



## Aptidão climática da mangueira frente ao clima atual e aos cenários futuros

Magna Soelma Beserra de Moura<sup>1</sup>, Leide Dayane da Silva Oliveira<sup>2</sup>, Sílvio Roberto Medeiros Evangelista<sup>3</sup>, Maria Aparecida do Carmo Mouco<sup>1</sup>, Luciana Sandra Bastos de Souza<sup>4</sup>, Thieres George Freira da Silva<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pesquisadora, Embrapa Semiárido, BR 428, km 152, CP 23, Zona Rural, CEP: 56302-970, Petrolina, PE; magna.moura@embrapa.br. <sup>2</sup>Estudante, Bolsista PIBIC CNPq/Embrapa, UPE, Petrolina, PE. <sup>3</sup>Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP. <sup>4</sup>Professor(a), UFRPE/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, PE.

Artigo recebido em 10/09/2015 e aceito em 30/11/2015

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a aptidão climática para a cultura da manga para o clima atual e cenários futuros do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) no Brasil. As condições climáticas ideais para a cultura da manga utilizados neste estudo foram padronizadas para o Brasil de acordo com documentos Zoneamento de Riscos Climáticos Agrícola. Para o zoneamento futuro da manga foram utilizados os dados de temperatura do ar e precipitação gerar por PRECIS e modelos ETA-CPTEC para os cenários de altas e baixas emissões de dióxido de carbono do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), para as condições atuais (de base), 2025 e 2055. Foi utilizado sistema de informação geográfica para elaborar os mapas e tabelas. Os resultados indicam que pode haver reduções nas áreas apropriadas para o cultivo de manga no Brasil, considerando-se os modelos climáticos gerados pelo ETA e PRECIS. Assim, o manejo da cultura da manga deve ser adaptado para tornar possível obter produção satisfatória em cenários de baixa disponibilidade hídrica e aumento da temperatura.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L., alterações climáticas, zoneamento agroclimático.

## Climatic aptitude for mango crop under actual and future climate scenarios

### ABSTRACT

This work aimed to analyze the climatic aptitude for mango crop to the current climate and future IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) scenarios in Brazil. The optimal climatic conditions for mango crop used in this study were standardized for Brazil according to Agricultural Zoning Climate Risk documents. For the future mango zoning was used the data of air temperature and precipitation generate by PRECIS and ETA-CPTEC models in concern to scenarios of high and low emissions of carbon dioxide of IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), for current conditions (Baseline), 2025 and 2055. It was used geographic information systems to elaborate the maps and tables. The results indicate that there may be reductions in the areas suitable for the cultivation of mango in Brazil, considering the climate models generated by ETA and PRECIS. Thus, the mango crop management should be adapted to make possible obtain satisfactory production under scenarios of lower water availability and increased temperature.

Keywords: *Mangifera indica* L., climate change, agroclimatic zoning.

\* E-mail para correspondência:  
[magna.moura@embrapa.br](mailto:magna.moura@embrapa.br) (Moura, M. S. B. de).

## Introdução

A mangueira (*Mangifera indica* L.) tem origem Asiática e caracteriza-se por ser uma fruteira de clima tropical, destacado-se tanto em regiões tropicais quanto subtropicais (Mujherjee e Litz, 2009). A mesma tem sido cultivada em 85 países, dentre os quais a Índia que tem se destacado como maior produtor mundial, enquanto o Brasil ocupa, atualmente, a sétima posição, sendo o segundo país em volume exportado (FAO, 2012).

No ano de 2014 a manga foi a segunda fruta, em volume, mais exportada pelo Brasil, que ampliou o embarque em 9,04%, enviando 133,03 mil toneladas, e foi a primeira em receita gerada, US\$ 163,73 milhões (ANUÁRIO, 2015). O Vale do São Francisco manteve o patamar de cerca de 85% deste volume exportado pelo Brasil. Do total exportado em 2014, 99,5 mil toneladas tiveram por destino a União Europeia (US\$ 126,2 milhões) e 22,7 mil toneladas seguiram rumo aos Estados Unidos (US\$ 24,2 milhões). Com isso, essa fruteira assume importante papel na economia agrícola do país. No entanto, a seca vem afetando a produtividade e a qualidade dos frutos na região do Vale do São Francisco, e também em outras áreas produtoras do país, como os estados da Bahia, São Paulo e Minas Gerais. Por outro lado, a limitação climática também afetou a produção nos principais países concorrentes do Brasil, que são o Peru no mercado Europeu, o primeiro em volume no envio de manga da cultivar Kent, e o México, o primeiro nas exportações da manga 'Tommy Atkins' para o mercado americano (ANUÁRIO, 2015).

Os elementos do clima (radiação solar, temperatura, vento, umidade e precipitação) representam fatores de grande influência no crescimento e desenvolvimento dos frutos de mangueira destinados à comercialização. Isto porque, embora a mangueira se adapte a diferentes condições edafoclimáticas, sua exploração com finalidade econômica só é viável dentro de valores específicos de temperatura, regime hídrico, altitude, insolação, umidade relativa e vento (Silva et al., 2010).

A mangueira requer em média 1.000 mm de precipitação por ano, havendo a necessidade de meses mais secos, com precipitação pluvial abaixo de 60mm (Lima Filho et al., 2002). Além disso, a ocorrência de chuvas no período de florescimento reduz a polinização e a permanência do fruto na planta podendo comprometer a produção comercial (Silva et al., 2009). No caso da temperatura, durante o crescimento vegetativo a faixa ótima situa-se entre 20 e 29°C. No período de desenvolvimento dos frutos, Portela et al. (2008) citam que deve haver boa disponibilidade

hídrica no solo e os valores de temperatura máxima do ar não devem ultrapassar 33 °C. Entretanto, esse espécie pode suportar temperaturas de até 48 °C, assim como inferiores a 10 °C (Schaffer et al., 2009). A ocorrência concomitante de valores elevados de temperaturas e umidade relativa do ar pode ser prejudicial à espécie por promover a ocorrência de doenças (Lima Filho et al., 2002). De tal forma que, condições diferentes das ótimas requeridas pela espécie podem culminar em redução do crescimento por promover mudanças em sua fisiologia.

Essas informações, quando associadas aos valores dos elementos climáticos das regiões de origem e produção desta cultura têm possibilitado a realização de zoneamentos agroclimáticos da mangueira para diferentes regiões, com os quais tem-se objetivado a obtenção de maiores rendimentos, seleção de cultivares mais adequadas a cada condição e maior retorno econômico para os produtores (Nunes et al., 2007; Portela et al., 2008).

No Brasil a mangueira tem sido cultivada em diferentes regiões. Seu cultivo em condições semiáridas é possível, onde também é realizado o escalonamento da produção durante o ano utilizando o manejo da irrigação e reguladores vegetais, como o paclobutrazol (PBZ). No entanto, a temperatura influencia de forma significativa na sequência do desenvolvimento das gemas vegetativas e florais da mangueira. A ocorrência de temperaturas iguais ou maiores que 30 °C durante o dia e do que 25 °C durante a noite, estimulam o crescimento vegetativo, enquanto, máximas de 28 °C (dia) e 18 °C (noite), observadas com mais frequência entre maio e agosto, promovem intensa floração (Lima Filho et al., 2002). Resultados reportados por Mouco e Albuquerque (2005) constatam que o PBZ aplicado via solo promove a floração da mangueira em qualquer época do ano, mas sua eficiência é função, principalmente, dos valores de temperaturas máximas e mínimas ocorridas na época de quebra de dormência das gemas (indutores de brotação). Para a manga, o aumento da temperatura pode culminar em redução do ciclo fenológico, e por conseguinte, da evapotranspiração da cultura.

