

# INVENTÁRIO ESTADUAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE CARBONO EQUIVALENTE

## MODELAGEM REGIONAL DE MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA



Elaborado por:

Prof. Pós Doutor Rafael Coll Delgado<sup>1</sup>

Universidade Federal do Acre – Cruzeiro do Sul/AC

Colaboração

Pesquisador Pós - Doutorando Rafael de Ávila Rodrigues<sup>2</sup>

Universidade Federal de Viçosa – Viçosa/MG

Prof. Dr. Evandro Chaves de Oliveira<sup>3</sup>

Instituto Federal do Espírito Santo – Colatina/ES

Prof. Ph.D. Flávio Barbosa Justino<sup>4</sup>

Universidade Federal de Viçosa – Viçosa/MG

Março/2012

## 1. INTRODUÇÃO

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC) foi criado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pela United Nations Environment Programme (UNEP) em 1988, com o objetivo de estudar e divulgar abertamente as informações técnicas e socioeconômicas e os impactos relevantes aos riscos à humanidade, visando criar mecanismos para a adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais.

O aquecimento global, tema discutido atualmente em todo o mundo, vem despertar em cada um de nós a possibilidade de refletir sobre os nossos atos no Planeta Terra. Diante disso, o IPCC, mostram diferentes cenários de emissão de CO<sub>2</sub>, sendo as principais A2 (alta emissão) e B2 (baixa emissão).

Com base nestes cenários, são geradas diferentes projeções futuras de mudanças climáticas com a finalidade de projetar como será o futuro em relação ao aumento da temperatura, precipitação, destacando a ocorrência destes impactos em todos os continentes do mundo por meio de um conjunto de cenários conhecido como “Special Report on Emissions Scenarios” (SRES).

Esses cenários são norteados a partir dos modelos climáticos globais, usados como ferramentas para projeções de futuras mudanças do clima, como consequência de cenários utilizando forçantes climáticas (gases de efeito estufa e aerossóis). Sabe-se que existe uma incerteza do futuro cenário climático do Planeta, incerteza muito maior quando se deseja projetá-lo para regiões usando modelos globais. A formulação de políticas de adaptação em resposta às mudanças do clima tem mostrado que o nível de detalhamento fornecido por esses métodos ainda não está consolidado, ainda que o Modelo Global de Circulação da Atmosfera (MCGA) forneça simulações adequadas da circulação atmosférica em escala global (CAMARGO et al., 2001; CAVALCANTI et al., 2002; MARENGO et al., 2003, apud AMBRIZI, 2007).

Para o cenário climático de referência, utiliza-se a Climatologia, e para o cenário futuro projeta-se o comportamento do clima utilizando Modelos de Circulação Global (MCGs) ou são utilizadas condições hipotéticas. As projeções com os MCGs são feitas pelo acoplamento da atmosfera com os oceanos, forçados com a evolução das concentrações de Gases de Efeito Estufa (GEE) medidas no século XX e projetadas para o futuro de acordo com a descrição do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões. Este Relatório foi publicado em 2000 para uso em estudos de mudanças climáticas descrevendo uma visão possível do desenvolvimento futuro em todo o planeta com alusão especial à emissão de gases de efeito estufa.

Os cenários citados diferem-se pelas concentrações de gases de efeito estufa e são classificados em A1, A2, B1 e B2, apresentando as seguintes características como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Cenários Climáticos do IPCC

<b>CENÁRIO</b>	<b>EMISSÕES de CO<sub>2</sub></b>
A1	PESSIMISTA
A2	MAIS PESSIMISTA
B1	INTERMEDIÁRIO
B2	OTIMISTA

O relatório divulgado em 2007 pelo IPCC aponta para um aumento médio da temperatura do ar entre 0,8 e 2,6°C até 2050 e de 1,4 e 4,0°C até o final deste século, em decorrência do aumento das concentrações dos gases de efeito estufa (dióxido de carbono, óxido nítrico, vapor d'água, metano) mostrando que a ação antrópica é responsável pelos grandes eventos extremos ocorridos no mundo como furacões, secas etc.

Desse modo, diante do aumento na demanda por alimentos, de ameaças ao ambiente, do aumento da pressão sobre os recursos terra/água e da globalização dos mercados, muitos sistemas de produção agrícola no mundo estão rapidamente sendo modificados. A pesquisa agrícola é uma fonte de informação muito importante para os tomadores de decisões, entretanto é muito difícil para as técnicas tradicionais de pesquisa fornecer as informações necessárias aos tomadores de decisão nas situações complexas encontradas atualmente (PAVAN, 2007).

As mudanças climáticas forçarão a elevação dos preços dos alimentos e nem mesmo as pessoas com melhores condições de renda estarão livres dos castigos impostos por tais alterações, pois a degradação em virtude dos choques climáticos destruirá com extrema voracidade as capacidades humanas de estabelecimento e desenvolvimento tendência a cada dia observada em diversos países, inclusive, nos desenvolvidos. Transfere-se, assim, à agricultura e aos recursos naturais o maior desafio deste século que é alimentar e matar a sede de uma população mundial que hoje é superior a sete bilhões de pessoas.

## **2. MODELO HadRM3**

A versão atual do modelo regional do Hadley Centre é o HadRM3, que é baseado na versão mais recente do HadCM3. Possui uma resolução horizontal de 50 km com 19 níveis na vertical (da superfície até 30 km na estratosfera), e 4 níveis no solo. O HadRM3 usa a mesma formulação climática do modelo HadCM3 o que permite que o modelo regional forneça projeções climáticas consistentes com o modelo global. O modelo HadRM3 tem sido utilizado em várias regiões do mundo, como na Europa, China e Índia.

O modelo global HadCM3, em estudo realizado por AMBRIZZI et al. (2007), destaca que foi integrado ao clima do presente a fim de avaliar sua capacidade de representá-lo e à sua variabilidade para a América do Sul, especialmente para o Brasil. Após constatar que houve um desempenho satisfatório neste teste, ele foi utilizado para os cálculos de projeções de cenários climáticos futuros regionalizados. Desse modo, os dados meteorológicos utilizados serão do cenário B2 “otimista” e o A2 “pessimista” para todo o estado do Acre (Figura 1).

O cenário A2 é o cenário que descreve um mundo futuro muito heterogêneo onde a regionalização é dominante. Existiria um fortalecimento de identidades culturais regionais, com ênfase em valores da família e tradições locais. Outras características são: um crescimento populacional alto, e menos preocupação em relação ao desenvolvimento econômico rápido.

Já o cenário “otimista” do IPCC B2, descreve um mundo no qual a ênfase está em soluções locais, a sustentabilidade econômica, social e ambiental. A mudança tecnológica é mais diversa com forte ênfase nas iniciativas comunitárias e inovação social, em lugar de soluções globais.

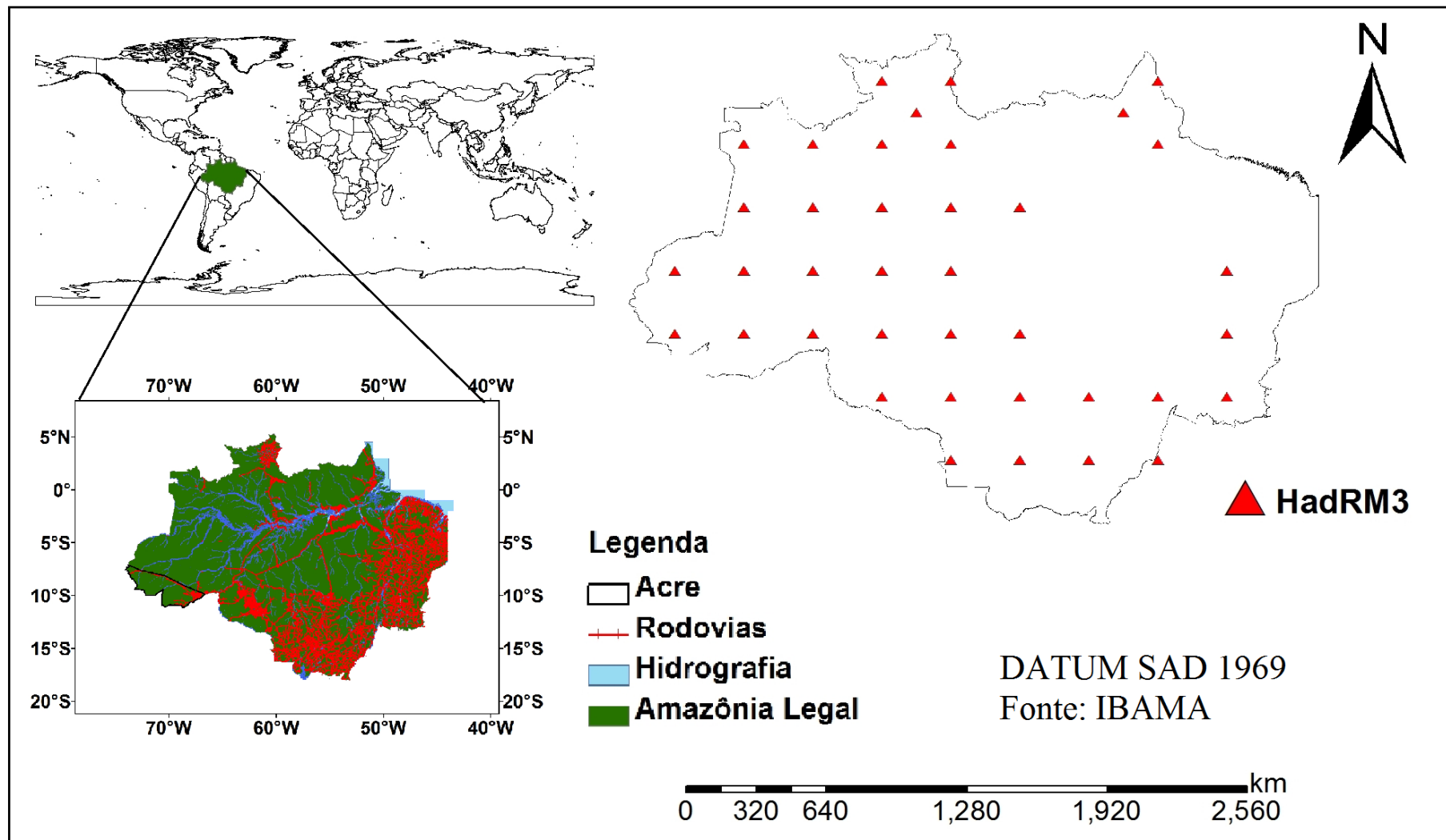


Figura 1. Localização Geográfica da área de estudo e a grade do modelo regional HadRM3.

