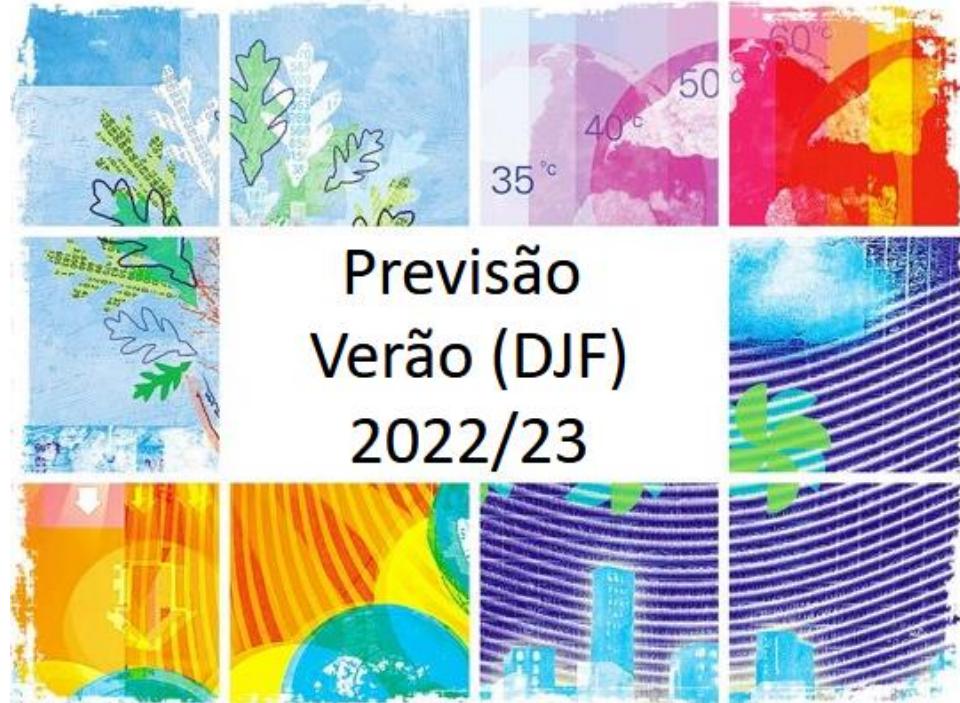


Boletim da Previsão Climática Mensal

Grupo de Meteorologia da UFSM



1. Equipe de Elaboração

Levantamento de dados, apresentação e redação: Dr. Daniel Caetano Santos e Me. Murilo Machado Lopes (Meteorologistas da UFSM); Prof. Dr. Jônatan Dupont Tatsch (Coordenador do Curso de Graduação em Meteorologia da UFSM); Bel. Fabio Henrique Correa (mestrando).

1 Climatologia do Trimestre DJF

A climatologia do trimestre de dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) no RS é bastante semelhante à do trimestre anterior (NDJ), com um contraste meridional de precipitação entre a metade norte do estado (com volumes de chuva superior a 450mm) e centro-sul do estado que apresentava valores inferiores a 350mm (Figura 1.a). Um destaque neste caso é o setor oeste do estado onde predomina uma faixa intermediária de precipitação com volumes de chuva ao redor dos 400mm. No trimestre DJF a média das temperaturas mínimas fica entorno dos 14°C nas áreas de maior altitude do Nordeste Gaúcho e dos 17°C na região do Pampa gaúcho e norte do RS (Figura 1.b). De modo geral a atuação de massas de ar quente passa a ser predominante neste trimestre e as menores temperaturas são registradas em uma associação maior com o ar seco que propriamente a presença de massas de ar frio. A temperatura mínima média é maior no Noroeste do RS e na faixa central do estado até o litoral norte com valores predominantes entre 19°C e 21°C. O padrão de variação espacial da temperatura máxima média é similar ao da temperatura mínima, com valores em torno de 26°C no sul do RS e dos 24°C nas partes altas da Serra. No oeste do estado e área central do RS a máxima fica entorno dos 31°C e supera os 32°C no noroeste do estado (Figura 1.c).