Com relação ao efeito da restrição de umidade do solo, vários autores apontam que a produtividade da mangueira (número e tamanho de frutos) é principalmente comprometida quando o estresse hídrico ocorre durante a fase de frutificação (Silva et al., 2009; Spreer et al., 2009). No entanto, Levin et al. (2015), em estudos

com a cultivar Keitt, relatam que a restrição de umidade afeta a produção e a qualidade dos frutos principalmente quando o estresse hídrico ocorre durante a fase de pós colheita do ciclo anterior. Assim, todo sistema de produção da mangueira é influenciado pelas condições climáticas, que também são importantes para definir o alcance dos principais mercados importadores, em função da concorrência com a produção de países como Peru e México.

No Brasil, condições climáticas favoráveis, como a alta incidência de radiação solar associada a temperaturas elevadas, têm favorecido o cultivo desta espécie em vários estados das regiões Nordeste e Sudeste, que respondem por mais de 98% da produção nacional (AGRIANUAL, 2015). Este panorama pode ser modificado em decorrência de alterações no regime de precipitação no globo terrestre, possíveis aumentos da temperatura e déficit hídrico associado às projeções das mudanças climáticas globais, que têm sugerido um aumento entre 0,3 °C e 4,8 °C na temperatura média global até o final do século XXI (IPCC, 2014). Estas mudanças poderão promover alterações na agricultura, bem como prejuízos na produção, cuja magnitude dos impactos ainda não são bem conhecidas (Pinto et al., 2008; Marin e Nassif, 2013). Segundo Pinto et al. (2008), no Brasil as perdas nas safras de grãos serão bastante elevadas, podendo oscilar de R\$ 7,4 bilhões já em 2020 até R\$ 14 bilhões em 2070, promovendo mudanças sensíveis na geografia da produção agrícola no país.

Porém, não se tem informação de como este aumento da temperatura pode afetar a geografia de produção da mangueira. Estudos têm indicado que as mudanças climáticas com base nos cenários do IPCC podem provocar, de um modo geral, diminuição de áreas aptas ao cultivo de várias culturas, com poucas exceções, como a cana-de-açúcar (Pinto et al., 2008) e a palma forrageira (Santos et al., 2014). Estes revelam, em escala nacional, como as áreas aptas aos cultivos podem ser realocadas de acordo com os cenários climáticos.

Trabalhos desta natureza não foram amplamente realizados para as culturas agrícolas Brasil, principalmente para as fruteiras, que apesar de representarem pequena área plantada em comparação com outros cultivos, têm grande importância sócio-econômica. Em se tratando da cultura da mangueira, trabalho de aptidão climática em nível de Brasil são inexistentes e merecem destaque, uma vez que esta compreende uma das principais frutícolas do país (Portela et al., 2008). Além disso, pode contribuir para um melhor

planejamento agrícola, elaboração de políticas de mitigação das mudanças climáticas, realização de novos estudos direcionados para diferentes áreas, por exemplo, melhoramento genético e fisiologia vegetal. Assim, este trabalho objetivou analisar a aptidão climática da mangueira frente ao clima atual e aos cenários futuros do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) no Brasil.

## Material e Métodos

### Clima atual e cenários futuros

Os dados anuais de temperatura média, máxima e mínima e da precipitação do clima atual (*baseline*) foram obtidos em 288 estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) distribuídas em todo território nacional, para o período de 1961-1990, conforme Figura 1.



Figura 1. Localização das estações meteorológicas. Mapa elaborado por: Tatiana Ayako Taura.

As informações climáticas dos cenários futuros foram geradas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) utilizando-se os modelos regionalizados PRECIS (Providing Regional Climate for Impacts Studies) (Marengo et al., 2009) e ETA-CPTEC (Chou et al., 2012; Mesinger et al., 2012). Para cada modelo foram simulados os cenários do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – sigla em inglês) de altas e baixas emissões. O cenário de altas emissões, ou HIGH, trata-se de um cenário pessimista, que estima um aumento de

temperatura entre 2 °C e 5,4 °C até o ano de 2100. Por sua vez, o cenário de baixas emissões (LOW) é um cenário otimista, com previsão de aumento de temperatura entre 1,4 °C e 3,8 °C até o ano de 2100.

Os modelos foram rodados com resolução espacial de 50 km x 50 km, e os dados foram disponibilizados para o ano de 2025 (médio prazo) e de 2055 (longo prazo).

#### Parâmetros climáticos para a mangueira

Os impactos dos cenários de mudanças climáticas do IPCC no zoneamento agrícola de risco climático para a cultura da mangueira foram analisados com base nos parâmetros adotados nas Portarias do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2011) disponíveis para vários estados da Federação. Para este trabalho, as condições ótimas para o cultivo da mangueira foram padronizadas para todo Brasil, como:

- precipitação média anual entre 750 mm e 1600 mm;
- temperatura média anual entre 20 °C e 30 °C, e;
- ocorrência de, no mínimo, dois meses consecutivos com precipitação inferior a 25 mm.

Essas condições foram utilizadas para elaboração dos mapas e tabelas de aptidão para a mangueira, com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

#### Critérios para o zoneamento de risco climático

Na Figura 2 é apresentado o esquema adotado para elaboração dos mapas de aptidão de risco climático para a mangueira no Brasil. Utilizando-se os parâmetros climáticos exigidos para um bom crescimento, desenvolvimento e produção da mangueira, assim como as informações do clima atual (*baseline*) e cenários futuros, foram determinadas todas as probabilidades de ocorrência de clima apto a esta fruteira. Os municípios que apresentaram condições hídricas e térmicas, com frequência igual ou superior a 50%, dentro dos limites pré estabelecidos em, no mínimo, 20% de seu território, foram indicados para o cultivo da mangueira em condições de sequeiro. Com isso, foram gerados os mapas e planilhas com a aptidão de cada município, considerando as condições climáticas ótimas para o desenvolvimento dessa fruteira.

