrado, desde 1940, aumentos sistemáticos de até quase 58%/100 anos na frequência de chuvas intensas (Groisman *et al.*, 2005 apud Marengo *et al.*, 2010). Em relação a vazão de rios, há clara tendência de aumento no Rio Paraná e em outros do Sudeste da América do Sul (Marengo *et al.*, 2010). Em Ituverava (SP), onde a precipitação total na média atinge aproximadamente 1460 mm, verifica-se deficiência hídrica em torno de 184 mm nos meses de abril a setembro e excedente de 464 mm de novembro a março, como é típico na Região: as chuvas se concentram no verão e são escassas durante o inverno (Garcia, 2010). Em Lavras (MG), observou-se redução do volume pluviométrico normal anual de 1530 mm para 1460 mm em série de catorze anos (Dantas *et al.*, 2007).

Mudanças de curto prazo no comportamento local da tendência de chuva e temperatura do ar estão ocorrendo nos municípios paulistas de Ribeirão Preto, Campinas e Presidente Prudente. De acordo com estudos climatológicos e de balanço hídrico de 1969 a 2001, a primeira localidade apresentou brusca diminuição na tendência de volume pluviométrico – 120,4 mm –, propensão de aquecimento atmosférico – 0,5°C – e de deficiência hídrica em 49,68 mm, além de forte retração de seu excedente hídrico, da ordem de 135,4 mm.

Já em Campinas, ocorreu aumento tanto na tendência de chuvas – 78 mm – como nas de temperatura do ar – 0,4°C – e de excedente hídrico – da ordem de 114,7 mm. Em Presidente Prudente, houve expressivo incremento na linha térmica da ordem de 1,1°C, causando propensão maior de deficiência hídrica na ordem de 84,65 mm e diminuição no patamar de 25,3 mm de água excedente (Galina *et al.*, 2004).

Entre os principais rios do País, se destaca na Região Sudeste, o Paraná, ao lado do argentino da Prata, importantes pela contribuição ao potencial hidroelétrico desses países e pelos aspectos ecológicos, sociais e econômicos, inclusive em suas interfaces com a agricultura regional.

Foram identificados nos estudos existentes sinais de possível impacto de mudanças nos regimes hidrológicos e térmicos sentido na Bacia Hidrográfica dos rios Paraná e da Prata. Destaque-se que ela abriga as maiores cidades economicamente importantes do Brasil e do Sudeste da América do Sul (Marengo e Valverde, 2007).

Um estudo que avaliou o impacto de mudanças climáticas sobre a vazão de rios em nível mundial, utilizando doze modelos do IPCC-AR4, a saber: CCSM3, CGCM3.1(T63), ECHAM5/MPI-OM, ECHO-G, FGOALS-g1.0, GFDLCM2.0, GFDL-CM2.1, GISS-AOM, MIROC3.2 (hires), MRI-CGCM2.3.2, HadCM3 e HadGEM1, no período entre 2041 e 2060 comparado ao clima atual referenciado no ano de 2005 demonstrou possíveis aumentos de 20 a 60% para os rios Paraná e da Prata e reduções entre 10 e 15% para o bioma Amazônia e outras áreas do Brasil.

Os autores sugeriram uma maior coabitabilidade para as projeções sobre as bacias hidrográficas do Rio Amazonas e do Sudeste da América do Sul, destacando-se a dos rios Paraná e da Prata e indicaram a continuidade das tendências observadas durante os últimos 50 anos (Milly *et al.*, 2005 apud Marengo e Valverde, 2007).

8.4.6 REGISTROS HISTÓRICOS

A análise da diferença entre as médias dos períodos de 1991 a 2004 e de 1961 a 1990 para índices de temperatura do ar indicaram que, para a Região Sudeste, os médios apresentaram aumento

de 0,6°C enquanto que, os máximos e mínimos indicaram aquecimento de 0,4°C. Já quanto aos volumes de precipitação, houve incremento de 57 mm, o que representou avanço de 4,8%.

Destaque-se que, a análise entre dados de temperatura do ar dos períodos de 1991 a 2004 e de 1961 a 1990 indicou aumento para todas as regiões do País estudadas – Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Com relação à precipitação, existe grande variabilidade entre elas e observa-se que, a perda de água por evapotranspiração é bastante elevada em grande parte do território nacional: em algumas, supera 80%. Como os menores valores foram encontrados na Região Sudeste, ela é apontada entre as mais críticas com referência à oferta de recursos hídricos, em função da variabilidade de sua pluviometria (Salati *et al.*, 2007).

8.4.7 PROJEÇÕES DE IMPACTOS SOBRE SAÚDE HUMANA

O Primeiro Relatório Global sobre Mudanças Climáticas e saúde foi publicado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em 1990. Durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), em 1992, foi assinada a Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas. Contudo, o objeto desse acordo só chegou à mídia com maior intensidade em 2007, principalmente a partir da divulgação do Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC-AR4) em fevereiro daquele ano e do filme *Uma Verdade Inconveniente*, influenciando a agenda de governos e pesquisas (Barcellos *et al.*, 2009).

Os fenômenos climáticos podem influenciar a saúde humana de forma direta ou indireta. No caso do Brasil, inúmeras doenças infecciosas endêmicas são sensíveis às variações do clima, principalmente aquelas de transmissão vetorial e veiculação hídrica (Confalonieri, 2008), que podem ser agravadas por conta de enchentes ou secas, que afetam a qualidade e o acesso à água (Barcellos *et al.*, 2009).

As flutuações climáticas sazonais produzem um efeito na dinâmica das doenças vetoriais, como por exemplo, a maior incidência da dengue no verão (Fenner *et al.*, 2009). Com relação à malária, há a percepção equivocada de que essa endemia poderia se tornar endêmica em áreas localizadas fora da Amazônia, por decorrência do aquecimento global. Essa percepção se deve ao fato que a doença ocorreu em quase todo o País – inclusive na Região Sul – até há cerca de 60 anos (Confalonieri, 2008).

O estudo do impacto de mudanças climáticas sobre a distribuição de vetores de *leishmaniose* no Brasil mostra um *dramático* aumento no potencial de distribuição de *Lutzomyia whitmani* no Sudeste do Brasil (Peterson e Shaw, 2003 *apud* Canhos *et al.*, 2008). Além disso, pode ampliar a incidência também de doenças não transmissíveis, o que inclui desnutrição e doenças mentais, e levar a um quadro de alteração da disponibilidade de alimentos, provocando subnutrição, com implicações no crescimento e no desenvolvimento infantil, e casos de intoxicação por agrotóxicos, decorrentes dos efeitos negativos sobre a produção de alimentos (Fenner *et al.*, 2009).

Contudo, uma parte significativa desses estudos realizados, se refere à variabilidade natural do clima e não a mudanças climáticas (Confalonieri *et al.*, 2011). Alguns dos cenários dessas alterações são relatados, em especial, como consequência da intensificação de eventos decorrentes do *El Niño*–Oscilação Sul (ENSO), como por exemplo, as enchentes no Sudeste.

São conhecidos os impactos de chuvas fortes sobre as capitais do Sudeste, seguidas ou não por inundações, e seus efeitos sobre os índices de morbidade e na mortalidade da população. Como exemplo, um levantamento feito para o período de 1966 a 1996 na cidade do Rio de Janeiro foi capaz de identificar, pelo menos, 527 vítimas fatais de acidentes diretamente associados a chuvas e inundações. Da mesma forma, nesse município têm ocorrido surtos importantes de leptospirose (Confalonieri e Marinho, 2007).

A variação das respostas da sociedade relacionadas a mudanças climáticas parece estar diretamente associada a seu grau de vulnerabilidade individual e coletiva. Variáveis como: idade, perfil de saúde, resiliência fisiológica e condições sociais contribuem diretamente para as respostas relacionadas às variáveis climáticas.

Estudos também apontam que, alguns fatores que aumentam a vulnerabilidade dos problemas climáticos são uma combinação entre crescimento populacional, pobreza e degradação ambiental. As condições atmosféricas podem influenciar o transporte de microrganismos, assim como de poluentes oriundos de fontes fixas e móveis. Dependendo das características físicas e químicas destes últimos, tais como temperatura do ar, umidade e precipitação, os efeitos de mudanças do clima podem ser potencializados, definindo seu tempo de residência na atmosfera e, inclusive, possibilitando seu transporte por longas distâncias.

Esses poluentes, conjugados às condições climáticas, podem afetar a saúde de populações, mesmo que elas estejam distantes das fontes geradoras de poluição (Barcellos *et al.*, 2009).

Mostra-se inevitável que mudanças climáticas de longo prazo possam exercer globalmente, efeitos sobre a saúde humana em áreas urbanas, lembrando que a Região Sudeste do Brasil abriga quatro das grandes capitais brasileiras, além de cidades com mais 1 milhão de habitantes, que concentram grandes frotas de veículos e fontes estacionárias de emissão de poluentes (Barcellos *et al.*, 2009). Um exemplo das dimensões desse fenômeno reside em números como: 46% da frota de caminhões cujos proprietários são empresas, e 49% das unidades similares de propriedade autônoma encontra-se nessa região do País (Motta *et al.*, 2011).

Também, condições sociais, como situação de moradia, alimentação e acesso aos serviços de saúde, são fatores que aumentam a vulnerabilidade de populações expostas aos episódios de mudanças climáticas que, somados à exposição a poluentes atmosféricos, poderão provocar agravamento de quadros clínicos.

Estudos epidemiológicos evidenciaram aumento de risco associado a doenças respiratórias e cardiovasculares, assim como de mortalidade, geral e específica, associada à exposição a poluentes presentes na atmosfera. Alguns efeitos dessa situação são potencializados quando ocorrem alterações climáticas, principalmente inversões térmicas, podendo-se citar como exemplo, asma, alergias, infecções bronco-pulmonares e infecções das vias aéreas superiores, contraídos principalmente pelos grupos mais vulneráveis, como os de crianças menores de cinco e adultos maiores de 65 anos de idade (Barcellos *et al.*, 2009).

Essa população, que se situa nos extremos da pirâmide etária, é mais vulnerável nos casos em que temperatura ambiente fica fora da chamada *zona de conforto térmico*, causando alterações em mecanismos de regulação endócrina, arquitetura do sono, pressão arterial e nível de estresse. Um evento meteorológico extremo matou 32 pessoas na primeira semana de fevereiro de 2010 em Santos (SP) quando os termômetros mediram 39 graus e, à noite, a umidade chegou a 21% – calor seco (Nobre *et al.*, 2010b).

8.4.8 PROJEÇÕES DE IMPACTOS SOBRE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E SEGURANÇA ALIMENTAR

Impactos diretos de mudanças climáticas sobre a atividade agrícola podem afetar renda e produção, entre outros aspectos e causar deslocamento dos cultivos, com repercussões setoriais e regionais em diversos setores econômicos, afetando, dessa forma, a segurança alimentar, que é área de pesquisa com muito a ser desenvolvido, já que os resultados de investigações disponíveis até agora para o País são agregados. Saber a estrutura do consumo é importante para se definir a vulnerabilidade e a disponibilidade de alimentos (Domingues, 2011).

Caso não sejam tomadas medidas de mitigação e adaptação, a geografia da produção nacional pode se alterar nas próximas décadas, influenciada pela intensificação de mudanças climáticas, diminuindo regiões aptas para o cultivo de café no Sudeste do Brasil. Nessa região, os estados de São Paulo e Minas Gerais deverão perder parte significativa da área hoje plantada (Deconto, 2008), se iniciativas como, por exemplo, o desenvolvimento de novas variedades afeitas à nova situação climática não forem adotadas.

Com base na tecnologia utilizada pelo Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos, elaborado pelo MAPA, e a partir de sua versão de 2007 (Assad & Pinto, 2008), cenários agrícolas do Brasil foram simulados para os anos de 2010, 2020, 2050 e 2070, levando em conta as projeções de aumento de temperatura do ar feitas pelo IPCC nos panoramas A2 e B2.

Concluiu-se que, entre nove culturas estudadas, a do café de espécie *arabica* é a que mais claramente estará sujeita a nova configuração geográfica, com a possível migração do grão para o Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Porém, para que o cultivo migre para este último estado federativo teria que haver também, o desenvolvimento de novas variedades, já que a estação seca e a duração do dia serem distintos daqueles da região original, além de serem bem maiores a susceptibilidade a geadas e a possibilidade de ocorrência de algum evento com precipitação de neve no Sul do País.

