

PN: 13.9006.1 - 002-00

Termo de Referência

**IDENTIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE DOS MUNICÍPIOS
BRASILEIROS AOS IMPACTOS BIOFÍSICOS E SOCIOECONÔMICOS
ASSOCIADOS À MUDANÇA DO CLIMA**

Produto 9

Síntese de Produtos Desenvolvidos e Sistematização dos Resultados da
Oficina de Apresentação dos Resultados dos Mapas de Impacto da
Mudança do Clima no Brasil

Consultores: Jose A. Marengo e Pedro Ivo Camarinha

Capítulo 1: Síntese de Produtos Desenvolvidos

1. Introdução

Resultados de projeções climáticas tem indicado, desde a década de 90, uma maior frequência dos extremos de temperatura e precipitação em praticamente todo o planeta, tanto para o clima presente quanto para o futuro (IPCC 2001; 2007; 2013). Apesar das flutuações cíclicas do clima que alteram naturalmente a frequência destes eventos em certos períodos, já é constatado que atividades antrópicas (como a emissão de gases de efeito estufa (GEEs) e as mudanças do uso da terra) corroboram a intensificação de alguns fenômenos climáticos como secas, tornados, enchentes, vendavais, chuvas severas, e na alteração da circulação de massas de ar em larga e mesoescala (HANSEN et al. 2010). Em concordância com as projeções dos últimos modelos apresentados pelo relatório AR5 do IPCC (2013), algumas regiões do globo já demonstram sinais de mudanças, com episódios frequentes de estiagens, de precipitações severas, e temperaturas extremas ocorrendo com maior frequência e magnitude. Conseqüentemente, os impactos relacionados a estes eventos têm se tornado maiores e também mais frequentes, demandando que ações de adaptação à estas mudanças sejam realizadas a fim reduzir os prejuízos financeiros e humanos.

O Brasil, com seu vasto território de proporções continentais, também está sujeito a essas intempéries, provocadas por mudanças súbitas ou gradativas no clima (NOBRE 2001). O apanhado histórico observado durante o último século demonstra que as regiões brasileiras, sem exceção, foram palco de extremos climáticos de maior ou menor intensidade (MARENGO 2007). Citando alguns dos episódios severos podemos incluir: as secas na Amazônia nos anos de 2005 e 2010 (MARENGO et al. 2011); o furacão Catarina no ano de 2004 (MCTAGGART-COWAN et al. 2006); as enchentes e os deslizamentos de terra em 2008 e 2009, produzidos por chuvas torrenciais no Vale do Itajaí em Santa Catarina (FRANKE et al. 2009) e nas áreas serranas do Estado do Rio de Janeiro (DOURADO et al. 2012); episódios de estiagem (veranicos) no Oeste dos estados do Sul (GRIMM et al. 1998; DIAZ et al. 1998) e enchentes súbitas no Semiárido Nordeste (LEAL 2009). Mais recentemente, temos o período de seca que atingiu o estado de São Paulo entre 2014 e 2015, onde o destaque remete-se ao desabastecimento do Sistema Cantareira, que causou sérios transtornos para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e outras localidades próximas. Destacam-se ainda as secas severas que em 2017 e 2018 continuam a perdurar boa parte do Nordeste, estabelecendo novos recordes históricos. Todos os exemplos previamente

mencionados caracterizam-se como eventos extremos sem precedentes, que ocasionaram impactos significativos para a sociedade, seja na forma de prejuízos financeiros ou vidas humanas.

Estes impactos e perdas ocorreram face à intensificação de fenômenos extremos de tempo (meteorológicos), e algumas vezes de clima, sendo muitas vezes em áreas densamente povoadas, como, por exemplo, os centros urbanos de São Paulo e Belo Horizonte (SEROA DA MOTTA 2011), sobrepondo-se às vulnerabilidades socioeconômicas das populações expostas aos riscos já existentes. Ainda, outros fenômenos considerados de baixo impacto vêm crescendo em importância, como por exemplo, a maior frequência de descargas elétricas resultantes da intensa urbanização e ilhas de calor urbanas, assim como o incremento das áreas de cultivos no meio rural, que implicam em riscos de ordem meteorológica e climática na produção de alimentos (OBREGÓN e MARENGO 2007).

Nota-se, portanto, que existem diferentes combinações entre os sistemas humanos e as ameaças naturais, as quais levam a diferentes cenários de risco, dependendo de como são dadas as relações entre eles. Tais aspectos tornam esta temática ainda mais desafiadora, especialmente para o planejamento antecipado de ações direcionadas à diminuição dos riscos e dos prejuízos potenciais desses eventos.

No intuito de subsidiar as políticas e ações de governo, estudos de avaliação de impactos, vulnerabilidade e adaptação à mudança do clima têm sido desenvolvidos no Brasil nos últimos anos. Dentre eles, destacam-se os realizados no âmbito da “Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima” (BRASIL, 2017), que foram focados na identificação dos impactos relacionados à ameaças hidrológicas (inundações, enxurradas e alagamentos) e também de natureza geológica-geotécnica (deslizamentos de terra). Adicionalmente, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), em parceria com o World Wide Fund for Nature (WWF), desenvolveu o estudo intitulado “Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais Relacionados às Secas - no Contexto da Mudança do Clima” (CAMARINHA et al., 2017). Ambos os estudos foram utilizados como referência técnico-científica para balizar estratégias do Governo Federal, sobretudo o Plano Nacional de Adaptação (PNA) e iniciativas decorrentes.

Em 2017, foi lançado pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) o relatório especial sobre “Impactos e vulnerabilidades das mudanças do clima em cidades costeiras do Brasil”, onde foram avaliados impactos e medidas de adaptação à elevação do nível do mar e inundações costeiras em algumas cidades litorâneas do Brasil. Todos os trabalhos citados anteriormente utilizaram o horizonte temporal até 2100.

Atualmente, questiona-se como estudos desta natureza podem ser utilizados por gestores e tomadores de decisão para redução dos prejuízos humanos e materiais em decorrência de eventos extremos. A internalização dessas informações nos processos de planejamento e gestão é relevante não somente a temática dos desastres naturais, mas também, para outras temáticas estratégicas para o Governo Federal, como por exemplo, Energia, Transporte, Recursos Hídricos, Saúde, Cidades e Agricultura. No entanto, a transversalidade da temática dos desastres permite que o conhecimento adquirido a respeito da interação entre clima, ambiente e sociedade, seja também aplicado a outros temas, ainda que sejam necessários ajustes teórico-metodológicos para respeitar especificidades de cada área do conhecimento.

A partir desse pressuposto, o presente estudo objetiva **indicar medidas de adaptação para um grupo de municípios-piloto, respaldadas nas estratégias do PNA e adequadas às necessidades e capacidades locais**. Para tal, fez-se necessário os ajustes da temporalidade destes estudos ao horizonte temporal de 2040, e a identificação dos municípios mais vulneráveis aos desastres de: i) secas e estiagens, ii) deslizamentos de terra e iii) inundações bruscas, enxurradas e alagamentos.

Foram considerados como referência para esta consultoria os estudos de avaliação da vulnerabilidade à mudança do clima, realizados no âmbito da *Terceira Comunicação Nacional* (BRASIL, 2017), do *IVDNS/PNA (Índice de Vulnerabilidade a Desastres Naturais de Seca no Contexto da Mudança do Clima-WWF/MMA)* (CAMARINHA et al., 2017). Para reforçar as discussões e o embasamento teórico, foram consultados os resultados desenvolvidos no âmbito do projeto *Brasil 2040* (Secretaria de Assuntos Especiais - SAE), do *Relatório Sobre Cidades Costeiras* do PBMC, assim como os estudos desenvolvidos no âmbito da Rede Clima, do INCT-Mudanças Climáticas Fase 1 (em andamento) e a Fase 2 (iniciada em 2017). Além disso, outras informações complementares foram utilizadas para dar suporte no desenvolvimento das estratégias de adaptação, sobretudo para as iniciativas propostas estivessem condizentes com outras agendas sinérgicas, como a agenda de desenvolvimento sustentável (Agenda 2030) e de redução de risco aos desastres (Quadro de Sendai). Também foram utilizados paralelamente o projeto Sistema de Vulnerabilidade Climática - SisVuCLIMA (FIOCRUZ) e as informações concernentes ao Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (Cemaden).

Para realização do estudo, foi necessária a organização de uma base de dados espaciais e de informações relevantes dentro da temática de impactos, vulnerabilidades, adaptação à mudança do clima e redução de risco aos desastres em nível municipal. Para tal, os estudos pretéritos considerados como referência tiveram seus respectivos índices de vulnerabilidade padronizados, sob uma nova perspectiva, focada nos

municípios. Desse modo, foi possível identificar criteriosamente os municípios e *hotspots* (grupo de municípios) prioritários para serem avaliados em detalhe. Uma vez identificados, ao final do projeto, organizou-se uma oficina com os respectivos representantes locais, órgãos de governo e academia para, em conjunto, desenhar as melhores estratégias de adaptação considerando as particularidades de cada localidade. A Figura 1 ilustra as sequências das etapas de projeto, as quais estão explicadas em síntese nos itens a seguir. Caso sejam necessários mais detalhes, recomenda-se consultar os outros documentos deste projeto.

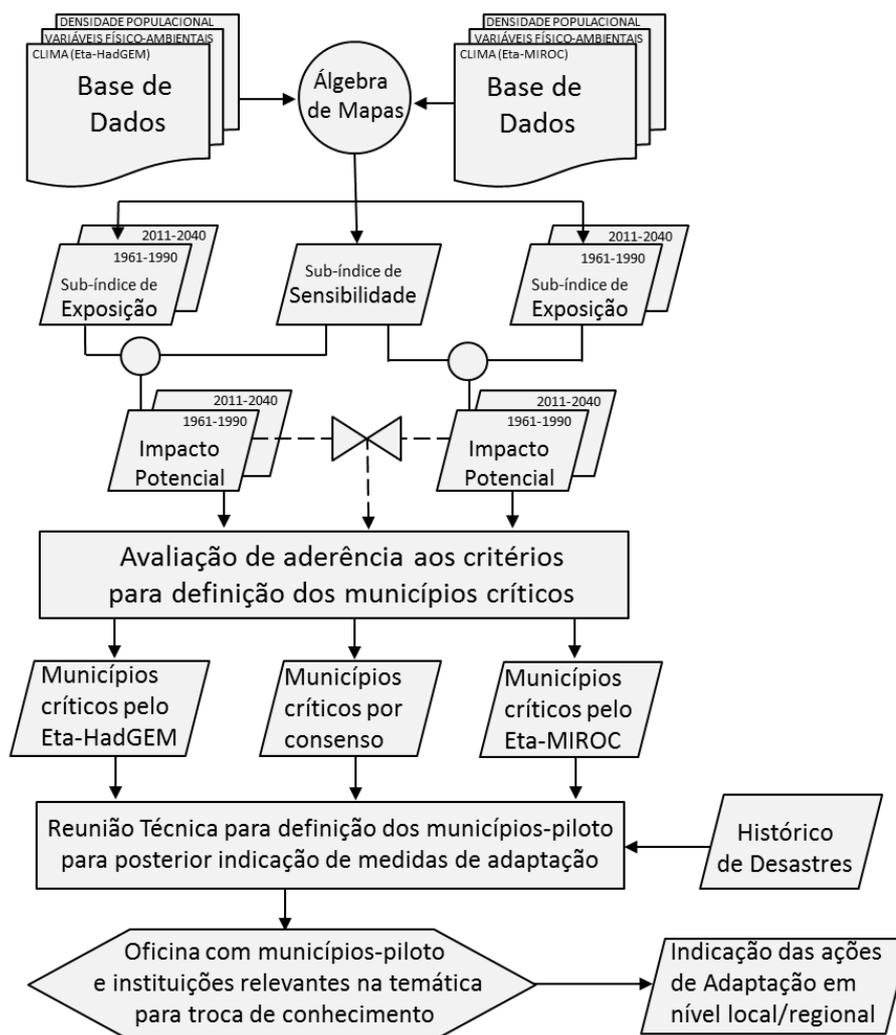


Figura 1 – Fluxograma representando a sequência e a lógica das etapas realizadas nesse estudo.

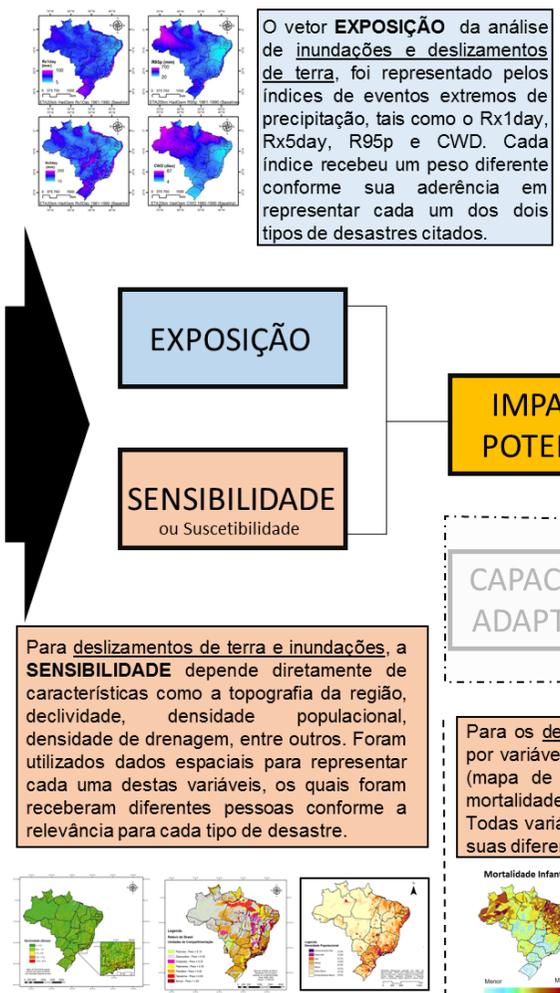
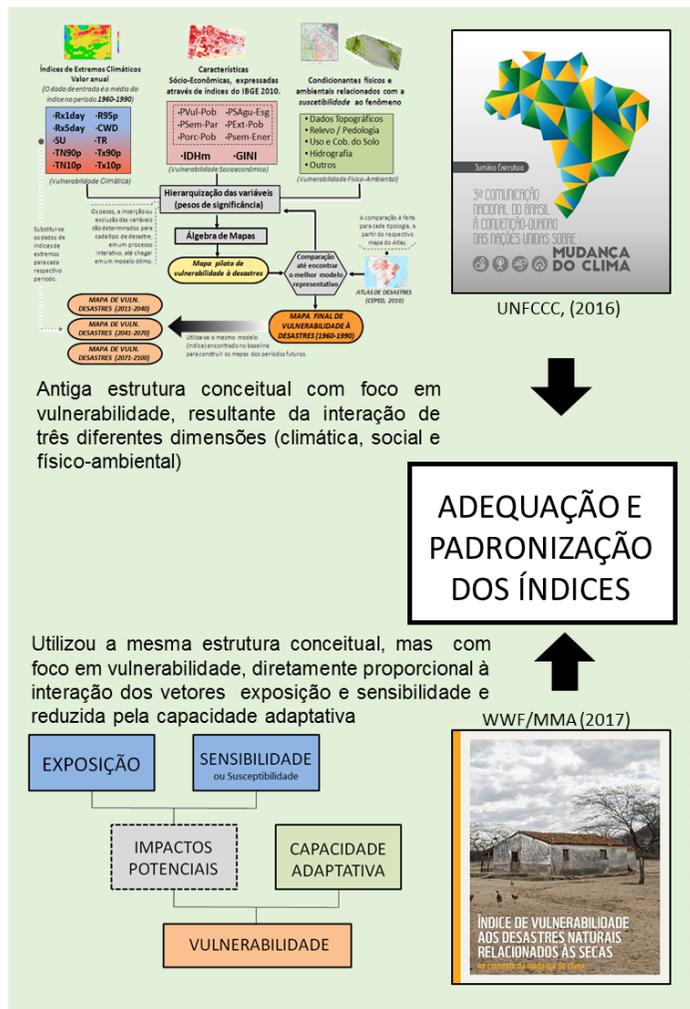
2. Concepção dos Índices de Impacto Potencial

Este projeto pode ser considerado o desdobramento de dois estudos distintos, porém complementares, que abordaram a temática da vulnerabilidade dos municípios brasileiros aos desastres naturais no contexto da mudança do clima.

O primeiro, desenvolvido no âmbito da Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) (BRASIL, 2017), especificamente o capítulo de Desastres Naturais (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2016), abordou os desastres relacionados aos eventos extremos de precipitação por meio de dois índices de vulnerabilidade: um para deslizamentos de terra e outro para inundações bruscas, enxurradas e alagamentos. O segundo estudo, intitulado de *Índice de Vulnerabilidade a Desastres Naturais de Seca no Contexto da Mudança do Clima* (CAMARINHA, 2017) e produzido numa parceria entre o MMA e o WWF, adotou uma abordagem similar a do primeiro, porém focado nos desastres de secas.

Para que fosse possível atender às demandas do presente projeto, foi necessária a modificação e padronização dos índices de vulnerabilidade produzidos nos estudos de referência., para permitir que os resultados obtidos pudessem dialogar entre si e, concomitantemente, possibilitar a identificação de áreas prioritárias para a avaliação/implementação de ações de adaptação aos impactos decorrentes da mudança do clima.

A coerência e compatibilidade dos índices foram premissas essenciais, não somente para atender ao escopo deste projeto, mas também, para possibilitar a expansão da metodologia para outros tipos de ameaças e outras análises setoriais. À esquerda da Figura 1 são apresentadas as estruturas conceituais utilizadas em cada um dos estudos de referência, além de sinalizadas as alterações realizadas para adaptar o índice de impacto potencial. Adicionalmente, nos itens subsequentes, são apresentadas de forma sistematizada as modificações realizadas, suas explicações e respectivas justificativas.



O vetor **EXPOSIÇÃO** da análise de **inundações e deslizamentos de terra**, foi representado pelos índices de eventos extremos de precipitação, tais como o Rx1day, Rx5day, R95p e CWD. Cada índice recebeu um peso diferente conforme sua aderência em representar cada um dos dois tipos de desastres citados.

Para o caso de **secas**, o vetor **EXPOSIÇÃO** foi composto pelas **mesmas** variáveis do estudo de referência, sendo elas: média da precipitação total anual no período analisado; coeficiente de variabilidade e Potência de Secas (variável que foi elaborada especificamente para esta análise e se baseia no índice SPE).



Figura 2 – Quadro explicativo representando a evolução do processo de definição dos índices utilizados para análise de vulnerabilidade e de impacto potencial.

A Figura 1 sumariza também as variáveis que compõem cada um dos índices de impactos potencial (do lado direito) como forma de facilitar o entendimento dos resultados finais. No entanto, optou-se por não apresentar detalhes mais técnicos a respeito do método de cálculo por não ser este o escopo deste sumário executivo, de modo que maiores aprofundamentos metodológicos podem ser consultados diretamente nos estudos de referência ou também nos demais documentos deste projeto.

2.1. Padronização da Nomenclatura

A padronização da nomenclatura adotada nesse projeto seguiu o framework proposto pelo AR-4 do IPCC (2007), onde: dado um determinado tipo de ameaça natural, que pode ser influenciada pela mudança do clima (ex: inundações), o **impacto potencial** é derivado da interação entre os vetores **exposição e sensibilidade**, de forma diretamente proporcional, isto é, quanto maior a exposição e sensibilidade de um determinado elemento de análise, maior será o seu impacto potencial. Por outro lado, a **capacidade adaptativa** dos elementos expostos (ex: município) pode abrandar estes impactos e, desta interação (capacidade adaptativa x impacto potencial) tem-se como produto, a **vulnerabilidade** – que representa a propensão de tal elemento ser impactado adversamente por um determinado tipo de ameaça. Portanto, o conceito de vulnerabilidade pode ser também entendido como o “impacto potencial líquido”, resultante da interação entre exposição, sensibilidade e abrandado pela capacidade adaptativa.

2.2. Foco nos Impactos Potenciais

A padronização da nomenclatura, citada anteriormente, estende-se também para os índices e sub-índices apresentados neste estudo. Diferentemente dos estudos de referência, o objeto principal deste estudo foi analisar o impacto potencial sobre os municípios brasileiros, e não mais a vulnerabilidade. A justificativa para esta mudança deve-se aos aspectos que serão apresentados a seguir.

Primeiramente, considera-se extremamente difícil a mensuração da capacidade adaptativa dos municípios brasileiros, ao ponto desta característica ser representativa para nortear o planejamento de ações e políticas públicas e ações setoriais de adaptação.

Um segundo aspecto a ser considerado é que nos estudos de referência a capacidade adaptativa foi inferida a partir de variáveis que a representam de maneira indireta, como por indicadores socioeconômicos, por exemplo. Porém, ao assumirmos esta representatividade, estamos assumindo que bastaria uma melhora em tais indicadores, para que os impactos fossem abrandados e a vulnerabilidade dos municípios fosse diminuída, o que não é necessariamente verdade quando analisamos pela perspectiva da mudança do clima.

Nos estudos de referência, a estratégia de mensurar a capacidade adaptativa de maneira indireta foi válida por permitir a identificação dos contrastes de vulnerabilidade em nível federal, como um primeiro exercício nesta temática, ao comparar os municípios e regiões entre si. Mas, a partir do momento que esta análise é tida como o ponto de partida para a fundamentação de ações que ocorrerão em nível local, decidiu-se optar por resultados mais precisos e objetivos. Recomenda-se, portanto, que uma análise mais profunda sobre a capacidade adaptativa seja feita em um segundo momento, em nível local, para identificar os melhores pontos de entrada para as políticas públicas focadas em adaptação e resiliência, mas não utilizá-la como um critério para definir os municípios prioritários.

2.3. Precipitação: Excesso e escassez

No presente estudo foram realizados dois tipos distintos de análise: uma focada na avaliação de municípios/hotspots mais críticos do ponto de vista do excesso de precipitação, ou seja, relacionados com os desastres de inundações/enxurradas e deslizamentos de terra; e outra focada nos extremos de déficit de precipitação, isto é, desastres relacionados às secas e estiagens.

No caso da análise que envolve o excesso de precipitação, o intuito foi identificar municípios críticos onde há a sobreposição dos diferentes tipos de impactos geohidrológicos. Essa escolha parte do pressuposto de que a consideração dos dois tipos de ameaça poderá otimizar os recursos empregados em ações de adaptação e redução de risco aos desastres, pelo aproveitamento de sinergias.

Ressalta-se que o índice foi elaborado considerando apenas a área urbana dos municípios, pois são nessas áreas (sobretudo naquelas mais densamente povoadas) que ocorrem a grandiosa maioria dos desastres relacionados aos deslizamentos de terra, inundações bruscas e enxurradas. Em resumo, os índices de impacto potencial para deslizamento e inundações foram calculados considerando as variáveis (climáticas ou não) apenas no domínio definido pelas áreas urbanas de cada município. A saber, a

base de dados das áreas urbanas utilizadas neste trabalho é proveniente do estudo da Embrapa (Farias et. al, 2017). A Figura 3 ilustra como este processo foi feito.

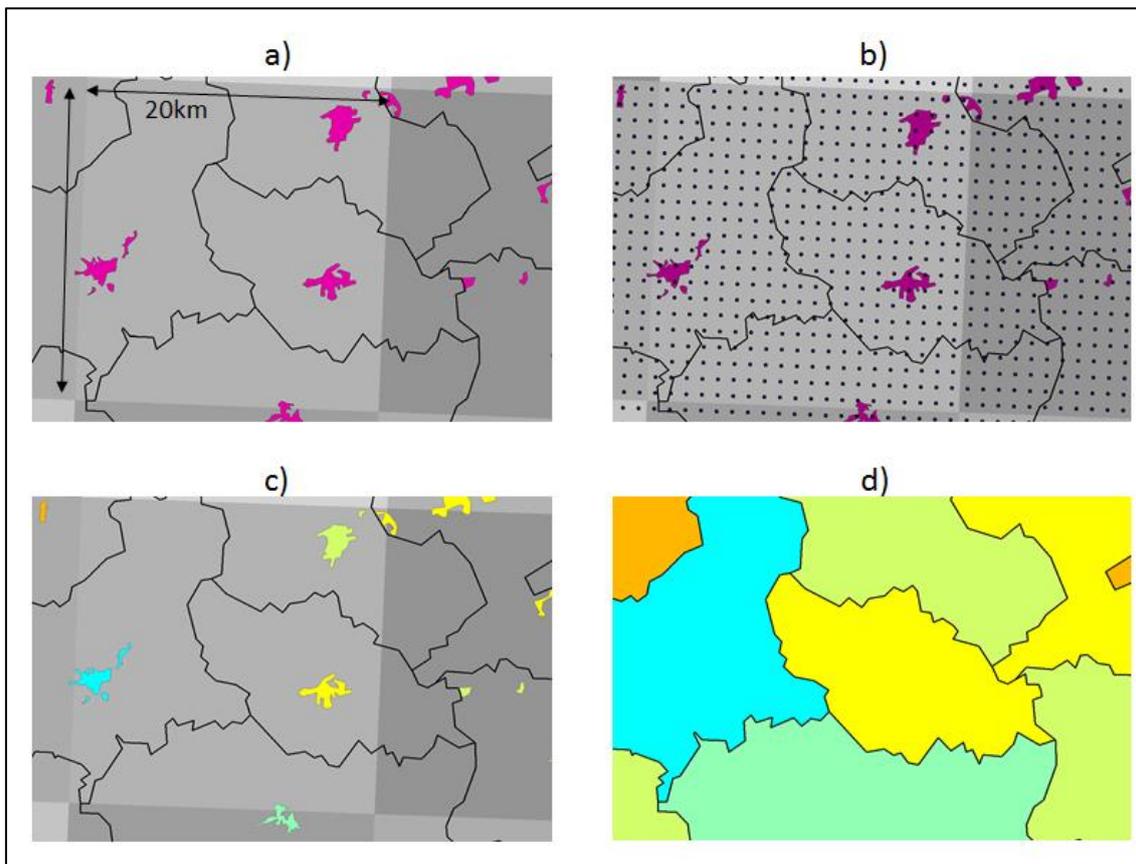


Figura 3 - Exemplo do processo para agregar informações espaciais matriciais (Raster) em polígonos referentes à divisão política dos municípios brasileiros (em lilás). No quadro a) é possível ver as áreas urbanas e os pontos-de-grade de 20 km de um dado em Raster (na escala de cinza); b) ilustra como os pontos-de-grade (dados matriciais) são convertidos em pontos (dados vetoriais), sendo que apenas os pontos que estão dentro da área urbana foram contabilizados para o cálculo da métrica daquela determinada variável, sub-índice ou índice; c) ilustra como seria a visualização do resultado considerando apenas as áreas urbanas e d) representa a extrapolação do resultado para todo domínio político municipal, o que facilita a visualização para a escala nacional ou regional.

Já para o índice referente às secas, foi considerado todo o domínio político-administrativo dos municípios, tendo em vista que este tipo de desastre pode impactar consideravelmente diferentes atividades e setores, tanto em áreas rurais quanto urbanas.

2.4. Critérios para identificação dos municípios críticos considerando os eventos de excesso de precipitação

O índice de impacto potencial foi calculado tanto para o período de referência (1961-1990) quanto para o período futuro (2011-2040), a partir de dois modelos

climáticos diferentes (Eta-Miroc e Eta-HadGEM). Adicionalmente, foram selecionados parâmetros adequados para caracterização de um município como “crítico”, perante o escopo do projeto. A definição dos municípios críticos foi requisito para direcionar as etapas subsequentes, uma vez que análises mais detalhadas e recomendações de medidas de adaptação foram feitas apenas para o grupo de municípios selecionados.

Os critérios para seleção dos municípios críticos partiu da seguinte premissa: um determinado município que apresente um alto índice de impacto potencial no período histórico de referência (1961-1990) não terá, necessariamente, a mesma característica no futuro, e vice-versa. Por um lado, isto ocorre por conta da própria dinâmica da mudança do clima, que traz consigo uma variabilidade dentro do grande território nacional que pode caracterizar, em alguns casos, a diminuição dos eventos extremos no futuro e, conseqüentemente, dos impactos (embora o padrão predominante seja da intensificação em regiões onde eles já acontecem de forma mais severa). Em casos como este, haverá a sinalização de que o município é altamente vulnerável no período de referência, mas que não haverá evidências de que a mudança do clima caracterizará um cenário ainda mais preocupante. O diagnóstico de sua alta vulnerabilidade no período presente é considerado importante para as ações de redução de risco aos desastres (DRR), mas não necessariamente para ações de adaptação.

Por outro lado, é possível que as projeções indiquem uma grande intensificação dos eventos extremos no futuro para casos onde os municípios não sejam suscetíveis e/ou vulneráveis às ameaças avaliadas (deslizamentos de terra e inundações bruscas). Por exemplo, em um caso hipotético de um município situado em uma região plana, sem encostas íngremes e sem qualquer histórico de desastres relacionados aos deslizamentos de terra. Provavelmente, o índice de impacto potencial relacionado aos deslizamentos de terra será muito pequeno para o período de referência. Mesmo que as projeções do clima indiquem fortes evidências que haverá a intensificação de eventos diários de chuvas que ultrapassam 100 mm (que são eventos potencialmente deflagradores de deslizamentos de terra), por exemplo, o município continuará a ser pouco impactado por tal tipo de ameaça, já que sua suscetibilidade a tal processo é baixa. Para estes casos, haverá a sinalização do aumento relativo (percentual) do impacto potencial futuro quando se compara com a situação histórica, mas, no entanto, o impacto “bruto” ainda será muito pequeno, de modo que não podemos considerar este caso mais crítico que aqueles que são altamente impactados historicamente e onde as projeções indiquem a intensificação dos eventos extremos, ainda que esta intensificação seja pequena.

Portanto, é de suma importância identificarmos não somente quais são os municípios altamente impactados historicamente e atualmente, mas também, em quais destes casos há evidências do aumento dos impactos no futuro, dada a intensificação dos eventos extremos de precipitação, tanto em frequência quanto em magnitude.

Neste sentido, o critério adotado para classificar um município como crítico foi o valor explicitamente alto dos índices de impacto potencial no período de referência (1961-1990) e também no futuro (2011-2040), em comparação com o valor médio do universo dos municípios brasileiros. Este critério buscou garantir que houvesse sinergia entre as agendas de redução de risco aos desastres (DRR) e de adaptação, e facilitação da identificação de pontos de entrada para as políticas públicas de adaptação, visto que a temática de gestão de risco a desastres no tempo presente é realidade em diversos municípios do Brasil, sobretudo aqueles que já apresentam um histórico de desastres.

Desta forma, foram estabelecidos critérios técnicos específicos para definir os municípios críticos, pautados unicamente pela análise dos resultados do índice de impacto potencial, conforme explicado abaixo:

- i. **Para cada modelo utilizado**, separadamente, o município deve apresentar impacto potencial na classe “extremamente alto”, isto é, maior do que 1.0, no período de referência e, tendência de aumento dos impactos na condição do clima futuro (maior do que zero).
- ii. Para os dois modelos utilizados (**análise por consenso**), o município deve apresentar o índice de impacto potencial superior ou igual a 0,70 (categoria “alto”, “muito alto” ou “extremamente alto”) no período de referência (1961-1990) e, para o período futuro, apresentar incremento positivo. As duas condições devem existir para os resultados dos dois modelos utilizados.

2.4.1. Escolha dos municípios prioritários para identificação de ações de adaptação em nível local

Os critérios utilizados para identificar os 5 municípios (ou hotspots) prioritários, foram:

- i) na análise por consenso dos modelos, estar presente entre os municípios críticos (ver item 2.4) tanto para o caso de inundações bruscas quanto deslizamentos de terra;

- ii) não estando, ao mesmo tempo, nestas duas listas de “municípios críticos pela análise por consenso”, o município de estar presente em pelo menos uma delas e, para o outro tipo de ameaça, ele deve estar presente nas listas de municípios críticos, seja pelo Eta-MIROC quanto o Eta_HadGEM;
- i) Tendo atendido um dos dois critérios anteriores, (pautados pelo valor do índice de impacto potencial), verificou-se aqueles municípios que possuem os maiores incrementos do índice de impacto potencial. Desta forma, garante-se que uma maior parcela do impacto potencial decorre diretamente dos efeitos das mudanças do clima futuro (dada pelo valor do incremento).
- ii) Um critério secundário empregado foi considerar a lista de municípios monitorados pelo Cemaden. Tais municípios já são considerados prioritários pelo setor de Gestão de Risco aos Desastres, em função dos impactos que ocorreram no passado e recorrem no presente. Além disso, o Cemaden dispõe uma gama maior de informações específicas que colaboraram para traçar o diagnóstico destes municípios e, conseqüentemente, para nortear as sugestões de medidas de adaptação.