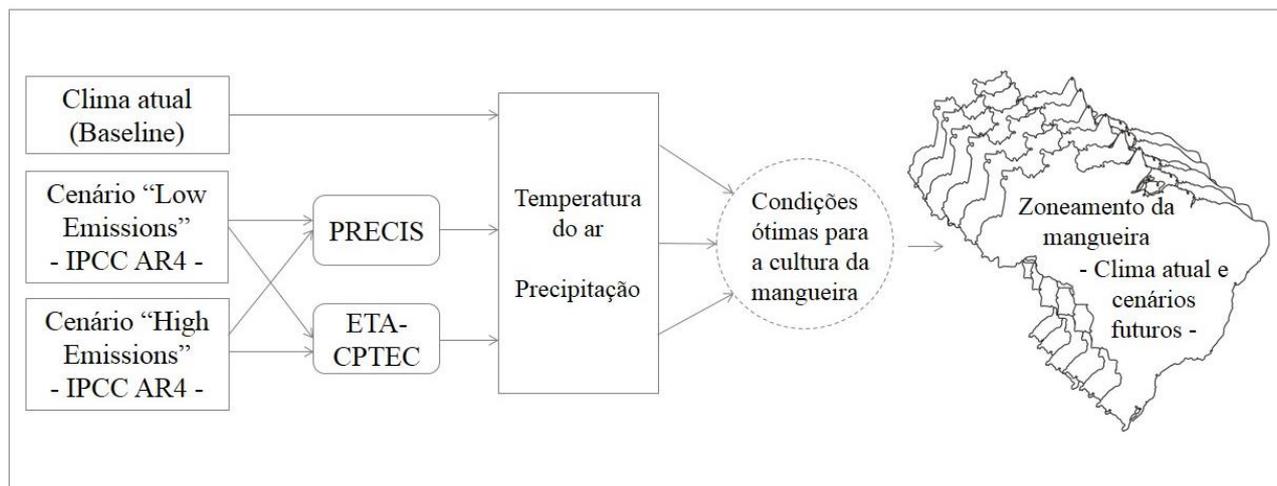


Figura 2. Esquema de elaboração dos mapas de aptidão de risco climático para a mangueira no Brasil.

## Resultados e Discussão

Os dados climáticos de temperatura (média, máxima e mínima) e de precipitação do *Baseline* são apresentados na Figura 3. Observa-se que a temperatura máxima do ar média variou entre 19,0 °C e 34,9 °C, com média igual a 29,5 °C para todas as estações utilizadas no presente estudo (Figura 3a). Considerando que 28 °C é a temperatura limite diurna para ótimas condições de floração da mangueira, o *Baseline* apresentou 195 estações que atendem a esta condição. Entretanto, para os cenários futuros, com o

aumento da temperatura máxima, a quantidade de municípios com temperatura maior que 28 °C aumentou para 249 no cenário de altas (HIGH) emissões para o ano de 2055 no modelo ETA e para 243, sob essas mesmas condições, para o PRECIS. Em se configurando um cenário de baixas (LOW) emissões, em médio prazo (2025), esse número passa a ser 215 para o ETA e 223 para o PRECIS. Ou seja, independente do cenário, do prazo e do modelo utilizado, os cenários indicam aumento da temperatura máxima, que pode prejudicar a floração da mangueira.

A temperatura mínima média do ar para o período do *Baseline* também é apresentada na Figura 3a, onde se observa variações entre 8,9 °C e 24,6 °C, com média de 18,7 °C. Sob essas condições, o número de estações com temperatura < 18 °C, que é um valor de temperatura noturna abaixo do qual a floração da mangueira é favorecida, é de 112 estações, diminuindo para 44 no cenário de altas (HIGH) emissões para o ano de 2055 no modelo ETA e para 56 no PRECIS. Um pouco menor impactante no valor da temperatura mínima, o cenário de baixas (LOW) emissões para 2025 apresenta 90 estações com temperatura mínima < 18 °C sob o modelo ETA e 87 sob o PRECIS.

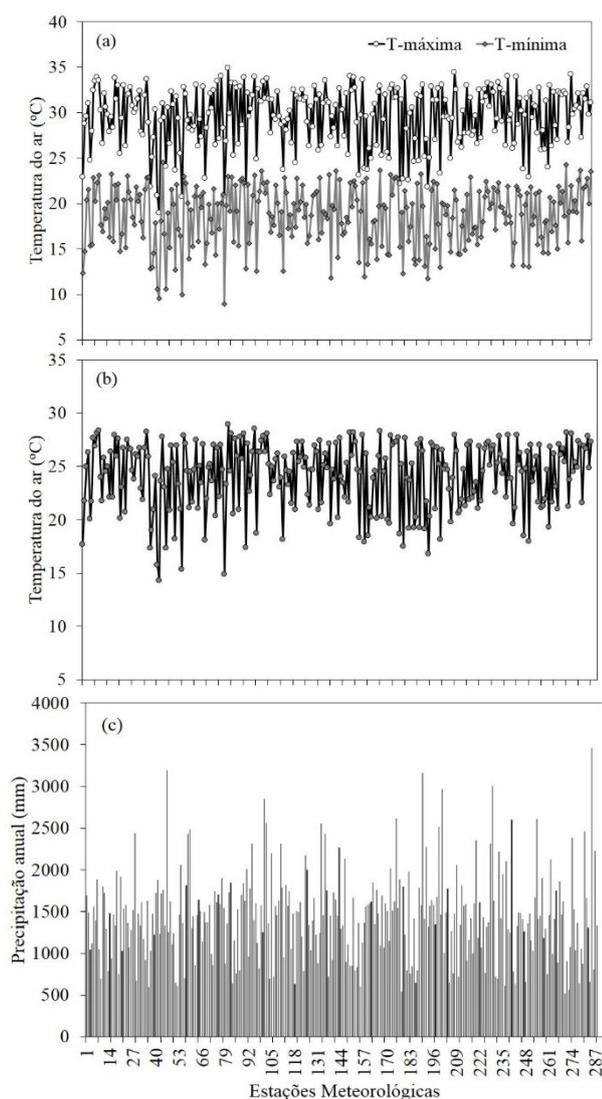


Figura 3. Temperatura do ar máxima e mínima (a), temperatura média (b) e precipitação (c) anual do *Baseline* para as estações meteorológicas do Brasil.

Na Figura 3b observa-se a temperatura média do ar para o *Baseline*, nas estações meteorológicas do presente estudo. Para a

mangueira, as condições ótimas de temperatura média do ar situam-se entre 20 °C e 30 °C, faixa esta que pode ser verificada em 251 estações meteorológicas no *Baseline*, podendo ser ampliadas para 257 e 255 estações no cenário LOW em médio prazo, respectivamente considerando-se os modelos ETA e PRECIS, porém, reduzindo-se para 207 e 196 estações para o cenário de altas emissões no ano de 2055. Ou seja, no que se referem às condições térmicas, a área de aptidão da mangueira pode ser ampliada no Brasil em curto prazo, principalmente sob condições de baixas emissões, porém, em longo prazo, e sob cenários de altas emissões, pode haver restrições devido ao aumento da temperatura média, que pode alcançar 27,1 °C até 2055, resultando em um aumento médio de 3,0 °C no território nacional sob o *Baseline*.

Para o *Baseline*, a precipitação anual do Brasil variou entre 515,1 mm e 3455,3 mm, com média igual a 1.441,4 mm (Figura 3c). Para a chuva, existem resultados divergentes das simulações. Enquanto o ETA apresenta redução da precipitação média do Brasil para o cenário de altas (HIGH) emissões para 2025 (1361,2 mm) e 2055 (1271,7 mm), o modelo PRECIS simula aumento para 1443,2 mm e 1444,1 mm, respectivamente. Com essas variações, analisou-se o impacto dos resultados das simulações de cada estação meteorológica sobre a faixa ótima de precipitação para a mangueira, que situa-se entre 750 mm e 1600 mm, e observou-se independente dos valores de precipitação simulados, há redução no número de estações com condições favoráveis a mangueira, que passa de 167 estações no *Baseline* para 99 estações no ano de 2055, sob altas emissões simuladas pelo PRECIS.