Mesmo que haja incremento de produção na Região Sul, esse acréscimo pode não compensar as perdas da cultura no Sudeste. Os pesquisadores enfatizam que, embora em um primeiro momento, a queda estimada de áreas de baixo risco não seja brusca no cenário B2 – -6,75% –, em 2050, o total de terrenos favoráveis pode diminuir 18,3%, chegando a recuar 27,6%, em 2070. Assim, o aquecimento poderia trazer prejuízos de R\$ 628,5 milhões em 2020, R\$ 1,7 bilhão em 2050 e R\$ 2,55 bilhões em 2070. Já no cenário A2, a redução de área de baixo risco seria de 9,48% em 2020, subindo para 17,1% em 2050 e podendo chegar a 33% em 2070, o que poderá representar um prejuízo de, respectivamente, R\$ 882 milhões, R\$ 1,6 bilhão e R\$ 3 bilhões.

Oliveira (2007) *apud* Santos *et al.* (2011) apontaram quedas de produtividade potencial nas culturas de milho e feijão para as mesorregiões de Minas Gerais em 2050 e 2080, quando comparada à simulada para o ano base de 2000, no cenário A2 do modelo *HadCM3* e sem se avaliar o efeito do CO₂ que pode ampliar a rentabilidade desses cultivos.

Uma simulação da produtividade do milho para os anos de 2020, 2050 e 2080, feita a partir do modelo *Crop Environment Resource Synthesis (CERES-MAIZE)* para os cenários de mudanças climáticas A2 e B2 do IPCC, verificou diminuição de produtividade devido ao aumento de temperatura do ar, além de redução no ciclo vegetativo (Silva Júnior 2007 *apud* Santos *et al.*, 2011). Essas projeções ainda mantiveram uma série de incertezas sobre tais impactos, uma vez que a produtividade das culturas citadas depende da quantificação de fatores difíceis de mensurar, como os biofísicos e os socioeconômicos (Santos *et al.*, 2011).

O aprofundamento e uma precisão maior no resultado desses estudos permitirão a análise dos possíveis impactos de mudanças climáticas sobre a agricultura e o planejamento de ações e o desenvolvimento de tecnologias estratégicas para o enfrentamento de novos cenários climáticos.

Estudos com simulações de impactos sobre a agricultura utilizando modelos matemáticos foram apresentados para trigo (Siqueira *et al.*, 2001, *apud* Pellegrino *et al.*, 2007), para milho e soja (Assad *et al.*, 2004, *apud* Pellegrino *et al.*, 2007) e, ainda, para café, milho, feijão, arroz e soja (Nobre *et al.*, 2005 *apud* Pellegrino *et al.*, 2007). Apontaram também perdas econômicas anuais potenciais devido a um aumento de 1°C na temperatura do ar e demonstraram valores de US\$ 375 milhões referentes ao cultivo de café na somatória dos estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo, e, de US\$ 61 milhões em relação à produção de milho somente para o Estado em São Paulo (Pellegrino *et al.*, 2007).

Excetuando-se o Estado de Minas Gerais, que apresentou 34,3% de seus municípios com prevalência muito alta de insegurança alimentar grave, predominaram, na Região Sudeste, localidades com baixa – 40,1% – e média – 38,4% – exposição a tal condição, sendo a situação mais favorável, a do Estado de São Paulo, onde essa condição prevaleceu em mais da metade (50,5%) delas (Gubert *et al.*, 2010).

8.4.9 SÍNTESE DAS ANÁLISES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a Região Sudeste do Brasil, os estudos coletados pelo IPCC (IPCC, 2011 *apud* Salati *et al.*, 2007) preveem, para o século XXI, elevação de 4 a 4,5° C na temperatura média do ar e possível aumento de 10 a 15% na precipitação pluviométrica de outono, além de indicarem possibilidade de secas durante o verão.

As alterações no uso da terra e de florestas e a agroindústria geraram profundas modificações, tanto na configuração ambiental, floresta e hídrica, quanto, em alguns casos, no clima local, além de impactos sobre o balanço de energia, influenciando todos os estados desta região. As tendências de chuvas futuras são preocupantes. Sobre as mudanças projetadas para temperatura do ar e extremos de precipitação no final do século XXI, as projeções para o período de 2071 a 2100, comparado ao de 1961 a 1990 ou, para de 2080 a 2100, comparado ao de 1980 a 2000 foram baseadas em resultados GCM e RCM⁴, executados sob o cenário de emissão A2/A1B.

Quanto à tendência dos índices de temperatura máximos na frequência de dias quentes e frios, são observado maior frequência de ocorrência de dias quentes, e redução de ocorrência de noites frias. Com relação às noites quentes, a frequência de ocorrência aumentou. Há uma forte tendência de ocorrência de ondas de calor.

Já com respeito a tendências de intensidade de precipitação, verificou-se aumento em áreas ao Norte do Sudeste e evidência insuficiente para aquelas do Sul da Região. Sobre aridez máxima e a estiagem, não se registrou propensão consistente (CDKN, 2012).

Com expectativa de eventos extremos mais frequentes e mudanças climáticas, a Região Sudeste apresentará, muito provavelmente, um padrão de elevação em seus valores médios de temperatura do ar, acompanhando o previsto para as demais regiões do País. Quanto a riscos de eventos extremos, o panorama é muito similar ao da Região Sul, destacando-se entre ele os alagamentos e enchentes, com grandes volumes de chuvas em curto espaço de tempo, principalmente nas áreas metropolitanas intensamente adensadas e permeabilizadas.

O meio agrícola poderá passar por algumas adaptações com a substituição de espécies mais adaptadas aos novos padrões de temperatura do ar, e também, conjugadas com técnicas alternativas, como as de plantio direto e consórcio com florestas, gado e agricultura, medidas necessárias para se minorar riscos climáticos futuros. Além disso, o incentivo a programas de conservação de biodiversidade se faz necessário, como estratégia para diminuir a vulnerabilidade da Região a uma possível intensificação de insegurança alimentar.

Entre as principais metrópoles da Região, Rio de Janeiro e Vitória se encontram na orla marítima e, em anos seguintes, novos estudos mais aprofundados sobre impactos específicos e sua respectiva vulnerabilidade certamente surgirão, fortalecendo as bases de informação sobre essa faceta na Região Sudeste. Nas regiões metropolitanas de São Paulo e Belo Horizonte, o aumento da população urbana e a forma de ocupação do solo provocarão pressões sobre investimentos em programas de

⁴ GCM refere-se a Modelo de Circulação Global ou *Global Circulation Model* e RCM significa Modelo Climático Regional ou *Regional Climate Model*.

contenção de cheias e remoção de residentes em áreas vulneráveis e de risco, além de implicarem necessidade de incremento de programas de defesa civil para situações extremas como, por exemplo, enchentes e escorregamentos.

O Estado do Rio de Janeiro apresenta muitas áreas com risco de deslizamento e enchentes devido sua topografia natural e, especialmente sua forma de ocupação. Além da capital fluminense, cidades como Teresópolis, Nova Friburgo, Petrópolis, Sumidouro e São José do Vale do Rio Preto, em sua região serrana, foram atingidas em 2011, por cheias intensas. Foram contabilizadas 916 mortes e em torno de 345 desaparecidos, além de 25 mil desabrigados em eventos com muito impacto junto à opinião pública do País. Essa tragédia foi considerada um dos maiores desastres climáticos da história recente do Brasil, superando em muito, os 463 mortos do temporal que atingiu a cidade paulista de Caraguatatuba, no Estado de São Paulo, em 1967. A Região Metropolitana de Vitória também sofre com episódios frequentes de alagamentos e emergências causadas por chuvas fortes.

Destaque-se que, situações como essas poderão ocorrer cada vez mais frequentemente. Programas que envolvam aspectos de adaptação a essas ocorrências e profundas intervenções urbanas deverão ser considerados como estratégicos na definição do destino de recursos públicos pelos tomadores de decisão. Exemplos de políticas públicas bem sucedidas podem ser encontrados nas áreas de implantação dos parques lineares que estão sendo implantados às margens de córregos na cidade de São Paulo para minimizar os impactos de cheias em tais regiões e que apresentam eficácia ao serem conjugados ao remanejamento de populações residentes nessas áreas de risco para moradias com condições de segurança.

Outro aspecto importante, não só nos centros urbanos, é a adaptação à escassez hídrica, que pode ser potencializada na região e influenciará, não só a produção de alimentos, como também o acesso à água e à saúde pela população, potencializando assim, os cenários de incidência de doenças relacionadas a mudanças climáticas discutidas neste Relatório, o que resulta, inevitavelmente, na perda da qualidade de vida da região.

Lacunas de informação

Durante a pesquisa para o desenvolvimento deste Relatório foi encontrada dificuldade de acesso a informações para se compor o item 8.4.6 deste capítulo, cujo tema é o de registros históricos..

8.5. REGIÃO CENTRO-OESTE

8.5.1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro superado apenas pelo Amazônia. Ele ocupa 21% do território nacional e se localiza no Planalto Central, nos estados de Goiás (GO), Tocantins (TO), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS) Distrito Federal (DF), Minas Gerais e Bahia. Seu domínio é reconhecido como a savana mais rica em biodiversidade do mundo, além de abrigar nascentes de rios tão importantes quanto o São Francisco, o Paraguai e o Paraná.

O clima predominante do Cerrado é o tropical sazonal. A precipitação média anual sobre o bioma é de 1.500 mm e suas temperaturas do ar são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22° C e 27° C. As chuvas se concentram nos meses de primavera e verão – de outubro a março. No período de maio a setembro, os índices pluviométricos mensais se reduzem bastante, podendo chegar à zero. Disso resulta, uma estação seca de três a cinco meses de duração.

Deve-se notar que a expansão da produção de grãos e da pecuária extensiva na região trouxe, juntamente com os benefícios econômicos, grandes danos ambientais para o Cerrado, tais como redução de biodiversidade, erosão de solos, poluição de aquíferos, degradação de ecossistemas,

alterações nos regimes de queimadas e, possivelmente, modificações do clima regional. Mudanças climáticas, bem como a variabilidade climática natural com seus extremos, podem acentuar a vulnerabilidade social de suas populações e desencadear uma série de problemas ambientais e socioeconômicos.

Diversas pesquisas relacionadas a mudanças climáticas vêm sendo desenvolvidas no Cerrado em virtude das expectativas de impactos sobre a produtividade agrícola. Essas pesquisas têm o objetivo de prognosticar a situação do clima futuro e explicar como as alterações regionais dos sistemas atmosféricos poderão afetar culturas e, conseqüentemente, a economia do País, altamente dependente do mercado internacional de *commodities* (Salati *et al.*, 2004; Assad *et al.*, 2004).

Nesse contexto, o Centro-Oeste brasileiro confronta-se com diversos prognósticos climáticos negativos que preveem que as atividades agrícolas e de pecuária sofrerão redução de produtividade devido a mudanças de ciclo hidrológico e aumento de temperatura do ar, e também, devido à localização estratégica da Região, situada entre três biomas de maior importância no país, a Floresta Amazônica, o Cerrado e o Pantanal (Assad *et al.*, 2004, 2008).

A maior parte das precipitações no Centro-Oeste ocorre durante o verão austral devido à presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Já o inverno apresenta estação seca de maior duração nas áreas centro-sul da região e, de menor intensidade, no Norte e Noroeste da mesma (Cuadra e Rocha, 2006).

Quanto à temperatura do ar, ela pode ser inferior a 5°C no Sul da Região, podendo alcançar mais de 40°C, frequentemente nas áreas baixas dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Os biomas Cerrado, Amazônia e Pantanal permutam material genético entre suas zonas de amortecimento e têm sofrido severos impactos pelo uso e ocupação de sua terra no último século. Além dos problemas de cunho ambiental, a Região Centro-Oeste está envolvida em um quadro de conflitos sociais e fundiários profundos, o que a torna altamente vulnerável em caso de mudanças regionais no clima, o que preocupa atores institucionais em diversas esferas governamentais.

Atualmente o Centro-Oeste se consolida como o celeiro brasileiro da produção de grãos, sendo que o bioma Cerrado é classificado como foco de atenção ou *hotspot* da preservação ambiental mundial por deter o título de savana com maior biodiversidade do planeta, na qual mais de 48% da vegetação já foram destruídos (Ribeiro e Walter, 1998).

8.5.2. MUDANÇAS NO USO DA TERRA

As mudanças no uso de terra têm reconhecido efeito sobre os níveis de carbono emitidos para a atmosfera. Portanto, elas são um importante vetor de alterações do clima. A atividade agrícola e outras, geradoras de tais modificações, não sofrem apenas seus impactos, mas também são grandes emissoras de GEEs (FAO, 2006). Além disso, tais atividades são responsáveis pela diminuição do estoque de carbono no solo, devido a práticas agrícolas que levam a perdas de sua camada orgânica bem como à própria conversão de florestas em áreas de plantio (World Bank, 2008).

Estima-se que a atividade agrícola seja responsável diretamente por aproximadamente 14% das emissões globais de GEEs, uma participação semelhante à do setor de transportes. Além disso, outros 17% se relacionam indiretamente com as mudanças no uso da terra (FAO, 2010). De 1700 até hoje, estima-se que houve aumento de 265 para 1473 Mha da área total de cultivo e de 524 para 3215 Mha de pasto em todo mundo (Hengeveld *et al.*, 2005).