2.5. Critérios para identificação dos municípios críticos considerando os eventos de escassez de precipitação

A análise voltada aos eventos de secas teve os critérios para a identificação dos municípios críticos diferenciados do caso anterior, devido às premissas consideradas na elaboração do índice de impacto potencial.

Devido à natureza do fenômeno das secas - que é caracterizada a partir de uma situação comparativa à normalidade observada num período pretérito - o índice de exposição para o período futuro (2011-2040) foi integralmente baseado nos incrementos das variáveis climáticas que o compõem: média de precipitação total anual, coeficiente de variabilidade e índice de Potência de Secas. Isto é, não há como comparar o índice de impacto potencial entre o período de referência (1961-1990) e o futuro (1961-1990), pois o índice foi estruturado diretamente para identificar os locais que terão novos desafios impostos pelas mudanças do clima, demandando, portanto, que outros critérios fossem estabelecidos. Maior detalhamento pode ser encontrado no Produto 2 desta consultoria ou no documento oficial do estudo (CAMARINHA et al., 2017).

Apenas para contextualizar, pode-se dizer que os maiores valores para o índice de impacto potencial para o período futuro (2011-2040) representam diretamente a

condição em que a mudança do clima pode causar maior impacto quando comparado com o período de referência. Por outro lado, valores próximos ou iguais a zero significam que os impactos existentes no passado devem ser mantidos no futuro, independente se são muito ou pouco frequentes, de alta ou baixa magnitude. Ou seja: se uma determinada localidade já sofre muitos impactos com as secas durante o período presente e no futuro essa condição é mantida exatamente igual, o índice de impacto potencial será zero, o que representa que novos impactos não são detectáveis pelas projeções do clima. Reiterando que isto não significa que a tal localidade deixará de ser impactada por secas no futuro, apenas significa que as mudanças do clima naquela região não trazem consigo um cenário que possa aumentar os impactos já observados no passado.

Pelo que foi exposto, justifica-se que os critérios para identificação dos municípios críticos precisam ser diferentes dos casos que envolvem excesso de precipitação, ainda que a lógica para escolha dos municípios prioritários seja a mesma. Para o caso de secas, o foco foi dado nos municípios (ou regiões) que apresentassem os maiores valores do índice de impacto potencial no período futuro (aliás, conforme explicado anteriormente, no trabalho original os autores não calculam um índice de impacto potencial para o período de referência 1961-1900). Sendo assim, os critérios foram:

- i. Na análise por consenso, o critério é que o município esteja na classe de impacto “Moderadamente Alto”, maior do que 0.40, ou superior, nos resultados provenientes dos dois modelos;
- ii. Na análise individual para cada modelo, apresentar impacto potencial na classe “Alto” ou superior, isto é, maior do que 0.50.

2.5.1. Escolha dos municípios prioritários para as etapas futuras: secas

A escolha dos municípios prioritários relacionados a categoria de secas foi pautada nos critérios apresentados no tópico anterior e na avaliação cautelosa dos resultados individuais. Como já ressaltado, os resultados do IVDNS (CAMARINHA et al., 2017) foram muito divergentes entre os modelos, o que requereu uma análise aprofundada e que extrapolasse a avaliação numérica dos índices. Para a seleção dos 5 municípios (ou hotspots), utilizou-se os seguintes critérios para a identificação dos municípios prioritários:

- i) para ser escolhido como prioritário, é mandatório que o município esteja presente na lista da análise por consenso dos modelos e, posteriormente, respeite os critérios iii, iv, v; vi e vii apontados a seguir;
- ii) não sendo possível encontrar os 5 municípios ou regiões pela análise por consenso, observa-se àqueles que estejam na lista de municípios críticos de cada modelo;
- iii) ao considerar os resultados dos dois modelos utilizados, será dado preferência para aqueles que possuírem as maiores médias do índice de impacto potencial entre os dois modelos, isto é, observa-se concomitantemente os resultados dos Eta-Miroc e do Eta-HadGEM;
- iv) para diminuir as incertezas, foram excluídos os casos em que houvesse uma diferença maior do que 50% entre os resultados dos modelos. Também foram excluídos os casos em que o sub-índice de exposição fosse negativo (diminuição dos eventos de secas no futuro), ainda que o índice de impacto potencial seja alto (situação que pode acontecer caso o sub-índice de sensibilidade seja extremamente alto);
- v) Dentre os municípios que se encaixam nos critérios anteriores, foram considerados prioritários aqueles que tiverem os maiores valores para o sub-índice de exposição, garantindo que o impacto potencial futuro será decorrente de novos desafios que mudança do clima impõem, e não somente pelas suas características de sensibilidade.
- vi) a situação observada para um determinado município tem que ser coerente com seus municípios adjacentes. Isto serve para minimizar possíveis outliers que não devem ser considerados nas análises.
- vii) também será dado prioridade para os municípios que possuírem histórico de desastres relacionados às secas (registro oficiais).

3. Resultados: Mapas de Impacto Potencial

Antes de apresentar os resultados, destacam-se alguns aspectos importantes para a compreensão dos próximos itens. Primeiramente, reitera-se que os índices utilizados neste estudo foram validados para o período de referência (1961-1990), por meio de comparação dos resultados obtidos com histórico de desastres e informações providas pelo Cemaden sobre impactos, alertas enviados e a lista de municípios considerados como prioritários pelo setor de Proteção de Defesa Civil Nacional (atualmente, o Cemaden monitora 958 municípios prioritários). Uma vez que os índices foram validados para o período de referência, alimentou-se o modelo de impacto

potencial com os dados das projeções climáticas futuras. O intuito não foi de apenas entender onde poderá haver aumento dos impactos, mas onde esta tendência de aumento no futuro está sobreposta a uma condição de criticidade já observada no tempo presente, o que pode culminar em um cenário ainda mais preocupante se ações de adaptação e redução de risco aos desastres não forem implementadas.

Para os casos que envolvem excesso de precipitação, a tendência do aumento do impacto no futuro foi avaliada pelo incremento do índice de impacto potencial, comparando o período futuro de 2011-2040 com o período histórico (1961-1990). Este incremento está apresentado em valores percentuais, mas ressaltamos que os valores encontrados nos mapas e tabelas deste documento devem ser considerados apenas como uma referência. Isto porque o valor percentual indica apenas onde há o potencial para que os eventos deflagradores de desastres aconteçam mais frequentemente e de forma mais severa. Portanto, estes valores percentuais devem ser analisados de forma comparativa entre os pares, apenas como forma de identificar aqueles casos onde há tendência é mais significativa que os demais. A relação entre intensificação dos eventos extremos e os impactos que os mesmos podem causar não é linear, de modo que os prejuízos associados podem ser muito maiores que os percentuais apresentados, principalmente devido ao fato de que estes eventos podem ultrapassar certos limites críticos de precipitação. Nestas situações, é provável que ocorram processos generalizados (seja deslizamentos de terra ou inundações, enxurradas e alagamentos), os quais normalmente estão associados à impactos de grande magnitude. Portanto, a interpretação de um incremento no valor de 1%, por exemplo, não significa que os prejuízos e impactos futuros poderão ser 1% maior que aqueles observados no passado, mas que, quando comparado com os demais municípios com valores inferiores ao de 1%, há maior possibilidade dos eventos extremos de precipitação serem intensificados e podem causar até mesmo impactos sem precedentes.

3.1. Desastres relacionados aos deslizamentos de terra

A Figura 4 apresenta a síntese dos resultados obtidos para analisar os desastres relacionados aos deslizamentos de terra. As regiões que mais merecem atenção são aquelas onde há municípios com o índice de impacto potencial na classe “alto” ou superior (tons de marrom) juntamente onde os modelos convergem ao sinalizar o aumento do impacto potencial no período futuro (2011-2040). Neste sentido, destaca-se a porção ao leste de Santa Catarina e também de alguns municípios do Nordeste, principalmente em regiões metropolitanas ou densamente povoadas, como é o caso de

Blumenau e municípios vizinhos, Salvador e as regiões metropolitanas de Maceió e Recife.

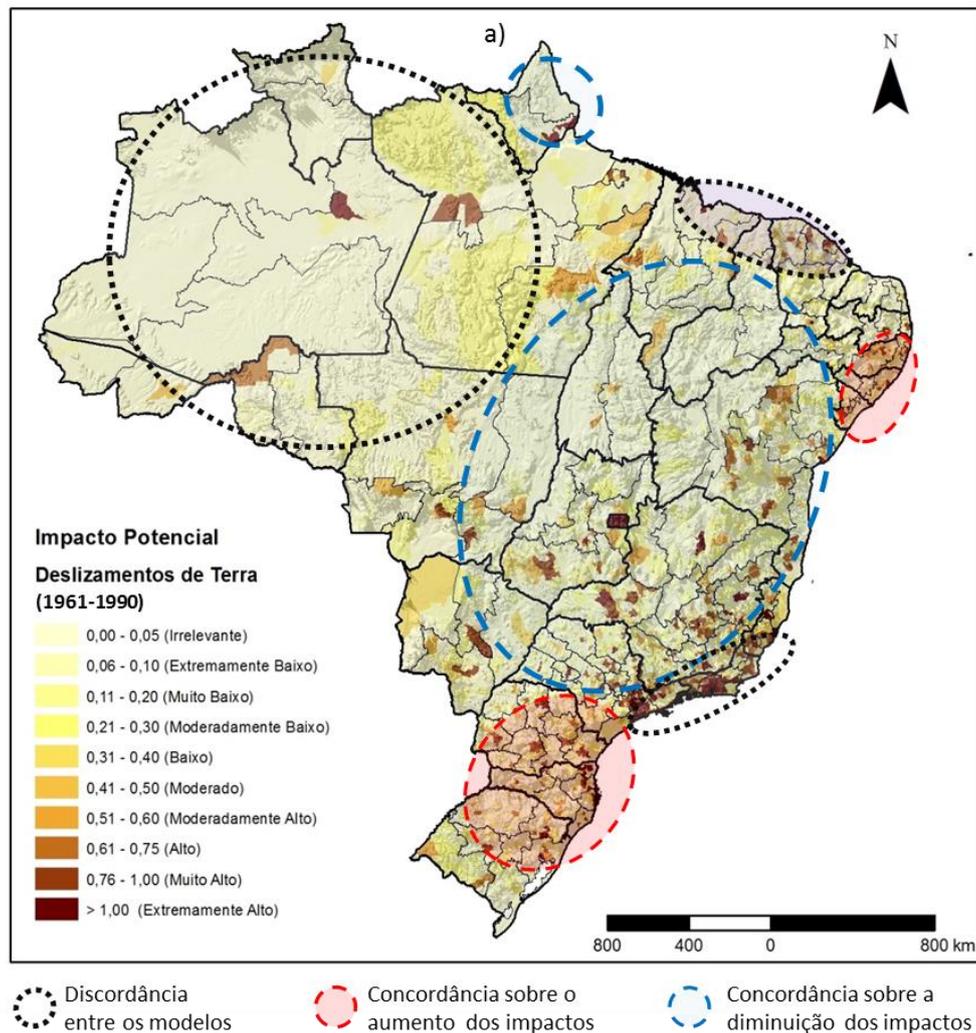


Figura 4 - O mapa indica o índice de Impacto Potencial médio para deslizamentos de terra, que foi calculado para o período de referência (1961-1990), indo na escala de amarelo (menor impacto) até marrom escuro (maior impacto). As elipses representam a tendência observada nas projeções do clima futuro, conforme a legenda.

A espacialização de todos os municípios críticos, pelas três análises (consenso, Eta-MIROC e Eta-HadGEM) pode ser observada na Figura 5. A Tabela 1 apresenta as informações sobre os municípios indicados pela análise de consenso dos modelos.

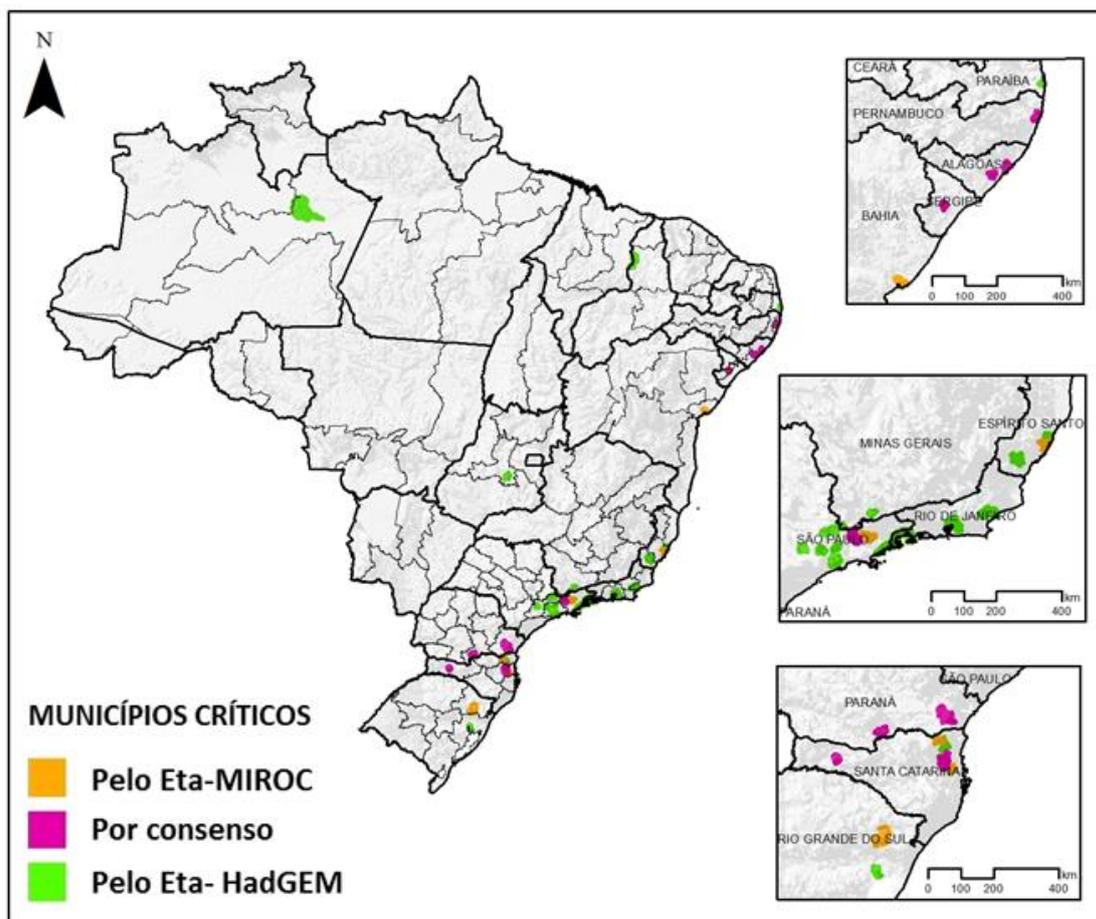


Figura 5 - No mapa estão destacados os municípios considerados críticos pelas três diferentes análises, com destaque para aqueles identificados pela análise de consenso (cor lilás), localizados na região Sul e Nordeste.

Tabela 1 - Municípios críticos para deslizamentos de terra, por meio de da análise de consenso.

UF	Município	Impacto Potencial Médio (1961-1990)	Incremento	
			HadGEM	MIROC
AL	Maceió	1,5934	5,50%	1,40%
SC	Blumenau	1,4647	0,13%	0,07%
PR	Curitiba	1,4247	3,71%	0,33%
PE	Recife	1,3944	3,09%	1,04%
SP	São José dos Campos	1,3279	6,65%	0,30%
PR	São José dos Pinhais	1,0428	3,35%	0,12%
SC	Xanxerê	0,8039	0,05%	1,92%
PE	Jaboatão dos Guararapes	0,8625	3,86%	0,32%
PR	União da Vitória	0,8051	5,00%	1,27%
SC	Indaial	0,7897	1,56%	0,04%
SC	Timbó	0,7876	1,50%	0,04%
SE	Itabaiana	0,8117	0,28%	3,81%
AL	São Miguel dos Campos	0,8014	0,96%	1,06%

De uma forma geral, independente do modelo utilizado, as áreas que mais se destacam quanto ao nível de criticidade são os grandes centros urbanos do Sul, Sudeste

e da faixa leste do Nordeste. Embora existam diferentes processos socioeconômicos, comportamentos climáticos e estruturas organizacionais de Gestão de Risco aos Desastres ligados a cada uma delas, todas apresentam cenários de risco já estabelecidos e que podem ser intensificados nas próximas décadas, independente da mudança climática, principalmente pela forte interferência antrópica na indução dos deslizamentos de terra e processos similares. Nesse sentido, reforça-se a ideia de que os impactos derivados da mudança climática são apenas mais um elemento estressor, dentre diversos outros, que culminam em uma situação de risco elevado. Isto não significa que as mudanças do clima devam ser deixadas de lado na análise setorial e no direcionamento dos recursos relacionados à diminuição dos riscos de deslizamentos de terra, mas, sim, que elas sirvam como um fator adicional que corrobora para justificar adequadamente como e onde devem ser alocados tais recursos, algumas vezes de forma prioritária.

Do ponto de vista climático, o Sul do país se caracteriza como a região onde há a maior probabilidade e tendência significativa de intensificação dos eventos extremos de precipitação potencialmente deflagradores de deslizamentos de terra. Se por um lado há esta constatação preocupante, por outro, pode-se dizer que esta região se caracteriza também com uma das mais desenvolvidas e preparadas para lidar com as ameaças naturais, sobretudo o estado de Santa Catarina. O estado pode ser considerado como referência para ações de gestão de risco aos desastres no período presente, com capacidade de respostas às necessidades setoriais para minimização dos impactos relacionados aos deslizamentos de terra.

Para as demais regiões, as divergências entre os resultados não permitem afirmar tal fato com a mesma clareza, sugerindo que sejam utilizados outros modelos climáticos para o caso de uma avaliação mais profunda e com menor incerteza.

Os municípios paranaenses de São José dos Pinhais e Curitiba não apresentam histórico significativo de desastres relacionados aos deslizamentos de terra, mas apresentam criticidade em função de um “ruído” metodológico (erro sistemático) que infere alta sensibilidade devido ao alto valor da variável de densidade da população urbana. No entanto, tal valor não corresponde às suas realidades, dada a baixa suscetibilidade geológico-geotécnica que os municípios possuem. De qualquer modo, cabe ressaltar que há uma indicação convergente e consistente dos modelos sobre a intensificação dos eventos extremos de precipitação nestas duas localidades, os quais podem causar outros tipos de impactos além dos deslizamentos, como enxurradas e inundações. Neste sentido, as ações de redução de risco aos desastres devem ser feitas de forma mais ampla, para manter a boa capacidade destes municípios em lidar com

impactos adversos relacionados aos eventos hidrometeorológicos e de gerir adequadamente o seu espaço urbano. Estas mesmas considerações são válidas para o município de Xanxerê (SC).

Os outros municípios de Santa Catarina indicados nesta análise estão na região metropolitana de Blumenau (Timbau, Indaial e Blumenau), que apresenta um histórico significativo de desastres relacionados aos deslizamentos de terra. Estes casos podem ser considerados como um dos mais críticos, visto que os sinais indicados pelos modelos são bastante convergentes em apontar a intensificação dos eventos extremos de precipitação nessa porção de Santa Catarina. Esta tendência, somada à suscetibilidade da região, à ocupação de áreas de risco e o crescimento populacional urbano nas próximas décadas podem ser fatores determinantes para a ocorrência de desastres de alto impacto, caso medidas preventivas, de redução de risco e de adaptação não sejam implementadas e/ou mantidas. A vantagem é que estes municípios, sobretudo Blumenau, contam com uma boa capacidade de lidar com eventos desta natureza, tem uma Defesa Civil organizada e atuante, mapeamentos de áreas de risco, além de sistemas de monitoramento específicos para alertar sua população. Reforça-se, portanto, que os investimentos direcionados para esta área são bastante pertinentes, devendo ser expandidos da mesma forma para seus municípios vizinhos e contemplando uma agenda de adaptação focada em possíveis novos cenários de risco quando houverem eventos muito severos.

Para a região Nordeste, os municípios que mais chamam atenção são Recife e Maceió. As duas capitais contam com grande quantidade de população vivendo em áreas de risco e os dois modelos sugerem considerável intensificação de eventos extremos nestas localidades, provavelmente por conta do aumento da frequência das chamadas “Ondas de Leste” que atingem o litoral. Municípios vizinhos a estes também aparecem na Tabela 1, como Jaboatão dos Guararapes e São Miguel dos Campos, respectivamente, e reforçam esta tendência observada, de modo que pode-se dizer que as mesmas considerações aqui feitas podem se estender para os outros municípios destas regiões metropolitanas que não aparecem explicitadas na Tabela 1. No entanto, a atenção maior deve ser voltada para as capitais, visto à grande quantidade de pessoas atualmente expostas ao risco de deslizamentos de terra. Esta característica pode ser intensificada ao longo dos próximos anos e décadas devido aos processos de expansão urbana acompanhado das desigualdades sociais que podem culminar na ocupação de novas áreas de risco, o que pode também impactar em seus municípios vizinhos. Desta forma, os investimentos e ações de redução de risco aos desastres e adaptação devem ser ampliados em todas as formas, seja pela adoção de medidas estruturais (obras de

segurança/contenção e remoção e realocação de moradias em risco) ou não estruturais (ações de defesa civil, plano de contingência, intensificação de sistemas de monitoramento e envio de alertas, ações educativas, etc.).

Ainda para a região Nordeste, tem-se Itabaiana (SE) como o único município presente na Tabela 1, o qual não é monitorado pelo Cemaden (atualmente o Cemaden monitora 958 municípios considerados críticos para desastres geo-hidrológicos). Realmente, este é um município que não apresenta criticidade para o tempo presente e não justificaria alocação de recursos do Cemaden para tratar de redução de risco aos desastres, visto que existem tantos outros em situações mais caóticas. De qualquer modo, tal município deve ser olhado com atenção ao longo dos próximos anos para que não se estabeleçam cenários de risco. Embora ele apareça no resultado da análise por consenso dos modelos, a informação mais importante não é sua classificação como um município crítico, mas, sim, que aquela região tem tendência de intensificação dos eventos extremos de precipitação.

No Sudeste, o único município indicado pela análise consensual foi São José dos Campos (SP). Como este se encontra no Vale do Paraíba, a maior parte de sua área urbana está longe das encostas da Serra da Mantiqueira, estando próximas à margem do Rio Paraíba do Sul e da Rodovia Presidente Dutra. No entanto, o acelerado desenvolvimento urbano e crescimento populacional desta e de outras cidades do Vale, fizeram com que novos bairros se estabelecessem nas porções de relevo mais acidentado, caracterizando novas áreas de risco. Este processo tende a ser ainda maior nos próximos anos, visto que esta região é tida como um dos polos de maior interesse econômico do estado de São Paulo, fator que deve ser levado em consideração ao se analisar as ações setoriais de redução de risco aos desastres. Cabe dizer que este padrão não vale apenas para São José dos Campos, mas para todos os municípios do Vale do Paraíba, uma vez que também há consenso entre os modelos de que esta região será ainda mais frequentemente atingida por eventos extremos de precipitação e com possível aumento de suas magnitudes até 2040. No que se refere às ações de redução de risco, considera-se que os investimentos feitos são pertinentes com à demanda atual, motivado principalmente pelo fato do Cemaden se encontrar justamente em São José dos Campos, o que tem mobilizado diversas ações educativas, projetos de pesquisa, cursos de capacitação e outras atividades relacionadas para muitos municípios de São Paulo, sobretudo do Vale, Região Metropolitana de São Paulo e Litoral Norte. Porém, o município não conta com uma agenda específica para tratar dos novos desafios que podem ser impostos pelas mudanças do clima e, neste sentido, fica reiterado a importância destas ações começarem a ser implementadas o quanto antes.

3.2. Desastres relacionados à inundações, enxurradas e alagamentos

A Figura 6 apresenta o resultado do índice de impacto potencial para as ameaças hidrológicas (inundações, enxurradas e alagamentos) para o período de referência (1961-1990), onde é possível notar alguns *hotspots* de vulnerabilidade que realmente condizem com cenário observado atualmente (municípios destacados nos tons de azul escuro). Neste sentido, observa-se habilidade do modelo de impacto potencial em representar os impactos recorrentes que ocorrem em localidades como as regiões metropolitanas dos estados da Região Sul (Vale do Itajaí, Florianópolis, Curitiba), de São Paulo (da capital e Campinas), Rio de Janeiro, Minas Gerais (Belo Horizonte), e dos estados do Nordeste (destacando Recife), entre outras. Este processo de comparação do resultado do índice com histórico de desastres dos municípios é uma parte da validação, que se estendeu também para avaliações com informações provenientes de alertas e impactos de menor magnitude fornecidos pelo Cemaden.

Os resultados do processo de validação foram condizentes com o esperado, representando principalmente os contrastes de vulnerabilidade aos desastres que existem dentro do território nacional. Isto permitiu que fosse possível prosseguir com as análises posteriores, onde estimou-se o impacto potencial por meio dos dados de projeções climáticas dos modelos Eta-MIROC5 e Eta-HadGEM2. Os resultados gerados para o período futuro (2011-2040) não estão apresentados individualmente neste documento, mas podem ser consultados nos outros documentos do estudo completo. Além disso, mais importante que os resultados dos modelos separadamente, foi identificar regiões onde os dois modelos convergem em apontar a tendência de aumento dos impactos (representados por elipses em vermelho na Figura 6) e onde esta situação coexiste com um cenário de alta criticidade desde o tempo presente (municípios em azul escuro no mapa da Figura 6). Enquadram neste contexto, as localidades destacadas na porção nordeste de Santa Catarina, em São Paulo e Sul de Minas e na porção leste de alguns estados do Nordeste brasileiro.

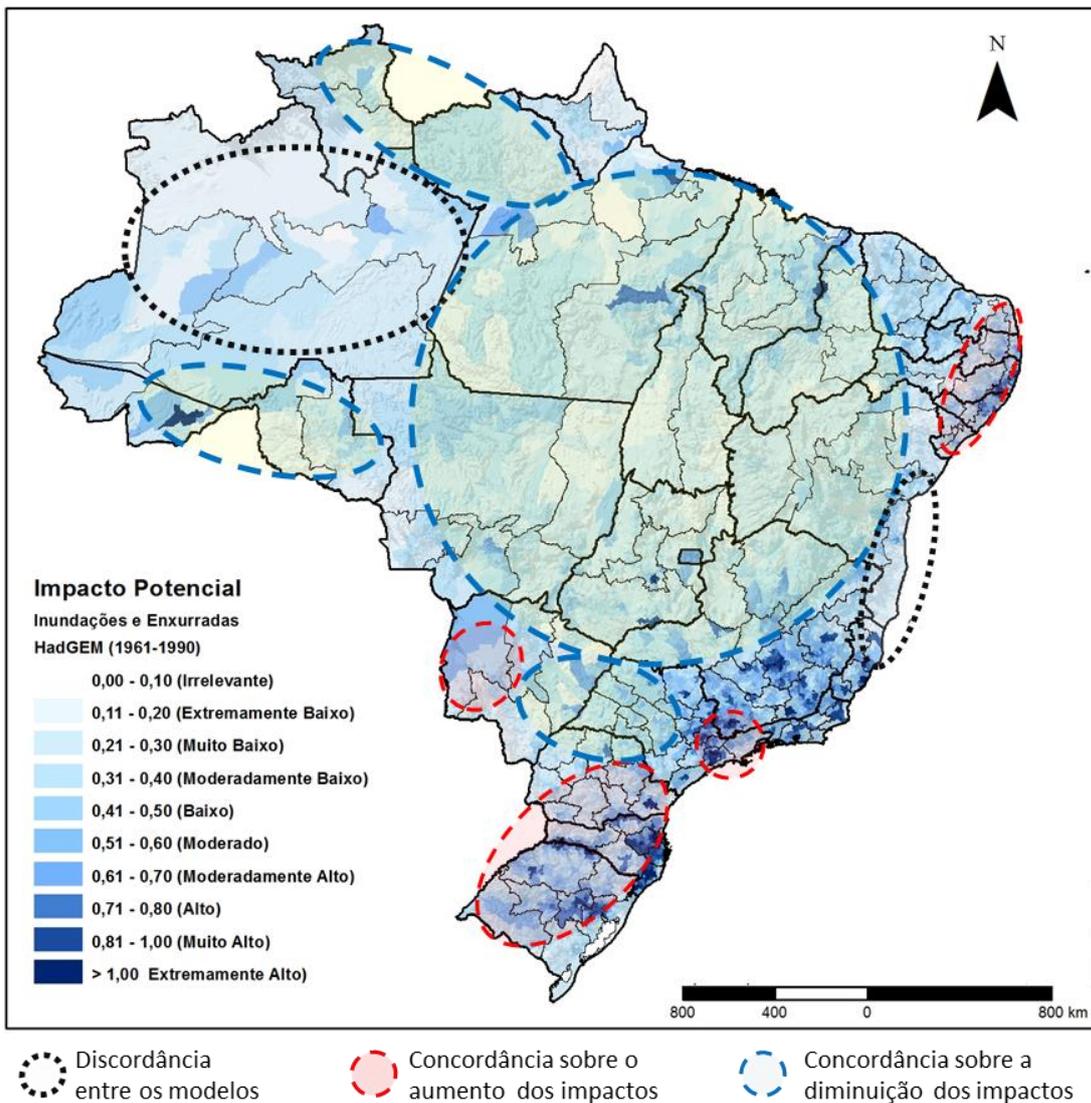


Figura 6 - O mapa indica o índice de Impacto Potencial médio para inundações, enxurradas e alagamentos, que foi calculado para o período de referência (1961-1990), indo na escala de azul claro (menor impacto) até azul escuro (maior impacto). As elipses representam a tendência observada nas projeções do clima futuro, conforme a legenda.

A partir da análise conjunta que considera o índice de impacto potencial do período de referência (1961-1990) com as tendências futuras apontadas pelos modelos, definiu-se os municípios críticos seguindo os critérios apresentados anteriormente. Os municípios críticos apontados pelas três diferentes análises estão apresentados na Figura 7, com destaque para aqueles que foram identificados pela análise de consenso entre os modelos, os quais estão também apresentados na Tabela 2.

