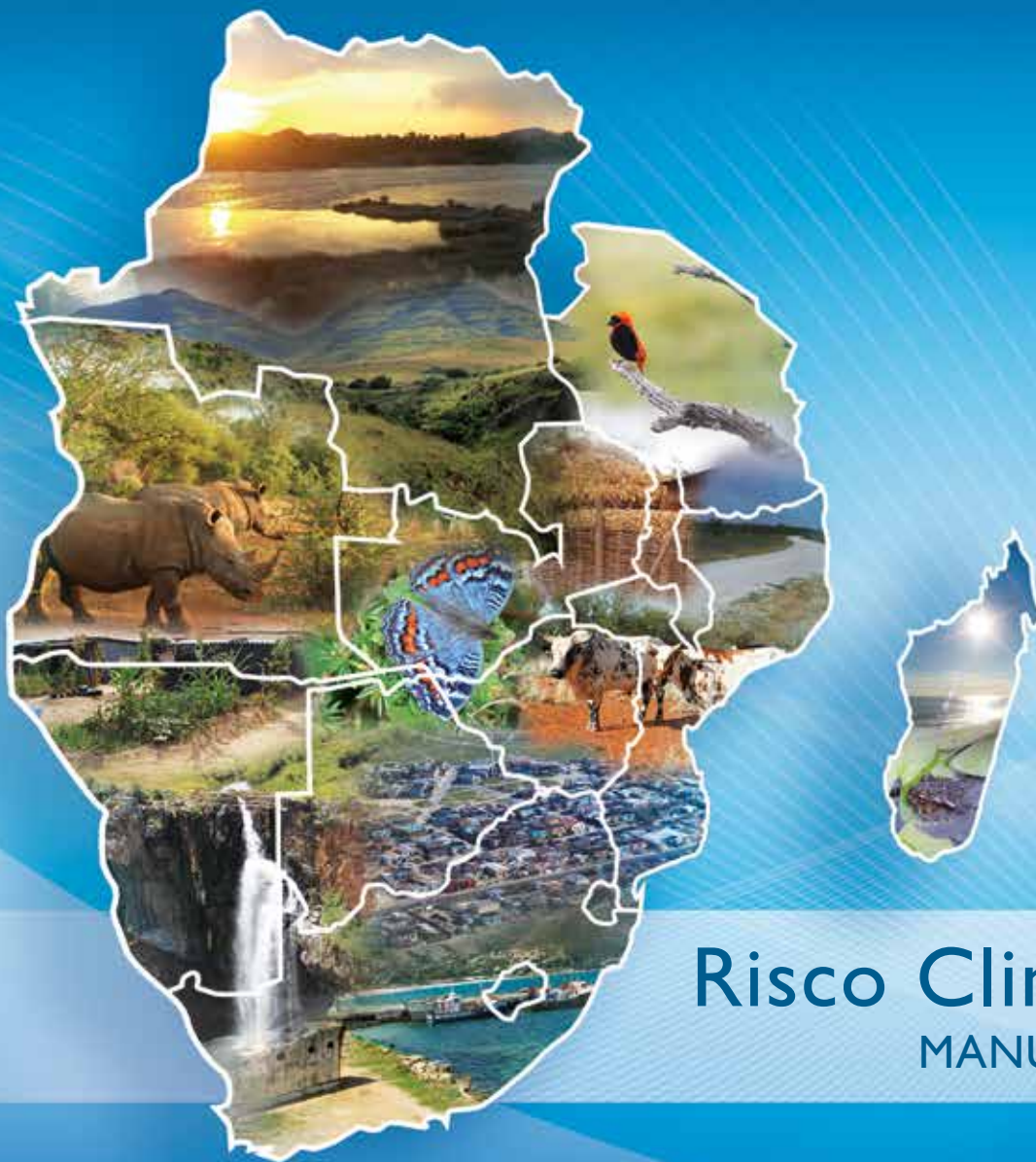




Risco Climático e Vulnerabilidade

MANUAL PARA A ÁFRICA AUSTRAL

Por Claire Davis



Prefácio

Na altura da redacção deste manual, aproxima-se a 17ª Conferência das Partes (COP17) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC – UNFCCC, da sigla inglesa). Regista-se agora e sem precedente, a nível mundial e regional, uma atenção sobre a instabilidade e mudança climática. Independentemente do resultado das negociações internacionais, a África Austral terá que assumir, em grande parte, a responsabilidade por compreender e responder a tais alterações. Neste sentido, há muito que se têm levado a cabo várias iniciativas promissoras no subcontinente.

Este manual afigura-se como uma contribuição para os esforços envidados na região, no sentido de se conhecer melhor a instabilidade e a mudança climática, respectivos prováveis impactos e possíveis respostas. Desta forma, os cientistas e profissionais no subcontinente continuam na jornada de tornar útil a nossa ciência.

Editado por: Claire Davis, *Climate Studies, Modelling and Environmental Health, Natural Resources and the Environment, Council for Scientific and Industrial Research*
P.O. Box 320, Stellenbosch 7599, África do Sul | cdavis@csir.co.za; <http://www.rvatlas.org/sadc>

Citação: Davis, C.L. (2011). Risco Climático e Vulnerabilidade: Manual para a África Austral, Conselho para a Investigação Científica e Industrial (CSIR), Pretória, África do Sul, p. 92

ISBN: 978-0-620-50627-4

© CSIR 2011. Os direitos de propriedade intelectual e/ou conteúdo deste documento pertencem ao CSIR. O presente documento é publicado para servir apenas a finalidade com que foi elaborado. Não é permitida a sua reprodução parcial ou integral, depósito em qualquer sistema de extracção, ou transmissão em qualquer formato ou meio electrónico e/ou mecânico – fotocópia, gravação ou outro – sem a expressa autorização, por escrito, do CSIR. Não pode ainda ser emprestado, revendido, alugado ou vendido comercialmente, em qualquer outra encadernação ou capa que não a da sua publicação.

Índice

Introdução 4

Capítulo 1: O clima na África Austral 7

Situação actual e mudanças históricas recentes

1.1. Introdução	7
1.2. Interpretação de clima, instabilidade e mudança	7
1.3. O clima actual na África Austral	8
▪ Precipitação	8
▪ Humidade Relativa	11
▪ Temperatura	12
1.4. Mudanças observadas no clima a nível mundial/global	14
▪ Detecção e atribuição das alterações climáticas globais	14
1.5. Tendências observadas no clima na África Austral	16
▪ Temperatura	17
▪ Precipitação	18
▪ Caso de Estudo: Percepções dos agricultores sobre a instabilidade e as condições climáticas no Zimbabué e na Zâmbia (Chipo Plaxedes Mubaya)	21
1.6. Resumo e conclusões	20

Capítulo 2: Previsões sazonais 23

A comunicação da instabilidade climática actual na África Austral

2.1. Introdução	23
2.2. Como são possíveis as previsões sazonais	23
2.3. A evolução da ciência das previsões sazonais na África Austral	24
2.4. Tipos de produtos	25
2.5. Utilização	25
2.6. O futuro da modelação da variabilidade climática	25

Capítulo 3: Cenários regionais de futuras alterações climáticas na África Austral 28

3.1. Introdução	28
3.2. Prognósticos climáticos	28
▪ Modelos de clima globais	28
▪ Como prever a mudança climática regional	29
▪ Como distinguir risco e incerteza	30
3.3. Mudança climática projectada para a África Austral	31
▪ Projectções com base em GCM (Modelos de circulação geral)	31
<i>Precipitação</i>	31
<i>Temperatura</i>	35
<i>Ventos</i>	35
▪ Projectções com base na redução estatística de GCM	37
<i>Precipitação</i>	37
<i>Temperatura</i>	39
▪ Projectções com base na redução dinâmica de GCM	42
<i>Precipitação</i>	42
<i>Temperatura</i>	44
▪ Fenómenos meteorológicos extremos na África Austral: alterações projectadas	47
3.4. Reorganização das várias alterações climáticas observadas e previstas	49
3.5. Resumo e mensagens importantes	49

Capítulo 4: Riscos dos impactos adversos da mudança climática na África Austral 51

4.1. Introdução	51
4.2. Determinação dos níveis de risco das alterações climáticas	51
4.3. Impactos por sectores (uma análise biofísica da vulnerabilidade)	52
▪ Florestas	52
▪ Produção agrícola e pecuária (agro-pecuária)	53

▪ Caso de estudo: Um clima em mudança para a pecuária na região da SADC (Emma Archer van Garderen)	55
▪ Ecossistemas e biodiversidade	56
▪ Litorais	56
▪ Caso de estudo: Risco litoral em Dar es Salaam (Katharine Vincent)	59
▪ Povoamentos humanos	59
▪ Recursos hídricos	60
▪ Saúde humana	60
4.4. Capacidade de adaptação (vulnerabilidade social) às alterações climáticas	62
▪ Caso de estudo: Vulnerabilidade social às alterações climáticas no distrito de uMkhanyakude, KwaZulu-Natal, África do Sul (Alison Misselhorn)	62
▪ Caso de estudo: Vulnerabilidade social às alterações climáticas no Lesoto rural (Jarred Bell)	63
4.5. Conclusão	64

Capítulo 5: Fazer face ao risco 65

5.1. Introdução	65
5.2. Mitigação	65
▪ Caso de estudo: Redução de emissões da desflorestação e degradação florestal (Catherine Traynor)	67
▪ Caso de estudo: Projecto de Carbono Mbirikani, Quénia (<i>African Wildlife Foundation – AWF</i>) (Kathleen H. Fitzgerald)	68
▪ Caso de estudo: O accionar da possibilidade de uma Terra mais verde – <i>Exxaro Resources</i> (Lizette Kohn)	69
▪ Caso de estudo: Qualidade do ar e mitigação em Durban, África do Sul (Tirusha Thambiran)	70
5.3. Adaptação	71
▪ Caso de estudo: Lições aprendidas para o melhoramento da capacidade de adaptação das comunidades florestais da República Democrática do Congo (Yousoufa Bele)	73
▪ Caso de estudo: “Para-ecologistas” podem apoiar a adaptação às alterações climáticas (Ute Schmiedel)	74
5.4. Redução de risco de calamidades	75

5.5. Elaboração de políticas – em que consiste uma boa estratégia de resposta às alterações climáticas?	75
▪ Caso de estudo: Adaptação às alterações climáticas na Namíbia – de dados científicos a informações para tomada de decisões (Raúl Iván Alfaro Pelico)	76
▪ Caso de estudo: Segurança da água transfronteiriça – a escassez da água nas bacias hidrográficas dos Rios Limpopo e Incomati (Jenny Clover e Peter J. Ashton)	77

Referências 78

Autores colaboradores 85

Lista das ilustrações

Figura I.1. Precipitação média anual na África Austral (calculada da média de 1901-2009)	9
Figura I.2. Totais da precipitação sazonal (mm por estação) na África Austral (calculados da média de 1901-2009)	10
Figura I.3. Humidade relativa média anual (%) na África Austral (calculada com base na média de 1901-2009)	11
Figura I.4. Temperatura média anual mínima (a) e máxima (b), assim como a oscilação diurna (c) na África Austral (calculada da média de 1901-2009)	12
Figura I.5. Temperatura média sazonal na África Austral (calculada da média de 1901-2009)	13
Figura I.6. Registo satélite da distribuição de padrões globais de temperatura (1979-2005) de superfície (esquerda) e troposfera (direita)	13
Figura I.7. Concentração de CO ₂ atmosférico	15
Figura I.8. Comparação das alterações da temperatura de superfície a nível continental e global, com resultado simulados por modelos climáticos utilizando influências naturais e antropogénicas	16
Figura I.9. Anomalias na temperatura anual mínima (acima) e máxima (abaixo) na África Austral (1901-2009)	19
Figura I.10. Padrão da temperatura anual mínima mais baixa (acima) e da máxima mais alta (abaixo) jamais registadas na África Austral de 1901 a 2009	19

Figura 1.1.1.	Anomalias na precipitação na África Austral (1901-2009)	20
Figura 2.1.	Previsão probabilística multi-modelo da probabilidade dos totais de precipitação de Fevereiro-Março-Abril 2011 excederem os percentis 85 (extremamente chuvoso; mostrador esquerdo) 15 (extremamente seco; mostrador direito) do registo climatológico	26
Figura 2.2.	Previsão probabilística de Oscilação Sul El Niño (ENSO) multi-modelo, emitida no início de Junho de 2010 para o período de Julho a Dezembro do mesmo ano	27
Figura 3.1.	Projeção (GCM) da alteração da precipitação média no DJF	33
Figura 3.2.	Projeção (GCM) da alteração da precipitação média (Estação MAM)	34
Figura 3.3.	Projeção (GCM) da alteração da precipitação média (JJA)	34
Figura 3.4.	Projeção (GCM) da alteração da precipitação média (SON)	35
Figura 3.5.	Alteração da média da temperatura anual (GCM)	36
Figura 3.6.	Alterações médias da direcção e velocidade do vento (10 m)	36
Figura 3.7.	Alterações da precipitação média anual, projectadas com base na mediana de 10 GCM reduzidos estatisticamente	37
Figura 3.8.	Alterações na precipitação média sazonal com base em 10 GCM reduzidos estatisticamente	38
Figura 3.9.	Alterações na temperatura mínima, projectadas com base no percentil 10, mediana e percentil 90 de 10 GCM reduzidos estatisticamente	39
Figura 3.10.	Alterações na temperatura máxima projectadas com base no percentil 10, mediana e percentil 90 de 10 GCM reduzidos estatisticamente	40
Figura 3.11.	Alterações na temperatura média sazonal com base na mediana de 10 GCM reduzidos estatisticamente	41
Figura 3.12.	Alterações nos totais de precipitação anual com base na mudança mediana de seis GCM reduzidos dinamicamente	42
Figura 3.13.	Alterações nos totais de precipitação média sazonal, projectadas com base na mudança média de seis GCM reduzidos dinamicamente	43
Figura 3.14.	Alterações na temperatura mínima com base no percentil 10, mediana e percentil 90 de seis GCM reduzidos dinamicamente	44
Figura 3.15.	Alterações na temperatura máxima, projectadas com base no percentil 10, mediana e percentil 90 de seis GCM reduzidos dinamicamente	45
Figura 3.16.	Alterações na temperatura média sazonal com base na mediana de seis GCM	46
Figura 3.17.	Frequência anual de fenómenos de precipitação extremos	48
Figura 3.18.	Alterações projectadas na frequência anual de dias muito quentes na África Austral	48

Figura 4.1.	Alterações projectadas na produção de cereais em África	54
Figura 4.2.	Distribuição populacional em África. Fonte: UNEP/GRID-Arendal, 2010	58
Figura 4.3.	Duração da estação de transmissão da malária sob as alterações climáticas	61
Figura 4.4.	O primeiro e o último mês da estação de transmissão de paludismo sob alterações climáticas	61
Figura 4.5	Efeitos directos e indirectos das alterações climáticas no sector da saúde	61

Lista das caixas

Caixa 1.1.	Tempo e Clima	8
Caixa 1.2.	O fenómeno El Niño Oscilação Sul (ENSO)	11
Caixa 1.3.	Variabilidade climática vs alteração climática	16
Caixa 1.4.	O que causa as alterações climáticas?	17
Caixa 2.1.	Terminologia empregue nas previsões sazonais	24
Caixa 3.1.	Há algum GCM melhor que outro nas projecções de alterações climáticas?	29
Caixa 3.2.	Previsões, projecções e cenários de alterações climáticas	29
Caixa 3.3.	Comparação das técnicas de redução estatística e regional	30
Caixa 3.4.	GCM usados para se chegar à mudança climática projectada (do período de referência 1960-2000) para 2030-2060	32
Caixa 3.5.	Resumo e comparação das projecções das alterações climáticas apresentadas pelos GCM e duas técnicas de redução	50
Caixa 4.1.	Definições	52
Caixa 4.2.	Impactos das alterações climáticas projectadas na produção agro-pecuária	53
Caixa 4.3.	Exemplos de impactos (projectados) das alterações climáticas nos ecossistemas (adaptado de Boko et al., 2007, p 449)	57
Caixa 4.4.	Fontes de informação – Ferramentas de avaliação da vulnerabilidade social	64
Caixa 5.1.	Definições	66
Caixa 5.2.	Exemplos de medidas de adaptação frequentes	72
Caixa 5.3.	Fontes de informação – financiamento climático	75

Introdução

Por Claire Davies

O Manual de Risco Climático e Vulnerabilidade para a África Austral foi concebido com o intuito de oferecer aos decisores informações actualizadas, e apropriadas aos planos nacionais, no domínio dos impactos e riscos das alterações climáticas e da instabilidade. Apresenta uma selecção de dados que visa comunicar os processos das alterações climáticas, das principais tendências existentes e emergentes, e possíveis medidas que se podem tomar para reduzir estes impactos.

É provável que a África Austral venha a sofrer de forma significativa o impacto de futuras alterações climáticas, visto as últimas projecções das alterações para a região indicarem que tanto a temperatura como a evapotranspiração irão provavelmente aumentar durante o século XXI. A mudança climática alterará possivelmente a magnitude, *timing*, e distribuição de tempestades que causam inundações, assim como a frequência e intensidade de secas (DEAT, 2000; Fauchereau *et al.*, 2003). A África Austral já tem vulnerabilidades críticas que poderão exacerbar os efeitos de tais alterações climáticas na maioria dos sectores, devido à dependência directa do ambiente natural para a sobrevivência, entre outros factores. É, por isso, fundamental que, nos sectores vitais da região, se compreendam estas alterações e os seus possíveis impactos na sociedade, a fim de se melhorarem as respostas estratégicas de adaptação.

Até recentemente, o trabalho de investigação sobre os impactos e respostas às alterações climáticas tendia a ser mais prolífico no hemisfério norte. Em África, existem menos cientistas per capita, e os académicos têm dificuldade em reter o talento, visto o sector público ter recursos insuficientes e faltar-lhe o nível de prestígio dos seus homólogos do norte. Como tal, dados sobre alterações climáticas não têm sido facilmente acessíveis na África Austral, com tendência a serem disponibilizados em formatos minimamente utilizáveis, em escalas espaciais que se tornam problemáticas para planeamento a nível local, e com insuficiências em termos de tradução, capacitação e acompanhamento pelas partes envolvidas na tomada de decisões. Por outro lado, um nível de sensibilização mais elevado sobre o assunto e o concomitante crescimento de compromissos políticos na área da mitigação e adaptação tornam a necessidade da disponibilização de dados precisos mais premente. Em muitos países, os decisores procuram

obter informações, sobre os possíveis impactos das alterações climáticas nos sistemas ambientais e socioeconómicos, de uma vasta gama de matérias. Na Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral (SADC), têm-se feito apelos – até pelo próprio Secretariado da instituição – para melhor planeamento em virtude das alterações climáticas e para acesso a dados climáticos, assim como dados sobre mitigação/qualidade do ar. No decurso da reunião de Março de 2011 do Programa da SADC de Apoio Científico e Tecnológico à Resposta às Alterações Climáticas, por exemplo, os estados membros indicaram um maior acesso a dados sobre alterações climáticas (projecções e estudos de impacto actualizados) como prioridade ao considera-se a resposta e adaptação, enquanto parte de uma análise de lacunas nacionais em matéria de mudança climática.

Na África do Sul, o Departamento de Ciências e Tecnologia (DST) financiou a publicação de um atlas de risco e vulnerabilidade local no contexto de mudança global. O objectivo do Atlas de Risco e Vulnerabilidade da África do Sul (SARVA) (<http://www.rvatlas.org>) é prover os decisores, nos sectores privado e público, de informações sobre os impactos e os riscos associados com a mudança climática global; preenchendo a lacuna entre a ciência e políticas por meio do acesso à informação. Cópias em papel do Atlas foram publicadas em 2010 e distribuídas a todos os 262 municípios do país. Apresenta (Archer *et al.*, 2010) dados nacionais, provinciais e municipais relacionados com aspectos como água (superficial e subterrânea), florestas, biodiversidade, saúde humana e agricultura, bem como as dimensões social, económica e institucional. Para além do volume em papel, o SARVA apoia directamente o acesso e visualização de dados e informações sobre alterações a nível global, através de uma base de dados geo-espacial estabelecida (<http://rava.qsens.net>).

Portal Espacial Electrónico do Atlas de Risco e Vulnerabilidade da África do Sul

A base electrónica de dados espaciais requer que investigadores e uma série de instituições sul-africanas em vários domínios actualizem constantemente o seu conteúdo. Disponível na Internet (<http://www.rvatlas.org>), a base de dados oferece acesso a uma vastidão de dados e conhecimentos científicos sobre a África do Sul. O portal incluirá em breve alguns dados da região e está estruturado por temas, nomeadamente: Socioeconómico, Povoamentos, Tempo e Clima, Água Subterrânea, Água Superficial, Florestas, Biodiversidade, Qualidade do Ar/Emissões. Alguns exemplos de informações que se podem encontrar aqui incluem projecções de alterações climáticas em escalas locais, por modelos diferentes, para o século XXI; análises do risco de inundações costeiras devido ao aumento do nível do mar; probabilidades de secas e faltas de água; densidades populacionais; actividade económica e níveis de pobreza. Podem fazer-se pesquisas de várias formas, a vários níveis de simplicidade e complexidade. O sistema é gratuito e de 'acesso livre'. O portal electrónico (<http://www.rvatlas.org>) permite aos utilizadores traçarem mapas ligando vários aspectos de mudança climática a diferentes sectores, salientando assim áreas de certo risco e/ou vulnerabilidade. Os utilizadores registados podem também contribuir com o seu próprio conteúdo e controlar a sua visibilidade e ciclo de publicação.

Em termos gerais, o portal é concebido para servir uma comunidade de interessados, enquanto fonte de referências, descrições, descobertas, gestão e arquivos opcionais de conjuntos de dados e objectos de informação. O conteúdo do Atlas é actualizado continuamente.



Actualmente, um projecto que é uma extensão do Atlas de Risco e Vulnerabilidade da África do Sul, financiado pela USAID, está a ser orientado pelo Grupo de Estudos Climáticos, Modelação e Investigação de Saúde Ambiental do Conselho para a Investigação Científica (CSIR) da África do Sul. Porque reconhece que as alterações climáticas e outras podem ter impacto em muitos sectores da sociedade Africana, este projecto visa criar mais capacidade, entre os estados membros da SADC, em termos de interpretação de dados sobre o impacto e o risco das alterações climáticas, no contexto das estratégias e planos de alerta. O Atlas da SADC visa complementar todas as outras iniciativas e inserir-se-á em mecanismos da SADC, como por exemplo, o *Southern African Regional Climate Outlook Forum (SARCOF)*, assim como também a nível de partes interessadas dos países para incentivar capacitação e apoio técnico. Os planos de capacitação facilitarão o emprego das informações contidas neste volume e contribuirão, idealmente, para que a África Austral rume em direcção ao um futuro resiliente e sustentável.

Âmbito e finalidade do manual

O contexto espacial deste manual é a África Austral, uma região que se considera geralmente incluir 15 estados membros da SADC: Angola, Botsuana, República Democrática do Congo (RDC), Lesoto, Madagáscar, Malaui, Maurícias, Moçambique, Seychelles, África do Sul, Suazilândia, Tanzânia, Zâmbia e Zimbabué. Destina-se a decisores destes estados membros que operem a nível local, nacional ou regional. Servirá também como um guia referencial para aqueles que actualmente se ocupam de investigação de impactos e adaptação.

O Manual de Risco Climático e Vulnerabilidade para a África Austral foi concebido com o intuito de oferecer aos decisores informações actualizadas, e apropriadas aos planos nacionais, no domínio dos impactos e riscos das alterações climáticas e da instabilidade. É estruturado com

base nas quatro perguntas fundamentais: “Será que o clima na região mudou nos últimos 100 anos em relação ao clima actual”, “Como se espera que o clima mude nas escalas interanual e de décadas?”, “Quais os impactos prováveis de tais alterações em sectores chave?”, e “Como fazer face a estes impactos adversos?”.



A mudança climática irá provavelmente alterar a magnitude, timing e distribuição das tempestades que provocam cheias, assim como a frequência e a intensidade das secas. [Fotografia: Linda Davis]

Apresenta informações sobre as alterações climáticas a nível global e regional, assim como as respectivas terminologias e definições, que se destinam aos decisores recém-integrados no campo das ciências climáticas. É concebido para ser acessível, com bastante ênfase em ilustrações, mapas e campos de informações, a fim de garantir uma explicação e comunicação eficaz das mensagens. Nos Capítulos 1, 4 e 5 apresentam-se casos de estudo extraídos de uma vasta gama de actividades e organizações em operação na região para identificar os impactos principais e ilustrar como estes riscos estão a ser bem geridos na África Austral. O Manual apresenta ainda uma selecção de casos de estudo de estados membros da SADC. Nem todos os países estão representados, mas esperamos que numa segunda edição sejam incluídos. Outros recursos mais-valia, como mais mapas e ilustrações não seleccionados para esta publicação, assim como outros casos de estudo, encontrar-se-ão disponíveis no portal (<http://www.rvatlas.org/sadc>).

Os dados sobre previsões climáticas encontram-se divididos em previsões sazonais a curto prazo (Capítulo 2) e previsões sazonais ou cenários a longo prazo (Capítulo 3). As previsões sazonais focam a estação do próximo ano. As previsões por década (médio prazo) para os próximos 10 anos ainda não estão bem desenvolvidas na África Austral e, por isso, não se incluem neste volume. Contudo, apresentam-se, e debatem-se, projecções de alta resolução sobre as alterações climáticas obtidas a partir de técnicas de redução dinâmicas e estatísticas. São projecções que se concentram no período 2036-2065 e descrevem as características climáticas que se prevêem em relação às actuais (1961-1990). Adoptou-se neste manual uma abordagem multi-modelo na apresentação de cenários futuros de mudança climática, apresentando-se assim os resultados de vários modelos e não os de um apenas. Muito embora não ofereça respostas distintas, oferece uma perspectiva válida sobre a gama de possíveis futuros climas, que são igualmente plausíveis.

Capítulo I: O clima na África Austral: Situação actual e mudanças históricas recentes

Por Claire Davies e Alec Joubert

Na África Austral existem provas suficientes que indicam que as temperaturas têm vindo a aumentar no último século.

Não existem sinais claros que indiquem alteração na precipitação média anual, o que demonstra uma instabilidade de ano para ano.

1.1. Introdução

A África Austral¹ é predominantemente uma região semi-árida com precipitação instável, caracterizada por frequentes secas e cheias. É também assaz reconhecida como uma das regiões mais vulneráveis às alterações climáticas, devido aos seus baixos níveis de capacidade de adaptação² (sobretudo nas comunidades rurais), e à elevada dependência na agricultura de sequeiro (IPCC, 2007).

Conforme anteriormente referido, a finalidade deste manual é prover os decisores de informações actualizadas, apropriadas ao planeamento nacional, sobre o impacto e os riscos das alterações climáticas na região da África Austral. Neste Capítulo, apresentamos uma introdução aos conceitos de clima, instabilidade climática e alterações climáticas. Descrevemos ainda o clima actual e a instabilidade na região e analisamos a evidência das alterações recentes, tanto a nível da região como a nível global, estabelecendo assim o contexto para as projecções das alterações climáticas apresentadas no Capítulo 3. Toda esta informação é integrada na análise do impacto e dos riscos das alterações climáticas e nas tentativas de resposta a estas alterações através da sua mitigação e adaptação às mesmas na região.

1.2. Clima, instabilidade e mudança

Quando falamos de clima, estamos a referir a média, a longo prazo, das condições meteorológicas que vivemos todos os dias (vide Caixa 1.1). O nosso clima é importante porque determina como e onde vivemos, quais os alimentos que produzimos, quais as nossas fontes de água para a

irrigação e para beber, e como organizamos as nossas sociedades e a nossa actividade económica. Sabemos que o clima muda ao longo do tempo. Estas mudanças correm naturalmente, enquanto partes integrantes de como os sistemas climáticos mudam, a nível global e regional, assim como resposta a influências adicionais causadas pela actividade humana. Analisamos estes conceitos e a evidência de tais mudanças nas secções seguintes deste Capítulo. Antes de o fazermos, contudo, é importante apresentarmos uma descrição básica de instabilidade e das alterações climáticas.

As alterações climáticas naturais podem estar simplesmente ligadas à passagem das estações em alturas diferentes do ano, ou de ano para ano. O clima mundial também oscila em períodos de muitos milhares de anos. Estes ciclos chamados de Milankovitch descrevem alterações na órbita da terra em torno do sol, o ângulo (ou inclinação) do eixo da terra e alterações no eixo de rotação da terra. As três resultam em períodos mais longos de condições mais frescas (e secas) ou mais quentes (e mais molhadas) no sistema climático global. Em escalas interanuais, o exemplo de instabilidade climática mais natural é o fenómeno do El Niño-Oscilação Sul (ENSO) (vide Caixa 1.2). As variações nas temperaturas à superfície do mar e o intercâmbio de humidade e energia entre o oceano e a atmosfera na Bacia do Oceano Pacífico resultam em alterações que afectam o sistema climático mundial. Os impactos da instabilidade do ENSO no clima da África Austral são apresentados em mais pormenor na Secção 1.3 na página 8.

Quando falamos em alterações/mudanças climáticas, estamos a descrever as alterações de condições climáticas prevaletentes que persistem durante longos períodos de tempo (décadas a milénios). Estas podem ser causadas pela instabilidade natural. Todavia, há cada vez mais

¹ África Austral refere-se aqui à parte de África a sul do Equador.

² A capacidade de adaptação da sociedade associa-se a uma série de factores que afectam a capacidade das pessoas de antecipar, fazer face e responder à mudança (vide Capítulo 5).

evidências de que o clima a nível mundial está a mudar em virtude da actividade humana (IPCC, 2007). A frase “alterações climáticas” aplica-se, cada vez mais, às mudanças climáticas regionais e globais em consequência dessas influências humanas (vide Caixa 1.3). Na Secção 1.4 na página 14, analisamos dados que demonstram as alterações climáticas recentes aos dois níveis, assim como tentativas de se atribuírem as alterações climáticas globais a influências humanas apenas. Na Secção 1.5 na página 16 analisamos alterações recentes na África Austral.

1.3. Clima actual na África Austral

O clima na África Austral é fortemente determinado pela posição do subcontinente em relação a grandes padrões de circulação do hemisfério sul, pela complexa topografia e pelas correntes que a rodeiam. Esta região localiza-se entre o equador e as latitudes médias, banhada pelo ténido Oceano Índico a leste e a Ocidente pelo frio Atlântico. O relevo do solo estende-se do nível do mar a um planalto de aproximadamente 1250 e montanhas que ultrapassam os 3000 m de altura.

O conjunto destes factores resulta em vários tipos e sistemas climáticos por toda a região – um deserto costeiro a cerca de 32 graus a sul da fronteira da Namíbia com Angola, um clima temperado no planalto central, um clima subtropical nas baixas zonas costeiras do sudeste, e um clima mediterrânico ao sul da África do Sul.

Os dados utilizados nos mapas apresentados neste Capítulo para ilustrar o clima actual na África Austral, assim como as suas alterações recentes, foram extraídos do conjunto de dados matriciais de alta resolução da Unidade de Investigação Climática da Universidade de *East Anglia* (CRU TS 3.1).

Precipitação

A África Austral é descrita como uma região predominantemente semi-árida com precipitação intersazonal e interanual extremamente instável, e frequentes eventos extremos, como secas e cheias. A quantidade e distribuição sazonal são os factores mais importantes a ter em conta no estudo da precipitação na região.

Caixa 1.1: Tempo e Clima

Tempo

Tempo descreve o conjunto de fenómenos meteorológicos a que assistimos diariamente. As condições meteorológicas podem ser soalheiras e quentes, ou enubladas e chuvosas. É natural o tempo mudar de um dia para o outro.

Clima

O *clima* é a média dos vários estados do tempo, ao longo de períodos de tempo suficientemente longos. Enquanto o tempo influencia as nossas vidas diárias, o clima influencia as nossas decisões sobre onde vivemos e onde e como cultivamos os nossos alimentos. Assim, influencia directamente a forma como as sociedades e as economias se desenvolvem e prosperam. As mudanças de clima associam-se a alterações mais fundamentais a nível do sistema climático global, envolvendo interacções e *feedbacks* entre a atmosfera, os oceanos, as superfícies terrestres e geladas e os seres vivos (a biosfera).



www.sabc.co.za/weather

Existe um elevado nível de oscilação espacial na precipitação na África Austral, com uma média inferior a 1000 mm por ano³. A taxa mais elevada ocorre nos trópicos e nas terras altas do leste de Madagascar onde se chegam a registar até 3100 mm por ano. A precipitação tende a diminuir a nordeste e sudoeste do equador, com algumas zonas áridas registando menos de 100 mm por ano. A maior parte da região regista entre 500 e 1500 mm por ano e as zonas mais semi-áridas do sul entre 250 e 500 mm por ano (Figura 1.1).

A precipitação é nitidamente sazonal, salvo na costa sul, no árido sudoeste e nos trópicos húmidos. A grande parte da precipitação ocorre na metade estival do ano (de Outubro a Março). Ocorre durante o ano inteiro em zonas perto do equador e a leste de Madagascar (Figura 1.2) e em algumas partes, como por exemplo, na Tanzânia, existem duas estações das chuvas – uma de Março a Maio e outra, menos intensa, de Novembro a Janeiro. Geralmente, na região domina a precipitação estival de Outubro a Março (Figura 1.2). A estação das chuvas atinge a sua época alta entre Dezembro e Fevereiro, altura em que se regista 80% da precipitação anual na região, com algumas zonas alcançando os 90% (Hobbs *et al.*, 1998). Os ciclones tropicais atingem ocasionalmente as costas moçambicana e sul-africana, trazendo bastante precipitação e consequentes cheias a Moçambique, ao norte da África do Sul e ao Zimbabué. A costa sudoeste da África do Sul, suficientemente distanciada a sul, não sofre influências de ciclones de média latitude (perturbações associadas ao cinto de ventos oeste no oceano do sul) nos meses de inverno, durante os quais ocorre a maior parte da precipitação (Figura 1.2).

Sabe-se que a instabilidade da precipitação interanual na África Austral está associada ao fenómeno do El Niño Oscilação Sul (*ENSO*) (vide Caixa 1.2). Durante eventos *ENSO* quentes (frescos), registam-se geralmente condições secas (húmidas) por quase toda a região de chuvas de verão da África Austral. Por exemplo, em 1982/83 uma precipitação abaixo da média e secas em muitas zonas da região coincidiram com um intenso evento El Niño. A influência do El Niño sente-se mais na parte sudeste da África Austral, alcançando um máximo no fim do verão (Janeiro-Março) (Lindesay, 1998).

Outros factores importantes e determinantes dos padrões de precipitação na África Austral incluem a Zona de Convergência Intertropical (*ITCZ*) e a Influência Mais Elevada do Botsuana

(anticiclone do Botsuana). A *ITCZ* é uma zona caracterizada por uma actividade altamente convectiva, causando elevada precipitação em vários países na sub-região nos meses de verão quando a sua posição muda para o hemisfério sul. O fenómeno *ITCZ* é suprimido pela Influência mais Alta do Botsuana (*BUHI*) que ocorre por vezes e contribui para a aridez do Botsuana e da Namíbia. Uma *BUHI* persistente pode dar origem a secas na região.

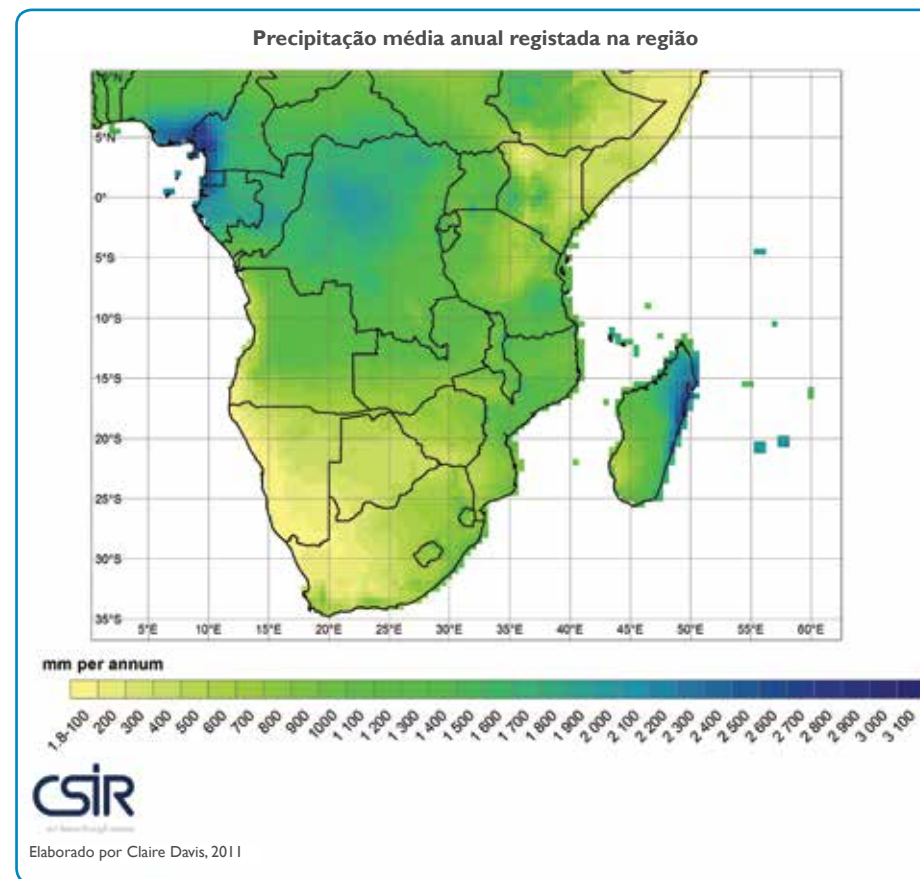


Figura 1.1: Precipitação média anual na África Austral (calculada da média de 1901-2009).

³ com base na média do período 1901-2009, extraído da tabela do conjunto de dados de alta resolução (0.5°x 0.5°) providenciado pela Unidade de Investigação Climática (CRU) da Universidade de East Anglia – CRU TS 3.1 (Mitchell e Jones, 2005).

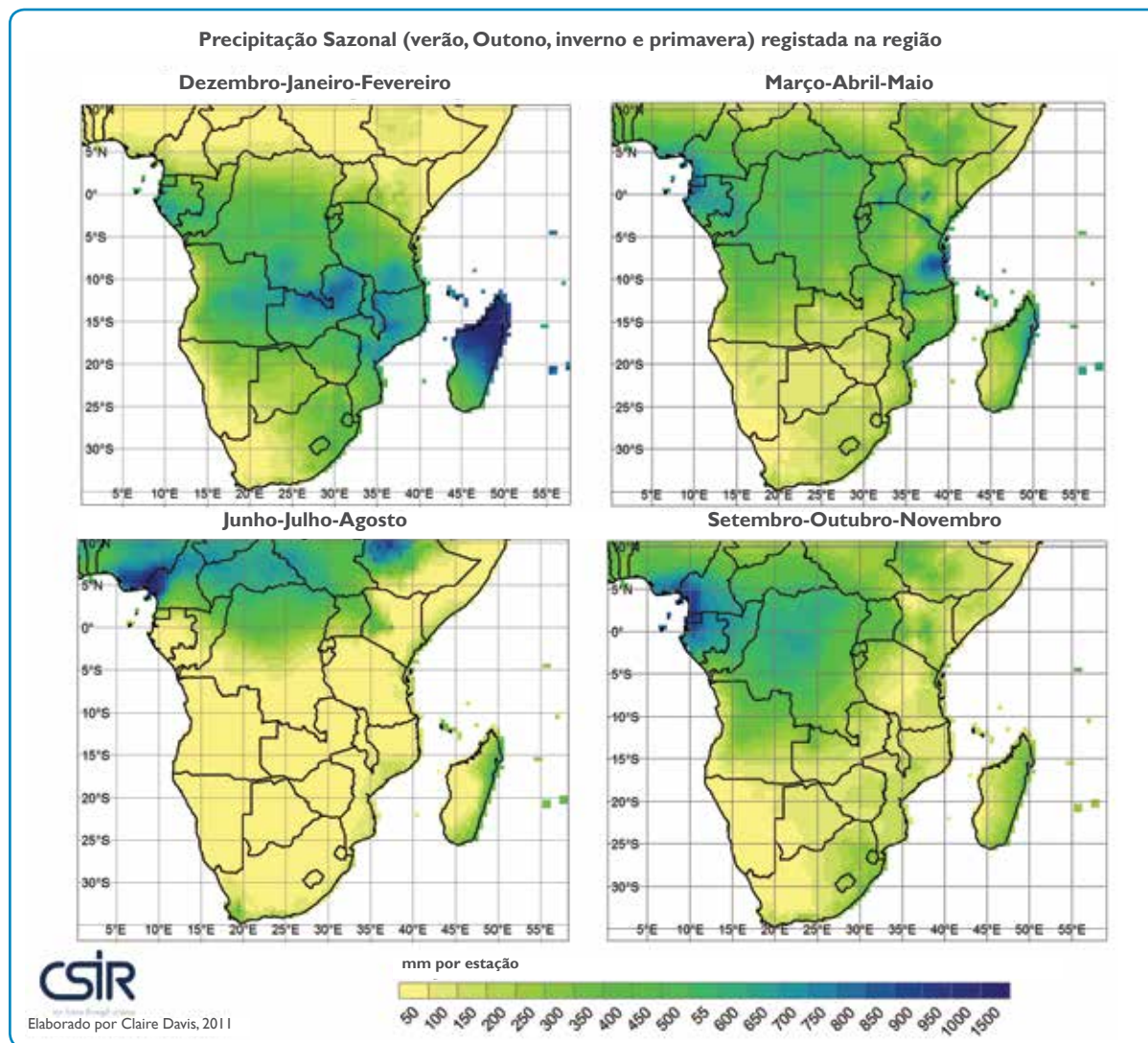


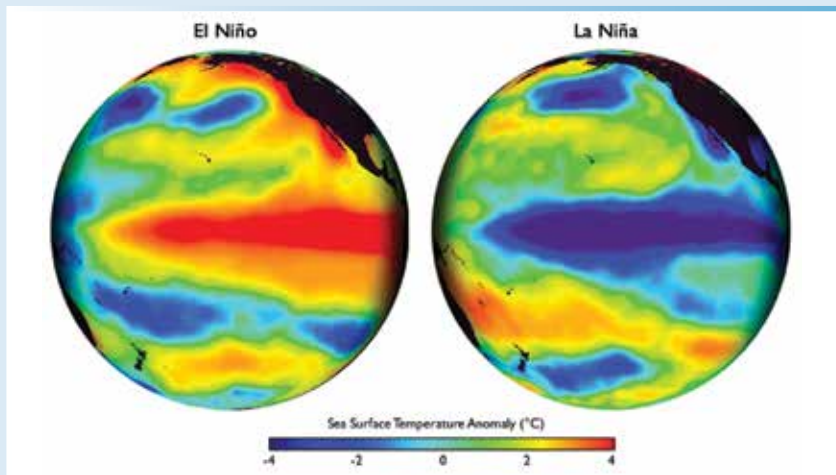
Figura I.2: Totais da precipitação sazonal (mm por estação) na África Austral (calculados da média de 1901-2009).