As informações de temperatura e precipitação simuladas pelos modelos são importantes para explicar os resultados do zoneamento de risco climático da mangueira, por isso, além dos dados apresentados anteriormente, são exibidos mapas adicionais (Figuras de 4 a 7) para uma melhor interpretação da variação ocorrida na geografia das áreas aptas à produção de mangueira no Brasil. O que se observa nessas figuras é um aumento da temperatura média anual para todo país (Figuras 4 e 5). Por sua vez, a precipitação pode apresentar aumento ou redução dos totais anuais, a depender dos cenários e modelos estudados (Figuras 6 e 7).

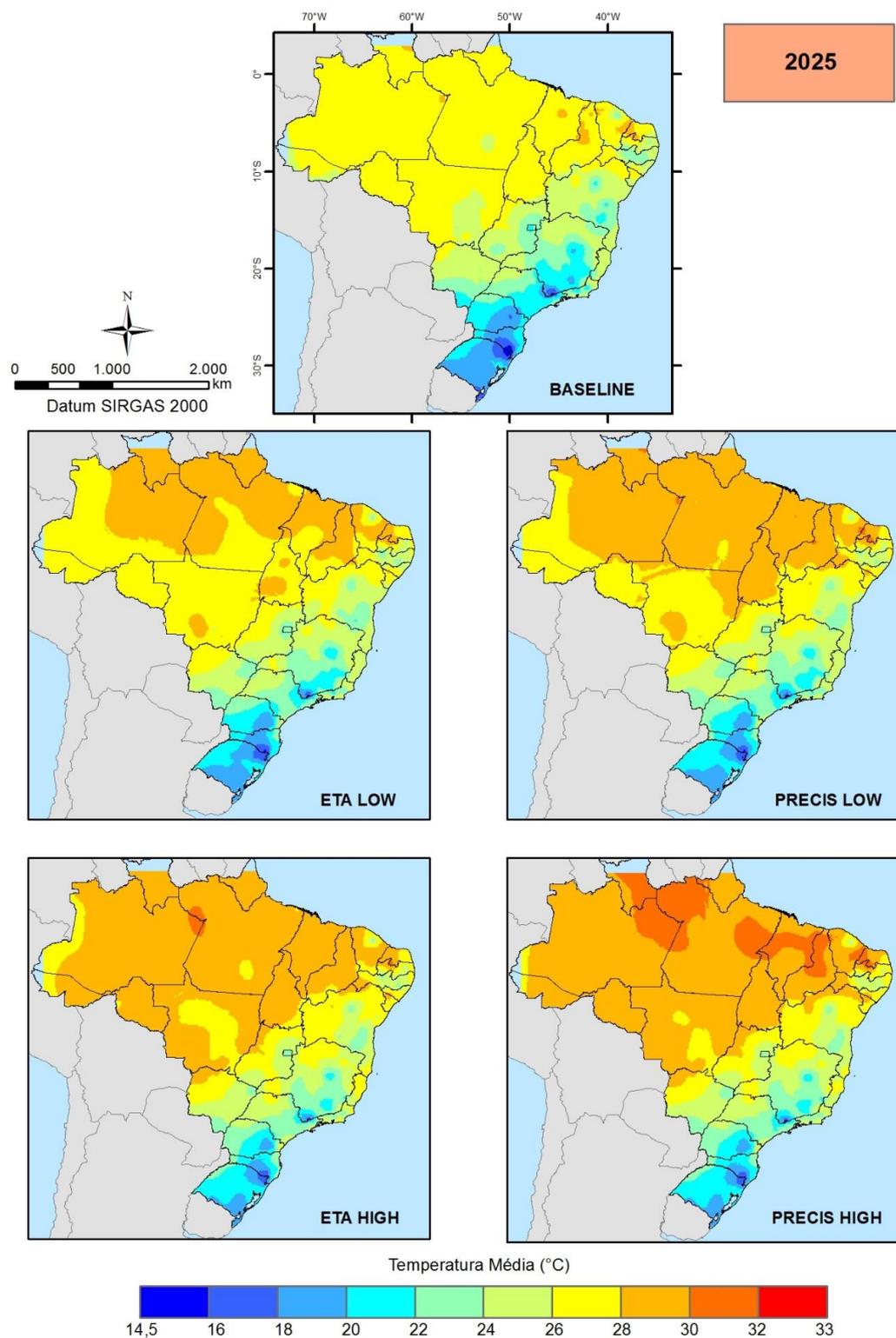


Figura 4. Temperatura média para o baseline e para o ano de 2025 considerando os cenários de baixa (Low) e altas (High) emissões para os modelos regionalizados ETA e PRECIS. Mapas elaborados por: Tatiana Ayako Taura. Laboratório de Geoprocessamento da Embrapa Semiárido.