Os países em desenvolvimento respondem por aproximadamente 74% das emissões provenientes de atividades agrícolas, um aumento de cerca de 30% entre 1990 e 2005 (World Bank, 2008).

Nos últimos anos, uma maior atenção tem sido dada às áreas de savana devido às taxas maiores de desmatamento com consequências sobre a liberação de GEEs (Crutzen e Andreae, 1990). Mundialmente, avalia-se que, desde 1850, houve desmate de 4,7 milhões de km² desse tipo de vegetação e de e estepes (Lambin *et al.*, 2001).

O Cerrado é o maior bioma representante das savanas no continente americano e o segundo maior bioma do Brasil, ocupando cerca de 25% do território (Siqueira-Neto *et al.* 2011). É foco de atenção mundial por possuir uma alta riqueza de espécies com alto nível de endemismo (Myers *et al.*, 2000; Ratter *et al.*, 1997).

Devido ao crescente aumento das atividades agropecuárias, somente 20% da área do Cerrado se encontra em seu estado original, o que acarretou importantes consequências em termos de perda de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Isso o tornou, portanto, um bioma em risco (Ratter *et al.*, 1997; Boddey *et al.*, 2004).

Os padrões, taxas e extensão da mudança no uso de terra no Cerrado são pouco conhecidos, sendo de grande importância que se estude tanto aqueles do passado quanto as projeções para o futuro (Brannstrom *et al.*, 2008). Hoje, as estimativas de áreas desmatadas devido a atividades agropecuárias atingem até 80% da extensão original do bioma (Klink e Machado 2005).

Tal conversão do Cerrado em áreas de uso pela agropecuária pode se dar em duas etapas, como observado por Galford *et al.* (2010). Os autores avaliaram que 60% de sua área foram, primeiramente, convertidas em pasto e, posteriormente, em terras agrícolas, com taxas de conversão que variavam de um ano a outro.

8.5.3. VARIABILIDADE E CENÁRIOS CLIMÁTICOS

Há menos de uma década, os modelos climáticos globais alimentados por dados locais eram prejudicados devido à ausência de pesquisas em áreas tropicais. Hoje, eles buscam internalizar os avanços recentes do conhecimento em climatologia, que perseguem compreender as diversas interações entre atmosfera, hidrosfera e biosfera, além de contemplar a dinâmica do uso da terra. Esses avanços possibilitaram obtenção de prognósticos mais consistentes nas escalas global, continental e regional.

Devido à história recente da colonização, que se aprofunda a partir das décadas de 1940 e 1950, a Região Centro-Oeste ainda carece de rede mais densa de monitoramento de dados meteorológicos. Com isso, a modelagem de seus padrões de anomalias em precipitação e temperatura do ar se baseia em dados de apenas algumas estações meteorológicas existentes, sendo o restante, produzido a partir de cálculos matemáticos gerados por simulação (Nobre, 2001, Edwards, 2010).

Os modelos permitem identificar mudanças nas estações do ano e identificar padrões cíclicos, associados a fenômenos de grande escala no Brasil, como os eventos *El Niño*, assim como detectar alterações na temperatura da superfície do mar e padrões erráticos no movimento de massas de ar (Edwards, 2010).

De acordo com o modelo *HadCM3LC*, o Brasil apresentou aumento de temperatura atmosférica de 0,7° C até os anos 2000 e de 53,8 mm/ano em termos de precipitação pluviométrica. Entretanto, essas previsões indicam que haverá elevação térmica de 8,8° C até 2100 e decréscimo no volume de chuvas de -770,6 mm/ano. Esses dados contemplam também a Região Centro-Oeste, para a qual o prognóstico indica diminuição na capacidade de retenção de carbono pelas plantas, caso em que o decréscimo de pluviosidade parece estar relacionado com interações entre vegetação e atmosfera.

De acordo com estudos realizados por meio de dados coletados por aeronaves, a vegetação de floresta exerce papel importante na produção de chuvas sobre todo o Centro-Oeste e o Sul do Brasil. Nesse sentido, se prevê que, com a conversão de floresta em área modificada pelo Homem, ocorrerão mudanças significativas no ciclo hidrológico de várias das regiões brasileiras (Cox *et al.* 2004; e Fallon *et al.*, 2007; Adams, 2007).

Já Salati *et al.* (2007) avaliaram mudanças na vazão de doze bacias hidrográficas brasileiras para o final do século XXI. Para tanto, lançaram mão do modelo *HadRM3P* e dois cenários de emissões de GEEs – A2-BR e B2-BR –, com os quais realizaram projeções para uma série de parâmetros: precipitação, evapotranspiração, temperatura do ar e déficit hídrico.

De modo geral, os resultados apontaram redução de vazão em todas as bacias e sub-bacias hidrográficas que possuem importantes afluentes no Centro-Oeste – ou seja, as dos rios Tocantins/ Araguaia, São Francisco, Paraguai; Amazonas, Paraná e da Prata – para o período de 2071 a 2100 em relação à média histórica de 1961 a 1990. A única exceção foi essa última região, que apresentou aumento de 11% no cenário A2-BR.

Essa tendência de redução está intimamente associada a variações nos parâmetros considerados, especialmente quanto à evaporação real, cujas projeções apontam para aumento substancial nas cinco bacias hidrográficas presentes no Centro-Oeste. Já no que tange a precipitação, na comparação entre o período de 2071 a 2100 em relação ao de 1961 a 1990, as propensões entre elas foram distintas. Para algumas, os modelos apontaram aumento anual – as dos rios Paraná e Paraguai – e, para outras, redução – as dos rios São Francisco e Tocantins –, enquanto que, a do Rio Amazonas, não apresentou tendência significativa.

Obviamente essa tendência é produto de mudanças climáticas em outras regiões brasileiras, cujo território também abriga afluentes das bacias e sub-bacias hidrográficas consideradas, assim como de outros vetores não climáticos, tal como a mudança no uso de terra.

Mudanças no ciclo hidrológico e na temperatura do ar seriam de suma importância para a Região Centro-Oeste, pois a alteração da fenologia das plantas de soja, arroz, milho e café poderá acarretar perda maciça de produção agrícola e na pecuária. Por essa razão, a EMBRAPA tem desenvolvido pesquisas de zoneamento agroclimático para diversas culturas. Esses resultados poderão auxiliar produtores e governo a criarem estratégias de adaptação, caso suas áreas plantadas se tornem impróprias para a produção de numerosos tipos de grãos no futuro (Assad *et al.*, 2008).

Nos modelos desenvolvidos pela EMBRAPA, os índices de temperatura do ar aumentarão entre 1°C e 5,8°C no Centro-Oeste, com período de estiagem mais seco e quente. Ele deverá predominar na Região com duração de sete meses. Logo, as plantas deverão suportar calor muito e acima de 32°C nos períodos mais quentes do dia, cessando processos de fotossíntese e alterando suas fases normais de crescimento. Para o Estado do Goiás, espera-se perda de 95% da área apta para produção de café do tipo *arabica* (Assad *et al.*, 2004).

O Centro-Oeste brasileiro é uma Região cuja modelagem climática possui grande incerteza diante das projeções realizadas para as demais, como a Norte – que abriga a maior parte do bioma Amazônia – e a Nordeste (Marengo *et al.*, 2009). De modo geral, os modelos concordam sobre tendência de aquecimento do ar em seu território para o final do século XXI, porém, divergem quanto ao comportamento da precipitação pluviométrica (Marengo, 2007; 2008).

Marengo *et al.* (2009) realizaram projeções climáticas regionais para a América do Sul. Para a Região Centro-Oeste do Brasil, todos os modelos apontaram para tendência de aquecimento atmosférico para o final do século XXI – especialmente durante a primavera e o verão. Nessas estações, o incremento na temperatura média variou de 4 a 5°C, dependendo do modelo utilizado. Quanto a projeções sobre precipitação pluviométrica, os resultados apresentaram grande divergência, apre-

sentando tanto propensões negativas quanto positivas (Marengo *et al.*, 2009).

Tomando como referências o Cerrado, Bombardi e Carvalho (2008) sugeriram que os eventos extremos de seca e de chuvas tendem a se tornar mais frequentes no bioma durante o período de 2061 a 2080 e sob uma concentração atmosférica duas vezes maior do que a observada em 2007. Quanto ao Pantanal, Marengo (2007) encontrou divergências entre tendências pluviométricas projetadas para 2080 sob o cenário A2 do IPCC. A partir de três recortes temporais – os anos de 2020, 2050 e 2080 – e dos cenários B2 e A2 do IPCC, o autor apontou propensão de alta nos índices de temperatura do ar, que variaram respectivamente, entre 1 e 1,5°C, 1,5 e 3°C e 2,5 e 4,7°C.

8.5.3.1 ASPECTOS-CHAVE DA VULNERABILIDADE REGIONAL

O Cerrado é um bioma que apresenta características naturais de alta inflamabilidade. Uma peculiaridade regional que traz fortes implicações para o ciclo do carbono e de nutrientes é a prática do fogo no Centro-Oeste brasileiro.

Do ponto de vista climático, a fumaça aumenta a concentração de partículas na baixa atmosfera, o que inibe a formação de chuvas leves e favorece a formação de nuvens de tempestade. Além disso, as práticas agrícolas e de fogo descontrolada ocasionam anualmente perda de vegetação, e riscos à saúde humana e ambiental, seja pelo excesso de poluição e fuligem no ar que causa doenças respiratórias, seja pela destruição de espécies e ecossistemas os quais não são resilientes à ação antrópica recorrente (Bustamente e Oliveira, 2008). Esses processos também geram desperdício expressivo de espécies lenhosas e, no longo prazo, inibem a recuperação da vegetação. Por fim, a biomassa desperdiçada ocasiona maior déficit de nutrientes no solo devido a aumento do processo de lixiviação.

A Região Centro-Oeste é responsável por até 85% do total de queimadas ocorridas no Brasil (Alvalá e Kirchhoff, 1998). Como consequência de tamanho impacto ambiental, encontra-se cientificamente demonstrado que a supressão de vegetação, por meio de fogo ou corte raso, gera alterações significativas no ciclo hidrológico e contribui para a maior emissão de GEEs (Zuidema *et al.*, 1994; Walker *et al.*, 1995). Em muitos casos, a supressão de extensas áreas florestais aumenta a intensidade de ventos e altera o balanço radiativo – provocando o efeito albedo local, pois permite maior incidência de raios solares (Shukla *et al.*, 1990; McWilliam *et al.*, 1993).

Ademais, sabe-se por meio de pesquisas em física atmosférica, que o excesso de partículas de poluentes gerado pela queima de biomassa dificulta a formação das naturais, benéficas para a produção de nuvens nos baixos níveis da atmosfera, como foi detectado no município mato-grossense de Alta Floresta (Ozanne *et al.*, 2003; Heintzenberg e Charlson 2009, Andreae *et al.*, 2004).

8.5.4. AGRICULTURA FAMILIAR

A Região Centro-Oeste abriga menos de 5% dos estabelecimentos agropecuários familiares brasileiros (IBGE, 2006), sendo que 80% deles se concentram nos estados de Mato Grosso – 40% – e de Goiás – 41%. Sobre ela, a pesquisa sobre vulnerabilidade e adaptação da produção familiar rural a mudanças do clima ainda é muito escassa, contrastando com a realizada sobre outras, para as quais o volume de estudos é mais substancial: Norte e Nordeste.

É esperado que o aumento de variabilidade e a frequência de eventos climáticos, associados à expansão da cultura de grãos e de cana-de-açúcar na Região Centro-Oeste venha a aumentar a pressão sobre a produção familiar rural, resultando em maiores suscetibilidade e demanda por estratégias adaptativas. O desenvolvimento de variedades agrícolas mais apropriadas e de formas de manejo mais adequadas aos contextos climáticos futuros esperados devem estar dentro de um amplo planejamento regional.

Iniciativas como a do projeto *Zoneamento de Riscos Climáticos: abordagem para agricultura familiar, bioenergia e pastagens*, desenvolvido pela EMBRAPA (Pellegrino *et al.*, 2007), contribuem para a compreensão da vulnerabilidade da produção familiar da Região a mudanças do clima e agregam um instrumento importante ao planejamento de adaptação. Ele se propõe a ampliar o atual zoneamento climático para culturas consorciadas típicas da agricultura familiar, assim como para as energéticas, e a integração entre lavoura e pecuária relacionada o setor (Marin, 2006).