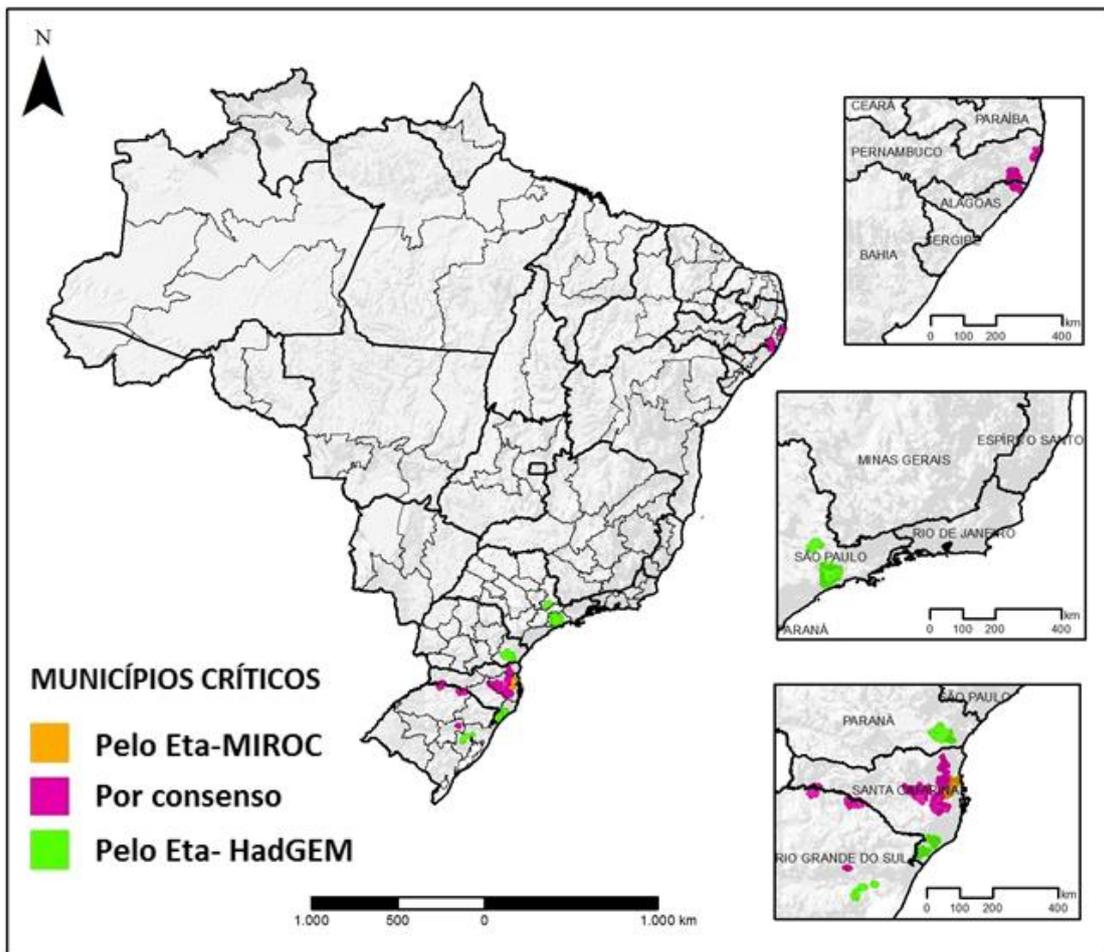


Figura 7 - No mapa estão destacados os municípios considerados críticos aos desastres de inundações, enxurradas e alagamentos pelas três diferentes análises, com destaque para aqueles identificados pela análise de consenso (cor lilás), localizados na região Sul e Nordeste.

De uma forma geral, os resultados da análise por consenso indicam que o Sul do país é a região com maiores impactos potenciais, com destaque para o estado de Santa Catarina. Além do Sul, destaca-se a porção leste de Alagoas e Pernambuco, embora para esta região a habilidade dos modelos em representar o clima não seja tão boa quanto às regiões Sul e Sudeste. De qualquer forma, em todos estes casos há um cenário de risco pré-estabelecido que é caracterizado principalmente pela alta suscetibilidade somada à interferência das atividades antrópicas, de forma que a componente climática apenas majora o risco por conta de representar uma maior probabilidade das ameaças/processos hidrológicos se concretizarem.

Tabela 2 - Municípios críticos para deslizamentos de terra, por meio da análise de consenso.

UF	Município	Impacto Potencial Médio (1961-1990)	Incremento	
			HadGEM	MIROC
SC	Blumenau	1,3349	1,06%	0,72%
RS	Machadinho	1,2245	0,51%	3,56%
PE	Jaboatão dos Guararapes	1,2182	1,96%	4,11%
RS	Maximiliano de Almeida	1,2055	0,40%	3,77%
SC	Rio do Sul	1,0683	1,58%	2,60%
PE	Palmares	1,0634	1,22%	2,72%
RS	Viadutos	1,0549	0,63%	3,07%
PE	Recife	1,0331	2,35%	4,24%
RS	Planalto	1,0279	2,40%	0,30%
PE	Água Preta	1,0161	1,31%	2,89%
AL	Campestre	0,9907	1,08%	2,84%
AL	Jundiá	0,9871	1,08%	2,84%
AL	Jacuípe	0,9850	1,08%	2,84%
RS	Alpestre	0,9632	2,10%	0,19%
SC	Jaraguá do Sul	0,9413	1,34%	0,61%
SC	Trombudo Central	0,9413	1,63%	3,37%
SC	Imbuia	0,9325	0,97%	1,50%
RS	Lajeado	0,9287	1,52%	2,04%
SC	Indaial	0,9180	0,02%	2,53%
SC	Agronômica	0,9135	1,72%	3,02%
PE	Xexéu	0,9131	0,97%	2,79%
PE	Olinda	0,9060	2,34%	4,21%
SC	Caxambu do Sul	0,8968	1,46%	0,23%
SC	Atalanta	0,8921	0,84%	2,58%
SC	Leoberto Leal	0,8907	1,30%	0,48%
SC	Alfredo Wagner	0,8900	1,24%	2,32%
SC	Agrolândia	0,8888	0,73%	2,32%
SC	Laurentino	0,8863	1,72%	3,02%
SC	Rio do Oeste	0,8826	1,58%	3,50%
SC	Vidal Ramos	0,8706	1,30%	0,48%
SC	Rancho Queimado	0,8675	0,42%	1,56%
SC	Pouso Redondo	0,8638	1,57%	3,56%
SC	Mirim Doce	0,8604	1,52%	4,25%
AL	Porto Calvo	0,8573	0,33%	1,80%
PE	Paulista	0,8444	1,76%	1,84%

Importante ressaltar que muitas regiões indicadas como críticas para inundações, enxurradas e alagamentos também estão presentes na análise de deslizamentos de terra, onde se destacam novamente a região metropolitana de Blumenau e de Recife. Estes dois casos, portanto, são considerados como os que mais merecem atenção, não somente pelas projeções do clima futuro, mas também pelo cenário já observado do tempo presente.

Santa Catarina, novamente, é o estado que possui mais municípios indicados como críticos. Se por um lado isto representa a alta suscetibilidade da região às

ameaças hidrológicas e também a grande quantidade de eventos severos que atingem a região, por outro, há também a consolidação de um sistema de gestão de riscos à desastres bem robusto e pertinente aos cenários de risco atual, mas reiterando a importância de que medidas de adaptação estejam em sinergia para evitar impactos futuros.

O mesmo cenário já não vale para os estados do Nordeste indicados nesta análise, que aparecem novamente como críticos, com grandes chances de serem impactados por inundações e enxurradas e que não contam na atualidade com uma boa estrutura setorial para reduzir os riscos à desastres desta natureza. Desse ponto de vista, houve um grande avanço das ações de redução de risco aos desastres depois da criação do Cemaden, visto que os radares meteorológicos instalados pelo Centro cobrem praticamente toda a região mais vulnerável do Nordeste e agora contam com boa rede observacional de estações pluviométricas, além do mapeamento de áreas de risco feito pela CPRM, que, juntos, permitem que muitos municípios vulneráveis sejam monitorados. No entanto, estas ações representam apenas uma das engrenagens que movem o setor de gestão de risco aos desastres como um todo, sendo ainda preciso investir mais recursos em medidas estruturais e não estruturais, principalmente voltadas para as ações de Defesa Civil, conscientização e educação ambiental para a população visando aumento da percepção dos riscos existentes, fiscalização de áreas ocupadas próximas às margens dos rios, criação de Planos Municipais de Redução de Risco, entre outras.

Ainda sobre o levantamento dos municípios críticos, nota-se que o resultado derivado da utilização do modelo Eta-HadGEM é o único que destaca os impactos potenciais na região Sudeste, especificamente no estado de São Paulo. Embora nenhum outro município do Sudeste apareça nas demais análises, é importante ressaltar que a RMSP e de outras grandes cidades (como Capinas, Belo Horizonte, Rio de Janeiro) precisam ser avaliados com cuidado independentemente das projeções climáticas utilizadas neste trabalho, visto a criticidade da infraestrutura urbana destas locais ao receber eventos severos de precipitação. Desta forma, a indicação apenas pelo modelo Eta-HadGEM, ainda que para poucos casos no estado de São Paulo, explicita esta condição de criticidade para aquelas outras metrópoles que apresentam cenários de risco estabelecidos já no tempo presente. Para tratar especificamente dos impactos decorrentes das mudanças do clima, recomenda-se a utilização de outros modelos climáticos complementares, além de serem necessários também estudos mais específicos (nível regional/local), para que se possa criar índices de impacto potencial ou de vulnerabilidade que sejam mais representativos e, desta forma, consigam

direcionar melhor as diretrizes tanto para a redução de risco aos desastres quando para a adaptação.

A maioria dos municípios apontados nesta análise são monitorados pelo Cemaden e, os que não estão, quase que em sua totalidade, estão sob cobertura da rede observacional. A única região com maior deficiência deste tipo de ação é o oeste dos municípios da Região Sul, especificamente de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em linhas gerais, recomenda-se que nestas porções a rede observacional seja expandida, mas não necessariamente pelo Cemaden, pois seria possível aproveitar o atual envolvimento setorial dos órgãos estaduais para fazer esta complementação. Um exemplo seria aproveitar as iniciativas do novo sistema proteção e defesa civil que está em fase de implantação em Santa Catarina, que contará com o próprio Centro de Monitoramento e Alerta, estudos de meteorologia, sistema de hidrometeorologia, geologia, mapeamento de áreas de risco, planos de contingência, planos de ações emergenciais, gestão de crise e respostas a desastres, os quais podem servir de modelo para ações de outros estados que tenham o mesmo objetivo.

3.3. Desastres relacionados à secas e estiagens

Para o caso de secas, o critério adotado para identificar os municípios críticos foi que o mesmo esteja na classe de impacto “Moderadamente Alto” (entre 0.40 e 0.50), ou superior, para os dois modelos. Primeiramente, apresenta-se os resultados individuais encontrados para cada modelo na FIGURA. No entanto, suas respectivas discussões individuais não estão apresentadas neste documento síntese, onde o foco principal foi dado à análise por consenso. Os municípios identificados por esta análise estão destacados na Figura 10 e listados na Tabela 3.

Destaca-se que cerca de 2/3 dos municípios críticos (27 de 41) desta análise estão concentrados na porção leste do Nordeste brasileiro, especificamente nos estados de Pernambuco (20) e Alagoas (7), sendo que eles ocupam todas as 21^a primeiras posições do ranking.

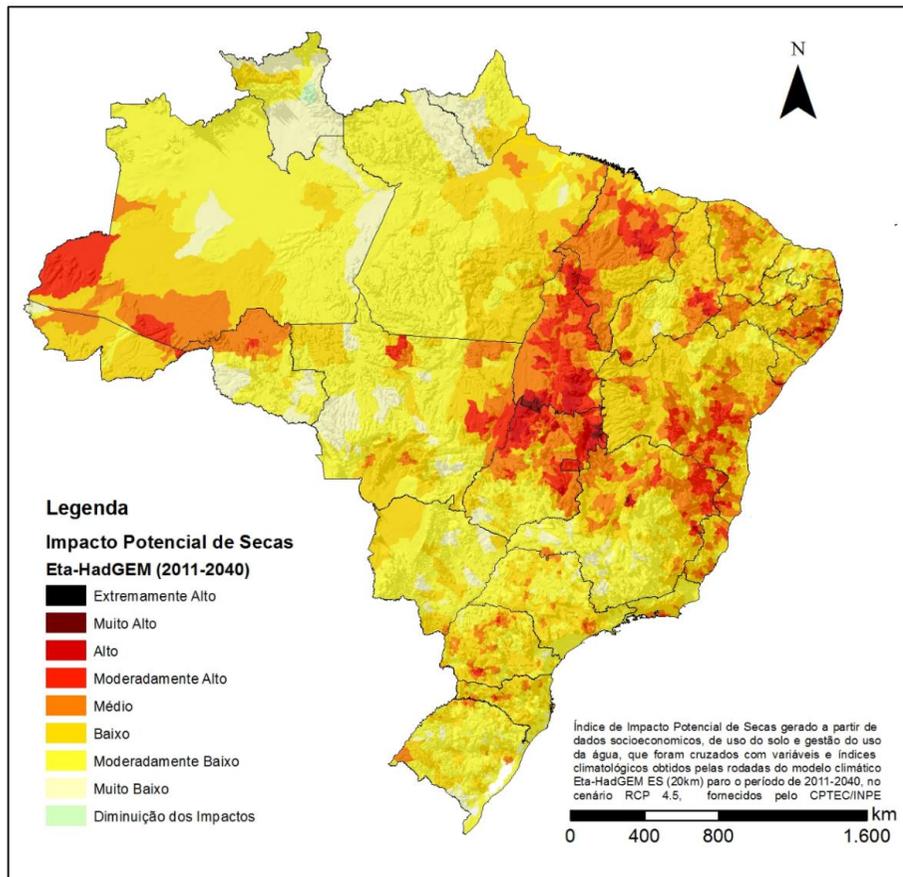


Figura 8 - Mapa de Impacto Potencial para Secas considerando apenas as mudanças da clima, utilizando dados climáticos do modelo Eta-HadGEM no cenário RCP 4.5, para o período 2011-2040.

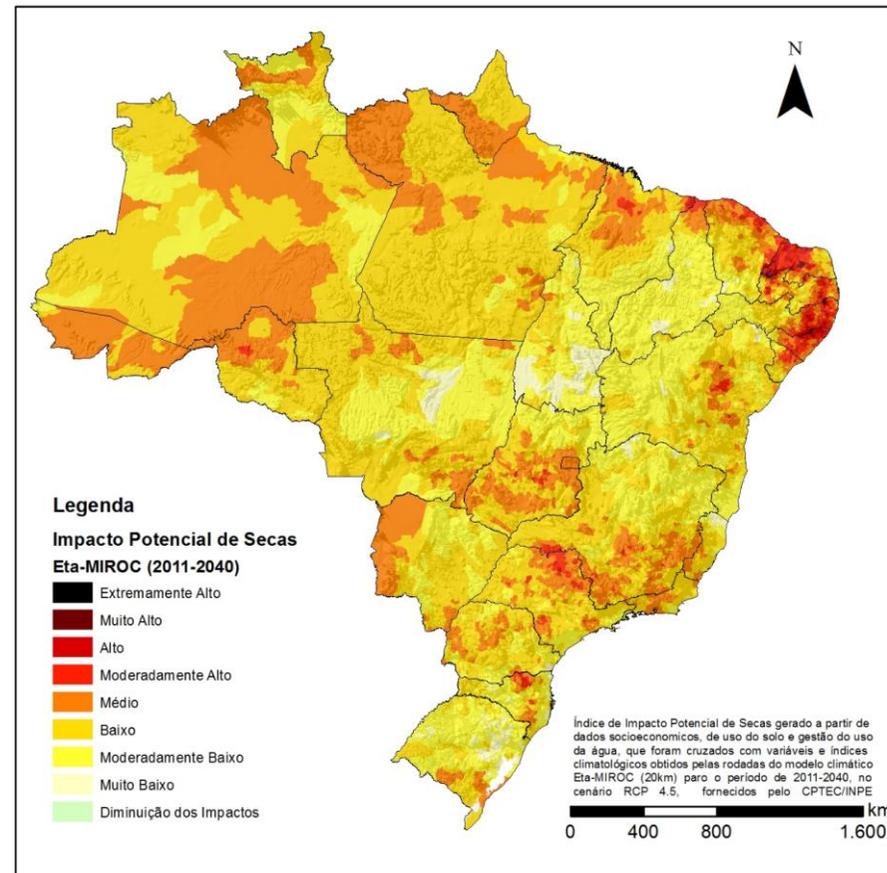


Figura 9- Mapa de Impacto Potencial para Secas considerando apenas as mudanças da clima, utilizando dados climáticos do modelo Eta-MIROC no cenário RCP 4.5, para o período 2011-2040.

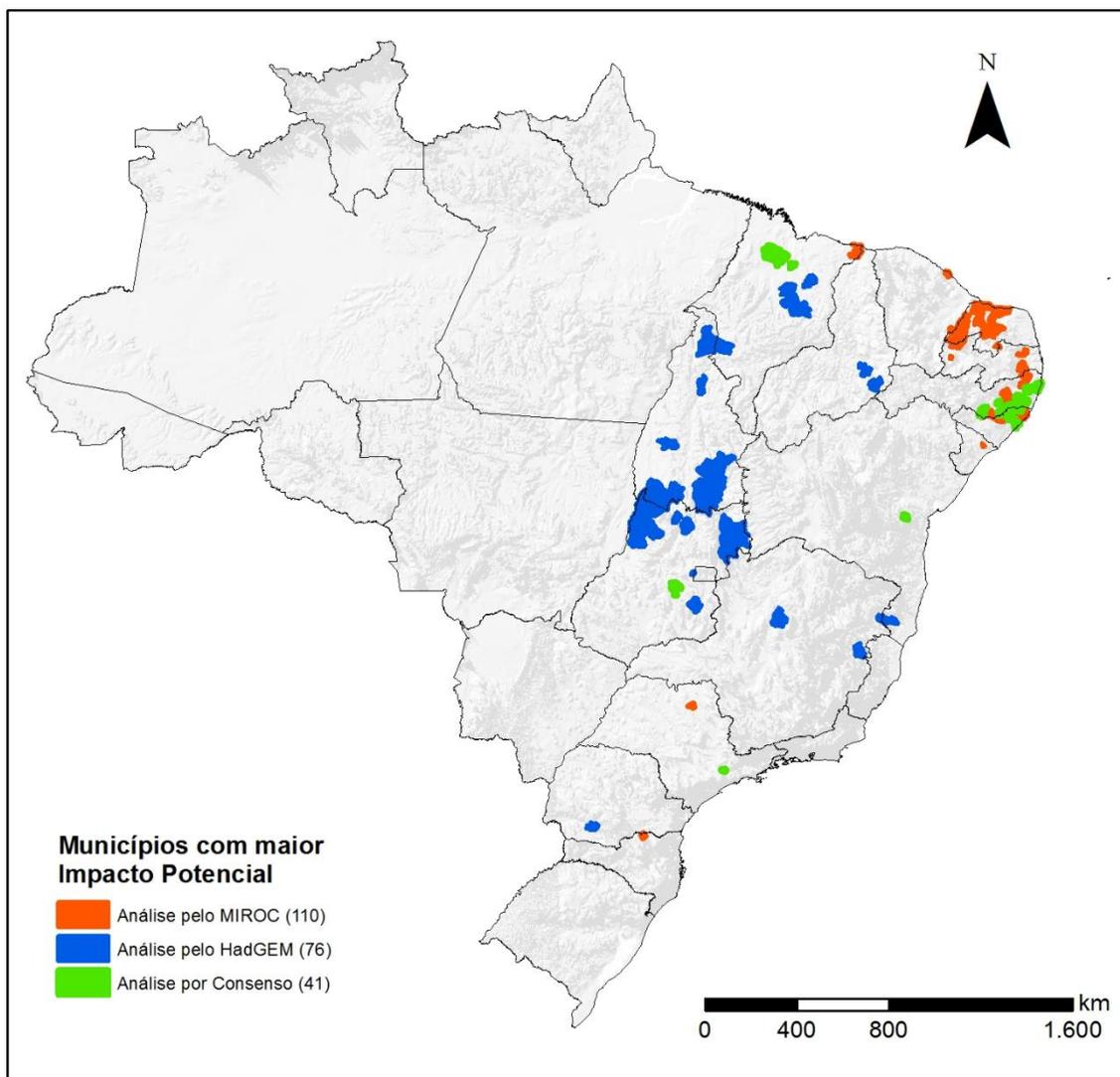


Figura 10 - Localização dos municípios críticos para os impactos de secas (considerando apenas os efeitos da mudança do clima futura). Estão apresentadas as análises que consideraram cada modelo separadamente (em laranja, o Eta-Miroc; em azul, o Eta-HadGEM) e a análise consensual, em verde.

Sobre as características dos municípios de Pernambuco e Alagoas, é possível dividi-los em basicamente dois grupos: o primeiro seria formado pelos 10 ou 15 primeiros municípios do ranking, os quais apresentam o sub-índice de exposição sempre na faixa moderada ou alta e que coexiste com que elementos que os caracterizam também com alta sensibilidade e; o segundo grupo com os demais municípios que possuem valores não tão altos do sub-índice de exposição mas neles prepondera o alto valor do sub-índice de sensibilidade.

Tabela 3 - - Lista dos municípios críticos devido ao alto índice de Impacto Potencial de Secas (IPS) a partir da análise por consenso dos modelos, para o período 2011-2040.

	Município	UF	Sensibilidade	Exposição MIROC 4.5	Exposição HADGEM 4.5	IPS MIROC 4.5	IPS HAD 4.5	Média IPS	Diferença
1	Recife	PE	0,645	0,581	0,330	0,487	0,613	0,550	-25,81%
2	Campestre	AL	0,732	0,255	0,445	0,589	0,494	0,541	16,18%
3	Colônia Leopoldina	AL	0,597	0,432	0,499	0,548	0,514	0,531	6,16%
4	Xexéu	PE	0,570	0,517	0,443	0,507	0,543	0,525	-7,24%
5	São Benedito do Sul	PE	0,665	0,413	0,322	0,493	0,539	0,516	-9,22%
6	Novo Lino	AL	0,679	0,241	0,452	0,565	0,460	0,512	18,67%
7	Camaragibe	PE	0,629	0,437	0,333	0,481	0,533	0,507	-10,86%
8	Olinda	PE	0,520	0,628	0,326	0,423	0,574	0,498	-35,73%
9	Ibateguara	AL	0,469	0,336	0,669	0,569	0,403	0,486	29,21%
10	Maraial	PE	0,517	0,502	0,401	0,459	0,510	0,485	-11,01%
11	Gameleira	PE	0,633	0,201	0,442	0,538	0,417	0,477	22,47%
12	Branquinha	AL	0,605	0,228	0,471	0,538	0,417	0,477	22,55%
13	Palmeirina	PE	0,700	0,130	0,352	0,526	0,415	0,471	21,12%
14	Murici	AL	0,640	0,233	0,366	0,503	0,437	0,470	13,20%
15	Jupi	PE	0,803	0,026	0,233	0,518	0,414	0,466	20,02%
16	Correntes	PE	0,685	0,127	0,349	0,517	0,406	0,461	21,55%
17	Jaboatão dos Guararapes	PE	0,560	0,378	0,346	0,453	0,469	0,461	-3,53%
18	Vitória de Santo Antão	PE	0,652	0,170	0,352	0,502	0,411	0,457	18,10%
19	Pombos	PE	0,620	0,183	0,396	0,508	0,402	0,455	21,00%
20	Quipapá	PE	0,710	0,178	0,218	0,464	0,444	0,454	4,27%
21	Palmares	PE	0,580	0,264	0,388	0,484	0,422	0,453	12,82%
22	Viana	MA	0,507	0,487	0,305	0,406	0,497	0,452	-22,39%
23	Santa Inês	BA	0,683	0,284	0,140	0,411	0,483	0,447	-17,54%
24	Maceió	AL	0,725	0,093	0,238	0,482	0,409	0,445	14,98%
25	Olinda Nova do Maranhão	MA	0,556	0,358	0,312	0,434	0,457	0,445	-5,32%
26	Matinha	MA	0,503	0,457	0,306	0,405	0,480	0,442	-18,71%
27	Anápolis	GO	0,609	0,304	0,247	0,428	0,456	0,442	-6,61%
28	Bonfinópolis	GO	0,653	0,217	0,230	0,441	0,435	0,438	1,48%
29	Águas Belas	PE	0,699	0,163	0,179	0,439	0,431	0,435	1,77%
30	Penalva	MA	0,520	0,398	0,298	0,409	0,459	0,434	-12,17%
31	Jaqueira	PE	0,579	0,260	0,317	0,448	0,419	0,434	6,39%
32	Campo Limpo de Goiás	GO	0,590	0,272	0,269	0,430	0,431	0,430	-0,35%
33	Jucati	PE	0,756	0,052	0,158	0,457	0,404	0,430	11,61%
34	Cajari	MA	0,539	0,355	0,282	0,411	0,447	0,429	-8,79%
35	Bonito	PE	0,683	0,140	0,203	0,443	0,412	0,427	7,08%
36	Pedro do Rosário	MA	0,521	0,348	0,314	0,418	0,435	0,426	-4,14%
37	Miranda do Norte	MA	0,538	0,321	0,306	0,422	0,429	0,425	-1,81%
38	Osasco	SP	0,772	0,041	0,047	0,409	0,406	0,408	0,72%
39	Paulista	PE	0,511	0,292	0,314	0,413	0,402	0,407	2,66%
40	Barueri	SP	0,766	0,039	0,056	0,411	0,402	0,407	2,16%
41	Jandira	SP	0,766	0,037	0,035	0,400	0,402	0,401	-0,36%

Embora o valor do IPS seja bem próximo para todos os casos citados no parágrafo anterior, estas diferenças apontam diferentes estratégias para traçar as medidas de adaptação. Por exemplo, o primeiro grupo representa o caso onde as mudanças do clima tendem a ser mais fortes e mais presentes, de modo que há a possibilidade de causarem impactos sem precedentes, hipótese esta que demanda medidas de adaptação mais efetivas e políticas públicas amplas para promover o desenvolvimento conjunto de diferentes setores, no sentido de diminuir suas fragilidades

e dependências em caso de um cenário crítico, onde os mesmos poderiam colapsar. Por outro lado, para o segundo grupo que apresenta o IPS é mais elevado devido à alta sensibilidade dos municípios, há margem para ressaltar que diversas ações (não necessariamente de adaptação) sejam iniciadas no curto e médio prazo, pois sua implementação pode resultar em benefícios que respondem a demandas atuais e que não dependem apenas das mudanças do clima para serem justificadas. Este seria o caso, por exemplo, de municípios com altos índices de mortalidade infantil, os quais poderiam promover políticas públicas de combate a doenças de veiculação hídrica, incorporando também programas de melhoria da qualidade e quantidade da água, aumento da rede de atendimento de saúde pública, entre outras. Importante notar que estes problemas atualmente já fazem parte da realidade local e devem ser tratados com ainda mais urgência, pois há tendência das secas mais severas se tornarem mais frequentes e, neste cenário de baixa disponibilidade hídrica, má qualidade da água e um sistema de Saúde precário, os impactos poderiam ser ainda maiores não somente para o grupo infantil, mas também de outras faixas etárias.

Os 7 municípios do Maranhão identificados como críticos na análise por consenso são bastante semelhantes entre si e geograficamente próximos. De modo geral, eles possuem o sub-índice de sensibilidade em torno de 0,525 (categoria “alta”) e de exposição de 0,345 (“categoria “alta”), sendo que para esta região o modelo Eta-Miroc tende a inferir valores maiores quando comparado com o Eta-HadGEM, sendo a média de 0,390 e 0,300 respectivamente. Por terem muitas características em comum, incluindo a convergência dos resultados das projeções climáticas, estes municípios se apresentam como fortes candidatos para serem escolhidos como municípios-piloto e que terão uma análise mais aprofundada, voltada para a proposição das medidas de adaptação.

Uma condição semelhante à observada no Maranhão repete-se em Goiás, onde há 3 municípios apontados como críticos pela análise consensual. Estes municípios possuem características semelhantes entre si, são vizinhos, possuem valores próximos à 0.620 para o sub-índice de sensibilidade (categoria “muito alta”) e 0.255 para exposição (categoria “moderada”), o que sugere uma estratégia de adaptação mais direcionada para reforçar a importância de demandas que já existem para o tempo presente, como reduzir a alta vulnerabilidade socioeconômica da região e melhorar o sistema de gestão do uso da água e do solo. Obviamente que para a definição de medidas de adaptação propriamente ditas será necessário que haja uma análise mais aprofundada e focada em melhor entender a realidade local, as especificidades de cada

município e suas demandas. Por também haver convergência entre os modelos para esta região, considera-se que estes sejam potenciais municípios-piloto para a futura etapa de projeto que visa apontar as medidas de adaptação em nível regional.

O Estado de São Paulo aparece com 3 municípios indicados como críticos na análise por consenso. Eles estão entre os quatro municípios com menor valor do IPS entre aqueles indicados pela Tabela 3, são próximos entre si e também apresentam algumas semelhanças. No entanto, é preciso ressaltar que a média do sub-índice de exposição destes municípios é em torno de 0.04, um valor muito baixo e que praticamente não representa nenhum tipo de tendência bem definida sobre o aumento da severidade e frequência das secas meteorológicas, quando compara-se as projeções futuras com o período de referência (1961-1990). A justificativa para eles estarem na Tabela 3 dá-se, basicamente, pelo valor extremamente alto do sub-índice de sensibilidade (média de 0.768), que é decorrente da altíssima densidade populacional destes municípios, juntamente com uma realidade onde coexiste uma alta desigualdade social, vulnerabilidades socioeconômicas e deficiência do sistema de abastecimento público de água, que é considerado altamente sensível pelo diagnóstico da ANA. Desta forma, ainda que o IPS para estes municípios seja considerado alto (Em torno de 0.400), ele é decorrente destas características que não possuem relação direta com o clima e com as mudanças do clima identificadas pelas projeções dos modelos globais. Portanto, considera-se que estes municípios não devam ser considerados críticos dentro de uma análise para adaptação, visto que suas demandas se referem quase que exclusivamente à problemas que podem ser tratados em outras agendas (com a de desenvolvimento sustentável, de recursos hídricos, etc.). Por outro lado, isto não exclui a necessidade de aplicar-se uma lente climática para avaliar melhor a realidade local e de se implementar uma agenda voltada para a adaptação ou para a redução de riscos de desastres. O que foi comentado refere-se apenas para o fato de que o escopo deste projeto é voltado sobretudo para as regiões onde é possível identificar uma tendência de aumento dos impactos relacionados às secas devido às mudanças do clima e, neste sentido, há outros casos mais relevantes para serem analisados. Ressalta-se ainda que, mesmo que o sub-índice de exposição seja extremamente baixo, isto não significa que estes municípios não serão impactados por secas no futuro. O baixo valor do sub-índice índice de exposição apenas demonstra que a tendência observada no período de 1961-1990 deve ser mantida. A partir deste ponto de vista e levando em consideração a altíssima sensibilidade aos eventos de secas, é provável que os impactos continuem acontecendo como no passado e, caso os fatores causais de sua alta sensibilidade não sejam tratados, os impactos podem ser ainda maiores devido ao aumento da densidade

demográfica e das mazelas sociais que muitas vezes o acompanham. Portanto, há a possibilidade dos impactos relacionados às secas aumentarem, mas não há evidências que estarão necessariamente relacionados às mudanças do clima ou a sua variabilidade natural.

4. Indicação dos municípios-piloto para a proposição de medidas de adaptação

Após a apresentação de todos os resultados gerados, foi necessário direcionar as análises finais (focadas em ações de adaptação) para um grupo reduzido de municípios ou hotspots, sendo 5 para inundações e deslizamentos e outros 5 para secas.

Para a escolha destes municípios/hotspots, foram consideradas todas informações e discussões anteriores, as quais se balizaram nos índices, sub-índices e todas as variáveis utilizadas ou desenvolvidas no âmbito deste estudo. Além disso, outras informações adicionais foram consideradas paralelamente, tais como o histórico de desastres, o acesso a informações municipais que são relevantes para uma análise mais aprofundada, a existência de políticas públicas e/ou programas que consideram a questão climática, entre outros.

4.1. Municípios-piloto: Impactos relacionados ao excesso de precipitação (inundações e deslizamentos de terra)

Tomando-se como base os resultados apresentados no decorrer deste documento, alguns municípios e regiões com características semelhantes (*hotspots*) se destacam mais que outros. Ao considerar, primeiramente, os resultados da análise por consenso, há dois casos em particular que se destacaram mais que os demais: **Recife** (PE) e **Blumenau** (SC), incluindo suas respectivas regiões metropolitanas e também alguns municípios próximos.

Para estes dois casos, há concordância não somente entre os modelos climáticos a respeito da intensificação dos eventos extremos, mas também dos modelos de impacto potencial em inferirem uma maior possibilidade dos desastres relacionados às inundações e deslizamentos de terra aumentarem, tanto em frequência quanto magnitude. Este cenário ainda pode ser complementado pelo fato de que estas localidades apresentam um vasto histórico de desastres destas naturezas.

Segundo os dados oficiais do Ministério da Integração, Recife possui 34 registros de desastres de inundações e enxurradas entre 1975 e 2012, e 9 grandes eventos relacionados à deslizamentos de terra ou processos similares (como corrida de lama). Blumenau também possui 34 registros de desastres relacionados com inundações bruscas e enxurradas, e apresenta um número expressivo de afetados (mais de 400 mil) e cerca de 92 mortes para o mesmo período, e apenas 2 registros de desastres relacionados a deslizamentos de terra.