### 3. CENÁRIOS HadRM3 PARA O ACRE

Os dados meteorológicos utilizados pelo modelo, considerados como outputs, compreendem o período de 1960 a 1989 “**baselines**” e para os cenários futuros A2 e B2 a simulação procedeu-se de 2070 até 2100.

O período de estudo definido como clima atual “**baseline**” é o período de referência que define o clima do presente nos relatórios do IPCC para o modelo HadRM3. Outros modelos regionais não foram considerados por não possuírem variáveis meteorológicas como (temperatura máxima e mínima).

A Figura 2 representa as condições iniciais do modelo “clima atual” para cada cenário (A2 e B2), com uma mudança temporal da taxa de CO<sub>2</sub> atmosférico de 350 ppmv para 370 ppmv desde 1990 até 2000. No cenário A2 e B2 a concentração de CO<sub>2</sub> atinge o valor de 850 e 550 ppmv em 2100 respectivamente (Figura 2).

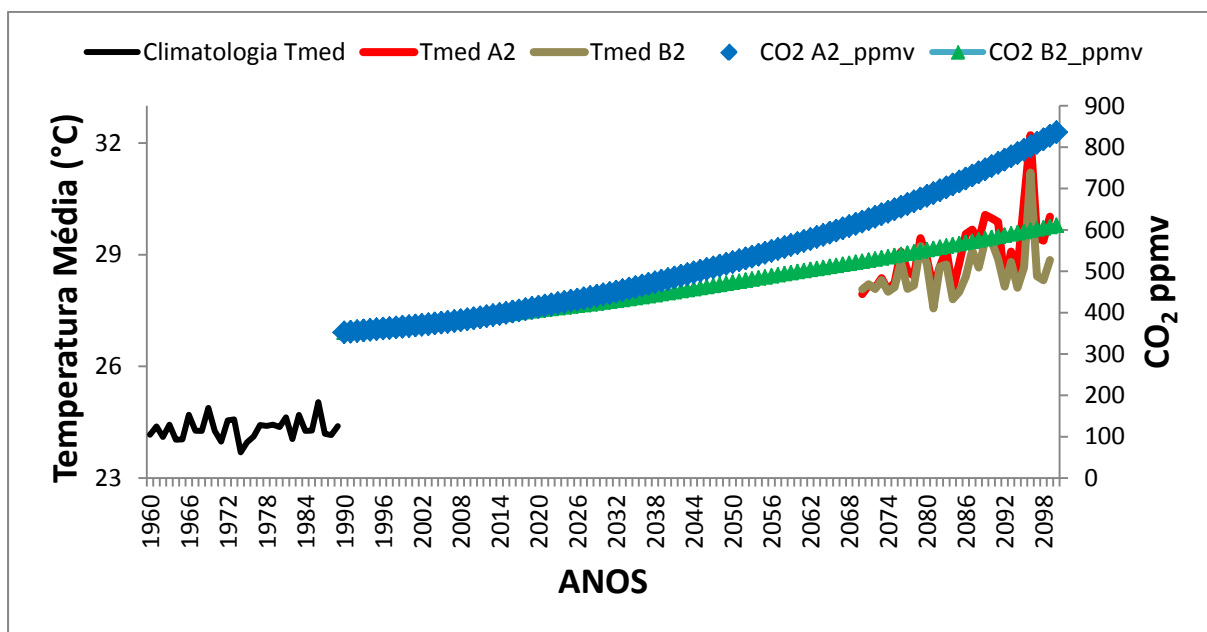


Figura 2. Condições atuais do modelo “**baseline**” e os diferentes cenários “A2 e B2” de temperatura e CO<sub>2</sub> para o modelo regional HadRM3.

### 4. DADOS UTILIZADOS

A análise dos eventos climáticos de precipitação (mm), temperatura máxima, mínima e média (°C) e radiação global (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>) para os diferentes cenários “A2 e B2” foi feita com as saídas do modelo HadRM3 para o estado do Acre.

Foram calculadas as sazonalidades de 2070 até 2100 das respectivas variáveis, facilitando assim a interpretação dos resultados. Foram definidas duas estações bem distintas

para os dois cenários “A2 e B2” (*Seca e Chuvosa*), onde a estação *Seca* se estende de Abril a Setembro dando início a estação *Chuvosa* que vai de Outubro a Março.

A conversão da grade pontual do modelo HadRM3 foi convertida em pontos dispersos, onde os padrões espaciais puderam ser descritos no estado do Acre. O método utilizado para a interpolação espacial dos pontos de grade do modelo foi o método de Krigagem, o qual é um método estatístico de interpolação semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada. Porém, na Krigagem os pesos dados a cada observação são determinados a partir de uma pré-análise espacial utilizando semivariogramas experimentais. Assim, este método tem a vantagem de otimizar à variável interpolada e tem sido utilizado amplamente em trabalhos similares ao que está sendo realizado.

Estas variáveis climáticas foram georreferenciadas em função da latitude e longitude e, com o uso de um sistema de informações geográficas (SIG) o software ArcGIS 9.3, confeccionaram-se os mapas temáticos para os diferentes cenários para todo o estado do Acre.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. PRECIPITAÇÃO (mm) – “baseline”, A2 e B2**

As tendências de chuvas para o estado do Acre para o cenário A2 e B2 apresenta-se superior ao clima presente (Figura 3). O cenário A2 fica caracterizado como o mais chuvoso no Acre (Figura 3). A estação seca (Abril a Setembro) e Chuvosa (Outubro a Março) de 2070 a 2090 para o cenário A2 apresenta aumento significativo nos regimes pluviométricos, principalmente na faixa norte e noroeste do estado (Figura 4).

No cenário A2 em 2090 o modelo HadRM3 mostra um aumento das chuvas principalmente a oeste e uma forte redução na parte leste-nordeste de todo estado.

No cenário B2 na estação chuvosa (Outubro a Março) para o ano de 2070 valores mais altos de precipitação são encontrados na faixa norte e noroeste do estado (Figura 5). Na estação seca quase toda faixa leste do estado é caracterizada como a menos chuvosa (Figura 5).

Para o ano de 2080 na estação chuvosa no cenário B2 valores maiores são encontrados na faixa oeste e os menores valores encontrados na porção leste do estado o que caracteriza uma anomalia positiva e negativa de precipitação (Figura 5).

Em 2090 (cenário B2), há redução significativa das chuvas, tanto na estação seca quanto na chuvosa (Figura 5).

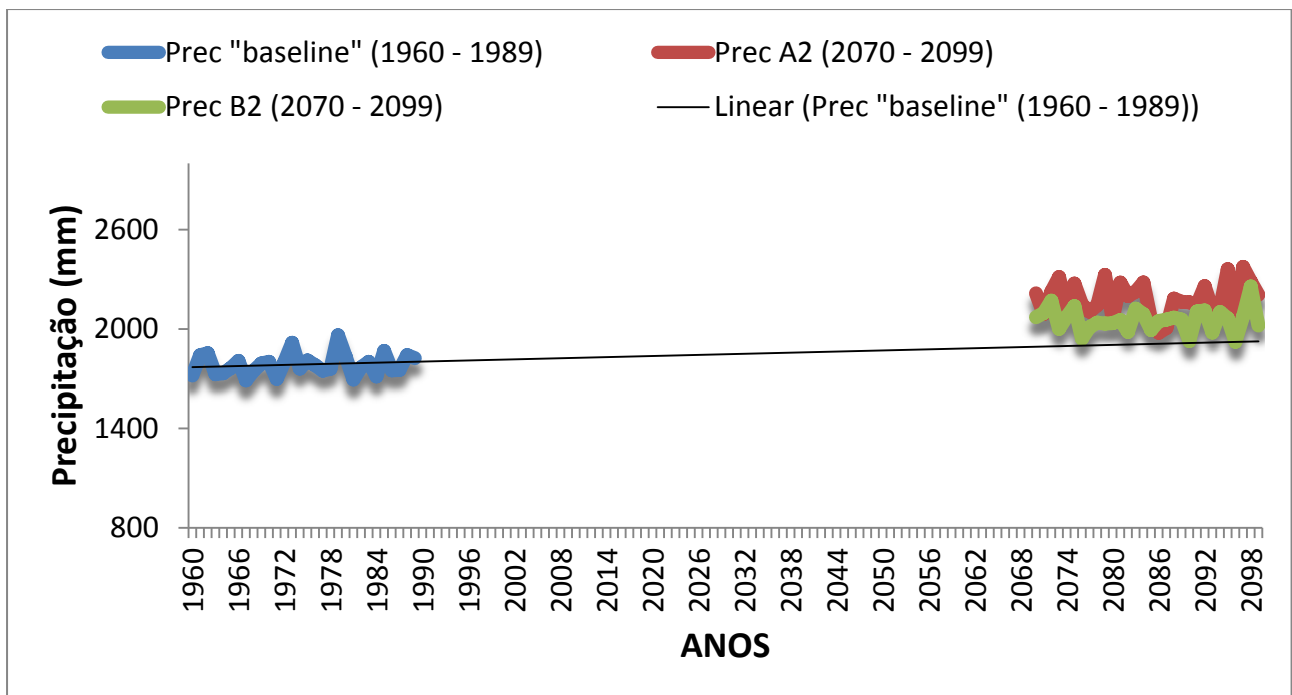


Figura 3. Precipitação (mm) “baseline”, A2 e B2 para o estado do Acre.