Entretanto, a vulnerabilidade também é produto de fatores não climáticos (Smithers e Smit, 1997; Smit *et al.*, 2000; Smit e Wandel, 2006) e esforços adicionais para se entender como determinantes socioeconômicos, ambientais e institucionais interagem com o clima são fundamentais para que um panorama concreto da vulnerabilidade seja obtido e potenciais entradas para intervenção política sejam identificadas (Ford *et al.*, 2010). Acesso a assistência e recursos, técnicos e produtivos, regularização fundiária, grau de diversificação da produção e disponibilidade de meios financeiros para se empreender adaptações estão entre outros fatores que moderam ou amplificam impactos oriundos de estímulos dessa ordem e que devem ser considerados na análise (Lindoso *et al.*, 2011).

Ademais, a categoria agricultura familiar abrange no Brasil um conjunto heterogêneo de produtores, perpassando diferentes atividades e, conseqüentemente, vulnerabilidade e potenciais diversos de adaptação (Schimitz e Mota, 2010). Nesse âmbito, há uma tendência na literatura especializada de considerar a sensibilidade do setor aos distúrbios de mercado (O'Brien *et al.*, 2009) e outros vetores complementarmente aos climáticos, uma vez que, frequentemente, o ajuste ao primeiro é a motivação primária para a adaptação (Berrang-Ford *et al.*, 2011).

8.5.5. AGRONEGÓCIO

Modificações nos padrões de produção agropecuária têm levado a significativas mudanças no uso de terra em escalas local e global. Além da pressão por produção pelo mercado de *commodities*, existe aquela exercida pela demanda interna e externa sobre a produção de bicombustíveis. No Brasil, isso tem provocado aumento significativo nas taxas de desmatamento e deslocamento de áreas utilizadas para pecuária em direção ao Norte do País, enquanto as terras abandonadas são utilizadas para implantação de grandes extensões de monoculturas (Lapola *et al.*, 2010).

Demanda nacional e internacional tem causado rápida mudança nos padrões de produção agrícola, com o declínio da agricultura de subsistência em favor da mecanizada do agronegócio, com impactos expressivos sobre as alterações no uso de terra e o equilíbrio dos ecossistemas (Galford *et al.*, 2010). Essas modificações locais, quando consideradas globalmente podem levar a transformações significativas no funcionamento ecossistêmico devido à conjugação daquelas de ordem biótica e abiótica que afetam o clima global (Lambin *et al.*, 2001).

A pressão antrópica sobre o bioma Cerrado tem se dado, nos dias de hoje, principalmente devido à expansão da indústria de soja. O aumento da demanda por grãos, ligada principalmente à elevação do poder de compra e ao consumo de proteína animal nos países em desenvolvimento, tem levado a ampliação de produção e a desmatamento de sua vegetação, em uma área que atinge cerca de 10 milhões de hectares plantados com esse produto (Fearnside, 2001).

O Brasil, como segundo maior produtor de soja do mundo, e diante da crescente demanda por produtos dela derivados deve desenvolver atenção especial aos padrões de uso de terra ligados a essa atividade. O desmatamento do Cerrado acarreta perda de matéria orgânica, principalmente quando as práticas de manejo envolvem o uso intensivo de fertilizantes e monoculturas, sendo necessário, como medida mitigadora, o emprego de técnicas sustentáveis de agricultura (Batlle-Bayer *et al.*, 2010).

Técnicas inapropriadas de manejo de solo fazem com que haja uma rápida perda de nutrientes e de matéria orgânica, contribuindo para seu empobrecimento e causando impactos sobre o assoreamento de rios, perda de produtividade agrícola e desertificação, entre outras consequências (Silva *et al.*, 2002).

8.5.6. EXTRATIVISMO

Os chamados produtos florestais não madeireiros (PFNM) têm adquirido importância crescente à medida que aumenta a conscientização da sociedade sobre a necessidade de se promover a conservação dos biomas e dos serviços ecossistêmicos em escala global. Os elevados índices de desmatamento das florestas indicam a imperiosidade da busca por alternativas econômicas capazes de diminuir a devastação provocada por atividades agropecuárias e extrativas de madeira (Zardo e Henriques, 2011). Além de se mostrar como alternativa, a crescente comercialização de produtos extrativistas tem contribuído para se preservar florestas, a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (Arnold e Perez, 2001).

Além disso, reconhece-se o papel dos PFNM na melhoria da qualidade de vida das populações rurais localizadas no entorno de florestas, promovendo muitas vezes, sua proteção e da biodiversidade a elas associada (Arnold e Perez, 2001; Myers, 1988; Zardo e Henriques, 2011).

No Brasil, cerca de 5,2 milhões de pessoas dependem da atividade extrativista (MMA, 2008). O bioma Cerrado tem sido colocado em segundo plano para fins de conservação ambiental, conforme refletido na área requerida para preservação constante do Código Florestal Brasileiro, de apenas 20%, enquanto que para o Amazônia foram definidos 80% (Zardo e Henriques, 2011).

No Cerrado, as práticas de extrativismo têm coexistido com as da agropecuária convencional, destacando-se principalmente, a utilização do pequi – *Caryocar brasiliense* – e do baru – *Dipteryx alata* –, como discutido em Roesler *et al.* (2007). Apesar da grande importância do primeiro como produto extrativista, ainda há escassez de dados quanto a sua capacidade produtiva e potencial auxiliar na renda de populações rurais (Zardo e Henriques, 2011).

Como milhões de pessoas dependem do uso extrativista ao redor do mundo, é estritamente necessário um manejo melhor desses recursos, de modo que as populações tradicionais possam subsistir e se desenvolver em torno dos mesmos ao longo do tempo (Ticktin, 2004). Além de se utilizar as reservas extrativistas como fator chave na preservação dos ecossistemas, é necessário se investigar quais aspectos sociais e culturais estão por detrás de comportamentos que levam à degradação ambiental. Também, deve-se investir na conservação dos fragmentos resultantes de atividades agropecuárias e extrativistas intensivas (Dobson, 1995), para assim se preservar o fluxo genético e a biodiversidade e garantir no longo prazo, a persistência dessa indústria.

Portanto, o desenvolvimento de políticas que favoreçam o uso da atividade extrativista por populações rurais deve ser entendido como medida adaptativa a mudanças climáticas.

No Brasil, algumas delas já têm sido tomadas enquanto políticas públicas. O Plano Nacional de Mudanças do Clima instituiu a fixação de preços mínimos para produtos extrativistas a fim de auxiliar na capacidade adaptativa e produtiva de povos e comunidades tradicionais. Seu objetivo é o fortalecimento de cadeias de extrativismo, agregando valor, consolidando mercado e garantindo desenvolvimento sustentável dessas populações (MMA, 2008).

8.5.7. IMPACTOS SOBRE A SAÚDE HUMANA

Alguns estudos começaram a traçar as possíveis consequências do aumento na temperatura do ar e da frequência de eventos climáticos extremos para a saúde humana no Brasil. É esperando que problemas dessa ordem relacionados a condições climáticas tenham sua severidade agravada em cenários futuros de mudança de clima.

A Região Centro-Oeste é caracterizada por uma forte sazonalidade e marcado por uma estação seca com níveis de umidade muito baixos, o que favorece a ocorrência de queimadas e, conseqüentemente, de doenças respiratórias. Destaque-se nele, as zonas de fronteira agrícola localizada no Estado do Mato Grosso, nas quais o uso de fogo pelo manejo agrícola e como estratégia de abertura de novas áreas potencializa o risco de queimadas, com reflexo sobre o incremento de doenças pulmonares (Barcellos *et al.*, 2009). Considerando-se os cenários de aumento conspícuo nas temperaturas da Região (Marengo, 2007) e de maior frequência potencial de eventos extremos de seca (Bombardi e Carvalho, 2008), são esperados problemas respiratórios mais corriqueiros, com impactos negativos sobre a saúde humana (Barcellos *et al.*, 2009; Brasil, 2008; Ribeiro e Assunção, 2002).

Outro aspecto relevante no que tange à saúde da população brasileira é a expansão da área de transmissão de doenças associadas a vetores e o aumento da incidência de doenças de veiculação hídrica (Brasil, 2008). Contudo, nesse contexto, o Centro-Oeste apresenta-se pouco vulnerável, considerando-se a perspectiva de impactos sanitários, segundo estudo empreendido pelo MCTI (2007). Riscos epidemiológicos de doenças como malária, dengue, leishmaniose tegumentar ou visceral, leptospirose, hantavirose e cólera foram levados em conta. Esse trabalho integrou indicadores epidemiológicos, socioeconômicos e climatológicos para obter um mapa nacional de vulnerabilidade. Os estados de MS e GO, assim como o DF, foram classificados na categoria de menor suscetibilidade – o grupo I – enquanto o de MT apresentou desempenho um pouco pior, sendo classificado no grupo II.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A.N.A, 1995: revanche dos ventos: derruição de solos areníticos e formação de areais na Campanha Gaúcha. *Ciência & Ambiente*, 11, 7-31.
- Aceituno, P., 1988: On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: surface climate. *Monthly Weather Review*, 116.
- Adams, J., 2007: Vegetation-climate interaction: how vegetation makes the global environment. Berlin, Geermany, New York, NY, USA: Springer.
- Agroconsult, 2010. Zoneamento de riscos climáticos da cultura da videira americana e videira europeia no Estado de Santa Catarina referente ao ano agrícola de 2009-2010. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 10 pp.
- Aguiar, R. et al., 2006: Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no Sudoeste da Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3B), 248-257.
- Alexander, L.V. et al., 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 111, 1-22.
- Alvalá, P.C. e W.V.J.H. Kirchhoff, 1998: Observations of atmospheric methane and carbon monoxide in Brazil: SCAR-B mission. *Journal of Geophysical Research*, 103(D24), 32101-32105.
- Alves, H.P.F., 2006: Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise socio-demográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. *Revista Brasileira Estudos Populares*, 23(1), 43-59.
- Ambrizzi, T. et al., 2007: Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: projeções de clima futuro usando três modelos regionais: Relatório 3. São Paulo: Inpe/ USP.
- Andreae, M.O. et al., 2004: Smoking rain clouds over the Amazon. *Science*, 303(5662),1337-1342.
- Andreoli, R.V. e M.T. Kayano, 2007: A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil, *Revista Brasileira de Meteorologia*, 22, 63-74.
- Arnold, J.E.M e M.R. Perez, 2001: Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives? *Ecological Economics*, 39, 437-447.
- Assad, E.D., 2008: Mudanças climáticas e a produção de grãos no Brasil: avaliação dos possíveis impactos. *Revista Plenarium*, 5, 96-117.
- Assad, E.D. e H.S. Pinto (Coords.), 2008: Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil, Embrapa/Unicamp.
- Assad, E.D. et al., 2004: Impactos das mudanças climáticas no Zoneamento Agroclimático do Café no Brasil. *Pesq. agropec. bras.*, 39(11), 1057-1064.
- Babujia, L.C. et al., 2010: Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. *Soil Biology & Biochemistry*, 42, 2174-2181.

Back, A.J., 2001: Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(5), 717-726.

Baettig, M. *et al.*, 2007: A climate change index: where climate change may be most prominent in the 21st century. *Geophysical Research Letters*. 34(1), doi:10.1029/2006GL028159.

Baker, J.M. *et al.*, 2007: Tillage and soil carbon sequestration. What do we really know? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 1-5.

BNB, 2005: Proposta de dimensionamento do semi-árido brasileiro. Banco do Nordeste do Brasil (BNB), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2005, Fortaleza, CE, 108 pp.

Barata, M.M.L e U.E.C. Confalonieri (Coords.), 2011: Mapa da vulnerabilidade da população do estado do Rio de Janeiro aos impactos das mudanças climáticas nas áreas social, saúde e ambiente. Relatório 4, versão final. Secretaria de Estado do Ambiente (SEA), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Rio de Janeiro: SEA/ Fiocruz, 162 pp.

Barcellos, C. *et al.*, 2009: Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. Epidemiologia e serviços de saúde. *Revista do Sistema Único de Saúde*, 18(3), 285-304.

Barreto, P. *et al.*, 2006: Pressão humana na floresta amazônica brasileira. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon). Belém, PA: Imazon.

Barreto, P. *et al.*, 2008: A pecuária e o desmatamento na Amazônia na era das mudanças climáticas. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon). Belém, PA: Imazon.

Barros, V. *et al.*, 1999: Recent precipitation trends in South America to the east of the Andes. An introduction of climatic variability. In: *Southern Hemisphere Paleo and Neo-climates* [Volheimer, W. e P. Smolka, (Eds.)]. Berlin, Germany, New York, NY, USA: Springer Verlag.

Battle-Bayer, L. *et al.*, 2010: Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137, 47-58.

Berlato, M.A. e D.C. Fontana, 1999: Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 7, 119-125.

Berlato, M.A. e D.C. Fontana, 2003: *El Niño e La Niña*: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 110 pp.

Berlato, M.A. *et al.*, 2005: Associação entre *El Niño* Oscilação Sul e a produtividade do milho no estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(5), 423-432.