Caixa 1.2: Instabilidade El Niño Oscilação Sul (ENSO)

O exemplo mais conhecido de instabilidade climática é talvez o fenómeno natural El Niño Oscilação Sul (*ENSO*), uma interacção entre o oceano e a atmosfera no Pacífico tropical, com consequências importantes para o clima a nível mundial. O ciclo *ENSO* caracteriza-se por variações espaciais coerentes e fortes nas temperaturas à superfície do oceano, na precipitação e pressão e circulação atmosférica ao longo do Pacífico equatorial e pelo resto do mundo. Um evento El Niño ocorre tipicamente de cada três a sete anos.

El Niño refere-se à fase quente do ciclo, no qual se geram temperaturas superiores às médias à superfície do oceano ao longo do Pacífico tropical centro-oriental (vide abaixo). La Niña é a fase fria do ciclo *ENSO*.

Estas alterações de precipitação tropical afectam os padrões climáticos mundiais. Por exemplo, na África Austral, o El Niño associa-se geralmente aos anos em que a precipitação estival tem médias inferiores à média, enquanto a La Niña se associa à precipitação superior à média.



Padrões da temperatura à superfície do oceano durante ocorrências El Niño e La Niña. As cores ao longo do equador indicam zonas que são ou mais quentes ou frias que a média a longo prazo. Imagens por cortesia de Steve Albers, NOAA e Revista *ClimateWatch* (http://www.oar.noaa.gov/climate/t_observing.html).

Humidade Relativa

Padrões médios de humidade na África Austral indicam um distinto gradiente de ocidente a oriente no subcontinente (abaixo da região equatorial), com níveis de humidade mais baixos no interior ocidental e mais elevados a leste devido à fonte de humidade vinda do Oceano Índico (Figura 1.3). A humidade manifesta também oscilações diurnas e sazonais distintas, alcançando níveis mínimos no inverno e máximos no verão. Isto significa que o gradiente ocidente-oriental é mais pronunciado no verão. A humidade relativa é elevada nas regiões equatoriais durante o ano.

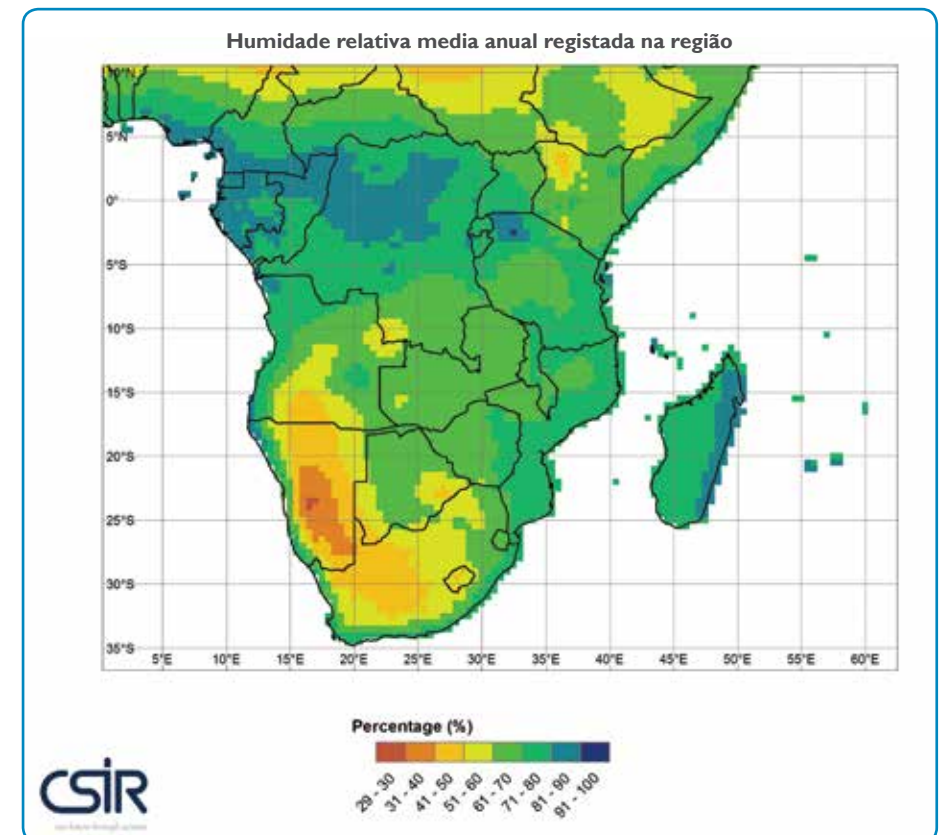


Figura 1.3: Humidade relativa média anual (%) na África Austral (calculada com base na média de 1901-2009).

Temperatura

A África Austral tem um clima temperado e grande parte da região regista uma temperatura média anual superior a 17° C. As oscilações mensais tendem a ser graduais.

A mínima média anual na região varia de 3 a 25° C (Figura 1.4a) e a máxima de 15 a 36° C (Figura 1.4b). As temperaturas mais baixas registam-se no escarpamento. É normal cair geada no planalto central e em zonas de maior altitude, como por exemplo nas Montanhas do Drakensberg na África do Sul. As temperaturas máximas mais elevadas registam-se perto do equador, no Calaári e nas terras baixas do nordeste da África do Sul, Zimbabué e Moçambique. A maior oscilação em temperatura diurna (diferença entre a máxima e mínima diária) observa-se no planalto central e nas zonas altas, onde a diferença entre a máxima e a mínima atinge os 19° C (Figura 1.4c). Em comparação, nas zonas costeiras e equatoriais a oscilação da temperatura diurna é muito mais baixa. As temperaturas ao longo da costa são influenciadas pelas temperaturas dos oceanos adjacentes e pela natureza das correntes de Benguela e Agulhas.

A costa oriental é aquecida pela corrente das Agulhas, que circula do equador para sul e a oriental é arrefecida pela corrente de Benguela, que circula da Antártica para norte.

A temperatura média é influenciada pelos extremos máximos e mínimos, sendo consequentemente um bom indicador de alterações sazonais das temperaturas na região. Na sua grande parte, o verão é de Dezembro a Fevereiro, o Outono de Março a Maio, o inverno de Junho a Agosto e a primavera de Setembro a Novembro. No verão, as temperaturas são mais altas nas regiões desérticas da Namíbia e do Botsuana, excedendo mesmo 27° C (Figura 1.5). Nas zonas do planalto central e do sudoeste é mais fresco, com temperaturas de apenas 22° C (Figura 1.5) devido ao céu nublado característico das chuvas estivais. No inverno, os regimes de temperatura apresentam um gradiente de latitude em que a temperatura diminui para sul (Figura 1.5). As temperaturas mais baixas registam-se na África do Sul, Lesoto e a sul da Namíbia, onde a média fica abaixo de 15° C (Figura 1.5).

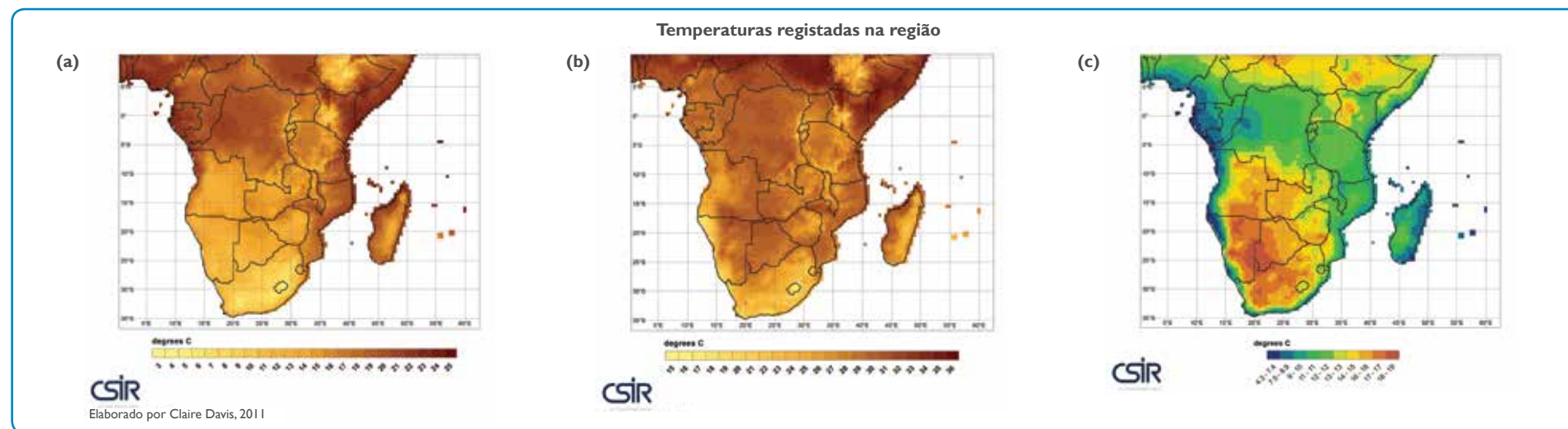
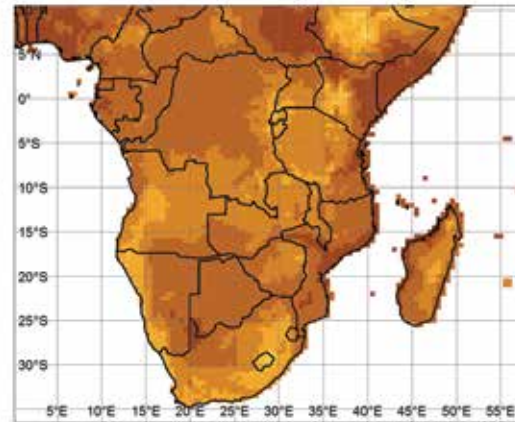


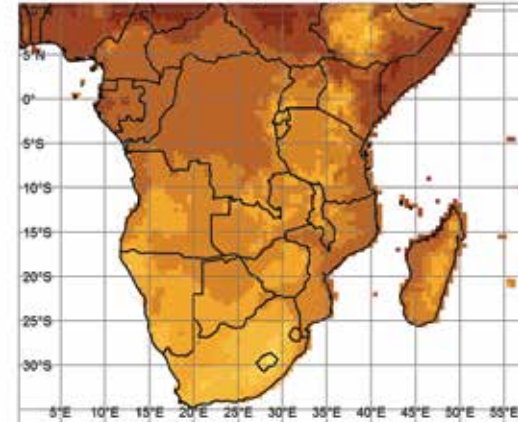
Figura 1.4: Temperatura média anual mínima (a) e máxima (b), assim como a oscilação diurna (c) na África Austral (calculada da média de 1901-2009).

Temperaturas sazonais (Verão, Outono, Inverno e Primavera) registadas na região

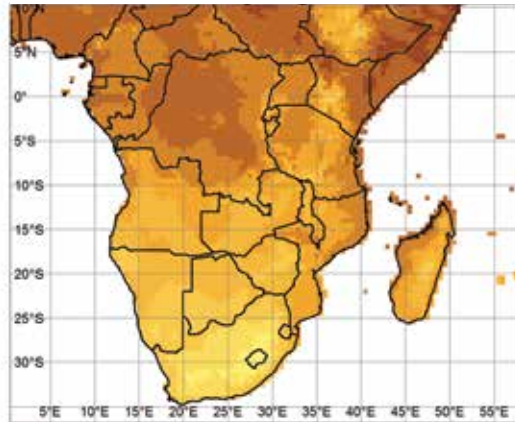
Dezembro-Janeiro-Fevereiro



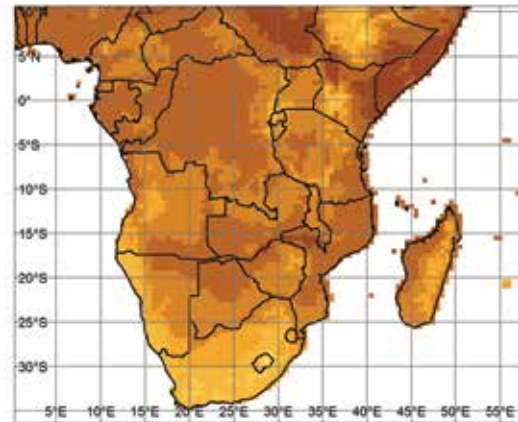
Março-Abril-Maio



Junho-Julho-Agosto



Setembro-Outubro-Novembro



CSIR

Elaborado por Claire Davis, 2011

Graus C



Figura I.5: Temperatura média sazonal na África Austral (calculada da média de 1901-2009).

1.4. Alterações observadas no clima mundial

É sabido que se tem registado um incremento detectável na temperatura mundial nos últimos 100 anos, e que tal não pode ser justificado sem se tomarem em consideração as actividades humanas (IPCC, 2007). Nesta secção, apresentamos sucintamente evidências de alterações recentes na temperatura média mundial (detecção) e de como estas se associam às actividades humanas (atribuição). Apresentamos ainda evidências de alterações climáticas recentes na região da África Austral.

Detecção e atribuição de alterações climáticas mundiais

Em 2010, a temperatura média mundial esteve 0.53° C acima da média de 1961-90. Juntamente com 1998, em 2010 registaram-se as temperaturas mais quentes. Efectivamente, a Organização Meteorológica Mundial confirmou que os dez anos mais quentes de sempre se registaram desde 1998⁴. Contudo, a distribuição regional da temperatura não é uniforme e algumas zonas têm sofrido maiores alterações que outras, sobretudo as do interior do continente, como a África Austral. A taxa de aumento da temperatura média global também aumentou durante a segunda metade do século XX, o que indica que as subidas da temperatura média de superfície estão a acelerar (vide Figura 1.6).

Explicam-se os processos físicos fundamentais através dos quais as actividades humanas alteram o sistema climático mundial na Caixa 1.4. Sucintamente, as crescentes emissões de gases com efeitos de estufa atmosféricos (sobretudo por combustão de combustíveis fósseis) estão a aumentar este efeito natural, e o resultado são as alterações climáticas à escala global e regional.

Sabemos que as concentrações de dióxido de carbono atmosférico (CO₂) estão a aumentar, predominantemente graças às observações do observatório Mauna Loa no Havai, com início em 1958 (Figura 1.7). As concentrações alteram todos os anos com base no ciclo anual de absorção e libertação de CO₂ nas florestas vastas que cobrem grande parte da massa terrestre do hemisfério norte (linha vermelha na Figura 1.7). A característica mais flagrante da Figura 1.7 é contudo, a consistente tendência de aumento nas concentrações do CO₂ atmosférico desde o início das observações (dados corrigidos sazonalmente – linha negra na Figura 1.7). As concentrações anuais de CO₂ atmosférico em Mauna Loa aumentaram de 316 ppm em 1959 para 390 ppm em 2010. As medidas mais recentes (Junho de 2011) totalizam 394 ppm.

Os modelos computadorizados do sistema climático da terra são incapazes de simular o aquecimento registado nas últimas décadas se não se incluírem os efeitos das emissões antropogénicas dos gases com efeitos de estufa (Figura 1.8). As simulações do clima que incluem apenas influências naturais (e.g. instabilidade solar devido a oscilações internas e orbitais, actividade vulcânica, etc.) indicam um arrefecimento da terra depois de 1960, que contradiz o aquecimento observado (vide Figura 1.6). Isto levou a que o Painel Intergovernamental Internacional para as Alterações Climáticas (IPCC) concluísse recentemente que a maior parte do aquecimento, *a nível global*, dos últimos 50 anos é *atribuível* a actividades humanas.

A investigação de como as alterações climáticas podem afectar regiões e países continua, cada vez mais inerentemente associada a maiores incertezas. Assim, enquanto as oscilações a nível global servem para salientar a realidade das alterações climáticas, existindo evidências de continuidade e potencial aceleração, torna-se necessário analisar como o clima regional e local poderá já estar a mudar, e como se espera que mude no futuro.

⁴ WMO comunicado de imprensa, Janeiro 2011 (http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_906_en.html).

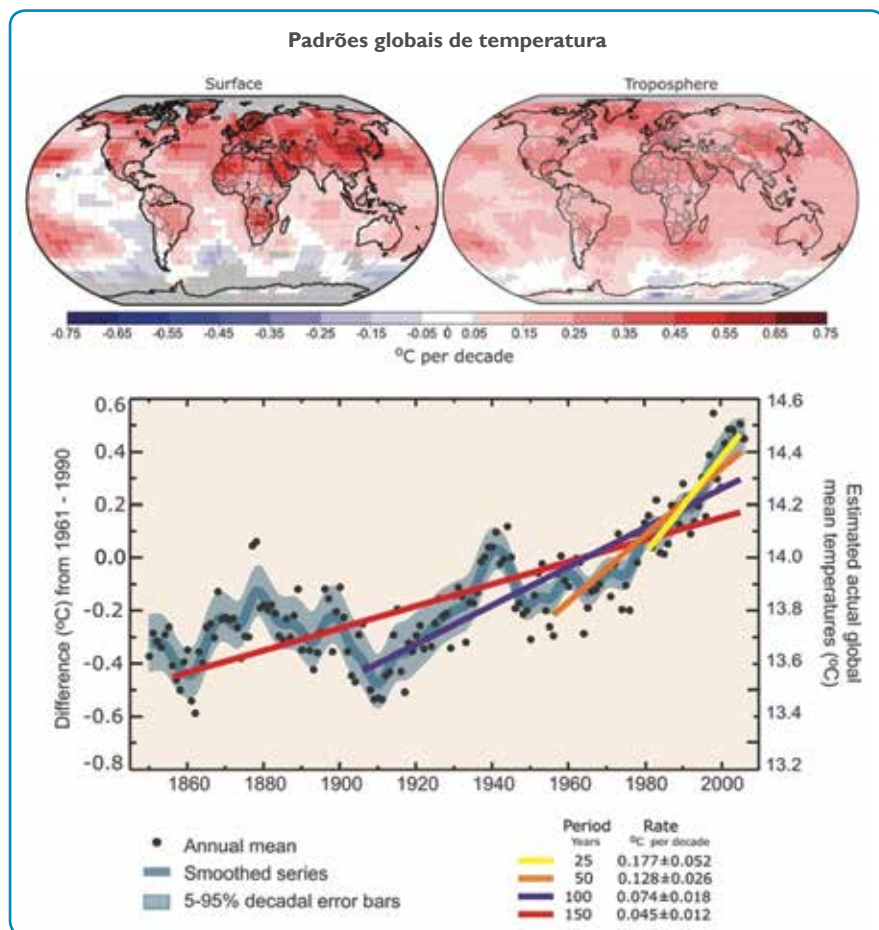


Figura 1.6: Registo satélite da distribuição de padrões globais de temperatura (1979-2005) de superfície (esquerda) e troposfera (direita). Abaixo: a temperatura média global desde 1850, apontando para uma taxa de aumento de mudança durante a segunda metade do século XX (IPCC, 2007).

⁵ US National Oceanographic and Atmospheric Administration, Earth System Research Laboratory, (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/#mlo_full), acedido a 3 Maio de 2011.

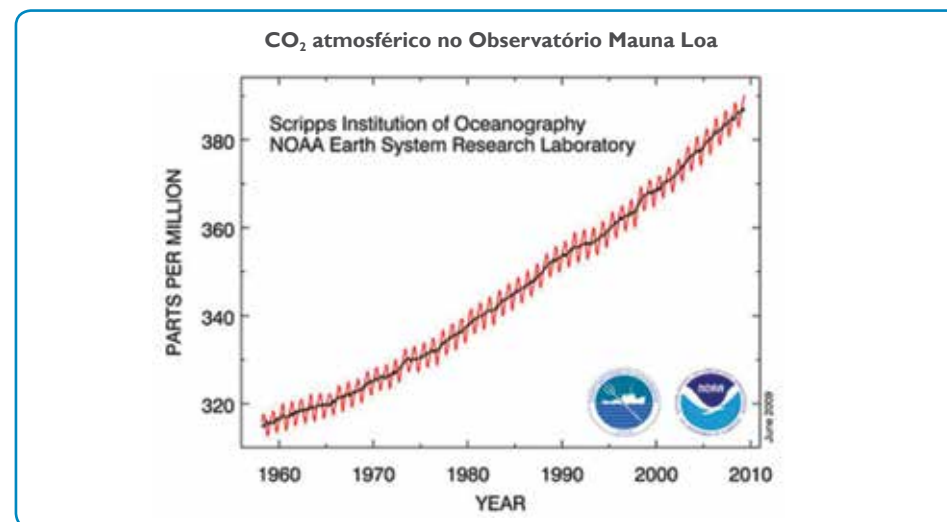


Figura 1.7: Concentração de CO₂ atmosférico (ppm) do observatório Mauna Loa, Havaí, Junho, 2011⁵.

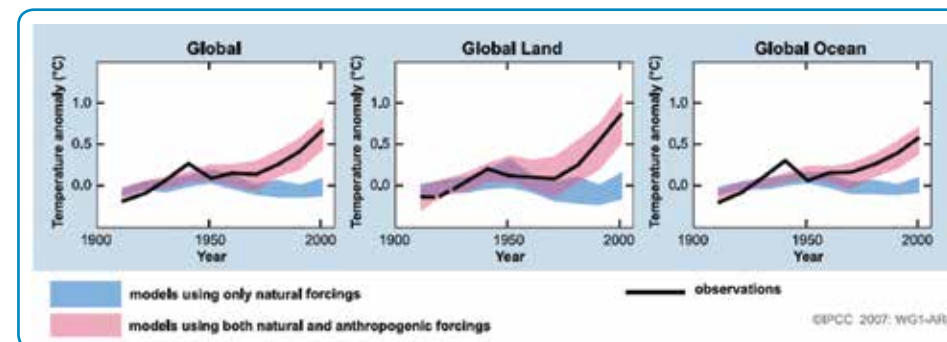


Figura 1.8: Comparação das alterações da temperatura de superfície a nível continental e global, com resultado simulados por modelos climáticos utilizando influências naturais e antropogénicas. Apresentam-se as médias por década das observações relativas ao período 1906 a 2005 (linha negra) traçadas sobre o meio da década e relativamente à média correspondente para 1901 – 1950. Onde a cobertura espacial é inferior a 50%, as linhas são tracejadas. Faixas azuis indicam os valores de 5 a 95% para 19 simulações de cinco modelos climáticos, utilizando apenas influências naturais resultantes da actividade solar e vulcões. Faixas vermelhas indicam os valores de 5 a 95% para 58 simulações de 14 modelos climáticos utilizando influências naturais e antropogénicas (IPCC, 2007).

Caixa 1.3: Instabilidade climática vs alteração climática

Instabilidade climática

A *instabilidade climática* refere-se a oscilações climáticas a todos os níveis espaciais e temporais para além de situações climáticas particulares. Esta oscilação pode ser causada por processos internos naturais do sistema climático (*instabilidade interna*). Pode também dever-se a *influências externas*, que podem ser derivadas de fenómenos naturais (como alterações periódicas na órbita da terra em torno do sol) ou a factores antropogénicos (IPCC, 2007). Um dos melhores (e mais conhecidos) exemplos de instabilidade climática natural é a El Niño Oscilação Sul (ENSO).

Alteração climática

A *alteração climática* é a mudança das condições climáticas típicas registadas numa certa zona ou local. A mudança pode ocorrer durante períodos que se estendem de décadas a milénios. Pode afectar uma ou mais estações (e.g. verão, inverno ou o ano inteiro) e a vários níveis climáticos, e.g. precipitação, temperatura ou ventos. As suas causas podem ser naturais (e.g. devido a alterações periódicas na órbita da terra, vulcões e oscilações solares) ou atribuíveis a actividades humanas (antropogénicas), e.g. aumento das emissões de efeito de estufa, como CO₂, mudança na utilização do solo, mudança na utilização e/ou emissões de aerossóis. Na sociedade actual, a expressão 'alterações climáticas' refere-se frequentemente a mudanças devidas a causas antropogénicas. Quando existem mudanças no clima, são directamente afectadas as vidas das pessoas, a segurança alimentar e possivelmente a forma como as sociedades, economias e sistemas políticos funcionam.

Aquecimento global

O *aquecimento global* diz respeito apenas ao aquecimento geral da Terra, com base nas subidas das temperaturas médias de toda superfície terrestre e oceânica. É importante salientar que as alterações climáticas são mais do que uma simples subida das temperaturas globais; abrangem mudanças nas características climáticas, como a temperatura, a humidade, a precipitação, os ventos, e eventos atmosféricos rigorosos, com dimensões económicas e sociais.

1.5. Padrões registados no clima da África Austral

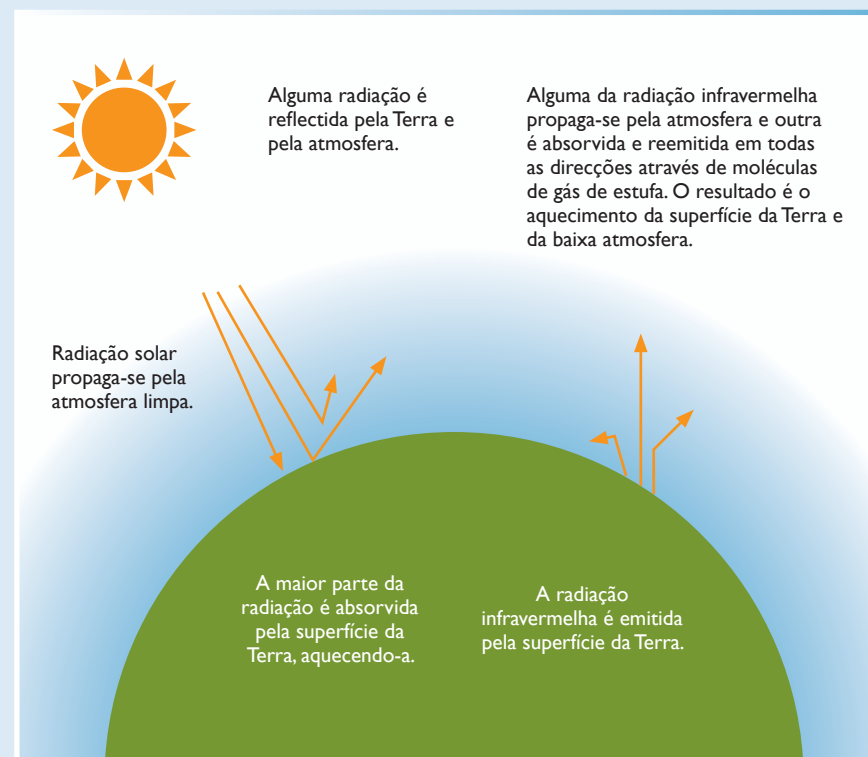
Uma das melhores formas de se prever como o clima na África Austral poderá é examinar as suas mudanças passadas. Embora seja bem possível que o clima mude como nunca observado, a reconstrução de oscilações climáticas passadas e evidências de mudanças mais recentes, com base em registos de observações efectuadas, oferecem a priori uma boa indicação da direcção e magnitude de possíveis alterações futuras. Isto é sobretudo correcto no caso dos registos mais recentes, pois sabemos que já se começou a observar um padrão da influência humana no clima global em registos do último século. É, todavia, consideravelmente mais difícil a detecção e atribuição de padrões climáticos regionais do que dos globais. Isto deve-se a uma série de factores, sendo o mais importante a falta de uma ampla rede de estações de observação precisa e bem mantida a longo prazo, que permitam a detecção de sinais climáticos regionais. A importante influência de características topográficas – montanhas e corpos de água, por exemplo – na instabilidade climática regional torna mais difícil a atribuição dos padrões regionais observados a elementos humanos. Não obstante estas dificuldades, vamos examinar os registos da observação para a África Austral em termos dos padrões do último século. As duas secções que se seguem apresentam em pormenor os resultados, como exemplo, da análise do conjunto de dados matriciais em alta resolução (de 1901 a 2009) da temperatura e precipitação da Unidade de Investigação Climática da Universidade de *East Anglia* (CRU TS 3.1). Como referido anteriormente, estes padrões apresentam o contexto para as projecções da mudança climática regional a serem analisados no Capítulo 3.

Convém salientar que as observações a longo prazo e os modelos não são as únicas formas de se determinarem as mudanças no clima. A maioria das comunidades rurais em África sempre dependeu dos conhecimentos indígenas para fazerem face à instabilidade e mudança climática (vide estudo de caso na página 21). A sua integração nos conhecimentos científicos é uma questão fundamental para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação às alterações climáticas (vide Capítulos 4 e 5).

Caixa 1.4: O que causa as alterações climáticas?

O sistema climático da Terra é impulsionado pela constante energia proveniente do sol. A maior parte desta energia encontra-se na frequência de onda-curta do espectro electromagnético. Cerca de 30% da energia solar é reflectida para o espaço pelas nuvens e pela superfície da Terra antes de poder aquecer o planeta. Cerca de 70% da energia recebida é absorvida pelos oceanos, continentes e atmosfera. O calor absorvido é posteriormente reemitido sob a forma de radiação infravermelha, ou transferida por fluxos de calor sensíveis e latentes. Certos gases da troposfera e estratosfera absorvem a maioria da radiação infravermelha reflectida antes de esta ser libertada no espaço, aquecendo assim a atmosfera antes de o calor ser novamente reemitido. Estes são os chamados gases de estufa (GHG), dos quais o vapor de água (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4). Sem estes gases na atmosfera, a temperatura média à superfície da Terra seria de aproximadamente $-18^\circ C$. O efeito de aquecimento dos gases de estufa, o chamado 'efeito de estufa' ou 'efeito de estufa natural', faz com que esta temperatura média seja de cerca $+14^\circ C$ (IPCC 2007).

As emissões antropogénicas resultantes das emissões dos gases de estufa têm vindo a aumentar com regularidade desde a revolução industrial, aquecendo assim o globo e dando origem a uma série de outras mudanças no sistema climático. Os modelos computadorizados do sistema climático da Terra não simulam o aquecimento das últimas décadas se não se consideraram as emissões antropogénicas dos gases de estufa. Os modelos que incluem apenas influências naturais (e.g. instabilidade solar devido a oscilações orbitais, actividade vulcânica, etc.) simulam um arrefecimento da Terra depois de 1960, o que não é compatível com o aquecimento observado (vide Figura 1.8). Isto levou a que o Painel Intergovernamental Internacional para as Alterações Climáticas (IPCC) concluísse recentemente que a maior parte do aquecimento dos últimos 50 anos é atribuível a actividades humanas.



Temperatura

Existem provas concretas, com base na análise de padrões das temperaturas mínimas e máximas, de que a região está a tornar-se mais quente. Os padrões são apresentados como desvios (ou anomalias) da média de 1961-1990 na Figura 1.9. Depois da primeira metade dos anos 70, estas anomalias são quase todas positivas; aproximadamente $0.8^\circ C$ acima da média de 1961-1990 nas duas últimas décadas. São também maiores nos anos mais recentes, o que indica que a taxa de subida nas temperaturas mínimas e máximas está a aumentar. Isto é consistente com as subidas

detectadas nas temperaturas globais anuais de superfície (Figura 1.6) e as na África Austral desde 1900 (Hulme *et al.*, 2001; Kruger e Shongwe, 2004).

Uma análise das temperaturas indica que as mínimas e as máximas têm aumentado a uma média de $0.057^\circ C$ e $0.046^\circ C$ por década respectivamente entre 1901 e 2009⁶. Consta-se também que os períodos de aquecimento mais rápido ocorreram pós 1970, um período em que a taxa de aumento de ambas as temperaturas é significativa em termos estatísticos ao nível de confiança de 95%.

⁶ Gráficos disponíveis em <http://www.rvatlas.org/sadc>.

Após 1976, as temperaturas mínimas começaram a subir 0.27°C e a máximas 0.25°C por década. Isto confirma uma vez mais que as temperaturas sofreram subidas mais acentuadas nos últimos anos do século XX e na primeira década do XXI. As projecções apresentadas no Capítulo 3 indicam que se prevê que as temperaturas continuem a subir, assim como também a taxa de subida.

Uma análise dos padrões de temperatura rigorosa revela também mudanças (vide Figura 1.10). A temperatura mínima anual mais baixa jamais registada subiu gradualmente a uma taxa média de 0.162°C de 1901 a 2009, o que é estatisticamente significativo ao nível de confiança de 95%. A temperatura máxima anual jamais registada subiu mais gradualmente a uma taxa média de 0.075°C de 1901 a 2009, o que é estatisticamente significativo ao nível de confiança de 95%. A maior taxa de subida em temperaturas mínimas foi observada por Alexander *et al.*, 2006, que sugerem um padrão geral em termos de eventos frios menos rigorosos. Posteriormente a 1995, as temperaturas máximas mais elevadas observadas começaram a subir a uma taxa estatisticamente significativa de 0.85°C , indicando que a frequência de anos quentes está a aumentar.

Precipitação

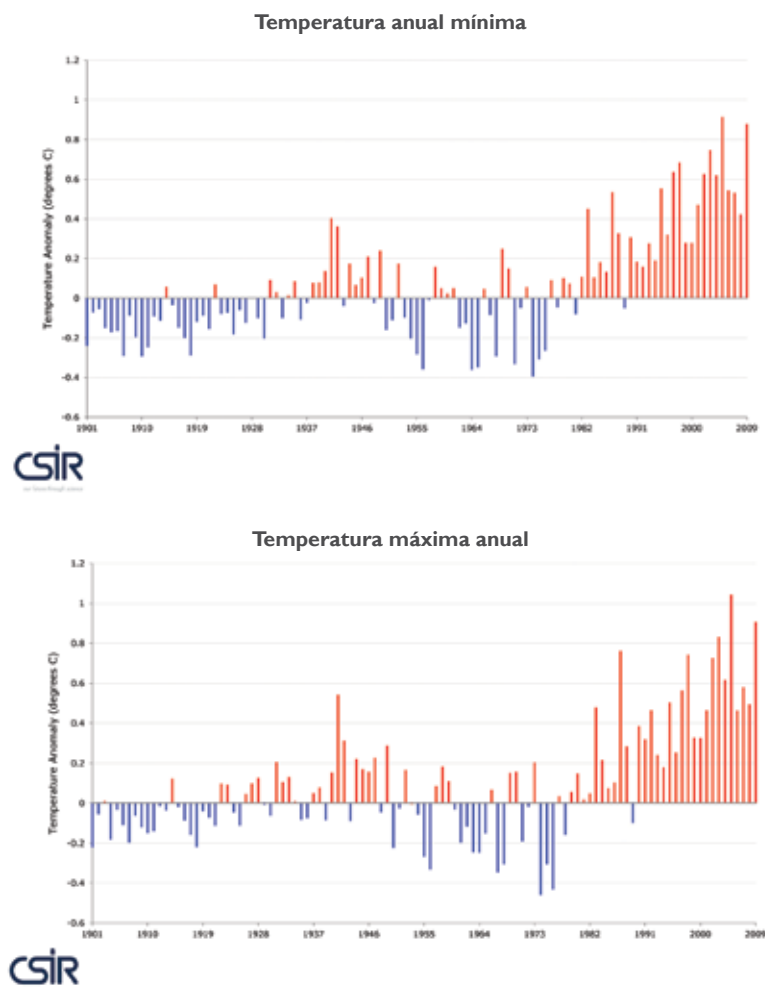
Na África Austral, as mudanças na precipitação são normalmente mais difíceis de detectar devido a variar tanto de local para local e de ano para ano. Os padrões de precipitação apontam para descidas anuais moderadas na África Austral (por exemplo Kruger, 2006). Constatações de outros estudos indicam que a oscilação interanual na região tem aumentado desde os finais dos anos 60 e que as secas se tornaram mais intensas e generalizadas (Fauchereau *et al.*, 2003). Todavia, os dados das anomalias na precipitação de toda a região aqui apresentados (Figura 1.11) não indicam qualquer tendência de decréscimo ou mudanças na instabilidade. Por outro lado, o padrão das anomalias indica de facto que, de ano para ano, a instabilidade é elevada, uma característica constante do clima da região de muitos anos. Estas oscilações alternadas (ora acima ora abaixo do normal) indicam claramente que os ciclos de precipitação prevalentes na região (analisados anteriormente neste Capítulo) onde se registaram anos extremamente pluviosos

e secos, que deram origem a cheias e secas. De 1999 a 2000, por exemplo, o ciclone tropical Eline causou cheias generalizadas no centro e sul de Moçambique, no sudeste do Zimbabué e em partes da África do Sul e Botsuana. De 1982 a 1983 (o ano do El Niño), 1986 a 87 e 1991 a 92 registaram-se grandes cheias que causaram um decréscimo na produção agro-pecuária em muitas zonas da região (Vogel, 1994).

Onde existem registos para períodos longos constata-se um acréscimo no número de eventos de extrema precipitação (Solomon *et al.*, 2007) e na África Austral, os estudos revelam que a duração da estação seca e intensidade média de precipitação têm vindo a aumentar (New *et al.*, 2006). Para além disso, um estudo sobre as mudanças em eventos de intensa precipitação na África do Sul (Mason *et al.*, 1999) revelou que em 70% do país se tem registado um aumento significativo da intensidade destes eventos de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990. Constaram-se ainda as diferenças regionais entre o nordeste e o centro.



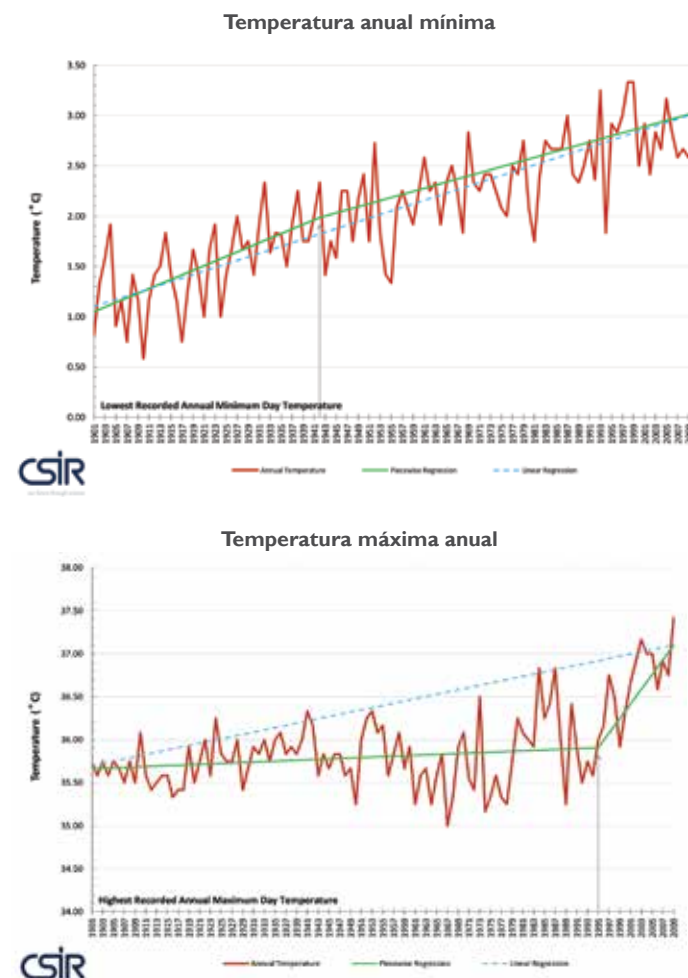
Padrões de temperatura (1901-2009)



Elaborado por Claire Davis, 2011

Figura 1.9: Anomalias na temperatura anual mínima (acima) e máxima (abaixo) na África Austral (1901-2009). O vermelho representa uma anomalia positiva e o azul uma negativa em relação à climatologia média a longo prazo (média de 1961-1990).

Padrões de temperatura (1901-2009)



Elaborado por Claire Davis, 2011

Figura 1.10: Padrão da temperatura anual mínima mais baixa (acima) e da máxima mais alta (abaixo) jamais registadas na África Austral de 1901 a 2009. A linha sólida a vermelho representa a temperatura observada, a linha a tracejado a tendência linear e a linha sólida verde representa os resultados de uma análise segmentada de regressão⁷ com a seta no ponto de quebra.

⁷ Um ponto de quebra é útil quando ocorre uma mudança súbita de temperatura. É o ponto a partir do qual o coeficiente de determinação (R^2) é maximizado (Ryan e Porth, 2002).

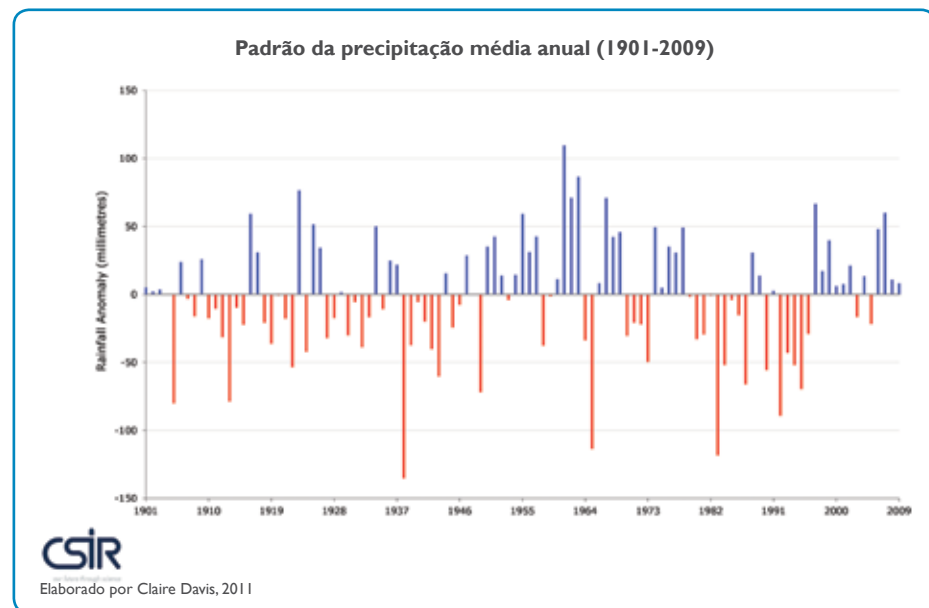


Figura 1.11: Anomalias na precipitação na África Austral (1901-2009). O azul representa uma mudança positiva e o vermelho uma mudança negativa em relação à climatologia média a longo prazo (média de 1961-1990).