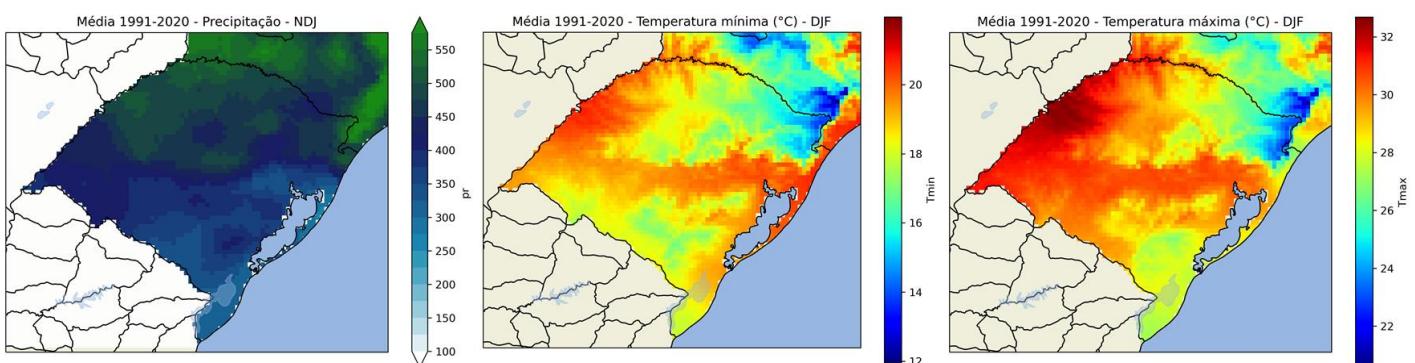


Figura 1. Normal climatológico do período DJF de 1991 a 2020 a partir do conjunto de dados *Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD)* de Xavier et al. (2022)¹ para precipitação acumulada mensal (a), temperatura mínima (b) e temperatura máxima (c).

2 Dados observados de setembro, outubro e novembro (SON) de 2022

No mês de setembro de 2022 houve menor ocorrência de geadas em relação ao mês anterior, apesar da incursão de 3 massas de ar frio. Apenas uma geada foi registrada pelas estações convencionais do INMET em 11/09/2022 nas cidades de Santa Maria, Bagé, Caxias do Sul e em 24/09/2022 na cidade de Bom Jesus com intensidade forte. Temperaturas negativas ocorreram na região da Serra e no Sudoeste do estado, com o valor extremo mínimo sendo de -2,8°C em São José dos Ausentes. As temperaturas máximas absolutas do mês ocorreram em Campo Bom (32,9°C) ultrapassaram os 30°C no Noroeste do RS e em municípios da região Metropolitana. Durante o mês, apenas 3 frentes frias passaram pelo RS o que levou a volumes de chuva bem abaixo da média. O escoamento predominantemente do setor leste-sudeste favoreceu as temperaturas abaixo da média em todo estado. As maiores anomalias negativas de chuva (entre -75 e -100 mm) ocorreram nos setores do centro e Nordeste do estado. As anomalias de temperaturas foram de até -3°C para a temperatura máxima e de até -4°C para a temperatura mínima.

¹ XAVIER, Alexandre C. et al (2022). New Improved Brazilian Daily Weather Gridded Data (1961-2020). International Journal of Climatology.

