



PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS



PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO

PROJETO BRA/06/032

ENQUADRAMENTO PNUD: R.1 P1.17

Carta de Acordo nº 25647/2014 (RC) – SAE – FCPC

Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas – Recursos
Hídricos

Produto 4 – Considerações gerais e reflexões sobre medidas adaptativas

Responsável:

Fortaleza, 21 de setembro de 2015



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

RELATÓRIO IV

CARTA ACORDO Nº 25647/2014 PNUD/SAE/FCPC

“Adaptação às mudanças do Clima: Cenário e Alternativas – Recursos Hídricos”

Fortaleza, 2015.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS PARA O PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS FRENTE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	6
2.1 VULNERABILIDADE.....	6
2.2 ADAPTAÇÃO E MITIGAÇÃO.....	8
2.3 SUSTENTABILIDADE	10
2.4 RESILIÊNCIA	12
2.5 ROBUSTEZ	14
2.6 RISCO	14
3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESASTRES NATURAIS – TENDÊNCIAS APONTADAS PELA LITERATURA	16
4. MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO	23
5. REFLEXÕES SOBRE ADAPTAÇÃO E MUDANÇA CLIMÁTICA	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

1. Introdução

O mundo do século XXI se caracteriza como um tempo marcado pela expansão do capital financeiro de caráter volátil, pela liquidez, pelas incertezas, pelas fragmentações, por novas configurações de poder, pela deflagração e acirramento de conflitos, por crises de ordens econômicas, sociais, climáticas e ambientais, por inovações tecno-científicas onde se sobressaem às revoluções da informática e da comunicação e, ainda, por novas conexões de tempo-espaço.

Trata-se de um mundo marcado pela fluidez do espaço e pela instantaneidade do tempo como nos lembra Bauman (2001), cujos processos de mudanças provocados pelo clima e economia associam-se em escala planetária, ao mesmo tempo em que condicionam e transformam as realidades locais. São fatos sociais e econômicos que em função das conexões indefinidas de tempo e espaço se desencaixam (GIDDENS, 1991) para assumir, temporariamente outra forma, para em seguida se diluir novamente (BAUMAN, 2001) de forma sucessiva sinalizando para a complexidade, aleatoriedade e incerteza que são marcas desse século.

A percepção desses processos e de seus impactos aponta para o reconhecimento da existência do risco climático ao mesmo tempo que denotam a necessidade de gestão adaptativa, pautada na gestão de risco que reconhece as incertezas e a complexidade desse mundo em mudanças, o qual também demanda por conhecimentos técnicos e científicos capazes de minimizar as vulnerabilidades dos diversos setores da sociedade.

Em relação ao setor de recursos hídricos, os conhecimentos produzidos pela ciência buscam quantificar os riscos relativos aos impactos das mudanças climáticas, e compreender a forma de alocação dos riscos na sociedade, bem como os graus de vulnerabilidade das populações. Aliado a isso, fornece referenciais teóricos que possibilitam uma compreensão adequada dessa realidade, elementos teóricos e



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

empíricos que auxiliam na definição e avaliação das estratégias de adaptação, as quais devem se dar em consonância com os aspectos ambientais, sociais e econômicos. Esses conhecimentos proporcionam ainda a construção de cenários de mudanças climáticas que instrumentalizam tomadores de decisão para dotar medidas de longo prazo, no âmbito de lógica proativa em busca da gestão adaptativa.

Tendo em vista esse aspecto, o presente documento está estruturado em duas partes: (i) Portfólio de Orientação de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos; e (ii) Reflexões sobre Adaptação e Mudança do Clima.

A primeira parte é constituída por três itens. O primeiro apresenta uma visão geral atinente aos conceitos de vulnerabilidade, adaptação e mitigação, risco, robustez e instrumento de gestão como elementos fundamentais para operacionalizar tomadas de decisão, condizentes com a atual realidade do setor de recursos hídricos sob o prisma da mudança climática. O segundo item refere-se às discussões relativas às mudanças climáticas e os desastres naturais apresentado as tendências apresentadas pela literatura com o intuito de comparar com as tendências identificadas no âmbito desse projeto. No último item são apresentadas medidas relativas a gestão de recursos hídricos considerando os resultados obtidos nos produtos anteriores destacando as medidas em função das tendências e não das projeções quantitativas geradas pelo acoplamento entre modelos globais, regionais e hidrológicos.

Na segunda parte do documento é feita uma reflexão cerca das relações entre adaptação e mudanças climáticas.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

2. Conceitos fundamentais para o planejamento dos recursos hídricos frente as mudanças climáticas

Os sinais de intensificação dos eventos extremos apresentados no domínio deste projeto (pronunciada tendência positiva no extremo sul do país associado com reduções na maioria dos aproveitamentos do Centro-Oeste, Norte e Nordeste) associados aos padrões sociais existentes no Brasil revelam que as mudanças climáticas não podem ser tratadas apenas como um fenômeno físico. Faz-se necessário uma visão sistêmica para entender e adaptar os sistemas sócios-naturais a esse problema com conhecimento dos riscos existentes, do nível de vulnerabilidade dos usos múltiplos e da capacidade de recuperação desses sistemas.

Para construir essa visão e figurar como diretrizes para a estruturação das medidas apresentadas no final desse relatório apresenta-se nessa seção os seguintes conceitos: vulnerabilidade, adaptação e mitigação, sustentabilidade, risco, robustez e resiliência.

2.1 Vulnerabilidade

Utilizado frequentemente de forma coloquial, a vulnerabilidade associa-se a palavras como insegurança, fragilidade, sendo desencadeada por conjunto de situações-problemas que atingem sistemas sociais, econômicos, políticos e culturais de forma distinta, na medida em que a determinação do grau de vulnerabilidade é diretamente proporcional ao nível de sensibilidade e exposição a uma determinada condição de risco.

A vulnerabilidade figura como um conceito multifacetado estando inserido em áreas do conhecimento distintos como nas ciências da saúde, sociais, biológicas e ambientais. A despeito disso, Adger (2006), afirma que “*a ideia central da definição do IPCC, frequentemente citada (McCarthy et al., 2001) é que a vulnerabilidade é o grau*



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

em que um sistema é suscetível e é incapaz de lidar com os efeitos adversos da mudança climática” (ADGER, 2006, p. 269).

Portanto, a vulnerabilidade configura-se como o grau em que um sistema é suscetível e incapaz de lidar com os efeitos adversos da mudança e variabilidade climática (incluindo os extremos), sendo função do seu caráter, da sua magnitude e de seu ritmo (IPCC, 2007).

Entretanto, não há consenso quanto à relação a esse conceito com o termo exposição. Nas formulações do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas-IPCC em um determinado momento a vulnerabilidade aparece associada a exposição, posteriormente essa relação é revista. Em seu documento conhecido como AR4 o conceito era composto por três elementos: exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação. Já no documento SREX (2012, Capítulo 14 p.6), a vulnerabilidade passa a envolver apenas a sensibilidade e a capacidade de adaptação, enquanto que a exposição passa a estar incorporado no conceito de risco. Contudo, há que se considerar que, em termos gerais, não houve modificação significativa da definição em si, apenas nos elementos constituintes da vulnerabilidade. Assim, no AR5 o conceito em questão é definido como a propensão ou disposição para ser afetado negativamente (SREX, 2012, Capítulo 1, p. 10).