Berrang-Ford L. *et al.*, 2011: Are we adapting to climate change? *Global Environmental Change*, 21, 25-33.

Betts, A.K. e M.A.F.S. Dias, 2010: Progress in understanding land-surface-atmosphere coupling from LBA research. *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 2(2), 20 pp.

Betts, R. *et al.*, 2008: Effects of large-scale Amazon forest degradation on climate and air quality through fluxes of carbon dioxide, water, energy, mineral dust and isoprene. *Philosophical Transactions*

- tions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 363(1498), 1873-1880.
- Betts, R.A. *et al.*, 2007: Projected increase in continental runoff due to plant response to increasing carbon dioxide. *Nature*, 448, 1037-1041, doi:10.1038/nature06045.
- Bittencourt, R.M. *et al.*, 1999: Estabilização sazonal da oferta de energia através da complementaridade entre os regimes hidrológico e eólico. In: *Anais do SNPTEE 15. XV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE)*, 1999, Foz do Iguaçu, PR.
- Boddey, R.M. *et al.*, 2004: Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, Netherland, 103, 389-403.
- Bombardi R.J. e L. M.V. Carvalho, 2008: Variabilidade do regime de monções sobre o Brasil: o clima presente e projeções para um cenário 2 X CO₂ usando o modelo MIROC. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 23(1), 58-72.
- Bonan, G., 2008: Forests and climate change: forcing feedbacks and the climate benefits of forests. *Ecology*, 81, 425-432.
- Brannstrom, C. *et al.*, 2008: Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986-2002: comparative analysis and implications for land-use policy. *Land Use Policy*, 25(4), 579-595.
- Brasil, 1973: Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. Ministério da Agricultura, Recife: convênio MA/DPP-AS/DRNR, Boletim Técnico, 30, 431 pp.
- Brasil, 2008: Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil. Ministério da Saúde, Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), Brasília, DF, 40 pp.
- Brasil, 2010: Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, DF: 2010.
- Brassaloti, R.A. *et al.*, 2010: Anurofauna da floresta estacional semidecídua da estação ecológica dos Caetetus, Sudeste do Brasil. *Biota Neotrópica*, 10(1), 275-292.
- Brodribb, T.J. *et al.*, 2009: Evolution of stomatal responsiveness to CO₂ and optimization of water-use efficiency among plants. *New Phytologist*, 183, 839-847, doi:10.1111/j.1469-8137.2009.02844.x.
- Broggio, C. *et al.*, 1999: A dinâmica territorial da cafeicultura brasileira: dois sistemas de produção em Minas Gerais. *Revista Território*, Ano IV, nº 6, 73-91.
- Bustamante, M. e E. L. Oliveira, 2008: Impacto das atividades agrícolas, florestais e pecuárias nos recursos naturais, pp. 647-669. In: *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais* [Faleiro, F.G. e A.L. de Farias Neto (Eds.). Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.
- Bustamante, M. *et al.*, 2006: Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas, pp. 209-237. In: *Nitrogen cycling in the Americas: Natural and Antropogenic Influences and Controls* [Martinelli, L.A. e R.W. Howarth (Eds.)]. Houten, Netherlands: Springer Netherlands.
- Campos, C.G.C., 2011: *Padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na Região Sul do Brasil e seus impactos nos cultivos de pêssego e de nectarina em Santa Catarina*. Tese de Doutorado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). São José dos Campos, SP, 157 pp.
- Campos, C.G.C. *et al.*, 2006: Mudanças climáticas atuais e seus impactos no estado de Santa

Catarina. *Agropecuária Catarinense*, 19(3).

Campos, J.N.B. *et al.*: 2003: Vulnerabilidade no rendimento de reservatórios em mudanças climáticas In: *Global Change and Regional Impacts: Water availability and vulnerability of Ecosystems and Society* [Gaiser, T. *et al.* (Orgs.)]. Berlin, Germany; New York, NY, USA: Springer Verlag.

Canhos, V.P. *et al.*, 2008: Análise da vulnerabilidade da biodiversidade brasileira frente às mudanças climáticas globais. *Parcerias Estratégicas*, 27, 113-148.

Carmona, L.C. e M.A. Berlato, 2002: *El Niño e La Niña* e o rendimento de arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 10, 147-152.

Carvalho, D.F., 2007: Café, ferrovias e crescimento populacional: o florescimento da região do Noroeste Paulista. *Histórica: Revista Eletrônica do Arquivo do Estado*, nº 27.

Casarin, D.P. e E.V.E. Kousky, 1986: Anomalias de precipitação no Sul do Brasil e variações da circulação atmosférica. *Rev. Bras. Meteo.*, 1, 83-90.

Cedeplar/UFMG e Fiocruz, 2008: Mudanças climáticas, migrações e saúde: cenários para o Nordeste brasileiro, 2000-2050. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional de Minas Gerais (Cedeplar) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Belo Horizonte, MG, 47 pp.

CGEE, 2007: Mar e ambiente costeiros. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Brasília, DF, 323 pp.

Cobb, K.M. *et al.*, 2003: *El Niño/Southern Oscillation* and tropical Pacific climate during the last millennium. *Nature*, 424, 271-276.

Cochrane, M. e M. Schulze, 1999: Fire as a recurrent event in tropical forests of the Eastern Amazon: effects on forest structure, biomass, and species. *Biotropica*, 3, 221-227.

Cochrane, M. *et al.*, 1999: Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. *Science*, 284, 1832-1835.

Coelho, C.A.S. *et al.*, 2002: Exploring the impacts of the tropical Pacific SST on the precipitation patterns over South America during ENSO periods. *Theoretical and Applied Climatology*, 71(3-4), 185-197.

Colombo, A.F., 2007: *Consequências potenciais das mudanças climáticas globais para as espécies arbóreas da Mata Atlântica*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, SP.

Conab, 2011: Levantamentos de safras. Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Disponível em www.conab.gov.br. Acessado em: agosto de 2011.

Confalonieri, U.E.C., 2005a : Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. *Terra Livre*, 19-1(20), 193-204.

Confalonieri, U.E.C., 2005b: Mudanças climáticas e saúde humana, pp. 166-171. In: *Mudança do Clima* [Poppe, M. K. e Rovere, E.L.L. (Coords.)], Cadernos NAE, nº 3.

Confalonieri, U.E.C. 2005c. Análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sa-

nitários das mudanças climáticas. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Escola Nacional de Saúde Pública, Programa de Mudanças Ambientais Globais e Saúde. 184 pp.

Confalonieri, U.E.C., 2007: Mudança climática global e saúde: perspectivas para o Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Pereira Passos, 19 pp.

Confalonieri, U.E.C., 2008: Mudança climática global e saúde humana no Brasil. *Parcerias Estratégicas*, 27, 323-349.

Confalonieri, U.E.C. e D. P. Marinho, 2007: Mudança climática global e saúde: perspectivas para o Brasil. *Revista Multiciência*, 8, 48-64.

Confalonieri, U.E.C. *et al.*, 2011: Vulnerabilidades em matéria de saúde pública na região metropolitana do Rio de Janeiro na perspectiva das mudanças climáticas, pp. 199-225. In: *Megacidades, vulnerabilidades e mudanças climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. [Nobre, C. e A. Young (Coords.)]. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em <http://www.poli.ufrj.br/noticias/arquivos/completo.pdf>.

Confalonieri, U.E.C. *et al.* 2005: Análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas. Relatório Final de Projeto de Pesquisa, Fiocruz, Rio de Janeiro, 96 pp.

Costa dos Santos, C.A. *et al.*, 2009: Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 24(1), 39-47.

Costa, M. e J. Foley, 1999: Trends in the hydrological cycle of the Amazon Basin. *Geophys. Res. Lett.*, 104(14), 189-194, 198

Cox, P.M. *et al.*, 2004: Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st Century. *Theor. Appl. Climatol.*, 78, 137-156.

Cox P.M. *et al.*, 2008: Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. *Nature*, 453, 212.

Cptec/ Inpe, 2011: *El Niño e La Niña*. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Disponível em <http://enos.cptec.inpe.br>. Acessado em agosto de 2011.

Cuadra, S.N. e R.P. Rocha, 2006: Simulação numérica do clima de verão sobre o Brasil e sua variabilidade. Departamento de Ciências Atmosféricas, IAG/USP Universidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(2), 271-282.

Cunha, G.R. da *et al.*, 1999: ENSO influences on wheat crop in Brazil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 7, 127-138.

Cunha, G.R. da *et al.*, 2007: Análise de tendências na temperatura do ar e na precipitação pluvial na região de Passo Fundo, RS. Passo Fundo: Embrapa Trigo. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online*, 48, 15 pp. Disponível em http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp48.htm.

Dantas, A. *et al.*, 2007: Classificação e tendências em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(6), 1862-1866.

Datsenko, N.M. *et al.*, 1995: Variações pluviométricas no Nordeste brasileiro: Comparações com mudanças climáticas globais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 10(112), 42-47.

- Davidson, E. et al., 2012: The Amazon Basin in transition. *Nature*, 481, 321-328. Disponível em <http://www.nature.com/nature/journal/v481/n7381/abs/nature10717.html>.
- Dean, W., 2004: *A ferro e fogo. A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira*. São Paulo, SP: Companhia das Letras, 484 pp.
- Deconto, J.G. (Coord.), 2008: *Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil*. São Paulo, 2008. Embrapa Agropecuária, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Campinas, SP: Embrapa/ Unicamp, 84 pp.
- Dessay, N. et al., 2004: Comparative study of the 1982-1983 and 1997-1998 *El Niño* events over different types of vegetation in South America. *Int. J. Remote Sensing*, 25(20),4063-4077.
- Dietz, T. et al., 2003: Struggle to govern the commons. *Science*, 302, 1907-1912.
- Dobson, A.P., 1995. Biodiversity and human health, *Trends in Ecology and Evolution*, 10(10), 390-391.
- Domingues, E.P., 2011: Impactos econômicos das mudanças climáticas no Brasil: agricultura e segurança alimentar, pp. 110-114. In: *Anais da IV CRMG. Conferência Regional sobre Mudanças Climáticas: O Plano Brasileiro para um Futuro Sustentável*, 4, São Paulo, SP, 4-7 de abril. Relatório técnico. Instituto de Estudos Avançados (IEA) da Universidade de São Paulo (USP), Academia Brasileira de Ciência (ABC). São Paulo, SP: IEA/ ABC.
- Dubreuil, V. et al., 2012: Monitoring the pioneer frontier and agricultural intensification in Mato Grosso using SPOT vegetation images, pp. 2-11. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télé-détection*, 200, nº 5.
- Eakin, H. e M. Lemos, 2010: Institutions and change: the challenge of building adaptive capacity in Latin America. *Global Environmental Change*, 20(1), 1-210.
- Eamus, D., 1991: The interaction of rising CO₂ and temperature with water use efficiency. *Plant, Cell and Environment*, 14(8), 843-852.
- Edwards, P.N., 2010: *A Vast Machine. Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- Egler, C.A.G., 2008: O Rio de Janeiro e as mudanças globais: uma visão geoeconômica, pp. 43-54. In: *Rio próximos 100 anos: o aquecimento global e a cidade* [Gusmão, P.P. et al. (Orgs.)]. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Pereira Passos.
- Eisenhauer, N. e M. Schädler, 2010: Inconsistent impacts of decomposer diversity on the stability of aboveground and belowground ecosystem functions. *Oecologia*; 165(2), 403-415, doi:10.1007/s00442-010-1784-0.
- Eltahir, E. e R.L. Bras, 1994: Precipitation recycling in Amazon Basin, *Q.J.R. Meteorological Society*. 120, 861-880.
- Embrapa, 2004: *Solos do estado de Santa Catarina*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 46. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 745 pp.
- Embrapa/ Iapar, 1984: *Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Serviço Nacional de Levantamento de Conservação de Solos, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná (Iapar). Londrina, PR: Iapar, 2 vol., 788 pp.