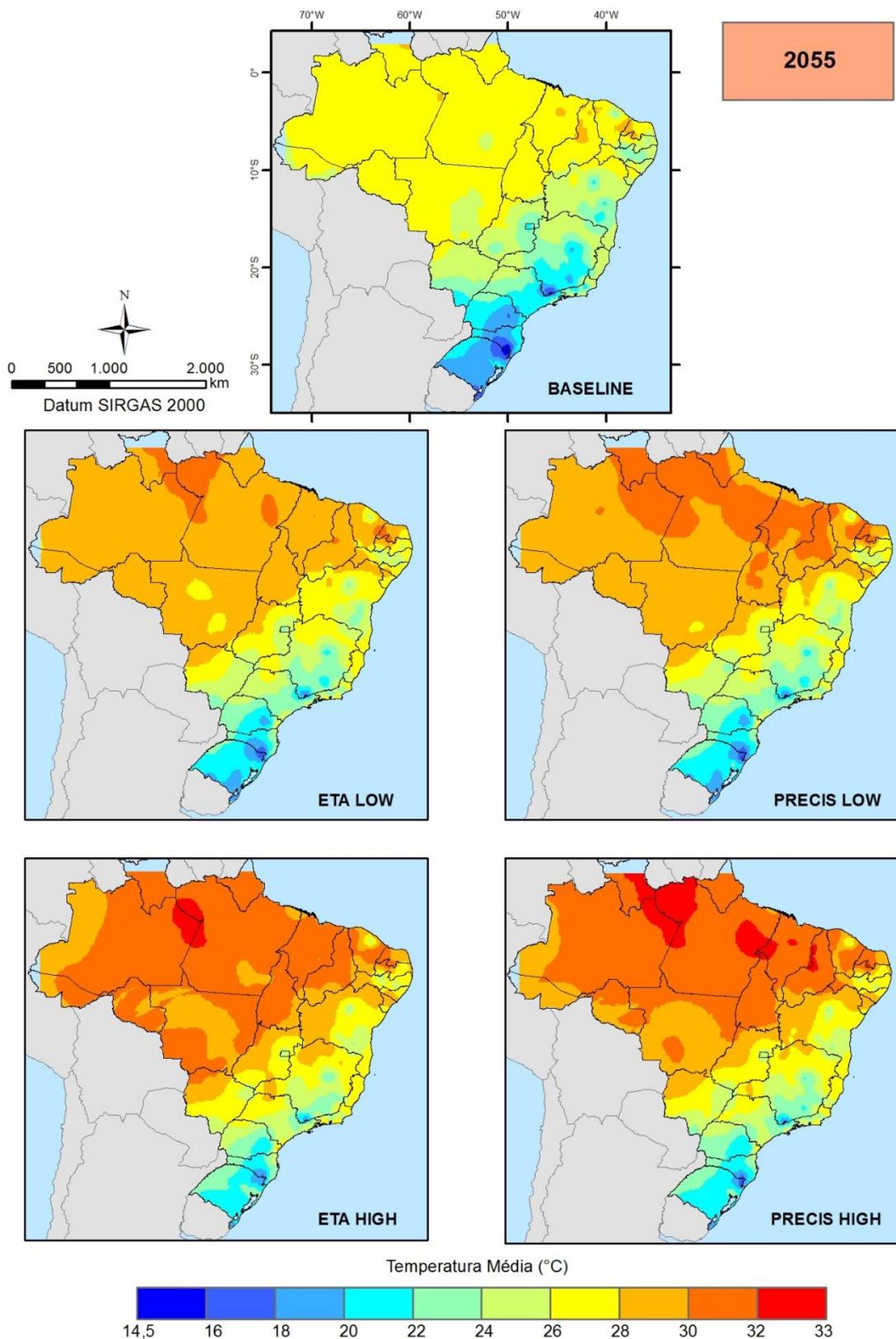


Figura 5. Temperatura média para o baseline e para o ano de 2055 considerando os cenários de baixa (Low) e altas (High) emissões para os modelos regionalizados ETA e PRECIS. Mapas elaborados por: Tatiana Ayako Taura. Laboratório de Geoprocessamento da Embrapa Semiárido.

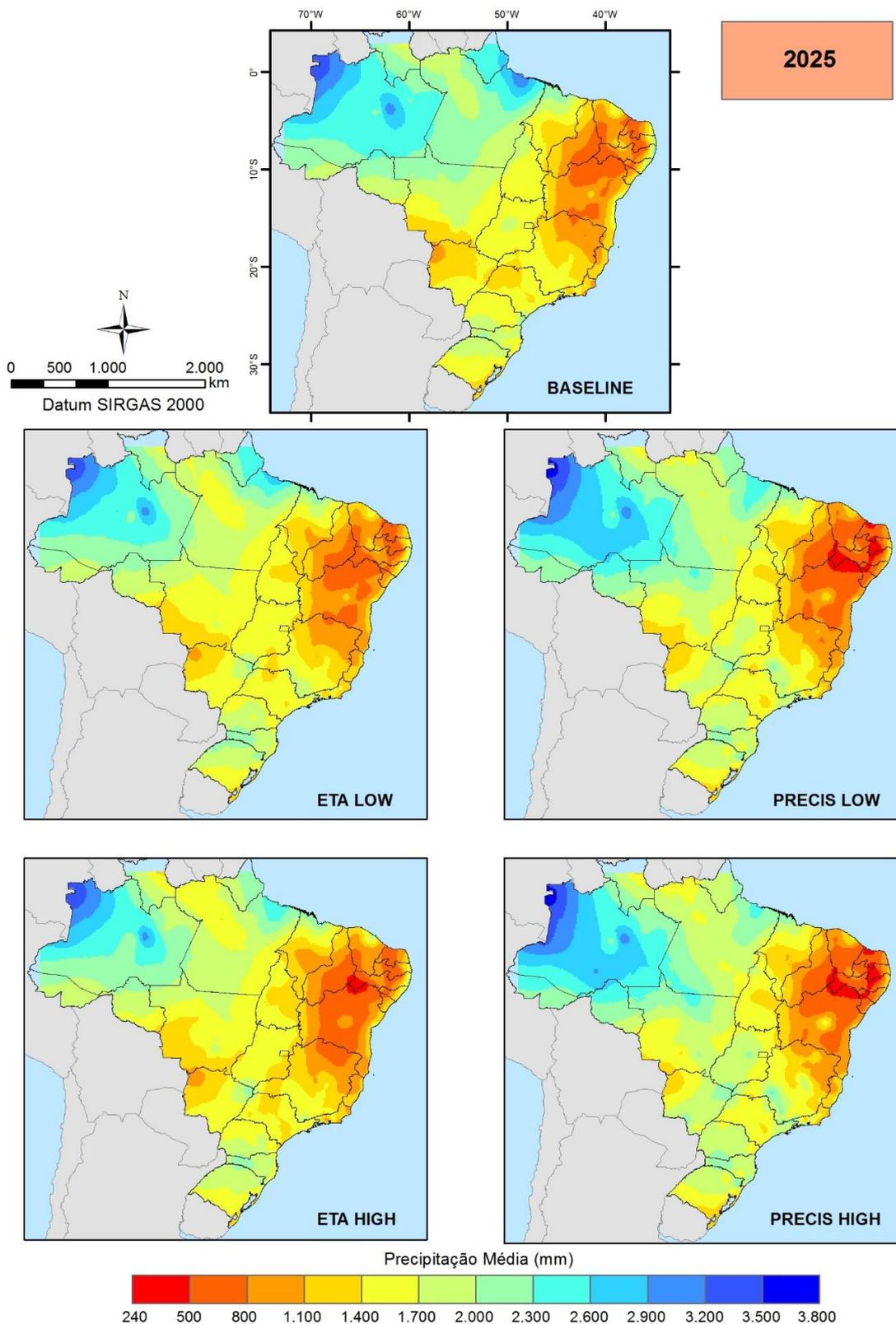


Figura 6. Precipitação média anual para o baseline e para o ano de 2025 considerando os cenários de baixa (Low) e altas (High) emissões para os modelos regionalizados ETA e PRECIS. Mapas elaborados por: Tatiana Ayako Taura. Laboratório de Geoprocessamento da Embrapa Semiárido.