Da mesma que as formulações atuais do IPCC, Gallopín (2003) também não considera a exposição um elemento da vulnerabilidade. Para este autor, a vulnerabilidade é uma função da capacidade de resposta e da sensibilidade do sistema. Enquanto que a exposição é resultado da relação do sistema com seu ambiente. O autor traz para o debate a cerca da definição conceitual do termo vulnerabilidade a uma outra categoria: capacidade de resposta, a qual consiste em uma característica do sistema que existe antes da perturbação. Além disso, Gallopín (2003) afirma que a vulnerabilidade nem sempre deve ser vista como algo negativo. O autor sinaliza a possibilidade de uma



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

vulnerabilidade positiva quando a transformação sofrida é benéfica. Exemplos disso são: o colapso de um regime opressor ou quando um determinado grupo social consegue se sobressair de uma situação de pobreza crônica (GALLOPÍN, 2006, p. 295). Em relação ao termo exposição como elemento da vulnerabilidade, Adger (2006) e Kasperson *et al.* (2005) concordam que há uma ligação entre eles, sendo a exposição a duração referente ao contato com a perturbação. Galopin (2003) discorda que a exposição seja um elemento constituinte da vulnerabilidade ao preconizar que esta é apenas uma propriedade relacional, enquanto que a vulnerabilidade seria uma propriedade do sistema que se evidencia quando é exposta a uma perturbação, onde esta possui como atributos a intensidade, magnitude e permanência. Dessa forma, a transformação sofrida pelo sistema seria fruto da sua vulnerabilidade e não da sua exposição.

2.2 Adaptação e Mitigação

A adaptação é foco de estudos antropológicos desde os anos de 1900 como lembram Janssen *et al.* (2006). Mas, somente a partir da década de 1990 que o esse termo começou a ser utilizado nos estudos atinentes à mudança climática, os quais passaram a demandar ações capazes de promover mecanismo de adaptação às transformações em curso que se tornavam mais graves no âmbito do século XXI.

Adaptação e mitigação não são termos sinônimos, mas estão imbricados quando se trata de pensar ações de redução dos impactos negativos sobre as diversas formas de vida no planeta. Há, certamente, uma diferenciação entre os termos que nos conduz a ideia de tempo relacionado ao plano das ações. Nesse sentido, a mitigação consiste num conjunto de ações de base tecnológica que ao serem adotadas no presente contribuiriam para a redução de impactos num horizonte mais amplo. Já a adaptação se configura



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

como um leque de ações de cunho proativo capazes de oportunizar respostas frente aos riscos impostos pela mudança climática.

Em conformidade com a Lei 12.187/ 2009 que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima, o termo mitigação refere-se à *“mudanças e substituições tecnológicas que reduzam o uso de recursos e as emissões por unidade de produção, bem como a implementação de medidas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e aumentem os sumidouros”* (artigo 2º, inciso VII). Já a adaptação desponta como *“iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima”* (artigo 2º, inciso D).

Segundo o IPCC, adaptação pensada no contexto dos sistemas humanos figura como *“o processo de adaptação ao clima real ou esperado e seus efeitos, a fim de moderar danos ou explorar as oportunidades favoráveis”*. Nos sistemas naturais é considerada como *“o processo de ajuste ao clima atual e seus efeitos”* (IPCC, 2012a).

O termo adaptação refere-se a respostas dadas pelo sistema que são suficientes para alterá-lo em si mesmo, às vezes, mudando-o para um novo estado, estando de certa forma, relacionando com a ideia de equilíbrio dinâmico. Para Turner *et al.* (2003), a adaptação refere-se à reestruturação do sistema após as repostas em função de alterações provocadas por perturbações externas.

Smit e Wandel (2006) apud Gallopín (2006) apresentam uma distinção acerca dos termos capacidade de resposta e capacidade de adaptação, esta envolve ajustes mais sustentáveis ou de longo prazo, enquanto que a primeira se refere à capacidade de enfrentamento de curto prazo ou apenas à capacidade de sobrevivência.

Gallopín (2006) discute o conceito de vulnerabilidade associada a ideia de capacidade de resposta, a qual é *“um atributo do sistema que existe antes da perturbação”*. O referido autor alerta para a necessidade de compreensão clara dos



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

conceitos, a fim de não os tornar simplesmente opostos, nem mesmo sinônimos, evitando, dessa forma, análises dicotômicas. Nesse sentido, afirma que o IPCC trata os conceitos de capacidade de adaptação e capacidade de resposta como sinônimos, apresentando apenas uma distinção entre o primeiro e o termo mitigação.

A mitigação se refere a ações que operam sobre a origem e os atributos da perturbação, como por exemplo, a redução da emissão de gases de efeito estufa. Ao passo que a adaptação envolve ações que atuam sobre o sistema em si. Percebe-se que a capacidade de adaptação parece ser mais ampla do que a capacidade de resposta. (GALLOPÍN, 2006, pp. 296,300 e 301).

No documento IPCC WGII AR5 Technical Summary (2013), o termo adaptação é apresentado como processo de adequação ao clima real ou esperado e seus efeitos. Ao longo desse documento são abordadas duas subcategorias do termo adaptação: adaptação incremental e adaptação transformacional. A primeira se refere às ações de adaptação cujo objetivo central é garantir a essência e a integridade de um sistema ou processo em uma determinada escala. Já a adaptação transformacional diz respeito à adaptação que altera os atributos fundamentais de um sistema em resposta ao clima e seus efeitos.

2.3 Sustentabilidade

A noção de sustentabilidade tem como marco inicial o Clube de Roma, o qual realizou vários estudos sobre problemas de ordem econômica, ambiental e sociológica em escala mundial tendo publicado em 1972 um relatório intitulado os limites do crescimento (*The Limits of Growth*) que denunciava a incessante busca pelo crescimento econômico que não levava em consideração os danos ocasionados à natureza e, que seriam cobrados às próximas gerações (ARAÚJO, 2010).



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

A partir da divulgação desse estudo vários encontros foram organizados com o propósito de discutir as implicações do modo de organização demográfica, de produção e consumo das populações e, vários autores como Commoner (1971), Goldsmith (1972), United Nations (1973), Boulding (1973), Timbergen e Dolman (1987) e Lovelock (1979) chamaram a atenção para a necessidade de uma visão sistêmica e de uma reconsideração das posturas nacionais no que concerne ao problema ambiental e ao estabelecimento de uma ordem internacional (SILVA, 2008). Uma das críticas a esse documento foi direcionada a importância dada ao crescimento populacional como se as questões ambientais que se avolumavam e se agravavam fosse decorrente apenas do crescimento populacional, retomando as ideias de Malthus.

Mas, somente a partir de 1987 o termo sustentabilidade ganha notoriedade e passa a ser largamente difundido em função da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD que elabora e divulga um documento intitulado “Nosso Futuro Comum” (também conhecido como "Relatório Brundtland"). Tratava-se não apenas do conceito de sustentabilidade, mas do termo de desenvolvimento sustentável. Na verdade, não houve significativa mudança conceitual apenas a necessidade de que as ações políticas e econômicas implantadas hoje não prejudicassem ou impedissem o pleno desenvolvimento das futuras gerações, ou seja, o desenvolvimento sustentável é *“aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades”* (UNITED NATIONS, 1987).

De modo geral o conceito possui caráter filosófico, sendo uma espécie de declaração de princípio, que tem aglutinado defensores de uma política de desenvolvimento mundial pautado na qualidade de vida da humanidade e na conservação e preservação dos recursos naturais.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

Inclusive, o conceito de sustentabilidade configura-se como diretriz de todo e qualquer sistema de sistema de gestão. Especificamente, no setor de recursos hídricos este conceito está intrinsecamente relacionado com o de resiliência. Isto porque para um sistema hídrico ser sustentável ele precisa manter de forma contínuo um balanço hídrico favorável, proporcionando níveis de garantia capazes de forma eficiente os múltiplos e conflitantes usos frente a um cenário marcado pelas incertezas climáticas.

2.4 Resiliência

O conceito de resiliência veio originalmente da física e da engenharia. Depois, ele foi introduzido na ecologia por Holling (1973) e emergiu como uma característica crítica de sistemas complexos e dinâmicos em uma variedade de disciplinas, incluindo a economia (Arthur, 1999), a pedologia (Lal, 1994), a psicologia (Bonanno, 2004), a sociologia (Adger, 2000), a gestão de riscos (Starr *et al.* 2003) e a teoria de redes (Callaway *et al.*, 2000).

Especificamente na área da engenharia, a resiliência está ligada a ideia de que os sistemas ecológicos operam próximo ao equilíbrio global, configurando-se com a capacidade de voltar a um estado de equilíbrio após uma perturbação, sendo quantificada em termos de tempo de retorno.