O Cemaden possui um banco de dados de impactos que foram registrados desde o período que o centro está em atividade (2011). No entanto, estas informações estão sendo compiladas e organizadas e, até o presente momento do desenvolvimento desta consultoria, somente o período entre junho de 2016 e setembro de 2018 foi compilado. Neste caso, os registros de ocorrências levantados pelo Cemaden se baseiam em informações oficiais, mas também utilizam diversas outras fontes, tais como: registros encontrados na mídia, ocorrências reportadas diretamente pelas Defesas Civis municipais e mais recentemente a análise por meio de *crowdsourcing*. Desta forma, o tipo de registro que alimenta o banco de dados não representa necessariamente o mesmo tipo de informação fornecida pelo Ministério da Integração, pois contempla ocorrências de pequeno, médio e grande porte.

A partir deste banco de dados do Cemaden, tem-se o registro de mais 15 eventos relacionados à deslizamentos de terra que causaram impactos em Recife, sendo 13 de pequeno porte e dois de médio porte. Para inundações e enxurradas, tem-se mais 5 eventos, todos de pequeno porte. Para Blumenau, foram registrados mais 10 eventos relacionados à deslizamentos de terra, sendo 9 de pequeno porte 1 de médio porte. Para inundações e enxurradas, tem-se 5 eventos registrados, sendo 2 de pequeno porte, 2 de médio porte e um de grande porte.

Outro município que merece destaque é **Salvador** (BA). Neste caso, a indicação como um dos municípios-piloto não se deve diretamente aos resultados dos índices de impacto potencial, mas, primeiramente, pela situação delicada que o município apresenta no que diz respeito a grande quantidade de pessoas morando em áreas de risco e, em segunda instância, ao que foi observado pelas projeções climáticas.

Pelos resultados apresentados, Salvador aparece como um município crítico apenas na análise de impacto potencial aos deslizamentos de terra utilizando as projeções do Eta-Miroc. No entanto, para este caso, o incremento de impacto potencial é bastante significativo e soma-se ao altíssimo valor do índice para o período de

referência (1961-1990), além da destreza do Eta-Miroc ser boa para esta região. Sobrepõe-se a este cenário a constatação de um estudo recente feito pelo Cemaden e IBGE, que apontam Salvador com a cidade com a maior quantidade de pessoas morando em áreas de risco, cerca de 1.2 milhões, o que equivale a aproximadamente 45% de sua população, o que ressalta ainda mais a alta vulnerabilidade do município já para o período presente.

Tabela 4 - Ranking de municípios com população em áreas de risco (IBGE, 2018)

	Municípios	Pessoas em área de risco
1	Salvador (BA)	1 217 527
2	São Paulo (SP)	674 329
3	Rio de Janeiro (RJ)	444 893
4	Belo Horizonte (MG)	389 218
5	Recife (PE)	206 761
6	Jaboatão dos Guararapes (PE)	188 026
7	Ribeirão das Neves (MG)	179 314
8	Serra (ES)	132 433
9	Juiz de Fora (MG)	128 946
10	São Bernardo do Campo (SP)	127 648
11	Natal (RN)	104 433
12	Fortaleza (CE)	102 836
13	Santo André (SP)	96 062
14	Guarulhos (SP)	94 720
15	Vitória (ES)	87 084
16	São João de Meriti (RJ)	86 185
17	Blumenau (SC)	78 371
18	Petrópolis (RJ)	72 070
19	Maceió (AL)	70 343
20	Igarassu (PE)	69 801

Quanto ao histórico de desastres, segundo os dados fornecidos pelo Ministério da Integração, Salvador possui 14 registros oficiais relacionados à inundações, enxurradas e alagamentos e 3 outros relacionados aos deslizamentos de terra, no período compreendido entre 1990-2011. Já pelo banco de dados interno do Cemaden, apenas entre junho de 2016 e setembro de 2018 há 23 registros de eventos onde deslizamentos de terra causaram impactos em Salvador, embora todos sejam de pequeno porte.

Adicionalmente, tem-se ainda as informações concedidas pela própria Codesal (Defesa Civil de Salvador), que reportou o registro de 270 óbitos causados por deslizamentos de terra entre 1971 e o último grande desastre registrado, entre os meses de abril e maio de 2015.

Portanto, considerando a altíssima vulnerabilidade de Salvador já nos dias atuais, considera-se que apenas a sinalização pelo modelo Eta-Miroc de que é possível haver a intensificação de eventos extremos que deflagram deslizamentos de terra é suficiente para sugerir que este seja um dos municípios-piloto.

Os três casos citados anteriormente apresentam argumentos de sobra para justificar sua escolha como um município-piloto, seja por meio das projeções do clima futuro, da situação observada atualmente referente à alta vulnerabilidade da grande quantidade de pessoas morando em áreas de risco e também pelo histórico de desastres registrados e impactos de menor magnitude. Porém, as demais localidades apresentadas não contam com tantas evidências quanto esses municípios, mas foram elencadas por uma série de características que, combinadas, estabelecem um nível e criticidade relevante para que sejam consideradas prioritárias dentro destas temáticas.

- **Divisa do Litoral Sul do Rio de Janeiro com Litoral Norte de São Paulo:** Esta porção se apresenta atualmente como altamente vulnerável aos processos de deslizamentos de terra, mas frequentemente também impactada por alagamentos, enxurradas urbanas que às vezes se somam com os processos de maré meteorológica e, por algumas vezes, inundações de pequenos córregos e rios. Por estas características e histórico de desastres, somado ao que as projeções indicam (embora não destacadas nos mapas anteriores), destacam-se os municípios de Angra dos Reis (RJ), que inclui Ilha Grande, e Ubatuba, mas também considerando Paraty, com menor relevância. Nesta porção há uma leve convergência entre os modelos em apontar uma tendência do aumento dos eventos extremos e, conseqüentemente, do impacto potencial associado às ameaças citadas, sobretudo aos deslizamentos de terra. Porém, estes municípios se localizam exatamente entre uma faixa de transição dos sinais dos modelos em inferir o aumento ou a diminuição dos eventos extremos de precipitação, de modo que em direção ao sentido do litoral (de SO para NE) e um pouco mais a Norte (logo depois das escarpas da Serra do Mar ou da Serra da Mantiqueira) os resultados apontam, de modo geral, uma leve diminuição dos impactos potenciais ou que as tendências do passado devem permanecer as mesmas (incremento nulo). Este fator indica uma confiabilidade moderada a respeito da hipótese de aumento de eventos extremos de precipitação

acontecer, mas, devido ao cenário atual já descrito anteriormente, há alta confiabilidade de que os impactos aumentariam significativamente se esta hipótese se concretizar, podendo levar à cenários de desastres de grande magnitude.

- **Vale do Paraíba – São José dos Campos:** Este item se refere especificamente à área do município São José dos Campos, mas que também pode ser considerada para Taubaté, município quase vizinho e que se destaca nas análises anteriores. Embora São José dos Campos apareça como um município crítico para o caso de deslizamentos de terra, seu histórico de desastres desta natureza é bem pequeno. Isto se deve ao fato de que a cidade não possui muitas encostas habitadas, de modo que este processo de ocupação se deu nas últimas décadas, onde alguns bairros foram surgindo em sua porção norte, mais próximas às encostas da Serra da Mantiqueira. É nesta porção do município que estão localizadas as áreas de risco mapeadas pela CPRM, de modo que alguns eventos têm ocorrido mais frequentemente nos últimos anos, tanto para o caso de deslizamentos de terra quanto inundações. Adicionalmente, por ser uma cidade em desenvolvimento e com alto grau de urbanização, constantemente tem sido impactada por eventos de enxurradas urbanas e alagamentos em sua porção central, causando prejuízos financeiros de diferentes magnitudes, mas não ao ponto de causar óbitos. No entanto, a sinalização dos modelos é de que haverá o aumento da frequência e magnitude dos eventos extremos meteorológicos nas próximas décadas, sob um grau de alta confiabilidade. Esta constatação já se fazia presente em outros estudos pretéritos que abordam esta temática, como o apresentado na tese de doutorado de Camarinha (2016), onde São José dos Campos é tido como o município paulista com o maior incremento de impacto potencial até o final do século para desastres relacionados à precipitações extremas.

- **Mesorregião do Leste Alagoano:** este é o *hotspot* de maior abrangência territorial, pois engloba uma faixa que se estende por praticamente todo o litoral de Alagoas e engloba também alguns municípios mais para o interior. Neste caso, o fator que mais pesa para ele ser indicado como um potencial município-piloto é a convergência dos modelos em apontar a intensificação dos eventos extremos de precipitação que podem causar tanto inundações, enxurradas e alagamentos quanto deslizamentos de terra (dependendo da suscetibilidade de cada localidade). Praticamente em todas as análises, os modelos climáticos e os índices de impacto potencial levantam esta hipótese, que se torna mais pertinente quando analisamos alguns cenários de risco já existentes no decorrer desta porção territorial. Destacam-

se Maceió e sua região metropolitana, ainda que não haja um histórico significativo de desastres. No entanto, Maceió é considerada a 19ª cidade brasileira com maior quantidade de pessoas morando em áreas de risco, com mais de 70 mil habitantes nestas condições, condição esta que pode se tornar ainda maior nas próximas décadas se não houver um processo de desenvolvimento urbano de forma salutar e sustentável, e ainda pode ser replicável nas cidades adjacentes devido ao processo de desenvolvimento econômico regional. Portanto, este caso se difere dos outros apontados anteriormente basicamente porque os desastres de grande magnitude ainda não fazem parte de sua realidade. Porém, na hipótese de haver a intensificação dos eventos extremos, aumenta-se a possibilidade de condições de desastres de grande magnitude serem estabelecidas, o que poderia levar alguns sistemas e setores destes municípios a se colapsarem, uma vez que não houve o mesmo aprendizado e preparação (tanto estrutural quanto não estrutural) para lidar com estas situações quando se compara aos casos citados anteriormente onde há um histórico de desastres.

4.2. Municípios-piloto: Impactos relacionados à escassez de precipitação (Secas e estiagens)

Tomando-se como base os resultados apresentados no decorrer deste documento, sobretudo por meio da análise por consenso, alguns municípios e regiões (*hotspots*) se destacam mais que outros. Neste caso, destacam-se:

- Os municípios que se localizam na **Microrregião da Baixada Maranhense**: Viana, Olinda Nova do Maranhão, Matinha, Penalva, Cajari e Pedro do Rosário; devido ao alto valor do IPS, seu moderado índice de sensibilidade e convergência entre os modelos em apontar um aumento moderado-alto da frequência e severidade dos eventos de seca. Foram escolhidos por estarem localizados mais ao norte do país (mesmo que pertencendo à região Nordeste), e por terem peculiaridades interessantes de serem exploradas no âmbito deste projeto.
- **Recife (outros municípios pernambucanos próximos)**; por possuir o maior IPS médio para o período futuro, além de ser também considerado como um município crítico para os desastres relacionados aos eventos de excesso de precipitação. Não é um município que comumente é impactado por secas, mas que pode ser

severamente impactado no futuro, sobretudo devido à oferta e demanda de água para abastecimento público.

- **Anápolis, podendo incluir outros dois municípios goianos (Bonfinópolis e Campo Limpo de Goiás);** devido à sua alta sensibilidade aos impactos de secas e à convergência dos modelos em indicar um aumento moderado dos eventos de secas para o período futuro. Escolhido também por ser representativo na região Centro-Oeste e por ter características de vulnerabilidade ligadas ao setor de abastecimento público e também à agricultura.
- **Santa Inês (BA):** indicado pela análise por consenso, sendo um dos poucos municípios desta porção da Bahia que se destaca. Optou-se por escolher Santa Inês devido à suas peculiaridades em comparação com os demais, pois trata-se de um município de pequeno porte, pouco conhecido, com vocação para atividades agrícolas, mas altamente vulnerável às secas. O intuito de sua escolha também deve-se ao fato de que a experiência obtida com Santa Inês e as estratégias que lhe foram direcionadas poderão ser utilizadas como referência para tantos outros que compartilham de realidades semelhantes, sobretudo no Nordeste brasileiro.
- **Extremo Nordeste de Alagoas e Sudoeste de Pernambuco,** onde existem diversos municípios apontados na análise por consenso, mas há também muitos outros indicados pelo Eta-HadGEM, além de recentemente possuir histórico de secas severas. Encontra-se na faixa de transição da Zona da Mata, Agreste e Sertão, onde as mudanças do clima futuro podem aumentar os contrastes climáticos regionais que definem a geografia local, impactando diretamente às atividades humanas que ali se desenvolvem.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. 3ª Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. 2016. v. 3.

CAMARINHA, P. I. ; DEBORTOLI, N.S. ; HIROTA, M. (2017) Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima – estudo completo. 1. ed. Brasília: World Wildlife Fund, v. 1. 125p .

DEBORTOLI, N. S. ; CAMARINHA, P. I. M. ; MARENGO, J. A. ; RODRIGUES, R. . An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. *Natural Hazards (Dordrecht)*, v. 85, p. 1-25, 2017.

DOURADO, F., ARRAES, T. C., & FERNANDES, M. (2012). O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro – as Causas do Evento , os Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição Espacial dos Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre The “ Megadesastre ” in. *Anuário Do Instituto de Geociências - UFRJ*, 35(31), 43–54.

HANSEN, J.; RUEDY, R.; SATO, M.; LO, K. Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, v. 48, n. 4, 2010. ISSN 8755-1209.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2018. População em áreas de risco no Brasil, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. 91 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE, C. Climate change 2001. IPCC third assessment report. Geneva: IPCC Secretariat, 2001.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE, C. IPCC fourth assessment report climate change 2007. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE, C. IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC (p. 1535) 2013.

LEAL, S., & SOUZA, E. (2011). Desastres Naturais sobre a Amazônia e Nordeste Brasileiro associados às enchentes e inundações: o caso de 2009. IV Encontro Sul-Brasileiro de Meteorologia.

MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Caracterização do Clima no Século XX e Cenários Climáticos no Brasil e na América do sul para o Século XXI derivados dos modelos Globais de Clima IPCC. CPTEC/INPE. São Paulo, p.185. 2007.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical Research Letters*, v. 38, n. 12, 2011. ISSN 0094-8276.

MARENGO, J.A. et.al. Assesment of regional seasonal rainfall predicatbility using the CPTEC/COLA atmospheric GCM. *Climate Dynamics* 21:459-475, 2003.

MCTAGGART-COWAN, R., BOSART, L. F., DAVIS, C. A., ATALLAH, E. H., GYAKUM, J. R., & EMANUEL, K. A. (2006). Analysis of Hurricane Catarina (2004). *Monthly Weather Review*. doi:10.1175/MWR3330.1

OBREGÓN, G.; MARENGO, J. A. Caracterização do clima no Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e Temperaturas Médias e Extremas. CPTEC/INPE. São Paulo - Brasil. 2007

PBMC, 2013: Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo GT1. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 24 p. ISBN: 978-85-285-0208-4

PBMC, 2016: Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p.

Capítulo 2: Sistematização dos Resultados da Oficina

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DAS OFICINAS DE JULHO E NOVEMBRO 2018

Este capítulo tem o intuito de apresentar os principais resultados e direcionamentos decorrentes da oficina realizada nos dias 21 e 22 de Novembro em Brasília, onde participaram: presencialmente, os consultores Pedro Ivo Camarinha e Jose A. Marengo, que contaram com a presença do diretor do Departamento de Políticas em Mudanças do Clima, José Domingos Miguez, juntamente com Jaqueline Madruga e Nelcilândia Kamber, do MMA; a assessora Ana Carolina Câmara, representando a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) e outros membros da do MMA e GIZ dando suporte.

Durante a oficina, foram apresentadas visões gerais sobre Mudança do Clima, Impactos e Adaptação no Brasil, com enfoques diferentes para as áreas urbanas e rurais e uma contextualização do projeto, com ênfase no estudo referente ao Mapeamento dos Impactos Potenciais, indicando o objetivo, características principais, potencial e suas limitações, onde foram mostrados os aspectos gerais do trabalho feito. Após as apresentações dos consultores, os municípios de Recife e Santos foram convidados para expor suas experiências nestas temáticas, como forma representativa de casos onde a agenda de adaptação se faz presente. O intuito principal destas apresentações foi o de compartilhar o conhecimento adquirido durante os processos de avaliação, implementação e manutenção da agenda de adaptação com os demais municípios presentes.

Também nesta oficina, apresentou-se o questionário sobre adaptação, o qual foi discutido entre todos os participantes com o intuito de direcionar alguns aspectos gerais sobre adaptação em nível local. O Questionário encontra-se no Anexo 2, no Produto 8. Este questionário é uma das etapas deste projeto sobre adaptação às mudança do clima nos municípios do Brasil como forma de aprendizado conjunto.

O questionário foi desenhado para identificar as ligações entre experiências de risco, crenças, valores e atitudes sobre as prioridades do governo local para uma possível adaptação às ações e financiamento público. Dentro do conjunto de medidas de adaptação que os participantes da oficina identificaram neste questionário temos as medidas de fortificação (infraestrutura física), adaptação baseada em ecossistemas, e relocação (ou seja, migração), medidas não estruturais como treinamento, divulgação

de informações relevantes à adaptação, e até previsões climáticas sazonais e de risco de desastres. Os participantes ficaram livres para considerar medidas tradicionais e criar novas medidas que possam ser eficazes para cada área. Esta estratégia representa uma “coprodução” onde os pesquisadores e a população interagiram para elaborar e discutir medidas de adaptação adequadas para cada município.

As perguntas foram divididas em várias categorias, nas quais todos os participantes puderam contribuir: quadro de políticas, o qual inclui compromissos políticos, mandatos ou leis; liderança de dentro e fora do governo, incluindo líderes políticos, gestores e sociedade civil organizada; mecanismos de coordenação entre setores e entre departamentos do governo; informações e ferramentas, as quais abrangem iniciativas de aprendizagem, treinamentos ou acesso a conhecimento técnico que favorecem a adaptação; e processos financeiros que incentivam os tomadores de decisão a considerar riscos climáticos assim como identificar, rastrear ou cobrir os custos para se adaptar. Essas informações, assim como a sistematização dos resultados da 1ª etapa do projeto, foram analisadas e serviram de insumo para a produção deste documento final com as recomendações técnicas para o governo federal e governos municipais.

Ressalta-se que a mesma estratégia de promover um debate foi aplicada no segundo dia, mas, neste caso, o foco foi voltado para os demais órgãos e parceiros institucionais que estavam presentes. O objetivo deste debate no segundo dia foi entender como o Ministério do Meio Ambiente pode se articular com os demais órgãos para facilitar a criação e implementação de políticas públicas voltadas para promover efetivamente adaptação em nível local.

2. RESULTADOS GERAIS DA OFICINA

Os resultados sistematizados do questionário aplicado nesta oficina (Veja Anexo 1-2 do Produto 8) encontram-se no Anexo 1 deste Produto 9. Nos dois dias do evento participaram 25 pessoas representando todas as regiões do Brasil (GO, MG, SC, DF, CE, PE, RN, RJ, BA, SP). A maioria dos participantes era de Brasília DF, entre eles representantes de Ministérios. O perfil dos participantes foi majoritariamente de moradores de cidades dos estados acima citados que ocuparam cargos técnicos em prefeituras, secretarias de estados e instituições do governo federal ou estadual. As respostas deles foram consideradas como respostas de cidadãos que moram nas cidades representadas, como forma de conseguirmos trocar informações a respeito da realidade local e suas demandas.

Em relação à Seção 1, sobre as experiências com eventos climáticos e desastres naturais pelos participantes (a escala de preferências é mostrada nas figuras a, d e f), estavam presentes representantes de 7 cidades costeiras, onde a maioria indicou não ter experiências com impactos causados por ressacas, erosão costeira ou elevação do nível do mar, o que pode ser explicado pela maioria dos participantes serem de Brasília, DF, no Centro-Oeste do Brasil. Considerando as conversas com os participantes, pode-se afirmar que, de fato, as ressacas, elevação do nível do mar e problemas derivados de erosão costeira podem ser um problema maior em cidades como Santos, já documentado pelo projeto METROPOLE (Marengo et al., 2017 a, b). Em cidades como Fortaleza, Recife, Salvador, Rio de Janeiro, Belém e Natal, os poucos estudos desenvolvidos sobre estes assuntos (quando comparados com Santos), geram desconhecimento sobre esta problemática ambiental que, conseqüentemente, pode caracterizar uma maior vulnerabilidade destas cidades costeiras às mudanças no regime de ressacas e elevação do nível do mar (PBMC 2016).

Em relação às inundações/enxurradas/alagamentos, a maioria dos participantes considerou este problema como muito preocupante. De fato, isso se comprova no verão em todas as cidades onde chuvas intensas comumente causam transbordamento de pequenos córregos, alagamentos e eventuais enxurradas, causando prejuízos econômicos e fatalidades tanto em áreas urbanas quanto rurais, além dos impactos na mobilidade urbana.

No tema de secas como desastre natural, a maioria dos participantes classificam as secas como muito preocupante, e isso têm sido referido recentemente na literatura onde secas intensas têm afetado o Nordeste, a Amazônia e o Sudeste do Brasil, gerando situações de crise hídrica em São Paulo e no Nordeste, assim como em Brasília e na Amazônia (Marengo et al., 2015, 2017c, 2018, Nobre et al., 2016). Seca também foi mencionada pelos participantes não somente como um fenômeno ambiental com conseqüências negativas, como a realização de um evento natural sobre uma população vulnerável, mas um fenômeno de dimensões econômicas, sociais e políticas secularmente presentes na vida da população do Brasil em geral.

Os deslizamentos de terra, como conseqüência de chuvas intensas, também representam uma situação preocupante, considerando que este tipo de desastre é o que mata mais causa óbitos no país, sendo que as regiões mais vulneráveis estão no Sudeste (UFSC CEPED 2013), sendo esta a mais populosa do país. Deslizamentos de terra tem ocorrido tanto em áreas urbanas do interior, assim como em áreas costeiras e, junto com as inundações, tem afetado a infraestrutura crítica das cidades, tais como

pontes, rodovias e a distribuição de energia elétrica. Estas constatações refletem uma demanda ainda mais desafiadora que a de se focar apenas na redução de óbitos decorrentes destes impactos.

Outros eventos climáticos extremos também têm sido mencionados pelos participantes como importantes, tais como ondas de calor, queimadas e incêndios florestais que estão associados às secas. Por exemplo, em 2017, o INPE informou que na Amazônia o número de queimadas foi de 272,000, o maior desde que os registros começaram em 1999 e que queimaram 986,000 hectares. Para 2018 o INPE informou que na primeira metade do ano 1,421 queimadas foram detectadas, em comparação com 675 detectadas em 2017.

Em relação às questões sobre ações de adaptação à mudança do clima (Seção 2, perguntas A-P), o fato da maioria dos participantes serem de Brasília-DF e de cidades não costeiras, se reflete na maior porcentagem (40%) de participantes que consideram a não necessidade de muros de contenção para impedir a invasão do mar. Mas o fato de 36% dos participantes sugerirem a construção destes muros de contenção, o quanto antes, para impedir a invasão do mar e para conter os deslizamentos de terra, mostram a participação do pessoal das demais cidades, sobretudo as costeiras, seja para conter o avanço do mar e as ressacas, quanto dos demais casos que sofrem com as consequências de deslizamentos de terra.

Ainda em relação às questões sobre ações de adaptação, para combater os efeitos dos impactos das secas, a opção de construir hoje, e não nas próximas décadas, uma infraestrutura para melhorar a irrigação foi a escolha da maioria dos participantes (36%), já que este tipo de fenômeno pode afetar todo o país.

Foi interessante perceber que 73% dos participantes escolheram a opção de restringir construções novas em áreas de risco a inundações e deslizamentos de terra, particularmente em áreas vulneráveis a este tipo de desastre. Adicionalmente, 52% dos participantes escolheram a opção de readequar a infraestrutura de transporte em áreas urbanas para serem mais resilientes aos desastres naturais tais como inundações e deslizamentos de terra. Isto se aplica igualmente a cidades do interior e na zona costeira. Em relação à relocação de instalações públicas que estejam em áreas de risco, 68% dos participantes sugerem que este processo seja feito no presente e até nos próximos 10 anos.

82% sugerem que as áreas naturais existentes devem ser conservadas para proteger áreas de risco e evitar novas ocupações. Isto sugere ações de adaptação baseada em ecossistemas com enfoque na conservação, tais como as experiências atuais no Brasil que existem para Santos e Rio de Janeiro. Em sinergia com esta última

ação, tem-se que a instituição de programas de pagamento por serviços ambientais por lei municipal é uma opção imediata apoiada por 56% dos participantes. Com isso, se estimula a conservação de áreas de mata nativa em áreas de interesse público, por meio da remuneração para um proprietário rural, em áreas, por exemplo, de cabeceiras de rios e nascentes, que podem ajudar a conter inundações.

87% dos participantes consideram a necessidade de relocar ou não construir moradias e instalações em locais que apresentem histórico de inundações, enxurradas e deslizamentos de terra como uma medida a ser implementada agora e não nos próximos anos. 31% dos participantes sugerem considerar sistemas eficientes de carros pipa para distribuição de água em áreas afetadas por secas, opção que se aplica mais no Nordeste do Brasil. Uma outra opção de adaptação foi a de implementar sistemas de monitoramento e envio de alertas antecipados de impactos potenciais, relacionados aos eventos meteorológicos extremos que incluem sistemas de contingenciamento e evacuação. 78% dos participantes apoiam que esta opção seja implementada imediatamente. Atualmente o CEMADEN monitora o risco destes desastres naturais e emite alertas de ocorrências destes desastres, particularmente em áreas de risco, estes vão além dos alertas meteorológicos emitidos pelo INPE e INMET. As ações pós-desastre são gerenciadas pelo CENAD e a Defesa Civil.

Formas de adaptação não estrutural, tais como a criação imediata de instrumentos legais para restringir determinados usos do solo em regiões vulneráveis aos eventos extremos foram escolhidas por 74% dos participantes. A promoção de programas educacionais e de sensibilização para aumentar a percepção de risco das comunidades foi escolha da maioria dos participantes (87%). 74% dos participantes escolheram a opção de investimento em sistemas de micro e macro drenagem para diminuir a suscetibilidade às inundações bruscas, enxurradas e aos alagamentos, a ser feito imediatamente. Outras opções de aplicação imediata como adaptação não estrutural consideram a promoção e capacitação de diferentes instituições públicas no que diz respeito aos impactos da mudança do clima e necessidades de adaptação (91%), e também a criação de programas de capacitação com foco no produtor rural, visando apresentar diferentes tecnologias de manejo do solo que sejam menos impactantes ao meio ambiente, além de poder prover uma maior rentabilidade (48%).

Por outro lado, a criação e fomento de mecanismos de transferência de risco (ex. seguros) para residências, instalações e atividades que estiverem localizadas ou que sejam desenvolvidas em áreas de risco (inundações, enxurradas e alagamentos) foi uma escolha de 47% dos participantes, mas para serem desenvolvidos nos próximos 10 anos, comparado com uma aplicação imediata (22%).

Um resumo da realidade sobre adaptação foi apresentado, considerando a pergunta 6 e as opções A-P da Seção 3, mostrando que a opção mais escolhida foi na categoria de adaptação não estrutural, onde programas de capacitação são focados para instituições públicas, tais como Defesa Civil, Secretarias, Universidades (opção O) no que diz respeito aos impactos da mudança do clima e necessidades de adaptação. Uma segunda opção mais escolhida foi a restrição a novas construções em áreas de risco, medida também não estrutural (opção C). As opções menos escolhidas pelos participantes foram G – utilização de carros-pipa, com 0% (que realmente não se trata de uma medida de adaptação); e a opção N, sobre medidas de transferência de risco, com 9%. Esta última opção requer capacitação e conhecimento profundo sobre a temática, pois as empresas de seguros e resseguros estão somente agora começando a colocar adaptação às mudanças do clima nos seus portfólios de investimento.

A pergunta 7 mostra que a maioria dos participantes (36%) concorda parcialmente com a afirmativa de que “a implementação de ações para reduzir os possíveis impactos da mudança climática no município onde residem seja uma prioridade do governo local ou estadual, mesmo que isso gerasse um aumento em taxas e impostos”, ou seja, indicando que uma forma de captação de recursos para esta agenda poderia vir da tributação, ainda que não esteja definido quem ou qual setor deveria ser onerado, nem como.

Na Seção 4 (Pergunta 9) sobre perspectivas de adaptação à mudança do clima, barreiras e limitações, foi apresentada uma realidade na qual as medidas de adaptação do governo local podem ter baixa aceitação pela sociedade e pelo poder público. Em relação às possíveis razões para esta baixa aceitação que atrapalha o processo de criação e implementação de políticas públicas de adaptação às mudanças do clima, a maioria dos participantes consideram a falta de conhecimento e compreensão sobre os riscos futuros e as consequências locais; seguidos por uma parcela que considera a mudança do clima vista como um problema distante, sendo outros problemas sociais/econômicos mais importantes neste momento. Algo importante a ressaltar é que muitas pessoas não acreditam que os impactos das mudanças do clima poderão afetar suas residências e meios de subsistência. Esta baixa aceitação pelos municípios, para apoio aos planos de adaptação (Pergunta 10), pode ser explicada pela desconfiança da população que as obras de infraestrutura fiquem prontas a tempo, uma falta de conhecimento sobre risco futuro, falta de visão num contexto amplo, baixa aceitação a realocação e reassentamentos de áreas vulneráveis para áreas mais seguras como ações de adaptação. Tem também uma percepção de que as questões climáticas ainda

não despertaram interesse do cidadão de forma que não existe conhecimento suficiente para demandar políticas habitacionais eficientes.

Na Seção final, (Pergunta 11) em relação às perspectivas sobre os resultados da oficina, este projeto pretende apresentar sugestões de medidas de adaptação para alguns municípios críticos do Brasil. Os participantes receberam a pergunta: Supondo que o seu município receba estas informações, quais os fatores que poderiam influenciar positivamente os gestores municipais apoiarem a implementação destas ações e/ou uma agenda de adaptação? Aqui temos algumas das respostas e sugestões:

- Inclusão de comunidades e setor privado dentro do processo.
- Considerar experiências, como a do governo do Distrito Federal que já tem diversas iniciativas no âmbito de várias secretarias e também é um dos pilotos no Brasil do programa GEF Cidades Sustentáveis que pretende dentre várias iniciativas auxiliar na elaboração dos Planos de Mitigação e de Adaptação às mudança do clima.
- Procurar fontes de financiamento federais/estaduais, onde se tenha acompanhamento do Ministério Público e grupos da sociedade civil, com divulgação pela mídia e imprensa.
- Tentar levantar custos da não ação (sejam prejuízos, ou não). Opções que tragam cobenefícios (melhorias no saneamento; maior qualidade de vida para as cidades no entorno de Brasília).
- Determinar os custos dos planos de adaptação e a possibilidade de explorar o potencial político (visibilidade e aprovação pela sociedade) de tais iniciativas como forma de mobilizar atuais e futuros gestores públicos;
- Informar sobre a importância da agenda facilitar no processo de convencimento do gestor para que haja aderência em seu plano de governo.
- Considerar os aspectos técnicos em apoio à seleção ou opções para financiamento.
- Apresentar alternativas de financiamento das medidas de adaptação e vincular a agenda de adaptação às soluções de redução de risco aos desastres.
- Comunicar os resultados científicos de forma "amigável".
- Influenciar positivamente os gestores municipais com os mecanismos de coerção, pois as ações de adaptação devem ser uma obrigação legal.

- A exemplo de Recife, que já possui um fator de mudança do clima dentro de sua prefeitura, as prefeituras deveriam ter Plano de Mitigação com Inventário de GEE, possibilitando a captação de recursos e dando visibilidade às ações de mudança do clima de forma estruturada.
- Conseguir a adesão dos gestores municipais apresentando estudos com informações técnicas que comprovem os riscos existentes ao município caso não sejam adotadas medidas adaptativas, caracterizando, assim, uma forma de responsabilidade quanto à omissão dos mesmos caso nada seja feito.
- Utilizar o argumento de que a redução dos impactos locais decorrentes dos eventos adversos é economicamente mais viável que os custos das ações de respostas e reconstrução.
- Considerar a questão da adaptação já faz parte do escopo da tomada de decisão política de algumas cidades. Para estes casos, com o Plano de Adaptação em vias de início de produção, os dados fornecidos ajudariam nesse processo, garantindo a robustez do produto final, como é o caso de Recife.
- Criação de uma nova agenda para a adaptação poderia (e deveria) ser feita de forma que integrasse outras agendas já existentes. Isso evitaria retrabalho nas secretarias envolvidas, abriria novas frentes de trabalho e ampliaria a possibilidade do uso dos dados que temos disponíveis.
- Diminuição dos riscos de eventos críticos melhorando na qualidade de vida da população em virtude da manutenção de serviços essenciais (abastecimento de água), diminuição de ondas de calor (arborização urbana), recuperação das nascentes, riachos e rios (água é sinônimo de vida).
- Diminuir os problemas ocasionados pela seca e geração de emprego e renda por meio da previsão sazonal do clima e de políticas de gerenciamento e combate à seca como medidas de adaptação estrutural (ex. cisternas, carros pipa, canais de irrigação).