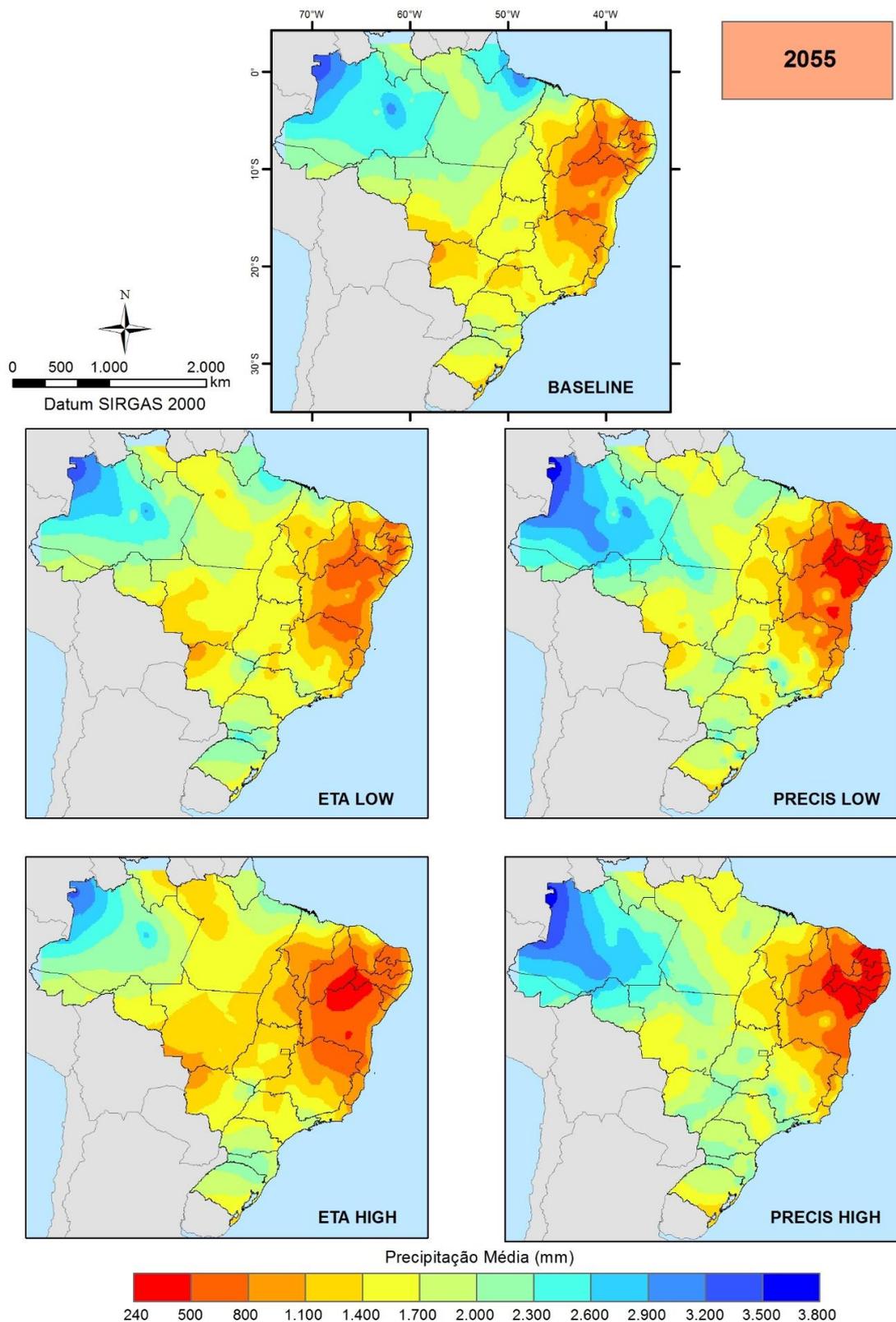


Figura 7. Precipitação média anual para o baseline e para o ano de 2055 considerando os cenários de baixa (Low) e altas (High) emissões para os modelos regionalizados ETA e PRECIS. Mapas elaborados por: Tatiana Ayako Taura. Laboratório de Geoprocessamento da Embrapa Semiárido.

Os mapas com o zoneamento de risco climático para o clima atual (*Baseline*) e cenários futuros gerados são apresentados na Figura 8 considerando o modelo ETA e na Figura 9 para o PRECIS. Pode-se observar que os mapas contemplam todas as faixas de probabilidades, porém, adotou-se o limite de 50% (0,50) para que fossem avaliados os quantitativos municipais com área superior a 20% dentro da condição de aptidão. Com isso, considerando o cenário atual (*Baseline*) do Brasil, existem 2.231 municípios com clima propício ao cultivo da mangueira sob condições naturais, sendo que esse total pode aumentar para um cenário de altas emissões de dióxido de carbono do modelo ETA para o ano de 2025, porém, em longo prazo pode haver redução no total de municípios aptos ao cultivo da mangueira (Figura 8), enquanto que os cenários gerados para o modelo PRECIS somente indicam redução na área climaticamente apta ao cultivo da mangueira, tanto para os cenários de altas emissões de carbono quanto de baixa, em médio e longo prazo (Figura 9).

Importante destacar, que a principal região produtora de manga do país, que é o Submédio do Vale São Francisco, apresenta-se não apta sob condições naturais e, portanto, o sucesso na produção de mangas nessa região se deve, sobretudo, ao uso da irrigação.

Quando se analisam as regiões responsáveis pela maior produção de manga do país, as regiões Nordeste e Sudeste. Pode-se constatar que para ambos os modelos, em longo prazo, ocorre uma sensível redução da aptidão para a mangueira em condições naturais. Todavia, observa-se maior severidade desta redução com os resultados obtidos pelo modelo PRECIS. Sob estas condições, pode haver necessidade de desenvolvimento de novas cultivares tolerantes ao aumento de temperatura e restrição hídrica, ou mesmo o desenvolvimento de novas técnicas de manejo que possibilitem a obtenção de bons rendimentos nestes cenários.

Resultados relatados por Normand et al. (2015) descrevem a influência de variáveis climáticas em processos agrônômicos importantes na mangicultura, como desenvolvimento vegetativo e reprodutivo e qualidade de frutos. Segundo os autores, não havendo limitação hídrica, aumentos de temperatura devem estimular as brotações vegetativas, promovendo um incremento nas unidades de produção e no número de folhas, o que pode comprometer o manejo da floração pela dificuldade de induzir o

repouso dos ramos, necessário à diferenciação de gemas (Davenport, 2009). No entanto, não foram observadas diferenças significativas no tamanho de folhas que se desenvolvem em temperaturas entre 20 e 28 °C (Dambreville et al., 2013), mas sim no tamanho das inflorescências e no número de flores por inflorescência (Sukhvibul et al., 1999), o que poderia comprometer a produção. Por outro lado, é importante mencionar o efeito positivo da exposição à luz de folhas maduras na indução à floração no cultivo da mangueira (Davenport, 2009).

A redução nas áreas ao longo prazo podem ser explicadas pelo fato de que embora a mangueira seja uma cultura que se adapta a uma ampla faixa de temperatura (Davenport, 2009), apresenta sensibilidade ao déficit hídrico (Lima Filho et al., 2002). Assim, em situações em que ocorre aumento da precipitação, se não houver um período de dois meses consecutivos chuvas inferiores a 25 mm, a floração da mangueira pode ser prejudicada e, por conseguinte, sua produção.

Considerando-se os totais de municípios aptos em cada região brasileira, observa-se que para o modelo PRECIS há redução quase generalizada nas áreas aptas, com exceção para as regiões Norte e Sul, que podem ampliar as áreas aptas em médio prazo. No caso da região Norte isso ocorre tanto para os cenários de alta quanto de baixas emissões de dióxido de carbono (Tabela 1). Por outro lado, os cenários climáticos gerados pelo ETA foram menos restritivo ao cultivo da mangueira, apresentando redução nas áreas aptas para a região Nordeste, considerando todos os cenários; para o Sudeste, em médio e longo prazo num cenário de baixas emissões; e para a região Norte, com altas emissões em longo prazo.

Para o Brasil, os cenários indicam redução no número de municípios aptos ao cultivo da mangueira em condições naturais, ou seja, sem a necessidade de irrigação, tanto para o PRECIS quanto para o ETA, em médio e longo prazo (Tabela 1). O modelo PRECIS apresenta maior redução no número de municípios aptos ao cultivo da mangueira, quando o Brasil passa a apresentar 29,40% e 36,71% dos municípios aptos em comparação com o *Baseline*, respectivamente para o cenário de altas (HIGH) e de baixas emissões (LOW) para o ano 2055 (Tabela 1). Menores reduções foram observadas para o modelo ETA, que inclusive apresentou aumento de 9% nos municípios aptos para 2025 no cenário de altas emissões (Tabela 1).