Na ecologia, o termo resiliência enfatiza as condições de imprevisibilidade e as habilidades dos ecossistemas em resistir aos distúrbios e mudanças. Essa capacidade é medida pela magnitude da perturbação, a qual pode ser absorvida sem que o sistema mude sua estrutura, alterando as variáveis e os processos que controlam seu comportamento.

A diferença entre as definições apresentadas anteriormente baseia-se na ideia da existência ou não de diversos estados de equilíbrio. Na engenharia, a referência é dada



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

ao equilíbrio global, um ponto de equilíbrio. A ecologia traz a noção de equilíbrio dinâmico ou múltiplos equilíbrios, portanto, a existência de diferentes estados de equilíbrio.

O termo resiliência na engenharia assume as ideias de estabilidade, eficiência, constância e previsibilidade. Já na ecologia associa-se aos termos persistência, mudança e imprevisibilidade, cujo marco inicial é o artigo publicado em 1973 intitulado “*resilience and stability of ecological systems*” do pesquisador Holling.

A resiliência de sistemas socionaturais depende, em muitas situações, da capacidade das sociedades envolvidas processarem no tempo disponível todas as informações necessárias para lidar eficazmente com a dinâmica complexa do sistema como um todo (VAN DER LEEUW & ASCHAN-LEYGONIE, 2002).

Nos sistemas sócio-ecológicos, ainda que destacar os chamados limiarer, os quais associam-se a um nível ou quantidade de uma variável de controle que caracteriza o estado do sistema. Essas variáveis podem sofrer modificações, em algumas situações pode se dar de forma lenta, indo a um valor onde ocorre alteração em um *feedback* crítico que impõe que o sistema se auto-organize enquanto percorre uma trajetória distinta em direção a um fator diferente. O sistema modifica seu padrão de ocorrência climático podendo, inclusive, modificar sua identidade inicial. Na literatura que trata desse assunto, os valores dos limiares têm sido associados na ao conceito de capacidade de suporte do sistema. Considerar a resiliência no processo de gestão dos recursos hídricos aumenta a capacidade do sistema sócio-natural de sustentar-se frente à imprevisibilidade, os riscos e a complexidade, oportunizando a robustez do sistema.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

2.5 Robustez

Ao pensar na resiliência dos sistemas sócio-naturais e na redução de suas vulnerabilidades, outro conceito figura como elemento chave: robustez. Esse conceito diz respeito a capacidade de manter o desempenho do sistema quando sujeito a perturbações externas e imprevisíveis (CARLSON E DOYLE, 2002). Janssen e Anderies (2007) apontam um fator importante no jogo de perdas e ganhos no processo de robustez em face dos desafios frequentemente enfrentados pelos sistemas de governança dos recursos de uso comum. Para eles, a robustez dos sistemas sócio-ecológicos pode ser uma terminologia enganosa na medida em que a robustez pode ser verificada em certas situações de perturbações, mas em outras não. Tendo em vista isso, é que esses ressaltam que as sociedades humanas podem deliberar estratégias em relação a perdas e ganhos (*trade-off*) de robustez para os diferentes tipos de perturbação.

2.6 Risco

A gênese mais recorrentemente utilizada do conceito de risco remonta aos séculos XVI e XVII na área marítima em função da preocupação com duas questões: a) qual a possibilidade de uma viagem ter sucesso; e b) que fatores eram importantes para determinar esse sucesso.

Os riscos são produtos históricos, sendo criados socialmente, evidenciando uma relação estreita entre a produção social de riqueza e a produção social dos riscos. Porém, segundo Beck (2006) com o processo de complexificação das sociedades o risco deixou de ser mero risco físico individual ou risco físico associado a “coragem” e a “aventura” para figurar como riscos globais que ameaçam as diversas formas de vida do planeta.

Outra questão referente ao risco é que muitas vezes risco e incerteza são citados como sinônimos. No entanto, fazer a devida distinção é importante para uma



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

compreensão da categoria risco. Para Knight (1921), risco é a aleatoriedade mensurável dos eventos futuros, ou seja, pode ser usada alguma função de distribuição de probabilidade capaz de descrever o valor dos eventos futuros. Já a incerteza, para o mesmo autor, é a aleatoriedade não mensurável dos eventos futuros. Contudo, no limite sempre haverá alguma incerteza em todos os eventos práticos, pois há que se reconhecer a incapacidade de fazer mensurações precisas de todos os efeitos que poderão afetar os eventos futuros.

Para Giddens (2000), o conceito de risco associa-se as ideias de probabilidade e incerteza, na medida em que não podemos falar de risco quando o resultado da ação está totalmente garantido. Neste mesmo sentido, Raftery (1994, apud VIEIRA, 2002) expôs que o risco tem atributos quantificáveis, enquanto a incerteza não possui. E que aos riscos sempre estariam associadas uma função de probabilidade.

Holton (2004) afirma que para configurar o risco é necessário observar dois fatores. O primeiro diz respeito sobre a incerteza frente aos prováveis resultados de um experimento. O segundo fator proclama que os resultados obtidos precisam ser relevantes em termos de utilidade.

Dwyer (*et al.*, 2004) diz que o risco depende de três elementos: perigo, vulnerabilidade e exposição, os quais guardam possuem relação proporcional entre si. Ao se perceber que se um destes elementos aumentar ou diminuir, o risco aumenta ou diminui.

Na hidrologia, o conceito de risco está associado ao da probabilidade de falha do sistema, cujos impactos podem durar anos e desestabilizar toda a economia local.

Em muitos locais, a pobreza esta associada a continua e atenuada exposição ao risco e o clima surge como um acontecimento que reduz ou destrói as oportunidades. Assim, para as pessoas que dedicam as suas vidas à agricultura, a precipitação e a vazão variável e a incerta figura como uma poderosa fonte risco. Para os habitantes das áreas



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

urbanas mais pobres, as inundações constituem uma ameaça constante. Percebe-se que as vidas, independente do local de suas existências, estão marcadas pelos riscos de um clima incerto.

O clima possui modos de variação em múltiplas escalas temporais (sazonal, interanual, multidecadal, centenária..) que estão associados aos riscos de extremos hidrológicos (cheias e secas) para um local ou região. Identificar e entender os modos de variação do clima torna-se decisivo para quantificar os riscos hidrológicos e conseqüentemente a definição dos mecanismos de gerenciamento que incorporem uma visão proativa com vistas à adaptação.

3. Mudanças Climáticas e Desastres Naturais – Tendências apontadas pela literatura

As mudanças climáticas representam um desafio para os planejadores à medida que geram um conjunto de alterações que afetam o ciclo hidrológico, podendo tornar os múltiplos usos cada vez mais vulnerável.

O ciclo hidrológico está diretamente vinculado às mudanças de temperatura da atmosfera e ao balanço de radiação. Assim, espera-se, de acordo com o que sinalizam os modelos de previsão climática, entre outras conseqüências, mudanças nos padrões da precipitação (aumento da intensidade e da variabilidade), o que poderá afetar significativamente a disponibilidade e a distribuição temporal da vazão nos rios.

Chiewet *et al.* (2009) diz que o aquecimento global vai levar a mudanças na precipitação e em outras variáveis climáticas, cujos efeitos serão ampliados no escoamento superficial. O efeito projetado das mudanças climáticas no escoamento superficial é variável, dependendo da região e do cenário climático considerado, mas relaciona-se, em grande parte, com as mudanças previstas para a precipitação (IPCC, 2001; KROL *et al.*, 2006). Prevê-se que a magnitude e a frequência de vazões máximas



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

umentem na maioria das regiões do planeta e que as vazões mínimas sejam menores em muitas regiões (MELLO *et al.*, 2008).

O relatório síntese do AR4 (PACHAURI e REISINGER, 2007) indica que menos de 66% de 12 modelos climáticos para o cenário A1B concordaram com o sinal da mudança da precipitação entre os períodos 2090-2099 e 1980-1999 para grandes áreas do Nordeste, Centro Oeste, Sudeste e Norte. Apenas o leste da Amazônia e o Sul do País possuem áreas em que mais de 66% dos modelos concordam quanto ao sinal da mudança, sendo o sinal de redução na Amazônia e aumento no Sul do Brasil.