3. AÇÕES FUTURAS PROPOSTAS DURANTE A OFICINA

Após revisar as respostas das questões das Seções 1 a 4 durante os dois dias da Oficina de novembro de 2018, podemos resumir aqui as iniciativas propostas pelos participantes. A maioria das respostas está em concordância com os resultados do projeto Integrando Adaptação: Implementando o PNA em cidades, do MMA-GIZ-WRI.

Estas medidas são consideradas como relevantes a todos os municípios, e podem ter alguma ação que seja exclusiva para alguns municípios em particular:

- Planejar a adaptação de forma a permitir transição para o desenvolvimento sustentável.
- Aprimorar a Plataforma AdaptaClima para que seja um espaço online de articulação entre gestores municipais, organizações e redes de cidades que trabalham com o clima para aprofundamento na agenda de adaptação, trocas de experiências e difusão de informações para mais municípios por meio de newsletters.
- Melhorar a articulação dos sistemas e plataformas que estão sendo criados (AdaptaClima, SisVuClima, SISMOI) – que estejam conectados e cheguem aos municípios.
- Discutir sobre governança, pois isso reflete na gestão do conhecimento e comunicação dessas informações. Importância de criar instâncias para que vários órgãos e agências que estão produzindo conhecimento se conectem e produzam informação de forma articulada, voltada para adaptação à mudança do clima no território.
- Fazer um levantamento sobre informações e plataformas existentes, considerando que ainda temos uma lacuna no monitoramento contínuo de longo prazo no Brasil para criar históricos de informações a partir de dados de projeções e também de dados observacionais. Essa é uma agenda estruturante e desafiante que precisa estar amarrada na governança.
- Olhar para a agenda da gestão de riscos e desastres como uma porta de entrada para chegada nos municípios. Por exemplo, já existe uma forte articulação sendo feita pelo Cemaden com as defesas civis e poderia ser uma oportunidade a ser aproveitada.
- Diminuir os riscos de eventos severos de tempo e clima, melhorando o monitoramento e emissão de alertas de previsão de desastres naturais, particularmente inundações/enchentes/enxurradas e deslizamentos de terra, para manter a qualidade de vida da população e a manutenção de serviços essenciais.
- Em municípios costeiros, problemas associados à elevação do nível do mar, aumentos nas ressacas e no risco de erosão costeira representam um grave problema hoje, e há um consenso na necessidade de medidas de adaptação

estrutural e não estrutural. Sendo a cidade de Santos um caso de sucesso, os estudos lá desenvolvidos deverão ser replicados em outras cidades costeiras e também nas regiões nordeste e norte. No entanto, os índices elaborados neste projeto não avaliaram tal tipologia de impacto, sugerindo que um estudo específico para esta ameaça fosse desenvolvido seguindo as mesmas diretrizes.

- Todos os municípios participantes, costeiros e não costeiros, apresentam risco de inundações e alagamentos, e também deslizamentos de terra (mesmo que em magnitudes diferentes), e medidas que vão desde a proteção de muros de contenção até planejamento urbano têm sido consideradas pelos participantes de municípios com características distintas entre si.
- Garantir processo de capacitação permanente e constante de todos os ministérios, considerando mudanças de governo e também em cargos estratégicos para compreender melhor estes riscos e os seus impactos na população.
- Promover campanhas para a sociedade civil sobre mudança do clima e adaptação para aumentar a percepção dos impactos (potenciais) nos municípios, integrando temas de saúde pública, segurança, moradia, mobilidade urbana, etc., e com foco em áreas vulneráveis.
- No que diz respeito à redução da vulnerabilidade futura, diversas ações foram tomadas pelo governo, em especial a construção de uma infraestrutura hidráulica que transporta a água dos anos chuvosos para os anos de seca (açudes). Nas últimas décadas, os governos federal e estadual tentaram mitigar os impactos adversos da seca, investindo principalmente em infraestrutura de água como a transposição do Rio São Francisco, canais, sistema hidráulico, bombeamento de água, reservatórios e aproveitamento de aquíferos, assim como medidas emergenciais como a distribuição de água por caminhões pipa, a transferência de dinheiro e programas de microsseguros patrocinados pelo estado.
- Buscar formas de captação de recursos dos governos estadual e federal e de agências do exterior para apoiar estudos que possam ajudar a construção de estratégias de adaptação às mudanças do clima, e também na implementação de planos de adaptação locais, particularmente em municípios vulneráveis aos extremos do tempo e do clima. Deverá haver fiscalização no uso destes recursos pelo governo e sociedade.
- Criar planos municipais de adaptação, à luz do plano nacional, e viabilizar o

financiamento de sua implementação.

- Soluções de governança e políticas para os problemas das mudanças do clima deverão ter caráter integrado e não apenas setorial.
- Realizar novas avaliações de risco de desastres associados tais como secas, particularmente nas cidades do Norte e Nordeste.
- Favorecer a educação e capacitação da população e dos governantes: propostas sobre educação à distância (EAD) e uso de canais que já existem no nível federal para promover capacitações e cursos com foco nos estados e municípios, usar as redes para não deixar na mão dos estados a responsabilidade de passar informações para os municípios. Também há um trabalho de colocar adaptação no circuito da comunicação num linguajar simples e de fácil entendimento pela população em geral.

4. RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES DE ADAPTAÇÃO, POR MUNICÍPIO, PARA OS CASOS DE DESASTRES ASSOCIADOS AO EXCESSO DE PRECIPITAÇÃO

Neste e no próximo item 5 estão expostas as sugestões de medidas de adaptação que foram identificadas como prioritárias para os municípios escolhidos na fase final do projeto. Encontram-se especificamente neste item os direcionamentos para os municípios e *hotspots* críticos quando são considerados os impactos decorrentes de eventos extremos de precipitação, isto é, desastres de origem geo-hidrológica, tais como deslizamentos de terra; e inundações, enxurradas e alagamentos. No entanto, este preâmbulo vale também para o item 5, onde estão apresentadas as sugestões para os casos relacionados aos impactos decorrentes de secas.

Antes apresentar as análises finais, reitera-se que a adaptação deve ser entendida como um caminho, e não como um fim. E neste sentido, as sugestões apresentadas devem ser entendidas apenas como um norte para outros desdobramentos futuros, que demandarão, por sua vez, do engajamento local e da articulação entre as diferentes esferas de governo e níveis da sociedade. Conforme exposto nos itens anteriores, há uma série de demandas e expectativas que são comuns à praticamente todos os municípios avaliados (ex: capacitação em diferentes níveis no que se refere aos impactos futuros inerentes às mudanças do clima), as quais devem ser o ponto de partida para alcançar o objetivo principal deste projeto, que é desenvolver a capacidade adaptativa à nível local.

Adicionalmente, expõe-se que as ações de adaptação sugeridas são baseadas, principalmente, em experiências observadas em outras localidades do país, dando ênfase para aquelas que se estabeleceram em regiões com características ambientais, socioeconômicas e políticas semelhantes, mas não necessariamente iguais. Isto implica que tais exemplos precisam ser adequados/customizados para cada realidade local em particular, por meio de debates que envolvam não somente o poder público, mas também a sociedade civil e organizada e até mesmo a iniciativa privada, levando em consideração a atual situação do município/região em todas as dimensões, elementos e setores que estejam relacionados com os impactos potenciais futuros. Tal nível de detalhamento não faz parte do escopo deste projeto, mas as considerações e resultados aqui apresentados podem, e devem ser utilizadas como elementos balizadores para tais análises e discussões futuras.

4.1 Blumenau (SC)

O município de Blumenau pertence à classe dos municípios considerados críticos pelas análises apresentadas nos Produtos 5, 6 e 7, especificamente para os desastres relacionados a inundações bruscas / enxurradas e, principalmente, **deslizamentos de terra**.

Como pode ser observado na Figura 11, as projeções dos modelos climáticos convergem no que diz respeito à intensificação dos eventos extremos de precipitação (ainda que de forma discreta) e há também concordância dos modelos de impacto potencial ao inferirem uma maior possibilidade dos desastres destas naturezas aumentarem no futuro. A seguir, tem-se a Figura que apresenta os resultados, onde nota-se que o índice de impacto potencial do município é classificado como “muito alto” para o período de referência (1961-1990), havendo uma discreta sinalização dos dois modelos destes impactos aumentarem no futuro (sinalizado pelos sinais de “+” em azul e verde). Ressalta-se que, embora haja outros municípios sinalizando visualmente a mesma condição de impacto potencial no período de referência (classe de impacto “Muito Alto, em marrom) o valor absoluto do índice de Blumenau é o maior desta região, além de ser o único desta categoria em que os dois modelos sugerem o aumento dos eventos extremos de precipitação.

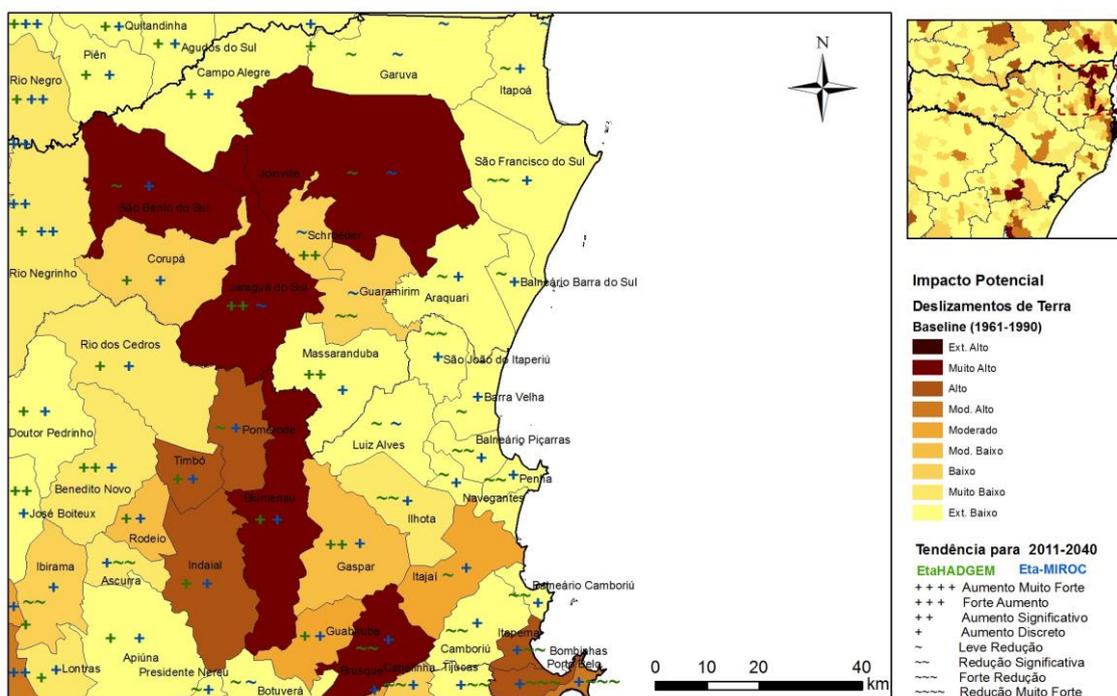


Figura 11 - Mapa de Impacto Potencia para a região próxima à Blumenau (SC) para o período de referência (1961-1990). Os caracteres em verde e azul indicam o aumento (+) ou redução (-) deste impacto potencial para o período de 2011-2040 e são referentes aos resultados obtidos por meio dos modelos Eta-HadGem e Eta-MIROC, respectivamente.

O alto índice de impacto potencial é caracterizado pelo município ter abrangente área urbana ocupando encostas altamente suscetíveis aos deslizamentos de terra, bem como em diferentes porções de relevo acidentado e próximas à margem do Rio Itajaí, o que favorece a ocorrência de enxurradas urbanas e também de inundações bruscas (embora esta última característica não esteja representada na Figura anterior, pois trata-se do outro índice de impacto potencial). Soma-se a isso às condições climatológicas, de modo que a região de Blumenau possui a característica de estar em uma porção do Sul do país onde frequentemente há passagem de sistemas frontais que trazem muita instabilidade, somados à alta umidade presente e intensos processos convectivos (sobretudo no verão), além de ser uma região sensível aos eventos El Niño, de modo que é esperado o aumento de eventos de precipitação extrema nestes casos (embora esta não seja a única condição para anos com anomalias positivas de precipitação).

Esta combinação de características acaba sendo refletida na forma de impactos socioambientais, o que decorre em um vasto histórico de desastres naturais relacionados aos dois tipos previamente citados. Considerando os dados oficiais da Defesa Civil Nacional, Blumenau possui 34 registros de desastres relacionados com inundações bruscas e enxurradas, e apresenta um número expressivo de afetados (mais de 400 mil), cerca de 92 mortes para o mesmo período, e 2 registros de desastres relacionados a deslizamentos de terra. Complementarmente, o banco de dados interno do Cemaden registra, entre 2016 e o final de 2018, mais 10 eventos relacionados aos deslizamentos de terra, sendo 9 de pequeno porte e 1 de médio porte. Para inundações e enxurradas, tem-se 5 eventos registrados, sendo 2 de pequeno porte, 2 de médio porte e um de grande porte.

Mediante as informações compartilhadas na Oficina realizada em Novembro de 2018, pode-se concluir que o diagnóstico feito para o município está condizente com a realidade local. Nesta ocasião, os representantes municipais ainda complementaram com a informação de que há ocorrências pontuais de deslizamentos de terra para eventos de chuva que não são considerados extremos (ou seja, não tão severos e que acontecem com maior frequência).

Após as análises dos dados de Blumenau e das informações obtidas durante o Workshop, selecionou-se algumas ações de adaptação que consideramos prioritárias para serem implementadas. De uma forma geral, foi observado que há a necessidade de investimentos em infraestrutura que contenham e/ou minimizem os impactos causados por eventuais deslizamentos de terras e também enxurradas. Esta demanda pode ser indicada pelos sub-índices de sensibilidade utilizados para a análise de

impacto potencial, que indicam a alta suscetibilidade aos deslizamentos e enxurradas em conjuntura com a alta densidade populacional nestas porções. No entanto, como o estudo foi feito para escala nacional, é necessário um melhor detalhamento para encontrar as áreas prioritárias para que este tipo de ações seja implementada. Neste sentido, recomenda-se que sejam identificadas áreas críticas dentro do território municipal para que recursos sejam alocados para a **contenção de encostas e para a construção/manutenção de sistemas de micro e macrodrenagem**.

Ainda sobre medidas estruturais, é possível que nem todas as áreas de risco possam receber obras como as sugeridas anteriormente devido à inviabilidade técnica. Para estes casos, além de moradias, pode haver instalações de interesse público (como escolas, hospitais, etc.) que se encontram vulneráveis e, caso seja inviável tecnicamente ou haja outras impedimentos para obras de contenção e minimização dos impactos, consideramos importante fazer um estudo aprofundado sob a questão do risco associado à estas instalações para que as mesmas sejam **realocadas**. A medida de realocação também pode ser implementada para os casos onde haja histórico de ocorrências recorrentes próximas à estes locais de interesse público e, devido ao alto impacto potencial associado, a realocação pode ser entendida como uma medida mais rápida e mais viável.

Estas medidas de adaptação podem ser entendidas como ações de redução de risco aos desastres e que já se fazem necessárias desde o tempo presente, razão pela qual foram identificadas pelos representantes municipais como aquelas de maior urgência. No entanto, paralelamente, entendemos que existem outras medidas que são de suma importância para que os impactos futuros sejam minimizados e tornem o município, como um todo, menos vulnerável. Uma delas seria a manutenção e aperfeiçoamento de **sistemas de monitoramento e envio de alertas de desastres naturais**. O próprio município possui um sistema atuante, chamado AlertaBlu, além de ser monitorado pelo Cemaden. Reforçamos a necessidade deste tipo de ação permanecer atuante nesta região, mas também de **aumentar os investimentos para estudos mais aprofundados** que consigam entender melhor os diferentes contrastes de vulnerabilidade existentes dentro do território municipal, bem como os limiares críticos de precipitação que deflagram os processos de deslizamentos e enxurradas. Isto possibilitaria o envio de alertas temporalmente e localmente mais precisos, ajudando a Defesa Civil a tomar melhores decisões para reduzir os impactos iminentes.

4.2 Recife (PE)

Recife caracteriza-se como o município onde há maior criticidade dentre todos os municípios analisados, havendo convergência entre os modelos climáticos ao indicar o aumento significativo dos impactos potenciais relacionados aos desastres naturais relacionados aos eventos geo-hidrológicos, destacando aqueles relacionados aos deslizamentos de terra (além do caso das secas que será está apresentado no item 5).

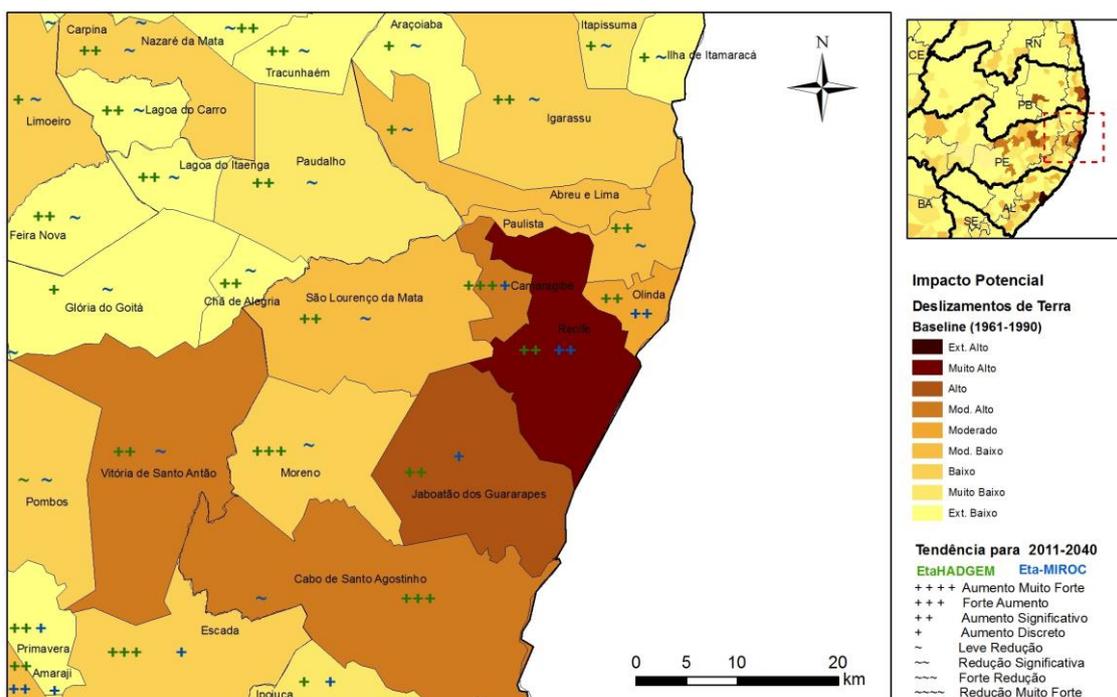


Figura 12 - Mapa de Impacto Potencial para a região próxima à Recife (PE) para o período de referência (1961-1990). Os caracteres em verde e azul indicam o aumento (+) ou redução (-) deste impacto potencial para o período de 2011-2040 e são referentes aos resultados obtidos por meio dos modelos Eta-HadGem e Eta-MIROC, respectivamente.

Atualmente, o município é cenário de recorrentes processos de alagamento que causam impactos principalmente para mobilidade urbana, mas também é impactado, em menor proporção, por eventuais enxurradas e inundações dos rios que cortam a cidade, sobretudo o Capibaribe, que hoje contam com sistemas de barragem que ajudam a minimizar os impactos desta natureza. De uma forma geral, pode-se dizer que a porção central e costeira do município é onde ocorrem os impactos relacionados aos processos hidrológicos.

Por outro lado, em suas regiões periféricas (na divisa com os municípios vizinhos), há concentração das áreas de risco aos deslizamentos de terra, sobretudo devido à ocupação irregular nas chamadas “grotas” (que seriam anfiteatros formados nas encostas devido aos processos de drenagem superficial da água), ocupação esta que normalmente acontece na forma de aglomerados urbanos subnormais. Segundo o

estudo do Cemaden em parceria com o IBGE, lançado em 2018, Recife possui mais de 200 mil pessoas morando em áreas de risco, o que equivale à 13,4% de sua população (tendo o Censo Demográfico de 2010 como referência, com a população total de 1.537.704 habitantes), o que ressalta a preocupante situação que o município já possui atualmente e que pode ser ainda piorada pelo cenário observado por meio das projeções climáticas.

Dado este cenário, nota-se que as soluções para a implementação de uma agenda de adaptação não é uma tarefa simples, visto o tamanho e complexidade da problemática existente. Porém, o município conta com algumas iniciativas recentes que favorecem o avanço desta agenda e para implementação de ações futuras de adaptação, tais como Política de Sustentabilidade e de Enfrentamento das Mudanças Climáticas do Recife (Lei Nº 18.011/2014), que foram apresentadas durante o Workshop de Novembro de 2018. Dentre as ações de adaptação que os representantes municipais consideraram mais pertinentes de serem implementadas no curto prazo, estão as ações estruturais, sobretudo aquelas voltadas para **obras de contenção de encostas fragilizadas / altamente suscetíveis** que ofereçam risco para a população; bem como **obras para melhorar o sistema de drenagem de águas pluviais**, objetivando a diminuição dos processos de alagamentos. Assim como no caso de Blumenau, a **realocação de moradias e instalações de interesse público** também é entendida como uma alternativa para os casos onde há maior urgência, cabendo ao município fazer análises detalhadas para que sejam estabelecidos critérios de escolha perante aquilo que os gestores e sociedade consideram ser prioritários para este tipo de ação.

Seja para o caso das obras relacionadas à contenção das encostas ou para minimizar os impactos dos processos hidrológicos, recomenda-se que o ponto de partida para o planejamento de tais ações seja o histórico de ocorrências dentro do território municipal. Sabemos que o processo de urbanização pode avançar para encostas ainda não urbanizadas e que estas também merecem atenção, mas prioritariamente é preciso atuar naquelas que já se encontram fragilizadas devido à ações antrópicas de forma não planejada (sobretudo onde há lançamento de águas pluviais de forma concentrada e corte irregular dos taludes). Neste sentido, o Cemaden pode dar suporte para colaborar na construção deste banco de dados, uma vez que internamente o centro tem compilado as ocorrências relacionadas aos processos geohidrológicos ao longo do tempo. Porém, é necessário que paralelamente haja outros mecanismos de **fiscalização** de encostas suscetíveis aos deslizamentos de terra para que não sejam futuramente ocupadas e acentuem ainda mais o problema atual.

Lembrando que as projeções climáticas para Recife apontam uma intensificação de eventos extremos de precipitação nas próximas décadas, com destaque àqueles que se desenvolvem em um curto período de tempo, o que poderia levar à desastres de grande magnitude, e até mesmo sem precedentes, caso este processo de ocupação das encostas não seja sanado.

Problemas relacionados à mobilidade urbana foram bastante citados no workshop, de modo que a medida de adaptação “d” (**Readequar a infraestrutura de transporte em áreas urbanas e rurais** - estradas, ferrovias, pontes - para serem mais resilientes às inundações, enxurradas e deslizamentos de terra) foi considerada uma das mais importantes e urgentes para o município. Embora este tipo de impacto não seja o alvo principal nas análises desta consultoria - focada sobretudo em ações que minimizem os danos causados por desastres e, posteriormente, os prejuízos econômicos - entendemos que em situações particulares como esta há margem para colocar este tipo de ação como prioritária. No caso de Recife, esta readequação pode ser feita por meio da expansão, manutenção e construção de novos sistemas de micro e macrodrenagem urbana. Recomendamos que sejam feitos estudos a respeito do fluxo de veículos nas principais vias da cidade, bem como um mapeamento das regiões mais afetadas historicamente por este tipo de impacto e, assim, seja possível identificar as vias e/ou regiões que mais demandam deste tipo de ação. Paralelamente e de forma sinérgica à este tipo de ação, sugere-se a **construção de Parques Lineares** que, dentre diversos benefícios, podem oferecer uma nova forma de transporte através da implementação de ciclovias, ajudam a evitar a ocupação irregular quando construído próximos às margens dos rios, além de servir como uma medida de manejo das águas pluviais. Para que os parques lineares contribuam para a drenagem urbana, o ideal é que seu projeto seja integrado às outras soluções de macrodrenagem citadas anteriormente. Esta estratégia teria sinergia com o vigente **projeto Urban-LEDS II Acelerando a ação climática por meio da promoção de Estratégias de Desenvolvimento Urbano de Baixo Carbono**, implementado pelo ICLEI, Governos Locais pela Sustentabilidade e ONU-Habitat, financiado pela Comissão Europeia, que está em sua segunda etapa no município de Recife. O projeto aponta as principais ações de combate às mudanças do clima a serem adotadas na cidade, onde estarão elencados quatro setores estratégicos: mobilidade urbana; resíduos e saneamento; energia; e desenvolvimento urbano sustentável. Dentre as iniciativas propostas, destacam-se a implantação do Parque Capibaribe, novas rotas cicláveis, jardins filtrantes, plano de gestão de resíduos, além da ampliação do saneamento e da arborização.

Por fim, ressalta-se que Recife tem o seu próprio **Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas**, instituído em 2016 e concluído em 2018. Este plano está focado não somente em reduzir as vulnerabilidades, mas adaptar os principais setores aos efeitos das mudanças do clima. Para isso, o plano do Recife foca na gestão de risco associada ao clima, ou seja, busca **mecanismos e metodologias para que as políticas setoriais** (seja agricultura, recursos hídricos, gestão de risco aos desastres naturais e zonas costeiras, por exemplo) sejam orientadas e busquem adaptação. O primeiro passo do plano é **mapear áreas vulneráveis no Recife**, ou seja, áreas suscetíveis a inundações, deslizamentos, erosão costeira marinha, aquelas com maior aumento de temperatura, bloqueio de ventilação e de estrangulamento de córregos e canais, por exemplo. Neste contexto, entendemos que é importante que os resultados apresentados neste projeto orientem esta agenda, ressaltando a possibilidade de que a metodologia empregada neste projeto (índice de impacto potencial) pode ser adaptada a nível local para um maior detalhamento, o que daria suporte mais direcionado às iniciativas sinalizadas pelo Plano municipal de adaptação.

4.3 Salvador (BA)

Diferentemente de Blumenau e Recife, apresentados anteriormente, Salvador é considerado como um dos municípios críticos exclusivamente pelo problema de deslizamentos de terra (não contemplando os impactos relacionados à eventos hidrológicos). Obviamente que outros tipos de impactos relacionados aos processos hidrológicos acontecem eventualmente, mas, no entanto, não apresentam atualmente uma ameaça potencial da mesma magnitude que os movimentos de massa.

Outra particularidade da escolha de Salvador como um município-piloto é que sua indicação não se deve diretamente aos resultados dos índices de impacto potencial futuro (2011-2040), mas, primeiramente, pela situação delicada que o município apresenta no que diz respeito a grande quantidade de pessoas morando em áreas de risco. No que se refere às projeções do clima futuro os resultados (Figura 13) diferem-se bastante entre si, de modo que o Eta-HadGEM sugere uma forte redução de eventos extremos e o Eta-MIROC um discreto aumento, sendo que a destreza deste último modelo é maior para representar o clima da região.

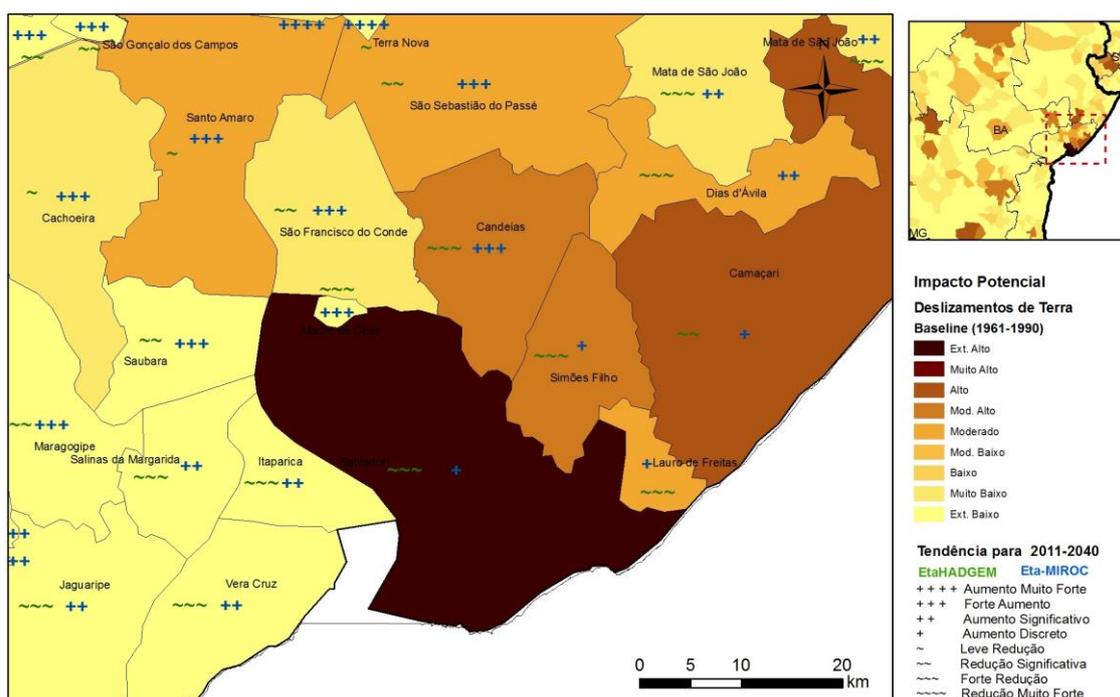


Figura 13 - Mapa de Impacto Potencial para a região próxima à Salvador (BA) para o período de referência (1961-1990). Os caracteres em verde e azul indicam o aumento (+) ou redução (-) deste impacto potencial para o período de 2011-2040 e são referentes aos resultados obtidos através dos modelos Eta-HadGem e Eta-MIROC, respectivamente.

Basicamente, há uma tendência (sob baixo/médio nível de confiança) dos eventos extremos de precipitação se tornarem discretamente mais frequentes e severos para no

período de 2011-2040. Porém, a situação atual do município é tão crítica atualmente devido às ocupações em encostas fragilizadas pelas atividades antrópicas, que qualquer possibilidade de aumento dos eventos extremos de precipitação poderia levar à cenários de desastres de grandes proporções.

Apenas para contextualizar o cenário atual observado em Salvador, o estudo recente feito pelo Cemaden e IBGE apontam o município com aquele com a maior quantidade de pessoas morando em áreas de risco no Brasil, cerca de 1.2 milhões, o que equivale a aproximadamente 45% de sua população, sendo a maioria em áreas de risco de deslizamentos de terra. Esta grande quantidade de áreas expostas ao risco de deslizamentos dificulta qualquer planejamento de ações que atuem de forma eficiente para toda essa população exposta. Considerando apenas a quantidade de áreas de risco e habitantes que ali residem, conclui-se que apenas uma ação de adaptação e redução de risco não será suficiente para minimizar efetivamente os impactos potenciais. Desta forma, a análise para Salvador se torna mais complexa, no sentido que será preciso rearranjar mecanismos atuais com ações futuras que se encaixem em horizontes temporais diferentes para que sejam alcançados resultados no curto, médio e longo prazo.