- EPE, 2010: Plano Decenal de Expansão de Energia: PDE 2019. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Rio de Janeiro, RJ.
- EPE, 2011: Balanço Energético Nacional 2011, Ano Base 2010. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Rio de Janeiro, RJ.
- Fagundes, J.D. *et al.*, 2010: Produtividade simulada de tubérculos de batata em cenários de mudanças climáticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(4), 351-360.
- Fallon, P. *et al.*, 2007: Climate change and its impact on soil and vegetation carbon storage in Kenya, Jordan, India and Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122, 114-124.
- FAO, 2006: Global Forest Resources Assessment 2005-2006. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Forestry Paper 147, Rome, Italy.
- FAO, 2010: Global Forest Resources Assessment 2010. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Forestry Paper 163, Rome, Italy.
- Fearnside, P.M., 1999: Biodiversity as an environmental service in Brazil's Amazonian forests: risks, value and conservation. *Environmental Conservation*, 26, 305-321.
- Fearnside, P.M., 2001: Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation*, 28, 23-38.
- Fearnside P.M., 2008a: Deforestation in Brazilian Amazonia and global warming. *Annals of Arid Zone*. 47, 355-374.
- Fearnside, P.M.; 2008b: Are climate change impacts already affecting tropical forest biomass? *Global Environmental Change*, 14(4), 299-302.
- Fearnside, P.M. *et al.*, 2001: Burning of Amazonian rainforests: burning efficiency and charcoal formation in forest cleared for cattle pasture near Manaus, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 146, 115-128.
- Fenner, A. *et al.*, 2009: *Mudança climática e saúde: um perfil do Brasil*. Organização Pan-Americana da Saúde (Opas), Ministério da Saúde, Brasília, DF, 44 pp.
- Fernandes, R.O. *et al.*, 2010: Impacto das mudanças climáticas globais na evaporação em um reservatório no semiárido. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Salvador, BA, 25-28 de novembro.
- Ferreira Filho, J.B. e M. Horridge, 2010: Climate change impacts on agriculture and internal migration in Brazil, In: 48º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Campo Grande, MS, 25-28 de julho.
- Ferreira, S. *et al.*, 2005: Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 35(1), 55-62.
- Field, C.B. *et al.*, 1995: Stomatal response to increased CO₂: implications from the plant to the global scale, *Plant, Cell and Environment*, 18, 1214-1225.
- Fleischfresser, V., 1988: *Modernização tecnológica da agricultura: contrastes regionais e diferenciação social no Paraná da década de 70*. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (Ipardes). Curitiba, PR: Ipardes/ Livraria do Chain, 154 pp.

- Fontana, D.C. e M.A. Berlato, 1997: Influência do *El Niño* Oscilação Sul sobre a precipitação do estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 5(1), 127-132.
- Ford J.D. *et al.*, 2010: Climate change policy responses for Canada's Inuit population: the importance of and opportunities for adaptation. *Global Environmental Change*, 20, 177-191.
- Heintzenberg, J. e R.J. Charlson (Eds.), 2009: Clouds in the perturbed climate system. Their relationship to energy balance, atmospheric dynamics, and precipitation. Strüngmann Forum Reports. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 608 pp.
- Funcate, 2012: Emissões do setor de uso da terra, mudança do uso da terra e florestas, 1994 a 2008. Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais (Funcate), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) [Santos, C.P.F. (Coord.), Scolastraci, A.S.S. *et al* (Elaboração)]. São Paulo, SP: Funcate/ Cetesb, 120 pp.
- Füssel, H. M., 2007: Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 17, 155-167.
- Gaiser, T. *et al.* (Orgs.), 2003: *Global Change and Regional Impacts: Water Availability and Vulnerability of Ecosystems and Society*. Berlin, Germany e New York, NY, USA: Springer Verlag.
- Galdolf, G.L. *et al.*, 2010: The Amazon frontier of land-use change: croplands and consequences for greenhouse gas emissions. *Earth Interactions*, 14(15), 1-24.
- Galina, M.H. *et al.*, 2004: Mudanças climáticas de curto prazo: análise da tendência dos regimes térmicos e hídricos e do balanço hídrico nos municípios de Ribeirão Preto, Campinas e Presidente Prudente (SP) no período de 1969-2001, pp. 185-199. In: *Sociedade e natureza na visão da geografia* [Gerardi, L.H. de O. e M.A. Lombardo (Orgs.)]. Rio Claro, SP: Editora da Unesp.
- Garcia, A., 2010: Balanço hídrico de Ituverava (SP) sob condições de cenários climáticos futuros. *Nucleus*, 7(1), 217-221.
- García, N.O. e W.M.Vargas, 1998: The temporal climatic variability in the Río de la Plata Basin displayed by the river discharges. *Climate Change*, 38, 359-379.
- Gasparotto, F.K. *et al.*, 2005: Análise de tendência de variáveis climáticas térmicas e hídricas para o estado do Paraná. In: *Anais do CBA 14. XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2005, Campinas, SP, 18-21 de julho*.
- Gedney, N. *et al.*, 2006: Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records. *Nature*, 439, 835-838, doi:10.1038/nature04504.
- Goodin, D.G., 2003: The interdecadal timescale: introductory overview. In: *Climate Variability and Ecosystem Response at Long-Term Ecological Research Sites*, [Grenland, D. *et al.*]. Oxford, UK: Oxford University Press, 459 pp.
- Gordon, L.J. *et al.*, 2005: Human modification of global water vapor flows from the land surface. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 102(21), 7612-7617.
- Grimm, A.M. e G. Sampaio, 2012: Observações ambientais atmosféricas e de propriedades da superfície, Cap. 2, pp. 37-93. In: Base Científica das Mudanças Climáticas. Primeiro Relatório de Avaliação Nacional. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC). Grupo de Trabalho 1 (GT1). Relatório de Avaliação Nacional (RAN1), vol. 1. Rio de Janeiro, RJ.
- Grimm, A.M. *et al.*, 1997: *El Niño* no Paraná: o que se pode esperar em cada região. Uma análise científica. Instituto Tecnológico Simepar, Informativo nº 1, Curitiba, PR.

- Grimm, A.M. *et al.*, 1998: Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with *El Niño* and *La Niña* events. *Journal of Climate*, 11, 2864-2880.
- Grimm, A.M., 2003: The *El Niño* impact on the summer monsoon in Brazil: regional processes versus remote influences. *Journal of Climate*, 16(2), 263-280.
- Groisman, P.Y. *et al.*, 2005: Trends in intense precipitation in the climate record. *Journal of Climate*, 18, 1326-1350.
- Gubert, M.B. *et al.*, 2010: Estimativas de insegurança alimentar grave nos municípios brasileiros. *Cadernos de Saúde Pública*, 26(8), 1595-1605.
- Guedes, R.G. *et al.*, 2006: Modulação do ciclo anual de variáveis de superfície em São Luís (Maranhão) por oscilações de baixa frequência. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(2), 245-255.
- Guimarães, R.B., 2005: Health and global changes in the urban environment. In: *A Contribution to Understand the Regional Impact of Global Change in South America*. [Dias, P.L.S. *et al.*]. S. Paulo, SP: USP.
- Hardin, G., 1968: The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859): 1243-1248.
- Hastenrath, S., 1984: Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the Tropical Atlantic. *Monthly Weather Review*, 112, 1097-1107.
- Hastenrath, S., 1990: Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. *J. Climate*, 3(8), 893-904.
- Hastenrath, S., 2000: Interannual and longer-term variability of upper air circulation in the Northeast Brazil-Tropical Atlantic Sector, *Journal of Geophysical Research*, 105(D6), 7327-7335.
- Hastenrath, S. e L. Heller, 1977: Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 103, 77-92.
- Hastenrath, S. e L. Greischar, 1993: Further work on the prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. *J. Climate*, 6(4), 743-758.
- Haylock, M.R. *et al.*, 2006: Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*, 19, 1490-1512.
- Hecht, S., 1992: Logics of livestock and deforestation: the case of Amazonia. pp. 7-25. In: *Development or Destruction: the Conversion of Tropical Forests to Pasture in Latin America*. [Downing, T.E. *et al.* (Eds.)] Boulder, Colorado, USA: Westview Press.
- Hengeveld, H. *et al.*, 2005. An introduction to climate change: A Canadian perspective. Minister of the Environment, Science Assessment and Integration Branch, Environment Canada, Downsview, Ontario, Canada, 68 pp.
- Heredia, B. *et al.*, 2010: Sociedade e economia do agronegócio no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 25(74), 159-195.
- Hulme, M. e N. Sheard, 1999: Cenários de alterações climáticas para o Brasil. Norwich: Climate Research Unit, 6 pp. Disponível em www.cru.uea.ac.uk/~mikeh/research/brazil.pdf. Acessado em: agosto de 2011.
- IBGE, 2001: Mapa do Mercado de Trabalho no Brasil 1992-1997. Instituto Brasileiro de Geografia

- e Estatística (IBGE), Informação Demográfica e Socioeconômica n° 7, Rio de Janeiro, RJ, 159 pp.
- IBGE, 2006a: *CENSO Agropecuário 2006*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, RJ, pp.1-146.
- IBGE, 2006b: *CENSO Agropecuário 2006 Agricultura familiar*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, RJ.
- IBGE, 2006c: *CENSO Agropecuário 2006*. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, RJ, 777 pp.
- IBGE, 2010: *CENSO 2010*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em www.ibge.gov.br.
- IBGE, 2011a: *CENSO Demográfico 2010. Características da população e dos domicílios. Resultados do universo*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, RJ, 270 pp.
- IBGE, 2011b: Banco de Dados Agregados. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema IBGE de Recuperação Automática (Sidra). Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acessado em agosto de 2011.
- IBGE, 2012: Banco de Dados Agregados. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema IBGE de Recuperação Automática (Sidra). Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acessado em 7/07/2012.
- IPCC, 2000: Special Report on Emission Scenarios*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Vienna, Austria, 2000.
- IPCC, 2001: Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report (AR3) of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T. and the Core Writing Team (Eds.)]. Cambridge, UK e New York, NY, USA: Cambridge University Press: 398 pp.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report (AR4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Pachauri, R.K e Reisinger, A. (Eds.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland, 104 pp.
- Janzen, D., 1967: Why mountain passes are higher in the tropics? *American Naturalist*, 101, 233-249.
- João, M.M., 2009: *Análise do comportamento das temperaturas máxima e mínima médias mensais para o estado do Rio Grande do Sul*. 2009. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Faculdade de Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 137 pp.
- Kageyama, A. (Coord.), 1990: O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: *Agricultura e políticas públicas* [Delgado, G. et al. (Orgs.)], Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Rio de Janeiro, RJ.
- Kasperson, R. et al., 2005: Vulnerable peoples and places, Chapter 6, pp. 143-164. In: *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*, vol. 1, "Findings of the Condition and Trends". Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment [Hassan, R. et al. (Eds.)]. London, UK: Island Press.

- Kayano, M.T. *et al.*, 1988: Tropical circulations and the associated rainfall anomalies during two contrasting years. *J. Climatol.*, 8, 477-488.
- Kayano, M.T. e R.V. Andreoli, 2007: A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 22(1), 63-74.
- Kiladis, G.N. e H.F. Diaz, 1989: Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 2, 1069-1090.
- Klink, C.A. e R.B. Machado, 2005: Conservation of Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*. 19, 707-713.
- Kousky, V.E. e I.F.A. Cavalcanti, 1984: Eventos Oscilação Sul-El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, 36(11), 1888-1889.
- Kousky, V.E. *et al.*, 1984: A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36A, 490-504.
- Krol, M.S. e A. Bronstert, 2007: Regional integrated modelling of climate change impacts on natural resources and resource usage in semi-arid Northeast Brazil. *Environmental Modelling & Software*, 22, 259-68.
- Kundzewicz, Z.W. *et al.*, 2007: Freshwater resources and their management, pp. 173-210. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, M.L. *et al.* (Eds.)]. Cambridge, UK: Cambridge University Press.*
- Lacerda, F.F. *et al.*, 2009: Análise preliminar na detecção de tendências no padrão pluviométrico na Bacia do Pajeú, PE: mudanças climáticas ou variabilidade? Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS, 22-26 de novembro.
- Lago, I. *et al.*, 2008: Impact of increasing mean air temperature on the development of rice and red rice. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(11), 1441-1448.
- Lambin, E.F. *et al.*, 2001: Our emerging understanding of the causes of land-use and -cover change. *Global Environmental Change*, 11(4), 261-269.
- Lapola, D.M. *et al.*, 2010: Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 107, 3388-3393.
- Larcher, W., 2000: *Ecofisiologia vegetal: as influências do ambiente sobre o crescimento e sobre o desenvolvimento*. Tradução: Carlos Henrique B.A. Prado. São Carlos, RiMa, 2000. Título original: *Ökophysiologie der Pflanzen*. ISBN 85-86553-03-8.
- Latif, M. e N. Keenlyside, 2009: El Niño/ Southern Oscillation response to global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 106(49), 20578-30583.
- Laurance, S. *et al.*, 2009: Long-term variation in Amazon forest dynamics. *Journal of Vegetation Science*, 20, 323-333.
- Leipprand, A. e D. Gerten, 2006: Global effects of doubled atmospheric CO₂ content on evapotranspiration, soil moisture and runoff under potential natural vegetation. *Hydrological Sciences Journal*, 51, 1171-1185.

Lepsch, I.F., 2005: Formação e conservação dos solos. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 192 pp.
Lima, J.F. et al., 2006: O uso das terras no Sul do Brasil: uma análise a partir de indicadores de localização. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 44(4), 677-694.

Lindoso, D. et al., 2011: Agricultura familiar e mudanças climáticas: avaliando a vulnerabilidade à seca no semiárido nordestino, pp. 277-300. In: *Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios* [Motta, R.S. et al. (Eds.)]. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Brasília, DF.