Em relação às secas, IPCC (2007b) diz que elas devem aumentar em regiões semiáridas a baixas latitudes. Estudos mostram que muitas dessas áreas, dentre elas, o nordeste brasileiro, poderão sofrer uma diminuição dos recursos de água devido às alterações climáticas (KUNDZEWICZ *et al.*, 2007).

Mais especificamente, em nível de bacia hidrográfica, Krol e Bronstert (2007) identificaram tendência significativa de redução nas vazões do Rio Jaguaribe após 2025, considerando cenário de redução de 50% da precipitação nas próximas cinco décadas. Em um cenário de redução de 21% da precipitação, os autores não encontraram tendência significativa de alteração da vazão. A bacia Várzea do Boi, no Ceará, apresenta diminuição de precipitação de 12%, no escoamento de 32% e na evaporação de -0,1%, havendo uma perda substancial na disponibilidade hídrica (CAMPOS *et al.*, 2003).

A avaliação das alterações da regularização de vazão em reservatórios do Estado do Ceará devido à mudança climática mostra que a vazão regularizada é reduzida de forma significativa (CAMPOS e NÉRIS, 2009).

De acordo com Tanajura *et al.* (2010), as precipitações anuais podem reduzir e as temperaturas médias aumentar no Estado da Bahia. O rio Paraguaçu, no Estado da Bahia, apresentou ausência de modificação da vazão média anual com os resultados do



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

modelo UKHI (Serviço Meteorológico da Inglaterra) e redução média anual de 40% com o modelo CCCII (Centro de Clima Canadense) e acréscimos na evapotranspiração (MEDEIROS, 2003).

Os rios no leste da Amazônia e Nordeste do Brasil devem ter redução da vazão de até 20% no século XXI, valores médios de 12 modelos do IPCC (MILLY *et al.*, 2005). UK Met Office (2005) utilizando o modelo climático do Hadley Centre HadGEM1 para os cenários A1B e A2 (pessimista com relação à emissão de gases de efeito estufa), verificou concordância com os resultados de MILLY *et al.* (2005) para a Amazônia e discordância quanto à modificação da vazão no Nordeste. RIBEIRO NETO *et al.*, (2011) encontrou valores próximos aos de MILLY *et al.* (2005) em simulação do balanço hídrico no Estado de Pernambuco.

A bacia do rio Tocantins, para o cenário A1B (período de 2080-2090) apresenta redução da vazão da ordem de 30%, com a possibilidade de alcançar até 60% no período de estiagem; o impacto não é uniforme para o ano inteiro e pode variar a depender das características físicas da sub-bacia analisada (TOMASELLA *et al.*, 2009).

No âmbito desse projeto constatou-se que os modelos apresentam em comum uma pronunciada tendência positiva no extremo sul do país associado com reduções na maioria dos aproveitamentos do Centro-Oeste, Norte e Nordeste. No Setor Norte do País os modelos indicam que as vazões devem diminuir a uma taxa superior a 5% em cada em cada período de 30 anos. No setor Sudeste/Centro-oeste os modelos indicam margens que sugerem uma maior possibilidade de reduções nas vazões ou leve aumento. Enquanto o setor Nordeste as vazões devem diminuir bastante (anomalias de 50% abaixo da média histórica no período de 2071 a 2099), principalmente se as projeções do cenário RCP8.5 forem confirmadas.

Os resultados desses modelos mostram a necessidade do desenvolvimento de um plano de gestão da seca para as regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste que englobe em



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

seu sentido mais amplo (González e Morcillo, 2007): (i) o planejamento geral dos sistemas de água com ações para garantir o equilíbrio entre a disponibilidade e a demanda em horizontes futuros; (ii) regras de operação dos sistemas hídricos em condições normais e regras para cenários futuros de seca; (iii) estratégias de gestão e resolução de cenários operacionais para mitigar as condições de seca.

Além dos impactos esperados no regime hidrológico, esperam-se prováveis mudanças na demanda de diversos setores usuários, que possivelmente aumentará acima das previsões realizadas a partir da expectativa de crescimento populacional e desenvolvimento do país. A elevação da temperatura e da evapotranspiração poderá acarretar, entre outros efeitos, maior necessidade de irrigação, refrigeração, consumo humano e dessedentação de animais em determinados períodos e regiões, além de afetar a capacidade de reservação e o balanço hídrico.

Os sinais de mudanças climáticas apresentados anteriormente (Quadro 1) indicam que eventos como inundações e secas que castigam a muitos períodos diversas regiões do Brasil ficarão mais intensos e poderão ocorrer em um menor espaço de tempo possibilitando a incidência de desastres naturais. Assim, no intuito de prevenir, mapear, monitorar e definir estratégias de respostas aos desastres naturais que podem ocorrer no Brasil foi lançado em 2012 o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais.

Segundo o Fórum de Mudanças Climáticas e Justiça Social (2012), a prevenção diz respeito às obras para evitar os desastres naturais: contenção de encostas, drenagem urbana e controle de inundações, por exemplo. Além de construção de sistema de captação, distribuição e armazenamento de água potável. O mapeamento destacou as áreas sujeitas a deslizamentos e enchentes em 821 municípios prioritários espalhados pelo Brasil. Para o monitoramento foi criado o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) que trabalha articulado

com o Centro Nacional de Gerenciamento de Risco e Desastres Naturais. E, a resposta será dada pela ação integrada de todos os Ministérios envolvidos no Plano.

Quadro 1. Resumo das tendências apontadas pela literatura apresentada no item 3 desse relatório.

Região	Tendência	Autor
Sudeste	Significativa de redução nas vazões	KROL e BRONSTERT (2007)
Centro-oeste	Redução nas vazões	TOMASELLA <i>et al.</i> , 2009
Nordeste	Diminuição de precipitação e no escoamento	CAMPOS <i>et al.</i> , 2003
		Tanajura <i>et al.</i> , (2010),
		MILLY <i>et al.</i> , 2005
		RIBEIRO NETO <i>et al.</i> , (2011)
Norte	Redução nas vazões	MILLY <i>et al.</i> , 2005
Sul	Aumento das vazões	PACHAURI e REISINGER, 2007

Fonte: Elaboração própria.

Esse Plano tem dado destaque aos municípios que abrigam a grande maioria da população brasileira são eles: Fortaleza, Manaus, Recife, Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte, Salvador e Vitória.

Todos esses municípios encontram-se vulneráveis as inundações devido ao processo de urbanização dos solos, deposição de lixos em sistemas de drenagem e ocupação de encostas e várzeas. Além disso, a análise das séries observadas de vazões realizada no âmbito desse projeto apontou que existe uma tendência de aumento nas vazões dos postos das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste, segundo o método de Mann-



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcp@fcpc.ufc.br

Kendall-Sen. Esses efeitos somados revelam a importância da implementação do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Desastres Naturais

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2011a), a ação antrópica, a morfologia e as características regionais são fatores que podem influenciar na extensão e intensidade das inundações. Outros fatores, como local e a intensidade da precipitação, características da rede fluvial, ocupação das encostas e margens dos rios podem influir negativamente para o aumento desse desastre natural.

De acordo com Rolnik e Klink (2011), as metrópoles que abrigam a grande maioria da população brasileira, como São Paulo e Rio de Janeiro, são as mais impactadas por esse tipo de evento hidrológico. Isso porque a “engenharia urbana mecanicista” trata a geografia natural das cidades – os rios, os vales inundáveis, as encostas – como obstáculo a ser superado, terraplanando, aterrando e caucionando as águas.

O município de Fortaleza, por exemplo, apesar de possuir seu espaço territorial inserido na região denominada polígono das secas é um dos municípios do estado do Ceará menos afetado por este fenômeno (ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2011b) devido às infraestruturas de transposição de água construídas para atender a sua demanda e a política de atendimento prioritário ao setor urbano em períodos de escassez. Contudo, os estudos de mudança climática apontam que regiões semiáridas poderão sofrer uma diminuição dos recursos de água. Essa redução pode promover o acirramento de conflitos entre esse município e a região “doadora” da água, acelerar o desabastecimento dos municípios dessa região e impactar negativamente a economia.