1.6. Resumo e conclusões

No presente capítulo, apresentámos uma introdução aos conceitos de clima, instabilidade climática e alterações climáticas, fundamentais para o planeamento e priorização de intervenções face às alterações climáticas. Explicou-se como a actividade humana está a mudar o sistema climático global e apresentaram-se resultados de alterações climáticas observadas ao longo do último século. Também demonstrámos que algumas destas alterações globais – sobretudo da temperatura de superfície – podem associar-se manifestamente à influência humana. Na última parte do Capítulo, examinámos ainda os resultados de observações de recortes de padrões climáticos na África Austral, onde existem provas suficientes que indicam que as temperaturas têm vindo a aumentar no último século e que o grau de aquecimento também tem vindo a aumentar – mais particularmente nas duas últimas décadas. Não existem indicações claras de alterações na precipitação média anual, e séries temporais de precipitação caracterizam-se pelos padrões de oscilação da precipitação interanual que predominam na zona de precipitação estival do continente.

Ao pano de fundo da ciência das alterações climáticas e indicações destas alterações a nível global e regional, segue-se nos próximos capítulos, uma análise da nossa capacidade de previsão do clima. No Capítulo 2, examinamos a forma de estabelecer previsões a nível sazonal e interanual (alguns anos em avanço) e como estas podem facilitar a tomada de decisões no domínio agrícola e outros sectores. No Capítulo 3, estudamos formas de elaborar projecções de alterações climáticas regionais devido ao incremento de emissões de gases com efeito de estufa. O contexto apresentado no Capítulo, que descreve os sinais de mudança recentes, é bastante relevante aquando se proceder à análise de possíveis futuras alterações climáticas na região. Estes Capítulos são posteriormente integrados nas avaliações de risco e vulnerabilidade (Capítulo 4), no estudo que apresentamos sobre mitigação e adaptação às alterações climáticas na África Austral (Capítulo 5).

CASO DE ESTUDO: As percepções dos agricultores sobre a instabilidade e mudanças do clima no Zimbabué e na Zâmbia

Por Chipo Plaxedes Mubaya



Um estudo sobre as percepções dos agricultores sobre a instabilidade e mudança do clima, e suas possíveis causas, foi realizado no sul da Zâmbia (nos quarto distritos de Monze e Sinazongwe) e no sudoeste do Zimbabué (em Lupane e Lower Gweru). Este estudo foi instigado pela literatura que destaca que, embora no centro do processo de adaptação esteja o agricultor que decide o que plantar, que área cultivar e quais os recursos a empregar (Crosson, 1986, 1993), apresenta-se uma abordagem alternativa que salienta a forma como os indivíduos se apercebem do seu ambiente e depois tomam decisões com base nesses conhecimentos, sendo as inaptações atribuídas a problemas de percepção, conhecimento ou falta de informações (Diggs, 1991; Saarinen, 1966; Taylor et al., 1988). Esta trabalho aponta para o papel central das percepções dos agricultores na adaptação, razão pela qual foi necessário, com este estudo, procurar-se saber até que ponto os agricultores se apercebem das condições climáticas e respectivas causas. Esta noção pode ser importante e decisiva para a definição das respostas e medidas de mitigação às crises, até mesmo a nível local.

Aplicaram-se metodologias qualitativas e quantitativas na recolha dos dados, nomeadamente técnicas de Avaliação Rural Participativa (PRA), como análise histórica de padrões e Grupos de Discussão (FGD), no primeiro caso, e no segundo (método quantitativo), o questionário. Os FGD serviram para se estabelecerem as percepções gerais sobre alterações e instabilidade climáticas, assim como as causas possíveis.

Utilizaram-se linhas padrão históricas para a obtenção de informações sobre específicas percepções dos agricultores relativamente a mudanças climáticas durante um período de 20

As constatações indicam que mais de 70% dos agricultores dos quatro distritos estavam cientes das mudanças significativas dos padrões climáticos nos últimos cinco anos. Os agricultores salientaram que a instabilidade climática está a aumentar, citando sobretudo fenómenos recentes, como chuvas excessivas e cheias. Indicaram por exemplo, as cheias na Zâmbia e chuvas excessivas no Zimbabué), sobretudo nas estações de 2007 a 2009. Indicaram ainda que em 1978/79 e 1999/2000 passaram por cheias e chuvas torrenciais. Citaram também ter observado secas nas estações de 1992/93, 1995/96 e 2001/02. Os agricultores dos dois países concordaram de uma maneira geral, que nos anos 80 era fácil preverem a estação seguinte e que as estações eram distintas; agora, e depois do fim dos anos 80 e princípios dos 90, as chuvas eram cada vez mais imprevisíveis. Realçaram ainda que agora as estações chuvosas são mais curtas: começavam em Outubro e acabavam em Abril e agora, começam por volta de Novembro e acabam, em geral, em Fevereiro.

Grande percentagem dos agricultores em ambos os países via a mudança de clima como um simples fenómeno natural, citando mudanças naturais nos invernos, altas/baixas temperaturas e ventos, inter alia. Associam as mudanças de clima também a factores sociais e espirituais. Em FGD constatou-se que em Lower Gweru e Lupane se associava a crise política do Zimbabué da altura e o declínio de práticas sociais e culturais à instabilidade do clima. Os agricultores asseveraram que as alterações climáticas se deviam a factores como a cólera dos espíritos e de Deus que ordenaram a execução de punição ao Zimbabué.

A punição devia-se ao fracasso das pessoas em acalmarem os espíritos e realizarem os seus ritos tradicionais, como a cerimónia para fazer chover (*mukwerera*), pedindo a Deus pela chuva e expressando gratidão pela estação anterior. Paralelamente, alguns agricultores em Monze associaram o início da instabilidade climática com a ascendência ao poder de um dos seus

presidentes. O período da sua liderança foi marcado por controvérsia e ligado a problemas económicos na Zâmbia, na altura.

As noções dos agricultores sobre a incidência de cheias na área em estudo na estação de 1999/2000 correspondem aos dados de precipitação disponíveis (Stern, 2007), que indicam que 1999/2000 foi uma estação La Niña. Em geral, as percepções destes agricultores exprimem mais sobre a instabilidade do que sobre desvios de certos padrões de longo prazo, o que significa que eles assistiram a uma instabilidade climática e não a alterações climáticas. Esta constatação é coerente com a análise de dados climáticos da Província Sul efectuada por Nanja (2004); ICRISAT (2009). A situação anterior do aumento da instabilidade climática nos quatro distritos em estudo é também coerente com a imagem sombria apresentada na literatura sobre a instabilidade e alterações climáticas em África, em geral, e na África Austral, em particular.

Parece registar-se cada vez mais uma tendência para um começo tardio da estação das chuvas, secas prolongadas a meio da estação e estações de cultivo mais curtas, na África Austral (Cooper *et al.*, 2007; Love *et al.*, 2006; Twomlow *et al.*, 2008 and Waiswa 2003). Para além disso, a instabilidade na precipitação anual total na Província Sul da Zâmbia é mais pronunciada desde os anos 90 até à data, onde os totais de precipitação têm ficado abaixo dos percentis 20 e 80. Os dois totais mais baixos registaram-se também depois de 1991 (Nanja, 2004; ICRISAT, 2009). Ademais, foi feita uma observação com base em dados climáticos da referida província, de que o maior problema no Sul tem sido sempre uma precipitação inadequada e, portanto, os riscos sempre se associaram a secas. As cheias são um fenómeno recente na África Austral (Stern, 2007).

Se os agricultores não tiverem consciência de até que ponto as actividades antropogénicas podem alterar os processos associados ao clima, as consequências em termos de adaptação e mitigação podem ser negativas. O facto de percentagens significativas dos agricultores dos quatro distritos desconhecerem as possíveis causas das alterações climáticas pode significar que estes agricultores não se preocupariam com as actividades humanas que possivelmente contribuem para as mudanças das condições climáticas. Além disso, quando existem problemas políticos, sociais e económicos no país, os agricultores têm tendência a associá-los às alterações climáticas. O contexto cultural e o mundo espiritual desempenham um papel vital na formação das percepções e atitudes dos agricultores, o que poderá confundir a sua consciência dos efeitos negativos das actividades humanas nos sistemas da Terra. O que se descobriu é a ideia de que as alterações climáticas não se podem dissociar do contexto político, social (os mundos cultural e espiritual inclusive) e económico. Os agricultores procuraram explicar os acontecimentos que têm lugar no seu ambiente a partir do quadro sócio-cultural em que vivem.

Agradecimentos

O autor agradece o financiamento recebido da IDRC e DFID por intermédio de Climate Change Adaptation in África (CCAA), assim como da START e CODESRIA. Agradece ainda a contribuição de colaboradores e investigadores no terreno, a saber: investigadores do *Zambia Agricultural Research Institute (ZARI)*, *Zambia Agro-Met* e investigadores e estudantes da *Midlands State University (MSU)*, Zimbabué e ICRISAT, Zimbabué. Agradece ainda aos seus consultores: Dr Jemimah Njuki da ILRI, Professor Francis Mugabe, e Professor Andre Pelser e Dr Godfrey Kundhlande da *University of the Free State*.

Capítulo 2: Previsões sazonais: A comunicação da instabilidade climática actual na África Austral

Por Willem A. Landman, Mark Tadross, Francois Engelbrecht, Emma Archer van Garderen e Alec Joubert

Os modelos de previsão sazonal são, potencialmente, ferramentas extremamente úteis na gestão de riscos devido à instabilidade climática e, por isso, os que prevêem o tempo andam constantemente à procura de formas de melhorarem o seu desempenho e competências.

2.1. Introdução

Como se pode observar no capítulo anterior, o clima não é constante e varia consideravelmente na África Austral. As previsões sazonais são uma forma de possibilitar aos utentes uma tomada de decisões informadas sobre a instabilidade climática (IRI, 2001). Na África Austral, as previsões sazonais da precipitação e temperatura fazem-se há quase duas décadas com o intuito de melhorar a capacidade dos utilizadores em fazer face às oscilações da precipitação e temperaturas a nível sazonal. As previsões climáticas sazonais são definidas como predições probabilísticas de quanta chuva é de esperar durante a estação e do quão quente ou frio estará, essencialmente com base no princípio de que o mar (temperaturas da superfície do mar) influencia o clima e o tempo. As previsões são normalmente emitidas por um período de seis meses, indicando o volume total da precipitação que se espera durante um certo período, mas não a distribuição da precipitação nesse período ou o começo da estação chuvosa. Da mesma forma, as previsões sazonais oferecem orientações sobre o regime de temperatura que provavelmente dominará a estação seguinte.

Os modelos de projecções climáticas resumidos no Capítulo 3 indicam que a temperatura de superfície na África Austral, assim como as temperaturas mínimas e máximas, irá provavelmente subir durante o XXI século (sobrepostas nas subidas de temperaturas observadas e apresentadas no Capítulo 1). Além disso, a modelação do clima regional indica que a precipitação em pleno verão na África do Sul se pode tornar mais intensa (vide Capítulo 3). Estas projecções modelo dizem pouco sobre as probabilidades de um Verão com chuva na África do Sul ou sobre a possibilidade de um evento El Niño se desencadear nos próximos meses. Estes modelos também podem ser configurados para se estabelecerem previsões das oscilações climáticas sazonais a interanuais, uma abordagem de modelação geralmente conhecida como previsões sazonais.

2.2. Como são possíveis as previsões sazonais

Por definição, o tempo muda diariamente. Embora os sistemas modernos de previsões meteorológicas prevejam com precisão certos eventos (movimentos frontais, ventos, tempestades, etc.) para um ou dois dias, as previsões para três ou quatro dias são menos. De facto, as previsões meteorológicas para mais de sete dias na África Austral são na sua maioria desprovidas de significado. Um possível utilizador pode então perguntar – como é possível fazerem-se previsões sazonais com alguma aptidão? A resposta é que a nível dos períodos sazonais, é possível prever oscilações da média sazonal, como por exemplo do clima sazonal, com certa aptidão. Apesar de não se prever a altura em que acontecerá um certo evento climático, com precisão, prevê-se as possibilidades, ou *probabilidades* de condições acima ou abaixo da média (precipitação ou temperatura, por exemplo).

Muita da aptidão envolvida na previsão de desvios de totais ou médias normais sazonais, frequentemente associados a padrões de circulação atmosférica, tem a sua origem na mudança lenta das condições à superfície da terra, que podem influenciar o clima. A condição mais importante que afecta o clima é a temperatura da superfície do mar (TSM), e, sobretudo, a TSM nas zonas tropicais. O que permite às condições à superfície da terra influenciarem as médias climáticas ao longo de um período prolongado é a lentidão com que se alteram, e portanto, o período prolongado durante o qual podem exercer a sua influência consistente. Quando a TSM é mais elevada que o normal, mantém-se geralmente assim durante vários meses, e por vezes, durante um ano ou mais, como foi o caso dos episódios El Niño ou La Niña (i.e., as fases quentes ou frias da ENSO – a Oscilação Sul El Niño) do Oceano Pacífico tropical.

Caixa 2.1: Terminologia empregue nas previsões sazonais

Previsões com base nas probabilidades

As previsões sazonais assentam em probabilidades, conforme acima referido. Com frequência, uma previsão de TSM tropical ou precipitação sazonal para a estação seguinte oferece uma estimativa da probabilidade de se assistir a condições normais ou acima ou abaixo do normal. Tal sistema de previsões com base em tercis presume que, em média, existe igual hipótese (com base em observações climatológicas passadas) de se receber precipitação normal, acima ou abaixo do normal, no período seguinte. Assim, as probabilidades climatológicas seriam de 33.3% em cada categoria.

De salientar, a priori, que a soma das probabilidades totaliza 100%. As probabilidades em cada categoria apresentam uma indicação da confiança com que uma previsão é emitida para uma certa categoria. Na África Austral, as probabilidades nas previsões da precipitação são tipicamente baixas e não podem exceder 50%. Os que desenvolvem modelos de previsões esforçam-se por conseguir sistemas perfeitos, e esses sistemas deviam, inter alia, poder produzir previsões seguras. Um sistema de previsões é considerado seguro se existir consistência entre as probabilidades previstas de um evento, tal como uma seca, e a sua frequência relativa observada.

Aptidão

Os responsáveis pelas previsões têm sempre o cuidado de emitir previsões de facto aptas. Ou seja, previsões que ofereçam dados utilizáveis sobre as condições prováveis para a próxima estação, melhores que uma simples suposição de que as condições serão normais, de acordo com a média de longo prazo para uma certa região. Geralmente, se não existe aptidão da previsão, ou seja, a utilização da previsão não oferece melhores informações do que a simples média de longo prazo, nesse caso, geralmente, não se emite qualquer previsão e o utilizador é aconselhado a seguir a média de longo prazo como sendo a melhor previsão para a estação seguinte.

Fonte: International Research Institute for Climate and Society (IRI)

Acima do normal
50%

Quase normal
30%

Abaixo do normal
20%

A razão pela qual as previsões sazonais (uma indicação do que poderá acontecer nos próximos 3 a 6 meses) na África Austral são possíveis não se deve apenas ao Oceano Pacífico, mas também aos outros oceanos que a rodeiam. As temperaturas de superfície destas bacias marítimas têm um efeito, bem documentado, sobre como a atmosfera, em média, se comporta no subcontinente, e que poderá ainda ser influenciada pelas alterações lentas da superfície terrestre. Já se desenvolveram modelos para prever o estado futuro dos oceanos e como este estado poderá influenciar as condições meteorológicas sazonais médias. De facto, com o aparecimento de modelos oceano-atmosfera de ponta, as anomalias sazonais podem ser previstas com elevados níveis de aptidão. A verificação de uma série de modelos indica que a previsibilidade da

precipitação e temperatura de superfície na África Austral é mais elevada durante pleno verão, quando as influências tropicais começam a dominar a circulação atmosférica na região. Não existe aptidão das previsões da precipitação e temperaturas na Primavera a nível sazonal, mas nas dos meses do Outono existe um pouco mais.

2.3. Evolução da ciência das previsões sazonais na África Austral

A modelação objectiva da instabilidade climatológica sazonal na África Austral teve as suas origens recentemente no início dos anos 90. Inicialmente, as previsões operacionais baseavam-

se exclusivamente em modelos estatísticos, com uma ênfase pronunciada nas anomalias da TSM como elementos base das previsões, emitindo afirmações determinísticas sobre a evolução esperada das anomalias da precipitação e temperaturas na África Austral, para vários meses. Todavia, nos finais dos anos 90, começaram a usar-se modelos dinâmicos de circulação global (GCM – modelos de clima globais) para previsões sazonais operacionais. Para além destes, os modelos estatísticos continuaram em uso para a recalibração e redução empírica das previsões, de nível regional para nível de estação. Durante um curto período, emitiram-se também, a nível operacional, previsões dinâmicas de menor envergadura. As últimas previsões sazonais operacionais na África do Sul assentam em sistemas de previsão *multi-modelo*, que incorporam previsões probabilísticas produzidas por modelos utilizados em centros locais e internacionais (Ex: vide www.gfcsa.net).

2.4. Tipos de produtos

A inerente instabilidade caótica da atmosfera exige que as previsões sazonais sejam expressas probabilisticamente (vide Caixa 2.1). Actualmente, a forma mais comum de visualização destas previsões é expô-las em mapas que indicam a probabilidade das anomalias de precipitação e temperatura previstas excederem limites pré-determinados. Estes limites são tipicamente valores tercís ou os valores percentis 15 e 85 do registo climatológico (Figura 2.1) e são utilizados para prever se uma futura estação será intensa ou não. Uma outra contribuição significativa da comunidade de modelação sul-africana é o desenvolvimento de um sistema probabilístico operacional Oscilação Sul El Niño (*ENSO*), também com base numa abordagem *multi-modelo* (Figura 2.2). Outras formas de indicar a natureza probabilística das previsões é utilizar a média ou mediano de um conjunto de modelos para apresentar o resultado mais provável, juntamente com uma certa norma de confiança estatística, para indicar a quão significativa é a alteração da média ou mediano, dada a amplitude do conjunto de modelos.

2.5. Utilização

Os sistemas de previsão sazonal, se cautelosamente direccionados e de aptidão suficiente, podem ser uma ferramenta útil na redução de riscos relacionados com situações sazonais extremas. Muito embora as projecções das alterações climáticas sugiram um aumento de precipitação e temperatura extremas em pleno verão na África Austral, não se prevê que estes

extremos ocorram todos os anos e as previsões sazonais podem indicar se a estação seguinte se associará a tais extremos. Contudo, um problema identificado nas previsões sazonais são as grandes incertezas nas predições. Por exemplo, as previsões meteorológicas para o dia seguinte podem estar correctas em nove de dez dias consecutivos, mas para períodos sazonais, mesmo em pleno verão, na estação de maior previsibilidade, as previsões são especialmente correctas em três de cinco estações.

Por outro lado, existem também dificuldades na compreensão das implicações das previsões. Por exemplo, como referido anteriormente, a maior parte das previsões sazonais da precipitação e da temperatura de superfície é especificamente apresentada em categorias que representam probabilidades de ocorrência para o terço mais elevado, médio e mais baixo de valores sazonais. Todavia, falta a estas probabilidades, quase invariavelmente, um elevado nível de confiança (por exemplo, as previsões mais elevadas para as temperaturas rondam quase sempre 50% ou 60%, em comparação à esperada probabilidade climatológica de 33% associada a três categorias. Além disso, a temperatura sazonal média como variável alvo não se associa necessariamente bem com ocorrências de vagas de calor. Apesar de as temperaturas sazonais médias serem mais elevadas que o normal, associando-se com frequência a um risco mais elevado de vagas de calor, é possível serem invulgarmente elevadas, mas não para ondas de calor ocorrerem, devido à frequente ocorrência frequente de dias moderadamente quentes durante a estação. Por outro lado, a temperatura sazonal média pode ser excepcionalmente baixa e, no entanto, ocorrerem ondas de calor.

Portanto, mesmo quando as previsões sazonais são bem interpretadas, talvez não seja óbvia a forma da sua utilização, visto haver muita incerteza inerente e a variável prevista não ter imediata relevância em termos de impacto ou decisões, conforme demonstrado no exemplo anterior. Isto não quer dizer que as previsões sazonais não sejam úteis. Estes aspectos problemáticos apenas sublinham a necessidade de se desenvolverem ferramentas para traduzir as informações em quantidades directamente relevantes para os utilizadores/usuários, e assim estabelecer uma melhor comunicação entre estes últimos e os centros de modelação. A divulgação e a interpretação de informações sobre as previsões sazonais são tanto um desafio importante como o é a própria produção apta destas previsões.

2.6. O futuro da modelação das previsões sazonais

Os modelos de previsão sazonal são, potencialmente, ferramentas extremamente úteis na gestão de riscos devido à instabilidade climática e, por isso, os que prevêem o tempo andam constantemente à procura de formas de melhorarem o seu desempenho e competências. A previsão antecipada de anomalias climatológicas extremas para a estação seguinte, oferece às autoridades responsáveis pela gestão de calamidades a capacidade de preparação e resposta atempada. No entanto, muitas das calamidades generalizadas (ex: cheias e secas) só são simuladas

até um certo ponto devido à fraca resolução dos GCM, o que sugere alguns melhoramentos com uma redução, uma resolução mais forte dos GCM (para se captar a influência da topografia) e um aperfeiçoamento das interações simuladas entre a terra, o mar e a atmosfera. Além disso, o clima em mudança (devido ao aumento das emissões antropogénicas) tem de ser incorporado nos esquemas de previsões sazonais, pois a base de referência climática está em constante mudança. Os modeladores da região estão a contribuir para os esforços de aperfeiçoamento de modelos a nível internacional, que consistem, inter alia, na inclusão de modelos totalmente conjugados, funcionando com elevada resolução horizontal e vertical, a fim de se resolverem

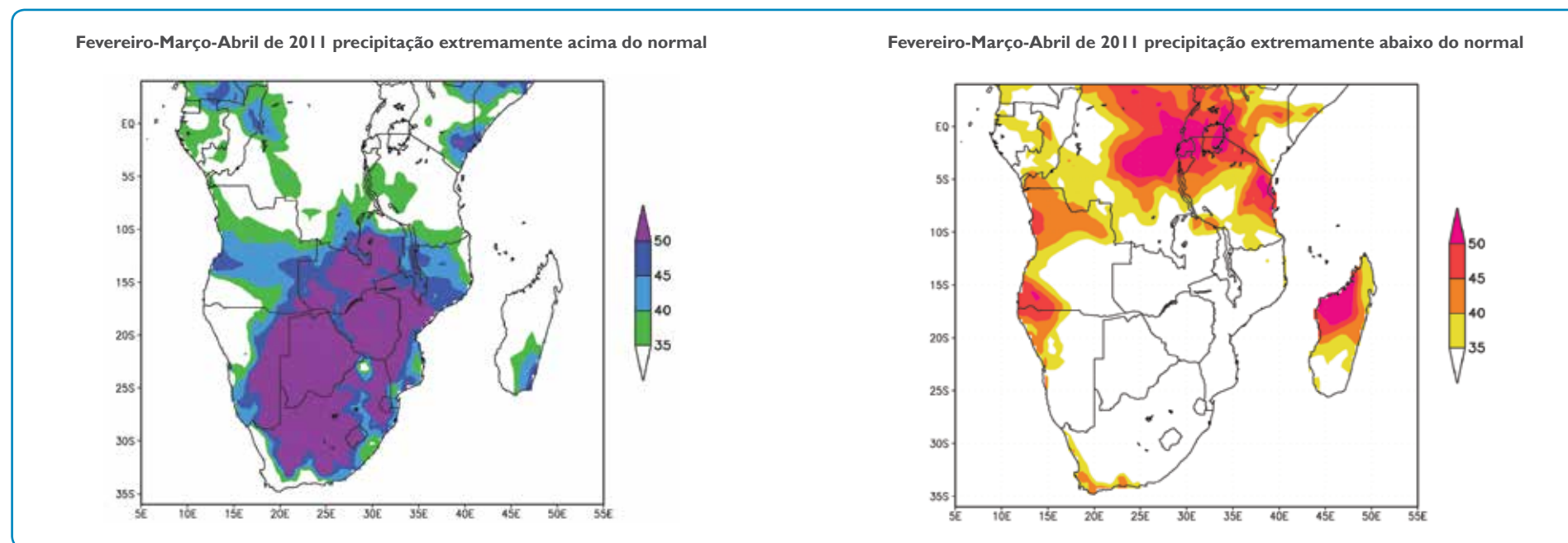
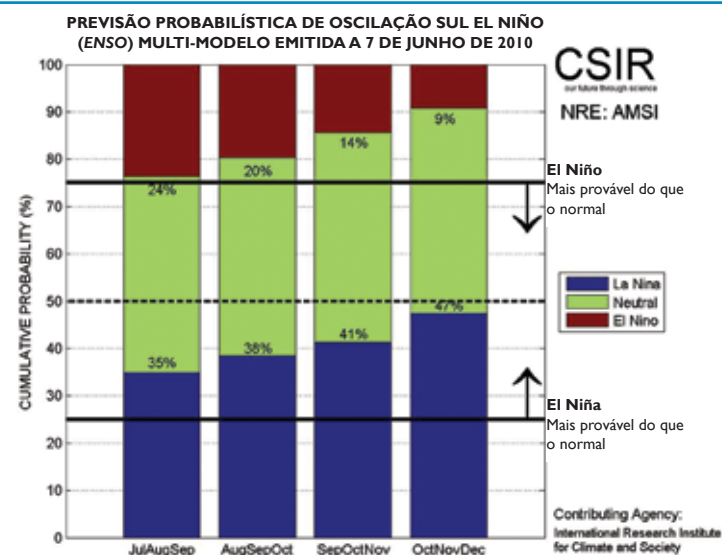


Figura 2.1: Previsão probabilística multi-modelo da probabilidade dos totais de precipitação de Fevereiro-Março-Abril 2011 excederem os percentis 85 (extremamente chuvoso; mostrador esquerdo) 15 (extremamente seco; mostrador direito) do registo climatológico. Esta previsão foi emitida no início de Janeiro de 2011. As faixas do lado direito dos mostradores reflectem as probabilidades. [Obs.: grande parte da África do Sul registou totais de precipitação excepcionalmente altos durante o período observado].

melhor os processos oceânicos e atmosféricos e produzindo vastos conjuntos de previsões. Tudo isto requer maior capacidade de computação. Tais esforços estão ainda a tentar resolver a previsão periódica entre as previsões meteorológicas (essencialmente para sete dias) e as sazonais, e entre as sazonais e as projecções multi-década. Um exemplo é uma previsão de “atribuição” experimental, que procura demonstrar como as próprias previsões sazonais são afectadas pelas alterações climáticas. Contudo, as previsões ao nível de décadas é um campo da investigação de modelação relativamente novo e embora não se possa argumentar contra a possível utilidade das previsões para os próximos 10 anos, serão de uma natureza extremamente experimental até conhecermos melhor os mecanismos físicos da instabilidade climática por décadas. A fim de concretizarmos estes objectivos, são necessários os esforços envidados em prol do desenvolvimento e melhoramento de modelos, assim como o estudo do sistema climatológico com redes de observação alargadas a nível dos oceanos, terra, atmosfera e zonas glaciares.



Para mais informações sobre como o ENSO poderá afectar a precipitação na África Austral nos meses futuros, vide as previsões para a SADC: http://rava.qsens.net/themes/climate_template/

Figura 2.2: Previsão probabilística de Oscilação Sul El Niño (ENSO) multi-modelo, emitida no início de Junho de 2010 para o período de Julho a Dezembro do mesmo ano. Esta previsão indica como a probabilidade de um evento La Niña ocorrer durante o verão de 2010/11 aumenta no fim do ano. [Obs.: o La Niña de 2010/11 observado foi um evento de intensidade moderada].



Formação de interessados da África Austral sobre a utilização eficaz de previsões sazonais nas fases de preparação e planeamento de respostas.

Capítulo 3: Cenários regionais de futuras alterações climáticas na África Austral

Por Mark Tadross, Claire Davis, Francois Engelbrecht, Alec Joubert e Emma Archer van Garderen

Tanto os Modelos de Clima Globais, como as reduções estatístico-dinâmicas indicam um aumento nas temperaturas projectadas. Indica-se um decréscimo da precipitação no inverno (JJA e SON) na parte sudoeste da África do Sul, enquanto no sudeste se regista normalmente mais pluviosidade. Durante SON, sugere-se consistentemente um decréscimo na precipitação em partes da Zâmbia, Zimbabué e a ocidente de Moçambique.

3.1. Introdução

A nível mundial, a crescente subida das temperaturas de superfície nos últimos anos aponta para uma “discernível influência humana no clima” (IPCC, 2007). Como referido anteriormente, o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas – o órgão científico internacional que regularmente analisa os desenvolvimentos científicos no campo das alterações climáticas e apresenta os respectivos relatórios – concluiu que as alterações climáticas são uma realidade e que “existe quase a certeza” no facto de serem devidas à actividade humana. Tais actividades incluem a queima de combustíveis fósseis e a desflorestação, que, por sua vez, dão origem a um aumento das concentrações de gases de estufa na atmosfera.

Neste Capítulo, apresentamos projecções de alterações climáticas regionais para os responsáveis pela tomada de decisões entendam melhor a natureza das mudanças projectadas, assim como as tomar em consideração no processo de formulação e implementação de estratégias de adaptação.

3.2. Como prever o clima

Os Modelos de Clima Globais (GCM) são ferramentas fundamentais utilizadas para avaliar as causas das alterações passadas e projectar as futuras. São modelos computadorizados complexos que assentam nas leis da física e representam as interacções entre os vários componentes do sistema climatológico, como a atmosfera e os oceanos. Uma vez que os futuros níveis de

emissões de gases de estufa dependem do nosso comportamento e escolha de políticas – especialmente se continuamos a depender de combustíveis fósseis ou optamos por fontes de energia renovável – os modelos simulam o clima sob a influência de uma série de cenários de emissões. Cada cenário representa um futuro plausível (vide Caixa 3.1 e 3.2). Esta é uma das razões pelas quais o Quarto Relatório de Avaliação do IPCC projecta que a mudança da temperatura média mundial seja da ordem de 1.1°C a 6.3°C até ao fim do século: a previsão mais baixa de 1.1°C baseia-se num cenário em que o comportamento e as políticas resultam em menos emissões de gases de estufa, enquanto a de 6.3°C o “pior” cenário, em que as emissões aumentam rapidamente. O facto de existirem inúmeras possibilidades futuras é um conceito importante que se deve entender com clareza, pois implica que podemos apenas sugerir certas situações futuras mais prováveis que outras.

Modelos de Clima Globais

Os GCM projectam mudanças de temperatura fiáveis e aptas, porque os processos físicos responsáveis pelo aquecimento são bem assimilados pelos modelos. Contudo, estes modelos são muitas vezes menos aptos na tradução desses dados em mudanças na precipitação e outros parâmetros ao nível local. Tal deve-se ao facto de os GCM serem tipicamente aplicados a uma escala especial de 200-300 km, e não registarem os processos físicos e as características paisagísticas que são factores determinantes do clima local e regional. Por exemplo, as tempestades ocorrem em escalas espaciais que são pequenas demais para os GCM. Isto significa que os GCM não oferecem cálculos fiáveis da precipitação em regiões onde a convecção (o processo físico que causa precipitação durante trovoadas) é importante.

Caixa 3.1: Há algum GCM melhor que outro nas projecções de alterações climáticas futuras?

Apesar de alguns GCM serem melhores na simulação do clima observado que outros, não quer dizer necessariamente que são melhores na simulação de alterações futuras. A comparação de GCM entre si e com observações não é tarefa fácil; um GCM pode ser o melhor na simulação da média de precipitação e temperatura mensal e não da frequência da precipitação do ciclo diário ou diurno. Um outro problema associado à selecção do 'melhor' GCM é que os cenários futuros estão todos ligados à representação dos processos físicos ou dinâmicos do modelo em questão – o que pode criar a impressão de um futuro previsto restritamente, possivelmente não abrangendo a possível vasta amplitude das alterações.

Pode acontecer, contudo, que um GCM não registe características importantes do clima regional (como por exemplo, o ciclo de precipitação anual), o que reduz a confiança na sua capacidade de simulação de processos chave. Nestas circunstâncias, podemos argumentar legitimamente que o GCM não deve ser utilizado para se analisarem as alterações futuras. Uma abordagem adequada seria pois utilizar-se o maior número de GCM (excluindo aqueles que se prove serem inadequados) e expressar as alterações futuras como uma série de alterações ou como uma estatística síntese (ex: mediana) da distribuição das alterações projectadas, apresentando também com um certo reconhecimento da amplitude de possíveis climas futuros.

Caixa 3.2: Previsões, projecções e cenários de alterações climáticas

As **previsões** são uma tentativa de se prever o estado futuro do clima ao longo de períodos relativamente curtos. O exemplo mais conhecido é o das previsões meteorológicas, embora havendo outros como previsões climatológicas ao longo de períodos sazonais ou interanuais. Uma característica importante de todas as previsões é serem verificáveis: devido à sua curta duração, a sua performance pode ser sempre comparada com a realidade.

Uma **projectão** é uma afirmação de um possível (provável) estado futuro do sistema climatológico, dependente da evolução de um conjunto de factores ao longo do tempo (ex: cenários de emissões – vide abaixo). Dado o facto de serem de longo prazo, estas projecções não são geralmente verificáveis a curto prazo.

Um **cenário** é uma descrição coerente, internamente consistente e plausível de uma possível situação do mundo. Não é uma previsão; ou seja, cada cenário é uma possibilidade de como será o futuro. Adopta-se com frequência um conjunto de cenários para reflectir a possível gama de condições futuras, em termos de alterações ao sistema climatológico, circunstâncias socioeconómicas ou outras possíveis mudanças. O IPCC publicou o seu Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (SRES) que descreve uma série de possíveis cenários com base em quatro 'enredos': A1, B1, A2 e B2. Estes enredos presumem diferentes cursos de desenvolvimento para o mundo, atribuindo mais peso a considerações ambientais (B família) ou económicas (A família), e a mais desenvolvimento global (A1, B1) ou regional (A2, B2). Cada um destes cenários tem associada uma via de emissões para o período 2000-2100. Estas vias descrevem a quantidade de gases de estufa (e outros gases atmosféricos) emitidos pela actividade humana no futuro. Os GCM podem depois utilizar estas emissões futuras (que definem alterações na concentração destes gases na atmosfera) para "modelar" (delinear) o clima futuro.

As técnicas de 'Redução', que traduzem as mudanças da circulação atmosférica em grande escala (geralmente bem reproduzidos pelos GCM) em escalas espaciais mais reduzidas, são geralmente mais escolhidas para projecções de alterações climáticas a nível local e regional.

Como prever a mudança climática regional

Como referido anteriormente, a resolução espacial dos GCM é muito baixa (grelhas de 200-300 km) para poderem representar os padrões de circulação e processos físicos (ex: convecção) que

determinam o clima a nível regional e, sobretudo, local. A fim de se criarem simulações mais detalhadas do clima regional e local, podem empregar-se dois tipos de metodologia de redução – redução estatística (empírica) e dinâmica (vide Caixa 3.3).

"Redução" é o termo usado para descrever o processo através do qual as projecções dos GCM são traduzidas aos níveis regional e local. Os cenários reduzidos a uma escala espacial mais circunscrita são mais úteis para a análise de impactos locais e regionais, adaptação e elaboração de políticas.

Mundialmente, as projecções reduzidas são cada vez mais utilizadas em estudos de impactos e adaptação, sendo por isso, vital conhecerem-se bem as vantagens e limitações destes conjuntos de dados. Uma das principais limitações das técnicas de redução é o facto de a sua performance depender grandemente da qualidade dos dados introduzidos, e de os dados reduzidos poderem herdar suposições e erros das simulações do GCM. Em qualquer análise de impacto e adaptação deveriam usar-se GCM e projecções reduzidas, para se considerar assim a gama de projecções das alterações climáticas. Apesar de ser suposto as simulações reduzidas oferecerem, em teoria, uma descrição mais precisa do clima regional e da sua mudança prevista, não quer dizer que quanto maior for a resolução das simulações, maior é o nível de confiança nas projecções.

Como distinguir entre risco e incerteza

Embora tenhamos uma descrição mais precisa de eventos climatológicos passados, nunca podemos estar certos do que acontecerá no futuro. Por esta razão, a questão da incerteza é crucial para se compreenderem as alterações climáticas futuras, sobretudo na fase de elaboração de estratégias de adaptação que beneficiem tanto a situação socioeconómica passada como a futura. A incerteza não faz com que não tenhamos confiança nas nossas projecções do clima futuro; antes, implica que há probabilidades ou níveis de confiança associados a um determinado resultado. De facto, todas as projecções climáticas (assim como as de curto prazo e as sazonais, referidas no Capítulo 2) são formuladas em termos da probabilidade de certas condições

Caixa 3.3 Redução estatística (empírica)		RCM (Modelos de Clima Regionais)
Definição	As características climáticas em grande escala estão estatisticamente relacionadas com o clima local de uma região – utilizam-se observações históricas	Um modelo de clima dinâmico (um modelo de área limitada ou um modelo global de resolução variável) encaixado num GCM
Vantagens	▪ Produção a nível de estação ▪ Necessários menos recursos computacionais ▪ Disponíveis para mais GCM, permitindo uma análise das probabilidades e riscos ▪ Pode aplicar-se a qualquer variável observada, ex: caudais	▪ Resolução de 10-50 km ▪ Interações físicas e processo de feedback detalhado (não antecipado com métodos estatísticos) podem ser simulados ▪ Melhor simulação de dinâmicas climáticas regionais ▪ Pode incluir outros processos não incluídos nas simulações dos GCM ▪ Consistente com as simulações dos GCM ▪ Não dependem da hipótese da estacionariedade¹ do clima (Wilby <i>et al.</i>, 2003)
Limitações	▪ Pode não tomar em conta algumas interações locais, ex: entre a terra e a atmosfera ▪ Pressupõe que relações estatísticas actuais entre climas sinóticos e locais perdurarão no futuro (Wilby <i>et al.</i>, 2003) ▪ Exige dados de observação de alta qualidade ▪ A selecção das variáveis pode alterar os resultados ▪ Os resultados não sustentam o GCM ▪ A selecção do esquema de transferência estatística pode afectar os resultados	▪ Exigente em termos computacionais ▪ Geralmente, poucos cenários elaborados ▪ Susceptível à selecção das parametrizações físicas ▪ Não é facilmente transferível para outras regiões ▪ Feedbacks de nível regional a global podem ser considerados, mas quase inexistentes

¹ A estacionariedade pressupõe que mediana, variância e outras propriedades estatísticas são constantes no tempo (e espaço, se aplicável).

ocorrerem no futuro. Este é uma conjectura comum na qual os seres humanos operam – determinar possíveis riscos e oportunidades futuras, em vários domínios, como em tomada de decisões a nível financeiro e de investimento.

Para se avaliar o risco, é necessário ter-se em consideração todas as fontes de informação. É, pois, essencial um quadro probabilístico para se desenvolverem projecções incorporando as diferentes fontes de informação. O *IPCC* define quatro fontes de incerteza nas projecções das alterações climáticas.

- **Instabilidade natural.** Existem certas forças climatológicas naturais que são extremamente difíceis ou até impossíveis de prever, mas que podem afectar a mudança do clima. Por exemplo, futuros períodos de acentuada actividade vulcânica podem dar origem a concentrações mais elevadas de dióxido de enxofre na estratosfera, que emitido para o espaço novamente através da radiação solar, atrasará o ritmo do aquecimento global. Ademais, devido à limitação de imperfeitas observações do clima actual e da sua instabilidade (em tempo e espaço), pouco ficamos a saber sobre a instabilidade natural. É difícil caracterizar esta instabilidade e a que ponto aumentará ou reduzirá o sinal climático devido à actividade humana.
- **Futuras emissões causadas pela actividade humana.** Grande parte das alterações projectadas, pelo menos em termos de magnitude, depende da forma como a sociedade irá mudar a sua actividade futura e as emissões de gases com efeito de estufa. Mesmo assim, o mundo já se comprometeu a uma taxa de mudança com base em emissões anteriores (pelo menos 0.6°C de aquecimento na temperatura média mundial). As respostas humanas na gestão das emissões podem dar origem a uma mudança na projectada temperatura mundial média de entre 1.1° a 6.3°C até ao final do século (*IPCC*, 2007).
- **Incerteza nas ciências.** Isto complica-se ainda mais em África devido aos poucos conhecimentos sobre a dinâmica regional do clima do continente. Podem existir aspectos do sistema climatológico regional que interajam com mudanças globais forçadas para exacerbar ou mitigar as mudanças previstas, como por exemplo: mudanças na utilização das terras.
- **Incerteza relativamente à reposta regional às mudanças em grande escala.** Ferramentas de redução igualmente válidas e cientificamente defensáveis podem projectar respostas

diferentes do clima regional a forças de grande escala. Ou seja, há um invólucro de incerteza associado aos possíveis resultados climatológicos no caso de forças de grande escala. Por outro lado, todas as técnicas de redução são imperfeitas na sua descrição do sistema climático regional, tal como os *GCM* são imperfeitos ao descreverem o sistema climático mundial. Isto leva a mais incertezas relativamente às projecções das alterações climáticas regionais.

3.3. Mudança climática projectada para a África Austral

Projecções com base em GCM

Todos os *GCM* utilizados aqui foram incluídos no 4º Relatório de Avaliação do *IPCC* e salientamos os influenciados pelos cenários de emissões SRES B1 (que prevê que a sociedade reduzirá a utilização de combustíveis fósseis e aumentará a tecnologia limpa, assim como uma ênfase na estabilidade social e ambiental) e A2 (que prevê que a sociedade continuará a utilizar os combustíveis fósseis a uma taxa de crescimento moderada, haverá menos integração económica e as populações continuarão a crescer), (*IPCC*, 2000). A selecção destes dois cenários oferece-nos uma estimativa razoável dos limites mais e menos elevados das alterações climáticas regionais, consistentes com os limites apresentados pelo *IPCC* AR4. Os pormenores dos *GCM* usados em cada cenário apresentam-se na Caixa 3.4.