Lobell, D.B. et al., 2008: Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 319(607), doi:10.1126/science.1152339.

Lucena, A.F.P. et al., 2010a: Least-cost adaptation options for global climate change impacts on the Brazilian electric power system. *Global Environmental Change*, 20, 342-350.

Lucena, A.F.P. et al., 2010b: The vulnerability of wind power to climate change in Brazil. *Global Environmental Change*, 35, 904-912.

Maack, R., 1981: *Geografia física do Paraná*. 2ª ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 450 pp.

Madox, R.A., 1983: Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, mesoscale convective complexes. *Monthly Weather Review*, 111, 1475-1493.

Makarieva, A. et al., 2009: Precipitation on land versus distance from the ocean: evidence for a forest pump of atmospheric moisture. *Ecological Complexity*, 6, 302.

Makarieva, A. et al., 2012: Revisiting forest impact on atmospheric water vapor transport and precipitation. *Theoretical and Applied Climatology*, 111, 79-96, doi:10.1007/s00704-012-0643-9.

Malhi, Y. et al., 2004: Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science*, 319, 169-172.

Manzatto, C.V. et al. (Orgs.), 2009: Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar, Embrapa, Documentos 110.

Manzatto, C.V. et al. (Eds.), 2002: *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa. 184 pp.

Marengo, J.A., 2006a: 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. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF: Biodiversidade 26.

Marengo, J.A., 2006b: On the hydrological cycle of the Amazon Basin: A historical review and current state-of-the-art. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21, 1-19.

Marengo, J.A., 2007: Caracterização do clima no século XX e cenários climáticos no Brasil e na América do Sul para o século XXI derivados de modelos globais de clima do IPCC. Relatório nº 1, Ministério do Meio Ambiente (MMA). São Paulo, SP: CPTEC/ Inpe. Disponível em http://mudancas-climaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_1.pdf.

Marengo, J.A., 2008: Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil, pp. 149-176. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Parcerias Estratégicas, 27, dezembro.

Marengo, J.A. e C.A. Nobre, 2005: Lições do Catarina e do Katrina. As mudanças do clima e os fenômenos extremos. *Ciência Hoje*, 37, 22-27.

Marengo, J.A. e C.C. Camargo, 2008: Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. *International Journal of Climatology*, 28(7), 893-904.

Marengo, J.A. e M.C. Valverde, 2007: Caracterização do clima no século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. *Revista Multiciência*, 8, 5-28.

Marengo, J.A. et al., 1998: Trends in streamflow and rainfall in tropical South America: Amazonia, Eastern Brazil, and Northwestern Peru. *Journal of Geophysical Research*, 103, 1775-1784.

Marengo, J.A. et al., 2007: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Sumário Técnico. Brasília, DF: MMA, 54 pp.

Marengo, J.A. et al., 2008: The drought of Amazonia in 2005. *Climate Journal of Climate*, 21, 495-516, doi:10.1175/2007JCLI1600.1.

Marengo, J.A. et al., 2009: Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. *Climate Dynamics*, 35(6), 1073-1097, doi:10.1007/s00382-009-0721-6.

Marengo, J.A. et al., 2010: Mudanças climáticas e recursos hídricos, Cap. 12, pp. 199-215. In: *Águas do Brasil: análises estratégicas* [Bicudo, C.E.M. et al. (Orgs.)]. Academia Brasileira de Ciências (ABC), Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente (SMA) do Estado de São Paulo. São Paulo, SP: ABC.

Marengo, J.A. et al., 2011: The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical Research Letters* 38(12), doi:10.1029/2011GL047436.

Margulis, S., 2003: *Causas do desmatamento da Amazônia brasileira*. Banco Mundial, Brasília, DF. ISBN: 85-88192-10-1, 100 pp.

Marin, F. R. (Coord.), 2006: Zoneamento de riscos climáticos: abordagem para agricultura familiar, bioenergia e pastagens. Projeto Macroprograma 1. Embrapa Informática Agropecuária, Brasília, DF.

Markham, C.G. e D.R. McLain, 1977: Sea surface temperatures related to rain in Ceara Northeastern Brazil, *Nature*, 265, 320-323, doi:10.1038/265320a0.

Marques, J.R.Q. et al., 2005: Aumento da temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul, sua relação com o aquecimento global e possíveis impactos no arroz irrigado, pp. 224-229. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado*, 4, Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 26, 2005, Santa Maria, RS.

Martins, E.S.P.R. et al., 2012: As águas do Nordeste e o balanço hídrico. In: *A questão da água no Nordeste*. Agência Nacional de Águas (ANA). Brasília, DF.

Martins, E.S.P.R., 2011: Adapting water resources planning and operation to climate variability and climate change in selected river basins in Northeast Brazil. Desk Review: Climatic and Hydrologic Components, World Bank Report, September.

Martins, L.C. *et al.*, 2002: Air pollution and emergency room visits due to pneumonia and influenza in São Paulo, Brazil. *Rev. Saúde Pública*, 36(1), 88-94.

Martins, M.C. *et al.*, 2004: Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in São Paulo, Brazil. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 58(1), 41-46.

McMichael, A.J., 2003: Global climate change and health: an old story writ large, Chapter 1, pp 1-17. In: *Climate change and human health. Risks and responses*. [McMichael, A.J. *et al.* (Eds.)]. Geneva, Switzerland, 322 pp.

MCT, 2007: Análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, DF, 201 pp.

McWilliam, A. *et al.*, 1993: Leaf-area index and above-ground biomass of terra firme rain forest and adjacent clearings in Amazonia. *Functional Ecology*, 7(3), 310-317.

Medeiros, Y.D.P., 2003: Análise dos impactos das mudanças climáticas em região semiárida. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8(2), 127-136.

Meggors, B., 1994: Archeological evidence for the impact of mega-Niño events on Amazonia during the past two millennia. *Climatic Change*, 28 (1-2), 321-338.

Mello, E. *et al.*, 2008: Efeito das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Paracatu (médio São Francisco). *Eng. Agríc.*, 28(4), 635-644.

Melo, H.P., 2008: A Zona Rio Cafeeira: uma expansão pioneira. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 4(3), 49-82.

Mendelsohn, R. *et al.*, 2001: The effect of development on the climate sensitivity of agriculture. *Environment and Development Economics*, 6(1), 85-101.

Mezzomo, D. *et al.*, 2007: Análise espectral da temperatura mínima média em dois trimestres numa região homogênea do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 15(2), 121-132.

Micol, L. *et al.*, 2008: Pacto pela valorização da floresta e pelo fim do desmatamento na Amazônia brasileira: potencial de aplicação no estado de Mato Grosso. Instituto Centro de Vida (ICV).

Miller, D. e J.M. Fritsch, 1991: Mesoscale convective complexes in the Western Pacific region. *Monthly Weather Review*, 119, 2978-2992.

Milly, P.C.D. *et al.*, 2005: Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, 438, 347-350.

Milton, Y. e M.Kaspari, 2007: Bottom up and top down regulation of decomposition in a tropical forest. *Oecologia*, 153, 163-172.

Minuzzi, R.B., 2010: Chuvas em Santa Catarina durante os eventos do El Niño Oscilação Sul. *Geosul.*, 25(50), 107-127.

MMA, 1997: Plano Nacional de Combate à Desertificação. Centro de SENSORiamento Remoto, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Brasília, DF.

Moncunill, D.F., 2006: The rainfall trend over Ceara and its implications, pp. 315-323. In: *Proceedings of 8 ICSHMO*. International Conference on Southern Hemisphere Meteorology, 8, 2006, Foz do Iguaçu, PR, 24-28 de abril.

Montenegro, A. e R. Ragab, 2010: Hydrological response of a Brazilian semi-arid catchment to different land use and climate change scenarios: a modelling study, *Hydrological Process*, 24, 2705-2723, doi:10.1002/hyp.7825.

Moraes, G.I., 2010: *Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável*. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), Piracicaba, SP.

Moreno, J.A., 1961: Clima do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura, Divisão de Terras e Colonização, Porto Alegre, RS.

Morton, D., 2006: Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 103(39), 14637-14641.

Morton, J.F., 2007: The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 104(50), 19680-19685.

Mósená, M., 2008: *Agricultura em áreas frágeis: as transformações decorrentes do processo de arenização em São Francisco de Assis, RS*. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Rural, Faculdade de Ciências Econômicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

Mota, F.S. et al., 1993: Tendência temporal da temperatura no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 1(1), 101-103.

Motta, R.S. et al., 2011: *Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Brasília, DF: Ipea, 428 pp.

Moura, A.D. e J. Shukla, 1981: On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory, and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, 3(2), 2653-2675.

Moutinho, P. e S. Schwartzman, 2005: Tropical deforestation and climate change. Belém, PA: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam). Environmental Defense, Washington, DC, 131 pp.

Muhe, D., 2001: Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites de orla costeira para fins de gerenciamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2(1), 35-44.

Muhe, D., 2003: Beach morphodynamic research in Brazil: evolution and applicability. *Journal of Coastal Research*, 35(Special Issue), 32-42.

Müller, I.I. et al., 1998: Análise de estacionariedade de séries hidrológicas na bacia incremental de Itaipu. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 3(4), 51-71.

Myers, N., 1988: Tropical forests: Much more than stocks of wood. *J Trop Ecol.*, 4, 209-221.

Negrón Juárez, R. I. e H.R. Rocha, 2004: Estudo numérico da sensibilidade do clima no Sudeste do Brasil devido às mudanças do uso da terra. *Anais do Cbmet 13*. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza, 2004.

- Nepstad, D. *et al.*, 1999: Flames in the rain forest: origins, impacts and alternatives to Amazonian fires. World Bank, Brasília, DF.
- Nepstad, D. *et al.*, 2001: Road paving, fire regimes feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology and Management*, 154, 395-407.
- Neves, C.F. e D. Muhe, 2008: Vulnerabilidade, impactos e adaptação às mudanças do clima: a zona costeira, pp. 217-296. In: *Mudanças do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. ParceriasEstratégicas, 27.
- Nobre, C.A. *et al.*, 1991. Amazonian deforestation and regional climate change. *American Meteorological Society, J. Climate*, 4(10), 957-988. Disponível em <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%281991%29004%3C0957%3AADARCC%3E2.0.CO%3B2>. Acessado em 20/04/2012.
- Nobre, C.A., 2010a: Tecnologia para mudanças climáticas. INCT para Mudanças Climáticas: Relatório de atividades 2009-2010. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT). São José dos Campos, SP, 96 pp. Disponível em http://inct.ccst.inpe.br/INCT_report_digital_port.pdf.
- Nobre, C.A. *et al.*, 2010b: Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. Sumário Executivo. Inpe/ Unicamp/ FMUSP/ IPT/ Unesp-Rio Claro. São Paulo, SP. Disponível em http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo_megacidades.pdf.
- Nobre, C.A., 2001: Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. *Parcerias Estratégicas*, 12, 239-258.
- Nóbrega, M.T. *et al.*, 2011: Uncertainty in climate change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 585-595.
- O'Brien, K. *et al.*, 2009: Vulnerability interventions in the context of multiple stressors: Lessons from the Southern Africa Vulnerability Initiative (Savi). *Environmental Science & Policy*, 12, 23-32.
- Opas, 2009: Mudança climática e saúde: um perfil do Brasil. Organização Pan-Americana da Saúde (Opas), Ministério da Saúde. Brasília, DF: Opas.
- Ozanne, C.M.P. *et al.*, 2003: Biodiversity meets the atmosphere: a global view of Forest Canopies. *Science*, 301, 183, doi:10.1126/science.1084507.
- Pandolfo, C. *et al.*, 2007a :Estimativas dos impactos das mudanças climáticas nos zoneamentos da cultura da banana e da maçã no estado de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, 20(2), 36-40.
- Pandolfo, C. *et al.*, 2007b: Estimativas dos impactos das mudanças climáticas no zoneamento da cultura do feijão no estado de Santa Catarina. *Revista Agropecuária Catarinense*, 20(3), 39-42.
- Pandolfo, C. *et al.*, 2009: Mudanças climáticas e a área de produção da videira europeia (*Vitis vinifera L.*) no estado de Santa Catarina. In: Anais do CBA 16. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte, MG, 22-25 de setembro.
- Pellegrino G.Q. *et al.*: Mudanças climáticas globais e agricultura no Brasil, *Revista Multiciência*, 8, 139-162.