Manaus tem sofrido com cheias devidas, em sua maior parte, às contribuições do Rio Solimões e dos seus afluentes da margem. São cheias que apresentam um longo tempo de percurso, devido ao gigantesco tamanho da bacia hidrográfica e a pequena



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcp@fcpc.ufc.br

declividade observada nos leitos dos seus principais corpos d'águas. Dessa forma, a implementação do Plano nesse município se mostra de grande importância no sentido de dotar as autoridades e a população, de um quadro geral sobre o comportamento das cheias na região e de alertá-los quanto a ocorrência desse evento e garantindo maior tranquilidade e segurança nas tomadas de decisão.

Recife é um município susceptível aos movimentos de massa (escorregamentos e deslizamentos de solo e rocha) devido a geologia da sua área. Assim, o mapeamento e monitoramento dessa região é de extrema relevância para desenvolvimento de estratégias robustas e pro-ativas. Já o município do Rio de Janeiro tem sido castigado por eventos de chuvas intensas que geram tragédias e grandes transtornos à população. Como área costeira, ele é particularmente vulnerável aos seguintes aspectos: a elevação do nível do mar, ventos intensos, ondas de tempestade, chuvas torrenciais e períodos de seca mais prolongados. Combinados, eles podem produzir efeitos devastadores na zona costeira, com impactos sociais, econômicos, de infraestrutura e ecológicos.

A região Metropolitana de São Paulo tem passado por um período prolongado de estiagem, que levou o Sistema Cantareira a níveis recordes de baixa das reservas e, ao acarretamento de conflitos entre os múltiplos usuários. Ao mesmo tempo, é vulnerável a áreas de alagamentos e movimento de massa devido as chuvas intensas e concentradas. Quanto à temperatura, é cada vez mais frequente as ocorrências de onda de calor em São Paulo, indicando a maior temperatura máxima anual e da frequência de dias e noites quentes.

Belo Horizonte é naturalmente um município susceptível ao risco de enchentes, inundações e deslizamentos em virtude da sua bacia hidrográfica e sua topografia acidentada com muitos altos e baixos, e 700 km de córregos. Contudo, o município possui um planejamento baseado na redução de riscos, defesa e proteção civil o que tem lhe tornado resiliente aos desastres naturais.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

A cidade de Salvador com encostas íngremes e baixadas também enfrenta deslizamentos de terra e alagamentos devido as chuvas fortes e concentradas. Como Salvador, o município de Vitória também possui vários registros de movimento de massa sendo uma importante área para a realização de mapeamentos e para o desenvolvimento de um sistema de alerta.

Em resumo pode-se dizer que as consequências das mudanças climáticas podem alterar a confiabilidade dos sistemas de água atual e a gestão dos múltiplos usos e das infraestruturas de suprimento. Isso ressalta a necessidade de compreender os padrões de mudança climática (suas causas e consequências socioambientais) para conduzir ao aprimoramento da capacidade de predizer dinâmicas futuras e estabelecer diretrizes para o gerenciamento local.

Além disso, é preciso conhecer as vulnerabilidades das cidades, suas áreas de perigo, locais em que a população está mais exposta afim de realizar um planejamento com ações para antes, durante e após os desastres naturais e torná-las resilientes. Uma vez que, cada paisagem tem sua própria assinatura e, entender a composição desse mosaico é o maior desafio (SPIRN, 1997).

4. Medidas de Adaptação

Conforme descritos nos produtos anteriores, os modelos analisados apontam um aumento de temperatura e de evapotranspiração no país. Em relação às vazões, tem-se uma tendência de aumento na região sul do país, ao passo que nas regiões norte e nordeste verifica-se uma redução nesta variável.

Essas constatações sinalizam um estado geral de aumento no consumo de energia, na demanda hídrica da agricultura e do abastecimento humano nos centros



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

urbanos. Especificamente, há possibilidades de aumento de frequência dos eventos de cheia e inundações na região sul e de eventos de seca nas regiões norte-nordeste.

A redução da disponibilidade hídrica na região norte-nordeste evidencia como impactos o acirramento de conflitos entre usos múltiplos, a desaceleração o desaceleramento da economia devido à redução hídrica para a agricultura e indústria bem como, o desabastecimento de cidades.

De modo geral, as informações apresentadas anteriormente revelam que a mudança climática tem relação direta com as transformações ocorridas no setor de recursos hídricos, notadamente no setor elétrico, relativas à intensificação e frequência de extremos climáticos, em especial, as secas e as enchentes, na medida em que pode ocasionar modificações no padrão de ocorrência dos processos hidrológicos (precipitação, vazão, evaporação...) e nos modos de variação do clima, os quais se materializam em múltiplas escalas temporais (sazonal, interanual, multidecadal, centenária...), evidenciando riscos que demandam ações preventivas e de mitigação no âmbito de uma lógica proativa com vistas à redução das vulnerabilidades dos sistemas e das populações.

Mas a percepção dessas questões nem sempre é considerada por grande parte dos tomadores de decisão. Talvez em função da priorização de planejamento de curto prazo de cunho reativo, ou seja, ações marcadas por um presentismo caracterizado pela administração de “urgências” fruto de uma visão impregnada pelo chamado paradoxo de Giddens (GIDDENS, 2010):

“Os perigos do aquecimento global não são palpáveis, imediatos ou visíveis no decorrer da vida cotidiana, por mais assustador que se afigurem, muita gente continua sentada, sem fazer nada de completo ao seu respeito. No



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

entanto, esperar que eles se tornem visíveis e agudos para só então tomarmos medidas sérias, por definição, será tarde demais”.

Romper com a inércia que o referido paradoxo requer a elaboração e definição de medidas que abriguem questões relativas à gestão de oferta e demanda, fiscalização de usos e participação dos agentes sociais que possuem usos conflitantes frente a uma realidade marcada pela incerteza e complexidade.

Diante disso, são elencadas medidas institucionais e operacionais que são integradas na medida em que ações isoladas são ineficazes para lidar com os desafios postos por um mundo marcado pelo processo de aceleração das mudanças climáticas que revelam riscos que extrapolam as fronteiras físicas e aportam severamente em diversas realidades locais.

Assim, para lidar com um ambiente de crescente incerteza são necessárias a adoção das seguintes diretrizes gerais:

- i. A água como uma política pública, promovendo a justiça e equidade social;
- ii. Análises e compreensão das vulnerabilidades do sistema com vistas ao aumento da sua resiliência;
- iii. Flexibilidade e capacidade de adaptação;
- iv. Melhoria e incremento dos instrumentos de gestão;
- v. Gestão de oferta, da demanda e dos conflitos entre os múltiplos usos;
- vi. Incorporação de informações climáticas como subsídio para a tomada de decisão;
- vii. Gestão de risco pautada nas ideias de incerteza/adaptação/risco de falha, tendo com par dialético a segurança hídrica.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

Essas diretrizes conduzem a definição de um conjunto integrado de medidas de adaptação que serão listadas em duas categorias: medidas de adaptação transformacional e medidas de adaptação incremental, a saber:

- ✓ Desenvolvimento e implantação de sistema de alerta precoce;
- ✓ Adaptação da drenagem urbana com vista a evitar problemas relativos à inundação;
- ✓ Ajuste da matriz energética frente à possibilidade de redução hídrica nas regiões norte-nordeste;
- ✓ Elaboração e implantação de programas de conservação energética;
- ✓ Aumento da capacidade de armazenamento de água por meio do transporte da água no tempo e espaço por meio da transposição de bacias;
- ✓ Elaboração de planos de contingência específicos para eventos de cheias, os quais deverão estar associados a um planejamento de longo prazo, devendo ser frequentemente atualizados para que sejam orientadores das ações durante a ocorrência desse o extremo climático;
- ✓ Elaboração de planos de gestão de secas com foco nas bacias hidrográficas, devendo o mesmo passar por processos de atualização a fim de que seja um instrumento eficiente e aderente a realidade;
- ✓ Elaboração de plano de gestão de seca para cidades, o qual deve ser atualizado a fim de que ações propostas possam ser revisitadas e adequadas para cada situação e ou estágio de seca;
- ✓ Identificação de novos mananciais para que possam ser utilizados em situação de escassez hídrica;
- ✓ Promover intercâmbio institucional entre órgãos que lidam com a administração dos recursos hídricos como mecanismo de atualização do conhecimento sobre mudança e variabilidade climática;