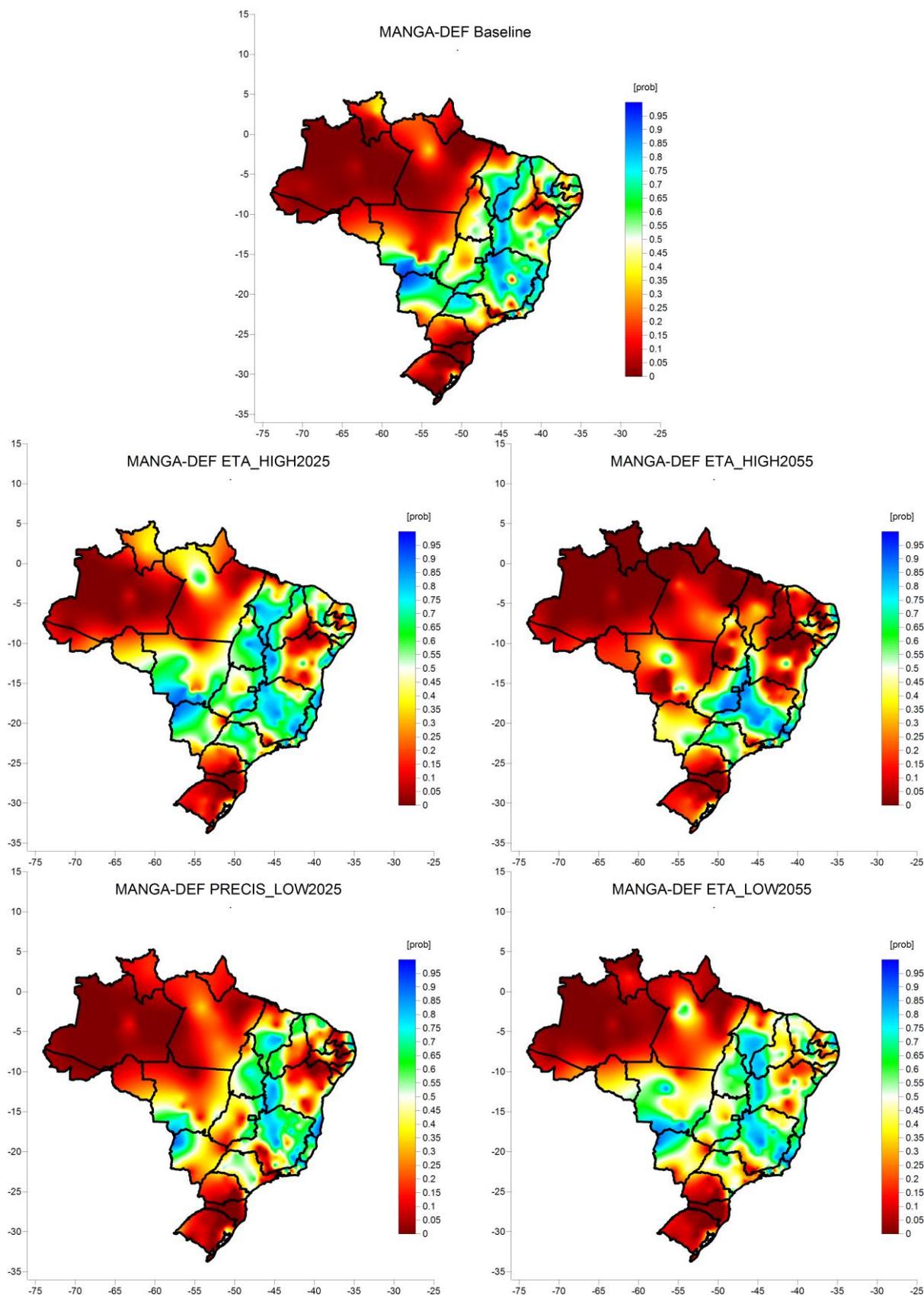


Figura 8. Probabilidade (prob) de ocorrência de condições climáticas aptas ao cultivo da mangueira, para o clima atual (*Baseline*) e futuro com base nas simulações do modelo ETA para os períodos centrados nos anos de 2025 e 2055.

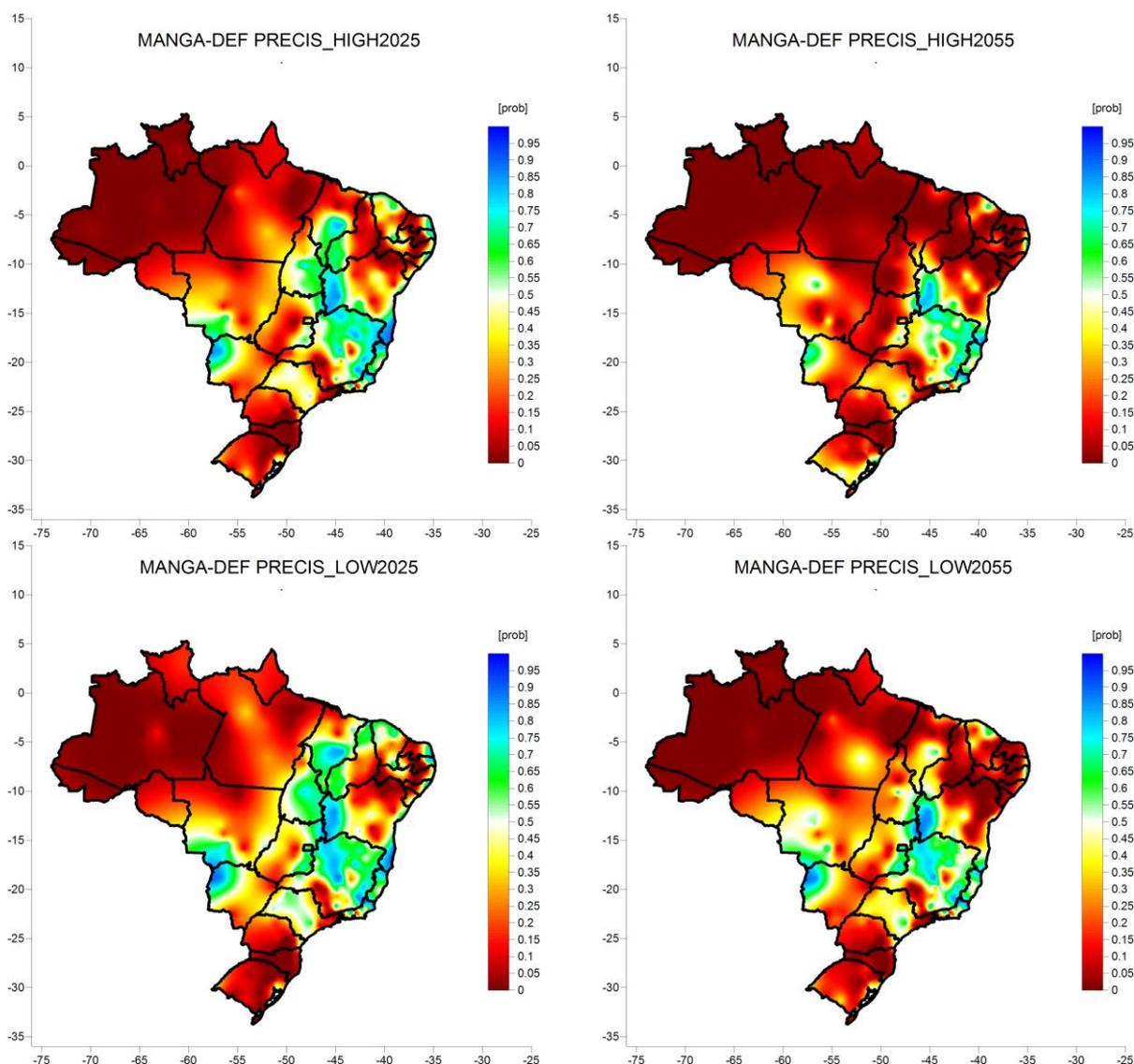


Figura 9. Probabilidade (prob) de ocorrência de condições climáticas aptas ao cultivo da mangueira, para o clima atual (Baseline) e futuro com base nas simulações do modelo PRECIS para os períodos centrados nos anos de 2025 e 2055.