- MMA, 2006 Plano Nacional de Recursos Hídricos. Síntese Executiva. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 135 pp.
- MMA, 2008: Plano Nacional Sobre Mudança do Clima (PNMC). Versão para consulta pública. Brasília,. 154 pp. Disponível em http://www.mma.gov.br/estruturas/169/_arquivos/169_29092008073244.pdf.
- Poppe, M.K. e M.M. Santos, 2007: Impactos, vulnerabilidade e adaptação. Tema 2. pp. 23-29. In: Mudança climática: rumo a um novo acordo mundial. Relatório Científico [Diniz, E.M. (Ed.)]. Conferência Regional sobre Mudanças Globais: América do Sul, 3. São Paulo, SP, IEA/USP.
- Prudêncio, R.S. *et al.*, 1999: Análise do ritmo pluviométrico do litoral catarinense, pp. 1055-1063. In: Anais do CBA 11. XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, Rio de Janeiro, RJ.
- Quadro, M.F.L. *et al.*, 1996: Climatologia de precipitação e temperatura no período de 1986-1996. Climanálise Especial, Edição Comemorativa de 10 anos. Disponível em <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/chuesp.html>.
- Rao, V.B. e K. Hada, 1990: Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with southern oscillation. *Theoretical and Applied Climatology*, 42, 81-91.
- Ratter, J.A. *et al.*, 1997: The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany*, 80, 223-230.
- CDKN, 2012: *Gerenciando extremos climáticos e desastres na América Latina e no Caribe: Lições do Relatório SREX IPCC*. The Climate and Development Knowledge Network (CDKN)/ Rede de Conhecimento de Clima e Desenvolvimento. CDKN/ Alianza Clima y Desarrollo.
- Ribeiro, H. e J.V. Assunção, 2002: Efeitos das queimadas na saúde humana. *Estudos Avançados*, 16(44): 125-148.
- Ribeiro, J.F. e B.M.T. Walter, 1998: Fitofisionomias do bioma Cerrado, pp.89-166. In: *Cerrado: ambiente e flora* [Sano, S.M. e S.P. Almeida (Eds.)]. Planaltina, GO: Embrapa/ CPAC.
- Ribeiro Neto, A. *et al.*, 2011: Impacto das mudanças climáticas no escoamento superficial usando modelo climático regional: Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. In: Proceedings. XIV World Water Congress. International Water Resources Association (IWRA), Porto de Galinhas, PE, 25-29 de setembro.
- Ricce, W. da S. *et al.*, 2009: Análise de tendências na temperatura e precipitação em Londrina, estado do Paraná. In: *Anais do CBA 14*. XV Congresso Brasileiro da Agrometeorologia, Belo Horizonte, MG, 22-25 de setembro.
- Rodrigues-Filho S. *et al.* 2008: Aspectos geopolíticos das mudanças climáticas: a sustentabilidade do Brasil numa economia global de baixo carbono. Câmara dos Deputados, Brasília, DF. *Revista Plenarium*, Ano 4, nº 5, pp. 84-94.
- Roesler, R. *et al.*, 2007: Atividade antioxidante de frutas do Cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27, 53-60.
- Ropelewski, C.F. e M.S. Halpert, 1987: Global and regional scale precipitation patterns associated with the *El Niño*/ Southern Oscillation. *Mon. Weather Rev.*, 115, 1606-1626.

Roson, R. e D. van der Mensbrugge, 2010: Climate change and economic growth: impacts and interactions. Department of Economics, Ca'Foscari University of Venice, Working Papers, n° 7/ WP/2010. Disponível em http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1594708.

Salati, E. *et al.*, 2004: As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros. Disponível em www.comciencia.br/reportagens/clima/clima14.htm. Acessado em 25/06/2004.

Salati, E. *et al.*, 2007: Tendências das variações climáticas para o Brasil no século XX e balanços hídricos para cenários climáticos para o século XXI. Relatório 4. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio). Brasília, DF, 182 pp.

Salati, T. *et al.*, 2008: Economia das mudanças climáticas no Brasil. Estimativas da oferta de recursos hídricos no Brasil em cenários futuros de clima (2015-2100). Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FDBS). Rio de Janeiro, RJ: FDBS, 80 pp.

Sant'Anna Neto, J.L., 2005: Decálogo da climatologia do Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, 1(1), 43-60.

Santos, R.S. *et al.*, 2011: Avaliação da relação seca/ produtividade agrícola em cenário de mudanças climáticas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 26(2), 313-321.

Satyamurty, P. *et al.*, 1998: South America, pp. 119-139. In: *Meteorology of the Southern Hemisphere*, vol. 27. American Meteorological Society (AMS). Boston, MA, USA: AMS.

Schaeffer, R. *et al.*, 2008: Mudanças climáticas e segurança energética no Brasil. Relatório do PPE/ Coppe/ UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.

Schmitz, H. e D.M. Mota, 2010: Agricultura familiar: elementos teóricos e empíricos. In: *Agricultura familiar: extensão rural e pesquisa participativa* [Schmitz, H. (Org.)]. São Paulo, SP: Annablume, 348 pp.

Seab, 2008: Produção Agropecuária Comparativo Paraná, Brasil. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (Seab), Curitiba, PR. Disponível em <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/cprbr.pdf>. Acessado em 29/09/2011.

Sheil, D. e D. Murdiyarso, 2009: How forests attract rain: an examination of a new hypothesis. *BioScience*, 4(59), 341-347.

Shukla, J. *et al.*, 1990: Amazon deforestation and climate change. *Science*, 247, 1322-1325.

Silva Dias, M.A.F. *et al.*, 2012: Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. *Climatic Change*, 116(3-4), 705-722, doi 10.1007/s10584-012-0504-7.

Silva Júnior, J.L.C., 2007: *Simulação da produtividade das culturas do milho e do feijão, baseada nos cenários de mudanças climáticas globais, do estado de Minas Gerais*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Silva Neto, B. e T.R. Frantz, 2003: Dinâmica da agricultura e desenvolvimento no Rio Grande do Sul. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 41(3).

Silva, J.M.C. e J.M. Bates, 2002: Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience*, 52(3), 225-234.

- Silva, M.E.S e A.K. Guetter, 2003: Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. *Revista Terra Livre*, 1(20), 111-126.
- Siqueira Neto, M. *et al.*, 2011: Greenhouse gas emission caused by different land-uses in Brazilian Savannah. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(1), 63-76, 2011.
- Siqueira, M.F. e A.T. Peterson, 2003: Consequences of global climate change for geographic distributions of Cerrado tree species. *Biota Neotropica*, 3(2), 1-14.
- Siqueira, O.J.F. *et al.*, 1994: Potential effects of global climate change for Brazilian agriculture and adaptative strategies for wheat, maize and soybean. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 2, 115-129.
- Smit, B. e J. Wandel, 2006: Adaptation, adaptive capacity, and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16, 282-292.
- Smit, B. *et al.*, 2000: An anatomy of adaptation to climate change and variability. *Climate Change*, 45, 223-251.
- Smithers, J. e B. Smit, 1997: Human adaptation to climatic variability and change. *Global Environmental Change*, 7, 129-146.
- SOS Mata Atlântica/ Inpe, 2010: *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2008-2010. Relatório Parcial*. 60 pp. Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), São Paulo, SP/ São José dos Campos, SP, 122 pp. Disponível em <http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/atlasrelatoriofinal.pdf>. Acessado em outubro de 2010.
- Souza Filho, F.A. e U. Lall, 2003: Seasonal to interannual ensemble streamflow forecasts for Ceara, Brazil: application of multivariate, semiparametric algorithm. *Water Resources Research*, 39(11), doi:10.1029/2002wr001373.
- Steinmetz, S. *et al.*, 2005: Aumento da temperatura mínima do ar na região de Pelotas, sua relação com o aquecimento global e possíveis consequências para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Anais do CBA 14. XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, Campinas, SP.
- Streck, N.A. e C.M. Alberto, 2006: Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. *Ciência Rural*, 36(2), 424-433.
- Streck, N.A. *et al.*, 2010: Simulating leaf appearance in a maize variety. *Bioscience Journal*, 26, 384-393.
- Studzinski, C., 1995: *Um estudo da precipitação na região Sul do Brasil e a sua relação com os oceanos Pacífico e Atlântico Tropical Sul*. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 99 pp.
- Suertegaray, D.M.A. *et al.* (Orgs.), 2001: *Atlas da Arenização: Sudoeste do Rio Grande do Sul*. Secretaria de Estado da Coordenação e Planejamento e Secretaria da Ciência e Tecnologia, Porto Alegre, RS, 84 pp.
- Suertegaray, D.M.A., 1995: O Rio Grande do Sul descobre os seus desertos. *Ciência & Ambiente*, 11, 33-52.
- Suertegaray, D.M.A., 1987: *A trajetória da natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais*

- de Quaraí, RS. Tese de Doutorado em Geografia Física. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 243 pp.
- Talbot, R. *et al.*, 1990: Aerosol chemistry during the wet season in Central Amazonia: the influence of long-range transport. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 95(D10), 16955-16969, doi:10.1029/JD095iD10p16955.
- Tanajura, C.A.S. *et al.*, 2010: Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: validação da simulação do clima presente do HADRM3P e comparação com os cenários A2 e B2 para 2070-2100. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 25(3), 345-358.
- Teixeira, M.S. 2004: *Atividade de ondas sinópticas relacionadas a episódios de chuvas intensas na região Sul do Brasil*. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos, SP, 94 pp.
- Thompson, J. e C.Cairncross, 2002: Drawers of water: assessing domestic water use in Africa. *Bull Who*, 80, 61-62.
- Ticktin, T., 2004: The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology*, 41, 11-21.
- Timmermann, A. *et al.*, 1999: Increased *El Niño* frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature*, 398, 694-696.
- Timmins, C., 2006: Endogeneous land use and the ricardian valuation of climate change, environment and resource economics, 33(1), 119-142, doi:10.1007/s10640-005-2646-9.
- Tucci, C.E.M. e R.T. Clarke, 1997: Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 2(1), 135-152.
- Tucci, C.E.M. e R.T. Clarke, 1998: Environmental issues in the La Plata Basin. *Water Resources Development*, 14(2), 157-173.
- Tucci, C.E.M., 2001: Bacias brasileiras do Rio da Prata: avaliações e propostas. Agência Nacional de Águas (ANA), 124 pp.
- Tucci, C.E.M., 2003: Drenagem urbana. *Ciência e Cultura*, 55(4).
- Turner, B. *et al.*, 2003: A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 100(14):8074-8079.
- Uhl, C. e J. Kauffman, 1990: Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the Eastern Amazon. *Ecology*, 71(2), 437-449.
- Uhl, C. e R. Buschbacher, 1985: A disturbing synergism between cattle-ranch burning practices and selective tree harvesting in the Eastern Amazon. *Biotropica*, 17(4), 265-268.
- UK Met Office, 2005: Climate change, rivers and rainfall. Recent research on climate change science from the Hadley Centre. Exeter, UK: UK Met Office.
- Uvo, C.B. *et al.*, 1998: The relationships between Tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. *J. Climate*, 11, 551-562.
- Veiga, J. *et al.*, 2004: *Expansão e trajetórias da pecuária na Amazônia*. Brasília, DF: Editora da UnB.

- Veloso, H.P. et al., 1991: *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE. 124 pp.
- Wagner, R., 1996: Decadal-scale trend in mechanisms controlling meridional sea surface temperature gradients in the tropical Atlantic. *J. Geophys. Res.*, 101, 16683-16694.
- Walker, G.K. et al., 1995: Impact of the ongoing Amazonian deforestation on local precipitation: a GCM study. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 76(3), 346-361.
- Walter, L.C. et al., 2010: Mudança climática e seus efeitos na cultura do arroz. *Ciência Rural*, 40(11), 2411-2418.
- World Bank, 2008: World Development Report 2008: Agriculture for development. The World Bank, 365 pp. Disponível em <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTRESEARCH/EXTWDRS/0,,contentMDK:23062293~pagePK:478093~piPK:477627~theSitePK:477624,00.html>.
- Webster, P.J. et al., 2005: Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science*, 309(5742), 1844-1846.
- Wrege, M.S. et al., 2010: Impact of global warming on the accumulated chilling hours in the Southern Region of Brazil. *Acta Horticulturae*, 872, 31-40.
- Young, A.F. e D.F. Hogan, 2010: Vulnerabilidades às mudanças climáticas: efeitos da elevação do nível do mar e precipitação intensa nas planícies e encostas da cidade do Rio de Janeiro. XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, Caxambu, MG, 20-24 de setembro. Disponível em http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2010/docs_pdf/eixo_3/abep2010_2357.pdf
- Zardo, R.N. e R.P.B. Henriques, 2011: Growth and fruit production of the tree *Caryocar brasiliense* in the Cerrado of Central Brazil. *Agroforest Syst.*, 82, 15-23.
- Zhao, F. et al., 2010: Evaluation of methods for estimating the effects of vegetation change and climate variability on streamflow. *Water Resour. Res.*, 46(3), doi:10.1029/2009WR007702.
- Zuidema, G. et al., 1994: Simulating changes in global land cover as affected by economic and climatic factors. *Water, Air, and Soil Pollution*, 76(1-2), 163-198.