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

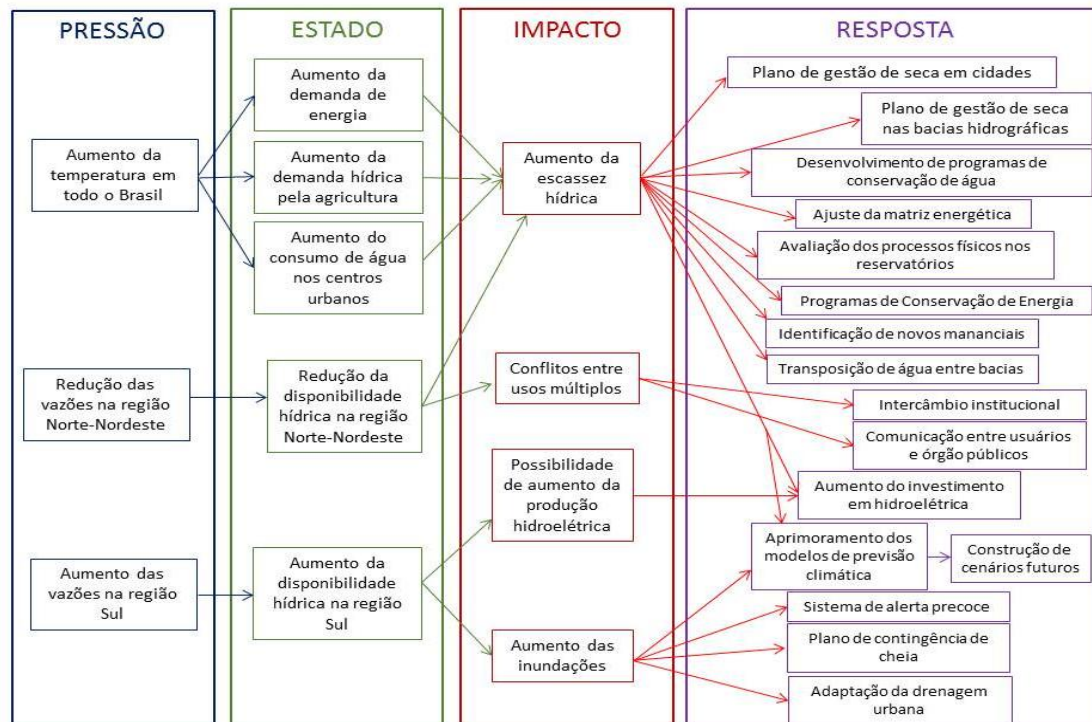
<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

- ✓ Realizar avaliações dos processos físicos nos reservatórios do sistema como forma de promover o aprimoramento do conhecimento da natureza para prever mudanças;
- ✓ Aprimoramento dos modelos de previsão climática com intuito de gerar informações que sejam utilizadas no acoplamento de modelos hidrológicos aos modelos de previsão climático, possibilitando a avaliação dos impactos na agricultura, economia e recursos hídricos, especificamente no setor elétrico;
- ✓ Promover a gestão de riscos através da construção de cenários futuros para o planejamento de longo prazo;
- ✓ Implantação de programa de difusão tecnológico para alcance do uso racional da água;
- ✓ Desenvolvimento de estudos de impactos da mudança climática com base em modelos globais uma vez que os modelos regionais possuem um viés que intensifica o sinal das anomalias.

As medidas apresentadas nesse item foram pensadas por meio da adaptação feita à metodologia Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR) desenvolvida pelo PNUMA (2007). Essa metodologia possibilita identificar os elementos que pressionam um determinado setor, ocasionando modificações em seu estado, desvelando impactos específicos que demandam respostas para cada situação. A aplicação dessa metodologia pode ser visualizada na Figura 1.

Essas medidas, que no fluxograma aparecem na coluna resposta, também podem ser agrupadas em consonância aos conceitos de adaptação transformacional e incremental conforme pode ser observado no Quadro 2.

Figura 1. Fluxograma dos impactos das mudanças climáticas no setor de recursos hídricos, utilizando a metodologia PEIR.



Fonte: Elaboração própria

Quadro 2. Medidas de adaptação do setor de recursos hídricos frente às mudanças climáticas.

Medidas de adaptação	Incremental	Transformacional
Desenvolvimento e implantação de sistema de alerta precoce	X	
Adaptação da drenagem urbana	X	
Ajuste da matriz energética	X	
Elaboração e implantação de programas de conservação energética		X
Aumento do aproveitamento e investimento em hidroeletricidade		X



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

Quadro 2. Medidas de adaptação do setor de recursos hídricos frente às mudanças climáticas. ...Continuação

Transposição de bacias	X	
Elaboração de planos de contingência para cheias		X
Elaboração de planos de gestão de secas		X
Elaboração de plano de gestão de seca para cidades		X
Identificação de novos mananciais	X	
Promover intercâmbio institucional		X
Realizar avaliações dos processos físicos nos reservatórios		X
Aprimoramento dos modelos de previsão climática		X
Construção de cenários futuros		X
Implantação de programa de difusão tecnológico para alcance do uso racional da água;		X
Desenvolvimento de estudos de impactos da mudança climática com base em modelos globais		X

Fonte: Elaboração própria.

5. Reflexões sobre adaptação e mudança climática

A reflexão acerca das estratégias de ações adaptativas no setor de recursos hídricos com foco no setor elétrico remete a compreensão da categoria governabilidade, a qual se refere às condições necessárias para o exercício do poder, enquanto que a governança desponta como uma competência do governo para implementar as decisões tomadas. Segundo Bento (2003) a governança refere-se a um conjunto de instrumentos técnicos de gestão capazes de garantir a eficiência e a democratização das políticas públicas, ampliando e aperfeiçoando os canais de interlocução entre poder público e sociedade. A governabilidade, por sua vez, diz respeito “às condições do ambiente



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

político em que se efetivam ou devem efetivar-se as ações da administração, à base de legitimidade dos governos, credibilidade e imagem pública da burocracia” (BENTO, 2003, p. 85).

A efetivação das estratégias de adaptação pauta-se numa governança dotada de instrumentos eficientes de gestão, legitimadas pela participação social que deve ter canais de interlocução com o poder público para que possam ser operadas no âmbito de uma governabilidade que reconheça a relevância de tais propostas sob a ótica de ações proativas que extrapolam ações de cunho emergencial.

As estratégias de adaptação no setor de recursos hídricos se concretizam em três dimensões integradas da gestão: gestão da oferta, gestão da demanda, e gestão dos conflitos. Atuar em apenas uma dessas dimensões impossibilita a efetiva gestão dos recursos hídricos. Assim, a articulação dessas três dimensões possibilita a redução da vulnerabilidade do sistema frente às variabilidades e mudanças climáticas, contribuindo desta forma para o aumento da sua resiliência.

A capacidade de adaptação possibilita que um sistema possa melhorar ao longo do tempo a execução de um determinado conjunto de objetivos de gestão e preservar-se em suas funções em face das mudanças de contexto. Disso se justifica a sua importância frente às mudanças climáticas. Há que se reconhecer o papel fundamental que as instituições podem desempenhar nesse processo. Contudo há que se salientar que as instituições se modificam ao longo tempo devido a dinâmica da sociedade. Esses fatos apontam para necessidade de aprimoramento de conhecimento atinente a adaptação das instituições a um mundo em mudança.