Na análise da precipitação dos cenários B2 e A2 do modelo HadRM3, nota-se que a um padrão de aumento significativo das chuvas entre os dois cenários, porém, as intensidades no cenário A2 são maiores, especialmente em áreas a oeste e noroeste do estado (Figura 4 e 5).



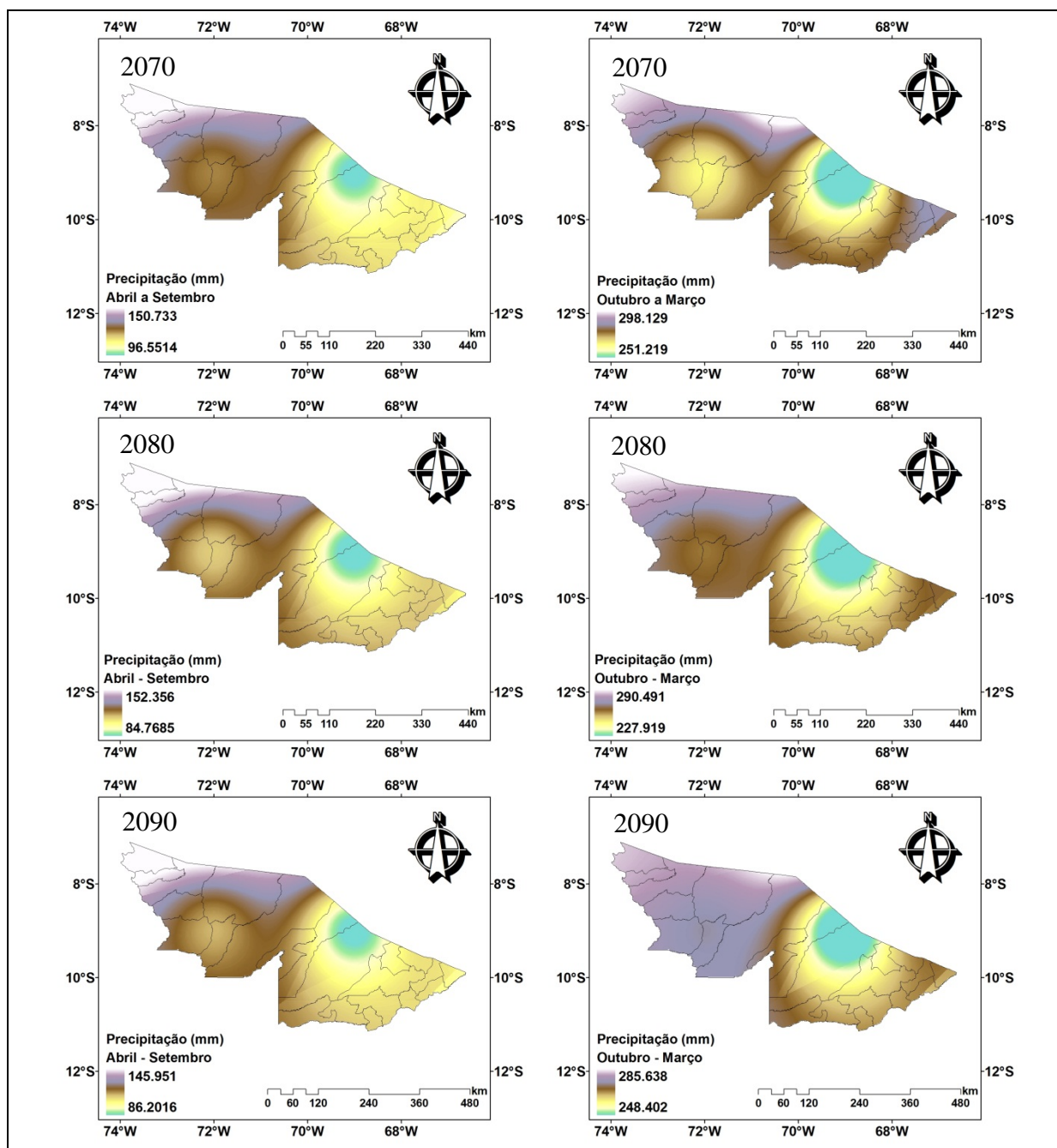


Figura 4. Projeções da precipitação para a estação seca e chuvosa com referência ao período base 1960-1989 para o estado do Acre. O cenário é o A2 pelo modelo HadRM3 de 2070 a 2090.

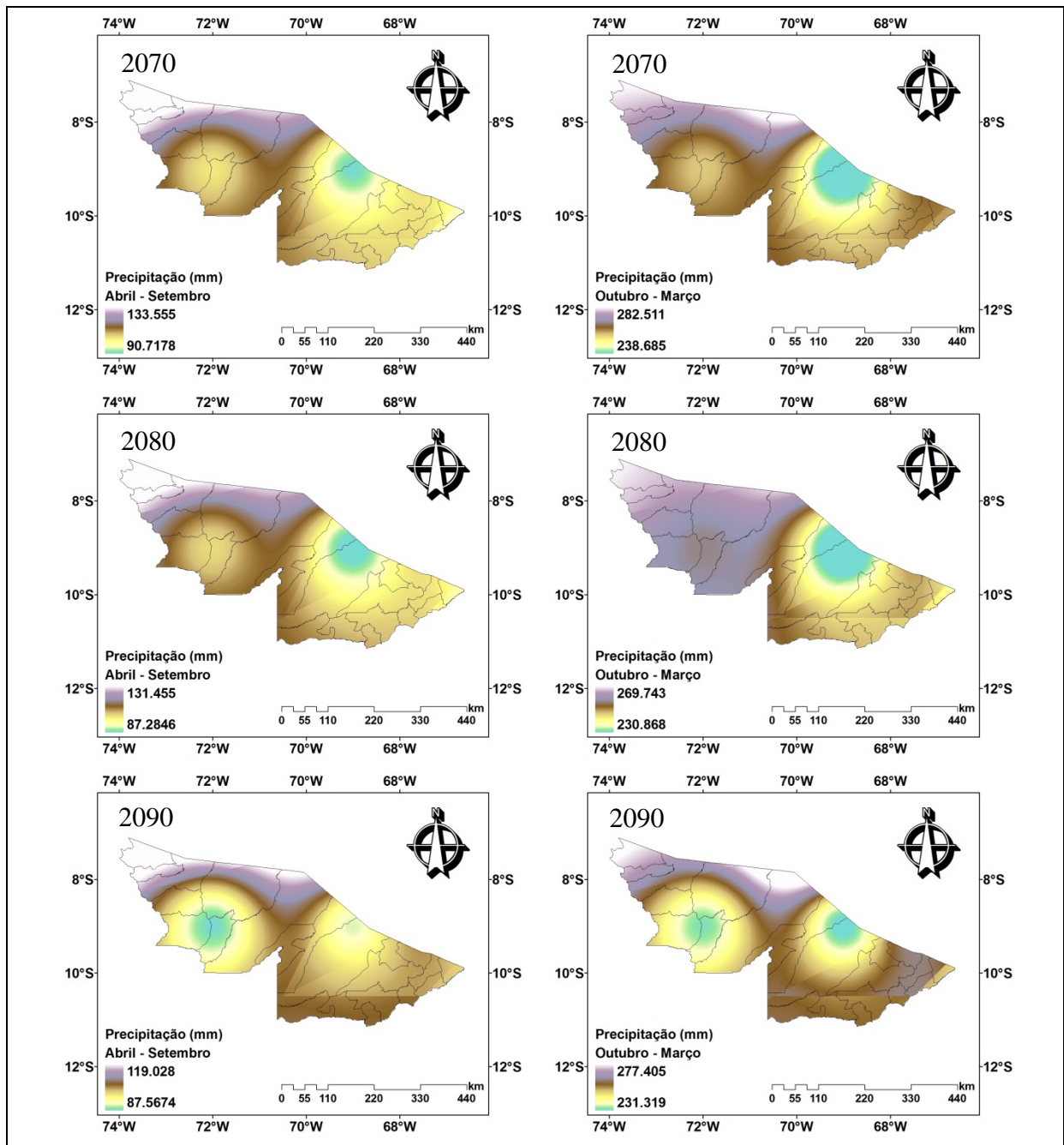


Figura 5. Projeções da precipitação para a estação seca e chuvosa com referência ao período base 1960-1989 para o estado do Acre. O cenário é o B2 pelo modelo HadRM3 de 2070 a 2090.