Ainda que não seja uma ação de adaptação propriamente dita, recomendamos que uma medida a ser tomada é a de **organizar uma secretaria especial dentro do arranjo institucional municipal para coordenar, gerir e fiscalizar as futuras ações de adaptação e redução de risco aos desastres**. Entende-se que este tema deve ser considerado como prioritário, levando em conta a possibilidade de grandes impactos futuros (humanos e financeiros), demandando uma gestão eficiente e o mais próximo possível desta temática possível, além de articular com outros setores estratégicos que possuem relação, direta ou indiretamente, com este tipo de desastre (como Saúde, para o caso de resposta aos desastres; Planejamento e Ordenamento Urbano; Secretaria de Transportes, entre outros).

Independentemente do arranjo proposto anteriormente, uma ação recomenda é a de **capacitação** a respeito dos desastres, fatores condicionantes, impactos futuros e mudança do clima, nos diferentes níveis da gestão municipal. Embora essa ação tenha sido colocada nos itens anteriores como geral a todos os municípios, reitera-se esta demanda para Salvador, a qual deve ser feita de forma mais aprofundada e trazendo aspectos particulares do município. Sugere-se ainda que este tipo de conhecimento (não necessariamente na forma de capacitação) também seja levado para os diferentes estratos sociais e faixas etárias, na forma de educação ambiental, para que a

percepção de risco das comunidades seja aumentada. Estas duas ações são sinérgicas entre si e podem ser implementadas no curto prazo com custo relativamente baixo comparado com as medidas estruturais.

No que diz respeito às ações estruturais, as principais demandas que o município considera importante de serem implementadas (compartilhadas durante o Workshop) coincide com aquelas que os consultores recomendaram. Basicamente, são as mesmas demandas que foram trazidas por Recife e Blumenau, com o foco em **obras de contenção das encostas** e também obras para **melhorias para o sistema de drenagem de águas pluviais urbanas**. No caso particular de Salvador, a eficiência do sistema de drenagem urbana se faz muito importante não necessariamente para conter os problemas de alagamentos e inundações, mas, sim, para melhorar as condições nos entornos e nas próprias áreas de risco, com o objetivo de que não haja concentração de lançamento de água em pontos específicos das encostas. Este fato acelera demasiadamente o processo de instabilidade das encostas e, conseqüentemente, facilita que as condições limites de ruptura dos taludes sejam atingidas e venham a colapso mesmo em situações de eventos de precipitação que não são considerados extremos.

Devido à grande quantidade de áreas de risco e ao alto custo associado às obras de contenção, é provável que esta medida não seja financeiramente viável para sanar o problema em todos os casos (que contemplaria 1.2 milhões de pessoas). Novamente, recomenda-se que sejam feitos estudos aprofundados para definir quais áreas de risco são prioritárias para este tipo de obra, de modo que sugerimos que esta análise considere os seguintes critérios para escolha: evidências de sinais de movimentação de solo recente, trincas ou degraus de abatimento (que sugerem uma iminente ruptura); quantidade de pessoas e de ativos econômicos expostos ao risco; nível de suscetibilidade das encostas (através de um mapeamento de alta resolução); proximidade com áreas afetadas por deslizamentos pretéritos; análise minuciosa à respeito do lançamento concentrado de água (pluviais ou de uso público) e até mesmo de esgoto; e, quando possível, identificação de cisternas que possam conter vazamentos.

Sabendo que devido ao alto custo associado aos métodos convencionais de contenção de encostas, é muito provável que nem todas as áreas de risco poderão receber tal medida estrutural. Como sugestão para os demais casos, recomendamos que sejam avaliados métodos alternativos, como a **hidrossemeadura** das encostas,

aplicação de geotêxtil e/ou geomantas, os quais podem ser associados entre si dependendo de cada caso particular.

Nos casos mais complexos e de maior risco associado (*ou seja, maior impacto potencial – população, instalações e ativos econômicos vulneráveis - juntamente com maior suscetibilidade/fragilidade das encostas*), recomenda-se a possibilidade de **realocação** dos mesmos. Reiteramos que nestes casos é de suma importância estabelecer um processo que garanta a qualidade de vida dos moradores realocados e o bom funcionamento das instalações, objetivando que não motive os mesmos a retornarem para as localidades de onde foram retiradas. Neste sentido, cabem ainda outras medidas em paralelo para conter este processo, tais como uma intensa fiscalização, a interdição e demolição das moradias / instalações expostas ao risco, para que juntos possam garantir o sucesso da realocação no longo prazo.

Ainda que Salvador possua desde 2016 seu próprio Centro de Monitoramento de Alertas e Defesa Civil (Cemadec, da Codesal) e seja também um dos municípios prioritários para o monitoramento através do Cemaden, reiteramos a importância da ação de **monitoramento e envio de alertas precoces de desastres naturais** para o município. Obviamente que não se trata de uma nova demanda a ser criada, mas ressaltamos a importância para a manutenção e aperfeiçoamento dessas atividades que já estão vigentes e atuantes. Especificamente, recomenda-se que haja um maior investimento em instrumentação *in loco* que permita avaliar tecnicamente, e de maneira mais precisa, a relação das chuvas e a movimentação das encostas. Isto contempla instrumentos como sensores de umidade de solo, prismas de movimentação monitorados por Estações Totais Robotizadas (ETR), iniciativas estas que já foram iniciadas pelo Cemaden e atualmente estão estagnadas. Devido ao caso crítico que Salvador se encontra, entendemos que há margem para justificar a importância da criação e/ou aperfeiçoamento dos modelos de previsão meteorológica de alta resolução (espacial e temporal, incluindo *nowcasting*) que seja configurado/parametrizado para melhor prever com antecedência os fenômenos atmosféricos que ocorrem local e regionalmente, os quais são dificilmente detectados nos modelos feitos para escala nacional. Desta forma, seria possível estudar **planos de contingenciamento mais robustos para evacuação e preparação da população** em casos de eventos muito extremos, os quais só poderiam ser acionados com sistemas de previsão de alta precisão temporal espacial devido ao nível de complexidade e mobilização que estas ações causariam, não podendo dar margem para falsos alertas, sob o risco dos mesmos caírem no descrédito da população.

4.4 São José dos Campos e Vale do Paraíba (SP)

As recomendações aqui apresentadas se referem especificamente ao município São José dos Campos, mas também podem ser aproveitadas para subsidiar no direcionamento de ações de adaptação para Taubaté, município quase vizinho e que se destacou nas análises através do índice de impacto potencial. São José dos Campos foi identificado como um município crítico através da análise por consenso dos modelos, sendo que a tendência observada pelo Eta-HadGEM é de um forte aumento de eventos extremos de precipitação e, pelo Eta-MIROC, um aumento discreto, conforme apresentado na Figura 14.

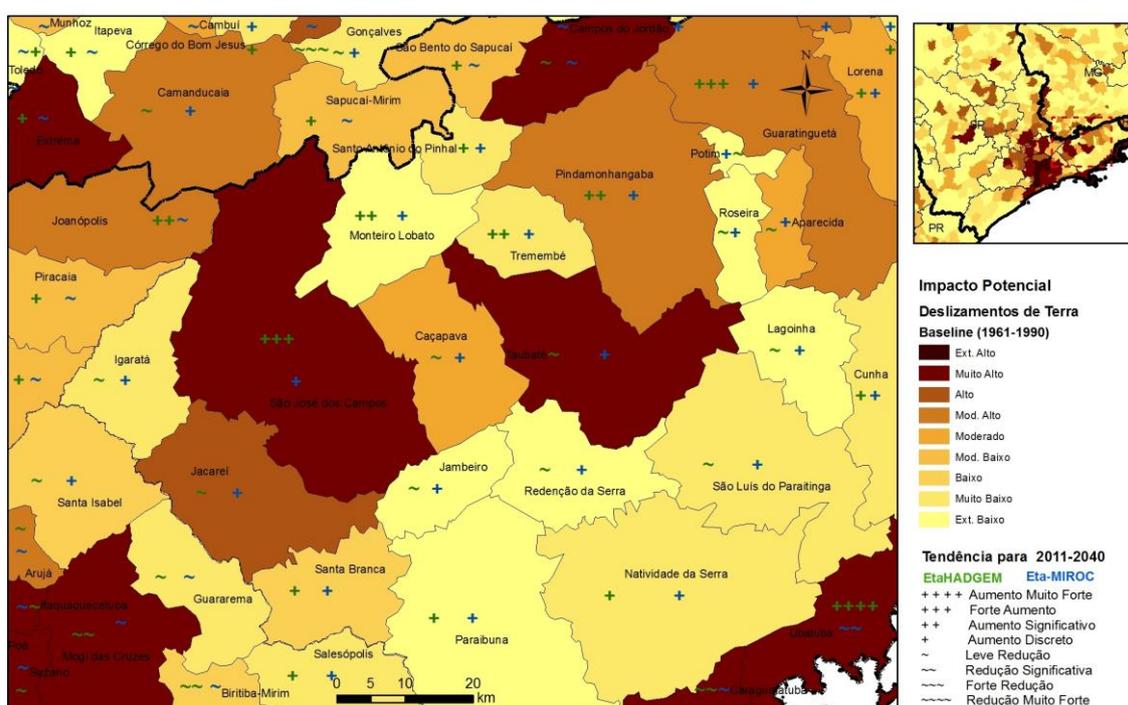


Figura 14- Mapa de Impacto Potencial para a região próxima à São José dos Campos (SP) para o período de referência (1961-1990). Os caracteres em verde e azul indicam o aumento (+) ou redução (-) deste impacto potencial para o período de 2011-2040 e são referentes aos resultados obtidos através dos modelos Eta-HadGem e Eta-MIROC, respectivamente.

Ao observar a Figura 14, nota-se que regionalmente São José dos Campos localiza-se onde os modelos sugerem o maior incremento de impacto potencial no período futuro, principalmente quando observamos o resultado do Eta-HadGEM. Na verdade, esta tendência da intensificação dos eventos extremos de chuva não é projetada da mesma forma para todo seu território municipal, sendo mais acentuada na sua porção norte, onde localiza-se a Serra da Mantiqueira. Esta mesma condição pode ser observada em praticamente todos os municípios do Vale do Paraíba que estão na faixa leste da face da Serra da Mantiqueira (sinalizado pelos símbolos “+”), como Monteiro Lobato, Tremembé, Santo Antônio do Pinhal, Pindamonhangaba,

Guaratinguetá, entre outros. Isto pode ser parcialmente explicado por uma intensificação da brisa de vale e montanha (anabática) devido ao aumento médio de temperatura nessa região, o que favoreceria a formação de chuva através deste mecanismo, uma vez que favorece a formação de nuvens *cumulus* nas regiões de relevo mais alto.

Embora São José dos Campos apareça como um município crítico para o caso de deslizamentos de terra, seu histórico de desastres desta natureza é bem pequeno. Isto se deve ao fato de que a cidade não possui muitas encostas habitadas, de modo que este processo de ocupação se deu nas últimas décadas, onde alguns bairros foram surgindo em sua porção norte, mais próximas às encostas da Serra da Mantiqueira. É nesta porção do município que estão localizadas as áreas de risco mapeadas pela CPRM, de modo que alguns eventos têm ocorrido mais frequentemente nos últimos anos, tanto para o caso de deslizamentos de terra quanto inundações. Adicionalmente, por ser uma cidade em desenvolvimento e com alto grau de urbanização, constantemente tem sido impactada por eventos de enxurradas urbanas e alagamentos em sua porção central, causando prejuízos financeiros de diferentes magnitudes, mas não ao ponto de causar óbitos. No entanto, para o futuro (2011-2040) as projeções sugerem que estes impactos se tornem mais comum, pois há sinalização dos modelos para o aumento da frequência e magnitude dos eventos extremos meteorológicos nas próximas décadas, sob um grau de alta confiabilidade. Esta constatação já se fazia presente em outros estudos pretéritos que abordam esta temática, como o apresentado em Camarinha (2016), onde São José dos Campos é tido como o município paulista com o maior incremento de impacto potencial até o final do século para desastres relacionados à precipitações extremas.

Portanto, fica claro que São José dos Campos se difere dos demais municípios apresentados anteriormente (Blumenau, Recife e Salvador), pois a condição que o caracteriza como crítico dentro desta temática é majoritariamente decorrente do prognóstico dado pelas projeções do clima futuro, e não necessariamente pela situação atual e seu histórico. Isto implica em algumas barreiras / dificuldades na implementação de uma agenda de adaptação, visto que os impactos causados por eventos de precipitação não são entendidos como algo tão preocupante quanto nos outros casos, seja pela sociedade, seja pelo poder público. Por outro lado, este cenário atual observado no município (não crítico) permite um tempo maior para que esta temática seja difundida e os problemas futuros sejam melhor compreendidos por todas as partes.

Consideramos que esta etapa é imprescindível para permitir o avanço das diferentes iniciativas que devem ser tomadas no médio e longo prazo para minimizar os impactos potenciais.

Desta forma, a estratégia para se promover as ações de adaptação e redução de risco aos desastres deve ser iniciada pela **capacitação** das equipes de instituições relacionadas ao gerenciamento de risco aos desastres, além dos próprios gestores municipais, os quais precisam estar cientes da problemática existente. Sugere-se a organização de oficinas e cursos para este público, além de palestras educacionais para a população em geral. Atualmente, o projeto Cemaden Educação pode seguir esta linha, atuando em escolas da rede pública municipal visando disseminar o conhecimento a respeito dos desastres naturais e aumentar a percepção de risco, de modo que sugerimos que esta iniciativa seja fortalecida. O município conta ainda com universidades (ex: Unesp, UNIFESP, UniVAP) e instituições de excelência em pesquisa e desenvolvimento como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), os quais podem ser parceiros articuladores desta estratégia e também de futuros projetos que de pesquisa que corroborem para não somente difundir a importância do tema, mas também para fomentar no próprio processo de adaptação municipal e regional.

Devido ao fato do cenário de risco atual não ser tão crítico, isto é, há um número relativamente pequeno de pessoas morando em áreas de risco (comparado com os outros casos citados anteriormente), é possível pensar de forma mais objetiva na ação de **realocação** destas moradias, visto que tal medida é mais factível. A maioria das áreas de risco de deslizamento, por exemplo, estão localizadas em pequenos e recentes bairros na Zona Norte de São José dos Campos. Esta porção do município ainda é majoritariamente rural e possibilita que novos assentamentos sejam construídos de forma planejada, permitindo que os moradores realocados não se desloquem em demasia (o que seria considerado uma barreira para que haver aceitação social). Reiteramos que paralelamente é necessário que **mecanismos de controle e fiscalização** para que o avanço da urbanização não ocorra em áreas suscetíveis aos deslizamentos e inundações e este mesmo cenário não se repita daqui alguns anos.

Sabemos que já existe legislação vigente a respeito dessas restrições, tanto em nível Federal – dada pelo Código Florestal, na forma de Lei Federal no 4.771, de 1965 e alterações posteriores; quanto municipal, dado pelo Plano Diretor e Macrozoneamento Rural e Urbano, sobretudo a Lei Complementar Nº 428, de 09/08/2010 que estabelece as normas relativas ao parcelamento, uso e ocupação do solo em São José dos Campos.

No entanto, reforçamos a necessidade de se fazer cumprir o exposto em tais instrumentos legais de forma incisiva, pois ainda que esteja explícito no parágrafo I e IV do artigo 10, Seção II, da Lei Complementar Nº 428 que *“não poderão ser parcelados para fins urbanos: i) I - terrenos alagadiços ou sujeitos a inundação; e iv) terrenos nos quais as condições geológicas não aconselham a edificação, incluídos locais sujeitos a deslizamentos de terra, erosão e instabilidade geotécnica”*, é possível encontrar casos recentes de moradias que se encontram em situação irregular. Neste sentido, consideramos que os resultados desta consultoria (a respeito dos impactos das mudanças do clima) sirvam como um argumento adicional para reforçar tal legislação vigente e mecanismos de fiscalização e controle e evitar impactos futuros para a própria sociedade.

Devido ao caráter rural e de preservação desta mesma porção de São José dos Campos (Zona Norte), consideramos que outra medida de adaptação importante para ajudar a minimizar os impactos da mudança do clima seria a elaboração de **Programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)** e/ou outros mecanismos e instrumentos que favoreçam a conservação e replantio de mata nativa, além da conservação do solo. Conforme exposto anteriormente, a porção Norte do município é considerada como uma zona Rural, a qual faz divisa com Áreas de Preservação Ambiental (APA), e permitiria e possui potencial para que programas como esse sejam implementados. Basicamente, a ideia é que os produtores rurais sejam remunerados ao estabelecer e manter práticas conservacionistas dentro de sua propriedade, baseando-se no princípio que a conservação e replantio de mata nativa e práticas de conservação do solo trarão diversos benefícios para o entorno destas áreas e também para a porção central do município, que fica à jusante. Esta é uma medida que contempla uma forma específica de adaptação, denominada **Adaptação baseada em Ecossistemas (EbA)**, a qual pode contemplar também outras ações sinérgicas que utilizam o próprio meio ambiente como instrumento para minimizar os impactos decorrentes da mudança do clima. Para que AbE tenha suporte de projetos de PSA, é sugerido que três eixos sejam traçados: (1) avaliações e produção de conhecimento para esta temática, (2) redes de capacitação e projetos demonstrativos, e (3) integração das estratégias AbE/PSA nos planos nacionais, estaduais ou regionais de desenvolvimento e adaptação, especialmente ligados a extremos hidrológicos de secas, estiagens, enchentes e deslizamentos. Neste aspecto, há uma grande transversalidade desta medida, pois os serviços ecossistêmicos de interesse ao gerenciamento de risco a desastres contribuem também na adaptação de outros setores. São especificamente de interesse à gestão de risco a desastres os serviços ambientais prestados pela floresta e conservação do solo

que estão relacionados à água, tais como: aumento do potencial de infiltração, diminuição do escoamento superficial, regulação do ciclo hidrológico em escala de microbacias e estabilidade de encostas.

Nota-se, portanto, que ao considerar apenas estes exemplos de benefícios vindouros de PSA, outros setores/secretarias municipais podem ser igualmente beneficiados por projetos dessa natureza (ex: recursos hídricos, planejamento territorial urbano, infra-estrutura, mobilidade urbana). As medidas específicas e regulamentação destes projetos deverão ser avaliadas com a participação do Poder Público, comitês setoriais e comitês de bacia, sociedade civil organizada e instituições de pesquisa, a fim de se adequar melhor as necessidades e potencialidades locais. Outra vantagem deste tipo de medida de adaptação é que também favorecem a mitigação das mudanças do clima através de seqüestro de carbono, além de promoverem diretamente outros serviços ambientais relacionados à conservação da biodiversidade.

Para se ter uma ideia de como o município poderia melhor explorar alguns instrumentos deste tipo e que teriam sinergia com PSA, os dados oficiais do ICMS Ecológico do Estado de São Paulo referente ao ano de 2017, mostram que o “Índice de Áreas Protegidas” de São José dos Campos, utilizado para o cálculo do “Índice de Participação dos Municípios (IPM)”, tem uma contribuição de apenas 0,07% do repasse do ICMS feito pelo estado. É preciso esclarecer que a quantidade de áreas protegidas é apenas um dos critérios considerados para o cálculo do IPM, sendo os outros: população, receita tributária própria, área agricultada, área ocupada pelos reservatórios de energia elétrica, área protegida e valor adicionado (soma de tudo o que as empresas do município venderam, menos o que elas compraram). Como o São José dos Campos é um município com uma das maiores rendas e população do Estado, o IPM acaba sendo alto mesmo com o baixo Índice de Áreas Protegidas. No entanto, caso estas áreas protegidas aumentassem, o município poderia contar com um repasse ainda maior, o qual poderia ser destinado justamente para retroalimentar esta estratégia, trazendo ainda benefícios para a redução de risco aos desastres no longo prazo quando bem geridos. Cabe aqui esclarecer que o termo “áreas protegidas” para o cálculo deste índice não se limita apenas à Unidades de Conservação, Reservas e Parques, pois a lei considera também APAs no cálculo, onde são permitidas diversas atividades produtivas, que seria o melhor caso para ser explorado no município.

Recomenda-se ainda que São José dos Campos conte com **sistemas de monitoramento e envio de alertas precoces de desastres**, sobretudo pelo fato do Cemaden estar situado no próprio município, podendo dar suporte direto à Defesa Civil

municipal, e vice-versa (co-capacitação). Por ser um município com pouca estatística de desastres de média e grande magnitude, consideramos que o aprendizado conjunto a respeito dos principais fatores condicionantes dos desastres é muito importante para manter o município com baixa estatística relacionada à óbitos e prejuízos financeiros. No escopo deste aprendizado, destaca-se a importância do conhecimento dos limiares críticos de precipitação que deflagram os processos geo-hidrológicos, bem como as principais características sociais e de infraestrutura que possuem correlação com os eventos mais relevantes registrados ao longo do tempo. Isso não somente ajudará à melhorar a qualidade e antecipação do envio de alertas, mas também a elaborar planos de atuação e de contingenciamento da Defesa Civil.

4.5 Litoral Sul do Rio de Janeiro e divisa com Litoral Norte de São Paulo

Este *hotspot* é considerado atualmente como altamente vulnerável aos processos de **deslizamentos de terra**, mas frequentemente também impactado por alagamentos, enxurradas urbanas que, às vezes, se somam com os processos de maré meteorológica e inundações de pequenos córregos e rios, porém em menor intensidade. Por estas características e histórico de desastres, somado ao que as projeções indicam, destacam-se os municípios de Angra dos Reis (RJ) - que inclui Ilha Grande - e Ubatuba (SP), mas também considerando Paraty (RJ), com menor relevância.

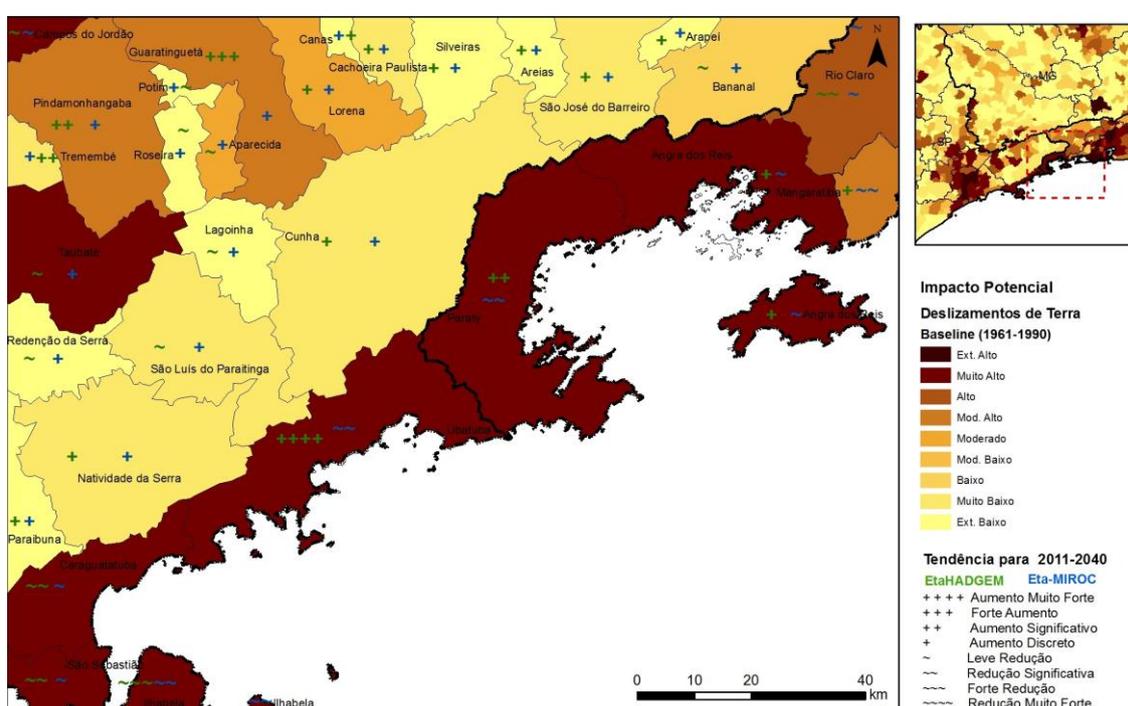


Figura 15 - Mapa de Impacto Potencial para a região de Ubatuba (SP), Paraty (RJ) e Angra dos Reis (RJ) para o período de referência (1961-1990). Os caracteres em verde e azul indicam o aumento (+) ou redução (-) deste impacto potencial para o período de 2011-2040 e são referentes aos resultados obtidos através dos modelos Eta-HadGem e Eta-MIROC, respectivamente.

Conforme ilustra a Figura 15, Nesta porção há divergência entre os modelos a respeito do aumento/diminuição dos eventos extremos de precipitação e, conseqüentemente, do impacto potencial associado às ameaças citadas, sobretudo aos deslizamentos de terra. Por um lado, o Eta-HadGem, que possui maior habilidade de representar o clima desta região, sugere mais fortemente o aumento da frequência e severidade destes eventos, enquanto o Eta-MIROC indica um redução significativa. No entanto, esta divergência se dá basicamente pela estreita faixa que estes municípios ocupam no litoral, o que muitas vezes não coincide com a grade de 20km dos modelos climáticos, fazendo com que o resultado das projeções de pontos do oceano sejam

contabilizados dentro de seu território, causando um erro maior no resultado final. Mas, quando olhamos para o sinal dos municípios adjacentes que não são estreitos e não fazem divisa com o oceado, sobretudo aqueles que estão ao Norte (tais como Natividade da Serra, Cunha e São José do Barreiro), esta sinalização da intensificação dos eventos extremos aparece melhor representada.

Além disso, ressalta-se que estes municípios se localizam exatamente entre uma faixa de transição onde há sinalização dos modelos em inferir o aumento ou a diminuição dos eventos extremos de precipitação ao olhar um pouco mais ao norte - nordeste ou um pouco mais ao sul-sudoeste. Todos estes fatores caracterizam os resultados com incerteza moderada. Contudo, devido ao cenário atual já descrito anteriormente, há alta confiabilidade de que os impactos aumentariam significativamente se esta hipótese se concretizar, ainda que houvesse um discreto aumento dos eventos extremos, podendo levar à cenários de desastres de grande magnitude com maior frequência que habitualmente.

Estes municípios estão inseridos no domínio da Serra do Mar, a qual se caracteriza como uma típica borda de planalto, com topos em altitudes variando de 800m a 1.200m (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998). Possui como particularidade escarpas festonadas, de modo que seu domínio se estende por mais de 1.000 quilômetros, indo Estado do Rio de Janeiro até Santa Catarina. Tais características associadas ao regime pluviométrico da região com aproximadamente 1200 mm anuais, concentrados principalmente no verão (dezembro a março), têm contribuído na deflagração de diversos eventos, com consequentes perdas de vidas e centenas de desabrigados. Os principais processos de movimento de massa que oferecem risco para a sociedade nesta região são os escorregamentos rasos naturais ou, mais frequentemente observados, os escorregamentos rasos induzidos em taludes de corte e aterro, ambos geralmente associados com solos rasos e depósitos coluvionares (WOLLE; CARVALHO, 1989; IPT, 1986; TATIZANA, 1987a).

É comum observar ocorrências isoladas de escorregamentos translacionais (planares) ao longo de cada estação chuvosa (novembro-abril), sendo que os eventos meteorológicos extremos são os que desencadeiam deslizamentos com maior potencial de impacto. Por algumas vezes ocorrem forma generalizada, normalmente, entre janeiro e meados de março.

De forma geral, pode-se dizer que a expansão urbana nesta região aconteceu rapidamente sob as áreas mais planas, próximas ao litoral e das áreas portuárias, as

quais apresentavam condições favoráveis para o desenvolvimento urbano. Principalmente durante a segunda metade do século passado, houve praticamente o esgotamento das áreas regulares com a infraestrutura local nestas porções, fazendo com que as encostas começassem a ser ocupadas. Com as restrições que existem quanto à verticalização em alguns dos municípios e com a especulação imobiliária devido à valorização turística das áreas mais planas, a expansão urbana, que por muitas vezes ocorreu de forma desordenada, migrou para áreas de encostas e próximas às serras, estabelecendo novos cenários de risco a desastres relacionados com movimentos de massa. Esta explicação se faz necessária porque algumas das sugestões de ações e adaptação são direcionadas justamente para minimizar o impacto neste contexto.

Para este cenário descrito anteriormente, **as ações estruturais (como a execução de obras de contenção)** são tidas como as mais convencionais em tratar do risco instalado. Estas obras devem ser planejadas individualmente, conforme a demanda específica de cada localidade em que o município, Estado ou Governo Federal, tiver interesse de intervir. Recomenda-se que mapeamentos de suscetibilidade de alta resolução (natural e induzida, considerando as atividades antrópicas) sejam elaborados e/ou utilizados para nortear a escolha das regiões mais críticas que irão receber tais intervenções.

Paralelamente, da mesma forma que os casos previamente citados, os **mecanismos de controle e fiscalização** também são de suma importância para que o mesmo processo de urbanização em encostas que ofereçam risco geológico não avance. No caso destes municípios, sua grande extensão territorial ao longo do litoral fez com que muitos bairros e ocupações isoladas fossem estabelecidos próximos às praias, mas longe dos centros urbanos que contam com melhor infraestrutura básica. Esta característica dificulta o trabalho da Defesa Civil e órgãos fiscalizadores, uma vez que as equipes de trabalho são reduzidas. Para contornar esta dificuldade, recomenda-se que sejam utilizadas imagens de satélite de alta resolução espacial e temporal (anual, por exemplo), associadas à métodos de sensoriamento remoto, objetivando identificar núcleos recentes de assentamentos urbanos que possam estar avançando em direção a áreas previamente identificadas como de alto risco.

No entanto, esta porção do litoral de São Paulo e Rio de Janeiro também possui grandes áreas preservadas, localizadas em maiores altitudes e com terrenos ainda mais acidentados. Esta boa conservação caracteriza um dos maiores núcleos preservados de Mata Atlântica devido à existência dos Parques Estaduais que contemplam estas

localidades, onde praticamente não há moradias expostas ao risco de deslizamentos. Porém, há estradas de importante acesso ao litoral cortando a Serra, destacando-se a Rodovia Estadual SP-125, nomeada “Rodovia Oswaldo Cruz”, que liga o Vale do Paraíba (Taubaté, SP) até Ubatuba (SP); e a Rodovia RJ-165, nomeada de “Estrada Parque Comendador Antonio Conti”, que liga o município de Cunha (SP) até Paraty (RJ).

Estas duas estradas recebem um grande fluxo de veículos, sobretudo durante o verão, onde os turistas vão em direção ao litoral. O problema nestes casos é configurado porque é durante o verão que a grandiosa maioria de deslizamentos de terra à beira destas estradas são deflagrados. Isto ocorre porque grande parte destas estradas é margeada por taludes de corte-e-aterro que eventualmente são mobilizados pelas chuvas intensas e se movimentam encosta abaixo. Por diversas vezes, há a interrupção do fluxo de veículos pelas “quedas de barreiras” sobre às pistas ou pela desestabilização das encostas abaixo das mesmas, causando impactos diretamente no trânsito (o que pode causar prejuízos econômicos associados), à própria infraestrutura das estradas (consequentemente às concessionárias), mas também colocando em risco os motoristas que por ali passam durante, ou logo após, eventos de chuvas extremas. Para estes casos, ações estruturais também são consideradas necessárias, mas muitas vezes inviáveis pelo alto custo financeiro e dificuldade de execução envolvido nestas localidades. Para casos mais críticos que podem ser diagnosticados através de mapeamentos técnicos, reforçamos que este tipo de ação seja sim implementada. No entanto, para os demais casos, **o monitoramento geotécnico das encostas associado ao envio de alertas** às concessionárias e órgãos responsáveis pode ser uma solução de curto e médio prazo que ajude a minimizar possíveis impactos.