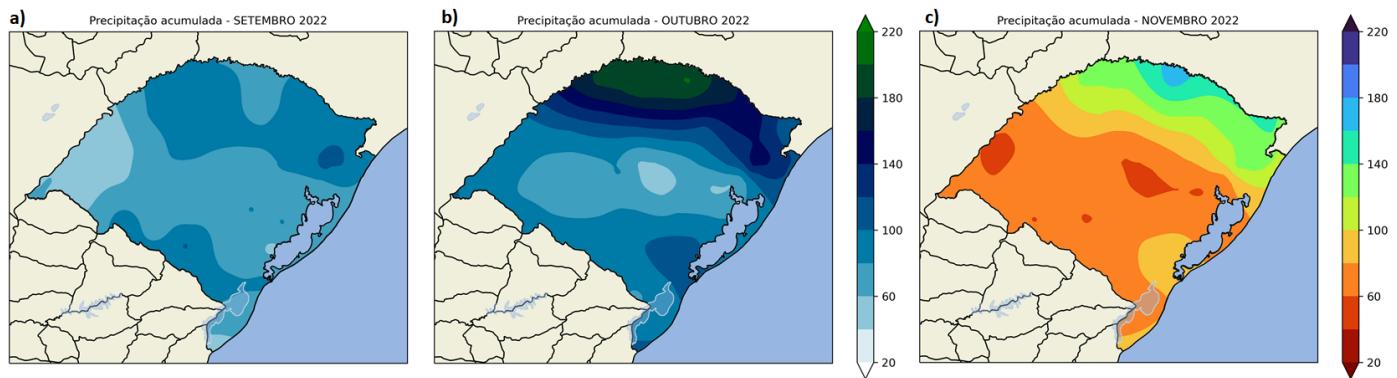


Figura 2. Dados de precipitação combinados para os meses de setembro (a), outubro (b) e novembro © a partir de dados combinados do [INMET](#) e [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#).

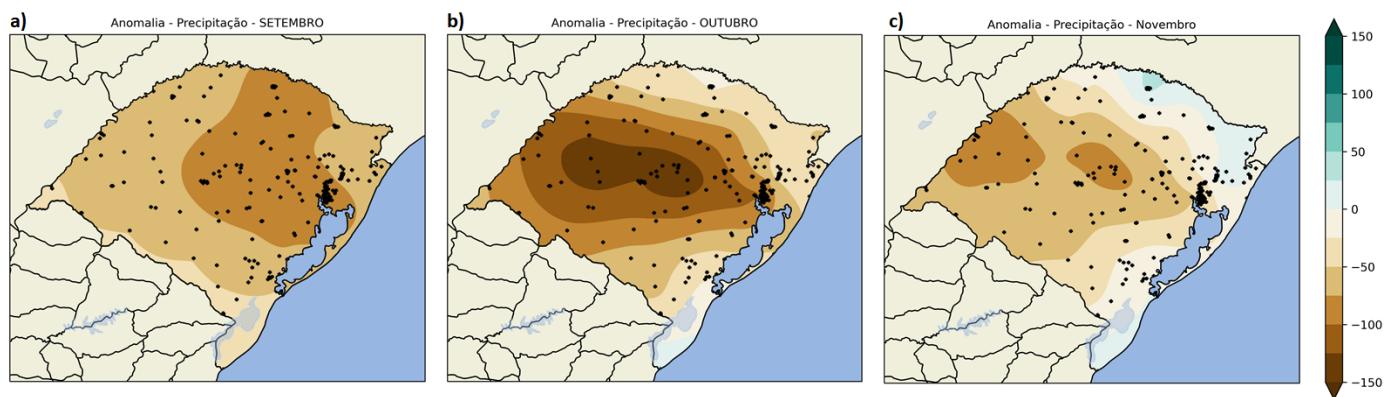


Figura 3. Anomalia de precipitação total mensal em relação à normal climatológica 1991-2020 para os meses de setembro (a), outubro (b) e novembro (c). Os pontos indicam a localização das estações meteorológicas utilizadas.