Precipitação

As Figuras 3.1 a 3.4 indicam a mediana da mudança em precipitação proveniente do *GCM* para cada cenário e cada uma das quatro estações: Dezembro-Fevereiro (DJF), Março-Maio (MAM), Junho-Agosto (JJA) e Setembro-Novembro (SON). Indica-se também em cada Figura a percentagem dos modelos que coincidem com uma mudança positiva, ou seja, percentagens elevadas (>80%) indicam que a maioria dos modelos (13 B1 e 15 A2) projecta um aumento em precipitação, e percentagens baixas (<20%) indicam que os modelos geralmente tendem a sugerir uma diminuição de precipitação. As percentagens perto de 50% (ex: 30-60%) sugerem que os modelos não divergem no sinal da mudança, ou seja: se será positiva ou negativa. Esta é uma forma de se representar a incerteza nas projecções dos modelos e os dados são adicionados às estimativas médias (percentil 50) para indicar se os modelos estão seguros de um acréscimo ou decréscimo de precipitação.

Caixa 3.4: GCM usados para se chegar à mudança climática projectada (do período de referência 1960-2000) para 2030-2060²

<i>Grupo (s) responsável</i>	<i>País</i>	<i>I.D.</i>	<i>Cenário B1</i>	<i>Cenário A2</i>
Bjerknes Centre for Climate Research	Noruega	BCCR-BCM2.0	Sim	Sim
Canadian Centre for Climate Modelling & Analysis	Canadá	CGCM3.1 (T63)	Sim	Sim
Météo-France / Centre National de Recherches Météorologiques	França	CNRM-CM3	Sim	Sim
CSIRO Atmospheric Research	Austrália	CSIRO-Mk3.5	Sim	Sim
Meteorological Research Institute	Japão	MRI-CGCM2.3.2	Sim	Sim
Max Planck Institute for Meteorology	Alemanha	ECHAM5/MPI-OM	Sim	Sim
US Dept. of Commerce / NOAA / Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	EUA	GFDL-CM2.0	Sim	Sim
US Dept. of Commerce / NOAA / Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	EUA	GFDL-CM2.1	Sim	Sim
Meteorological Institute of the University of Bonn, Meteorological Research Institute of KMA	Alemanha/Coreia	ECHO-G	Sim	Sim
Institut Pierre Simon Laplace	França	IPSL-CM3	Sim	Sim
Instituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	Itália	INGV-SXG	Não	Sim
Institute for Numerical Mathematics	Rússia	INM-CM3.0	Sim	Sim
Center for Climate System Research (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAMSTEC)	Japão	MIROC3.2 (resolução média)	Sim	Sim
Hadley Centre for Climate Prediction and Research / Met Office	UK	UKMO-HadCM3	Sim	Sim
Hadley Centre for Climate Prediction and Research / Met Office	UK	UKMO-HadGEM1	Não	Sim

² http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/model_documentation/ipcc_model_documentation.php

De salientar que existem apenas diferenças subtis entre os cenários B1 e A2, o que indica que, para este período da metade do século, a selecção dos cenários de emissões não afecta as alterações projectadas em precipitação, pelo menos no caso de se tomar em consideração uma série de GCM. Visto algumas diferenças poderem dever-se aos conjuntos de GCM utilizados em cada cenário, é aconselhável não se prestar muita atenção às diferenças entre os cenários.

A Figura 3.1 indica que durante o DJF, a estação principal em termos de precipitação em grande parte da África Austral, existe uma tendência para os modelos sugerirem secas na parte central da região (apesar de ser simulado por menos de 70% dos GCM), com pequenos e consistentes aumentos a norte na África Oriental. Denotam-se as mesmas tendências durante a MAM (Figura 3.2), embora com decréscimos mais consistentes em precipitação a sudoeste do continente. Em todos os casos, é de salientar que regiões pequenas e isoladas (ex: pequenas partes a azul no

modelo A2 para o DJF) deviam ser ignoradas, pois representam apenas 1 ou 2 pixels do GCM, uma escala à qual é discutível se os GCM são aptos.

Para o JJA (Figura 3.3), a maioria dos modelos simulam um decréscimo em precipitação em quase toda a região. Todavia, uma vez que estas mudanças são insignificantes e o JJA é a estação seca na maioria dos países, o impacto deste decréscimo será provavelmente mínimo. Uma excepção é o Cabo do sudoeste na África do Sul, uma região cuja estação da chuva é o inverno e para a qual o decréscimo geral projectado pode ser significativo. Igualmente importantes são os decréscimos em precipitação consistentemente simulados durante o SON (Figura 3.4) por quase toda a região da África Austral. Este é o período do início das chuvas e indica uma redução da precipitação no princípio da estação.

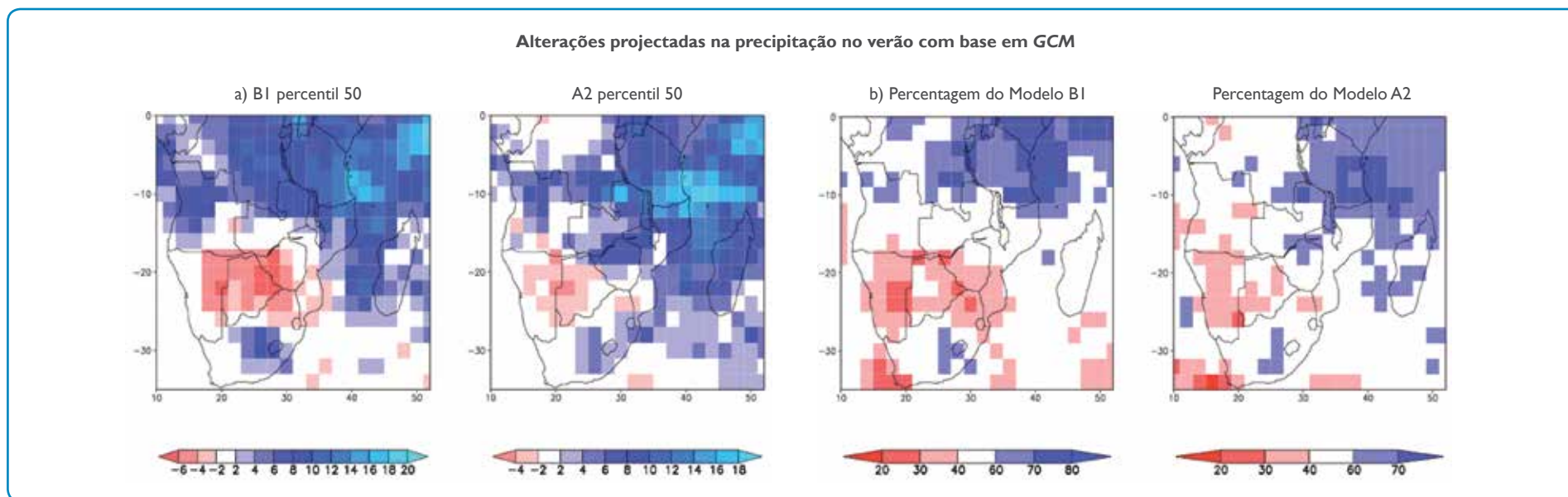


Figura 3.1: Estação DJF: a) Alteração da precipitação média de 2030-2060 (mm estação⁻¹); b) Percentagem de modelos que indicam um aumento de precipitação.

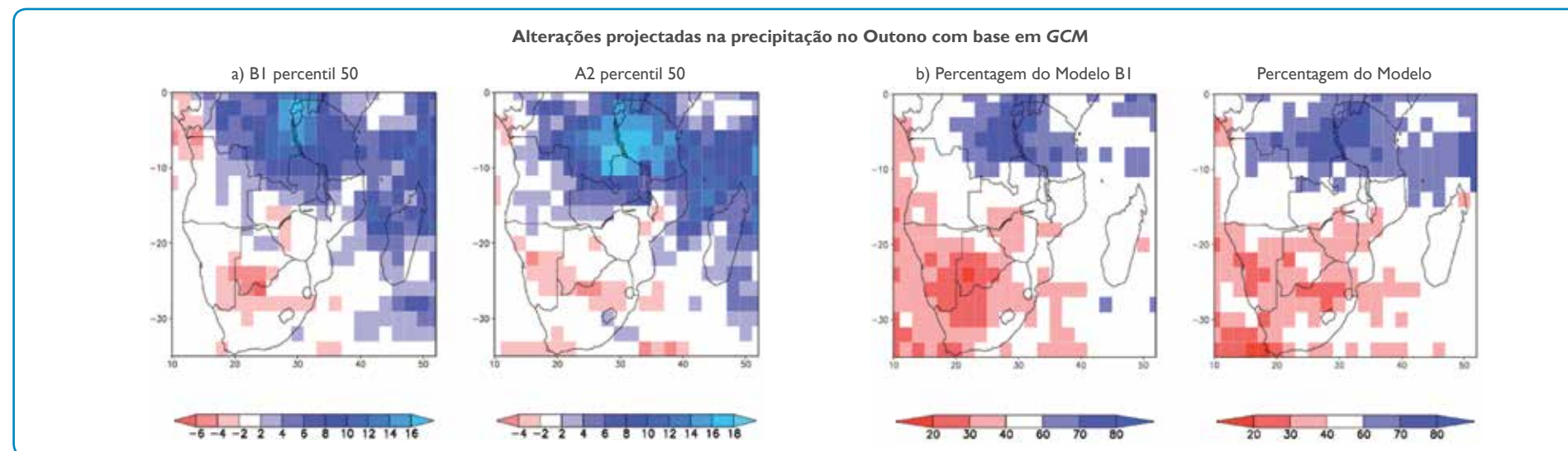


Figura 3.2: Estação MAM: a) Alteração da precipitação média de 2030-2060 (mm estação⁻¹); b) Percentagem de modelos que indicam um aumento de precipitação.

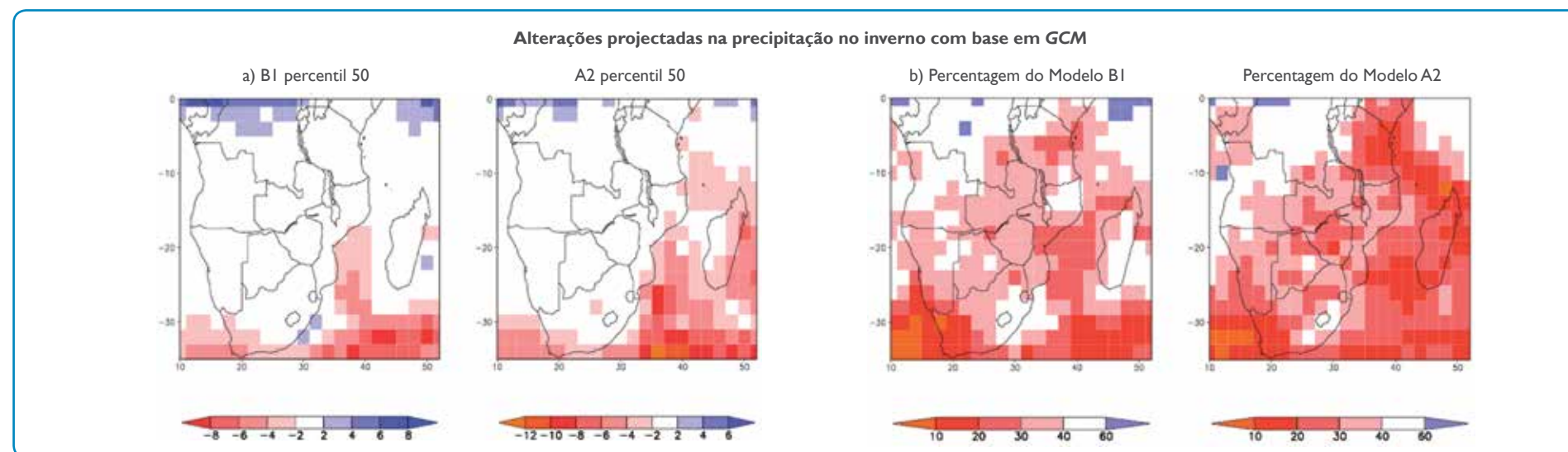


Figura 3.3: Estação JJA: a) Alteração da precipitação média de 2030-2060 (mm estação⁻¹); b) Percentagem de modelos que indicam um aumento de precipitação

Alterações projectadas na precipitação na primavera com base em GCM

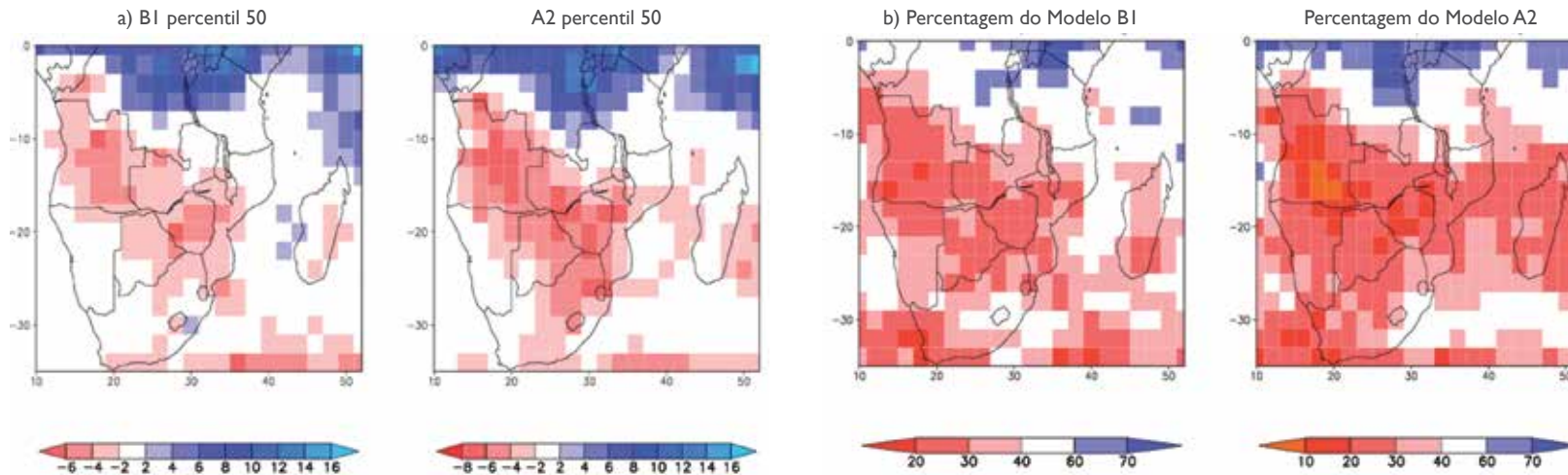


Figura 3.4: Estação SON: a) Alteração da precipitação média de 2030-2060 (mm estação⁻¹); b) Percentagem de modelos que indicam um aumento de precipitação.

Temperatura

A Figura 3.5 apresenta a alteração mediana da média anual da temperatura de superfície dos GCM para os cenários B1 e A2. Devido aos modelos apontarem para um aumento na temperatura, não explicamos a consistência dos mesmos como no caso da precipitação. Constatamos que se prevê que as temperaturas subam entre 1 e 3°C em quase todas as zonas terrestres até 2060 aproximadamente. No cenário de emissões A2, os aumentos são superiores e nas regiões áridas do sudoeste da massa continental, regiões nas quais se prevê também os maiores decréscimos na média de precipitação no futuro. Prevê-se ainda que as temperaturas aumentem mais durante as estações secas, JJA e SON, do que nas chuvosas, DJF e MAM (não indicado). Os aumentos de temperatura ao longo das zonas costeiras são geralmente previstos como sendo inferiores aos das zonas do interior, devido aos efeitos moderadores do mar (as temperaturas costeiras são largamente controladas pelas massas marítimas circunjacentes).

Ventos

A Figura 3.6 indica a alteração mediana na direcção e velocidade do vento de superfície (10 m) simulada pelos 15 GCM do cenário de emissões A2. Apresentamos apenas o cenário A2,

porque as alterações são semelhantes no cenário B1 (embora ligeiramente mais pequenas) e não alteram de forma significativa a seguinte explanação. No DJF, as alterações são sobretudo no aumento de um vento de nordeste a sul de 30°S, que enfraquece a circulação normal de nordeste no extremo sul e fortalece a circulação de leste mais a norte (sul de Madagáscar e sudoeste do continente). Estas alterações associam-se às da dinâmica de circulação regional, nomeadamente a decrescente influência dos do oeste e respectivo afastamento das tempestades de latitude média para sul – com um aumento simultâneo na intensidade dos anticiclones sobre os Oceanos Índico e Atlântico (reparar no aumento da circulação offshore a sudoeste do continente).

Durante a MAM, a principal característica é um aumento da monção sudeste sobre o Oceano Índico tropical, o que aumenta a advecção do ar húmido sobre o leste de África e contribui para os aumentos de precipitação na Figura 3.2. No JJA e SON, a característica mais saliente é o aumento da intensidade do sistema de alta pressão do Atlântico, cujo resultado é um aumento da circulação offshore perto da Cidade do Cabo. Em ambas as estações, há também a indicação da redução da circulação oeste para sul, apesar de ser uma alteração mínima e provavelmente simulada menos consistentemente pelos GCM.

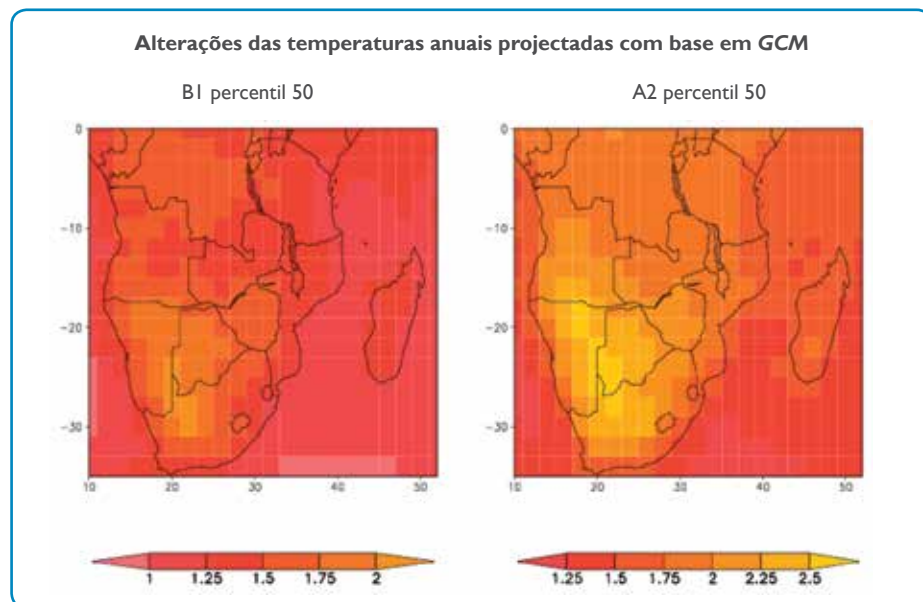


Figura 3.5: Alteração da média da temperatura anual (°C) para 2030-2060, em relação ao período 1960-2000. Cenário B1 à esquerda e cenário A2 à direita.

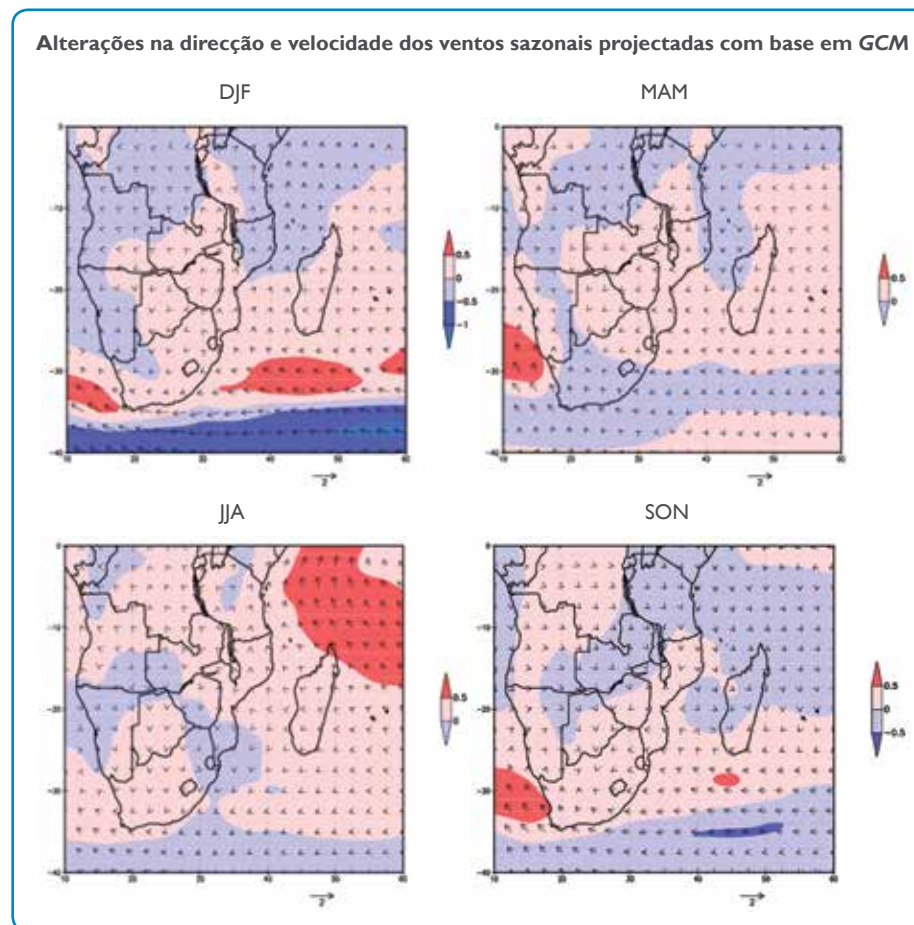


Figura 3.6: Alterações médias da direcção e velocidade do vento (10 m) - (para 2030-2060, em relação a 1960-2000), simuladas pelos 15 GCM do cenário A2. A seta indica a escala relativa de 2 ms⁻¹.

Projeções com base na redução estatística de GCM

A redução estatística de dez GCM (CGCM3.1(T63), CNRM-CM3, CSIRO-Mk3.5, MRI-CGCM2.3.2, ECHAM5/MPI-OM, GFDL-CM2.0, ECHO-G, IPSL-CM3, MIROC3.2 (resolução média), GFDL-CM2.1 – vide Tabela 3.5) foi efectuada pelo Grupo de Análise de Sistemas Climáticos da Universidade de Cape Town com o método *Self Organizing Map Downscaling (SOMD)*, (Hewitson and Crane, 2006). Estimativas de precipitação obtidas via satélite³ (RFE) a uma resolução especial de 0.1° produzidas pelo *Climate Prediction Centre* e análise interinas de temperaturas ERA⁴ (0.75° resolução espacial) são utilizadas como observações para a redução. As temperaturas são bastante comparáveis com as observadas pelo *Climatic Research Unit (CRU)* – apresentadas no Capítulo 1 – mas os desequilíbrios nas RFE (muitos dias de chuva com 2 mm ou menos) afectam possivelmente a magnitude das alterações de precipitação projectadas. No caso da precipitação, o foco recai portanto, nos padrões espaciais da mudança para se identificarem as regiões onde esta é simulada mais consistentemente pelos diferentes GCM reduzidos. Todas as alterações pressupõem um cenário de emissões A2 SRES e referem-se ao período 2036-2065 em relação a 1961-2000.

Os cenários reduzidos de mudança de precipitação e temperatura na África Austral são apresentados espacialmente na secção seguinte, figurando primeiro as alterações anuais projectadas e depois as sazonais. As alterações são expressas como anomalia: a diferença entre o clima projectado (2036-2065) e a média das últimas décadas (1961-2000). No caso da precipitação, é indicada a mediana de todos os modelos reduzidos estatisticamente, e no da temperatura, indicam-se os percentis 10, medianas e percentis 90 (designados invólucro de mudança) dos dez modelos reduzidos estatisticamente, com o objectivo de se demonstrar a multiplicidade de possibilidades futuras.

Precipitação

Para quase toda a região da África Austral, projecta-se um aumento de precipitação de entre 10 e 130 mm por ano a partir da mediana dos dez GCM reduzidos estatisticamente (Figura 3.7). A magnitude das alterações medianas é pequena porque a mediana expressa o 'meio' ou o percentil 50 de uma série de modelos reduzidos, alguns dos quais projectam alterações negativas e outros positivas. É pois, importante não supor que isto representa a melhor 'predição', mas antes que é uma indicação do sentido mais provável das alterações – positivo ou negativo. Pequenas zonas ao longo da costa ocidental, no centro do Zimbabué, a leste da Zâmbia e nordeste de Moçambique,

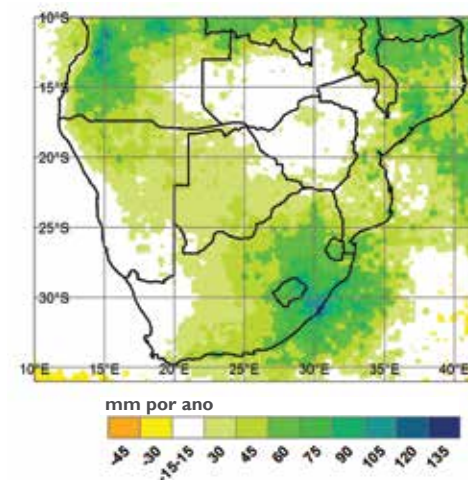
indicam um declínio em precipitação; a oeste e norte de Angola, Moçambique e leste da África do Sul (incluindo o Lesoto) indica-se uma ocorrência de precipitação mais levada que a actual.

A nível sazonal, as mudanças fundamentais ocorrem durante o SON e o DJF e podem resumir-se como (Figura 3.8):

- aumentos de precipitação durante o SON no sudeste da África do Sul e Angola, e decréscimos mais a norte em partes da Zâmbia, Moçambique e Zimbabué;
- decréscimos de precipitação durante o DJF ao sul da Zâmbia, Zimbabué e sul de Moçambique.

Em todas as estações, prevê-se um decréscimo de precipitação na região ocidental da África do Sul onde ocorrem as chuvas do inverno (Figura 3.8), mas em outras regiões da África Austral, prevê-se mais chuva de inverno no JJA. Algumas áreas têm mais precipitação durante a MAM (Figura 3.8), o que pode indicar um prolongamento da estação das chuvas em algumas áreas, embora seja apenas especulação por enquanto.

Alterações na precipitação média anual projectadas com base em 10 GCM reduzidos estatisticamente



Dados facultados por CSAG
Mapa elaborado por Claire Davis, CSIR

Figura 3.7: Alterações da precipitação média anual (2036-2065, em relação a 1961-2000) projectadas como tal, em milímetros, e com base na mediana de 10 GCM reduzidos estatisticamente.

³ <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/fews/rfe.html>

⁴ <http://www.ecmwf.int/products/data/archive/descriptions/ei/index.html>

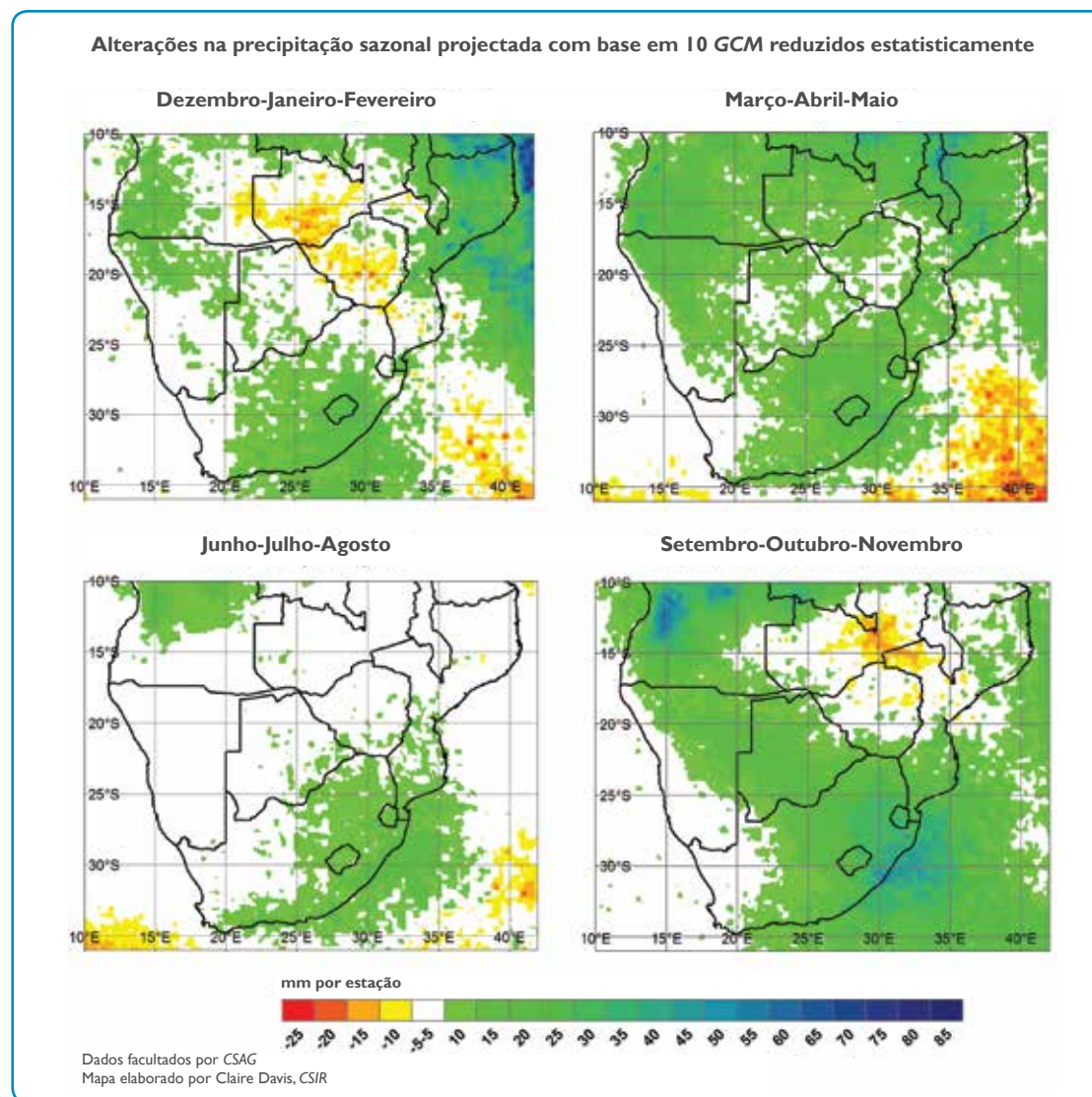


Figura 3.8: Alterações na precipitação média no Verão (DJF), Outono (MAM), Inverno (JJA) e Primavera (SON) (para 2036-2065, em relação a 1961-2000) expressas como tal em milímetros e com base em 10 GCM reduzidos estatisticamente.

Temperatura

Todos os dez GCM reduzidos estatisticamente indicam um aumento na temperatura, mas diferem na magnitude desse aumento: os percentis 10 e 90 indicam o limite inferior e superior das alterações apresentadas pelos GCM.

Prevê-se uma subida das temperaturas mínima e máxima numa região de entre 0.8 e 3.60 °C por ano (indicada nos mapas das Figuras 3.9 e 3.10). Prevê-se que as zonas do interior sofram um aquecimento mais intenso que as costeiras. Em comparação com as outras estações, na Primavera (SON) prevê-se a maior subida de temperatura (Figura 3.11).

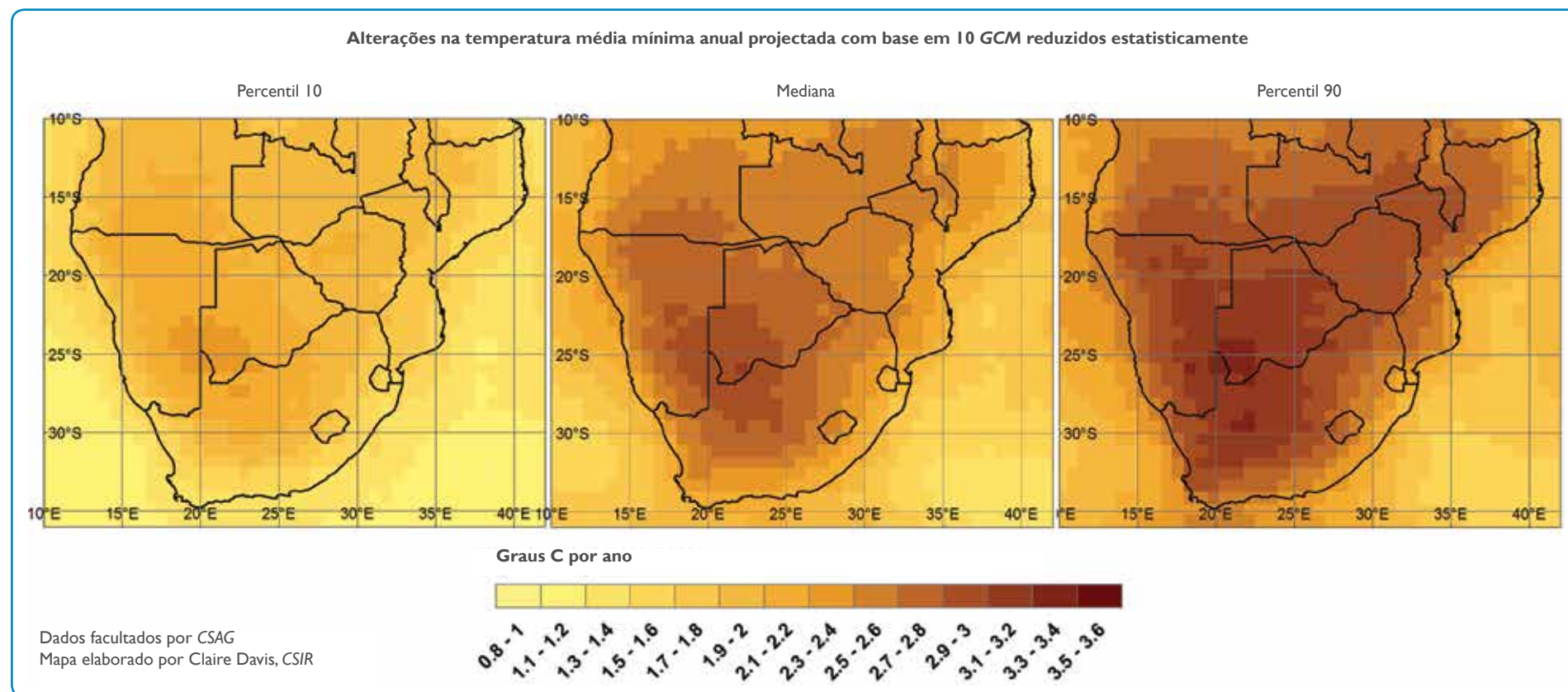


Figura 3.9: Alterações na temperatura (°C) mínima projectadas para 2036-2065 em relação a 1961-2000 com base no percentil 10, mediana e percentil 90 de 10 GCM reduzidos estatisticamente.

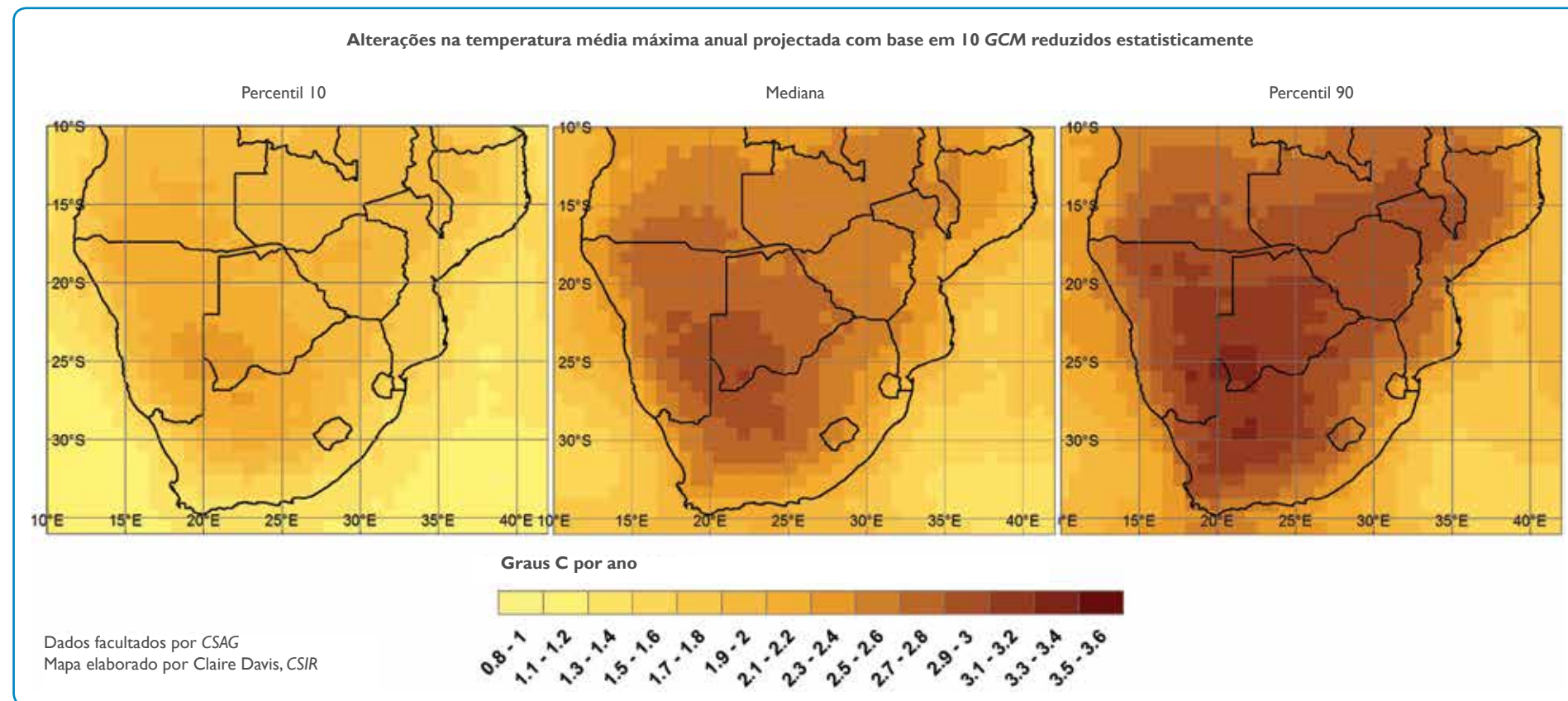


Figura 3.10: Alterações na temperatura (°C) máxima projectadas para 2036-2065 em relação a 1961-2000 com base no percentil 10, mediana e percentil 90 de 10 GCM reduzidos estatisticamente.

Alterações na temperatura média sazonal projectadas com base em 10 GCM reduzidos estatisticamente

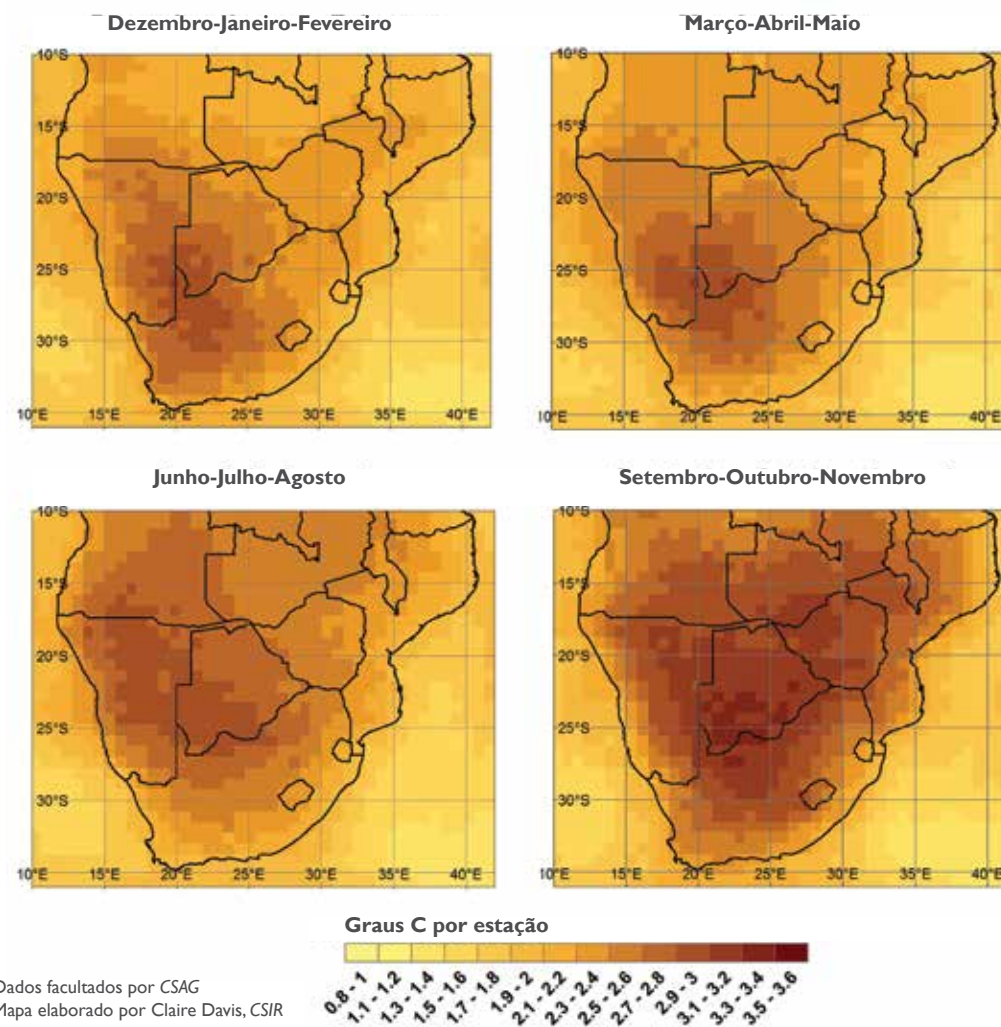


Figura 3.11: Alterações na temperatura média sazonal (°C) para 2036-2065 em relação a 1961-2000 e com base na mediana de 10 GCM reduzidos estatisticamente.

Projeções com base na redução dinâmica de GCM

Um conjunto de seis simulações climáticas foi levado a cabo pelo *Climate Studies, Modelling and Environmental Health (CSM&EH) Research Group* do Conselho para a Investigação Científica e Industrial (CSIR) da África do Sul em 2010. Nestas experiências, aplicou-se um modelo global de circulação atmosférica de resolução variável (AGCM) como modelo climático regional (RCM) visando a simulação do clima actual e futuro da África Austral e circunjacentes oceanos – a uma resolução espacial de cerca de 0.5° de latitude e longitude. Os dados de base e estabelecimento de limites utilizados abrangeram as simulações de temperaturas de superfície (SST) e campos de gelo marinho de 1961-2100 de seis modelos de circulação globais conjugados (CGCM) que contribuíram para o Relatório de Análise 3 (AR3) do *Inter-Governmental Panel on Climate Change (IPCC)* – assim como a topografia, vegetação, albedo e campos de rugosidade da superfície. As seis projecções aplicam-se ao cenário de emissões A2. Os CGCM que foram reduzidos são o CSIRO Mk3.5, UKMO- HADCM3, ECHAM5/MPI-OM, MIROC3.2 (resolução média), GFDL-CM2.0 e GFDL-CM2.1 (vide pormenores na Caixa 3.4).