No que se refere à organização e gestão sustentável dos bens comuns, Ostrom (1990) propõe oito princípios para uma gestão robusta dos sistemas:

1. Demarcação clara das fronteiras dos recursos de bem comum;
2. As regras de uso são adaptadas às necessidades e condições locais;



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

3. Os usuários participam na definição das próprias regras – acordos coletivos;
4. Reconhecimento das regras da comunidade pelas autoridades externas;
5. Estabelecimento de um sistema de auto-monitoramento do comportamento dos usuários para fiscalizar se as regras estão sendo respeitadas;
6. Disponibilidade de um sistema hierarquizado de sanções;
7. É garantido o fácil acesso aos mecanismos de resolução de conflitos assim como a custos reduzidos;
8. As empresas são aninhadas - isto é, a provisão, apropriação, fiscalização e sancionamento, resolução de conflitos e outras atividades de governança - estão organizados em uma estrutura aninhada com múltiplas camadas de atividades.

Diante disso, são listadas questões chaves inspiradas nas discussões teóricas de Ostrom (1990) referente a um processo de gestão adaptativa de recursos de uso comum, especificamente, de recursos hídricos, a saber:

- ✓ Fornecimento de informações – implica na democratização relativa ao acesso as informações, bem como a sua própria produção para que as mesmas tenham credibilidade, relevância e legitimidade. Envolve ainda, o conhecimento dos fluxos e contra-fluxos das informações, a sua disseminação no interior da instituição e o reconhecimento das informações/conhecimento trazidos pelos agentes sociais;
- ✓ Gestão de conflitos- conceber os conflitos não como patologias, mas elementos propulsores de mudança, inovação e interação social. Aliado a isso há que se estabelecer um arcabouço jurídico-político-institucional



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

para se tratar estes conflitos que seja capaz de possibilitar e reconhecer fóruns de participação social.

- ✓ Cumprimento de regras – Regras oriundas do sistema normativo e as oriundas de acordos entre os agentes sociais envolvidos na gestão do hidrossistema necessitam ser garantidas, bem como adaptadas às diversas realidades locais. Devem ainda ser fruto de acordos, onde os atores sociais compartilham o sentido da regra e os mecanismos que induzem o seu cumprimento para que a sua quebra não seja mais atrativa do que o seu cumprimento. Para tanto, devem ser pensadas e reconhecidas sanções compatíveis com cada violação possível. O cumprimento das regras é fundamental, pois a sua ausência implicará em um funcionamento ineficiente do sistema.
- ✓ Fornecimento de infraestrutura - A disponibilização de infraestrutura deve envolver as dimensões física, tecnológica e institucional uma vez que seu fornecimento está condicionado a infraestrutura física existente, a tecnologia em uso e o arranjo institucional adotado.
- ✓ Adaptação- Implica em estar preparado para mudanças climáticas que são algo certo e real em meio a mundo marcado pela incerteza. Essa preparação refere-se a um processo dialético de construção e desconstrução/aprender e desaprender em função da dinâmica da sociedade e das incertezas climáticas, que demandam capacidade de adaptação e flexibilidade dos arranjos institucionais, bem como reconhecimento de processos de participação social.

O reconhecimento dos aspectos citados anteriormente é fundamental para o processo de gestão dos recursos hídricos, particularmente do setor elétrico, frente à variabilidade climática que impõe significativas dificuldades para gestão desses



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

recursos. Esse cenário aponta para a elaboração e adoção de mecanismos de gestão de risco, bem como a inserção da previsão climática no processo de gestão de recursos hídricos, a qual figura como elemento relevante que garantirá uso menos conservador dos estoques de água, possibilitando, ainda, redução de arrependimentos futuros relacionados a investimentos que poderiam ter sido feitos e não foram devido à aversão ao risco.

A aversão predomina na operação em situação de incerteza, que significa ausência de informação sobre as probabilidades associadas a eventos aleatórios, conduzindo os tomadores de decisão a definirem como cenário de análise o pior estado da natureza, levando-os a procurar uma estratégia de maximização da pior situação, o que se costuma chamar de estratégia *maxmin* (maximizar o mínimo). Esta estratégia pode levar a grande arrependimento (quanto poderia ter ganho se soubesse o que ia acontecer).

Frente às questões apresentadas e dos resultados das simulações conclui-se que a adaptação figura como condição *sine qua non* para projeção e materialização de sistemas sócio naturais resilientes, onde as estratégias de adaptação não podem ser pensadas e implantadas como uma reação aos impactos provocados pelas mudanças climáticas. Mas, fundamentalmente, como mudança de concepção da visão relativa natureza-sociedade, onde os usos múltiplos dos recursos se dê de forma sustentável, visto que os produtos anteriores apontaram redução significativa nas vazões para as regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste além do modelo ETA ter sinalizado reduções na ENA na maioria dos aproveitamentos hidroelétricos. Vale ressaltar que, o ETA tende a amplificar as anomalias de precipitações em até 2 vezes em relação ao modelo global.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

Dessa forma, as reflexões contidas nesse trabalho sinalizam a importância da flexibilização e da capacidade de adaptação dos sistemas jurídico-institucionais. (SOUZA FILHO e PORTO 2003).

6. Referências Bibliográficas

ADGER, W.N. Vulnerability. **Global Environmental Change** 16, 2006.

ARAÚJO, A. R. **Educação ambiental e sustentabilidade: desafios para a sua aplicabilidade**. 2010. 77p. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Lavras (UFLA), Pós-Graduação em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Agrícolas. Lavras, MG. 2010.

ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 - 2010**: volume Rio de Janeiro. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 55p, 2011a.

ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 - 2010**: volume Ceará. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 55p, 2011b.

BAUMAN, Zigmunt. **Modernidade Líquida**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editadora, 2001.

BECK, Ulrich. **Sociedade de Risco - Rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2010.

BENTO, L. V. **Governança e governabilidade da reforma do Estado: entre eficiência e democracia**. Editora Manole. 2003.

CALLAWAY, D. S., NEWMAN, M. E. J., STROGATZ, S. H. E WATTS, D. J. (2000). **Network robustness and fragility: Percolation on random graphs**. Physical Review Letters, 2000.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

CAMPOS, J. N. B. e NÉRIS, L.F.A. Mudanças Climáticas e Disponibilidades Hídricas no Semiárido: Resultados Preliminares. *In* SERVAIN, J., CAMPOS, J.N.B., MARTINS, E.S.P.P. **Clima do Atlântico Tropical e Impactos Sobre o Nordeste (CATIN)**. 2009.

CAMPOS, J. N. B; STUDART, T.M.C; CHAGAS, T.C.; Vulnerabilidade no Rendimento de Reservatórios em mudanças climáticas” *In*: Thomas Gaiser; MaartenKrol; HortFrischkorn; José Carlos de Araújo. (Org.). **Global change and regional impacts: water availability and vulnerability of ecosystems and society**. Berlin: Springer Verlag, 2003.

CARLSON, J. M.; DOYLE John. **Complexity and robustness**. PNAS February 19, 2002 vol. 99 suppl. 1.

CHIEW, F. H. S., J. TENG, J. VAZE, D. A. POST, J. M. PERRAUD, D. G. C. KIRONO, AND N. R. VINEY. **Estimating climate change impact on runoff across southeast Australia: Method, results, and implications of the modeling method**, *Water Resour. Res.*, 45, W10414, doi:10.1029/2008WR007338., 2009.

DWYER, A.; ZOPPOU, C.; NIELSEN, O.; DAY, S.; ROBERT, S. **Quantifying social vulnerability: A methodology for identifying at risk to natural hazards**. *Geoscience Australia Record*, v. 14, 2004.

FÓRUM DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E JUSTIÇA SOCIAL. **Plano Nacional de Gestão de Riscos é lançado em Brasília**. Caritas Brasileiras, 2012.

GALLOPÍN, G.C.A systemic synthesis of the relations between vulnerability, hazard, exposure and impact, aimed at policy identification. *In* **Economic Commission for Latin American and the Caribbean (ECLAC)**. Handbook for Estimating the Socio-Economic and Environmental Effects of Disasters. ECLAC, LC/MEX/G.S., Box 1Mexico, D.F, 2003.