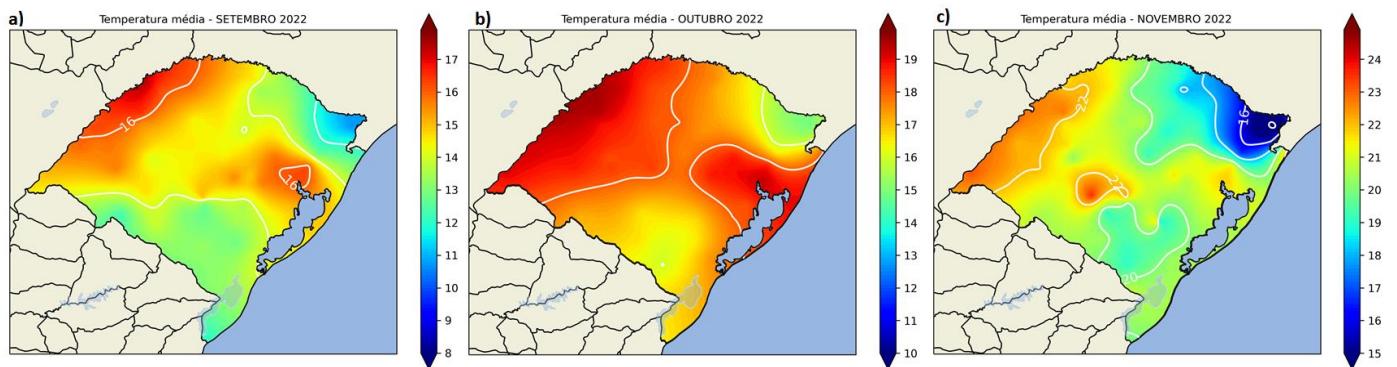


Figura 4. Dados de temperatura média combinados para os meses de setembro (a), outubro (b) e novembro (c) a partir de dados combinados das estações meteorológicas do [INMET](#) e [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#).

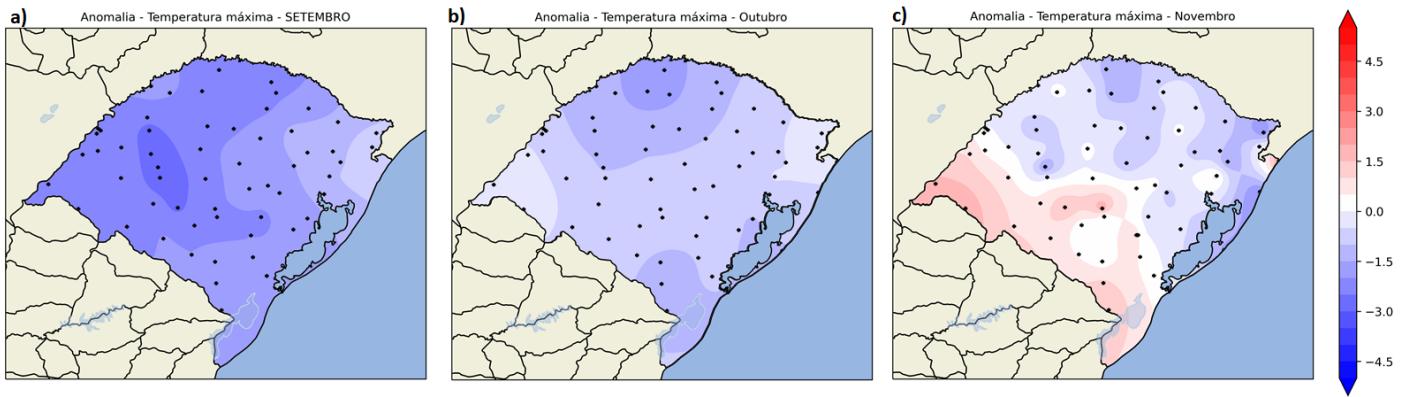


Figura 5. Anomalia de temperatura máxima mensal em relação à normal climatológica 1991-2020 para os meses de setembro (a), outubro (b) e novembro (c).