Tabela 1. Número de municípios por regiões brasileiras com probabilidade maior que 50% de que ocorram condições climáticas aptas para o cultivo de mangueira para o cenário atual (Baseline) e os cenários futuros de altas (HIGH) e baixas (LOW) emissões de gases do efeito estufa para os anos de 2025 e 2055, considerando as simulações dos modelos regionalizados ETA e PRECIS.

Região	Baseline	ETA_High		ETA_Low		PRECIS_High		PRECIS_Low	
		2025	2055	2025	2055	2025	2055	2025	2055
Norte	32	138	10	124	120	52	0	90	17
Nordeste	946	757	333	894	735	414	98	484	100
Centro-Oeste	180	295	186	220	241	57	20	99	83
Sudeste	1073	1238	1144	926	913	613	509	877	619
Sul	0	7	18	5	5	0	29	3	0
Brasil	2231	2435	1691	2169	2014	1136	656	1553	819
%	100	109,15	75,8	97,2	90,3	50,9	29,45	69,6	36,7

## Conclusão

A redução das áreas aptas ao cultivo da mangueira no Brasil, considerando as condições climáticas geradas pelos modelos ETA e PRECIS, indicam que os sistemas de produção dessa fruteira deverão ser adaptados a fim de que a produção possa ocorrer mesmo em condições com menor disponibilidade de água e aumento de temperatura.

Os cenários de mudanças climáticas podem resultar em redução das áreas potenciais para a produção de mangueira no Brasil, sendo que os impactos podem ser diferenciados para região do país.

## Referências

- AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira, 2015. FNP, São Paulo.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015. Disponível: <http://www.grupogaz.com.br/editora/anuarios/show/4718.html>. Acesso: 26 maio 2015.
- Chou, S.C., Marengo, J.A., Lyra, A.A., Sueiro, G., Pesquero, J.F., Alves, L.M., Kay, G., Betts, R., Chagas, D.J., Gomes, J.L., Bustamante, J.F., Tavares, P., 2012. Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. *Climate Dynamic* 38, 635–653.
- Dambreville, A., Normand, F., Lauri, P.-E., 2013. Plant growth co-ordination in natura: a unique temperature controlled law among vegetative and reproductive organs in mango. *Functional Plant Biology* 40, 280-291.
- Davenport, T.L., 2009. Reproductive physiology, in: Litz, R.E. (Ed.), *The Mango: botany production and uses*. 2nd ed. CAB International, Wallingford, pp. 97–169.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. FAOSTAT. Roma. Disponível: <http://www.fao.org/corp/statistics>. Acesso: 05 out. 2014.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. Disponível: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>. Acesso: 26 fev. 2015.
- Levin, A.G., Naor, A., Noy, M., Love, C., Gal, Y., Peres, M., 2015. Mango response to deficit irrigation at different phenological periods. *Acta Horticulturae* 1075, 103-113.
- Lima Filho, J.M., Assis, J.S., Teixeira, A.H.C., Cunha, G.A.P., Castro Neto, M.T., 2002. Ecofisiologia, in: Genu, P.J.C., Pinto, C.A. Q. (Eds.), *A Cultura da Mangueira*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 243-257.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011. Portaria 363/2011. Disponível: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=2085727014>. Acesso: 26 fev. 2015.
- Marengo, J.A., Jones, R., Alves, L.M., Valverde, M., 2009. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology* 30, 1-15.
- Marin, F., Nassif, D.S.P., 2013. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: fisiologia, conjuntura e cenário futuro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17, 232–239.
- Mesinger, F., Chou, S.C., Gomes, J.L., Jovic, D., Bastos, P., Bustamante, J.F., Lazic, L., Lyra, A.d.A., Morelli, S., Ristic, I., Veljovic, K., 2012. An upgraded version of the Eta model. *Meteorology and Atmospheric Physics* 116, 63-79.
- Mouco, M.A.do C., Albuquerque, J.A.S. de. 2005. Efeito do paclobutrazol em duas épocas de produção da mangueira. *Bragantia* 64, 219-225.
- Mukherjee, S.K., Litz, R.E., 2009. Introduction: botany and importance, in: Litz, R.E. (Ed.), *The Mango*. 2nd ed. CABI, Wallingford, pp. 1-18.
- Normand, F., Lauri, P.É., Legave, J.M., 2015. Climate Change and its probable Effects on Mango Production and Cultivation. *Acta Horticulturae* 1075, 21-31.
- Nunes, E.L., Amorim, R.C.F., Souza, W.G., Ribeiro, A., Senna, M.C.A., Leal, B.G., 2007. Zoneamento agroclimático da cultura do café para a bacia do rio Doce. *Revista Brasileira de Meteorologia* 22, 297-302.
- Pinto, H.S., Assad, E.D., Zullo Junior, J., Evangelista, S.R.M., Otavian, A.F., Ávila, A.M.H.de, Evangelista, B.A., Marin, F.R., Macedo Junior, C., Pellegrino, G.Q., Coltri, P.P., Coral, G., 2008. A nova geografia da produção agrícola no Brasil, in: Deconto, J.G. (Coord.), *Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil*. Embrapa Informática Agropecuária; Unicamp, Campinas, pp. 24-71.
- Portela, G.L.F., Lima, M.G., Padua, L.E.M., Sinimbu Neto, F.A., Martins, A.B.G., 2008. Zoneamento agroclimático da cultura da mangueira no Estado do Piauí. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30, 1036-1039.
- Santos, P.M., Evangelista, S.R.M., Pezzopane, J.R.M., 2014. Cenários agrícolas futuros para

- pastagens no Brasil. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 114).
- Schaffer, B., Urban, L., Lu, P., Whiley, A.W., 2009. Ecophysiology, in: Litz, R.E. (Ed.), The Mango. 2nd ed. CABI, Wallingford, pp. 170-209.
- Sukhvibul, N., Whiley, A.W., Smith, M.K., Hetherington, S.E., Vithanage, V., 1999. Effect of temperature on inflorescence development and sex expression of mono- and poly-embryonic mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. Journal Horticultural Science & Biotechnology 74, 64-68.
- Silva, V.D.R., Campos, J., Azevedo, P.V., 2009. Water-use efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. Scientia Horticulture 120, 467-472.
- Silva, A.F., Mouco, M.A.C., Santana, L.M., França, C.R.R.S., 2010. Cultivo de mangueira 'Tommy Atkins' com diferentes compostos orgânicos. Embrapa Semiárido, Petrolina. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 81).
- Spreer, W., Hegele, M., Müller, J., Ongras, S., 2009. Effect of deficit irrigation on fruit growth and yield of mango (*Mangifera indica* L.) in Northern Thailand. Acta Horticulturae 820, 357-364.