## 5.2. TEMPERATURA MÉDIA (°C) – “baseline”, A2 e B2

Em relação à temperatura média, os diferentes cenários mostram aquecimento no estado do Acre em relação ao clima atual “baseline”, o que tende a ser sempre maior no cenário A2 se comparado com o cenário B2 (Figura 6).

As Figuras 7 e 8 mostram as projeções de temperaturas médias do modelo HadRM3 para a estação seca e chuvosa dos cenários A2 e B2. Observa-se que todos os cenários mostram aquecimento em todo o estado do Acre, ainda que em diferentes magnitudes. O aquecimento é maior na porção leste do estado.

Destaca-se o cenário A2 em 2090 na estação seca, onde a temperatura média supera os quase 30°C na porção leste do estado, indicando um clima muito seco e com umidade relativa do ar muito baixa. Ainda no cenário A2, em todos os anos a temperatura será extremamente alta quando comparada com a climatologia “baseline” e o cenário B2. A porção oeste do estado em todos os anos nos cenários A2 e B2 será de temperaturas médias mais baixas (Figura 7 e 8).

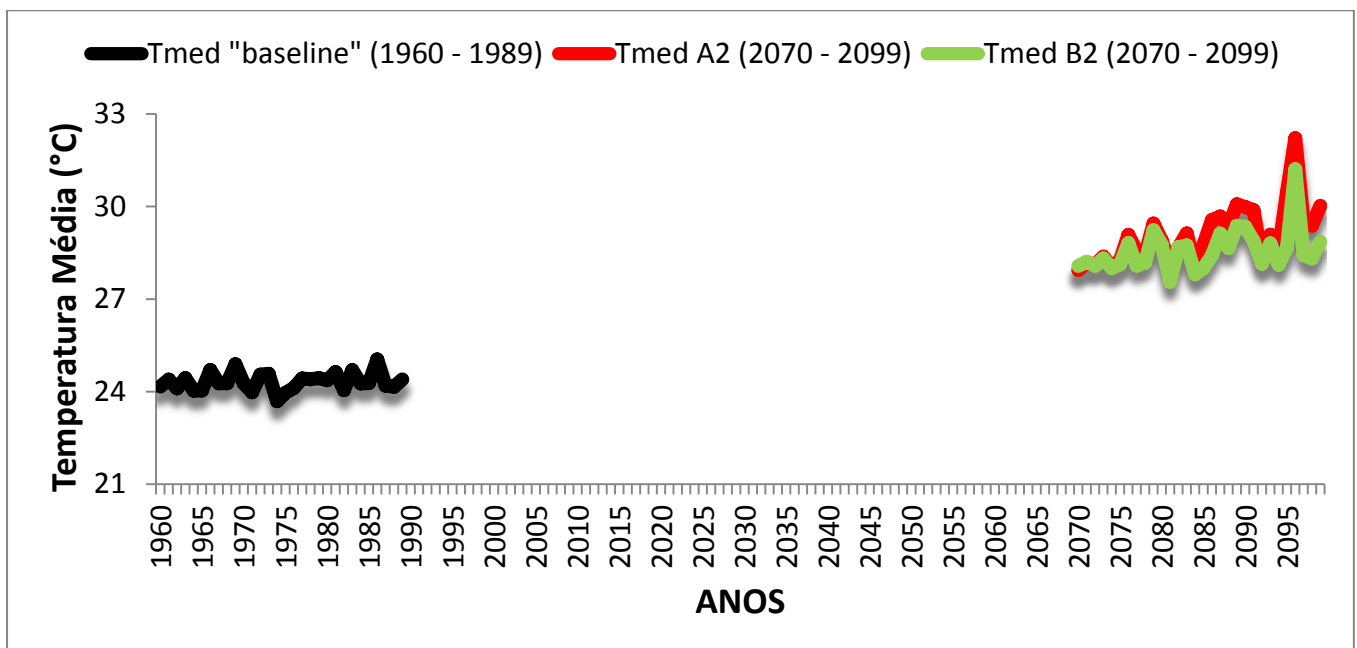


Figura 6. Temperatura média (°C) “baseline”, A2 e B2 para o estado do Acre.

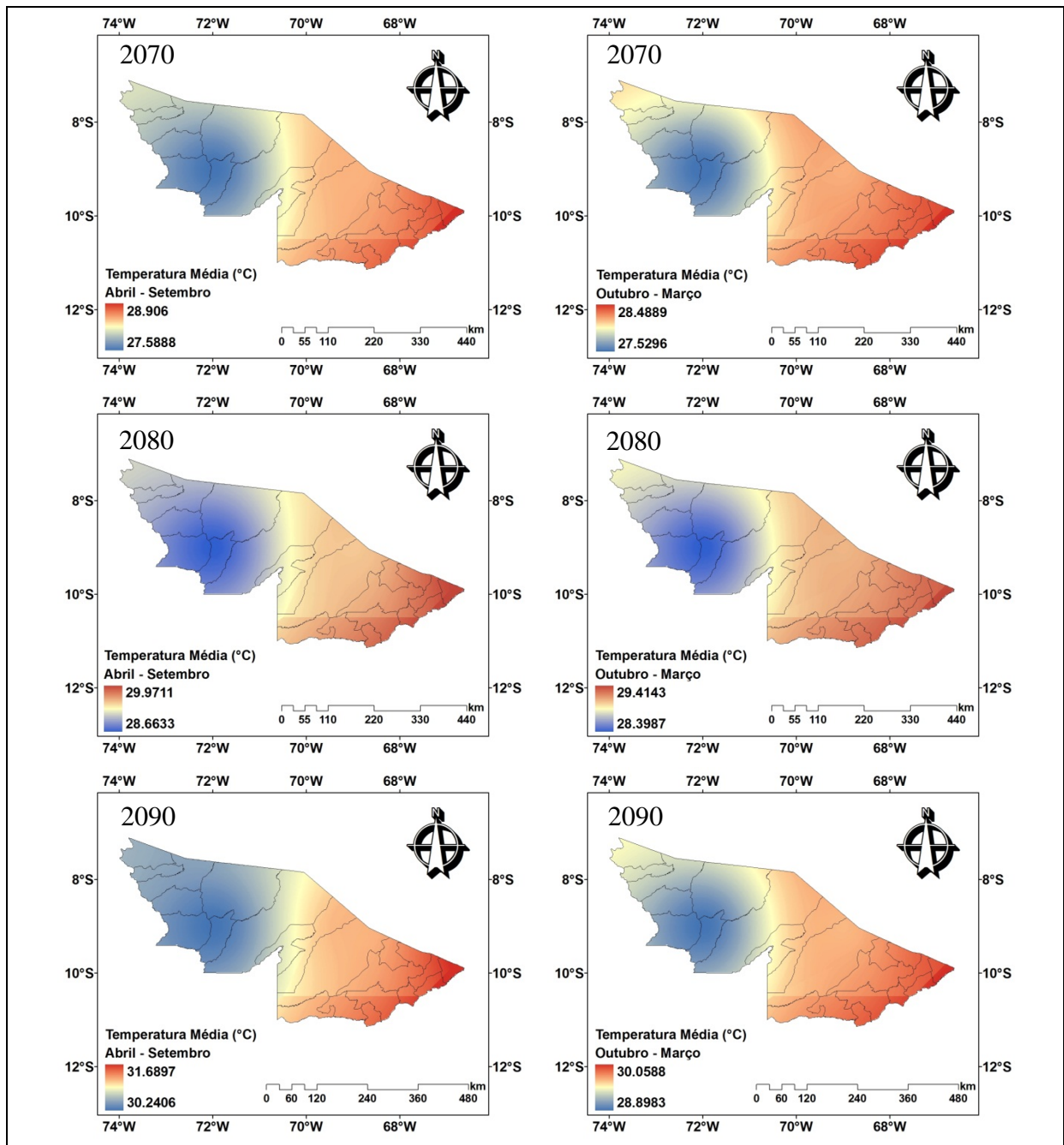


Figura 8. Projeções da temperatura média para a estação seca e chuvosa com referência ao período base 1960-1989 para o estado do Acre. O cenário é o A2 pelo modelo HadRM3 de 2070 a 2090.