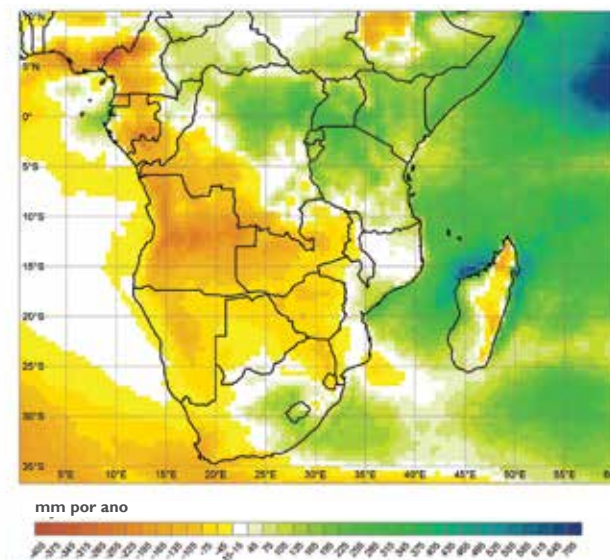
O AGCM utilizado para as reduções foi o modelo atmosférico cúbico conforme (CCAM) do *Commonwealth Scientific and Industrial Research Council (CSIRO)* na Austrália (McGregor, 2005). Estudos mais antigos sobre projecções climáticas na África Austral com CCAM, incluindo a verificação da aptidão de simulação do clima actual do modelo, encontram-se descritos por Engelbrecht *et al.*, (2009) and Engelbrecht *et al.*, (2011).

Precipitação

A média da mudança dos seis modelos reduzidos dinamicamente indica que grande parte da região da África Austral registará muito provavelmente um decréscimo na precipitação anual (Figura 3.12), e que a leste de África e no interior daquela se registarão aumentos. Este padrão de mudança é em grande medida consistente com o da projecção mediana do GCM descrita anteriormente, indicando que a tendência de cada conjunto de modelos em cada caso é semelhante. A redução dinâmica das alterações dos totais de precipitação sazonal é semelhante ao padrão de mudança nos totais de precipitação anual. Particularmente interessantes são os relativamente grandes aumentos de precipitação projectados para o Cabo Ocidental na África do Sul em JJA e para a África oriental no DJF (Figura 3.13).

As diferentes respostas medianas da precipitação derivada dinâmica e estatisticamente para grande parte da África Austral é em parte um exemplo do quarto tipo de incerteza descrito anteriormente – a incerteza associada à resposta do clima regional a forças de grande escala e/ou técnicas de redução imperfeitas, assim como a diferentes forças regionais aplicadas em cada caso. Resta investigar se estas diferenças são estatisticamente significativas, dada a ordem dos vários cálculos. De salientar que as reduções dinâmicas e estatísticas transmitem mensagens consistentes e firmes sobre os futuros decréscimos de precipitação no sudoeste do Cabo na África do Sul, em partes do Zimbabué, Moçambique e Zâmbia, e sobre os aumentos na África oriental e no sudeste da África do Sul.

Alterações na precipitação anual projectadas com base em 6 GCM reduzidos dinamicamente



CSIR

Elaborado por Claire Davis, 2011

Figura 3.12: Alterações nos totais de precipitação anual (mm) para o período 2036-2065 em relação a 1961-2000, projectadas com base na mudança mediana de seis GCM reduzidos dinamicamente.

Alterações na precipitação sazonal projectadas com base em 6 GCM reduzidos dinamicamente

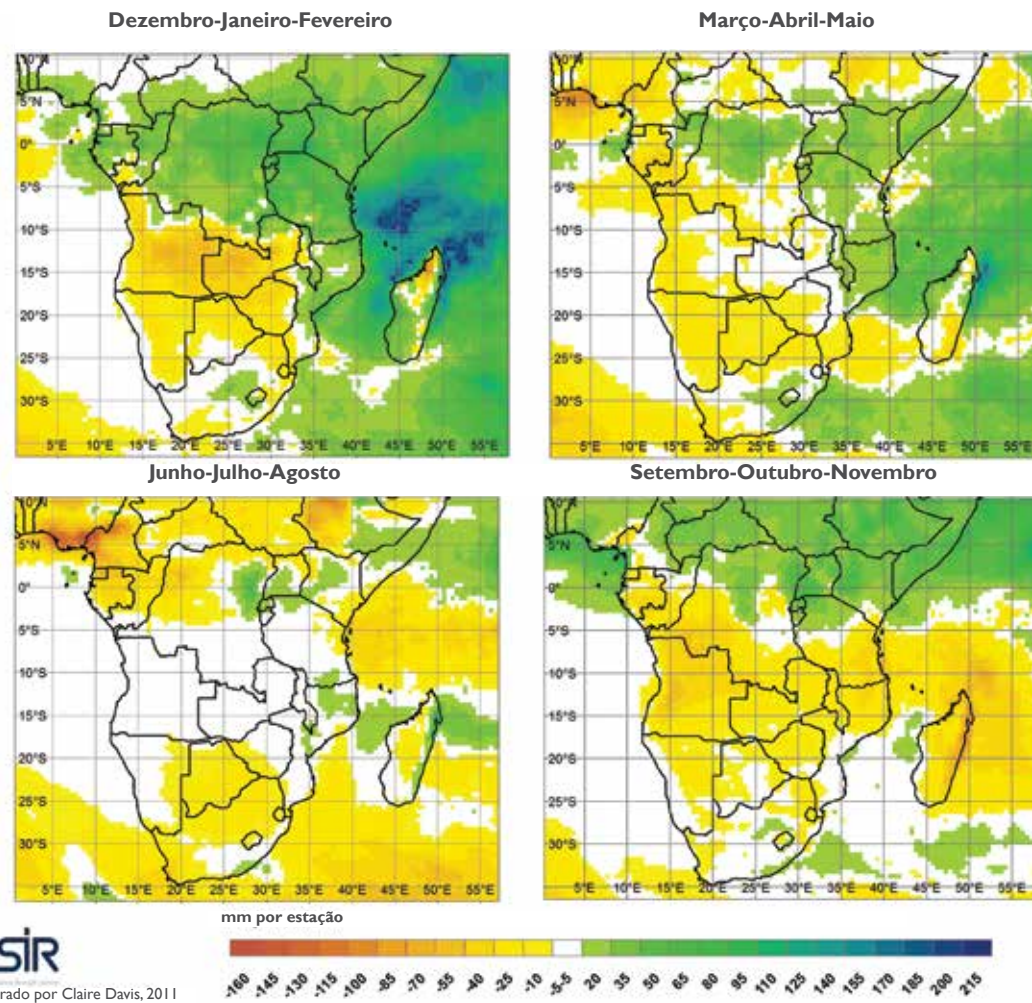


Figura 3.13: Alterações nos totais de precipitação média no Verão (DJF), Outono (MAM), Inverno (JJA) e Primavera (SON) para o período 2036-2065, em relação a 1961-2000, projectadas com base na mudança média de seis GCM reduzidos dinamicamente.

Temperatura

Tal como na secção anterior, todos os seis GCM reduzidos dinamicamente indicam uma subida de temperatura, mas diferem na magnitude dessa subida, e como tal apresentam-se aqui, para além da mediana, os percentis 10 e 90.

Prevê-se uma subida na temperatura mínima e máxima numa região de entre 0.3 e 3.20 °C por ano, tomando em consideração o limite inferior (percentil 10) e o superior (percentil 90) dos

modelos usados (indicados nos mapas das Figuras 3.14 e 3.15), que são ligeiramente mais baixos que os projectados pelos modelos reduzidos estatisticamente. Estas estimativas mais baixas são, pelo menos em parte, influenciadas pela topografia mais elevada nas simulações dos modelos regionais. De novo, prevê-se que as regiões do interior registarão um aquecimento mais intenso que as costeiras. Contudo, de acordo com os modelos reduzidos dinamicamente, prevê-se que as temperaturas no Inverno (JJA) registem as maiores subidas, em comparação com as outras estações (Figura 3.16).

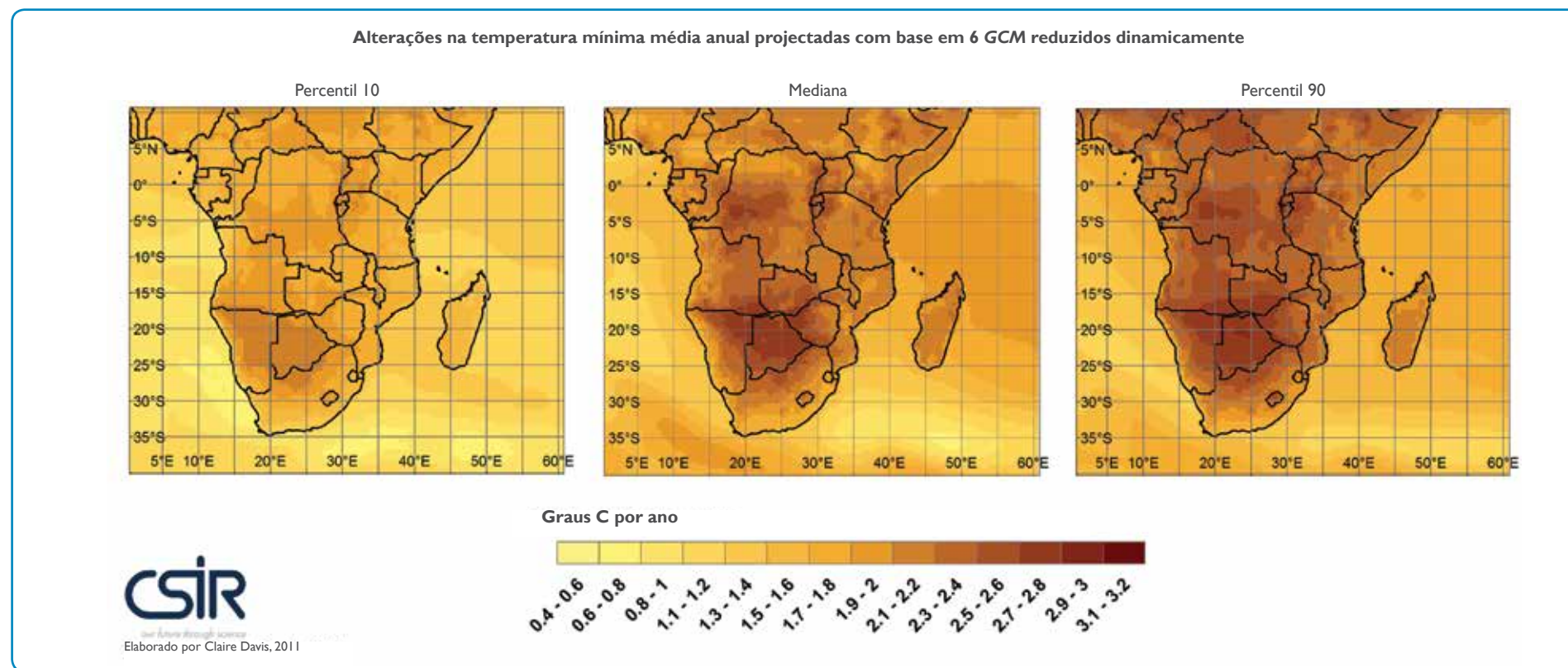


Figura 3.14: Alterações na temperatura mínima (°C) projectadas para 2036-2065 em relação ao período 1961-2000, com base no percentil 10, mediana e percentil 90 de seis GCM reduzidos dinamicamente.

Alterações na temperatura média máxima anual projectada com base em 6 GCM reduzidos dinamicamente

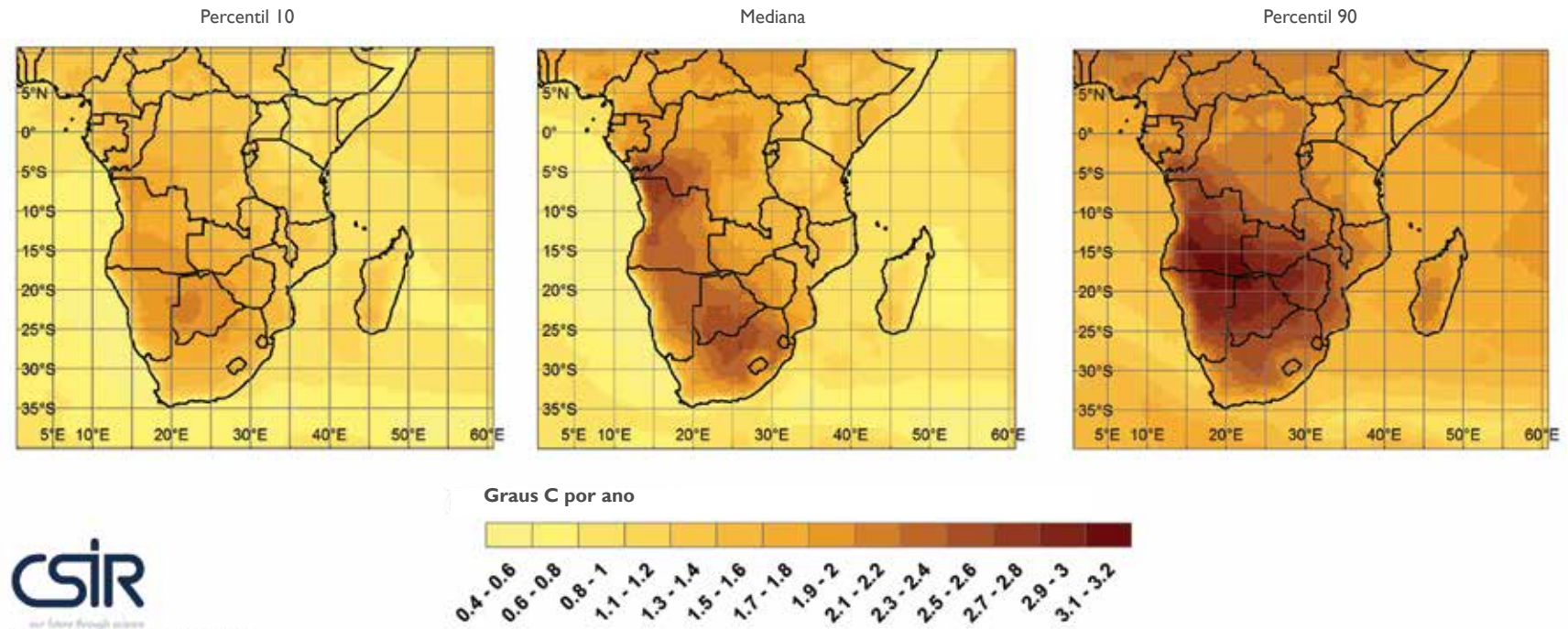


Figura 3.15: Alterações na temperatura (°C) máxima projectadas para 2036-2065 em relação a 1961-2000 com base no percentil 10, mediana e percentil 90 de seis GCM reduzidos dinamicamente.

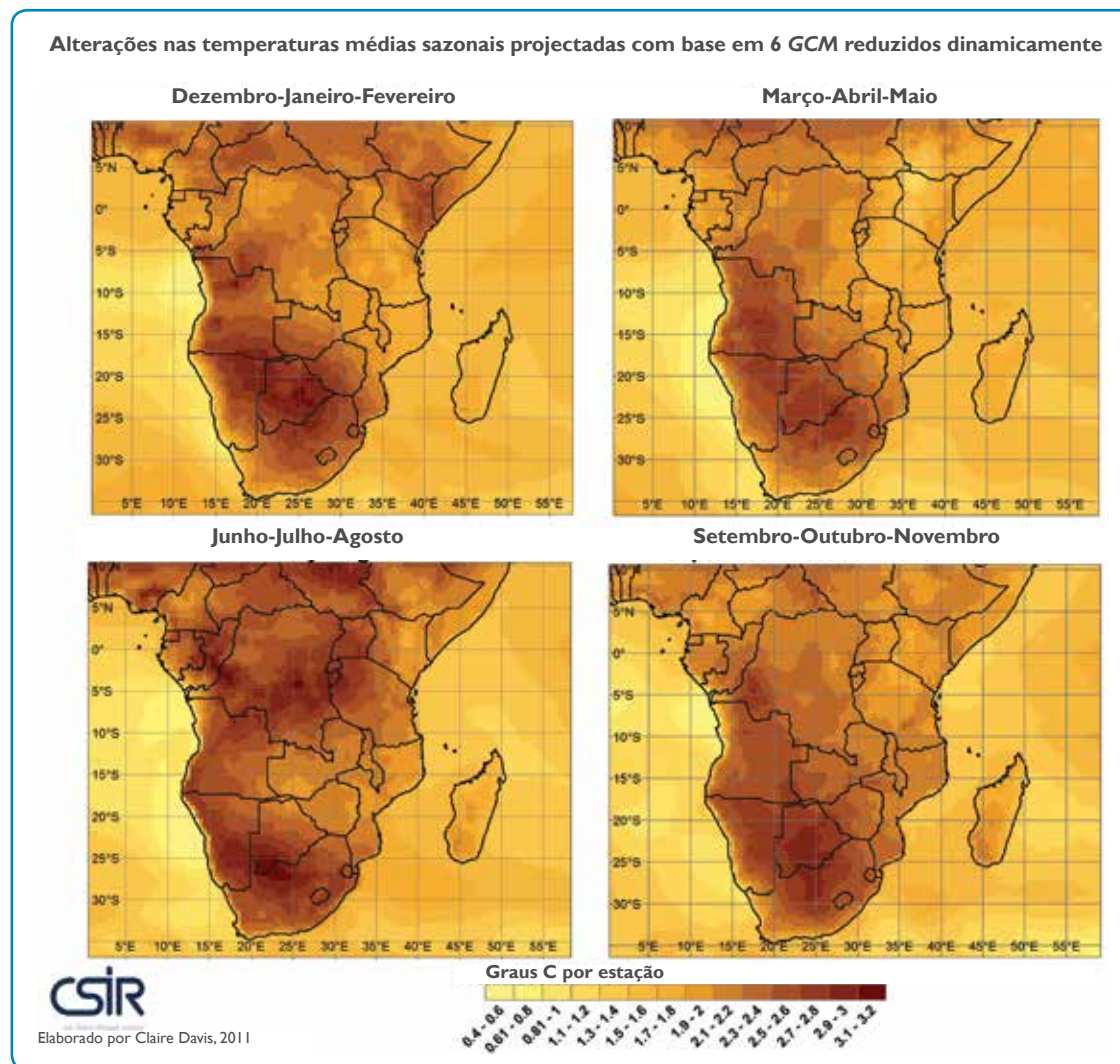


Figura 3.16: Alterações na temperatura média sazonal (°C) para 2036-2065 em relação ao período 1961-2000 e com base na mediana de seis GCM reduzidos dinamicamente

Fenómenos meteorológicos extremos na África Austral: alterações projectadas

A mudança do clima (alterações climáticas) pode manifestar-se não só nas alterações da precipitação média a longo prazo e nos padrões de temperatura e circulação, mas também no aumento da frequência de fenómenos meteorológicos extremos. Conforme referido anteriormente, as crescentes concentrações de gases com efeito de estufa apuraram a aptidão de absorver calor e reter humidade da atmosfera. Não surpreendentemente, o excesso de calor e humidade podem originar um aumento da frequência dos sistemas meteorológicos extremos, como ciclones tropicais e ondas de calor. O potencial para um tal aumento na África Austral deve tomar em consideração as mudanças nos padrões de circulação regionais e sistemas meteorológicos, assim como os argumentos termodinâmicos gerais acima referidos.

Uma ampla multiplicidade de sistemas meteorológicos pode dar origem a condições extremas na África Austral. Das mais importantes distinguem-se os ciclones tropicais (que podem dar origem a cheias generalizadas em Moçambique e a nordeste da África do Sul, ex: Malherbe *et al.*, 2011) e gotas frias (frequentemente a causa de cheias ao longo da costa sul do Cabo e no Cabo Oriental na África do Sul, ex: Singleton e Reason, 2007). Por outro lado, as tempestades frequentes nas partes orientais do subcontinente podem, ocasionalmente, ser rigorosas e causar inundações localizadas e ventos prejudiciais. No lado oposto do espectro, períodos de circulação anticiclónica e acalmia podem causar ondas de calor e períodos de seca prolongados na região da África Austral – junta-se a isto, no futuro, as subidas de temperatura devido aos gases com efeito de estufa.

Os padrões observados significativos não parecem apresentar indícios da frequência de gotas frias na região da África Austral (Singleton and Reason, 2007), embora os estudos de modelos climatológicos regionais projectem um decréscimo geral nessa frequência na região, em resposta às alterações climáticas (Engelbrecht *et al.*, 2009; Engelbrecht *et al.*, 2011). Estas alterações são projectadas conjuntamente com uma mudança do regime de ventos de oeste para sul.

A subida comum de temperatura troposférica e vapor de água evidencia um aumento de tempestades tropicais e ciclones a sudoeste do Oceano Índico. Todavia, os ciclones tropicais são muito difíceis de simular até mesmo sob as condições climáticas actuais, e a projecção das suas características futuras é dificultada pela baixa resolução dos GCM (que não captam muitas das

características que são importantes para a ciclogénese – ex: ventos cruzados entre a camada atmosférica inferior e a superior, a dinâmica do olho de um ciclone e as características do oceano subjacente⁵). O resultado são depressões que, só até certo ponto, se parecem com ciclones tropicais simulados pelos GCM. O IPCC salienta que as mudanças das características destes ciclones no sudoeste do Oceano Índico não foram investigadas minuciosamente (Christensen *et al.*, 2007). Uma análise de uma série de projecções conjuntas de modelos climáticos referiu uma deslocação para norte dos trajectos dos ciclones tropicais que atingem a África Austral (Malherbe *et al.*, 2010). O projectado fortalecimento do cinturão tropical de alta pressão sobre o sudoeste do Oceano Índico parece ser um importante factor de influência nestas mudanças.

No entanto, estas mudanças nas frequências e trajectos dos ciclones tropicais são presentemente inconclusivas. Por outro lado, projecta-se com frequência a intensidade destes ciclones, o que é similarmente consistente com as mudanças observadas (Mavume *et al.*, 2009) e com os argumentos termodinâmicos. De qualquer maneira, não há dúvida que são necessárias mais investigações para uma projecção mais precisa das características dos ciclones tropicais que ocorrem no sudoeste do Oceano Índico.

Um número de estudos independentes de redução regional já apontou para o facto de que estão previstos mais fenómenos extremos de precipitação na parte leste da África do Sul. A razão desta situação foi atribuída a uma maior convecção nesta zona no Verão (Tadross *et al.*, 2005). Por outro lado, este aumento de precipitação aqui durante o Verão austral pode ser também devido a uma formação mais frequente da zona de convergência do Índico Sul (SICZ) na região, com mais chuvas rigorosas resultantes das tempestades presentes nas bandas de nuvens da SICZ (Engelbrecht *et al.*, 2009). A Figura 3.17 indica o conjunto mediano da projectada mudança da frequência de fenómenos extremos de precipitação na África Austral (aqui definida como 20 mm ou a precipitação num período de 23 horas numa área de 0.5°x0.5°) constituído a partir do conjunto de projecções CCAM (vide secção anterior), para o período 2035-2065 em relação ao período de referência 1961-2000. Prevê-se um aumento geral de fenómenos extremos de precipitação na África do Sul e Moçambique, sendo mais pronunciados nas regiões do *Highveld* central da África do Sul. Nas restantes partes do subcontinente as projecções são de ligeiros aumentos. Este padrão de alterações em fenómenos extremos de precipitação é consistentemente projectado por todos os membros do conjunto e reflecte as

⁵ <http://wind.mit.edu/~emanuel/anthro2.htm>

mudanças da precipitação média da Figura 3.12. Todavia, dada a dificuldade com a simulação de precipitação extrema e a sua dependência nas parametrizações dos modelos, advertimos contra a interpretação excessiva destes resultados, pois podem aplicar-se ao RCM aqui utilizado.

Antecipa-se que, de uma forma geral, a África Austral se torne mais quente, e que a subida da temperatura média ocorra juntamente com um aumento de dias muito quentes (definidos aqui como dias em que a temperatura máxima excede 35° C). A Figura 3.18 indica o conjunto

mediano da mudança projectada na frequência de dias muito quentes na África Austral, para o período 2035-2065, em relação ao de referência 1961-2000. Prevêem-se aumentos drásticos na frequência anual de dias muito quentes em grande parte do subcontinente e pequenos aumentos nas regiões de elevada altitude e nas costeiras da África do Sul. Este padrão de aumentos significativos de fenómenos extremos é consistentemente projectado pelos diferentes membros do conjunto.

Alterações projectadas na frequência anual de fenómenos extremos de precipitação

Alteração Anual (fenómenos extremos de precipitação) 2071-2100 vs 1961-1990

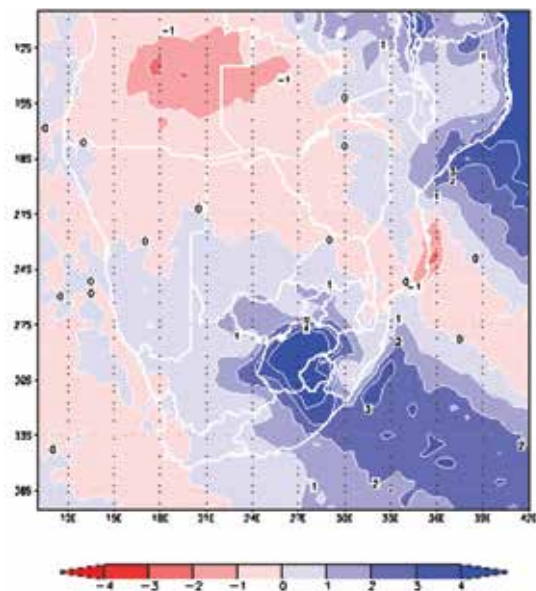


Figura 3.17: Alterações médias projectadas na frequência anual de fenómenos extremos de precipitação (> 20mm dia-1) numa área de 0.5° por 0.5° na região da África Austral, para o período 2035-2065, em relação ao de referência 1961-2000. As unidades representam o número de fenómenos por ponto da grelha por ano.

Alterações projectadas na frequência anual de dias muito quentes

Alteração projectada (dias muito quentes) 2071-2100 vs 1961-1990

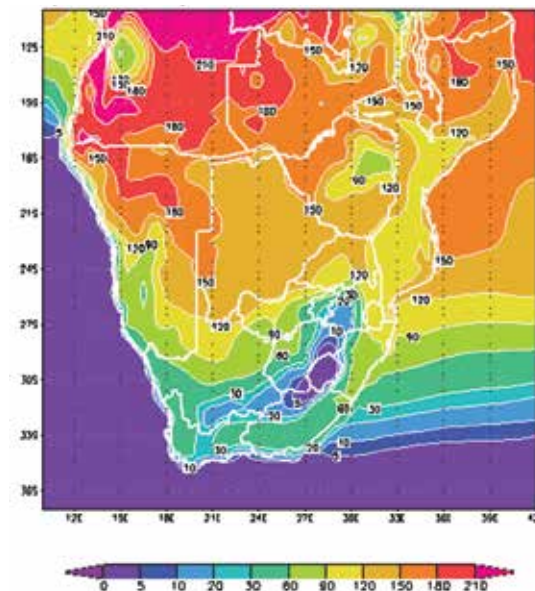


Figura 3.18: Alterações médias projectadas na frequência anual de dias muito quentes (temperatura máxima superior a 35° C) na região da África Austral, para o período 2035-2065, em relação ao de referência 1961-2000. As unidades representam o número de fenómenos por ponto da grelha por ano.

3.4. Reorganização das várias projecções e observações climáticas

As projectadas alterações da precipitação e temperatura para o meio do século XXI que têm sido apresentadas são por vezes diferentes (ex: precipitação) ou consistentes (ex: temperatura), dependendo do método/modelo utilizado para prever essas alterações/mudanças e da sua aptidão para registar as mudanças físicas do sistema climatológico regional. As alterações futuras projectadas com consistência são uma consequência das seguintes mudanças físicas:

- Subidas de temperatura (devido a mudanças no equilíbrio da radiação atmosférica), que promovem actividade convectiva à superfície, sobretudo durante os meados e o fim do Verão;
- Incrementos de humidade, que aumentam a humidade disponível para a precipitação, depois de desencadear;
- Afastamento dos sistemas de tempestades e fortalecimento do sistema de alta pressão continental durante o Inverno (e possivelmente Outono e Primavera).

As anotações de trabalho indicando onde as áreas de mudança são consistentes e sólidas podem ser revistas na conclusão abaixo. De salientar que os GCM, assim como as reduções estatísticas e dinâmicas, relacionam a precipitação de superfície e as temperaturas com estes mecanismos físicos de formas diferentes. Assim, a importância (ou papel relativamente dominante) de cada mecanismo físico varia de projecção para projecção. A manifestação regional das alterações é, portanto, dependente da interacção entre os mecanismos, que podem competir entre si (ex: incrementos na intensidade da precipitação podem compensar decréscimos em dias de chuva ao fortalecerem o sistema de alta pressão). O desconhecimento das diferenças dos GCM utilizados em cada conjunto e nos quais as mudanças medianas são insignificantes, pode ajudar a explicar a diferença nas simulações reduzidas da precipitação, através dos métodos físicos e dinâmicos (Figuras 3.13 e 3.18); a resposta mais seca na redução dinâmica pode indicar o papel relativamente importante de uma pressão atmosférica mais elevada que pode suprimir a precipitação, ao passo que uma resposta mais chuvosa na redução estatística pode indicar o papel relativamente importante da humidade e da convecção nessas simulações. Os detalhes precisos não são claros, necessitando de mais investigação, mas o facto de que as diferenças são explicáveis é importante; ao procurarmos consistência nos mecanismos físicos podemos estar a contribuir para a redução da incerteza nas projecções. Até mesmo dadas as diferenças insignificantes na concepção das simulações, existem ainda regiões e períodos em que os dois

conjuntos reduzidos conferem: aumentos da precipitação anual no sudeste da África do Sul, decréscimos no sul da Zâmbia e Zimbabué no DJF e na região central da Zâmbia no SON.

A reorganização destas mudanças futuras simuladas com observações passadas é também um desafio difícil, mas necessário. Onde os padrões actuais são semelhantes às alterações projectadas, e o mecanismo físico relativo a ambas é entendido, o planeamento e a adaptação a tais mudanças têm bases concretas para avançar. Contudo, onde os padrões actuais não são semelhantes às projecções futuras, são necessárias mais investigações, pois as alterações observadas podem ser devidas à instabilidade natural (ou as projecções do modelo não são de confiança). Nos casos em que se observam padrões consistentes, mas as projecções indicam alterações fisicamente plausíveis, há que efectuar mais monitorização para se detectarem tais alterações, se e quando ocorrerem. Tal análise requer que se concentre mais a atenção em regiões mais pequenas, para se conhecerem as alterações locais e as relacionar com alterações atmosféricas de maior escala.

3.5. Resumo: Mensagens importantes

A Caixa 3.5 indica as áreas de concordância entre as várias secções deste capítulo – nomeadamente os GCM, reduções estatísticas e as dinâmicas. As que nos interessam particularmente, para fins de anotações de trabalho, são obviamente as que transmitem mensagens consistentes e sólidas sobre as mudanças.

Tanto os GCM, como as reduções estatísticas e as dinâmicas apontam para uma subida nas temperaturas projectadas. Os aumentos nas temperaturas médias, mínimas e máximas aparecem como uma descoberta consistente e sólida – com uma alteração projectada de entre 0.3°C a 3.6°C. Por outro lado, os GCM e os dois tipos de reduções indicam aumentos no número de dias muito quentes ou ondas de calor (dependendo do limite utilizado para se definirem temperaturas críticas).

Na sua maioria, as simulações indicam um decréscimo de precipitação no Inverno e na Primavera (JJA e SON) no sudoeste da África do Sul e no sudeste um aumento. Na SON, os GCM e as reduções aqui apresentados prevêm consistentemente um decréscimo em algumas partes da Zâmbia, Zimbabué e oeste de Moçambique.

Caixa 3.5: Resumo e comparação das projecções das alterações climáticas apresentadas pelos GCMs e duas técnicas de redução

	<i>GCM</i>	<i>Reduções estatísticas</i>	<i>Reduções dinâmicas</i>
<i>Período</i>	1960-2000	1961-2000	1961-2000
	2030-2060	2036-2065	2036-2065
<i>Precipitação</i>	Decréscimo no centro e oeste da África Austral no DJF e na MAM. Aumento mais a norte na África oriental	Aumentos em Angola, norte de Moçambique e sudeste da África do Sul no DJF e na MAM	Decréscimo na precipitação projectada no oeste África Austral
	Decréscimo na maior parte da África Austral no SON e no sudoeste da África do Sul no JJA	Decréscimos no Zimbabué, Zâmbia, oeste de Moçambique e partes da costa sudoeste no DJF e SON	Aumentos na África oriental e sudeste da África do Sul
<i>Temperatura</i>	Subida das temperaturas média, mínima e máxima		
	1 - 3 °C	0.8 - 3.6 °C	0.3 - 3.2 °C
<i>Ventos</i>	Aumento de ventos de leste no DJF	Não disponível	Não disponível
	Aumento das monções do sudoeste na MAM	Não disponível	Não disponível
	Aumento da intensidade da alta pressão do Atlântico e ventos associados no JJA e SON	Não disponível	Não disponível
<i>Fenómenos meteorológicos extremos</i>	Aumento de dias muito quentes e ondas de calor	Aumento de dias muito quentes e ondas de calor	Mais fenómenos extremos de precipitação a leste e sul de África. Aumento de dias muito quentes – superior a 35 °C

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer aos grupos de modelação, *Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI)* e *WCRP's Working Group on Coupled Modelling (WGCM)* pela disponibilização do conjunto de dados de modelos *WCRP CMIP3*. A manutenção deste conjunto é efectuada pelo *Office of Science*, Departamento da Energia dos EUA.

Capítulo 4: Riscos dos impactos adversos da mudança climática na África Austral

Por Katharine Vincent, Tracy Cull, Claire Davis e Emma Archer van Garderen

A África Austral é vulnerável às alterações climáticas, sendo os sectores mais afectados os dos recursos hídricos, agricultura, saúde, ecossistemas e biodiversidade, florestas, assentamentos humanos e zonas costeiras.

4.1. Introdução

O capítulo anterior apresentou climas futuros para a África Austral, com base na combinação de modelos de clima regional reduzidos estatística e dinamicamente e GCM. As mensagens importantes referem-se a temperaturas mais quentes, prováveis padrões de tempo mais seco no Inverno no sudoeste de África, e possivelmente uma Primavera mais seca (Outubro-Novembro-Dezembro).

O conhecimento da natureza das alterações climáticas projectadas é sem dúvida essencial, mas é apenas uma parte da equação para determinar os riscos dos impactos negativos dessas alterações. Por exemplo, um atraso no início da estação das chuvas em áreas já secas pode constituir um risco maior do que em áreas mais húmidas. Similarmente, uma pequena subida de temperatura poderá não ter qualquer importância para adultos saudáveis, mas no caso dos mais idosos, poderá ser o suficiente para causar uma situação stress térmico, dada a sua baixa resistência. A determinação dos impactos das alterações climáticas depende, pois, não só da natureza das próprias alterações, mas também das características dos locais e das pessoas a elas expostos.

Neste capítulo, introduzem-se os termos exposição ao perigo, susceptibilidade (ou vulnerabilidade biofísica), capacidade de adaptação (ou o contrário – vulnerabilidade social) e risco (vide definições na Caixa 4.1). As probabilidades de as alterações climáticas terem um impacto negativo, ou até que ponto as alterações causarão problemas (ou mesmo oportunidades), dependem da interacção destes conceitos num certo e determinado local e a uma certa e determinada altura. O capítulo reflecte ainda sobre os sectores que são mais susceptíveis de sofrer impactos negativos na região, por meio de uma série de ilustrações de casos de estudo. Esta informação é importante para se poderem priorizar as intervenções de adaptação, a referir no capítulo 5.

4.2. Determinação dos níveis de risco das alterações climáticas

O risco colocado pelas alterações climáticas depende da interacção de vários factores num certo e determinado local e a uma certa e determinada altura. A forma de se determinar o risco tem desenvolvido ao longo dos tempos. Quando o clima se tornou inicialmente numa questão ambiental de preocupação, presumiu-se que os impactos dependiam de dois factores: exposição ao perigo, mudança de temperatura ou precipitação, e susceptibilidade (ou vulnerabilidade biofísica) do ecossistema exposto à mudança. Desta forma, semelhantes níveis de exposição podem conduzir a impactos diferentes em locais diferentes. No meio de um deserto, por exemplo, as plantas já estão adaptadas a temperaturas altas e, por isso, é improvável que uma subida de 1°C afecte a sua distribuição. Todavia, se a mesma subida de temperatura ocorresse entre uma área semi-árida e uma árida, onde as plantas estejam à margem da sua tolerância, poderia causar a morte das plantas, e afectar a composição das espécies. Por consequência, o local entre as duas áreas tem uma susceptibilidade, ou vulnerabilidade biofísica, mais elevada às alterações climáticas.

No modelo de determinação do nível de risco das alterações climáticas acima, as pessoas são consideradas por ocuparem ecossistemas (e deles dependerem). Mais recentemente, contudo, reconheceu-se que os seres humanos são agentes activos na resposta às alterações climáticas, e possuem níveis diferentes de *capacidade de adaptação* (ou vulnerabilidade social). A capacidade de adaptação da sociedade é em parte determinada por factores sociais, como o género, etnia, religião, classe e idade. Conjuntamente, estes factores sociais tendem a dar origem a diferenças em capital humano (como níveis de educação e estado de saúde), capital financeiro (riqueza) e acesso a governação e instituições, que por sua vez afectam a capacidade de antecipar, enfrentar e responder à mudança, das pessoas. Visto estes factores variarem à micro-escala, é extremamente importante reconhecer-se o seu papel a nível sub-nacional.

Caixa 4.1: Definições

Exposição ao perigo refere-se aos parâmetros físicos (e.g. precipitação ou temperatura) das alterações climáticas. Uma exposição ao perigo pode ser uma subida de temperatura ou uma mudança da precipitação, que se desenvolve gradualmente durante um longo período, ou fenómenos relacionados com o tempo, como secas, cheia e ondas de calor.

Susceptibilidade, ou *vulnerabilidade biofísica*, refere-se a como reage qualquer unidade de análise (de, por exemplo, uma árvore a uma floresta inteira) à exposição ao perigo.

Capacidade de adaptação, ou o seu oposto – *vulnerabilidade social* – refere-se às diferentes características sociais das pessoas (nas várias unidades de análise, de indivíduos a comunidades e países) que determinam a forma de lidar com a exposição ao perigo. A capacidade de adaptação/vulnerabilidade social pode reflectir o estado de pobreza, saúde, conhecimentos/educação, e governação (a níveis colectivos). Uma capacidade de adaptação elevada equivale a uma baixa vulnerabilidade social, e uma capacidade de adaptação baixa equivale a uma elevada vulnerabilidade social.

Risco é o resultado da relação entre exposição ao perigo, susceptibilidade (vulnerabilidade biofísica) e capacidade de adaptação (ou vulnerabilidade social), and refere-se à probabilidade de um impacto negativo ocorrer.

Uma sub-região inteira pode estar exposta às mesmas condições climáticas ou perigos, de modo a que a susceptibilidade ao ambiente físico seja semelhante em toda a região, mas provavelmente, o perigo afectará os vários membros da sub-região de formas diferentes, dependendo da sua capacidade de adaptação. Por exemplo, uma pessoa idosa portadora de deficiências tem mais probabilidade de sentir mais os impactos negativos do que uma pessoa mais nova, sem problemas de saúde.

É importante salientar que nem toda a exposição ao perigo conduz a efeitos negativos. Alguns modelos indicam que a leste da África do Sul, por exemplo, se prevê um aumento de precipitação em termos de alterações climáticas. Visto parte dessa área ser semi-árida, um aumento de precipitação poderia conduzir a mudanças positivas para a produção agrícola (se as condições do solo e a distribuição da pluviosidade durante a estação forem favoráveis ao cultivo). Por outro lado, um aumento semelhante de pluviosidade numa área que já é susceptível a cheias, poderia causar problemas.

Apesar da recente depreensão de que as características humanas afectam a forma de lidar com as alterações climáticas, ainda é normal ler-se sobre impactos que se concentram apenas sobre

a interacção entre a exposição e a susceptibilidade (ou vulnerabilidade biofísica). Isto deve-se em parte ao facto de a determinação dos impactos desta forma ser mais fácil com modelos para grandes escalas. A determinação da capacidade de adaptação (ou vulnerabilidade social) depende muito da escala, e tipicamente difícil e dispendiosa, pois requer investigação primária com pessoas, ou a aplicação de uma vasta gama de dados sociais provenientes de inquéritos estatísticos. Ambas abordagens são válidas e embora a combinação das duas seja o ideal, não é sempre possível. Para efeitos de clareza, este capítulo expõe as duas separadamente, primeiro, apresentando alguns impactos sectoriais projectados para a África Austral (ou seja, uma análise que considera apenas a vulnerabilidade biofísica dos diferentes sectores) e depois, salientando estudos seleccionados que tomam em consideração a capacidade de adaptação (vulnerabilidade social).

4.3. Impactos por sector – a vulnerabilidade biofísica

Esta secção resume informações específicas respeitantes à vulnerabilidade biofísica, de vários sectores, a futuros impactos das alterações climáticas, como os das florestas, produção agropecuária, ecossistemas e biodiversidade, litorais, povoamentos, recursos hídricos e saúde humana.

Florestas

O sector florestal da África Austral é sensível às alterações climáticas, pois assenta em parte na plantação de espécies não indígenas (espécies que não são naturais da África Austral). A disponibilidade de terras, a procura de água e condições ambientais e socioeconómicas afectam a vulnerabilidade do sector às alterações climáticas. Dadas as projectadas subidas de temperatura e mudanças de precipitação, certas áreas talvez não sejam climaticamente adequadas para a produção de certas espécies (pois as várias espécies têm constrangimentos climáticos diferentes, como a precipitação e temperatura médias) e outras podem ter cessado de ser propícias para a silvicultura comercial. Porém, as áreas que actualmente não são climaticamente adequadas para a silvicultura poderão vir a ser adequadas.