Neste ponto, é nítida a importância dos **sistemas de envio e alertas precoces** de desastres naturais para que haja a devida mobilização da Defesa Civil e a população. Atualmente, a região já é monitorada pelo Cemaden, sendo que Ubatuba e Angra dos Reis estão na lista dos 958 monitorados atualmente pelo centro, os quais recebem os alertas em situações nas quais haja possibilidade de impactos significativos acontecerem. Paraty é considerado um município “a monitorar”, o que significa que ele ainda não possui todos os pré-requisitos básicos para que seja enviado um alerta mais preciso e, neste caso, o centro envia “comunicados de atenção”, que seria um documento mais simples e não tão específico quanto um alerta propriamente dito. Angra dos Reis possui cerca de 30 pluviômetros do próprio Cemaden instalados em seu território, Ubatuba possui 22, e Paraty apenas 4. Embora todos os municípios estejam

dentro da área de alcance dos radares meteorológicos de São Roque e do Pico do Couto, esta região se localiza exatamente na borda limite do alcance de ambos os radares, o que implica numa pior qualidade do dado recebido quando comparados com outros municípios mais próximos dos radares. Sendo assim, sugere-se que **investimentos futuros sejam direcionados para uma melhor instrumentação observacional nesta região**, seja através de novos pluviômetros, de uma manutenção mais frequente da rede de pluviômetros e radares, de novos sensores que possam ajudar nas tomadas de decisão de envio de alertas (como sensores de umidade no solo, instalação de prismas e Estações Totais Robotizadas em áreas mais críticas) e até mesmo a instalação de um novo radar meteorológico de alta resolução (Banda X), sendo que este não precisaria ter um alcance maior do que 50km para cobrir a região de interesse aqui mencionada (os atuais radares que pertencem ao Cemaden utilizam tecnologia de Banda S e alcance de 250 km).

Cabe ressaltar que o atual monitoramento (Cemaden) é focado e balizado para enviar alertas considerando as populações que vivem em áreas de risco previamente mapeadas, não havendo informações específicas que possam subsidiar diretamente a demanda relacionada às estradas. Desta forma, recomenda-se que os municípios e instituições parceiras **promovam estudos que avaliem as especificidades** destas localidades marginais às estradas, a fim de serem definidos limiares críticos de precipitação que caracterizem situações de risco iminente aos deslizamentos, de modo que estas informações possam suportar planos de ação e contingenciamento (ex: bloqueio total ou parcial, temporário, de trechos das rodovias; treinamento dos Bombeiros, Defesa Civil e instituições associadas para casos de resposta aos impactos, incluindo atendimento às vítimas em locais de difícil acesso e rápida desobstrução das vias, entre outros).

Ainda cabe ressaltar que **ações de educação ambiental visando aumentar a percepção de risco das comunidades** são extremamente importantes para torná-las mais resilientes ao longo do tempo. Considerando que os municípios desta região recebem grande quantidade de turistas, é possível planejar ações pontuais voltadas para este público, uma vez que estes podem não ter o mesmo conhecimento/percepção dos riscos locais e de como devem agir em situações de emergência.

5. RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES DE ADAPTAÇÃO, POR MUNICÍPIO, PARA OS CASOS DE DESASTRES ASSOCIADOS À SECAS E ESTIAGENS

Previamente às recomendações para cada município identificado como crítico nas análises dos Produtos 5, 6 e 7, colocamos algumas considerações gerais sobre a temática de adaptação ao enfrentamento das secas no Brasil, as quais comumente são vinculadas aos problemas observados no Nordeste brasileiro, sobretudo no Semiárido. Consideramos esta contextualização necessária porque, 4 dos 5 municípios/hotspots escolhidos estão no Nordeste, ainda que apenas Santa Inês (BA) esteja no domínio do Semiárido.

Em geral, a pauta da adaptação tem evocado a antiga noção de combate ou convívio com a seca, não promovendo a capacidade adaptativa das comunidades impactadas, tampouco tornando-as mais resilientes. Para municípios do Nordeste, podemos dizer que após muitos planos de ação, projetos e estudos sobre as secas no semiárido do Nordeste, as políticas hídricas não transformaram o Semiárido brasileiro numa região plenamente adaptada aos extremos da variabilidade do clima. Em alguns casos, medidas temporárias como a distribuição de cestas básicas e o programa de carros pipas têm sido tradicionalmente inefetivas como ações de mitigação das secas e seus impactos, não podendo ser consideradas medidas de adaptação propriamente ditas. Neste estudo e outros citados, apresenta-se uma compreensão crítica e abrangente sobre a área semiárida do Brasil, no passado e no presente, sugerindo que os governos Estaduais do Nordeste e Federal implementem estratégias político-institucionais para promover a gestão sustentável da seca, no contexto de mudança do clima.

Expõe-se também que a **transposição de água de rios como feito na Europa, Estados Unidos e China podem ser considerados medidas de adaptação**. Ela propicia maior adaptação da população que mora e regiões áridas e semiáridas às crises hídricas, tais como aquelas que estão atualmente acontecendo em várias regiões do mundo, assim como as previstas em caso de mudança do clima (favorecendo para a ocorrência de mais secas). **No Brasil, o caso do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) teria potencial para exercer a função de adaptação**, ainda que o PISF não tenha sido concebido claramente como uma medida que considerasse as mudança do clima. Mesmo após a conclusão das obras da transposição, as variáveis climáticas/hidrológicas continuarão exercendo influência para que sejam estabelecidas secas meteorológicas, o que torna o conhecimento da causa das secas enquanto um

desastre ainda mais necessário, além da sua devida adaptação. A efetividade do PISF, portanto, será um indicativo de como o Brasil articula e implementa políticas públicas e medidas de intervenção para promover a adaptação de populações vulneráveis. Discutir a gestão do PISF e sua distribuição de água como medida de adaptação às mudanças do clima seria uma oportunidade excepcional de aplicação do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima estabelecido pelo governo brasileiro. Pontes (2018) analisou o Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional no contexto de adaptação às mudanças do clima e concluiu que, da maneira como tem sido executado e gerido desde sua inauguração, em março de 2017, a infraestrutura não contribui para a adaptação às mudanças do clima das populações mais vulneráveis do semiárido. Esta constatação reforça a necessidade de uma revisão a respeito da gestão de recursos voltados para esta finalidade, bem como de todas as políticas atualmente instituídas que são voltadas para estas tratativas.

5.1 Recife (PE)

Recife foi considerado o município mais crítico para os impactos de secas através da análise consensual dos modelos climáticos utilizados neste projeto, obtendo o maior **índice de impacto potencial médio** entre todos os municípios brasileiros (ver Produto 7). Dando suporte à esta constatação, tem-se também os resultados do PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas), que aponta Recife como a 16ª cidade do mundo mais vulnerável aos efeitos das mudanças do clima, o que vai de acordo com as evidências apontadas neste projeto, uma vez que foi a única cidade brasileira onde o presente estudo indicou o aumento expressivo do impacto potencial relacionado três tipos de desastres avaliados (secas, inundações/enxurradas e alagamentos, deslizamentos de terra). A seguir, está o mapa ilustrando parcialmente esta condição e Recife, representada pelos resultados utilizando as projeções do modelo Eta-MIROC.

Através da Figura 16, nota-se que outros municípios adjacentes também apresentam uma situação crítica apontada pela análise consensual, como é o caso de Olinda e Camaragibe, por exemplo. No entanto, deu-se preferência para Recife ser escolhido como um município piloto por conta de seu avanço relacionado à adaptação nos últimos anos, o qual poderá servir de exemplo para os demais municípios, da mesma forma que as ações de adaptação aqui recomendadas. Além disso, como mencionado anteriormente, Recife foi o único município que aparece como crítico para os três tipos de desastres analisados neste projeto.

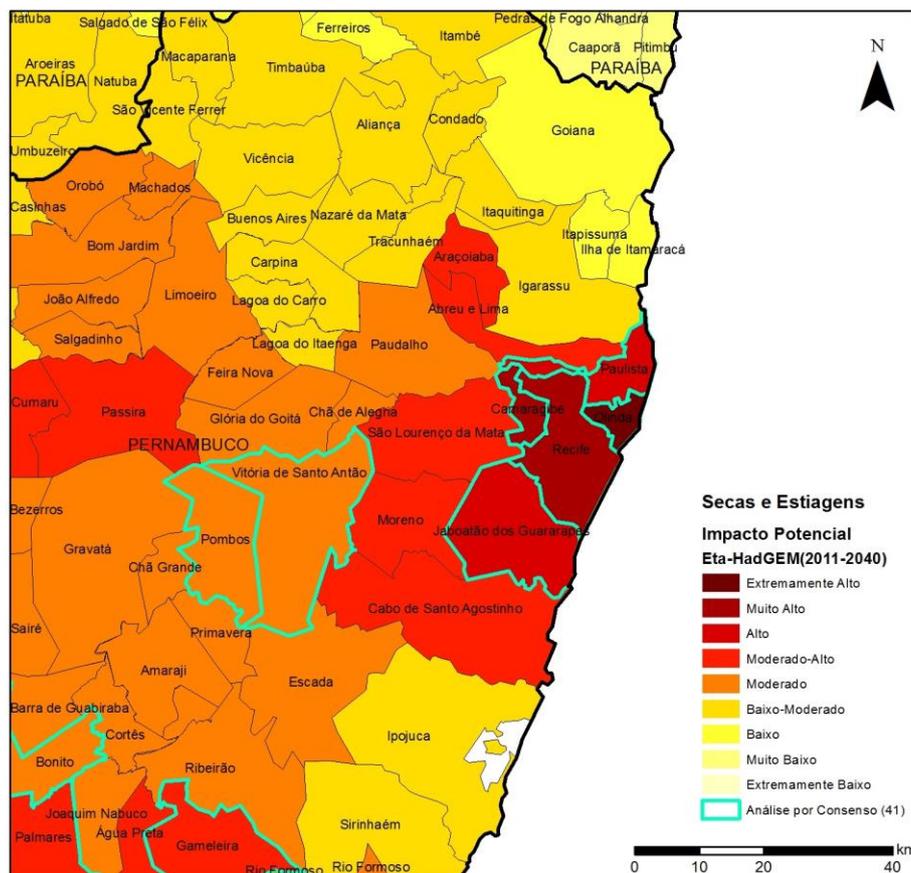


Figura 16 – Mapa de Impacto Potencia relacionado às secas e estiagens na região de Recife (PE), utilizando os resultados das projeções do modelo Eta-HadGEM para o período de 2011-2040. Em azul estão destacados os municípios que são considerados críticos pela análise de consenso, isto é, que possuem índice de impacto potencial alto ou superior para os dois modelos utilizados, embora apenas o resultado do Eta-HadGEM esteja apresentado.

Durante a oficina realizada em novembro de 2018, citou-se diversas vezes a **Política de Sustentabilidade e de Enfrentamento das Mudanças Climáticas do Recife**, que tem como um de seus objetivos “adotar medidas e estratégias para a mitigação da mudança do clima por meio da redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), do fortalecimento das remoções por sumidouros desses gases, bem como a **identificação de vulnerabilidades na cidade, estabelecendo medidas adequadas de adaptação e resiliência**. Desta forma, ressalta-se que as sugestões aqui apresentadas devem ser inseridas dentro deste escopo, bem como os argumentos apresentados no desenvolvimento do projeto, como um todo, objetivando sustentar suas necessidades e sua relevância.

Especificamente para o caso das secas, de um lado a alta sensibilidade diagnosticada para o município se dá, majoritariamente, devido à combinação de alta densidade populacional em um cenário pessimista a respeito da oferta de água par abastecimento público. De outro lado, o alto índice de exposição é vindoura da redução da média de precipitação anual e aumento das temperaturas até 2040, bem como uma maior variabilidade entre anos muito secos e muito úmidos, onde, segundo as projeções

utilizadas, prepondera a situação de anos mais severamente secos quando comparado com os anos severamente úmidos.

Ainda que o índice de impacto potencial tenha sido calculado considerando toda a área político-administrativa de Recife, sabe-se que problemas relacionados ao abastecimento e manutenção da disponibilidade hídrica dos mananciais não acontecem, necessariamente, no mesmo território onde há a maior demanda (região metropolitana), podendo ser provenientes de situações que acontecem em outras bacias onde estão localizados os mananciais. Isso traz a necessidade de olharmos o contexto ambiental onde estão inseridos os principais mananciais de Recife, sobretudo Pirapama e Tapacurá, para que seja possível direcionar as melhores medidas de adaptação. Neste sentido, as projeções do clima são até um pouco mais pessimistas para a região onde os dois reservatórios estão inseridos, o que sugere que secas como aquelas que ocorreram em 1999 e 2013 aconteçam mais frequentemente.

Visto que o problema de abastecimento público seria o foco das medidas de adaptação, recomendamos que as ações sejam elaboradas para estes mananciais e nos seus entornos, e não necessariamente dentro do território político de Recife. Cabe citar aqui **medidas de conservação das matas nativas e do solo** na bacia onde os reservatórios estão inseridos, iniciando pelo processo de restauração das Áreas de Preservação Permanente (App's) e regularização das propriedades rurais. Cabe citar como exemplo que poderiam ser reformulados para os próximos anos o projeto Reflorestágua, da Sociedade Nordestina de Ecologia (SNE), organização não governamental que, entre 2005 e 2006, aplicou R\$ 880 mil, patrocinados pela Petrobras, no plantio de 55 mil mudas de espécies da Mata Atlântica, em 33 hectares da bacia do Tapacurá. Na ocasião, o projeto foi iniciado em dois municípios do agreste de Pernambuco e, na reedição para 2007-2008, com o mesmo volume de recursos, englobou outros seis municípios (Duarte et al., 2009).

O projeto contou com iniciativas de **educação ambiental e mobilização social, reflorestamento de matas ciliares, monitoramento da qualidade da água**, e ainda **capacitou agricultores** que criaram viveiros de mudas para o projeto, gerando renda e reduzindo custos de logística. Para garantir a disponibilidade das áreas ribeirinhas, usadas principalmente no cultivo agrícola, o projeto absorveu conceitos da **agrofloresta**, ampliando as opções de espécies a serem cultivadas, garantindo mais sustentabilidade aos donos das terras e melhorando diretamente sua capacidade adaptativa. Todas estas iniciativas podem ser contempladas dentro de uma estratégia

de adaptação, a qual recomenda-se que deve estar alinhada com as agendas de desenvolvimento sustentável regional e de gestão dos recursos hídricos.

Ainda sobre os reservatórios, **ações estruturais** para garantir o bom funcionamento do sistema também são alternativas que podem garantir a eficiência do sistema de abastecimento como um todo, tais como: **expansão e intensificação da manutenção preventiva das adutoras; eventual troca das adutoras para garantir melhor funcionamento do sistema, implementação de sistemas avançados de detecção de vazamentos e/ou intensificar os mecanismos atuais vigentes; e até mesmo avaliar a viabilidade técnico-financeira da construção de sistemas de abastecimento paralelos** para serem utilizados em situações de emergência em que o sistema principal estiver comprometido, seja pelo nível dos reservatórios ou de operabilidade.

O estado de Pernambuco, cujo parte do território semiárido recebe o Eixo Leste do PISF, instituiu em 2010 a **Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco**. Dentre as questões abordadas, a adaptação é definida como um conjunto de iniciativas e estratégias que permitem a adaptação, nos sistemas naturais criados ou pelos homens, a um novo ambiente, em resposta à mudança do clima atual ou esperada. **Quanto à adaptação, fazem parte dos objetivos da Política Estadual apoiar iniciativas e projetos que a favoreçam; suporte à educação, pesquisa, desenvolvimento e divulgação de tecnologias e medidas de adaptação, assim como a elaboração de um plano que contribua para adaptação (PERNAMBUCO, 2010).**

5.2 Baixada Maranhense (MA)

Este *hotspot* contempla uma série de municípios que estão na microrregião da Baixada Maranhense, especificamente Viana, Olinda Nova do Maranhão, Matinha, Penalva, Cajari e Pedro do Rosário; devido ao alto valor do índice de impacto potencial relacionado às secas. A Figura 17 apresenta o resultado para esta região e suas adjacências, com destaca para os municípios destacados em azul, que foram aqueles identificados como municípios críticos pelos análise por consenso, isto é, que apresentam impacto potencial alto ou superior quando se considera tanto as projeções do Eta-Miroc (especializado na Figura 17) quanto as do Eta-HadGEM.

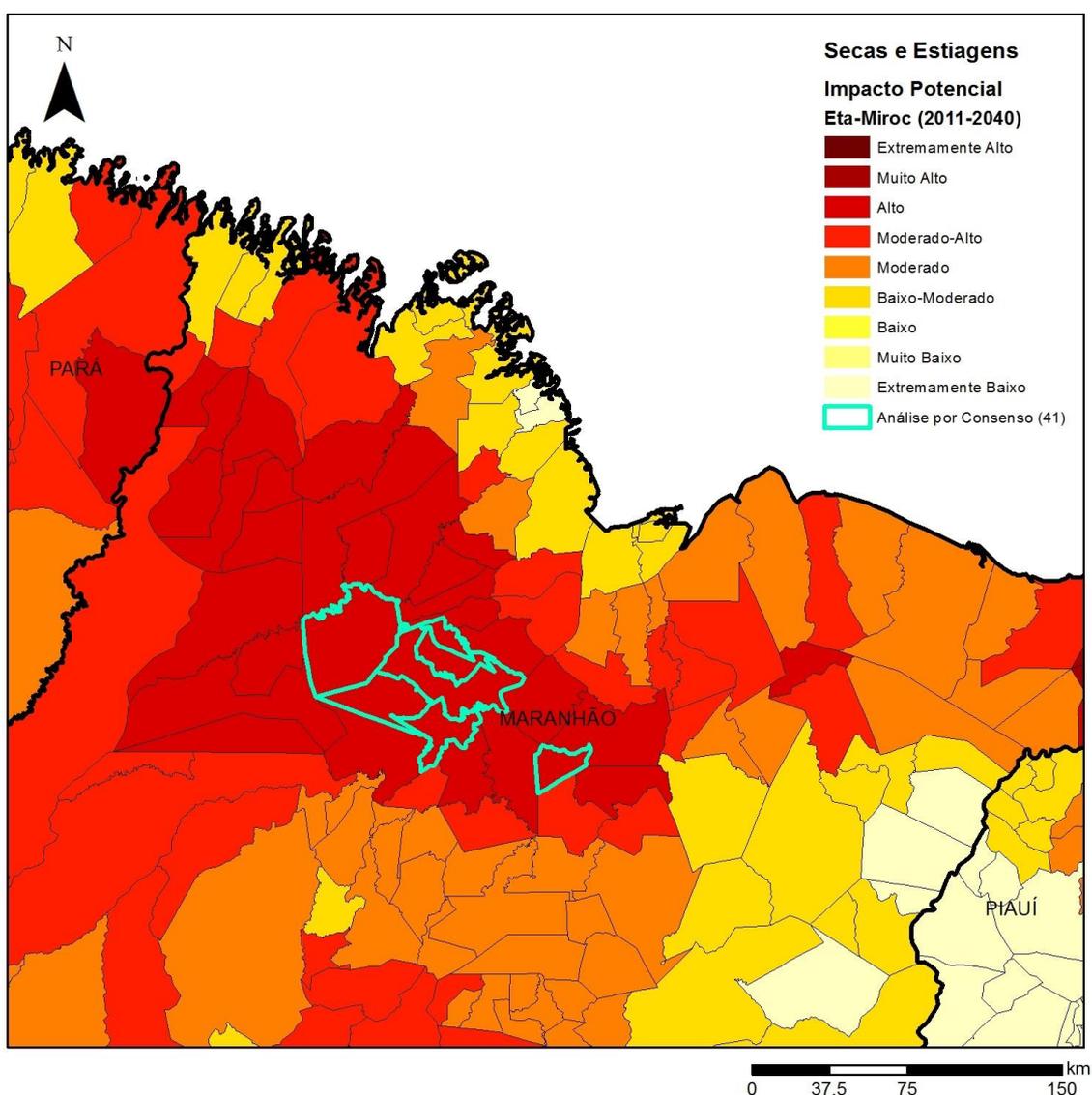


Figura 17 - Mapa de Impacto Potencia relacionado às secas e estiagens na região da Baixada Maranhense (MA), utilizando os resultados das projeções do modelo Eta-MIROC para o período de 2011-2040. Em azul estão destacados os municípios que são considerados críticos pela análise de consenso, isto é, que possuem índice de impacto potencial alto ou superior para os dois modelos utilizados, embora apenas o resultado do Eta-MIROC esteja apresentado.

A alta vulnerabilidade da região é representada parcialmente pelo seu moderado índice de sensibilidade, que por sua vez é fortemente influenciado pelos baixos índices socioeconômicos dos municípios da região, juntamente com a grande quantidade de recentes áreas de pastagens, as quais tem se degradado ao longo dos anos pelo uso da pecuária extensiva voltada para criação de búfalos. Do ponto de vista climático, há indícios desde o tempo presente de que fortes secas têm afetado à região e ainda há convergência entre os modelos climáticos em apontar uma tendência aumento moderado-alto na frequência e severidade de eventos de seca severas até 2040.

De acordo com as projeções feitas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) para o período de 2041 a 2070, dados considerados para a realização do estudo, a temperatura na porção oeste do estado poderá aumentar até 5,4°C, com destaque para o município de São Pedro da Água Branca. **Em cidades localizadas na porção central do Maranhão, como Barra da Corda e Jenipapo dos Vieiras, o aumento pode chegar a 4,8°C.** O litoral seria a parte menos afetada, com acréscimos entre 2,8°C (em Cururupu e Porto Rico do Maranhão) e 3,3°C (em Cândido Mendes e Turiaçu).

A região conhecida também como “Pantanal Maranhense”, formada por grandes planícies inundáveis, nas quais grandes lagos e áreas com lâmina d’água se formam na estação chuvosa, entre janeiro e julho, restando algumas ilhas de terra firme que são regionalmente chamadas de “teso”. Situada às margens do Golfão Maranhense, a região possui características naturais de grande relevância ambiental, com diferentes ecossistemas sob seu domínio, de modo que que a Baixada Maranhense foi transformada em Área de Proteção Ambiental, por meio do Decreto Estadual nº 11.900, de 11 de junho de 1991. Segundo descreve o MMA (2007) “A APA da Baixada Maranhense é uma área de rica biodiversidade, pois incorpora uma complexa interface de ecossistemas, incluindo manguezais, babaçuais, campos abertos e inundáveis, estuários, lagunas e matas ciliares. Esse mosaico de fisionomias e sua extensão na paisagem torna a APA uma unidade de conservação de extrema importância, pois permite a ocorrência de processos ecológicos de grande escala, além de que a área de manguezal funciona como regulador local dos estoques pesqueiros”.

Porém, desde a década de 60, há intensificação do processo de conversão dos campos inundáveis e *tesos* para pecuária (criação de búfalos), sob a promessa de que tal atividade alavancaria o desenvolvimento socioeconômico da região. Este processo foi promovido meio a ações de grilagem, de modo que a atividade além de não ter sido capaz de promover o crescimento econômico da região, trouxe considerável

desequilíbrio ambiental e acentuou ainda mais os conflitos sociais já presentes no estado (Dos Santos e Tavares, 2016).

Em anos de secas severas, como recentemente aconteceu entre 2010-2016, a região tem sido amplamente impactado pela falta de capacidade adaptativa das comunidades que vivem do extrativismo vegetal e da pesca. Até mesmo o setor com maior poderio econômico, a pecuária, tem sido afetado, de modo que búfalos e o gado bovino morrem atolados no lamaçal e também pela falta de alimento.

Embora a região tenha sido convertida em APA em 1991, mas há relatos de recorrentes relatos de desmatamentos e queimadas, além de que o processo de degradação do solo causado pela pecuária extensiva, principalmente pelo pisoteio, que impacta áreas adjacentes às de cultivo devido à impermeabilização e empobrecimento do solo.

A partir deste cenário previamente descrito e das informações coletadas durante a Oficina de novembro de 2018, sugerimos que as ações que primeiramente podem ser colocados no rol da estratégia de adaptação são aquelas mesmas de caráter conservacionista que foram previstas dentro do “*Projeto de Fortalecimento da capacidade institucional para a consolidação dos Sítios Ramsar brasileiros – Planejamento para Conservação de Áreas*”, elaborado pelo MMA, em 2007. Citamos aqui algumas das ações, vinculadas aos seus respectivos objetivos no referido documento, sob a perspectiva que esse processo deve ser continuamente replicado e difundido pela região, sendo que adaptamos tais ações para o presente escopo, além de retirar as datas e metas para cada uma das ações propostas:

- **promover programas específicos de educação ambiental**, sendo uma iniciativa para a região toda, abordando os problemas mais pertinentes a estes locais, incluindo os impactos decorrentes das mudanças do clima, através da articulação entre a Secretaria da Educação e outras instituições para produzir e desenvolver cartilhas ambientais na APA;
- **reduzir a população de búfalos criados de forma extensiva**, implementando recomendações sobre como deve ser feita a criação de bubalinos a partir do Plano de Manejo da Apa;
- **ter clareza sobre a real situação fundiária da APA, além de manter a fiscalização rigorosa e controle para casos irregulares;**

- implantar unidades demonstrativas e de capacitação para **práticas agroecológicas e de conservação do solo** em cada município, visando promover, no curto prazo, projetos exequíveis de agricultura ecológica e de conservação. Para esta ação, entendemos ainda que há margem para se explorar mecanismos de PSA que possam fomentar tais iniciativas e mantê-las no longo prazo.

Outra ação de adaptação que cabe aqui ser indicada já foi prevista e parcialmente executada na região. Trata-se da **construção de diques, como forma de armazenar e distribuir o grande volume de água que precipita na região durante a estação chuvosa** (cerca de 2000 mm). Até o começo de 2018, os chamados “*Diques de Produção*” chegavam à 17 dos 35 municípios previstos para receber tais obras. A construção dos canais tem com o objetivo armazenar água das estações chuvosas e garantir que a água dos campos fique armazenada e abasteça a produção dos agricultores em períodos de estiagem. Além da construção do canal, estão previstos serem implantados projetos produtivos com cultivos de açaí, banana ou caju, culturas temporárias, e também, criação de peixes nativos da região. Desta forma, reforçamos a importância da conclusão e expansão deste tipo de ação, que aumentará consideravelmente a capacidade adaptativa da região, ajudando a minimizar os potenciais impactos durante eventos futuros de secas.

5.3 Extremo nordeste de Alagoas e sudeste de Pernambuco

Este *hotspot* se localiza conforme apresentado na imagem a seguir, onde a análise por consenso dos modelos climáticos indicou vários municípios (destacados em azul claro) como críticos próximos à divisa dos estados de Alagoas e Pernambuco. Como forma de representar algumas características desta região, tomaremos os municípios de Palmares (PE) e União dos Palmares (AL) como exemplos, por terem as maiores populações e PIB entre os municípios considerados críticos nessa porção (destacada dentro da área delimitada pelo contorno pontilhado), sendo também os mais impactados.

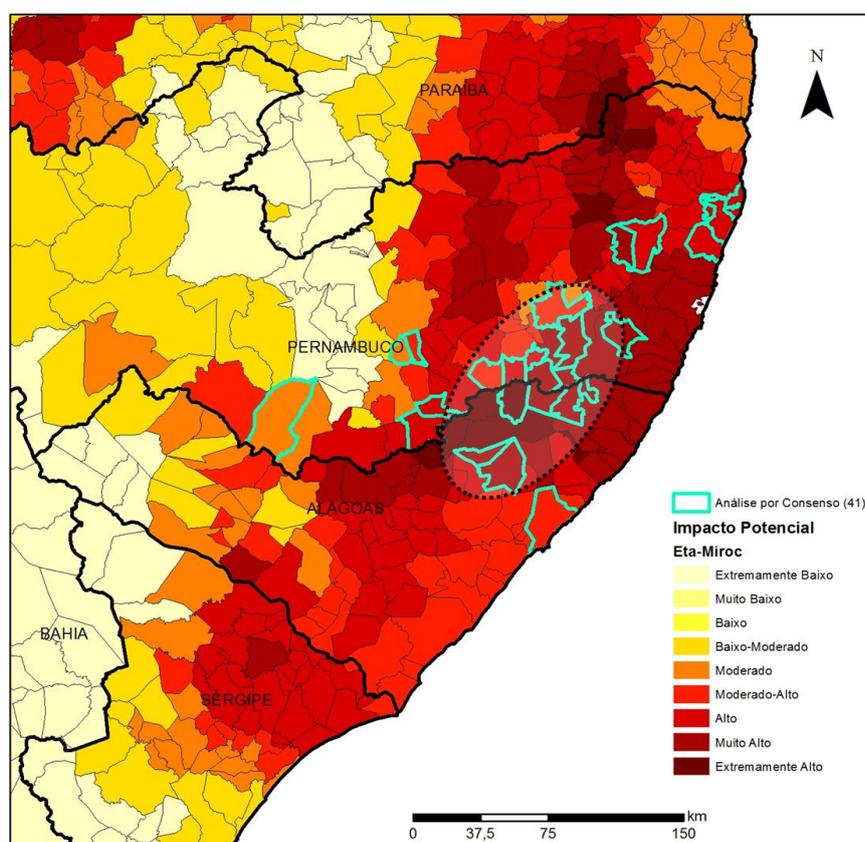


Figura 18 - Mapa de Impacto Potencial relacionado às secas e estiagens para o *hotspot* localizado no nordeste de Alagoas e sudeste de Pernambuco (destacado pela área pontilhada), utilizando os resultados das projeções do modelo Eta-MIROC para o período de 2011-2040. Em azul estão destacados os municípios que são considerados críticos pela análise de consenso, isto é, que possuem índice de impacto potencial alto ou superior para os dois modelos utilizados, embora apenas o resultado do Eta-MIROC esteja apresentado.

Basicamente, este *hotspot* se encontra bem próximo à região do Semiárido nordestino (que fica mais a Leste), inserindo-se ainda na faixa da Zona da Mata nordestina e sob o clima tropical chuvoso, com verão seco. Historicamente, boa parte desta região não sofreu com eventos de secas prolongas e estiagens severas, sendo que no passado muito destes municípios já sofreram até mesmo por enchentes, como

o evento da grande cheia do Rio Uma em 2010 e 2011, que ficou 10 metros acima do seu nível normal. No entanto, recentemente, alguns destes municípios tiveram longos períodos de estiagem, como em 2013, onde se estabeleceu uma situação de escassez hídrica que impactou severamente a região. Especificamente em Palmares, a Barragem de Santo Antônio teve sua capacidade reduzida de 300 mil litros de água para apenas 20 mil, e diversos outros mananciais da região tiveram sua lâmina d'água bastante reduzida por conta da irregularidade das chuvas, fato que inviabilizou o uso da pouca água restante por conta da sua baixa qualidade.

A condição observada em 2013 também seguiu nos anos seguintes, de modo que em 2017 se estabeleceu uma das piores secas já registradas para esta região, levando diversos municípios a situação de criticidade. Um deles foi União dos Palmares (AL), que também ficou com o abastecimento público debilitado, pois os principais reservatórios chegaram a ficar abaixo de 20% do seu volume total, atingindo a cota do volume morto e forçando-os a fazer rodízio de água a cada 8 dias. Além dos impactos diretos nos corpos hídricos (seca hidrológica), a vegetação também foi severamente impactada (seca verde), o que também trouxe prejuízos diretos aos produtores rurais e aumentou processos erosivos superficiais, a baixa fertilidade ao solo e até mesmo intensificando o processo de desertificação, que nesta região, mais úmida, não era comum como no Semiárido.

Nas recentes experiências com as secas severas mencionadas, o processo de fiscalização nas áreas dos mananciais foi intensificada, de modo que foram encontradas várias bombas captando água irregularmente para uso particular em áreas rurais, o que acentuava ainda mais o impacto para o abastecimento público, sobretudo na área urbana. Neste tocante, sugere-se que este tipo de **fiscalização** de poços irregulares seja feita constantemente para garantir a distribuição responsável dos recursos hídricos e a manutenção dos reservatórios para abastecimento público.

Concernente às demais ações de adaptação, as seguintes recomendações são fundamentadas nas necessidades locais que foram identificadas previamente e que também já estão contempladas em alguns planos estratégicos de governos, tais como a **construção de barragens, a expansão do transporte de água por adutoras e a dessalinização de água salobra encontrada em alguns poços subterrâneos da região**, as quais consideramos que devem continuar sendo tratadas com ações prioritárias para minimizar os impactos de secas futuras, além de ajudar a promover o desenvolvimento regional.

Conforme descreve Asfora et al. (2017), 11 empreendimentos de barragens foram iniciados no estado de Pernambuco desde 2007 como ações para diminuir os impactos causados pelas secas, sendo que muitos destes servem para melhorar o gerenciamento dos recursos hídricos exatamente no respectivo *hotspot* discutido neste item. Paralelamente, o Governo Estadual de Pernambuco, articulado com o Governo Federal, adotou o transporte de água por meio de adutoras como a principal estratégia de seu plano de infraestrutura hídrica, desde 2007, optando por fontes “mais seguras”, principalmente o Rio São Francisco, para a Região Semiárida, e barragens e poços profundos na Zona da Mata e região metropolitana, para abastecimento das cidades mais próximas ao litoral.