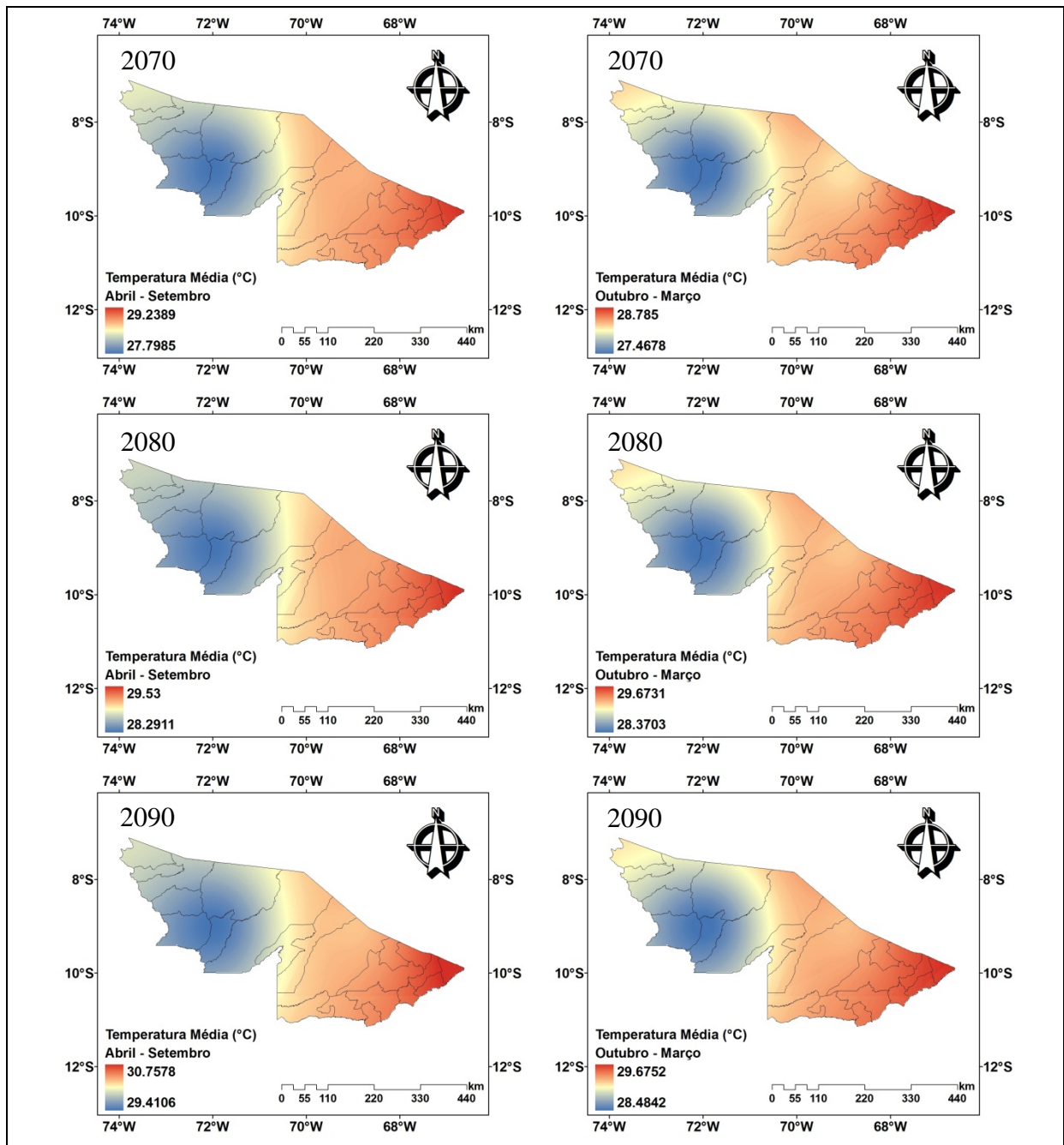


Figura 9. Projeções da temperatura média para a estação seca e chuvosa com referência ao período base 1960-1989 para o estado do Acre. O cenário é o B2 pelo modelo HadRM3 de 2070 a 2090.

### 5.3. TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS (°C) – A2 e B2

A variação da temperatura máxima é maior no período seco chegando a um máximo de 38°C na parte leste do estado para o ano de 2090 e a um mínimo de 32°C para o ano de 2070 na parte oeste do estado (Figura 10). Na estação chuvosa os valores oscilam entre 31°C na parte oeste (2070) e chegando a 35°C na parte leste (2090) conforme Figura 10.

Para o cenário otimitas “B2” (Figura 11), os valores são menores mas ainda preocupantes para a parte leste e oeste “extremos” do Estado do Acre, valores mais significativos de aumento de temperatura máxima são encontrados também na estação seca, ocorrendo também uma leve queda da máxima na estação chuvosa devido ao aumento do vapor d’ água atmosférico e superficial.

Nas Figuras 12 e 13 para os cenários “A2” e “B2”, a mudança da paisagem para os anos de 2070 até 2090 pode ser fator resultante no aumento da temperatura noturna na região Amazônica, mais especificamente em todo o Estado do Acre. A substituição das áreas densamente verdes resulta em aumento da temperatura do ar, causadas pela modificação no balanço de radiação e, conseqüentemente as ilhas de calor, ocasionando um aumento da temperatura mínima do ar.

Os dois cenários para o Estado do Acre apresentam uma tendência de aumento da temperatura mínima do ar (Figuras 12 e 13). Como resultado deste modelo, podemos considerar, que a amplitude dos invernos terá uma diminuição ainda maior. Esta alteração pode estar associada a um aumento gradativo e regionalizado da nebulosidade. Durante a noite, o aumento da nebulosidade contribui para a diminuição da quantidade de radiação de onda longa emitida para o espaço, aumentando a temperatura mínima do ar.

Vários autores apontam um aquecimento sistemático e detectando tendências positivas na temperatura máxima e mínima em níveis anual e sazonal. A amplitude térmica apresenta tendências negativas fortes neste período, sugerindo que as tendências na temperatura mínima são mais intensas que as máximas, especialmente no verão. Isto também foi detectado por GONÇALVES et al. (2002) para São Paulo. Porém, estas análises de temperaturas máximas e mínimas não estabelecem se o verão pode ter dias ou noites mais quentes, ou se o inverno pode ter uma menor frequência de noites frias. Porém, para muitos autores o aquecimento observado parece ser mais intenso no inverno em comparação ao verão, possivelmente devido ao aumento do número de dias quentes no inverno.

Impactos de ondas de frio vêm sendo identificados desde o fim do século XIX em todo o globo. Em estudo e variabilidade climática de longo prazo na região, observou-se que: (a) a quantidade de ondas de frio diminui com o tempo, mas isso não garante que a qualquer

momento uma onda forte de frio não possa afetar qualquer região do globo, independente de haver poucas frentes frias, e (b) as temperaturas do inverno em algumas localidades do globo terrestre mostram elevação.

Alteração na variabilidade da temperatura mínima do ar noturna pode estar associada a um aumento gradativo e regionalizado da nebulosidade. Durante a noite, o aumento da nebulosidade contribui para a diminuição da quantidade de radiação de onda longa emitida para o espaço, aumentando a temperatura mínima. Ao estudar as oscilações climáticas em Minas Gerais em uma escala maior MINUZZI et al., 2010 constataram o crescimento entre 1961 a 2004, com destaque para o município de Viçosa, MG, aumento de 0,86°C a 3,4°C em sete dos nove meses analisados. Outro resultado importante encontrado por estes pesquisadores foi o aumento do vapor d' água entre 0,35 mb/década a 0,6 mb/década, de janeiro a junho para Viçosa, MG.