O melhoramento genético pode produzir árvores que se enquadram nas condições projectadas do local (em regiões onde as condições futuras são previsíveis). As formas alternativas de silvicultura (o cultivo e produção de árvores), como as florestas de espécies mistas, a agro-

silvicultura, e a plantação de espécies indígenas adaptadas poderiam dar origem, a florestas mais resistentes em áreas onde existe uma elevada incerteza sobre o seu desenvolvimento ou restrições na utilização da água impedem a plantação de espécies de rápido crescimento. As alterações climáticas exacerbam provavelmente os existentes decréscimos de escoamentos fluviais, devido ao consumo da água por plantações comerciais, agricultura, espécies invasoras lenhosas, e aproveitamento de terrenos urbanos e industriais. Por consequência, uma abordagem de gestão integrada dos ecossistemas, ou uma de 'benefícios múltiplos', deveria ser de tomada em consideração. Uma tal abordagem ofereceria certamente uma gama perfeita de formas de aproveitamento das terras numa área que poderia integrar objectivos de produção, ambiente, adaptação a alterações climáticas, captação de carbono (acumulação) e mitigação, assim como aspectos socioeconómicos, para a gestão sustentável das paisagens. Dada a longa rotação de espécies florestais cultivadas para fins comerciais (7 – 30 anos), o desenvolvimento e implementação atempada de alternativas mais eficazes, para estratégias de adaptação às alterações climáticas, é fundamental.

Caixa 4.2: Impactos das alterações climáticas projectadas na produção agro-pecuária

<i>Produção agrícola</i>	Impactos directos	▪ Prevê-se que até mesmo ligeiras subidas da temperatura média de 1° a 2°C resultem num decréscimo de produtividade agrícola ▪ As mudanças nos regimes de temperatura podem afectar os locais de cultivo, o período da estação de colheita, a produtividade agrícola, as datas de plantação e colheitas ▪ Maior necessidade de irrigação numa região onde o fornecimento e a qualidade da água já são afectados negativamente por outros factores
	Impactos indirectos	▪ As temperaturas mais elevadas previstas afectarão provável e negativamente a matéria orgânica, provocando uma redução dos nutrientes do solo ▪ As temperaturas mais elevadas poderão favorecer a propagação de pestes e patógenos a vários sistemas agrícolas
<i>Gado</i>	Impactos directos	▪ Mudanças na qualidade e quantidade da forragem (incluindo a disponibilidade de colheitas) ▪ Mudanças na qualidade e quantidade da água ▪ Redução na produção pecuária com a constante subida de temperatura acima dos níveis da zona de conforto térmico do gado, podendo conduzir a mudanças comportamentais e metabólicas (incluindo a taxa de crescimento, a reprodução e por fim a mortalidade) ▪ Maior prevalência de 'novas doenças animais' ▪ As subidas de temperatura durante os meses de Inverno podem reduzir o stress dos animais devido ao frio, e um tempo mais quente pode reduzir as necessidades eléctricas para a alimentação e abrigo dos animais em instalações aquecidas
	Impactos indirectos	▪ Maior frequência de perturbações, tais como, incêndios florestais ▪ Mudanças na estrutura da biodiversidade e vegetação
<i>Impactos socioeconómicos/ na subsistência</i>		▪ Mudanças nos rendimentos da produção agro-pecuária ▪ Mudanças no aproveitamento das terras (incluindo as consequências da reforma agrária) ▪ Mudanças gerais na produção e segurança alimentar

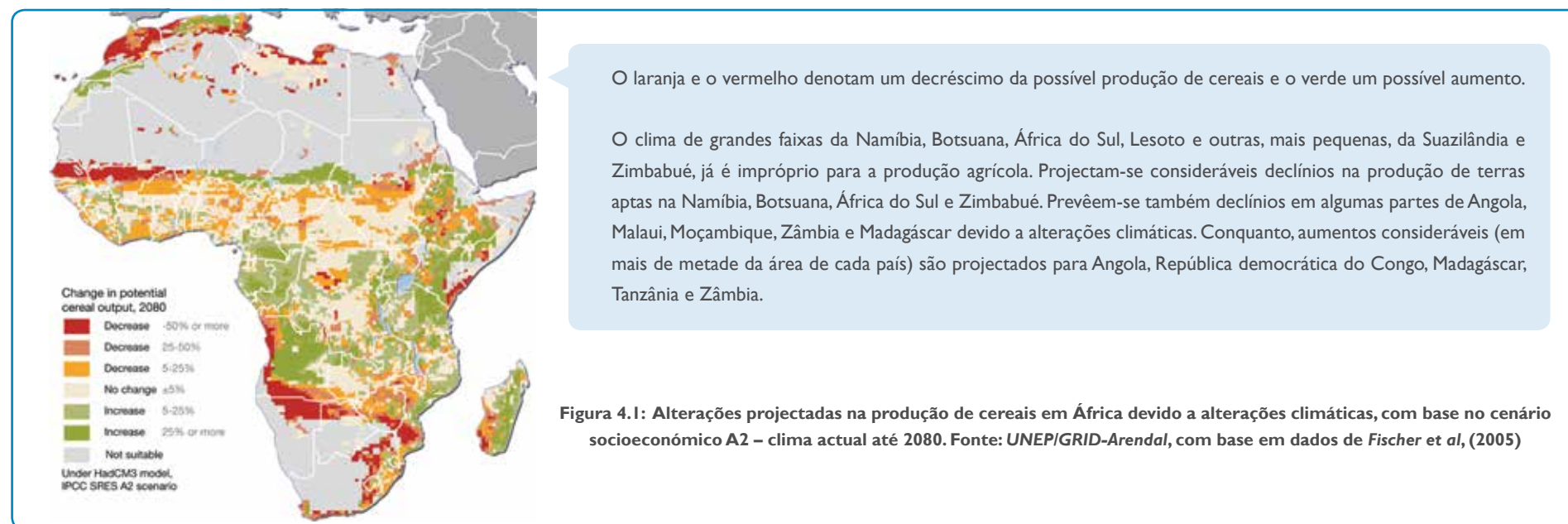
Produção agro-pecuária

Na África Austral, a agricultura tem um papel fundamental, tanto na economia formal como na informal, na subsistência das vidas no meio rural e na segurança alimentar. A agricultura depende directamente das variáveis climáticas, tais como a temperatura e precipitação, que ditam o tipo de produção agro-pecuária de um certo local, de cultivos e dos calendários agrícolas. Qualquer mudança destas variáveis pode alterar a produtividade agrícola de várias formas (vide Caixa 4.2) e as alterações nas condições climáticas trarão provavelmente novas dificuldades para várias colheitas (vide Figura 4.1 por exemplo), regiões e sistemas agrícolas. Com uma subida de temperatura de 2°C e uma redução de 10% de precipitação, prevê-se que a produção de milho na África do Sul, por exemplo, sofra uma redução de 0.5 t/ha (Schulze, 2007). O caso de estudo na página 55 debate a questão do impacto das alterações climáticas no gado.

Espera-se que o maior impacto na produção se faça sentir nas áreas menos produtivas, onde a precipitação já é baixa e irregular. Por outro lado, a exploração agrícola emergente, em pequena

escala (incluindo a de subsistência) associa-se frequentemente a um elevado risco e incerteza, devido à grande dependência da agricultura de sequeiro, e a uma disponibilidade mais limitada de recursos financeiros e tecnologias de gestão aos agricultores.

É importante tomar em consideração todo o conjunto de impulsores que alteram a produtividade agrícola e que têm tendência de ser complexos e estar agregados em várias escalas. Por exemplo, há muito que foi estabelecido que a produção agrícola não é a única causa determinante da segurança alimentar – em muitas nações da África Austral; por exemplo, membros da população encontram -se numa situação de insegurança alimentar apesar de os seus países serem exportadores líquidos de produtos alimentares. Para além da produção, o acesso aos alimentos é também importante, mas depende de factores como ter possibilidades de compra nos mercados. Não obstante, um declínio da produção agrícola, como resultado das alterações climáticas afectará possível e negativamente a segurança alimentar, pois também causará uma subida de preços dos produtos alimentares.



CASO DE ESTUDO: Um clima em mudança para a pecuária na região da SADC

Por Emma Archer van Garderen



Gado Nguni, Cabo Oriental, África do Sul – natural da África Austral; uma mistura de Zebu (*Bos indicus*) e *Bos taurus*. [Fotografia: Quinta Bloemhof]

A agro-pecuária pratica-se no continente Africano há milhares de anos, conforme o comprovam alguns dos vestígios arqueológicos de actividade pastoral mais antigos.

O aparecimento de gado na arte rupestre, por exemplo, é considerado um vestígio importante da evolução das comunidades antigas da África Austral (vide, como ilustração, Manhire *et al.*, 1986). Em tempos mais recente, é evidente, a criação de gado nos países em desenvolvimento tem sofrido mudanças significativas, como resposta a, por exemplo, novas exigências e condições de mercado (Thornton *et al.*, 2009). O aumento significativo da procura de produtos pecuários a nível mundial conduziu, em parte, a transformações na natureza da pecuária, incluindo a erosão genética (por exemplo, a mudança para um património genético de raça adaptada a climas temperados na pecuária leiteira); à passagem dos sistemas de produção tradicionais mais extensivos para uma criação de gado mais intensiva; e ao concomitante declínio da utilização de raças locais geralmente associadas a sistemas tradicionais de produção de gado (Thornton *et al.*, 2009).

Tais mudanças nos países em desenvolvimento, tais como os da região da SADC, ocorrem, evidentemente, no contexto de um clima em mudança. A pecuária é uma actividade sensível ao clima – contudo, como Thornton *et al.*, 2009 observam: “...a intersecção das alterações climáticas e o gado nos países em desenvolvimento é relativamente um campo de investigação negligenciado” (pg 113). Não obstante os recentes argumentos de certos grupos de interesse contra a pecuária enquanto um aproveitamento de terras não sustentável em termos ambientais, deve ser

salientado que, na África do Sul por exemplo, a agricultura e a modificação da superfície da terra contribuem para uma insignificante parcela das emissões de gases de estufa (Departamento dos Assuntos Ambientais, 2011). Ademais, os sistemas de produção pecuária diferem nitidamente, com implicações extremamente diferentes para o ambiente em que operam. Tanto na África do Sul como Namíbia, Botsuana, Zâmbia e partes de Moçambique, uma grande porção da superfície terrestre é mesmo só adequada para a agro-pecuária extensiva.

A maioria dos modelos climáticos para a África Austral indica uma possível subida das temperaturas média, mínima e máxima, conforme referido em qualquer outra parte deste volume. Temperaturas mais elevadas afectam a agro-pecuária de várias formas, sobretudo em áreas de stress de calor. Este stress pode afectar a ingestão de alimentos, fertilidade (e resultados de gravidez), aumento do peso vivo e, sob certas condições, a mortalidade. As diferentes raças têm níveis diferentes acima dos quais sofrem de stress de calor, mas as adaptadas localmente (usadas com frequência em sistemas de pecuária extensiva mais tradicionais) parecem ser mais resistentes a temperaturas mais elevadas. As raças *Bos taurus* tendem a ser mais produtivas em climas temperados, enquanto a *Bos indicus* (como a bem conhecida Brahman) possuem uma melhor capacidade termorreguladora.

Por exemplo, as raças mais adaptadas às zonas temperadas, como a US Holsteins (*Bos Taurus*) têm tendência a sofrer de stress de calor acima de 72 THI, ou 22°C a 100% de humidade (Freitas *et al.*, 2006, Ravagnolo *et al.*, 2000, Sanchez *et al.*, 2009). A temperatura ambiental de 30°C “parece ser o ponto crítico a partir do qual os *Bos taurus* e os *Bos indicus* diferem na sua capacidade de manterem temperaturas rectais e frequências respiratórias quase normais” (Hernandez *et al.*, 2002: 8).

Por conseguinte, não existem dúvidas que a criação de gado num clima em mudança terá que tomar conhecimento das informações que existem sobre raças mais ‘tradicionais’ e sobre a gestão de gado. Moonga e Chitambo (2010) sugerem que “raças de gado tradicionais bem adaptadas, terão muito provavelmente um papel significativo na adaptação ao risco climático” (pg 1). Ainda, Blümmel *et al.* (2010) defendem sistemas de produção de gado mais resistentes, através de maior apoio às raças tradicionais e maior diversidade genética, declarando que “...conservação deve ser considerada como um componente importante de uma estratégia alargada a fim de se preservarem genes de adaptação e características genéticas vitais” (pg 139).

Visto a agro-pecuária na região da SADC sentir diferenças significativas nas condições de mercado, procura e, em certas circunstâncias, ambientais, presta-se cada vez mais atenção a conhecimentos locais. As raças e sistemas de pasto mais tradicionais podem, de facto, conforme acima referido, oferecer um válido ponto de entrada em termos de adaptação.

Ecossistemas e biodiversidade

A África Austral possui elevados níveis de biodiversidade em termos do número de espécies diferentes e do número de espécies endémicas. Os sistemas na região já estão a passar por mudanças, e o *IPCC* garante com bastante confiança que o ritmo crescente de tais mudanças se atribui em parte às alterações climáticas (Boko et al., 2007). Para além das alterações climáticas, o papel das mudanças da ocupação do solo (como fragmentação de habitats), como um resultado da mudança de aproveitamento da terra, está a aumentar a vulnerabilidade das espécies e ecossistemas às alterações climáticas e deve ser considerado na tomada de decisões a nível de gestão. Outros stresses que recaem na biodiversidade, como a frequência de incêndios florestais (que já demonstrou aumentos relacionados com alterações climáticas na província do Cabo Ocidental na África do Sul) e espécies invasoras alóctones (que são susceptíveis de estar em vantagem com climas alterados e maiores concentrações de dióxido de carbono na atmosfera) podem também aumentar a vulnerabilidade às alterações climáticas.



O turismo largamente dependente da natureza na África Austral corre o risco das alterações climáticas devido aos efeitos dos alterados padrões de temperatura e precipitação na distribuição das espécies. [Fotografia: Mitzi du Plessis]

Ao afectarem os habitats, as alterações climáticas terão também a sua influência na distribuição das espécies. Um estudo prevê que entre 25-40% das espécies mamíferas dos parques nacionais da África Subsariana ficarão extintas (Thuiller et al., 2006). Apresentam-se alguns exemplos de ecossistemas afectados pelas alterações climáticas na Caixa 4.3.

As alterações climáticas podem resultar no alcance de certos “limites” que podem afectar grandemente os serviços ecossistémicos e a biodiversidade. Mudanças nos ciclos vitais vegetais e animais terão provavelmente um impacto nas áreas de conservação, o que, no futuro, poderá alterar o conjunto de espécies destas áreas. Devido a um clima em mudança poderá ocorrer uma separação entre o timing de comportamento e os recursos disponíveis de que depende. Os impactos individuais destas mudanças alargar-se-ão possivelmente a várias respostas ecossistémicas, incluindo o deslocamento da gama e distribuição das espécies e comunidades, a composição dessas comunidades e interacção entre elas, e à estrutura e dinâmica dos ecossistemas. As alterações dos ecossistemas e biodiversidade devido às alterações climáticas terão, pois, possivelmente, implicações negativas para a indústria do turismo na África Austral, que assenta largamente na natureza. A potencial expansão das matas *Colophospermum mopane* provocada pelas alterações climáticas, por exemplo, afectará grande e negativamente o turismo, devido à redução da caça dentro destas áreas, o que reduz as oportunidades de observação dos animais em actividade.

Litorais

Há um número de países da África Austral com litoral: Tanzânia, Moçambique, África do Sul, Namíbia, Angola, e as ilhas do Índico: Madagáscar, Maurícias e Seychelles. O *IPCC* conclui com segurança que as alterações climáticas causarão a inundação de terras baixas do litoral, afectando portanto os seus povoamentos (Boko et al., 2007). As observações de dados obtidos via satélite indicam que o aumento do nível do mar de 1993 a 2006 foi de 3.3 ± 0.4 mm por ano (Theron, 2011) e prevê-se que o aumento continue mesmo se as emissões de gases de estufa estabilizarem (IPPC, 2007). A altura das ondas também deverá aumentar devido ao incremento das velocidades do vento (vide Capítulo 3). Um acréscimo na actividade e gravidade das tempestades terá possivelmente os impactos mais visíveis nas áreas já susceptíveis de erosão.

Caixa 4.3: Exemplos de impactos (projectados) das alterações climáticas nos ecossistemas (adaptado de Boko et al., 2007, p 449)

<i>Ecossistemas</i>	<i>Área afectada</i>	<i>Cenário usado</i>	<i>Fonte</i>
Cerca de 5,000 espécies de plantas afectadas: reduções substanciais – em áreas de clima adequado para 81-97% das 5,197 plantas africanas examinadas, 25-42% perderão essa área até 2085	África	Investigação de mudanças em áreas adequadas sob cenários diferentes de alterações climáticas (HadCM3 para 2025, 2055, 2085, e outros modelos)	McClean et al., 2005
Biomass <i>Fynbos</i> e <i>Succulent Karoo</i> : Perdas de entre 51 e 61%	África do Sul	Perdas projectadas até 2050	Midgley et al., 2002
Grupos taxonómicos em vias de extinção (ex: Proteaceae): Aumento de perdas e até 2% dos 227 grupos tornam-se extintos	Áreas baixas do litoral	4 Cenários de utilização de solos e 4 de alterações climáticas (HadCM2 IS92aGgA)	Bomhard et al., 2005
Perdas de nyalas e zebras: Um estudo ao Kruger Park prevê perda de cerca de 66% espécies	Malauí África do Sul (<i>Kruger National Park</i>)	Modelo unificado do <i>Hadley Centre</i> , ausência de sulfatos	Dixon et al., 2003 Erasmus et al., 2002
Perda de classes de espécies de aves: (Restrição de movimentos). Um seis espécies podem perder parte significativa da sua classe	Espécies da África Austral (Área <i>Nama-Karoo</i>)	Perdas projectadas de mais de 50% de algumas espécies até 2050 no cenário HadCM3 GCM A2	Simmons et al., 2004
Mobilização de dunas: maior actividade	Bacia do sul do Kalahari – norte da África do Sul, Angola e Zâmbia	Cenários: HadCM3 GCM, SRES A2, B2 e A1 fa, IS92a. Até 2099 todas as dunas aparecem extremamente dinâmicas	Thomas et al., 2005
Ecossistemas lacustres, wetlands (zonas húmidas)	Lago Tanganica	Dados do isótopo de carbono indicam perdas aquáticas de cerca de 20% com um declínio de 30% dos recursos haliêuticos. Prevê-se que as alterações climáticas venham a reduzir ainda mais a produção nos lagos	O'Reilly et al., 2003
Planícies	Impactos complexos, incluindo os incêndios (África Austral)	Mudanças na precipitação e a instabilidade afectarão provavelmente a vegetação das planícies tropicais e sistemas de savana com, por exemplo, uma redução em ocupação e produção, simulada ao longo de um gradiente de aridez na savana da África Austral, em resposta ao padrão de 8 mm/ano observado desde 1970	Woodward and Lomas, 2004
Planícies e savanas	África do Sul (<i>Kruger National Park</i>)	Níveis crescentes de CO ₂ atmosférico podem estar a contribuir para um aumento de arbustos e árvores	Bond and Midgley, 2000

Como indica a Figura 4.2, existe na África Austral um número de vastos povoamentos costeiros, incluindo Dar es Salaam, Maputo, Durban, Porto Elisabeth, Cidade do Cabo e Luanda. A subida do nível do mar pode afectar igualmente os ecossistemas costeiros, como mangais e recifes de corais, com consequências para os sectores das pescas e turismo. A projecção de que a subida do nível do mar pode fomentar as cheias, sobretudo no litoral da África Oriental (incluindo a Tanzânia), terá consequências sanitárias. O estudo de caso a seguir apresenta em linhas gerais o risco costeiro associado às alterações climáticas em Dar es Salaam.



O impacto de uma tempestade ao longo da costa oriental da África do Sul em Março de 2007. [Fotografia: Simon Bundy]

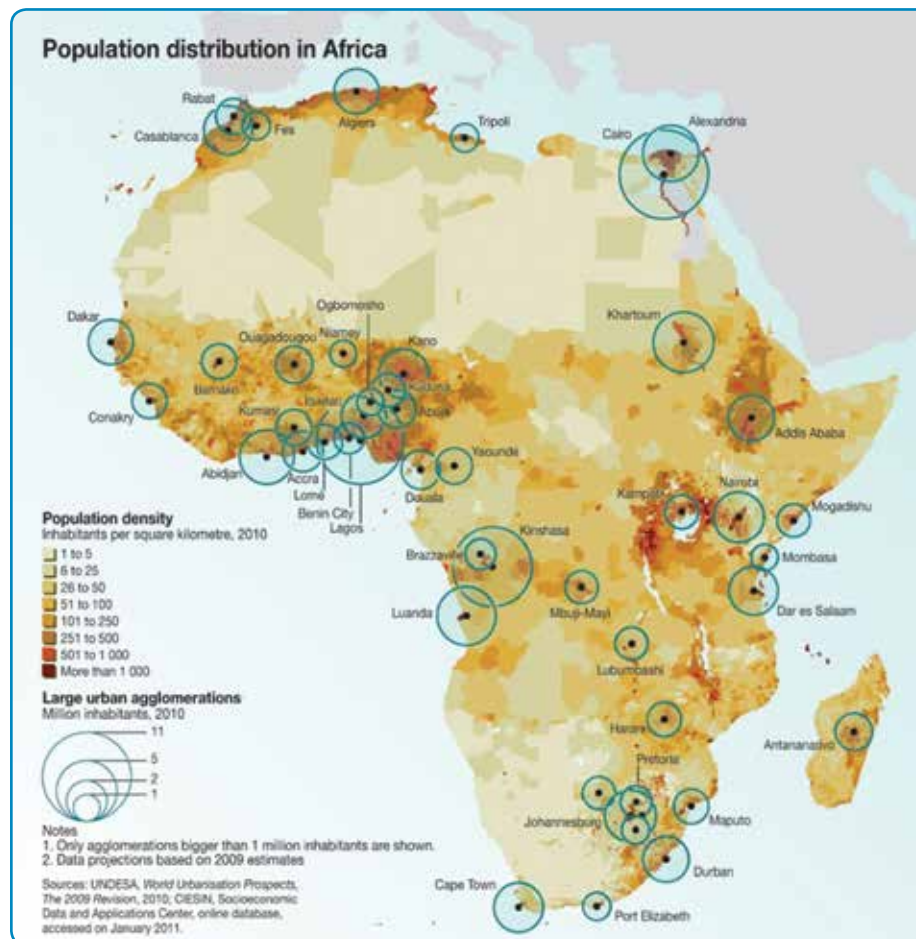


Figura 4.2: Distribuição populacional em África. Fonte: UNEP/GRID-Arendal (2010).

CASO DE ESTUDO: Risco costeiro em Dar es Salaam

Por Katharine Vincent

Na costa do Oceano Índico, com uma população de mais de dois milhões de habitantes, Dar es Salaam faz fronteira com o Rio Mpiji a norte e com o Mzinga a sul. Consequentemente, devido à sua localização, está exposta a cheias, à subida do nível do mar e à erosão costeira. Corre um risco elevado associado às alterações climáticas, pois a vulnerabilidade biofísica à exposição coincide com uma vulnerabilidade social elevada.

Os riscos das alterações climáticas, relacionados com esta coincidência de exposição ao perigo e com a vulnerabilidade biofísica e social, acarretam efeitos negativos nos sectores dos transportes, turismo, saúde (surto de cólera, malária), pescas e aquicultura e fornecimento de água.

Um estudo recente procurou quantificar o número de pessoas e respectivos bens económicos na zona costeira de Dar es Salaam que poderia ficar exposta a cheias costeiras, devido a extremos níveis da água durante o século XXI, considerando vários níveis de subida do nível do mar e vários cenários (Kebede and Nicholls, 2010). Os resultados indicam que aproximadamente 8% de Dar es Salaam se encontra na zona baixa, abaixo das curvas de nível de 10 m. Em 2005,

esta área era habitada por mais de 143,000 pessoas, das quais 30,000 e USD35 milhões em bens se encontravam nas zonas inundáveis com período de retorno de 100 anos. Até 2030, sem uma subida do nível do mar causada pelo clima, este número aumentará para entre 60,000 a 106,000 (e USD219-388 milhões em bens), dependendo do cenário do crescimento demográfico. Com a subida do nível do mar, um total de aproximadamente 61 a 64,000 pessoas (USD2330236 milhões em bens) e 107-110,000 (USD392-404 milhões em bens) (dependendo do crescimento demográfico) em todos os cenários do nível do mar, estarão potencialmente expostas a cheias costeiras. A exposição aumenta significativamente ao longo do tempo, chegando a mais de 210,000 pessoas e cerca de USD10 biliões de bens até 2070 no cenário da subida mais elevada e do primeiro cenário do crescimento demográfico.

Estes resultados indicam que o crescente risco associado às alterações climáticas de Dar es Salaam é mais impulsionado pela crescente vulnerabilidade social (rápido crescimento demográfico) do que pela exposição às mudanças do nível do mar.

Assentamentos humanos

As vidas das pessoas que vivem em áreas caracterizadas por extrema densidade populacional, de crescimento descontrolado, elevados níveis de pobreza e acesso limitado ao emprego e serviços socioeconómicos, são consideradas mais vulneráveis aos impactos físicos das alterações climáticas. Por exemplo, o risco das doenças transmitidas pela água, devido a mudanças nos padrões da precipitação e as subidas de temperatura associadas às alterações climáticas, aumentará provavelmente em agregados sem adequado acesso a água potável. Os recursos gastos com as pessoas afectadas pelas doenças poderão afectar os investimentos de capital necessários ao desenvolvimento económico. Além disso, estas comunidades dependem de uma série de recursos naturais para a lenha, medicamentos e materiais de artesanato, incluindo frutos silvestres e ervas, que contribuem para a sua sobrevivência. Estes recursos já estão sob crescente pressão e a sua utilização futura, juntamente com as mudanças na produção resultantes das alterações climáticas, podem conduzir a níveis de insustentáveis de colheita.



Povoamento (assentamento) nos arredores da Cidade do Cabo, África do Sul. [Fotografia: Claire Davis]

Os que residem em zonas de habitação informal são dados como uma das populações mais vulneráveis no mundo. Nestas zonas, a provisão adequada e atempada de serviços básicos, como a água, electricidade e saneamento aos residentes é frequentemente dificultada pela falta de recursos. São áreas, com frequência, vulneráveis a calamidades hídricas, como cheias e tempestades extremas, sobretudo quando se localizam nas planícies inundáveis e a infra-estrutura hídrica é inadequada. Em alguns casos, a infra-estrutura construída para fazer face a condições atmosféricas associadas à água, não será adequada para a intensidade e instabilidade de fenómenos futuros.

Recursos hídricos

Os recursos hídricos sofrem o impacto directo da actual instabilidade climática e espera-se que as alterações climáticas venham a exacerbar a situação significativamente. Isto comprometerá provavelmente mais os recursos hídricos, ameaçando em última análise a sustentabilidade da disponibilidade futura, que depende dos constrangimentos da oferta e procura. O sector das águas é muito importante porque afecta quase todos os outros sectores. Na África do Sul, por exemplo, a água é considerada uma área prioritária em termos de adaptação no documento intitulado *White Paper on Climate Change Response*.

Os maiores riscos (prováveis) para os recursos hídricos na região da SADC são, inter alia:

- menos disponibilidade de água nos rios, resultante do efeito líquido da subida das temperaturas e da maior evaporação, juntamente com as mudanças do timing e quantidades de precipitação;
- mudança na concentração e *timing* de elevados e baixo fluxos devido às alterações na precipitação;
- maior incidência de cheias se se registarem mais chuvas fortes; e
- Maior risco de poluição das águas e sua pior qualidade associadas a fenómenos de erosão e alta precipitação (que estimulam a presença de sedimentos, nutrientes, carbono orgânico dissolvido, patogénicos e pesticidas) e temperatura da água mais quente (que promove a proliferação excessiva de algas).

Os impactos das alterações climáticas nos recursos hídricos serão provavelmente exacerbados pelo aproveitamento das terras e sua fraca gestão (Meadows, 2006). A urgência política e prática de se melhorar o acesso à água para os pobres das zonas rurais e urbanas pode colocar ainda mais pressão no sistema hidrológico, devido à crescente procura humana (Schulze *et al.*, 2001).

Saúde humana

A saúde dos seres humanos relaciona-se bastante com o seu ambiente. O Quarto Relatório do IPCC concluiu com segurança que a saúde humana em África podia ser negativamente afectada pela instabilidade e mudança climática (IPCC, 2007). Os padrões de temperatura e precipitação em mudança vão alterar a ecologia de alguns vectores de doença, alterando assim a manifestação de certas doenças. Muitas investigações neste campo se têm concentrado na malária (Figuras 4.3 e 4.4 abaixo indicam possíveis mudanças nas características da época da transmissão da malária), mas existem também riscos de alterações da manifestação da febre da dengue, meningite e cólera. Alguns dos efeitos directos das alterações climáticas na saúde são as cheias, as secas e o stress de calor. Alguns dos indirectos (Figura 4.5) são a propagação e/ou aumento na incidência de doenças infecciosas e transmitidas por vectores, patogénicos transmitidos pela água, qualidade da água e do ar, e disponibilidade e qualidade de alimentos. Os impactos reais futuros dependem grandemente das condições ambientais locais, da situação socioeconómica da área e das medidas de adaptação existentes para a redução das ameaças. Um outro factor importante que talvez venha a afectar a saúde humana é o deslocamento de populações devido a fenómenos climatológicos extremos, subida do nível do mar e conflitos associados ao clima.

A vulnerabilidade e capacidade de uma comunidade ou comunidades em adaptar-se a ameaças sanitárias dependem do seu estado geral de saúde. A este respeito, tomam-se em consideração factores como a prevalência das doenças cardiovasculares, VIH e TB, desnutrição ou atrofia sobretudo em crianças; nível de educação e sensibilização; estatuto económico; perfil demográfico geral (por exemplo perfis de género e idade); padrões e níveis migratórios; nível de desenvolvimento e manutenção infra-estrutural; acesso e disponibilidade de pessoal médico qualificado e instalações, e densidade populacional.

Uma grande dificuldade em quantificar os impactos das alterações climáticas na saúde humana é a falta de dados de longo prazo para certas áreas, que possam associar-se a mudanças no sistema climático. A relação entre a saúde humana, o ambiente natural e os sistemas a operar em escalas temporais e espaciais diferentes contribui para a complexidade em distinguir os efeitos causados pelas alterações climáticas de outras mudanças ambientais mundiais. Para além disso, as alterações climáticas são um de uma série de factores que podem afectar a saúde humana.

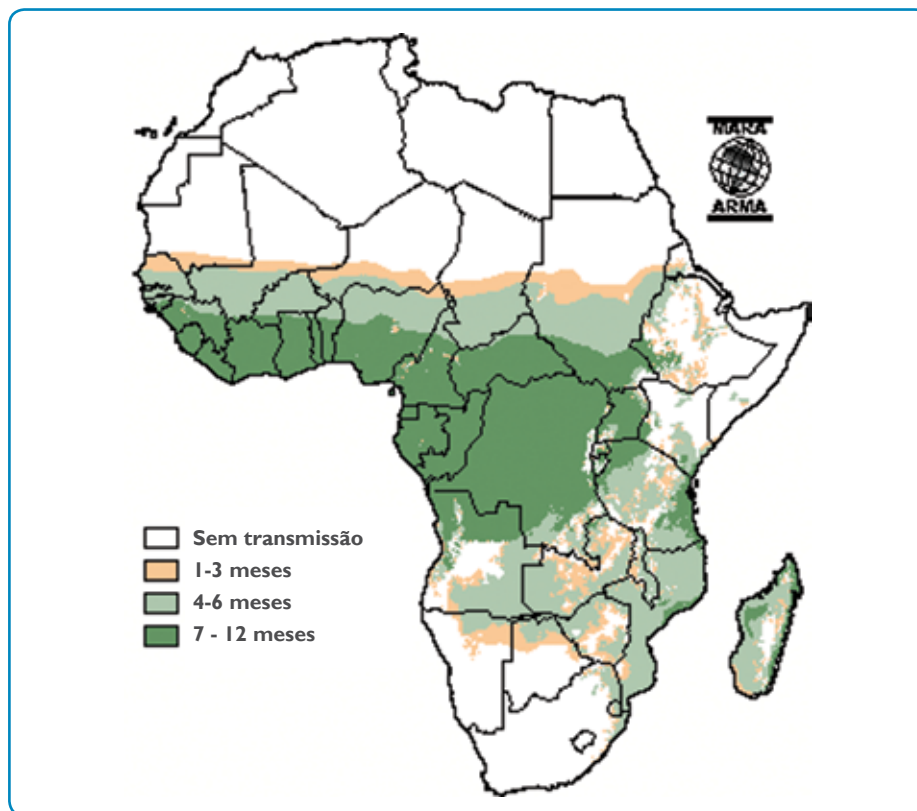


Figura 4.3: Duração da época de transmissão da malária sob alterações climáticas.
Fonte: Anónima (N.D.)

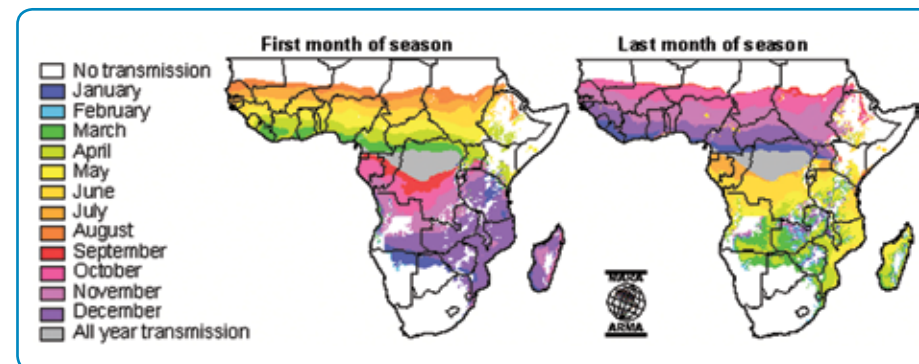


Figura 4.4: O primeiro e último mês da época de transmissão da malária sob alterações climáticas. Fonte: Anónimo (N.D.)

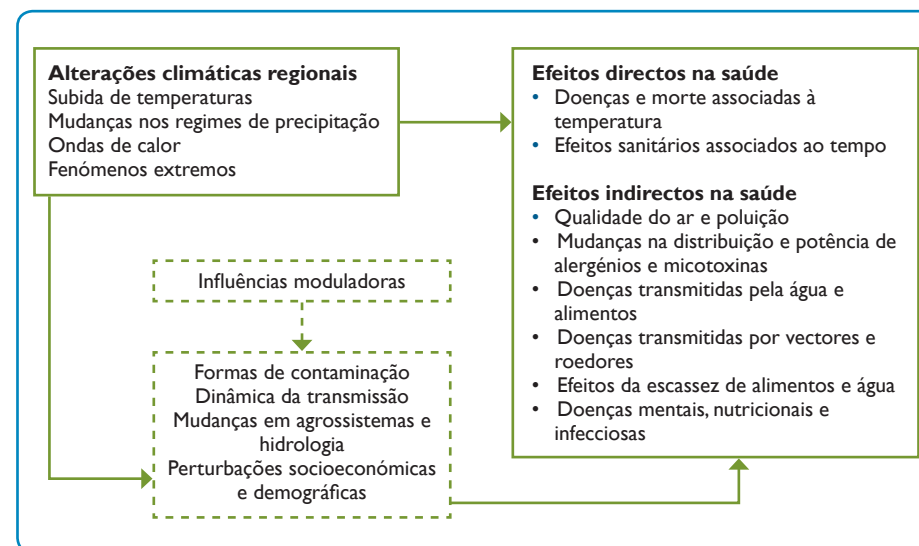


Figura 4.5: Efeitos directos e indirectos das alterações climáticas na saúde,
Fonte: Influências directas e indirectas
(Retirada do portal electrónico da OMS em: *WHO Climate Influences*)

4.4. Capacidade de adaptação (vulnerabilidade social) às alterações climáticas

Conforme anteriormente mencionado, análises mais recentes de riscos associados às alterações climáticas confirmam que os seres humanos são agentes activos na resposta às mesmas, e que a sua capacidade de adaptação aumenta ou diminui os seus níveis de risco. Esta capacidade é influenciada pela sua idade, circunstâncias socioeconómicas e acesso ao poder – isto para referir apenas alguns factores.

A determinação da capacidade de adaptação às alterações climáticas depende extremamente do contexto, e por isso, muitas das avaliações são efectuadas a nível local. Nesta secção apresentam-se dois exemplos: um do Lesoto (na página 63) e outro da África do Sul (abaixo). Ambas abordagens desenvolvem indicadores de vulnerabilidade para fins de comparação.

CASO DE ESTUDO: Vulnerabilidade Social às alterações climáticas no distrito de uMkhanyakude, KwaZulu-Natal, África do Sul

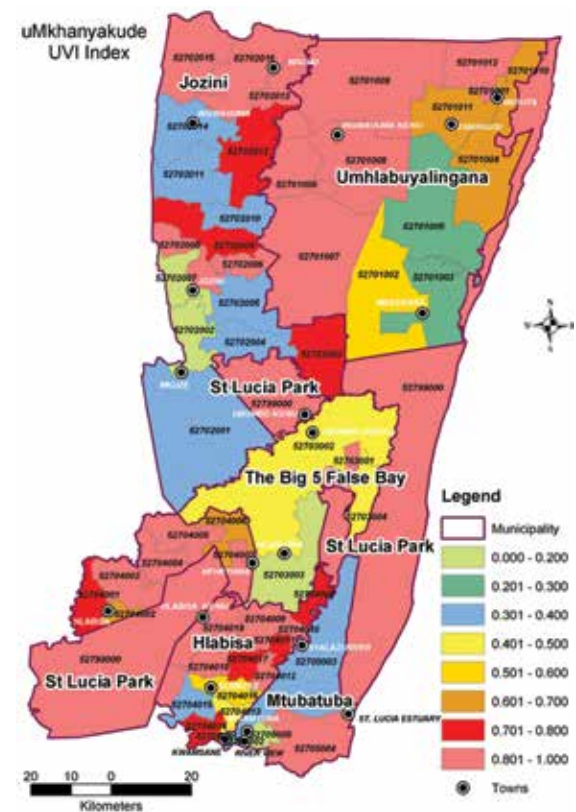
Por Alison Misselhorn

A *Oxfam Australia* encomendou um estudo de análise do nível de vulnerabilidade social a alterações climáticas no distrito de uMkhanyakude, no KwaZulu-Natal, África do Sul. Supõe-se que essa vulnerabilidade é elevada graças a uma série de factores impulsionadores:

- Regista-se aqui a prevalência mais alta de malária do país
- 20-30% dos adultos são VIH+
- A tuberculose é a maior causa da mortalidade
- A estrutura populacional é tal que se regista uma elevada taxa de dependência (muitas crianças e idosos dependentes de uma pequena porção de adultos em idade produtiva)
- O desemprego é excessivo, calculado em 66-90%
- Os níveis de educação são muito baixos, com 30% sem qualquer educação formal.

Visando distinguir entre os níveis relativos da vulnerabilidade às alterações climáticas das diferentes freguesias/bairros do distrito, elaborou-se um Índice, com vários elementos de vulnerabilidade social, nomeadamente a interligação, o bem-estar económico, a saúde e segurança, a estrutura demográfica e a dependência dos recursos naturais. A Figura 4.8 apresenta os resultados. Quanto mais próximas estão de 1, mais vulneráveis são as freguesias. As menos vulneráveis são as com um índice mais próximo de 0 (a verde). Os resultados deste Índice podem ser usados para se estabelecer a prioridade das intervenções concebidas para apoiar a adaptação às alterações climáticas.

Este Caso de estudo baseia-se num relatório publicado pela *Oxfam*: Misselhorn, AA, 2008: *Vulnerability to Climate Change in Umkhanyakude District, KwaZulu-Natal, África do Sul*. *Oxfam Australia, Carlton, Victoria*.



Localidade no distrito de uMkhanyakude, KwaZulu-Natal (Misselhorn, 2008)

CASO DE ESTUDO: Vulnerabilidade social às alterações climáticas no Lesoto rural

Por Jarred Bell



A investigação das mudanças ambientais mundiais na África Austral tem, cada vez mais, concentrado a atenção na vulnerabilidade social dos meios rurais aos impactos associados às alterações climáticas. A vulnerabilidade social refere-se à susceptibilidade dos agregados ou grupos sociais aos efeitos das alterações climáticas e à sua capacidade para as enfrentarem, adaptar-se a elas e ultrapassá-las (Adger and Kelly, 1999). A vulnerabilidade das vidas rurais é, em parte, uma função da exposição ao stress climático e da sua susceptibilidade a impactos. A susceptibilidade de um agregado é determinada pelas características internas, sobretudo o seu acesso a vários capitais de subsistência (vide DFID, 1999 para uma explicação de capitais). Realizou-se uma investigação empírica – com um Índice de Vulnerabilidade com base em capitais de subsistência – em 2010-2011 na aldeia de Singalane a norte do Lesoto. O objectivo era determinar a vulnerabilidade das vidas rurais à instabilidade e mudança climática com base no quadro dos cinco capitais de subsistência sustentável: financeiro, humano, natural, físico e social.

A investigação enfatizou as principais vulnerabilidades dos agregados rurais da aldeia de Singalane aos impactos das alterações climáticas projectadas. O capital natural é um dos mais vulneráveis aos impactos das alterações climáticas. Identificou-se uma relação inversa entre o capital natural e a vulnerabilidade do agregado. Metade dos agregados mais vulneráveis em Singalane dependia

da agricultura e cultivava uma diversidade mais restrita do que os agregados menos vulneráveis. O primeiro grupo é especialmente vulnerável a impactos das alterações climáticas (sobretudo a maior frequência de secas e temperaturas extremas) que poderão dizimar as suas monoculturas, causando mais insegurança alimentar. Os agregados menos vulneráveis com uma diversidade de colheitas mais restrita enfrentam menos vulnerabilidade, pois dependem de uma maior variedade de colheitas.

Possivelmente, uma das maiores vulnerabilidades destes agregados rurais é a sua falta de capital social. Vinte e dois por cento (22%) não pertencem a qualquer grupo comunitário, 46% dos vulneráveis pertencem a um grupo comunitário (uma sociedade funerária que apenas presta assistência no caso da morte de um membro do agregado), e apenas 21% pertencem a dois grupos comunitários que podem oferecer assistência em alturas de stress climático. O alcance geográfico das redes de apoio social é também muito reduzido. Muitos agregados vulneráveis têm acesso ao capital social de ligação dentro ou fora da aldeia. Os menos vulneráveis têm ainda acesso a capital social intercalar dentro da aldeia (o chefe).