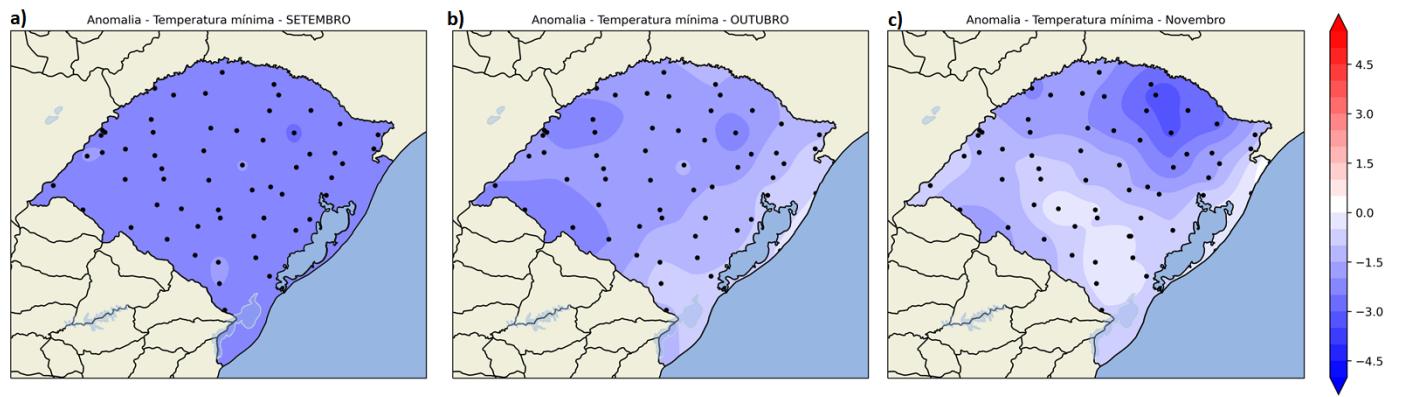


Figura 6. Anomalia de temperatura mínima mensal em relação à normal climatológica 1991-2020 para os meses de setembro (a), outubro (b) e novembro (c).

Apesar da passagem de 4 frentes frias pelo RS no mês de outubro, a precipitação ficou muito abaixo da normal climatológica para o mês, especialmente no setor centro-oeste do estado (anomalias negativas de até 150 mm). A passagem dos sistemas se deu como pouca oferta de umidade e ausência de massas de ar instáveis na dianteira dos mesmos, assim sem a advecção quente as temperaturas ficaram abaixo da normal em todo o estado. Enquanto as anomalias negativas mais intensas na média máxima se localizaram no norte do estado (abaixo de 1,5°C da normal), o setor oeste do RS foi o que apresentou as anomalias mais negativas nas médias mínimas (abaixo de 2°C da normal). Apesar das anomalias negativas nas temperaturas não houve o registro de geada no mês de outubro pelos observadores das estações convencionais do Inmet, contudo dada a mínima absoluta no mês de 2,5°C em São José dos Ausentes é bastante provável que o fenômeno tenha ocorrido em alguns pontos da Serra. O mesmo pode ter ocorrido na região da Campanha, onde Quaraí teve mínima de 2,6°C. Quanto a máxima absoluta do mês, esta foi de 35,9°C registrada em Teutônia.

Em novembro apenas duas frentes frias passaram pelo RS, o que contribuiu para mais um mês com precipitação abaixo da normal climatológica. A convecção produzida com a passagem dos sistemas frontais provocou precipitação irregular e uma parcela significativa do estado registrou acumulados mensais de chuva entre 60mm e 80mm. Assim, especialmente na área central do RS a anomalia de precipitação foi maior que -50mm. Destoando dos meses anteriores a temperatura em média foi que a climatologia em grande parte do RS, com destaque para as máximas cerca de 1,5°C acima da normal da região da Campanha. Já na média das mínimas as anomalias mais expressivas foram registradas no norte do estado (abaixo até 2,5°C da média climatológica). Em relação aos absolutos mensais o registro de mínima se deu em São José dos Ausentes (0,3°C) com provável registro de geada, seguida de Getúlio Vargas (0,4°C). Já as máximas mais elevadas foram 37,6°C e 37,2°C, registradas em Quaraí e Uruguaiana, respectivamente.

3 Verificação das previsões outubro-novembro de 2022

Nesta seção apresenta-se a verificação das previsões climáticas dos modelos regionais para os dois últimos meses, com foco especialmente no mês de novembro de 2022. Os campos de anomalia têm como referência os dados observados e interpolados a partir de estações meteorológicas do Cemaden, [INMET](#), [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#). Os modelos regionais com previsões para o RS incluem o modelo dinâmico [RegCM4 do SIMAGRO](#) e o estatístico [MoReClima-SUL](#) do Centro Polar e Climático da UFRGS.

Para o mês de outubro de 2022 (Fig. 7) as anomalias negativas de precipitação foram bem representadas por ambos modelos de previsão analisados, contudo, com distinções na localização e a magnitude das mesmas. O MoReClima-SUL em contraste ao modelo da SIMAGRO previa a máxima de anomalias de precipitação no norte do estado, enquanto o modelo dinâmico sugeria que a precipitação mais abaixo da normal ficaria no litoral e Região Metropolitana. A faixa de previsão de chuva mais próxima a normal no oeste e norte do estado pela previsão do SIMAGRO não acabou se confirmado no observado, sendo o centro-oeste do estado a área de anomalia mais expressiva. O extremo-sul gaúcho, que teve acumulados acima da normal, foi melhor previsto pelo modelo estatístico MoReClima-SUL. Em relação à anomalia de temperatura média, o desempenho do MoReClima-SUL não foi satisfatório, invertendo o sinal da anomalia para praticamente todo RS. As anomalias positivas previstas não foram observadas em nenhuma região do RS, que pelo terceiro mês consecutivo apresentou temperaturas abaixo da normal climatológica. Tal padrão foi bem representado pelo modelo dinâmico da SIMAGRO, que assim como para o mês anterior indicava anomalias negativas para a temperatura.