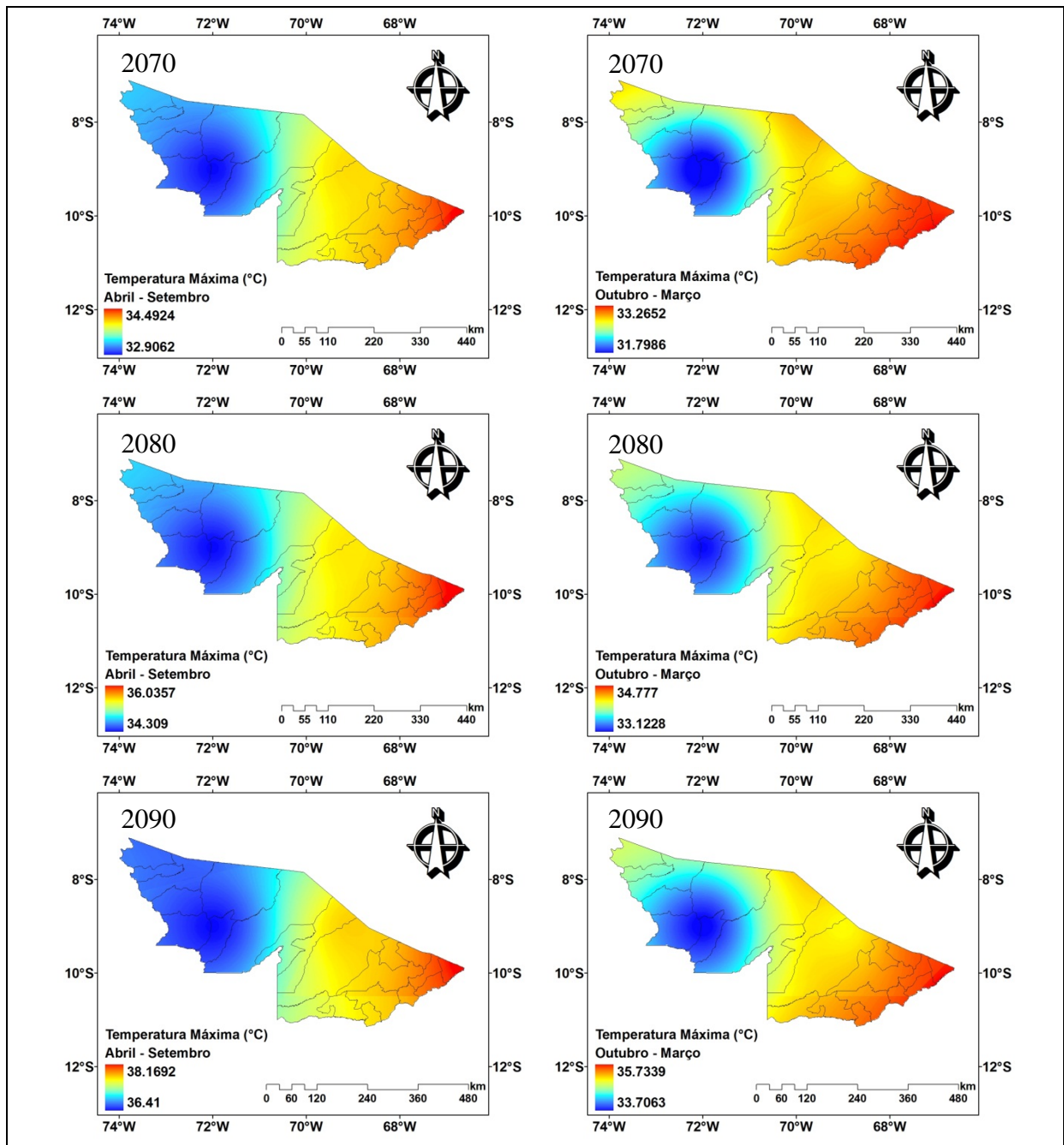


Figura 10. Projeções da temperatura máxima para a estação seca e chuvosa com referência ao período base 1960-1989 para o Estado do Acre. O cenário é o A2 pelo modelo HadRM3 de 2070 a 2090.



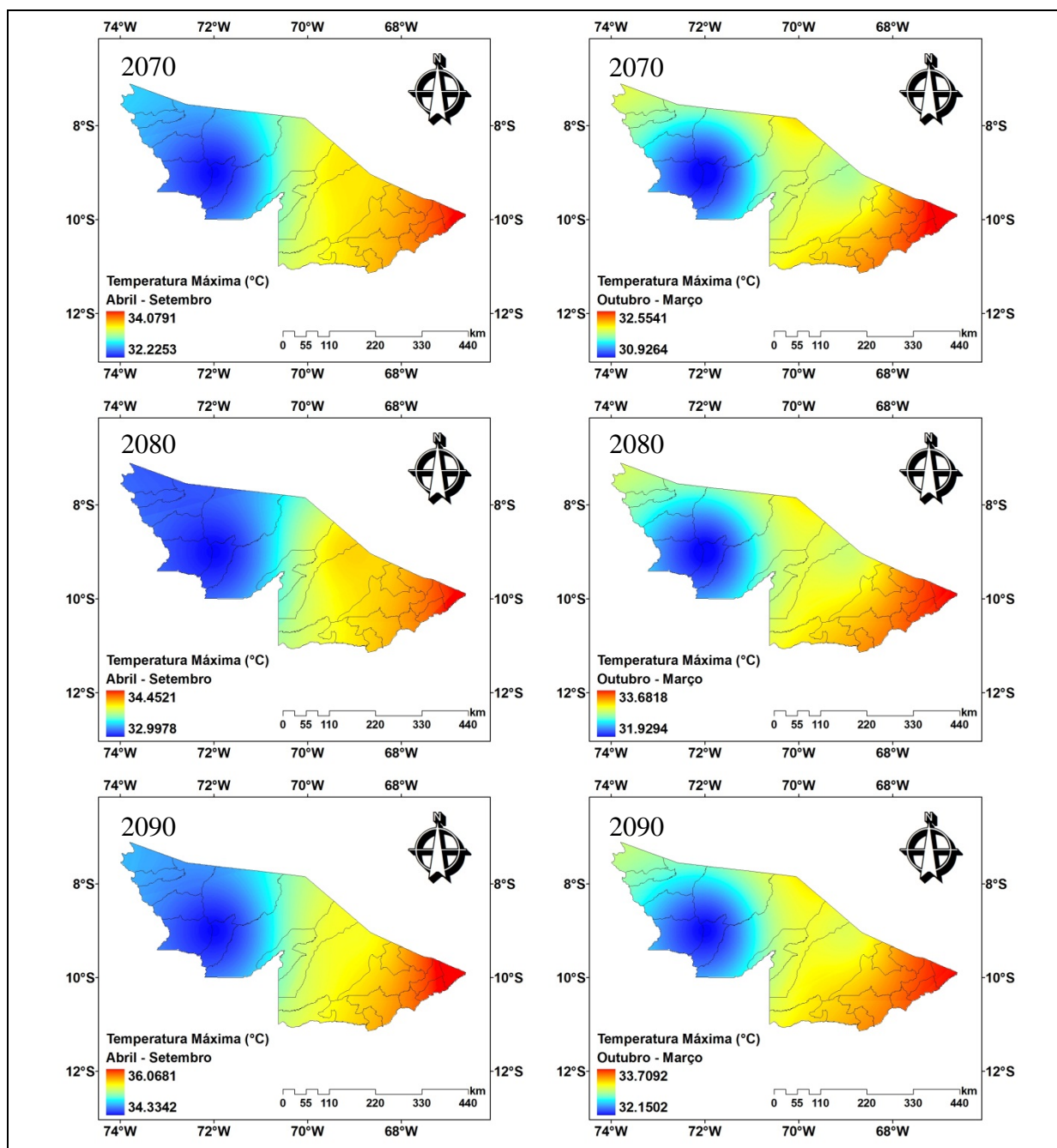


Figura 11. Projeções da temperatura máxima para a estação seca e chuvosa com referência ao período base 1960-1989 para o Estado do Acre. O cenário é o B2 pelo modelo HadRM3 de 2070 a 2090.

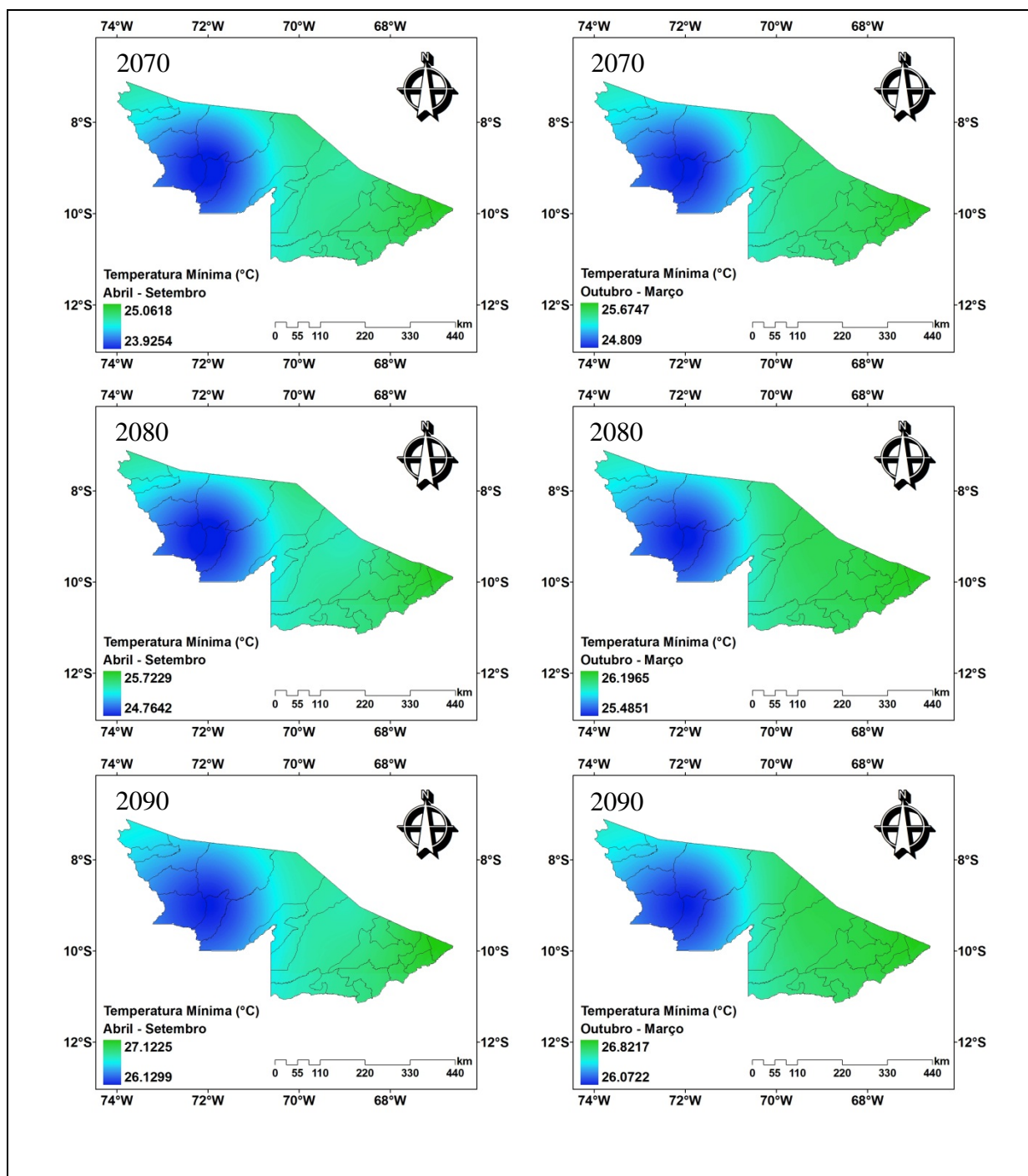


Figura 12. Projeções da temperatura mínima para a estação seca e chuvosa com referência ao período base 1960-1989 para o Estado do Acre. O cenário é o A2 pelo modelo HadRM3 de 2070 a 2090.