O capital financeiro, sobretudo os bens relativos a gado, são uma outra importante vulnerabilidade dos agregados na aldeia de Phelantaba. Em alturas de stress climático, podem depender do gado, graças à sua liquidez, para o seu sustento. Existe uma relação directa entre o valor destes bens e a vulnerabilidade do agregado. 45% dos mais vulneráveis não possuem gado, enquanto 41% possuem um valor patrimonial inferior a R10,000. O baixo valor deste património entre os mais vulneráveis foi atribuído à posse de galinhas e porcos. Os agregados de vulnerabilidade moderada possuem valores patrimoniais mais elevados (média de R11,500), e 58% dos menos vulneráveis na aldeia de Phelantaba possuem bens de maior valor (gado, ovelhas/carneiros e cabras) totalizando entre R4,000 e R50,000.

Resumindo, não há dúvida que as famílias rurais na aldeia de Phelantaba se caracterizam pelas mesmas vulnerabilidades. Estas relacionam-se à sua dependência da agricultura e reduzida diversidade agrícola; escasso capital social e fraco capital financeiro – especialmente a falta de gado ou posse de outros animais de menos valor – que lhes poderia valer quando os impactos das alterações climáticas se fazem sentir mais.

4.5. Conclusão

Este capítulo descreveu como os riscos associados às alterações climáticas (tipicamente consideradas como impactos adversos) são determinados pela interacção de três factores: exposição ao perigo, susceptibilidade (ou vulnerabilidade biofísica) à essa exposição, e capacidade de adaptação (ou vulnerabilidade social) das pessoas nessa situação. Uma vez que a determinação da capacidade de adaptação é muito contextual, é geralmente realizada em pequena escala. Consequentemente, quando se estudam os impactos das alterações climáticas a nível regional, enfatizam-se tipicamente os impactos sectoriais (vulnerabilidade biofísica). A determinação dos riscos dos impactos negativos das alterações climáticas é importante para a priorização de locais (e populações) onde são necessárias intervenções de adaptação. O capítulo 5 analisa as oportunidades e exemplos de redução de risco e adaptação na África Austral.

Caixa 4.4: Fontes de informação – Ferramentas de avaliação da vulnerabilidade social

CARE Climate Vulnerability and Capacity Analysis (CVCA) Handbook

(<http://www.careclimatechange.org>).

Este manual descreve uma metodologia de análise da vulnerabilidade às alterações climáticas e da capacidade de adaptação a nível local, enfatizando a integração dos conhecimentos locais na análise.

Provention Community Risk Assessment

(<http://www.proventionconsortium.org/?pageid=39>)

O *Community Risk Assessment Toolkit* engloba uma colecção de metodologias e casos de estudo para identificar o método de avaliação mais apropriado para a aplicação.



Capítulo 5: Fazer face ao risco

Por Tracy Cull, Katharine Vincent, Claire Davis e Emma Archer van Garderen

De médio a longo prazo, existe grande potencial para uma adaptação às alterações climáticas, com a inclusão das questões de adaptação e risco nas principais actividades de desenvolvimento.

5.1. Introdução

Os capítulos anteriores descreveram as projectadas mudanças das condições climáticas para a região da África Austral e os possíveis impactos destas mudanças nos vários sectores. Apresentaram também os conceitos de vulnerabilidade biofísica e capacidade de adaptação para explicar em que casos a mudança antecipada, através de exposição ao perigo, se traduz em resultados adversos. A identificação de áreas e grupos de pessoas que são extremamente vulneráveis é essencial para priorização de intervenções. Este capítulo ocupa-se das possíveis respostas às alterações climáticas para se reduzirem os seus impactos negativos. De acordo com a prática internacional, estas respostas podem ser agrupadas em mitigação (redução das causas das alterações climáticas) e adaptação (redução do impacto das alterações climáticas), que, por sua vez, coincide significativamente com a redução de risco de calamidades. Convém lembrar que, com respostas adequadas, as alterações climáticas não são sempre prejudiciais, e na verdade, as respostas proactivas podem gerar oportunidades de desenvolvimento humano.

5.2. Mitigação

No respeitante a alterações climáticas, o termo mitigação refere-se geralmente a actividades que reduzem as quantidades de gases de estufa na atmosfera que impulsionam a mudança climática (por exemplo, incentivos fiscais para as empresas que reduzem as emissões de gases de estufa ou a introdução de novas tecnologias para reduzir a quantidade de gás com efeito de estufa produzido). O Protocolo de Quioto ao abrigo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre

Alterações Climáticas preocupa-se com isso exactamente – empenhar as partes na redução de emissões de gases com efeito de estufa em percentagens diferentes para cada país, relativas aos níveis de 1990. Nos termos do Protocolo de Quioto, apenas os países desenvolvidos (conhecidos como os países do Anexo I) têm compromissos de mitigação. Para o efeito de ajudar estes países com a redução das suas emissões, o Protocolo incorpora um número de mecanismos flexíveis. Um deles, de relevância para a África Austral, é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

No âmbito do MDL, os países do Anexo I podem comprar reduções de carbono em programas certificados de desenvolvimento hipocarbónico dos países em desenvolvimento. À medida que o quadro de políticas evolve, sublinha-se agora o facto de que os chamados “sumidouros” podem remover o carbono da atmosfera. Isto era conhecido como *LULUCF* – uso do solo, alterações do uso do solo e actividades florestais, mas recentemente evoluiu para *REDD+* – redução de emissões da desflorestação e degradação florestal. O sinal + refere o facto de que esta iniciativa tem um benefício ambiental correspondente, através da conservação e gestão florestal adequada. Esta ideia de benefícios comuns dos sumidouros de carbono pegou em África (vide casos de estudo da Zâmbia e Quênia nas páginas 67 e 68 respectivamente). De salientar ainda, evidentemente, o papel do sector privado na mitigação, sobretudo na África do Sul, que se comprometeu publicamente a reduzir as suas emissões de gases com efeito de estufa, no contexto das negociações em curso para o sucessor do Protocolo de Quioto (vide caso de estudo Exxaro na página 69). Finalmente, as autoridades locais têm um papel fundamental a desempenhar na mitigação, tal como se reconhece cada vez mais na região, no âmbito das políticas locais e nacionais (vide caso de estudo Ethekekwini na página 70).

Caixa 5.1: Definições

Mitigação refere-se a medidas tomadas para reduzir a emissão de gases com efeito de estufa e otimizar os sumidouros como plantar árvores que absorvem o dióxido de carbono da atmosfera.

Adaptação é uma forma de responder aos impactos das alterações climáticas. Procura moderar os impactos e aproveitar novas oportunidades, ou fazer face às consequências das novas condições. A capacidade de adaptação depende da situação socioeconómica e ambiental de uma região, assim como da disponibilidade de informações e tecnologia. Ao nível individual, as características de uma pessoa (ex: idade, género, nível de educação, etc.) influenciam a sua capacidade de se adaptar bem às alterações das condições climáticas.

Existem dois tipos principais de adaptação:

- **Adaptação preventiva** – é a adaptação que ocorre antes dos impactos das alterações climáticas serem observados. Também conhecida como adaptação proactiva.
- **Adaptação reactiva** – é a adaptação que ocorre após os impactos das alterações climáticas terem sido observados.

A **redução do risco de calamidades** inclui todas as formas de actividades para evitar (prevenção) ou limitar (mitigação e preparação) os efeitos adversos dos perigos (www.unisdr.org).

As estratégias eficazes e/ou adequadas em vários sectores devem ser priorizadas; estas são as abordagens multi-sectoriais. Isto envolveria considerar-se simultaneamente uma série de objectivos, que incluiriam adaptação às alterações climáticas, adaptação, captação de carbono e mitigação de emissões e gases com efeito de estufa, conservação da biodiversidade e meios de subsistência sustentáveis. Muitas estratégias e políticas existentes podem ser simplesmente apoiadas ou alteradas para melhorar a capacidade de adaptação face aos efeitos das alterações climáticas em sectores chave.



CASO DE ESTUDO: Redução de emissões da desflorestação e degradação florestal

Por Catherine Traynor

A desflorestação contribui com entre 12 a 20% das emissões de gases com efeito de estufa do mundo (Gibbs and Herold, 2007; Van der Werf *et al.*, 2009). O REDD+ foi concebido para a redução das emissões de carbono que são libertadas para a atmosfera quando árvores são cortadas, e pode ser potencialmente uma acção de mitigação importante para se evitarem subidas mundiais de temperatura superiores a 2°C (UNFCCC, 2009). Os incentivos positivos são pagamentos com base na concretização da redução de emissões ou aumento de remoção de gases com efeito de estufa (Wertz-Kounnikoff and Angelsen, 2009). A monitorização, os relatórios e a verificação (MRV) empregam-se para quantificar as alterações nos gases, referidas em toneladas de equivalente de dióxido de carbono (t CO₂e), e conhecidas como 'créditos de carbono'. Para cada crédito de carbono conseguido como resultado do REDD+ é paga uma compensação financeira a partir de um fundo internacional e/ou mecanismo internacional do mercado de carbono. O REDD+ atribuiu um valor ao carbono florestal e agora as florestas não são avaliadas apenas pelos seus produtos e pelo solo onde se encontram (Sunderlain and Atmadja, 2009). As actividades REDD+ deviam ser implementadas de acordo com 'salvaguardas', como o respeito pelos conhecimentos e direitos dos povos indígenas e comunidades locais, e a sua plena e eficaz participação.

A Zâmbia está a desenvolver uma estratégia nacional REDD+ com a assistência do Programa UN-REDD, uma iniciativa de colaboração que visa contribuir para o desenvolvimento da capacidade de implementação do REDD+ (UN-REDD, 2010). O programa UN-REDD da Zâmbia tem como objectivo preparar instituições e interessados para uma implementação nacional eficaz do mecanismo REDD+. Outros objectivos são ainda desenvolver um ambiente propício para o mecanismo, desenvolver modelos de partilha de benefícios e sistemas de MRV (MTENR/ UN-REDD 2010). Os projectos a nível local visarão factores específicos de desflorestação e degradação (D+D). A Zâmbia deverá decidir quais os locais com mais potencial para o REDD+ e para tal precisará de dados diferenciados espacialmente.

Os dados a nível nacional são utilizados para ilustrar como os espaciais assistem os decisores na identificação desses locais, que devem oferecer oportunidades para reduzir D+D e maximizar os benefícios. Na Zâmbia, dois importantes impulsionadores de D+D são a conversão de florestas em áreas de cultivo e os incêndios frequentes. Com a assistência de peritos e mapas dos solos, identificaram-se os solos com elevada aptidão para produção agrícola anual e calculou-se a

frequência dos fogos a partir do produto MODIS de área ardida (Roy *et al.*, 2008). Todas as áreas ardidas entre 2000 a 2007 foram mapeadas e a frequência dos fogos para cada quadrado da grelha foi calculada para o período de oito anos (Archibald *et al.*, 2010). Estes mapas foram classificados em cinco classes e agrupados para se ter uma camada de ameaças. Identificaram-se as áreas de alta densidade de carbono com valores da biomassa lenhosa à superfície (Baccini *et al.*, 2008), calculando a biomassa no subsolo com percentagens, e adicionando o reservatório de carbono da matéria orgânica do solo (FAO, 2007).

Identificaram-se os 'benefícios' do REDD+ mapeando as estimativas da biodiversidade [mamíferos e anfíbios (IUCN 2010), aves (BirdLife International 2009), e plantas vasculares (Barthlott *et al.*, 2007), e também a suficiência de lenha (Biggs *et al.*, 2004)]. A densidade de carbono, a biodiversidade e mapas de lenha foram reclassificados em cinco classes e agrupados para se ter uma camada de 'benefícios'. Esta camada foi depois multiplicada pela de 'ameaças' e mapearam-se áreas de grande conflito. Estas áreas indicam densidades elevadas de carbono e os benefícios comuns da biodiversidade e do fornecimento de lenha são ameaçados por fogos frequentes e/ou aptidão dos solos para a agricultura (vide Figura 5.1). Indicam ainda áreas prioritárias para a implementação de projectos REDD+; contudo, mais mapeamentos — integrando por exemplo a desflorestação histórica, produtos florestais não lenhosos e a produção de carvão —, juntamente com consultas com os interessados e estimativas de peritos, iriam melhorar estas conclusões preliminares.

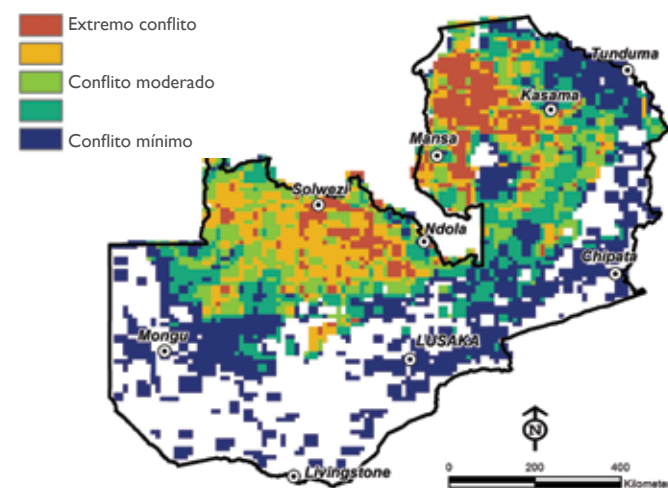


Figura 5.1: Possíveis áreas prioritárias para a implementação do REDD+ na Zâmbia.

CASO DE ESTUDO: Projecto de Carbono Mbirikani, Quênia (African Wildlife Foundation-AWF)

Por Kathleen H. Fitzgerald



Como parte do seu empenho em garantir a sustentabilidade da fauna e flora selvagem em África, a AWF está a actualmente a implementar um programa de compensação de carbono com o *Mbirikani Group Ranch*, no sul do Quênia. Mbirikani estende-se por aproximadamente 320 000 acres e pertence a cerca de 4 500 pastores que a (fazenda) organizam colectivamente. Aí vivem pouco mais de 15 000 pessoas, com aproximadamente 60-90 000 cabeças de gado. A água permanente é escassa e a precipitação irregular com uma média anual de 350 e 500 mm, o que torna a área em uma das mais secas do Quênia. Isto, por sua vez, faz que seja muito difícil para a comunidade gerar rendimento por outros meios que não o pastoreio. Um programa de compensação de carbono é uma tentativa de gerar rendimento para apoiar a conservação florestal e melhorar as vidas dos habitantes, contribuindo simultaneamente para a protecção de um sistema de ligação que permita a dispersão do *Amboseli National Park* para o *Mbirikani Group Ranch*.

O primeiro passo dado foi uma reunião com a comunidade, formação sobre o REDD+ e a solicitação do seu aval para o projecto. A formação foi ministrada em *Swahili* e *Kimaasai*. Os participantes, membros da comunidade e do Comité da fazenda, aprenderam os conceitos do REDD+ e aprovaram-no com entusiasmo. Foi acordado que qualquer rendimento proveniente do programa de carbono seria usado para apoiar os esforços de conservação, para pagar pela monitorização e verificação anual, e que as receitas para a comunidade seriam pagas directamente aos agregados familiares. A reunião terminou com a comunidade dizendo “Karibu

Carbon” (“Bem-vindo Carbono”). Após tão forte aval, a AWF deu início a uma análise para identificação dos impulsionadores de desflorestação como ponto de partida para o programa de compensação de carbono, constatando que os principais são: a exploração madeireira para a produção de barrotes para a construção, lenha, carvão, esculturas e ‘*rungus*’ – bengalas; incêndios resultantes das colheitas do mel; e colheita de plantas medicinais.

Finalizaram-se os documentos (*A Project Idea Note (PIN)* e *Project Development Document (PDD)*) e a AWF e a comunidade aguardam pela fase de verificação pelo *Voluntary Carbon Standard (VCS)* e *Community, Climate and Biodiversity (CCB)*. Simultaneamente, a AWF tem estado a trabalhar com alguns parceiros visando encontrar programas alternativos de subsistência para mitigar a ameaça actual à floresta. Estes programas incluem fogões alternativos (solares e “*jikos*” melhorados), recuperação de produtos, materiais de construção alternativos e microempresas, como melhores mercados. Para além disso, a AWF está a trabalhar com a comunidade no reflorestamento, o que poderá permitir a sua habilitação a mais créditos de carbono e aumentar o coberto florestal.

Algumas das lições aprendidas com este projecto-piloto até à data são:

1. O custo para estabelecer os programas de crédito de carbono é elevado, devendo por isso, elaborar-se uma análise de benefícios de custo.
2. Os mecanismos de partilha de benefícios devem ser claros e acordados logo de início.
3. Os requisitos de GIS (Sistemas de Informação Geográfica), em termos de dados e competências, são significativos para os programas.
4. O desenvolvimento do projecto leva tempo; por isso, as comunidades precisam de entender qual é o tempo necessário.

O mercado de carbono, embora ainda em desenvolvimento, oferece às comunidades, potencialmente, oportunidades de geração de rendimentos de apoio à sua subsistência e esforços de conservação. Em particular, as que vivem em áreas remotas, que não são destinos turísticos, não possuem os incentivos financeiros para proteger as suas terras. Assim, a possibilidade de acederem aos mercados de carbono oferece-lhes uma possível fonte de rendimento para a conservação florestal. Os desafios são significativos, no mínimo a necessidade de um compromisso a longo prazo para a preservação dos recursos florestais, e o facto do mercado de carbono ser relativamente novo; não obstante, a AWF espera que algumas das lições aprendidas com os seus programas piloto actuais assistam as comunidades em África na protecção da desflorestação e degradação. A correcta concepção destes programas, a garantia de uma distribuição equitativa dos benefícios e a participação da comunidade desde o início, são aspectos chave para o êxito de programas de carbono.

CASO DE ESTUDO: O accionar da possibilidade de uma Terra mais verde - Exxaro Resources

Por Lizette Kohn



A Exxaro Resources é uma empresa sul-africana de exploração mineira que gere activamente a utilização de energia com o intuito de reduzir a sua pegada carbónica. Participou no *Carbon Disclosure Project (CDP)* e classificou-se me 5º lugar no conjunto da 100 empresas do top da JSE (Bolsa e Valores de Joanesburgo). O processo de recolha de dados para o CDP salientou alguns desafios na obtenção de informações precisas e completas nos domínios da energia e pegada de carbono, dando origem à criação de uma Estratégia para a Gestão de Energia e Carbono, para uma análise da gestão de dados energéticos e outras áreas e vertentes importantes.

A Estratégia identifica-se com as outras políticas da Exxaro, tais como a Estratégia de Sustentabilidade e os princípios e políticas sobre Energia e Alterações Climáticas, e orienta-se pela recolha iterativa e actualizada de informações sobre a recolha e gestão de dados de Energia e Carbono. Estabeleceu-se uma capacidade de gestão do consumo de electricidade em tempo real, em antecipação do *Power Conservation Plan (PCP)* da Eskom, constituindo a fundação de uma plataforma energética comercial.

O aumento dos preços da electricidade e combustível, a ameaça do imposto de carbono e o verdadeiro desejo de reduzir a pegada de carbono da empresa, criaram uma vertente de trabalho extremamente dedicada no domínio da eficiência energética, liderada por um Gestor

e dedicados Campeões de Energia em cada uma das unidades da Exxaro. O resultado foi a implementação de iniciativas e soluções inovadoras na base para mais eficiência energética, como bombas de calor para aquecimento de água, motores de velocidade variável e alternativas de iluminação. As várias e soluções experimentadas foram partilhadas entre as unidades da empresa como melhores práticas, sendo agora padrões incorporados em projectos importantes e critérios de design.

Em 2010 o Comité Executivo da Exxaro comprometeu-se a apoiar o Programa de Gestão de Energia e Carbono e reafirmou o seu empenho em melhorar a eficiência energética em 10% e reduzir as emissões de carbono também em 10% até 2012. A Exxaro investe actualmente na capacidade de co-produção e está prestes a inaugurar uma empresa de energia limpa, cujas actividades incidirão em energia renovável.

Requisitos Regulamentares e dos Interessados

Visão, Missão e Valores da Exxaro	Estratégia de Sustentabilidade	Energia e Alterações Climáticas - Princípios e Políticas	Gestão Operacional	Dados sobre a Energia e a Pegada de Carbono	Processos e Sistemas de Gestão e Monitorização	Protecção de Mercados e Oportunidades comerciais	
				Gestão do Consumo de Energia	Plataforma para Gestão do Consumo		
				Plataforma para Comércio de Energia	Uma Plataforma para a Comercialização de Electricidade (PCP/RTC, COGEN e Renováveis)		
			Projecto no sector da Energia	Projectos para melhoria da Eficiência Energética	Melhoria da eficiência Energética em Operações Actuais		
				Directrizes de Gestão de Importantes Projectos de Energia e Carbono	Implementação de Importantes e Eficientes Projectos de Energia e Carbono		
				Tornar-se neutro sob o ponto de vista das emissões de Carbono	Implementação de Projectos de Energia Limpa		
			Apresentação de Relatórios				
			Garantias				

Figura 5.2: Quadro da Estratégia para a Gestão de Energia e Carbono da Exxaro.

CASO DE ESTUDO: Qualidade do ar e mitigação em Durban, África do Sul

Por Tirusha Thambiran



As alterações climáticas e a qualidade do ar têm fontes de emissões comuns, por isso, qualquer intervenção nestas áreas pode afectar simultaneamente mais de um poluente atmosférico. Uma medida que vise reduzir as emissões de um certo poluente pode conduzir a aumentos (trocas – trade-offs) ou reduções (benefícios comuns) das emissões de outros poluentes. As políticas de gestão do ar devem, portanto, ter em conta os possíveis impactos dos gases com efeito de estufa (GEE) nos esforços de mitigação. A cidade de Durban, na província do KwaZulu-Natal na costa oriental da África do Sul, é um exemplo de possíveis oportunidades para a incorporação das questões relativas às alterações climáticas nos planos de gestão da qualidade do ar (AQMP).

Durban tem sido caracterizada uma fonte de vários poluentes do ar, atribuídos essencialmente à queima de combustíveis fósseis pelas indústrias e transportes rodoviários. Estes sectores são importantes contribuintes do PIB da cidade, mas também contribuintes significativos da poluição atmosférica e emissões de GEE. O desafio que a cidade enfrenta é conseguir colher os benefícios socioeconómicos que estes serviços oferecem e, simultaneamente, minimizar os impactos ambientais e sanitários.

Durban desenvolveu os seus AQMP em 2007, que servem como fundação da garantia da implementação, nos sectores dos transportes públicos e industrial, de medidas que preservem a qualidade do ar em níveis aceitáveis à saúde humana e ecossistemas. As preocupações das alterações climáticas têm sido, até à data, tratadas independentemente dos AQMP, tendo grande parte da investigação efectuada concentrado a atenção sobre os seus impactos na cidade e

sobre a quantificação das emissões de GEE. As oportunidades de se utilizarem as intervenções associadas à qualidade do ar de forma inovadora, no campo das emissões de GEE, passam geralmente despercebidas. Por exemplo, a cidade regulamentou a implementação de planos de acção industriais de qualidade do ar, que consistem em várias medidas com sinergias e compensações para as alterações climáticas. Tais medidas incluem um incremento no consumo de electricidade por causa da instalação de dispositivos de limpeza do ar e decréscimos nas emissões de GEE pela substituição de combustíveis. O impacto das emissões de GEE não foi quantificado ou considerado na decisão de implementação destas medidas de controlo de qualidade do ar. Por conseguinte, nos casos em que as intervenções resultaram em incrementos de emissões de GEE, nada se fez para compensar as trocas em termos de alterações climáticas. Ademais, as intervenções industriais energéticas, até à data, têm-se dedicado à gestão do consumo de electricidade, no contexto prioritário da estratégia da energia da cidade. Muitos dos grandes consumidores industriais de electricidade não contribuem directamente para a poluição atmosférica, não sendo por isso afectados pelas regulamentações do AQMP da cidade. Para além disto, como a electricidade fornecida por rede não é gerada dentro dos limites da cidade, não se têm sentido benefícios comuns pela melhoria da qualidade do ar com a redução do seu consumo. As políticas de energia e qualidade do ar para a cidade não estão bem alinhadas entre si. Daí que as oportunidades de se colherem benefícios comuns graças à gestão do consumo de combustíveis fósseis não se concretizem.

O sector dos transportes rodoviários em Durban é uma crescente fonte de poluição atmosférica na cidade. Um grande número de viaturas ligeiras antigas e camiões pesados contribuem para a poluição atmosférica e consumo de combustíveis. Ao contrário do sector industrial, as regulamentações não estão tão bem desenvolvidas, com poucos incentivos para que as viaturas sejam baixos contribuintes da poluição atmosférica na cidade. Não existem actualmente quaisquer medidas de controlo directo da poluição atmosférica em fase de implementação no sector. Contudo, muitas daquelas que são propostas no plano de transportes da cidade, como a promoção dos caminhos-de-ferro para transporte de carga e a melhoria dos sistemas de transporte público, terão potencialmente um impacto simultâneo na poluição atmosférica, segurança rodoviária e consumo de combustíveis fósseis.

O consumo industrial de combustível fóssil e o transporte rodoviário são questões transversais imperativas na elaboração de políticas e as decisões tomadas a este respeito podem determinar o êxito da cidade no alcance dos objectivos para a qualidade do ar e na mitigação das alterações climáticas. Uma melhor coordenação a nível dos planos dos sectores industrial, da energia e transportes podem resultar em benefícios comuns significativos. O AQMP pode desempenhar um papel importante, garantindo a selecção de medidas adequadas e apoiando e influenciando as intervenções que visam a eficiência energética, as substituições de combustível e a gestão do transporte rodoviário na cidade.

5.3. Adaptação

Embora o processo internacional de políticas para abordar as alterações climáticas se tenha preocupado com a mitigação, a adaptação tem sido sempre uma resposta fundamental na África Austral. Isto porque a magnitude das alterações projectadas é tão eminente, e a capacidade de adaptação tipicamente tão baixa, que os impactos adversos são bastante prováveis. A adaptação é uma forma de se reduzirem os riscos colocados pelas alterações climáticas às vidas das pessoas e sua subsistência (DFID, 2006).

Tal como referido no capítulo 1, grande parte da África Austral caracteriza-se por um clima instável, e as pessoas têm geralmente utilizado mecanismo de sobrevivência para responder a tal instabilidade. A diferença entre as estratégias de sobrevivência e as de adaptação reside na sua relação com a vulnerabilidade. Uma estratégia de sobrevivência pode ajudar uma pessoa ou um agregado familiar a manter o bem-estar face a uma crise, mas não reduz a sua vulnerabilidade se a crise voltar a ocorrer. Uma estratégia de adaptação reduz a vulnerabilidade a futuras exposições ao perigo. Por exemplo, se a casa de tijolos de lama de uma família for danificada numa cheia, é depois reparada com mais tijolos de lama – esta é uma estratégia de sobrevivência. Se, por outro lado, a casa for reconstruída com tijolos de cimento, que aguentam melhor as cheias, ou sobre estacas, já seria um mecanismo de adaptação. A Caixa 5.2 resume alguns exemplos de medidas de adaptação frequentes. Outros são explicados com mais pormenor nas Caixas dos casos de estudo.

Parte da dificuldade com a implementação de medidas de adaptação é saber-se exactamente o que é necessário na prática. Enquanto a adaptação autónoma é fácil de observar – em termos das repostas a fenómenos climáticos passados –, a adaptação planeada é mais difícil, pois envolve respostas antecipadas a um fenómeno possível futuro. Devido à relação entre adaptação e vulnerabilidade, a avaliação do êxito das adaptações só pode ser feita depois da intervenção, pois normalmente requer uma exposição a um perigo de semelhante magnitude. Uma resposta adequada às alterações climáticas é, portanto, uma tentativa para se edificar a capacidade de adaptação das populações – para garantir que a exposição ao perigo não se traduz em impactos adversos quando esta ocorre (vide Caso de estudo da RDC na página 73). Em muitos casos, a edificação da capacidade de adaptação na base só é bem-sucedida se o contexto socio-cultural da base for tomado em consideração (vide Caso de estudo de “para-ecologistas” na página 74).

A capacidade de adaptação às alterações climáticas depende de uma série de factores sociais, políticos, económicos, tecnológicos e institucionais. A interacção específica destes factores difere mediante a escala de análise: do país ao indivíduo, a capacidade de adaptação é multidimensional

e é determinada pela complexidade das relações entre vários factores em escalas diferentes. Ao nível do país, não só reflecte a disponibilidade de recursos financeiros, mas também e decisivamente, o grau da capacidade de organização e institucional para se direccionarem, de forma eficaz, esses recursos para as áreas e grupos de pessoas que são mais vulneráveis. Ao nível do agregado familiar, o facto de as pessoas se conseguirem adaptar ou não às alterações climáticas depende de factores como a sua base de conhecimentos, que os pode ajudar a antecipar a mudança e identificar oportunidades de subsistência novas ou modificadas, e o seu acesso aos recursos necessários para o conseguirem (Vincent, 2007).

Possivelmente, uma das formas mais adequadas para se conseguir a adaptação às alterações climáticas é a inclusão das questões da própria adaptação no desenvolvimento de actividades essenciais. Isto faz sentido por várias razões – se as iniciativas de desenvolvimento ignorarem as alterações climáticas, a concretização dos seus objectivos pode ser impedida pelas alterações climáticas, ou a intervenção pode inadvertidamente exacerbar a vulnerabilidade à mudança climática (por exemplo, encorajar a dependência num recurso natural cuja disponibilidade poderá mudar, de acordo com as projecções) (Klein, 2001). Esta abordagem tem sido adoptada por um número de doadores bilaterais e multilaterais, que agora consideram uma posição “à prova do clima”, ou a avaliação de risco climático nos seus projectos de desenvolvimento, uma necessidade (Klein et al., 2007). Muitos outros actores de desenvolvimento, incluindo organizações não-governamentais (ONG), apoiam esta abordagem da inclusão do clima nas actividades de desenvolvimento (Vincent et al., 2010).



[Fotografia: Kathleen H. Fitzgerald]

Caixa 5.2: Exemplos de medidas de adaptação frequentes (adaptado de Vincent et al., 2008)

<i>Medida de adaptação</i>	<i>Oportunidades</i>	<i>Desafios</i>
Medidas de adaptação para redução do risco de calamidades.	Existe um historial de redução de risco de calamidades em vários países da África Austral, em particular, Madagáscar e Moçambique.	O quadro institucional não é sempre favorável à integração da adaptação às alterações climáticas e redução de risco de calamidades: por exemplo, são questões tratadas por ministérios diferentes.
Protecção social para pessoas vulneráveis às alterações climáticas.	Um número de países da África Austral (ex: Botsuana, Lesoto, Maurícias, Namíbia, África do Sul, Suazilândia) possui agora esquemas de protecção social a nível nacional, como transferências de dinheiro; assim, existem já os sistemas para as transferências associadas à instabilidade climática.	Os esquemas de protecção social são tipicamente considerados como dispendiosos pelos governos, não menos porque depois de iniciados, são para longo prazo.
Provisão de informações climáticas e alerta prévia, para que os agricultores possam tomar decisões adequadas às condições iminentes.	Previsões sazonais são normalmente disseminadas pelos serviços meteorológicos nacionais, que empregam modelos de uma série de parâmetros climáticos e produzem previsões probabilísticas a curto prazo sobre a possibilidade da precipitação ser inferior à média, mediana, ou superior à média na estação seguinte.	A importância da transferência de informação do nível nacional ao local, devendo acontecer atempadamente e ter em conta as preferências dos agricultores relativamente a esses canais de informação e ao timing (Patt and Gwata, 2002). Um estudo revelou que as mulheres preferem ficar a saber das previsões sazonais por funcionários responsáveis, enquanto os homens preferem ouvi-las na rádio (Archer, 2003).
Tecnologia agrícola: novas variedades de cultivo, práticas agrícolas de conservação.	Pequenos agricultores (e aqueles que precisam de mínimos insumos) têm mais flexibilidade em termos daquilo que plantam de ano para ano.	O acesso aos recursos (insumos como sementes e fertilizantes, e capital físico como terras e ferramentas) por ser muito dispendioso para pequenos lavradores. A plantação de árvores permite aos agricultores hiatos mais prolongados para implementarem mudanças no sistema de produção.
Gestão hídrica melhorada: medidas de eficiência/gestão da procura.	Visto que a água é um recurso escasso na África Austral, o incentivo da conservação de recursos e eficiência de uso garante uma melhor disponibilidade de recursos.	As estruturas de políticas devem ser alteradas ocasionalmente para se encorajar a eficiência com a implementação de mecanismos de fixação de preços. Existem também preços associados à eficiência: por exemplo, o custo da manutenção da infra-estrutura para se minimizarem perdas devidas a escoamentos.
Mecanismos de partilha de riscos, como seguros indexados.	Os seguros indexados podem disponibilizar um mecanismo financeiro sem risco moral – porque o pagamento está relacionado com as condições meteorológicas e não com a colheita. Tem sido testado com êxito no Malaui, Quênia e Etiópia.	Depende da disponibilidade de informações meteorológicas. Pode ser dispendioso para agricultores pobres. Coloca-se o risco de tais opções aumentarem a susceptibilidade ao oferecerem uma faixa amortecedora que impede que os agricultores tomem decisões que associam as suas actividades às condições meteorológicas (McLeman and Smit, 2006).
Diversificação de formas de subsistência resultantes de mais actividades sensíveis ao clima.	A diversificação é uma estratégia frequente para fazer face a stresses múltiplos.	O incentivo da diversificação na base através das políticas nacionais é notavelmente difícil, devido ao contexto de especificidade de muitas subsistências.
Facilitar o êxodo das pessoas das áreas onde as suas vidas correm risco.	As alterações climáticas não trazem desvantagens a todas as áreas – para algumas, trará oportunidades, e (por opção) a redistribuição da população para se aproveitarem as mudanças de recursos é uma boa estratégia.	A migração acarreta desafios políticos e humanitários, sobretudo onde as fronteiras nacionais são transpostas. Por exemplo, os ataques xenofóbicos na África do Sul.

CASO DE ESTUDO: Lições aprendidas para o melhoramento da capacidade de adaptação das comunidades florestais da República Democrática do Congo

Por Youssoufa Bele



As pessoas que vivem nas florestas dependem extremamente dos produtos e serviços florestais são, social e economicamente, vulneráveis às mudanças dessas florestas.

Na República Democrática do Congo (RDC), como em muitos países da África Central, os problemas que enfrentam estas comunidades, como a fragmentação florestal, redução de habitat, perda de biodiversidade e respectivos efeitos adversos, estão a manifestar-se difíceis de gerir. A instabilidade e mudança climática constituem um novo obstáculo ao desenvolvimento nacional na concretização de importantes objectivos globais, como os Objectivos de Desenvolvimento do Milénio. Contudo, a capacidade de adaptação dos pobres rurais, possivelmente os mais vulneráveis às alterações climáticas, ainda não é compreendida.

Na RDC, mais de 80% da população depende de sectores sensíveis ao clima para sobreviver – agricultura, pescas, práticas pastorais, florestas para a energia doméstica, segurança alimentar, fornecimento de água, ervas e casca de árvore para produtos sanitários. Assim, as populações indígenas e comunidades locais, por meio dos seus conhecimentos ecológicos tradicionais extensivos e saber-fazer, podiam desempenhar um papel decisivo como “sentinelas”, prestando observações directas e precisas e bases de dados sobre a adaptação às alterações climáticas. No entanto, são populações com uma capacidade muito baixa para fazerem face aos impactos da instabilidade e mudança climática, ou aproveitarem as oportunidades. A propósito, actualmente, as alterações climáticas não são consideradas nas decisões e planos de gestão florestal a longo

prazo do país. Com esta perspectiva, o *Centre for International Forestry Research (CIFOR)* lançou projecto para três anos intitulado ‘Florestas da Bacia do Congo e Adaptação às Alterações Climáticas na África Central’ (CoFCCA) em 2008, financiado pelo *International Development Research Centre (IDRC)* do Canadá e o *Department for International Development (DFID)* do Reino Unido. No âmbito deste projecto, utilizou-se a pesquisa participativa activa (PAR) nas comunidades florestais de Kisangani e Mambasa para ajudar as comunidades indígenas e locais no melhoramento da sua capacidade de adaptação à instabilidade e mudança climática.

Uma importante constatação foi que a adaptação não é novidade para estas comunidades, pois sempre tiveram que desenvolver e implementar estratégias individuais e colectivas para se adaptarem à instabilidade climática e mudanças ambientais. Alguns agregados conseguiram evitar com êxito a morbilidade animal em períodos prolongados de secas, plantando e regando em torno das suas casas algumas espécies de relva que os animais podem comer, ou colocando vasilhas com água à sombra para estes beberem. Colectivamente, a comunidade criou linhas quebra-fogo para proteger as suas florestas dos fogos. As comunidades alvo do estudo aproveitaram as oportunidades apresentadas pela instabilidade e mudança climática. Aproveitaram a precipitação ocasional durante a estação seca para reforçar a produção de certos alimentos. Esta precipitação tem tido efeitos positivos na produção de banana-pão e cassava em Mambasa. As comunidades de Kisangani aproveitam a secura das áreas pantanosas para a cultura de milho fora da época.

Estas estratégias até aqui usadas, podem ser prejudicadas por futuras alterações climáticas; daí a necessidade de se desenvolverem novas estratégias de adaptação, como a apicultura, a plantação de árvores *Gnetum* e o cultivo de espécies de plantas propícias à produção de lagartas, uma fonte alimentar importante quando as alterações climáticas afectam as colheitas. São muitos os obstáculos que dificultam a implementação de novas estratégias – acesso limitado à inovação científica e informação sobre as alterações climáticas; pressões socioeconómicas; fraca educação e preparação para calamidades; recursos financeiros baixos limitados ou insuficientes que impedem acções colectivas; e falta de adequada assistência relevante à adaptação às alterações climáticas.

Assim, na RDC, as alterações climáticas não são apenas um problema ambiental, mas também um problema de desenvolvimento, exacerbando possivelmente os níveis da pobreza. As respostas desenvolvidas pelas comunidades locais até aqui talvez sejam menos apropriadas num futuro próximo, por causa das alterações climáticas. A PAR tem ajudado estas comunidades a desenvolver novas opções de adaptação, cuja implementação requer o apoio de parceiros, como organizações internacionais, autoridades nacionais e regionais e ONG. Todavia, este apoio deve ser coordenado e orientado para a acção.

CASO DE ESTUDO: “Para-ecologistas” podem apoiar a adaptação às alterações climáticas

Por Ute Schmiedel

A participação de interessados reveste-se cada vez mais de importância na investigação aplicada das alterações climáticas dedicada à adaptação da gestão do aproveitamento da terra. Isto com base na convicção de que esta investigação só conseguirá o impacto pretendido e será susceptível de implementação se o grupo alvo das actividades da investigação fizerem parte do processo de identificação de soluções. Contudo, a participação de interessados num contexto de pesquisa académica pode ser um verdadeiro desafio. Os projectos típicos de investigação académica devem obedecer a marcos e objectivos, assim como distribuir publicações científicas revistas pelos pares que, com frequência, exigem um foco num âmbito de investigação um tanto limitado. Estes requisitos dificultam o processo participativo que exige uma abordagem aberta e flexível que permite a correcção de meios e objectivos à medida que o projecto avança.

O BIOTA África Austral, um projecto de investigação internacional e interdisciplinar da biodiversidade, que monitorizou e analisou o impacto do aproveitamento da terra e das alterações climáticas na biodiversidade da África Austral (Namíbia e África do Sul), enfrentou este desafio. A fim de poder envolver os utilizadores da terra no contexto de uma abordagem académica, o BIOTA contratou e formou oito membros das comunidades locais para integrarem a equipa investigadora.

Estes “para-ecologistas” receberam formação prática durante um período de quase seis anos, e teórica durante os cursos anuais de formação, no domínio da monitorização de biodiversidade e investigação socioeconómica relevante (para mais informações sobre o programa, vide Schmiedel *et al.*, 2009, 2010).

O objectivo da iniciativa era empoderar os membros das comunidades locais (“para-ecologistas”) para se envolverem nas actividades da investigação e intensificarem o intercâmbio e colaboração com os utilizadores locais. Estes membros facilitaram a partilha dos objectivos da investigação, das actividades, seus resultados e possíveis impactos na gestão das terras com os utilizadores. Por último, mas não menos importante, apoiaram os investigadores nas suas morosas actividades de monitorização, incluindo as tarefas que exigem observações na sua ausência.

As experiências indicaram que o envolvimento destes “para-ecologistas” no projecto contribuiu para um melhor entendimento da perspectiva dos utilizadores sobre o ambiente natural e social, e sobre os constrangimentos, desafios e incentivos para as suas decisões de gestão da terra sob

as condições de mudança globais. Ainda, eles tornaram-se instrumentais no intercâmbio de conhecimentos entre cientistas e utilizadores da terra, assim como na sensibilização e educação ambiental no seio das comunidades locais. Deste modo, o programa “para-ecologista” contribuiu para o empoderamento das comunidades locais utilizadoras, no campo da adaptação e gestão sustentável do aproveitamento/uso da terra. Ajudou a expandir os seus conhecimentos, pois a referência aos dados das observações facilitou as suas decisões de gestão.



A aprendizagem da recolha e identificação de plantas e animais fez parte dos seminários de formação dos “para-ecologistas”.
[Fotografia: Ute Schmiedel]

Este programa pode ser um passo em direcção ao empoderamento de membros de comunidades utilizadoras da terra, para partilharem, avaliarem (em termos das suas próprias experiências) e utilizarem conhecimentos científicos nas suas estratégias de adaptação ao ambiente em mudança. Isto identifica-se com a ideia de que a adaptação às alterações climáticas enquanto processo dinâmico requer o melhoramento da capacidade de adaptação agora e não num futuro, após a mudança (Tschakert and Dietrich, 2010).

A contratação e formação de “para-ecologistas” exigem um grande empenho da parte destes e dos cientistas. Os problemas que surgem podem divergir em virtude do ambiente social, económico e político do programa. Dadas as diferenças culturais e de códigos entre os cientistas e “para-ecologistas”, surgirão quase certamente dificuldades causadas por falhas em comunicação e divergências de percepções. Estas dificuldades estruturais, intelectuais ou sociais podem até causar crises pessoais com os formandos e há que as ultrapassar com o apoio de todas as partes, ou seja “para-ecologistas”, supervisores e cientistas. Por outro lado, se o grupo estiver disposto e for capaz de enfrentar os desafios, e se os “para-ecologistas” ficarem empoderados para desenvolver no cumprimento das suas tarefas e responsabilidades, esta estreita colaboração entre utilizadores e cientistas na investigação aplicada de biodiversidade ou aproveitamento da terra, pode ser muito frutífera, produtiva e extremamente gratificante para ambas as partes.