Já para o mês de novembro de 2022 (Fig 9) as maiores anomalias negativas de precipitação se concentraram na faixa centro-oeste do estado e alguns valores positivos na fronteira norte do estado e extremo sul. O padrão com anomalias mais expressivas se estendendo até o centro do RS foi melhor representado pelo modelo estatístico MoReClima-SUL, que também apresentou uma previsão de valores dentro da média climatológica para o extremo sul.

Para a previsão de anomalia de temperatura média do ar, os modelos regionais eram bastante destoantes, com o modelo dinâmico do SIMAGRO prevendo valores negativos de anomalia em todo o estado. Por sua vez, o modelo estatístico apresentava valores de anomalia positiva para praticamente todo o RS, exceto pelo litoral norte, onde apresentou valores dentro da média. Tal previsão do MoReClima-Sul foi a que melhor previu o padrão que foi observado nas temperaturas médias do mês de novembro, uma vez que a região nordeste do estado obteve valores negativos de anomalia de temperatura e anomalia positiva foi registrada em praticamente todo o território sul riograndense, com os máximos no extremo oeste.

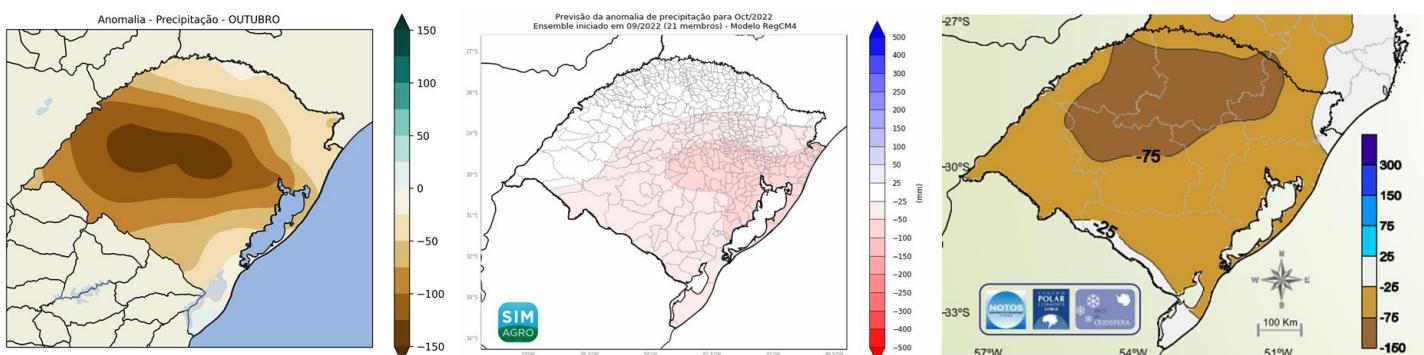


Figura 7. Verificação das anomalias mensais do total de precipitação (mm mês^{-1}). (a) Anomalias de chuva observada no mês de outubro de 2022 com (a) dados interpolados a partir das estações do [INMET](#), [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#); (b) previsão do modelo RegCM4 do SIMAGRO e (c) do modelo estatístico MoReClima-SUL.