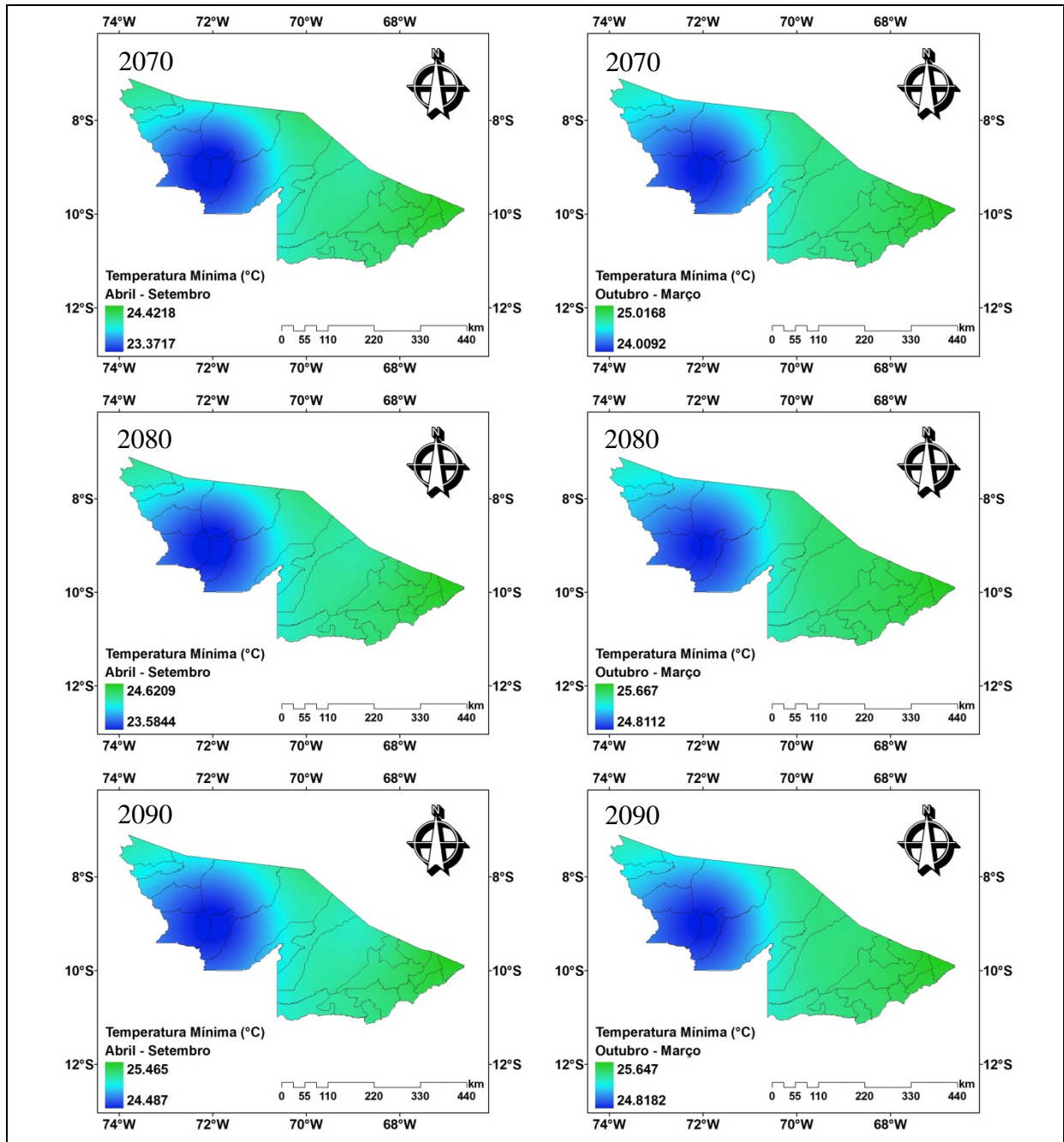


Figura 13. Projeções da temperatura mínima para a estação seca e chuvosa com referência ao período base 1960-1989 para o Estado do Acre. O cenário é o B2 pelo modelo HadRM3 de 2070 a 2090.

#### **5.4. RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL ( $\text{MJ/m}^2 \text{ dia}^{-1}$ ) – A2 e B2**

Na Figura 14 e 15 para os anos de 2070 até 2090, mostra-se a evolução espacial e temporal da radiação solar global para o cenário A2 e B2.

As tonalidades em verde claro representam os valores menores de radiação global, que abrange toda a parte Oeste do Estado Acreano. Valores intermediários (cores em amarelo) localizam-se na parte central sentido norte-sul. Valores mais significativos da radiação solar global ficam localizados na porção leste do Estado (cores alaranjadas e vermelhas).

As áreas que se destacaram com os menores índices de radiação solar global foi a região oeste (Figuras 14 e 15). Essas áreas climaticamente podem funcionar no futuro como verdadeiras ilhas de frescor. Os corpos hídricos também funcionam como ilhas de frescor, levando em consideração que não refletem a energia recebida na faixa do infravermelho e apresenta baixa refletância. Além disso, os ventos que circulam nestas áreas hídricas resfriam e transmitem para as áreas circunvizinhas.

As áreas urbanas e com pouca vegetação (solo exposto), podem ser o grande problema da parte leste e sudeste do Estado se destacando com as maiores temperaturas e radiação solar (Figuras 14 e 15). Isso em virtude do concreto e areia possuir propriedades de absorção térmica, que faz com que o calor que é irradiado fique concentrado, resultando em áreas de pico térmico. O resultado da substituição de superfícies naturais, como vegetação e solo nu, por materiais, como asfalto e concreto, reduzem a cobertura vegetal e alteram radicalmente as propriedades de impermeabilidade, radiativas, térmicas e aerodinâmicas da área urbana.

Segundo MARENGO (2007), em longo prazo, a Terra deve irradiar energia para o espaço na mesma proporção em que a absorve do sol. A energia solar chega na forma de radiação de ondas curtas. Parte dessa radiação é refletida e repelida pela superfície terrestre e pela atmosfera. A maior parte dela, contudo, passa diretamente pela atmosfera para aquecer a superfície terrestre. A Terra se livra dessa energia, mandando-a de volta para o espaço, na forma de irradiação infravermelha de ondas longas. A maior parte da irradiação infravermelha que a Terra emite é absorvida pelo vapor d' água, pelo dióxido de carbono e outros “gases de efeito estufa” que existem naturalmente na atmosfera. Esses gases impedem que a energia passe diretamente da superfície terrestre para o espaço. Ao invés disso, processos interativos (como radiação, as correntes de ar, a evaporação, a formação de nuvens e as chuvas) transportam essa energia para altas esferas da atmosfera.

Aumentando a capacidade da atmosfera de absorver irradiação infravermelha, nossas emissões de gases de efeito estufa estão perturbando a forma com que o clima mantém esse

equilíbrio entre a energia que entra e a energia que sai. Uma duplicação, na atmosfera, da quantidade de gases de efeito estufa de vida longa (projetada para acontecer logo no começo do século 21) reduziria em 2%, se nada fosse mudado, a proporção em que o planeta é capaz de irradiar energia para o espaço. A energia não pode simplesmente acumular. O clima vai ter de se ajustar de alguma forma para conseguir se desfazer dessa energia excedente, e enquanto 2% parece não ser muito, tomando a Terra inteira, isso equivale a reter o conteúdo energético de 3 milhões de toneladas de petróleo por minuto (MARENGO, 2007).

Tratando-se do forçamento radiativo que é a perturbação do balanço de energia do sistema Terra-atmosfera. A mudança da concentração de dióxido de carbono (cenário “A2” e “B2”), ou uma mudança da radiação do Sol; o sistema climático responderia a um forçamento radiativo de modo a restabelecer o balanço de energia. Um forçamento radiativo positivo tende a aquecer a superfície e um forçamento radiativo negativo tende a esfriar a superfície (MARENGO, 2007).