5.4. Redução de risco de calamidades

A adaptação tem bastante em comum com a redução de risco de calamidades no que respeita a prevenção dos impactos dos efeitos negativos de fenómenos extremos. Uma das manifestações projectadas das alterações climáticas é o aumento da frequência e intensidade de fenómenos meteorológicos extremos, que sem reduções de vulnerabilidade, aumentarão o risco de calamidades (Vincent *et al.*, 2008). O *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* define uma calamidade como “uma situação ou fenómeno que destrói a capacidade local, dando origem a um pedido de assistência nacional ou internacional; um evento inesperado e frequentemente súbito que causa enormes danos, destruição e sofrimento humano (www.emdat.be)”. Similarmente, a partir das definições resumidas no capítulo anterior, uma calamidade é um resultado negativo causado por extrema vulnerabilidade (ou baixa capacidade de adaptação) face à exposição a um fenómeno meteorológico extremo, como secas, cheias e ciclones. É por esta razão que um evento de semelhante magnitude num local pode traduzir-se em calamidade, mas num outro não, dependendo da capacidade de sobrevivência da população.

Campos de acção no quadro de redução de risco de calamidades (UN/ISDR, 2004)

- Consciência do risco e avaliação, incluindo análise de perigos e de vulnerabilidade/ capacidade;
- Desenvolvimento de conhecimentos, incluindo educação, formação, pesquisa e informação;
- Quadros de empenho público e institucional, incluindo os organizacionais, políticas, legislação e acção comunitária;
- A aplicação de medidas, como gestão ambiental, aproveitamento da terra e planeamento urbano, protecção de instalações importantes, aplicação da ciência e tecnologia, parcerias e contactos, e instrumentos financeiros;
- Sistemas de alerta prévia, incluindo previsões, disseminação de avisos, medidas de preparação e capacidade reactiva.

5.5. Desenvolvimento de políticas – em que consiste uma boa estratégia de resposta às alterações climáticas?

Como referido anteriormente, de médio a longo prazo existe um enorme potencial de adaptação às alterações climáticas com a inclusão das questões de adaptação e risco nas principais actividades de desenvolvimento, relativamente ao financiamento da adaptação através do regime climático (Agrawala, 2004 e Caixa 5.3). Se os riscos as alterações climáticas não são considerados no planeamento de projectos e programas, dá-se a possibilidade de os efeitos das alterações climáticas negarem os positivos das iniciativas (Vincent *et al.*, 2008). O Caso de estudo da página 76, por exemplo, apresenta algumas respostas, em termos de políticas, que a Namíbia adoptou para se adaptar às alterações climáticas. A redução da vulnerabilidade e a inclusão

da adaptação nas actividades de desenvolvimento são, pois, importantes objectivos, em termos de políticas, para se responder aos riscos das alterações climáticas. A implementação destas mudanças requer com frequência transformações relativamente radicais em pensamento e arquitectura institucional (O'Brien *et al.*, 2006). O que acontece normalmente com fenómenos extremos em países em desenvolvimento em particular é uma incidência na recuperação depois da calamidade, e não na redução da vulnerabilidade antes do evento, e este sistema é reforçado pelas políticas de investimento dos doadores. As mudanças mais progressivas projectadas em termos de alterações climáticas não são uma prioridade para resolução em relação à resposta de emergência. Começam a registar-se algumas mudanças no sistema com a redução de risco integrada e a aceitação de que é necessária a adaptação às alterações climáticas. Contudo, serão necessárias novas instituições e mecanismos de coordenação para garantir o seu sucesso. É fundamental que estes mecanismos sejam de intercâmbio de informações e gestão de conhecimentos. As redes regionais e parcerias estão a tornar-se cada vez mais importantes neste sentido (vide caso de estudo na página 77).

Para além das estruturas administrativas, é igualmente importante criarem-se quadros institucionais que permitam a participação de outros interessados de relevância. As ONG, por exemplo, têm uma longa história de prestação de assistência humanitária após calamidades e de reconstrução a longo prazo. São provavelmente igualmente aptas e, de facto, têm uma vantagem comparativa nestas situações, graças à sua presença no terreno e conhecimento da realidade e condições locais (Vincent *et al.*, 2008).

Caixa 5.3: Fontes de informação – financiamento climático

Existe uma série de fontes de financiamento internacionais abertas aos países da África Austral. Muitos deles inserem-se no processo de políticas internacional, o Quadro-Convensão das Nações Unidas sobre as Alterações climáticas, and inclui o *Special Climate Change Fund*, o *Least Developed Countries Fund*, e o *Adaptation Fund*, assim como vários mecanismos chamados *fast start finance mechanisms*, anunciados desde a COP-15 em Copenhaga em Dezembro de 2009.

Climate Funds Update é um sítio na Internet que presta informações sobre o crescente número de iniciativas internacionais de financiamento, concebidas para ajudar países em desenvolvimento a fazer face aos desafios das alterações climáticas: www.climatefundsupdate.org

Glemarec, Yannick (2011). *Catalysing Climate Finance: A Guidebook on Policy and Financing Options to Support Green, Low-Emission and Climate-Resilient Development*. United Nations Development Programme, New York, NY, USA. Disponível online em http://www.undp.org/climatestrategies/docs/lecrds/catalysing_climate_finance.pdf

CASO DE ESTUDO: Adaptação às alterações climáticas na Namíbia – de dados científicos a informações para tomada de decisões

Por Raúl Iván Alfaro Pelico



[Fotografia: Ute Schmiedel]

A fim de reduzir os riscos de temperaturas mais elevadas, condições mais secas, e fenómenos meteorológicos mais extremos, a Namíbia adoptou actualmente uma série de respostas direccionadas ao desenvolvimento da capacidade de adaptação da população namibiana. Estas respostas foram concebidas tendo em conta os desafios da diversidade linguística/cultural, distâncias vastas, e o legado do *apartheid*.

Tem-se vindo a implementar um projecto-piloto que promove colheitas e gado resistentes ao clima na região a norte do país, Omusati. Um outro programa de adaptação comunitário (CBA) encontra-se também em curso. No âmbito da política a montante, o governo intensificou respostas nacionais a calamidades, como as recentes cheias, orientando a elaboração de uma nova Política de Gestão de Risco de Calamidades. Além disso, a Namíbia tem vindo a avaliar os fluxos de investimento e os financeiros (I&FF) necessários para a

adaptação e mitigação dos impactos às alterações climáticas em dois sectores seleccionados — aproveitamento da terra e mudanças do aproveitamento da terra e florestas (LULUCF) e energia.

Estas e outras respostas de adaptação em curso estão a contribuir para a preparação do país face ao crescente risco climático e instabilidade, ilustrados por exemplo, pelas estações de cheias recorrentes nos últimos anos. Apesar destas iniciativas, é difícil determinar até que ponto estão integradas a nível nacional, o que deu origem, em 2009, ao lançamento de outra iniciativa governamental para fixar a fundação de uma abordagem nacional para a adaptação às alterações climáticas (CCA).

O componente namibiano do Programa de Adaptação Africano regional está a contribuir para a garantia de que o país tem a capacidade institucional, individual e sistemática para enfrentar os riscos e oportunidades associados às alterações climáticas.

Até à data, os esforços envidados têm-se concentrado na capacitação da Namíbia para poder produzir dados, e avaliar intervenções específicas em termos de risco e vulnerabilidade, incluindo sistemas de alerta prévia aperfeiçoados. Para garantir que os dados com base científica sejam úteis aos especialistas em alterações climáticas e a governantes, o Ministério do Ambiente e Turismo, com orientação técnica do Comité Nacional para as Alterações Climáticas (NCCC), e apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (UNDP), tem vindo a envidar esforços no sentido de garantir que estes dados se transformem em informações a utilizar no processo de tomada de decisões.

Para este efeito, o *Africa Adaptation Project-Namibia* (<http://www.undp-aap.org/countries/namibia>) está a considerar mecanismos de planeamento de longo prazo para medir a incerteza inerente ao clima; quadros de liderança e institucionais com a responsabilidade dos riscos climáticos; implementação de políticas de resistência climática em sectores prioritários; alargamento das opções de financiamento para satisfação dos custos associados à adaptação; e gestão, produção e partilha de conhecimentos.

CASO DE ESTUDO: Segurança das águas transfronteiriças – escassez de água nas bacias hidrográficas dos Rios Limpopo e Incomati

Por Jenny Clover e Peter J. Ashton



Aumentam as preocupações com a disponibilidade da água nas partes semi-áridas da África Austral e os recursos hídricos já estão excessivamente distribuídos em muitas áreas da região. Moçambique e a África do Sul são dois destes países com grandes probabilidades de enfrentarem limitações a nível do seu potencial de crescimento económico, devido aos défices hídricos localizados.

Existem acordos e tratados que constituem a base da boa governação da água transfronteiriça nas bacias dos rios partilhados pelos dois países e os níveis de cooperação e colaboração entre eles melhoraram. Mesmo assim, existem limites nos modelos tradicionais de gestão de bacias transfronteiriças e a mera presença de acordos e tratados não garante a concretização dos objectivos pretendidos (Kistin, 2007). A abordagem tradicional adopta uma visão territorial da natureza, considerando a água como *stock*, e prefere um regime negociado como fundação para as disposições institucionais de gestão das águas partilhadas. Embora seja normal os acordos tomarem em consideração a instabilidade sazonal, em princípio, são muito rígidos incorporar a instabilidade da precipitação, que conduz a secas e cheias, e ignoram frequentemente as consequências das alterações climáticas (McCaffrey, 2003; Fischhendler, 2004). É esta a situação destes dois países, com crescentes preocupações devido às alterações climáticas e eventos inesperados, como as cheias e secas, para além da crescente exploração dos escassos recursos hídricos das bacias do Limpopo e do Incomati, prejudicarão ainda mais as aspirações de desenvolvimento nacionais. A combinação da instabilidade hídrica e fenómenos extremos é o desafio mais crítico à segurança da água (Grey and Sadoff, 2007). Exigem-se novos

conhecimentos e opiniões que salientem a necessidade de se proceder a uma reexaminação dos acordos e tratados de cooperação da partilha dos recursos hídricos actuais. Mais importante é dar-se prioridade aos acordos que regulamentam as bacias partilhadas, de forma a não manter Moçambique no *status quo*. As partes devem reexaminar conjuntamente os pormenores e a estrutura dos acordos, considerar até que ponto os mesmos têm sido implementados com êxito, e determinar se satisfazem as suas necessidades actuais e futuras. Os princípios de partilha de benefícios que consideram a água como um fluxo, promovem uma mudança do foco da partilha de água para a partilha dos benefícios derivados da sua utilização (Sadoff *et al.*, 2002; Turton, 2008). Estes benefícios são: transferências de água, acordos para o comércio virtual da água, pagamentos directos pela perda de benefícios, atribuição de direitos para a utilização da água, financiamento de investimentos, ou a provisão de bens e serviços não relacionados (Sadoff *et al.*, 2002). São depois partilhados de forma acordada como justa. Alguns dos elementos chave da abordagem de partilha de benefícios são: exige instituições fortes; abarca uma maior arquitectura institucional; tem uma orientação mais regional e foca a segurança humana; procura a optimização dos recursos escassos a um nível acima do da nação soberana; requer um ambiente propício favorável à harmonização de leis e políticas regionais; e assenta em conhecimentos institucionalizados, emergindo a aprendizagem como característica da organização da gestão de bacias (Turton, 2008).

É necessária maior cooperação, a nível horizontal, entre os departamentos do governo e instituições apoiadas pelo estado (como as autoridades de gestão do sector das águas), e a nível vertical entre todas as esferas governamentais (nacional, provincial e local) e organizações da sociedade civil, como grupos de utilizadores de água (MacKay and Ashton, 2004). Uma fiscalização mais prudente é necessária para averiguar as preocupações sobre a insuficiente capacidade de implementação e cumprimento de leis e políticas. Um processo institucional claro deve ser implementado para rever e reavaliar acordos e, quando necessário, resolver disputas. A maioria dos acordos não tem disposições detalhadas sobre mecanismos de resolução de disputas e os que têm, não são vinculativas em grande parte. As iniciativas para se conseguir a segurança hídrica nas bacias hidrográficas transfronteiriças exigem um processo longo e repetitivo para encontrar abordagens de gestão consensuais que resolvam os problemas da oferta e da procura da água.

Referências

- Adger, W.M. and P.M. Kelly, 1999: Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4, 253 – 266.
- Agrawala, S., 2004: Adaptation, development assistance and planning: challenges and opportunities. *Institute of Development Studies Bulletin* 35(3), 50-54.
- Alexander, L.V., X. Zhang, T.C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A.M.G. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, P. Ambenje, K. Rupa Kumar, J. Revadekar and G. Griffiths., 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, *Journal of Geophysical Research*, 111, D05109.
- Anonymous, N.D., Distribution and seasonality model maps [online], available from: <http://www.mara.org.za/> [Accessed 20th June 2011].
- Archer, E., 2003: Identifying underserved end-user groups in the provision of climate information, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84 (11), 1525-1532.
- Archer, E., F. Engelbrecht, W. Landman et al. 2010: *South African Risk and Vulnerability Atlas*. Department of Science and Technology, Pretoria, pp 62.
- Archibald, S., R. Scholes, D. Roy, G. Roberts, and L. Boschetti, 2010: Southern African fire regimes as revealed by remote sensing. *International Journal of Wildland Fire*, 19, 861–878.
- Baccini, A., N. Laporte, S.J. Goetz, M. Sun and H. Dong, 2008: A first map of tropical Africa's above-ground biomass derived from satellite imagery. *Environmental Research Letters*, 3, 1-9.
- Barthlott, W., A. Hostert, G. Kier, W. Küper, H. Kreft, J. Mutke, M.D. Rafiqpoor and J.H. Sommer, 2007: Geographic patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Erdkunde*, 61, 305-316.
- Biggs, R., E. Bohensky, P.V. Desanker, C. Fabricius, T. Lynam, A.A. Misselhorn, C. Musvoto, M. Mutale, B. Reyers, R.J. Scholes, S. Shikongo, and A.S. van Jaarsveld, 2004: *Nature Supporting People: The southern African Millennium Ecosystem Assessment. Integrated Report*. Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria, South Africa. 58 pp.
- BirdLife International, 2009: *Species distribution maps covering globally threatened species and non-threatened species*. BirdLife International, Cambridge, UK.
- Blümmel, M., I.A. Wright and N.G. Hegde, 2010: Climate Change Impacts on Livestock Production and Adaptation Strategies: A Global Scenario. *National Symposium on Climate Change and Rainfed Agriculture*, February 18-20 2010, CRIDA, Hyderabad, India. 10pp.
- Boko, M., I. Niang, A. Nyong, C. Vogel, A. Githeko, M. Medany, B. Osman-Elasha, R. Tabo and P. Yanda, 2007: Africa. In: *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., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge UK, 433-467.
- Bomhard, B., D.M. Richardson, J.S. Donaldson, G.O. Hughes, G.F. Midgley, D.C. Raimondo, A.G. Rebelo, M. Rouget and W. Thuiller, 2005: Potential impacts of future land use and climate change on the Red List status of the Proteaceae in the Cape Floristic Region, South Africa, *Global Change Biology*, 11, 1452-1468.
- Bond, W.J. and G.F. Midgley, 2000: A proposed CO₂-controlled mechanism of woody plant invasion in grasslands and savannas. *Global Change Biology*, 6, 865-869.

- Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W-T. Kwon, R. Laprise, V. Magana Rueda, L. Mearns, C.G. Menen-dez, J. Raisanen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton, 2007 : Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, A.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (eds). Cambridge University Press: Cambridge, New York.
- Cooper, P., P. Singh, P. C. S. Traore, J. Dimes, K.P.C. Rao, B. Gerard, J. Alumira, B. Shiferaw, S. Twomlow, 2007: *New Tools, Methods and Approaches in Natural Resource Management*. ICRISAT, India. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, pp. 68.
- Crosson, P.R., 1986: Agricultural development: looking to the future. In Clark, W.C. and R.E. Munn (eds.) *Sustainable Development of the Biosphere*, pp. 104-136. Cambridge University Press. Cambridge.
- Crosson, P.R., 1993: Impacts of climate change on the agriculture and economy of the Missouri, Iowa, Nebraska, and Kansas (MINK) region. In: Kaiser, H.M. and Drennen T.E. (eds.) *Agricultural Dimensions of Global Climate Change*, pp. 117-135. Delray Beach, FL. St. Lucie Press.
- Department of Environmental Affairs, 2011: *Second National Communication on Climate Change*, Department of Environmental Affairs, Kirstenbosch and Pretoria.
- Department of Environmental Affairs and Tourism, 2000: *South African Country Study on Climate Change*. DEAT, Pretoria.
- DFID (Department for International Development), 1999: Sustainable Livelihoods Framework Guideline Sheets. Available online at <http://www.enonline.net/resources/667>
- DFID, 2006: Eliminating World Poverty: Making governance work for the poor, *White Paper on International Development*, London: Department for International Development.
- Diggs, D.M., 1991: Drought experience and perception of climatic change among Great Plains farmers. *Great Plains Research*, 1, 114-132.
- Dixon, R.K., J. Smith and S. Guill, 2003: Life on the edge: vulnerability and adaptation of African ecosystems to global climate change, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 8, 93-113.
- Engelbrecht, F.A., J.L. McGregor and C.J. Engelbrecht, 2009: Dynamics of the conformal-cubic atmospheric model projected climate-change signal over southern Africa. *International Journal of Climatology*, 29, 1013-1033.
- Engelbrecht, C.J., F.A. Engelbrecht and L. Dyson, 2011: High-resolution model-projected changes in mid-tropospheric closed-lows and extreme rainfall events over southern Africa. *International Journal of Climatology*. Accepted.
- Erasmus, B.F.N., A.S. van Jaarsveld, S.L. Chown, M. Kshatriya and K.J. Wessels, 2002: Vulnerability of South Africa animal taxa to climate change, *Global Change Biology*, 8, 679-693.
- FAO, 2007: Organic carbon pool (kg/m²/m) – SUBSOIL. Edition 3.6. Geonetwork. Available at <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home> [accessed on 22.09.2010]
- Fauchereau, N., S. Trzaska, M. Rouault and Y. Richard, 2003: Rainfall Variability and Changes in southern Africa during the 20th Century in the Global Warming Context. *Natural Hazards*, 29, 139-154.
- Fischer, G., M. Shah, F.N. Tubiello and H. van Velhuizen, 2005: Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080, *Philosophical Transactions of the Royal Society B (Biological Sciences)*, 360 (1463), 2067-2083.
- Fischhendler, I. 2004: Legal and institutional adaptation to climate uncertainty: a study of international rivers. *Water Policy*, 6, 281-302.
- Freitas, M. S., I. Misztal, J. Bohmanova, and J. West, 2006: Utility of on- and off-farm weather records for studies in genetics of heat tolerance. *Livestock Science*, 105, 223-228.
- Gibbs, H.K. and M. Herold, 2007: Tropical deforestation and carbon emissions: Introduction to special issue. *Environmental Research Letters*, 2, 045021.

Referências (cont.)

- Grey, D. and Sadoff, C.W. 2007: Sink or Swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, 9, 545-571
- Hernández, A.I., D. Cianzio and T.A. Olson, 2002: *Physiological performance and grazing behaviour of Senepol, Brahman and Holstein heifers in Puerto Rico*. Paper presented at Senepol Symposium, St Croix, US Virgin Islands, November 8th-10th, 2002. 13 pp.
- Hewitson B.C. and R.G. Crane, 2006: Consensus between GCM climate change projections with empirical downscaling: precipitation downscaling over South Africa, *International Journal of Climatology*, 26, 1315–1337.
- Hobbs, J.E., J.A. Lindesay and H.A. Bridgman, 1998: *Climates of the Southern Continents. Present, Past and Future*. Wiley and Sons, Chichester.
- Hulme, M., R. Doherty, T. Ngara, M. New and D. Lister, 2001: African Climate Change: 1900-2100. *Climate Research*, 17(2), 145-168.
- ICRISAT, 2009: Managing Climate Risks and Capturing Opportunities in the Rain fed Farming Systems of the Semi-Arid Tropics; Lessons from Eastern and Southern Africa. Accessed on 25 March 2009 http://www.icrisat.org/gt-aes/Climate_Change_Poster.pdf
- IPCC, 2000: IPCC special report emissions scenarios. In: *Special report of IPCC working group III. Intergovernmental panel on climate change*. pp 20.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, New York, US, Cambridge University Press.
- IRI, 2001: Coping with climate: A way forward. A multi-stakeholder review of Regional Climate Outlook Forums concluded at an international workshop. October 16 - 20, 2000, Pretoria, South Africa. International Research Institute for Climate Prediction (IRI), Columbia University.
- IUCN, 2010: *The IUCN Red List of Threatened Species*. Available at <http://www.iucnredlist.org/about/red-list-overview> [accessed on 01.06.2010].
- Kebede, A.S. and R. Nicholls, 2010: *Population and Assets Exposure to Coastal Flooding in Dar es Salaam (Tanzania): Vulnerability to Climate Extremes*. Report prepared for the Global Climate Adaptation Partnership. Available online at http://www.tzdp.org.tz/uploads/media/Dar-es-Salaam_City-Analysis_Final-Report_1_.pdf.
- Kistin, E., 2007: Trans-boundary Cooperation in SADC: From Concept to Implementation, paper prepared for the 8th WaterNet/WARFSA/GWP-SA Symposium, Lusaka, November 2007.
- Klein, R. J. T., 2001: Adaptation to climate change in German official development assistance - an inventory of activities and opportunities, with a special focus on Africa. Eschborn, Germany, *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*: 42p.
- Klein, R., S. Eriksen, L. Naess, A. Hammill, T. Tanner, C. Robledo and K. O'Brien, 2007: Portfolio screening to support the mainstreaming of adaptation to climate change into development assistance." *Climatic Change*, 84(1), 23-44.
- Kruger, A.C. and S. Shongwe, 2004: Temperature trends in South Africa: 1960-2003. *International Journal of Climatology*, 24, 1929-1945.
- Kruger, A.C., 2006: Observed trends in daily precipitation indices in South Africa: 1910-2004. *International Journal of Climatology*, 26, 2275-2286.

- Lindesay, J., 1998: Present Climates of Southern Africa. In: *Climates of the Southern Continents. Past, present and future*. [Hobbs, J.E., J.A. Lindesay, and H.A. Bridgman (eds)], John Wiley & Sons, Chichester, 297 pp.
- Love, D., S. Twomlow, W. Mupangwa, P. van der Zaag, B. Gumbo and W. Nyabeze, 2006: Implementing the millennium development food security goals – challenges of the Southern African context. *Physics and Chemistry of the Earth*, 31, 731–737.
- MacKay H.M. and P.J. Ashton 2004: A model for co-operative governance in the implementation of cross-sectoral policy: water policy as an example. *Water SA*, 30 (1), 1-8.
- Malherbe, J., F. Engelbrecht, W. Landman and C. Engelbrecht, 2010: *Multi-model analysis of expected future trends in the landfall of tropical systems from the southwest Indian Ocean over the eastern parts of southern Africa* (2010). 26th Annual Conference of the South African Society for Atmospheric Sciences, September 2010, Gariep Dam. ISBN 978-0-620-47333-0.
- Malherbe, J., F.A. Engelbrecht, W.A. Landman and C.J. Engelbrecht, 2011: Tropical systems from the southwest Indian Ocean making landfall over the Limpopo River Basin, southern Africa: a historical perspective. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.2320.
- Manhire, A.H., J.E. Parkington, A.D. Mazel and T.M. Maggs, 1986: Cattle, Sheep and Horses: A Review of Domestic Animals in the Rock Art of Southern Africa, *South African Archaeological Society Goodwin Series*, 5, 22-30.
- Mason, S.J., P.R. Waylen, G.M. Mimmack, B. Rajaratnam and J.M. Harrison, 1999: Changes in Extreme Rainfall Events in South Africa, *Climate Change*, 41, 249-257.
- Mavume, A. and G. Brundrit, 2009: Sea level rise and cyclone analysis. In: INGC. 2009. Main report: *INGC Climate Change Report: Study on the impact of climate change on disaster risk in Mozambique*. [Asante, K., R. Brito, G. Brundrit, P. Epstein, A. Fernandes, M.R. Marques, A. Mavume, M. Metzger, A. Patt, A. Queface, R. Sanchez del Valle, M. Tadross, R. Brito (eds.)]. INGC, Mozambique.
- Meadows, M.E., 2006: Global change and southern Africa. *Geographical Research*, 44, 135-145.
- McCaffrey, S.C., 2003: The need for flexibility in freshwater treaty regimes. *Natural Resources Forum*, 27, 156-162.
- McClean, C.J., J.C. Lovett, W. Küper, L. Hannah, J.H. Sommer, W. Barthlott, M. Termansen, G.F. Smith and co-authors, 2005: African plant diversity and climate change, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 92, 139-152.
- McGregor, J. L., 2005: C-CAM: Geometric aspects and dynamical formulation [electr. publication]. *CSIRO Atmospheric Research Tech. Paper No. 70*, 43 pp.
- McLeman, R. and B. Smit, 2006: Vulnerability to climate change hazards and risks: crop and flood insurance. *The Canadian Geographer* 50, (2), 217-226.
- Midgley, G.F., L. Hannah, D. Millar, M.C. Rutherford and L.W. Powrie, 2002: Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot, *Global Ecology and Biogeography*, 11, 445-451.
- Misselhorn, A.A., 2008: *Vulnerability to climate change in uMkhanyakude district, KwaZulu-Natal, South Africa*. Report written for Oxfam Australia, Melbourne. Available online at <http://www.oxfam.org.au/resources/pages/view.php?ref=280&k=>
- Mitchell T. D. and P. D. Jones. 2005. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *International Journal of Climatology*, 25, 693-712.
- Moonga, E. and H. Chitambo, 2010: *The Role of Indigenous Knowledge and Biodiversity in Livestock Disease Management under Climate Change*. ICID+18 - 2nd International Conference: Climate, Sustainability and Development in Semi-arid Regions, August 16 - 20, 2010, Fortaleza - Ceará, Brazil, 11 pp.

Referências (cont.)

MTENR/UN-REDD, 2010: *UN collaborative programme on reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries: national joint programme document*. UN-REDD Programme – Zambia Quick Start Initiative. UUN-REDD Lusaka, Zambia.

New, M., B. Hewitson, D. B. Stephenson, A. Tsiga, A. Kruger, A. Manhique, B. Gomez, C. A. S. Coelho, D. N. Masisi, E. Kululanga, E. Mbambalala, F. Adesina, H. Saleh, J. Kanyanga, J. Adosi, L. Bulane, L. Fortunata, M. L. Mdoka and R. Lajoie, 2006: Evidence of trends in daily climate extreme climate events over southern and west Africa. *Journal of Geophysical Research* 111. D14102, doi: 10.1029/2005JD006289.

O'Brien, G., P. O'Keefe, J. Rose and B. Wisner, 2006: Climate change and disaster management. *Disasters*, 30 (1), 64-80.

O'Reilly, C.M., S.R. Alin, P.D. Plisnier, A.S. Cohen and B.A. McKee, 2003: Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa, *Nature*, 424, 766-768.

Patt, A. and C. Gwata, 2002: Effective seasonal climate forecast applications: examining constraints for subsistence farmers in Zimbabwe. *Global Environmental Change*, 12 (3), 185-195.

Ravagnolo, O., I. Miztal and G. Hoogenboom, 2000: Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *Journal of Dairy Science*, 83, 2120-2125.

Roy, D., L. Boschetti, C. Justice, and J. Ju, 2008: The collection 5 MODIS burned area product - Global evaluation by comparison with the MODIS active fire product. *Remote Sensing of Environment*, 112, 3690-3707.

Ryan, S.E., L.S. Porth and C.A. Troendle, 2002: Defining phases of bedload transport using piecewise regression. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29(9), 971-990.

Saarinen, T.F., 1966: *Perception of the Drought Hazard on the Great Plains*. University of Chicago Press. Chicago.

Sadoff, C.W., D. Whittington, and D. Grey, 2002: *Africa's International Rivers: An Economic Perspective*. Washington D.C. The World Bank.

Sanchez, J.P., I. Miztal, I. Aguilar, B. Zumbach and R. Rekaya, 2009: Genetic determination of the onset of heat stress on daily milk production in US Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, 92, 4035-4045.

Schmiedel, U., M. Gruber, R. Christiaan, R. Isaacks, D. Kotze, M. J. Lot, V.S. Mtuleni, R.S. Mukuya, W. Pieters, J. Swartbooi and S. Swartbooi, 2009: *Bridging the gap. Paraecologists in action*. – Documentary film on the BIOTA para-ecologist programme. 20 min. Hamburg: BIOTA Southern Africa. Downloadable at www.biota-africa.org, BIOTA Southern Africa, para-ecologists.

Schmiedel, U. V.S. Mtuleni, R.A. Christiaan, R. S. Isaacks, D. Kotze, M.J. Lot, R.S. Mukuya, W. Pieters, J. Swartbooi and S. Swartbooi, 2010: The BIOTA para-ecologist programme towards capacity development and knowledge exchange. *Biodiversity in southern Africa. Volume 2: Patterns and processes at regional scale*. U. Schmiedel, Jürgens, N. Göttingen & Windhoek, Klaus Hess Publishers: 319–325.

Schulze, R.E., J. Meigh and M. Horan, 2001: Potential and future vulnerability of eastern and southern Africa's hydrology and water resources. *South African Journal of Science*, 97, 150–160.

Schulze, R.E., 2007: Climate change and the agricultural sector in South Africa: An assessment of findings in the new millennium. ACRUcons Report 55. School of Bio-resources and Environmental Hydrology Engineering, University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg.

- Simmons, R.E., P. Barnard, W.R.J. Dean, G.F. Midgley, W. Thuiller and G. Hughes, 2004: Climate change and birds: perspectives and prospects from southern Africa, *Ostrich: Journal of African Ornithology*, 75, 295-308.
- Singleton, A.T. and C.J.C Reason, 2007: Variability in the characteristics of cut-off low pressure systems over subtropical southern Africa. *International Journal of Climatology*, 27, 295-310.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R. B. Alley, T. Berntsen, N. L. Bindoff, Z. C. A. Chidthaisong, J. M. Gregory, G. C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B. J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T. F. Stocker, P. Whetton, R. A. Wood and D. Wratt (2007). *Technical Summary. Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. Cambridge, UK. New York, US, Cambridge University Press.
- Stern, N., 2007: *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, Cambridge, 692 pp.
- Sunderlin, W.D. and S. Atmadja, 2009: Is REDD+ an idea whose time has come, or gone? In: Angelsen, A. With Brockhaus, M., Kanninen, M., Sills, E., Sunderlain, W.D. and Wertz-Kanounnikoff, S. (eds) 2009. *Realising REDD+. National strategy and policy options*. CIFOR, Bogor, Indonesia. 45-53.
- Tadross, M.A., C. Jack and B.C. Hewitson, 2005: On RCM-based projections of change in southern African summer climate. *Geophysical Research Letters*, 32(23), L23713, doi 10.1029/2005.
- Taylor, J. G., T.R. Stewart and M. Downton, 1988: Perceptions of drought in the Ogallala Aquifer region. *Environment and Behavior*, vol. 20, pp. 150-175.
- Theron, A., 2011: Climate change, sea level rise and the southern African coastal zone. In: *Observations on Environmental Change in South Africa*, Zietsman L. (eds), SUN Press, Stellenbosch.
- Thomas, D.S.G., M. Knight and G.F.S. Wiggs, 2005: Remobilization of southern African desert dune systems by twenty-first century global warming, *Nature*, 435, 1218-1221.
- Thornton, P.K., J. van de Steeg, A. Notenbaert and M. Herrero, 2009: The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know, *Agricultural Systems*, 101, 113-127.
- Thuiller, W., O. Broennimann, G. Hughes, J.R.M. Alkemade, G.F. Midgley and F. Corsi, 2006: Vulnerability of African mammals to anthropogenic climate change under conservative land transformation assumptions. *Global Change Biology*, 12, 424-440.
- Tschakert, P. and K.A. Dietrich, 2010: Anticipatory learning for climate change adaptation and resilience. *Ecology and Society*, 15(2).
- Turton, A.R. (2008). Reflections from South Africa on a Possible Benefit-Sharing Paradigm for Transboundary Waters. Paper presented at the First African Water Week, Tunis, March 26-28.
- Twomlow, S., F.T. Mugabe, M. Mwale, R. Delve, D. Nanja, P. Carberry and M. Howden, 2008: Building adaptive capacity to cope with increasing vulnerability due to climatic change in Africa – A new approach. *Elsevier-Physics and Chemistry of the Earth*, 33, 780-787.
- UNEP/GRID Arendal Maps and Graphics Library, *Population distribution in Africa*, <http://maps.grida.no/go/graphic/population-distribution-in-africa> (data from UNDESA, 2010: World Urbanisation Prospects, The 2009 Revision; CIESIN 2011: Socioeconomic Data and Applications Center, online database, accessed on January 2011.) (as of Jun. 20, 2011, 16:11 UTC).
- UNDP, 2007: Human Development Report 2007/2008. *Fighting climate change: Human solidarity in a divided world*. United Nations Development Programme. Available at: <http://hdr.undp.org>.
- UNEP/GRID Arendal Maps and Graphics Library, *Projected changes in cereal productivity in Africa, due to climate change – current climate to 2080*, <http://maps.grida.no/go/graphic/projected-changes-in-cereal-productivity-in-africa-due-to-climate-change-current-climate-to-2080> (data from Fischer, G., M. Shah, F.N. Tubiello and H. van Velhuizen, 2005: Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990–2080, *Philosophical Transactions of the Royal Society B (Biological Sciences)*, 360 (1463), 2067–2083) (as of Jun. 20, 2011, 16:15 UTC).

Referências (cont.)

UNEP/GRID Arendal Maps and Graphics Library, *Climate change vulnerability in Africa*, http://maps.grida.no/go/graphic/climate_change_vulnerability_in_africa (2002, updated 2004, 2005) (as of Jun. 20, 2011, 16:25 UTC).

UNFCCC, 2009: United Nations Framework Convention on Climate Change. Draft decision – CP.15 Copenhagen Accord FCCC/CP/2009/L.7.

UNISDR: Terminology – Basic terms of disaster risk reduction. <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng%20home.htm>.

UNISDR (International Strategy for Disaster Reduction), 2004: Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva.

UN-REDD, 2010: UN-REDD Programme Brochure. <http://www.unredd.net>.

Van der Werf, G.R., D.C. Morton, R.S. De Fries, J.G.J. Olivier, P.S. Kasibhatla, R.B. Jackson, G.J. Collatz and J.T. Randerson, 2009: CO₂ emissions from forest loss. *Nature Geoscience*, 2, 737-738.

Vincent, K., 2007: Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale, *Global Environmental Change*, 17, 12–24

Vincent, K., T. Tanner and S. Devereux, 2008: *Climate Change, Food Security and Disaster Risk Management*, Issues paper for the Expert Meeting on Climate Change and Disaster Risk Management, FAO, Rome.

Vincent, K., L. Wanjiru, A. Aubry, A. Merson, C. Nyandiga, T. Cull and K. Banda, 2010: *Gender, climate change and community-based adaptation: A guidebook for designing and implementing gender-sensitive community-based adaptation projects and programmes*. New York: UNDP Environment and Energy Group, Bureau for Development Policy.

Vogel, C., 1994: (Mis)management of droughts in South Africa: Past, present and future. *South African Journal of Science*, 90, 4-5.

Waiswa, M., 2003: Strategic choices for enhancing capacity of rural communities to adapt to climate variability: A case for Uganda. *Insights and Tools for Adaptation Learning from Climate Variability*. 18-19 November. Washington DC, United States of America.

Wertz-Kanounnikoff, S. and A. Angelsen, 2009: Global and national REDD+ architecture. Linking institutions and actions. In: Angelsen, A. With M. Brockhaus, M. Kanninen, E. Sills, W.D. Sunderlain and S. Wertz-Kanounnikoff (eds) 2009. *Realising REDD+. National strategy and policy options*. CIFOR, Bogor, Indonesia. 1-362.

Wilby, R.L., S.P. Charles, E. Zorita, B. Timbal, P. Whetton and L.O. Mearns, 2004: *Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods*. Supporting material of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Woodward, F.I. and M.R. Lomas, 2004: Simulating vegetation processes along the Kalahari transect, *Global Change Biology*, 10, 383-392.

Autores Colaboradores

Archer van Garderen, Emma R.M

Climate Studies, Modelling and Environmental Health
Natural Resources and the Environment
Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)
Cnr Carlow and Rustenburg Roads, Emmarentia 2195,
South Africa
PO Box 91230, Auckland Park, 2006, South Africa
Email: earcher@csir.co.za
Tel: +27 (0)11 358 0171 • Fax: +27(0)11 726 5405

Alfaro Pelico, Raúl Iván

Africa Adaptation Project - Namibia
United Nations Development Programme
UN House, Private Bag 13329, Windhoek, Namibia
E-mail: raul.alfaro@undp.org
Web: <http://www.undp-aap.org>

Ashton, Peter J

Hydrosciences
Natural Resources and the Environment, Council for
Scientific and Industrial Research (CSIR)
PO Box 395, Pretoria 0001, South Africa
Email: pashton@csir.co.za
Tel: +27 (0)12 841-3293 • Fax: +27 (0)12 841-3594

Bele, Youssoufa

Center for International Forestry Research (CIFOR), Central
Africa Regional Office (CARO)
B.P. 2008, Yaounde, Cameroon
Email: b.youssoufa@cgiar.org
Tel: (+237) 2222 7449/ 2222 7451 • Fax: (+237) 2222 7450

Bell, Jarred Michael

University of Johannesburg, Department of Geography,
Environmental Management and Energy Studies
PO Box 524, Auckland Park 2006, South Africa
Email: jarredbell@gmail.com
Tel: +27 (0)72 541 8486

Clover, Jenny

United Nations Environment Programme
Regional Office for Africa
PO Box 47074-00100, Nairobi, Kenya
E-mail: jeanette.clover@unep.org
Tel: +254 20 762 3779

Cull, Tracy

Kulima Integrated Development Solutions
Postnet Suite H79 Private Bag X9118, Pietermaritzburg 3200,
South Africa
Email: tracy@kulima.com
Tel: +27 (0) 33 343 3066

Davis, Claire

Climate Studies, Modelling and Environmental Health
Natural Resources and the Environment
Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)
PO Box 320, Stellenbosch 7599, South Africa
Email: cdavis@csir.co.za
Tel: +27 (0)21 888 2507 • Fax: +27 (0)86 275 6781

Engelbrecht, Francois

Climate Studies, Modelling and Environmental Health
Natural Resources and the Environment
Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)
Pretoria 0002, South Africa
Email: fengelbrecht@csir.co.za
Tel: +27 (0)12 841 3942 • Fax: +27 (0)12 841 4863

Fitzgerald, Kathleen H

African Wildlife Foundation
Post Office Box 310, 00502, Nairobi, Kenya
Email: kfitzgerald@awfke.org
Tel: +254 20 2765000 • Fax: +254 20 2765030

Joubert, Alec

Kulima Integrated Development Solutions
Postnet Suite H79 Private Bag X9118, Pietermaritzburg 3200,
South Africa
Email: alec@kulima.com
Tel: +27 (0) 33 343 3066

Kohn, Lizette

Exxaro, External Communication
PO Box 9229, Pretoria 0001, South Africa
Email: lizette.kohn@exxaro.com
Tel: + 27 (0)12 307 4180 • Fax: + 27 (0) 12 307 4760

Landman, Willem

Climate Studies, Modelling and Environmental Health
Natural Resources and the Environment
Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)
PO Box 395, Pretoria 0001, South Africa
Email: walandman@csir.co.za
Tel: +27 (0)12 841 3395 • Fax: +27 (0) 841 4863

Misselhorn, Alison

Health Economics and HIV/AIDS Research Division
(HEARD)
University of KwaZulu-Natal, Westville Campus
Private Bag X54001, Durban 4000, South Africa
Email: Misselhorn@ukzn.ac.za
Tel: +27 (0)31 260 8081

Mubaya, Chipso Plaxedes

The African Climate Change Fellowship Programme
(ACCFP)
Institute of Resource Assessment (IRA)
University of Dar Es Salaam
PO Box 35097, Dar Es Salaam, Tanzania
Email: mubayacp@yahoo.com
Tel: +255 22 2410144 • Fax: +255 22 2410393

Tadross, Mark

Climate Systems Analysis Group
Department of Environmental and Geographical Science
University of Cape Town
Private Bag X3, Rondebosch 7701, South Africa
Email: mtadross@csag.uct.ac.za
Tel: +27 (0)21 650 2884 • Fax: +27 (0)21 650 5773

Thambiran, Tirusha

Climate Studies, Modelling and Environmental Health
Natural Resources and the Environment
Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)
PO Box 17 001, Congella, 4013, South Africa
Email: tthambiran@csir.co.za
Tel: +27 (0)31 242 2368 • Fax: +27 (0)31 261 2509

Traynor, Catherine

Peace Parks Foundation
PO Box 12743, Die Boord, Stellenbosch 7613, South Africa
Email: ctraynor@ppf.org.za
Tel: +27 (0)21 880 5100 • Fax: +27 (0)21 880 1173

Schmiedel, Ute

Biodiversity, Evolution and Ecology of Plants
Biocentre Klein Flottbek and Botanical Garden
University of Hamburg, Ohnhorststrasse 18,
D-22609 Hamburg
Email: USchmiedel@botanik.uni-hamburg.de
Tel: +49 40 42816 548 • Fax: +49 40 42816 539

Vincent, Katharine

Kulima Integrated Development Solutions
Postnet Suite H79 Private Bag X9118, Pietermaritzburg 3200,
South Africa
Email: katharine@kulima.com
Tel: +27 (0) 33 343 3066

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Apontamentos

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.





O Manual de Risco Climático e Vulnerabilidade para a África Austral foi concebido com o intuito de oferecer aos decisores informações actualizadas, e apropriadas aos planos nacionais, no domínio dos impactos e riscos das alterações climáticas e da instabilidade. Apresenta uma selecção de dados que visa comunicar os processos das alterações climáticas, das principais tendências existentes e emergentes, e possíveis medidas que se podem tomar para reduzir estes impactos.