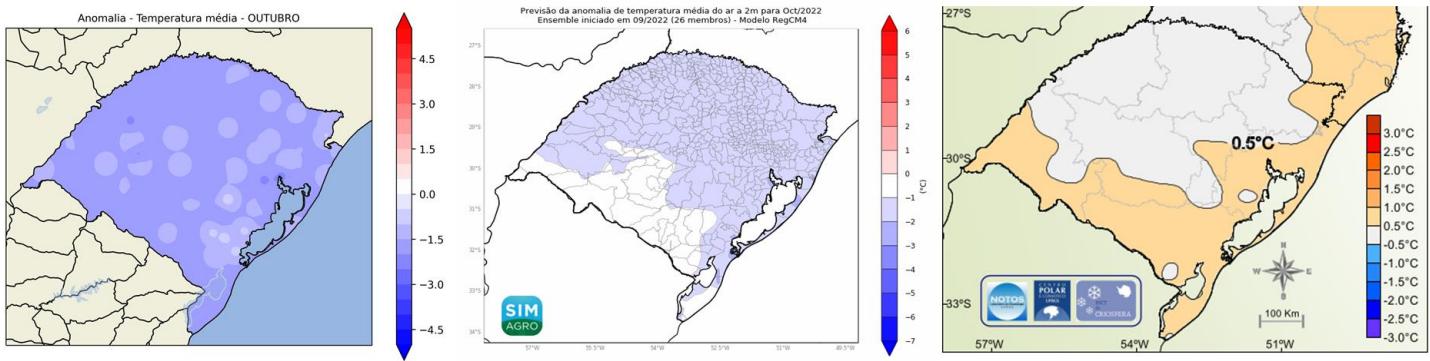


Figura 8. Mesmo que a Figura 7, porém para anomalias de temperatura média do ar.

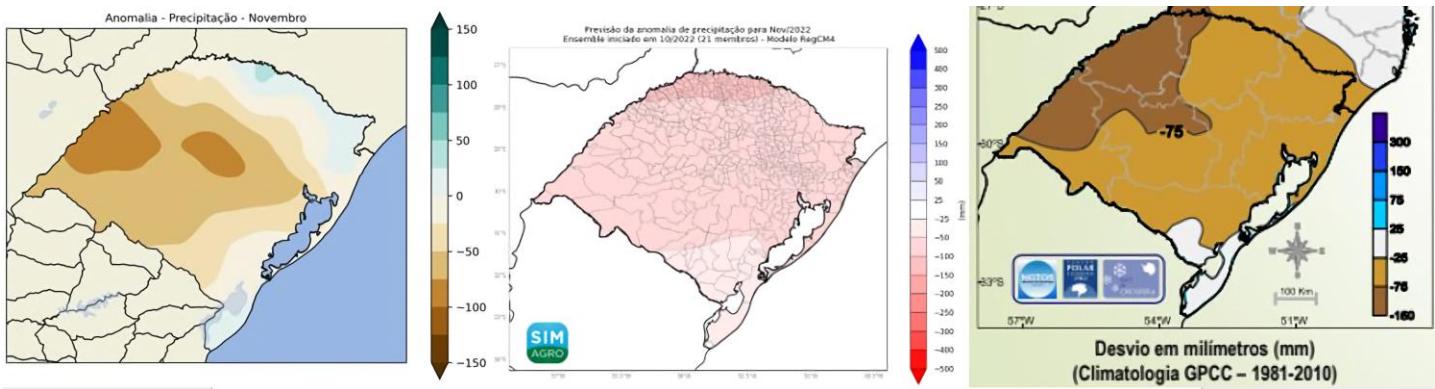


Figura 9. Verificação das anomalias mensais do total de precipitação (mm mês^{-1}). (a) Anomalias de chuva observada no mês de novembro de 2022 com (a) dados interpolados a partir das estações do [INMET](#), [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#); (b) previsão do modelo RegCM4 do SIMAGRO e (c) do modelo estatístico MoReClima-SUL.