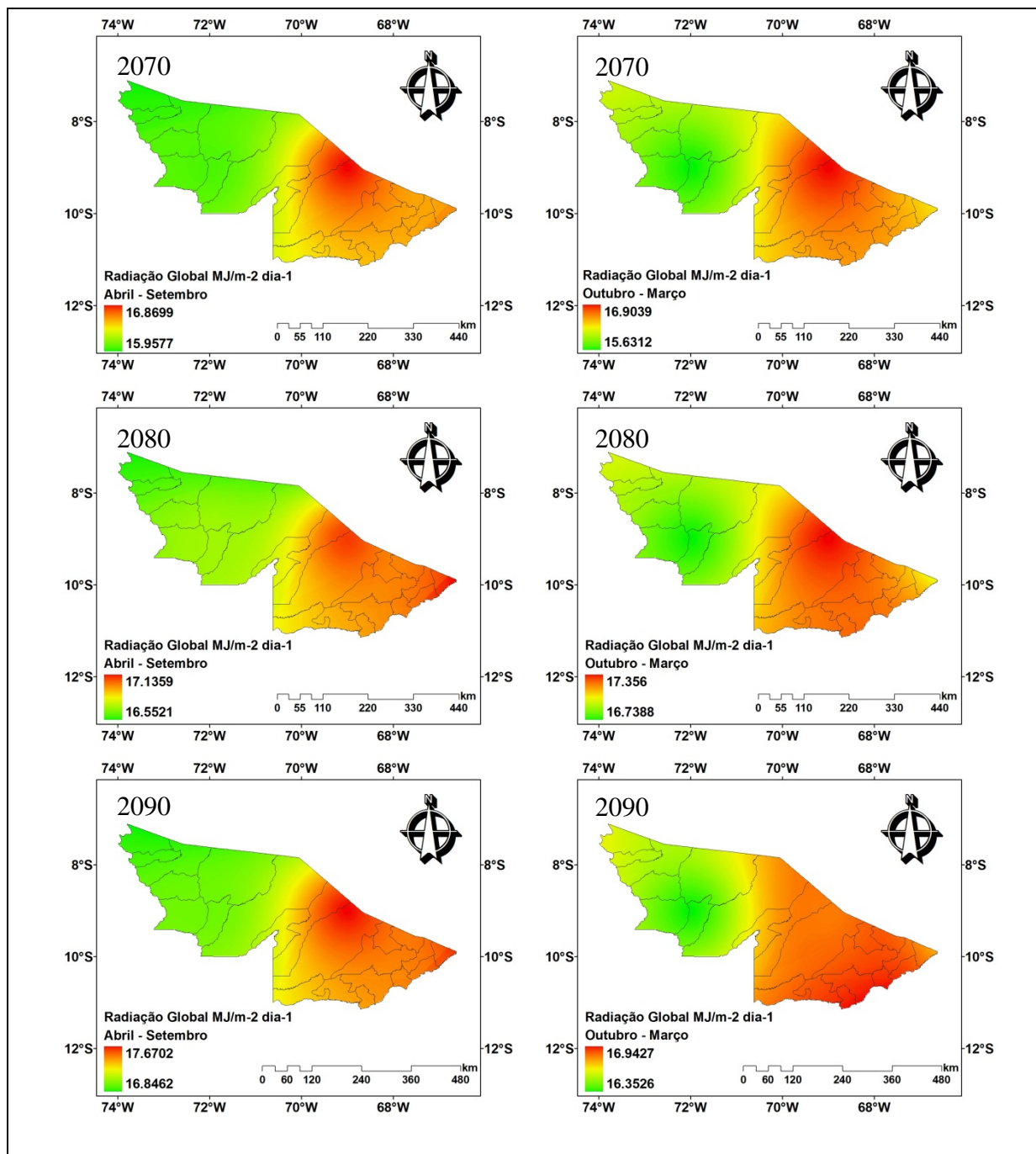


Figura 14. Projeções da radiação global para a estação seca e chuvosa com referência ao período base 1960-1989 para o Estado do Acre. O cenário é o A2 pelo modelo HadRM3 de 2070 a 2090.

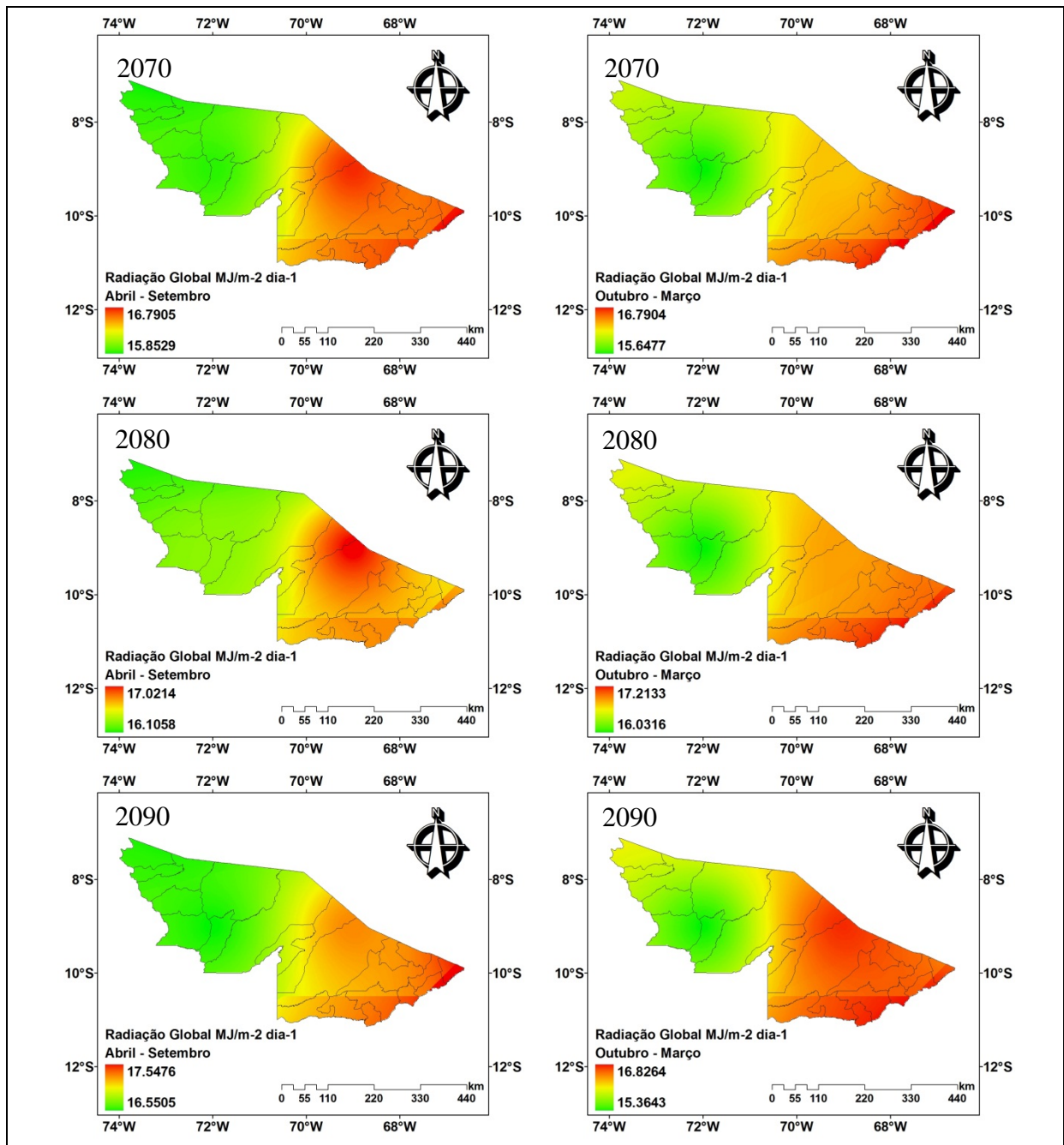


Figura 15. Projeções da radiação global para a estação seca e chuvosa com referência ao período base 1960-1989 para o Estado do Acre. O cenário é o B2 pelo modelo HadRM3 de 2070 a 2090.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBRIZZI, TERCIO. **Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI**: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório 3. 2007.

CAMARGO, J. S., ZEBIAK, S. E., DEWITT, D. G., GODDARD, L. 2001: Seasonal Comparison of the Response of CCM3.6, ECHAM4.5 and COLA2.0 Atmospheric Models to Observed SSTs. IRI Technical Report 01-01, 6/21/2001.

CAVALCANTI, I, J. MARENGO, P. SATYAMURTY, C.A. NOBRE, I. TROSNIKOV, J. P. BONATTI, A. O.MANZI, T. TARASOVA, L.P. PEZZI, C. D'ALMEIDA, G. SAMPAIO, C.C. CASTRO, M.B. SANCHES, AND H. CAMARGO. 2002: Global climatological features in a simulation using the CPTECCOLA AGCM. *J. Climate*, 2002, v. 15, p. 2965-2988.

GONÇALVES, F. L. T., SILVA DIAS, P. L., ARAÚJO G. P. 2002: Climatological analysis of wintertime extreme low temperatures in São Paulo City, Brazil: Impacts of seas surface temperatures anomalies. *Int. J. Climatol.*, 22, 1511-1526.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): *Climate Change 2007: The physical science basis*. 2007, Paris, 21 p.

IPCC-TGICA. "General guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment". Version 2. Prepared by T.R. Carter on behalf of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment, 66. 2007.

MARENGO, J.A. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao longo do Século XXI**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Série Biodiversidade, v.26, 2007b.

MARENGO, J., I.F.A. CAVALCANTI, P. SATYAMURTY, I. TROSNIKOV, C.A. NOBRE, J.P. BONATTI, H. CAMARGO, G. SAMPAIO, M.B. SANCHES, A. O. MANZI, C. A. C. CASTRO, C. D'ALMEIDA, L. P. PEZZI, L. CANDIDO. : Assessment of regional seasonal rainfall predictability using the CPTEC/COLA atmospheric GCM. *Climate Dynamics*, 21, 459-475, 2003.

MINUZZI R. B., VIANELLO R. L. & SEDIYAMA G. C. 2010. Oscilações climáticas em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.2, p.227-236.

PAVAN, W. Técnicas de Engenharia de Software Aplicadas à Modelagem e Simulação de Doenças de Plantas. **Tese de Doutorado**, Universidade de Passo Fundo, Julho 2007.