Especificamente para o caso das adutoras e considerando o alto custo energético envolvido em todo o processo, é sabido que em algumas localidades esta ação pode ser considerada inviável economicamente, sobretudo devido à baixa demanda encontrada nas áreas rurais dos municípios. Para estes casos particulares, sugere-se que sejam criados **políticas públicas e/ou programas que fomentem a utilização de energia solar para o bombeamento de água** (superficial ou subterrânea), com o objetivo de incluir os pequenos agricultores nas agendas de adaptação e de desenvolvimento sustentável. Para estes casos, sugere-se que sejam definidas contrapartidas ambientais sustentáveis (ex: estar regularizado no CAR) que estes beneficiários se comprometam a entregar ao longo do tempo, como forma de melhorar a condição ambiental destas propriedades e seus entornos.

Ainda cabe ressaltar que Pernambuco já possui um **Plano Estadual de Mudanças Climáticas** com diferentes objetivos setoriais, que foram bem definidos a partir de análises e discussões com representantes e gestores locais, o que permite um direcionamento mais preciso a respeito das demandas deste Estado, não cabendo aqui repeti-las. Neste sentido, entendemos que já há uma série de metas já definidas sob a ótica das mudanças do clima que precisam ser fortalecidas, de modo que os resultados do índice de impacto potencial desenvolvido neste projeto podem ser elementos adicionais para induzir e acelerar as estratégias previstas no Plano, uma vez que permite o melhor direcionamento das ações propostas a partir da identificação dos municípios mais críticos. Sugere-se que Alagoas também estabeleça seu próprio Plano, e possa ter como ponto de partida o caso de seu estado vizinho, além de contar com os resultados deste projeto, ressaltando a possibilidade dos municípios desta região serem mais severamente e frequentemente impactados pelas secas.

5.4 Anápolis (GO), incluindo também Bonfinópolis e Campo Limpo de Goiás

Este *hotspot* localiza-se na porção central do estado de Goiás, onde os dois modelos sugerem impactos causados por secas na categoria alto e muito para o período compreendido entre 2011-2040. Os municípios que se enquadram como críticos na análise por consenso estão destacados em azul na Figura 19, a qual está ilustrando apenas o resultado através do modelo Eta-HadGEM. Nota-se que, por este modelo, não somente os municípios de Anápolis, Bonfinópolis e Campo Limpo de Goiás podem ser amplamente impactados por secas no futuro, de modo que as discussões e sugestões de medidas de adaptação feitas neste item poderão ser utilizadas como referência para explorar as melhores estratégias no âmbito regional.

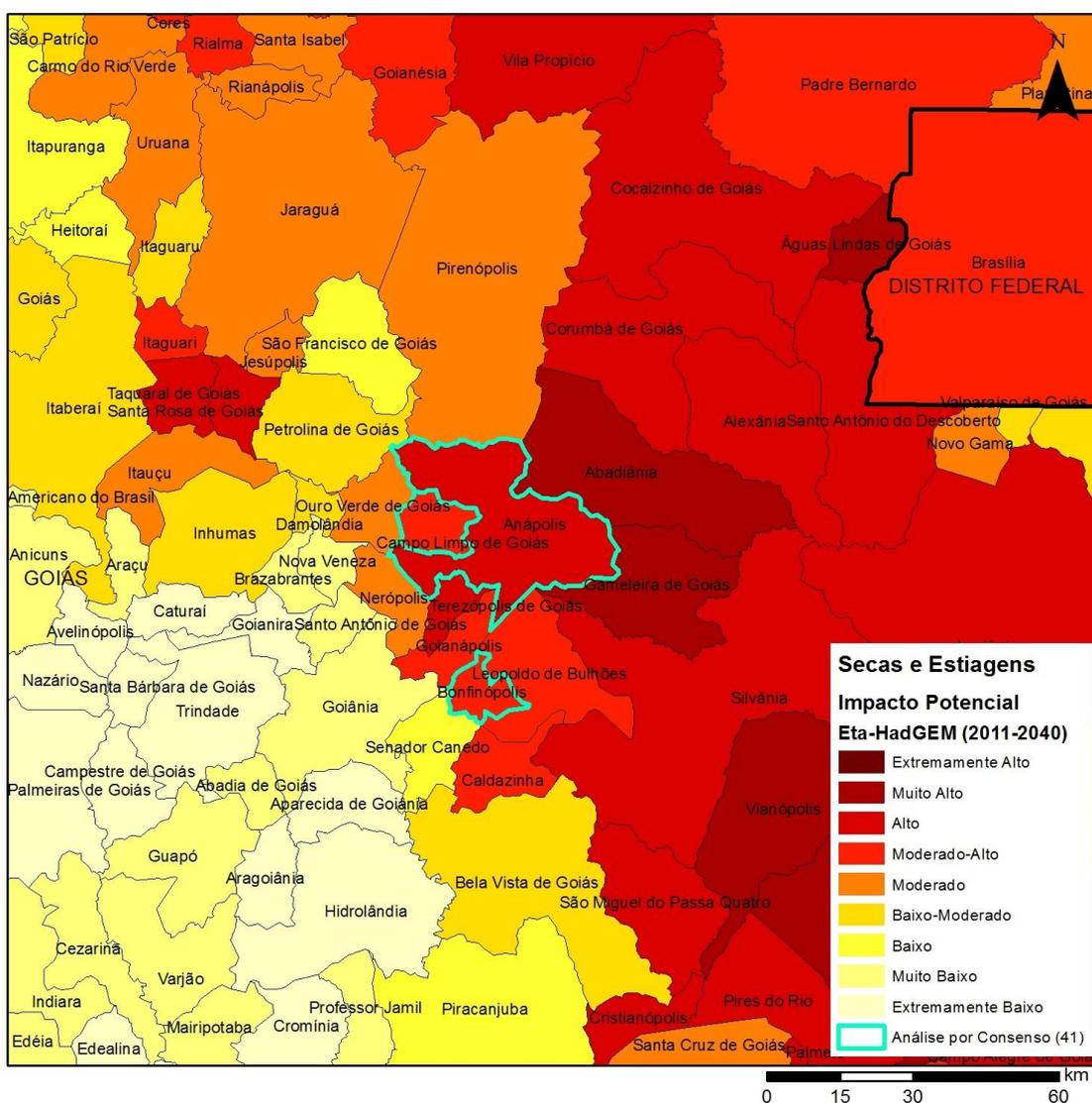


Figura 19 - Mapa de Impacto Potencial relacionado às secas e estiagens para o *hotspot* localizado na região de Anápolis (GO), utilizando os resultados das projeções do modelo Eta-HadGEM para o período de 2011-2040. Em azul estão destacados os municípios que são considerados críticos pela análise de consenso, isto é, que possuem índice de impacto potencial alto ou superior para os dois modelos utilizados, embora apenas o resultado do Eta-HadGEM esteja apresentado.

Como forma de focar as discussões e sugestões de ações de adaptação, focaremos no município de Anápolis como ponto de partida. Para tal, antes de falar do problema das secas, faz-se um contexto a respeito das outras tipologias de processos que afetam o município e foram mencionadas durante a oficina de novembro 2018, no entanto, em níveis de risco menos preocupantes que os impactos causados pelas secas e estiagens.

Anápolis possui duas tipologias mais marcantes relacionados aos eventos de precipitação, sendo elas erosão e inundação. As erosões lineares, mais frequentes e mais prejudiciais ao município, estão instaladas em áreas de drenagem natural e cabeceira, locais onde historicamente existem loteamentos e ocupação residencial sobre área de preservação permanente (Fernandes e Peixoto, 2015). Há uma susceptibilidade natural dos solos de Anápolis a processos erosivos, o que é um fenômeno associado tanto à evolução natural do relevo como a uma aceleração causada por ações antrópicas. Existem ainda problemas com inundação, também associada à ocupação histórica das planícies de inundação, áreas de extravasamento natural das drenagens. Em termos de capacidade de gestão, verifica-se que Anápolis possui condições de combater estes cenários de risco, por contar com um corpo técnico com qualidade e experiência suficiente para lidar com tais demandas. Desta forma, e considerando que os índices de impacto potencial para inundações e deslizamentos de terra não sinalizam esta região como altamente vulnerável no contexto de mudanças do clima, as tratativas posteriores são direcionadas especificamente para o caso de secas, embora saiba-se que algumas ações (sobretudo as relacionadas à AbE), podem também trazer cobenefícios para este tipo de impacto.

Especificamente sobre os desastres relacionados à secas, recentemente, em 2015, a cidade passou por uma crise hídrica e foram necessárias diversas ações emergenciais para contornar o problema. Na ocasião, foi diagnosticado que um dos fatores que contribuíram para a acentuação dos impactos da escassez hídrica foi a captação da água de maneira irregular, onde grandes volumes eram bombeados sem controle, causando também grande desperdício. Em um momento de crise, estas ações agravam diretamente o cenário crítico do abastecimento público já fragilizado pela condição hídrica, de modo que a Prefeitura mobilizou uma **forte fiscalização no Ribeirão Piancó**, onde foram lacradas diversas bombas que estavam captando água de forma irregular. Apenas por este exemplo, temos representado que o processo de **controle e fiscalização da distribuição de água e outorgas** é muito importante para a região, visto a possibilidade de cenários de crise se repetir no futuro e deste tipo de

irregularidade também, sendo que recomendamos que estas ações deva ser continuamente executada e intensificada

Na mesma ocasião em 2015, a Prefeitura começou a trabalhar para **mudar a captação do Ribeirão Piancó para o rio Capivari**, que possui maior potencial para o abastecimento e, conseqüentemente, contribui para que impactos dessa natureza não se repitam futuramente. Atualmente, há a transposição do Capivari para o Piancó através de uma adutora, obra que foi finalizada em 2018, sendo que a próxima etapa será a captação definitiva diretamente no Capivari. Esta obra está incluída no projeto de ampliação do Sistema de Abastecimento de Água de Anápolis e demandará investimentos da ordem de R\$ 114 milhões, oriundos de recursos próprios, do Governo Estadual e do Governo Federal. Desta forma, consideramos que **esta ação pode ser entendida como uma importante medida de adaptação**, a qual reiteramos aqui sua justificativa sob o cenário apontado pelos potenciais impactos decorrentes das mudanças no clima. No entanto, a experiência em outros locais mostra que apenas a mudança de manancial não é sempre suficiente para manter a segurança hídrica no longo prazo. Neste sentido, nos parágrafos seguintes são expostos outros mecanismos de caráter não-estrutural que podem ser trabalhados em paralelo para que, sinergicamente, tragam a boa saúde da bacia dos respectivos mananciais e, conjuntamente, diminuam os potenciais impactos decorrentes de secas futuras.

Os reflexos da crise hídrica no território goiano se intensificaram em setembro de 2017, quando a região metropolitana de Goiânia sofreu com falta de água devido à seca prolongada. Além da capital goiana, Aparecida de Goiás e Anápolis também foram diretamente afetadas. Uma das alternativas para reduzir os impactos da crise foi o racionamento de água em Goiás, mas, no entanto, entende-se que esta é apenas uma ação de resposta para casos onde uma situação extrema é estabelecida, não sendo, portanto, uma ação de adaptação. Por outro lado, atenta a essa realidade, a **Prefeitura de Anápolis criou o Programa Pró-Água, com o objetivo, em um primeiro momento, de recuperar nascentes e Áreas de Proteção Permanente (APP) na região do Ribeirão Piancó**, citado anteriormente, visando melhorar as condições de sua bacia. Em menos cerca de um ano(o programa foi lançado em julho de 2017) quase nove mil mudas de árvores nativas tinham sido plantadas em torno de nascentes do manancial que abastece a cidade. Paralelamente, na área urbana, também foram plantadas cerca de 48 de mil mudas nesse período. A cobertura permanente e diversificada do solo, com plantas que usam a água de formas diferentes, que têm taxas de evaporação e transpiração diferentes, propicia ao longo do tempo o retorno das

águas usadas pelas plantas para seu crescimento que, desde que as nascentes e cabeceiras de morros estejam vegetadas, voltarão à região na forma de chuva, orvalho, garoa. Foi necessário o envolvimento dos proprietários rurais, entidades, empresas e instituições de ensino, o que motivou também o engajamento de outros produtores da região do Piancó em aderiram ao programa.

Embora o projeto tenha o Piancó como prioridade, é previsto também o **reflorestamento e a drenagem de todo o município de Anápolis**. Foram plantadas dez mil mudas de ipê na Avenida Brasil (uma das principais) e muitas outras árvores em outras vias e parques da cidade. Com o **Pró-Água, Anápolis deu o primeiro passo em busca da sustentabilidade e da segurança hídrica**, iniciativa esta que pode e deve ser inserida dentro de uma estratégia de adaptação municipal e até mesmo regional

Outra iniciativa importante regionalmente para esta temática é **Programa Produtor de Água do Ribeirão João Leite (PPAJL)**, um programa do Estado de Goiás, no qual são beneficiados produtores rurais que, por meio de políticas e manejos conservacionistas, e de melhoria da cobertura vegetal, venham a contribuir para a recuperação ambiental, com efetiva redução da erosão e aumento da infiltração de água. O Programa foi instituído em 2013 por meio de acordo de cooperação técnica nº 004/ANA 2013 por meio da qual celebraram a Agência Nacional de Águas (ANA), Semarh (hoje Secima), Secretaria da Educação (hoje Seduce), Secretaria da Agricultura (hoje SED), Agetop, Emater, Agrodefesa, UFG, Ministério Público Estadual, municípios da Bacia Hidrográficas do João Leite (Anápolis, Nerópolis, Terezópolis de Goiás, Ouro Verde de Goiás, Campo Limpo de Goiás e Goianápolis) e Federação da Agricultura do Estado (Faeg). Sua principal ação visa **a conservação e preservação dos mananciais da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite**, com vistas à **implementação de ações de conservação de solo** (terraceamento/curvas de nível, manutenção e recuperação de estradas vicinais, bacias de infiltração/cacimbas), **cercamento de áreas de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e nascentes**, plantio de mudas de árvores nativas do Cerrado, e saneamento rural.

O Produtor de Águas também propicia a **regularização da propriedade rural** no Cadastro Ambiental Rural (CAR), o que permite ao produtor credenciado via contrato junto à SANEAGO, participar do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). O propósito do Programa é que haja água com qualidade e quantidade para o abastecimento público de Goiânia e Região Metropolitana, sendo uma política de Estado, com foco nos mananciais de abastecimento.

Desta forma, os exemplos anteriores refletem diretamente o que foi exposto durante à oficina de novembro, sobretudo pela importância dada regionalmente à ações de AbE e práticas de conservação e manejo do solo. É nítido que estas ações foram surgindo espontaneamente, conforme o impacto relacionado às seca e estiagens foram se concretizando, não necessariamente considerando os possíveis impactos futuros das mudanças do clima. Isto representa uma porta de entrada para que uma agenda de adaptação seja estabelecida, de forma que as iniciativas aqui mencionadas são consideradas o ponto de partida para que o município consiga minimizar os futuros impactos. É sugerido que estas mesmas iniciativas sejam fortalecidas e expandidas para outros municípios e bacias, pois somente assim a plena saúde hídrica da região identificada como crítica (que contempla Bonfinópolis e Campo Limpo de Goiás, além da Anápolis) poderá ser alcançada e mantida no longo prazo. Ainda, considera-se importante que haja um fortalecimento na articulação entre o Governo Federal e Estadual para que este processo seja mantido e expandido, aproveitando as capacidades locais e explorando as oportunidades que surgirão quando houver o engajamento de outros setores e parceiros institucionais, incluindo a iniciativa privada.

5.5 Santa Inês (BA)

O município de Santa Inês foi indicado como crítico através da análise por consenso das projeções climáticas, isto é, os dois modelos utilizados (Eta-HadGem e Eta-MIROC) convergem em apontar a tendência significativa do aumento da frequência e severidade das secas meteorológicas, causando consequentes impactos, entre 2010-2040, quando compara-se esta situação com o período de referência (1961-1990). A Figura 20 apresenta o resultado final do índice de impacto potencial utilizando o modelo Eta-HadGEM para grande parte da Bahia, com ênfase para a região nos arredores de Santa Inês, destacado de azul. Embora seja possível observar diversos municípios com a mesma categoria de impacto potencial, ou superior, somente Santa Inês foi também indicado como crítico pelo resultado utilizando o modelo Eta-MIROC (que não está apresentado neste documento, mas pode ser encontrado no Produto 7 desta consultoria).

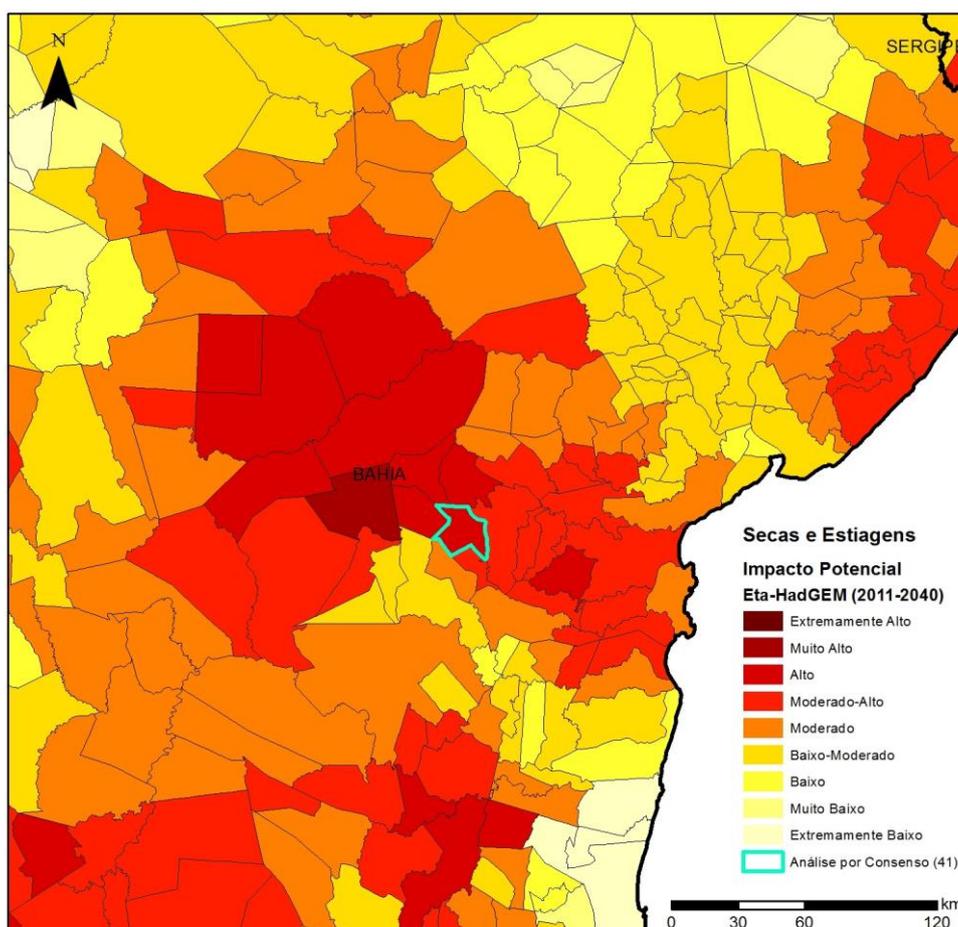


Figura 20 - Mapa de Impacto Potencia relacionado às secas e estiagens para a região de Santa Inês (BA), utilizando os resultados das projeções do modelo Eta-HadGEM para o período de 2011-2040. Em azul está destacados os municípios que são considerados críticos pela análise de consenso, isto é, que possuem índice de impacto potencial alto ou superior para os dois modelos utilizados, embora apenas o resultado do Eta-HadGEM esteja apresentado.

Combinando a possibilidade do aumento da frequência e magnitude de secas mais severas entre 2011-2040 com seu moderado-alto sub-índice de sensibilidade aos eventos de secas, Santa Inês teve o 23º maior índice de impacto potencial do Brasil pela análise consensual (considerando a média entre os dois resultados, ver Produto 7). Sua sensibilidade deve-se, majoritariamente, aos baixos índices socioeconômicos combinados com a degradação e conversão do uso do solo, fatores estes que foram confirmados e expostos pelo representante municipal durante a Oficina que ocorreu em Novembro de 2018. Inclusive, na ocasião, ainda foi mencionado que o município, que possui a agricultura como sua principal atividade econômica, passa por um período difícil devido ao cenário ambiental deixado pela exploração do solo para agricultura de monocultura durante décadas. Ainda que pertença ao polígono da seca e com seu clima semi-árido, a região teria se sustentado por um longo período através de atividades agrícolas, sobretudo do café, mas também do fumo e sisal (típico da agricultura familiar). Este processo teria favorecido para a grande degradação ambiental por conta da retirada da mata nativa e manejo não sustentável do solo, fatores estes que teriam contribuído pela baixa disponibilidade hídrica observada atualmente na região.

Conforme consta, mesmo inserida no domínio do clima semi-árido, a região teria se adaptada às variações sazonais de precipitação e conseguia produzir significativamente suas culturas agrícolas no passado. No entanto, recentemente, períodos mais frequentes e severos de estiagens têm sido observados na região. Segundo o representante municipal que participou da oficina, esta condição, associada ao baixo incentivo dos governantes locais, tem propiciado o abandono das terras e consequente migração e o consequente enfraquecimento da economia local. Isto pode ser explicado, parcialmente, pela falta de capacidade adaptativa dos produtores em lidar com tais adversidades, o que provavelmente está relacionado à falta de incentivos e políticas de enfrentamento à secas e também às mudanças do clima. Para ilustrar estes casos recentes, em 2017 foi publicado no Diário Oficial do Estado a decretação da situação de emergência por estiagem em 173 municípios baianos, incluindo Santa Inês, pelo período de 180 dias. Esta medida levou em conta os baixos índices pluviométricos registrados no período precedente àquela data, que afetaram o estado quase em totalidade. Com a escassez das chuvas, o fornecimento de água potável foi comprometido e provocou graves prejuízos às atividades produtivas, principalmente à agricultura e à pecuária.

Tendo em vista este cenário, consideramos que as **ações de adaptação para estes municípios devem se focar, primeiramente, na questão agrícola, como forma**

de re-alavancar a economia local que está altamente enfraquecida e dependente dos serviços públicos e, portanto, corroborar para o desenvolvimento econômico da região. Se por um lado não é possível controlar às condições climáticas no curto e médio prazo para que os impactos futuros sejam diminuídos, a estratégia é de trabalhar os condicionantes da sensibilidade aos eventos de secas que foram mencionados anteriormente, isto é, aqueles que estão ligados à fatores socioeconômicos e também ao uso do solo. Para tal, entendemos que a melhor estratégia é explorar as recentes experiências regionais que tratam de desafios similares e/ou encontrar iniciativas que possam ser uma oportunidade do município começar a se engajar nas agendas de adaptação e redução de risco aos desastres.

Um destes exemplos seria a coalizão **Adapta Sertão** (www.adaptasertao.net) e suas diferentes ações, as quais consideramos como exemplos que podem e devem ser replicados para o município de Santa Inês, sob a luz dos argumentos trazidos a respeito dos impactos potenciais derivados das mudanças do clima. A iniciativa foi criada em 2006 com o propósito de identificar tecnologias e estratégias que pudessem tornar o agricultor familiar do sertão mais resiliente à mudança do clima, disseminando-as através do conceito de **CBA (Community Based Adaptation)**, ou seja, engajando diretamente as comunidades locais na disseminação e replicação das tecnologias e estratégias previamente identificadas. O CBA consiste na organização comunitária, ouvindo e sendo co-elaborada pela própria comunidade, para enfrentar emergências ou transformações ambientais radicais que a mesma mudança climática possa trazer nos próximos anos. O CBA apoia-se na convicção de que é preciso preparar as comunidades para tais eventualidades, trabalhando a estrutura comunitária na base da pirâmide juntamente com as organizações de referência de cada localidade. Considerando que a ajuda de cooperação internacional e as estratégias do governo nem sempre atingem as áreas pobres e mais remotas, o CBA torna-se um mecanismo fundamental de adaptação.

O foco do Adapta-Sertão é **ajudar o pequeno e médio produtor** do Semiárido brasileiro a produzir em períodos de alta variabilidade climática com **tecnologias de irrigação eficientes e métodos agroecológicos** (por exemplo, fertilizantes orgânicos de origem animal e vegetal) que não poluem ou extinguem o ecossistema local, facilitar o acesso a mercados e, de forma geral, fortalecer e potencializar as comunidades rurais da região. O projeto transformou a realidade de Pintadas, pequena cidade do interior da Bahia, a 250 km de Salvador, onde grande parte dos habitantes vive da criação de animais e da agricultura de subsistência e sofre com os longos períodos sem chuva. Quando instituído de forma embrionário, beneficiou 20 comunidades e 10 dos 14

municípios da Bacia do Jacuípe. O modelo produtivo do Adapta Sertão se baseia na criação sustentável de animais e na mecanização da produção agrícola para aumentar a produtividade no campo e armazenar alimentos para os animais, a fim de enfrentarem os períodos de estiagem. Além do trabalho com as famílias da agricultura familiar, o **Adapta Sertão mobiliza uma rede de rádios, blogs e mídias sociais da região que permite aos jovens do semiárido ter acesso à visão da agricultura**, inédita na região.

Outra área de atuação do **Adapta Sertão são as escolas**. Através de um projeto financiado pelo Itaú Social, terrenos baldios e cheios de entulho das escolas da região foram transformados em laboratório de conhecimento para aplicação de tecnologia de produção com cultivos orgânicos. As hortaliças e temperos são diariamente utilizados para preparar as refeições dos próprios alunos, como forma alternativa de cultivo para subsistência e que pode ser replicada nas comunidades. Ainda que o produto final da ação em si não esteja diretamente relacionado com a adaptação às secas propriamente dita, a iniciativa é uma forma de inserir conceitos importantes relacionados à sustentabilidade e conservação ambiental, os quais são imprescindíveis para o aumento da resiliência destas comunidades no longo prazo. Além disso, consideramos que este tipo de parceria com a iniciativa privada pode ser uma ótima forma alternativa de captar recursos para mobilizar ações de adaptação no nível local e que deve ser melhor explorada. Considerando que Santa Inês é sede Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF), uma unidade federal de ensino que oferece cursos técnicos de nível médio integrados ao ensino médio (Agropecuária, Zootecnia e Alimentos), um subsequente (Informática), duas Licenciaturas (Ciências Biológicas e Geografia) e um Bacharelado (Zootecnia); entendemos que a iniciativa do Adapta Sertão com escolas poderia ser adaptada para o caso do IF, explorando também novas oportunidades com estes cursos que tem ligação direta com a vocação econômica da região.

Adicionalmente, tem-se que **as pesquisas da Embrapa, especialmente da Embrapa semiárido, voltadas para identificar sistemas de produção mais resistentes às secas, ou para identificar culturas que utilizam menos água** podem ser consideradas como estratégias de adaptação. Dentre estas pesquisas, destacamos aquelas voltadas para **agricultura bioessalina**, que permite utilizar a água salobra na irrigação de pequenas áreas e para culturas específicas que permitam esse teor de sal, como a gliricídia, a palma forrageira, sorgo, moringa e leucina. Lembrando que, mesmo com todo cuidado associado a esta técnica proposta, a água salobra saniliza o solo e,

portanto, é necessário um manejo adequado do solo para que os impactos sejam minimizados e evite induzir o processo de desertificação. Devido à todas estas especificidades da técnica, sugere-se que haja a capacitação efetiva dos pequenos produtores que se interessem pela prática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASFORA, M. C.; LIMA, M.; LACERDA, M. R. S. Diagnóstico da seca 2011-2016 em Pernambuco: impactos e políticas de mitigação. *Parcerias Estratégicas*, v. 22, n. 44, p. 247-274, 2017.

CAMARINHA, P.I.M. Vulnerabilidade aos desastres naturais decorrentes de deslizamentos de terra em cenários de mudanças climáticas na porção paulista da Serra do Mar (2016). Tese de Doutorado. São José dos Campos : INPE. 252 p.

Cunha, AP, Marengo JA, Alvala RC, Deusdara-Leal KR, Cuartas LA, Seluchi M, Zeri M, Ribeiro-Neto G, Broedel E, Cunningham C, Costa L, Moraes, OLL (2019) Secas e seus Impactos no Brasil 2018. Numero 1, Janeiro 2019. CEMADEN, Sao Jose dos Campos, SP. 19p. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/BoletimAnualSECASCEMADENMCTIC.pdf>

DUARTE, C. C.; SOUZA, S. F.; GALVÍNCIO, J. D.; MELO, I. D. F. Detecção de mudanças na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Tapacurá - PE através da Análise por Componentes Principais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5765-5772. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.18.34>>.

TAVARES, J. C.; DOS SANTOS, F. B. Questão agrária e violência no Maranhão: grilagem, colonização dirigida e a luta dos trabalhadores. *Revista de Políticas Públicas*, São Luís, v. 20, n. 1, p. , jan./jun.

MARENGO J. A.; Nobre, C.; M, Seluchi; CUARTAS, A.; ALVES, LM; EM Mendiondo; OBREGON, GO; SAMPAIO, G (2015). A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP.* , 106, 31 –39.

MARENGO, J A.; NUNES, L H.; SOUZA, C R. G.; HARARI, J; MULLER-KARGER, F; GRECO, R; HOSOKAWA, E K.; TABUCHI, E K.; MERRILL, S B.; REYNOLDS, C J.; PELLING, M; ALVES L M; ARAGÃO, L E.; CHOU, S C.; MOREIRA, F; PATERSON, S; LOCKMAN, J T.; GRAY, A G. (2017a) A globally deployable strategy for co-development of adaptation preferences to sea-level rise: the public participation case of Santos, Brazil. *NATURAL HAZARDS*. 22, p.23 -31.

MARENGO, J.; MULLER-KARGER, F.; PELLING, M.; REYNOLDS, C. J.; MERRILL, S. B.; NUNES, L. H.; PATERSON, S.; GRAY, A. J.; LOCKMAN, J. T.; KARTEZ, J.; MOREIRA, F. A.; GRECO, R.; HARARI, J.; SOUZA, C. R. G.; ALVES, L. M.; HOSOKAWA, E. K.; TABUCHI, E. K. (2017b) An Integrated Framework to Analyze Local Decision Making and Adaptation to Sea Level Rise in Coastal Regions in Selsey (UK), Broward County (USA), and Santos (Brazil). *AMERICAN JOURNAL OF CLIMATE CHANGE.* , .6,403 – 424.

MARENGO, J A.; ALVES L M.; ALVALA, R C.S; CUNHA, A P; BRITO, S; MORAES, O L (2017c) Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIENCIAS. , 23(1); 21-28.

Marengo JA Jr, Souza C, Thonicke K, Burton C, Halladay K, Betts RA, Alves LM and Soares WR (2018) Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. Front. Earth Sci. 6:228. doi: 10.3389/feart.2018.00228

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017. Sítio RAMSAR APA da Baixada Maranhense – MA, Planejamento para o Sucesso e Conservação. Brasília. 24 p.

NOBRE, C A.; MARENGO, JA. ; SELUCHI, M E.; CUARTAS, L. A; ALVES, L M. (2016) Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. Journal of Water Resource and Protection. 8, 252 - 262.

PERNAMBUCO (estado). Lei No 14.090, de 17 de junho de 2010. Institui a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco e dá outras providências. Diário Oficial Estado de Pernambuco. Disponível em <<http://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=28680>>. Acesso em: 24 out. 2017.

Pontes, N C (2018) A transposição do Rio São Francisco como potencial medida de adaptação às mudanças climáticas. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós- Graduação em Ciência Ambiental – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, 114 p.

Universidade Federal de Santa Catarina-Centro Universitario de Estudos e Pesquisas sobre Desastres Naturais (2013) Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991-2012. Centro Universitario de Estudos e Pesquisas sobre Desastres Naturais, Segunda Revisao Ampliada, Florianopolis, CEPED UFSC, 126 p.

Setorização de áreas de risco alto e muito alto em Anápolis – GO
<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/15236/AREventosFERNANDES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>