GIDDENS, A **As consequências da modernidade** /Anthony Giddens; tradução de Raul Fiker. - São Paulo: Editora UNESP, 1991.

_____, A. **O mundo na era da globalização**. Lisboa: Presença, 4ª ed., 2000, 65p.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

_____, A. **A Política da Mudança Climática**. São Paulo: Zahar, 2010.

GONZÁLEZ, F. C.; MORCILLO, J. C. **Guía para la elaboración de planes de emergencia por sequía em sistemas de abastecimiento urbano**. Ministerio de Medio Ambiente: Asociación Española de abastecimientos de agua y saneamento. 83p. 2007.

HOLLING, C.S. **Resilience and stability of ecological systems**. Annual. Rev. Ecol. Syst. 4:1-23, 1973.

HOLLING, C. S. **Resilience and stability of ecological systems**. Annual. Rev. Ecol. Syst. 4:1-23, 1973.

HOLTON, G. A. **Defining Risk**. Financial Analysis Journal, v. 60, n. 6, p. 19-25, 2004.
International Journal of the Commons, 1 (1) 2007.

IPCC, **.Climate Change 2007: Synthesis Report**. 2007a.

_____. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp. 2007b.

_____. Climate change . Impacts, adaptation, and vulnerability. In: MCCARTHY, J.J. **Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p.1.032, 2001.

_____. **Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation** [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19, 2012.

_____. **Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity**. Global Environmental Change 16, 2006.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

IPCC. WGII AR5. **Final draft: Point of departure** chapter 1, 2014.

IPCC. WGII AR5: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Technical Summary, 2014.

JANSSEN, M.; SCHOON, M.; KE, W.; BORNER, K. **Scholarly Networks on Resilience, Vulnerability and Adaptation within the Human Dimensions of Global Environmental Change**. Global Environmental Change, Special issue on Resilience, Vulnerability and Adaptation. v. 16(3), p. 240-252, 2006.

KASPERSON, R. E., K. DOW, E. R. M. ARCHER, D. CÁCERES, T. E. DOWNING, T. ELMQVIST, S. ERIKSEN, C. FOLKE, G. HAN, K. IYENGAR, C. VOGEL, K. A. WILSON, AND G. ZIERVOGEL. . **Vulnerable people and places**. Chapter 6 in Ecosystems and human well-being: current state and trends assessment. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, D.C., USA, 2005.

KNIGHT, F. H. **Risk, Uncertainty and Profit**. New York: Hart, Schaffner and Marx, 1921.

KROL, M.; JAEGER, A.; BRONSTERT, A.; GÜNTNER, A. Integrated modelling of climate, water, soil, agricultural and socio-economic processes: A general introduction of the methodology and some exemplary results from the semi-arid north-east of Brazil. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.328, p.417-31, 2006.

KROL, M.S.; BRONSTERT, A. Regional integrated modelling of climate change impacts on natural resources and resource usage in semi-arid Northeast Brazil. **Environmental Modelling & Software**, Oxford, v.22, p.259-68, 2007.

KUNDZEWICZ, Z.W., L.J. MATA, N.W. ARNELL, P. DÖLL, P. KABAT, B. JIMÉNEZ, K.A. MILLER, T. OKI, Z. SEN AND I.A. SHIKLOMANOV. **Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 173-210, 2007.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

MEDEIROS, Y.D.P. **Análise dos Impactos das Mudanças Climáticas em Região Semiárida.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8, n. 2, p. 127-136. 2003.

MELLO, E.; OLIVEIRA, F.A.; PRUSKI, F.F. **Efeito das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Paracatu (médio São Francisco).** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.4, p.635-644, out./dez. 2008.

MILLY, P. C. D., K. A. DUNNE e A. V. VECCHIA. **Global pattern of trends in streamflow e water availability in a changing climate.** Nature, v. 438, 17 November 2005|doi:10.1038/nature 04312, 2005.

PACHAURI, R. K.; REISINGER, A. **Synthesis Report - Fourth Assessment Report.** IPCC, Geneva, Switzerland. 2007. 104 p.

PNUMA. **Projeto Geo Cidades: Relatório ambiental urbano integrado.** Rio de Janeiro: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente/MMA/IBAM/ISER/REDEH.2007.

OSTROM, E. **Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action.** New York: Cambridge University Press. 1990.

RIBEIRO NETO, A.; CIRILO, J.A. e DANTAS, C.E.O. **Integração de Modelos Chuva-Vazão e Hidrodinâmico para Simulação de Cheias.** In: **Anais XIV World WaterCongress, 2011,** Porto de Galinhas -PE, IWRA.

ROLNIK, R.; KLINK, J. **Crescimento econômico e desenvolvimento urbano: por que nossas cidades continuam tão precárias?** **Novos Estudos Cebrap,** n. 89, p. 89-109, 2011.

SILVA, M. S. **Avaliação Ambiental Estratégica na Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH.** 2008. 189 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília (UnB), Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília. 2008.

SOUZA FILHO, Francisco de Assis de. **Documento de Base.** Definição de Mecanismos para Alocação de Água em Períodos de Escassez Hídrica. Nova York, Julho, 2007.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

SOUZA FILHO, F. A.; PORTO, RUBEM L. **Acoplamento de modelo climático e modelo hidrológico.** In XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003, Curitiba. Desafios da Gestão da Água no Limiar do Século XXI. Porto Alegre: ABRH, 2003.

SOUZA FILHO, F. A., PORTO, R.. **Aprimoramento do processo de alocação de água de curto prazo no Ceará através da utilização da informação climática.** In XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003, Curitiba/PR. Anais em CD-ROM, 2003.

SPIRN, A.W. O Jardim de Granito. 2a ed. Edusp. São Paulo. 1997. 345p.

TANAJURA, C. A. S; GENZ, F.; ARAÚJO, H.A. **Mudanças Climáticas E Recursos Hídricos Na Bahia: Validação Da Simulação Do Clima Presente Do Hadrm3p E Comparação om Os Cenários A2 E B2 Para 2070-2100.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.3, 345 - 358, 2010.

TOMASELLA, J., RODRIGUEZ, D. A., CUARTAS, L. A., FERREIRA, M., FERREIRA, J. C., FERREIRA, J.C., MARENGO, J. **Estudo de impacto das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos superficiais e sobre os níveis dos aquíferos na Bacia do Rio Tocantins.** CCST/INPE, Cachoeira Paulista, 2009.

TURNER II., B.L., KASPERSON, R.E., MATSON, P.A., MCCARTHY, J.J., CORELL, R.W., CHRISTENSEN, L., ECKLEY, N., KASPERSON, J.X., LUERS, A., MARTELLO, M.L., POLSKY, C., PULSIPHER, A., SCHILLER, A. **A framework for vulnerability analysis in sustainability science.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100 (14), 8074–8079, 2003.

UK MET OFFICE. **Climate change, rivers and rainfall.** Recent research on climate change science from the Hadley Centre December 2005.

VAN BEEK, E.; HELLMUTH, M.; SCHULZE, R.; STAKHIV, E. Coping with Climate Variability and Climate Change in Water Resources In: **Dialogue on water and climate.** Editores: KABAT, P.; SCHULZE, R.E.; HELLMUTH, M.E.; VERAART, J.A.; "DIALOGUE ON WATER AND CLIMATE, 2002.



Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

AV. DA UNIVERSIDADE, 2995 – BENFICA

CEP 60.020-181 – FORTALEZA-CEARÁ.

CP. 12.132 – CNPJ 05.330.436/0001-62.

FONE (85) 3521.3444 - FAX (85) 3243.5381.

<http://www.fcpc.ufc.br/> admfcpc@fcpc.ufc.br

VAN DER LEEUW, S.; ASCHAN-LEYGONIE, C. **A long-term perspective on resilience in socio-natural systems.** Workshop: System shocks- system resilience. Sweden, 2002.

VIEIRA, V.P. P. B. Sustentabilidade do SemiÁrido Brasileiro: **Desafios e Perspectivas.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 7. n..4. Outubro/dezembro, 2002.