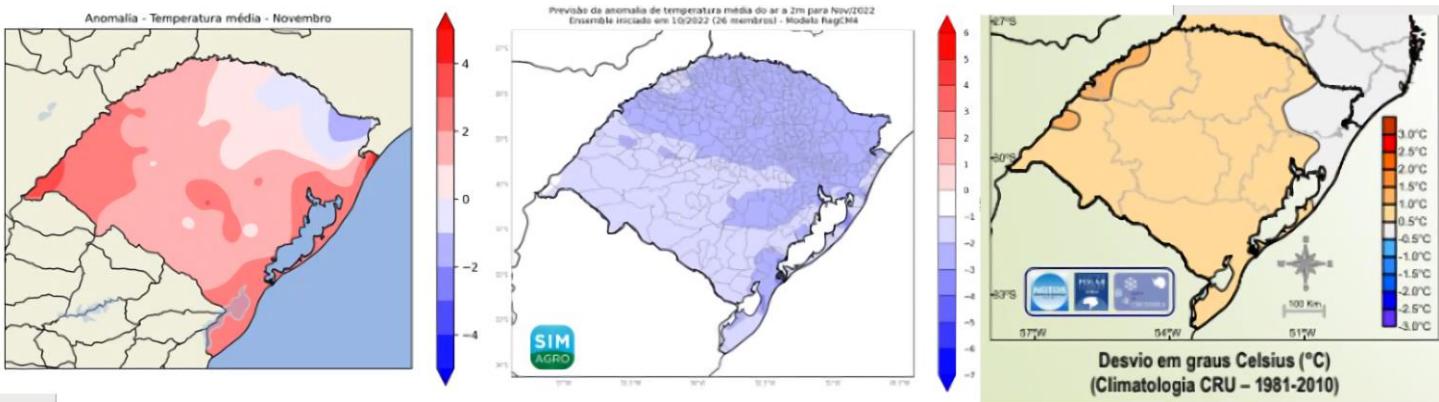


Figura 10. Mesmo que a Figura 9, porém para anomalias de temperatura média do ar.

4 Condição Oceânica

A condição oceânica superficial observada no oceano Pacífico tropical na semana do dia 27 de novembro de 2022 (Fig. 11) permanece com anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) negativas. Condição similar ao mês anterior ([boletim anterior](#)) desde a costa oeste do Peru até 130°W ao longo da linha equatorial.

Anomalia de Temp. Superficie do Mar 27/11/2022 a 03/12/2022

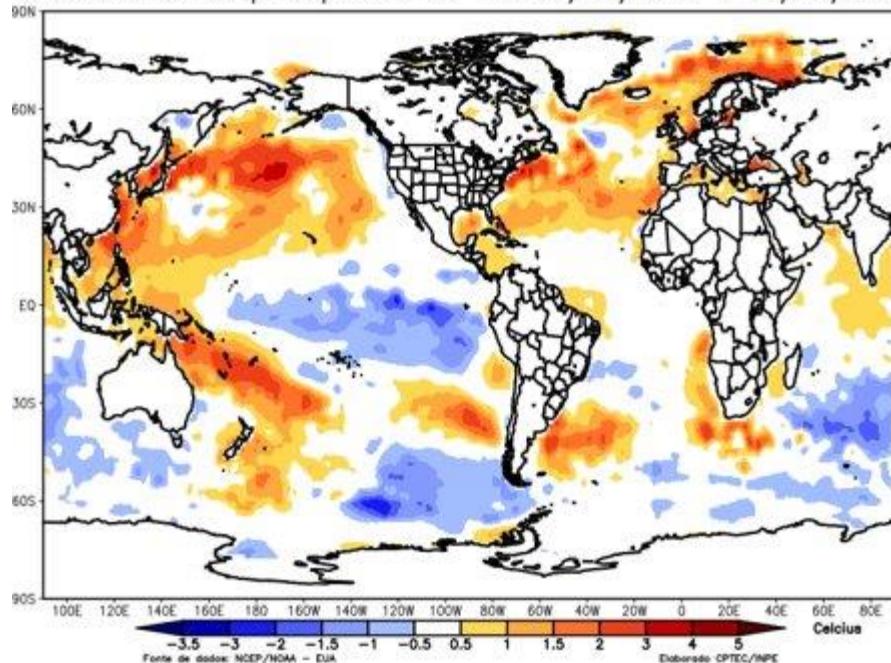


Figura 11. Anomalia da TSM média observada entre os dias 27 de novembro e 03 de dezembro de 2022. Fonte: CPTEC/INPE.

De acordo com o principal índice de monitoramento do fenômeno ENOS, o índice Niño 3.4, região principal do monitoramento do ENOS, as anomalias de TSM também permanecem mais frias do que o limiar de La Niña ($-0,5^{\circ}\text{C}$) (Fig. 12). A manutenção da La Niña também é suportada pela contínua intensificação das anomalias negativas de temperatura das águas subsuperficiais do Oceano Pacífico Equatorial ao longo dos meses de agosto até novembro (Fig. 13).

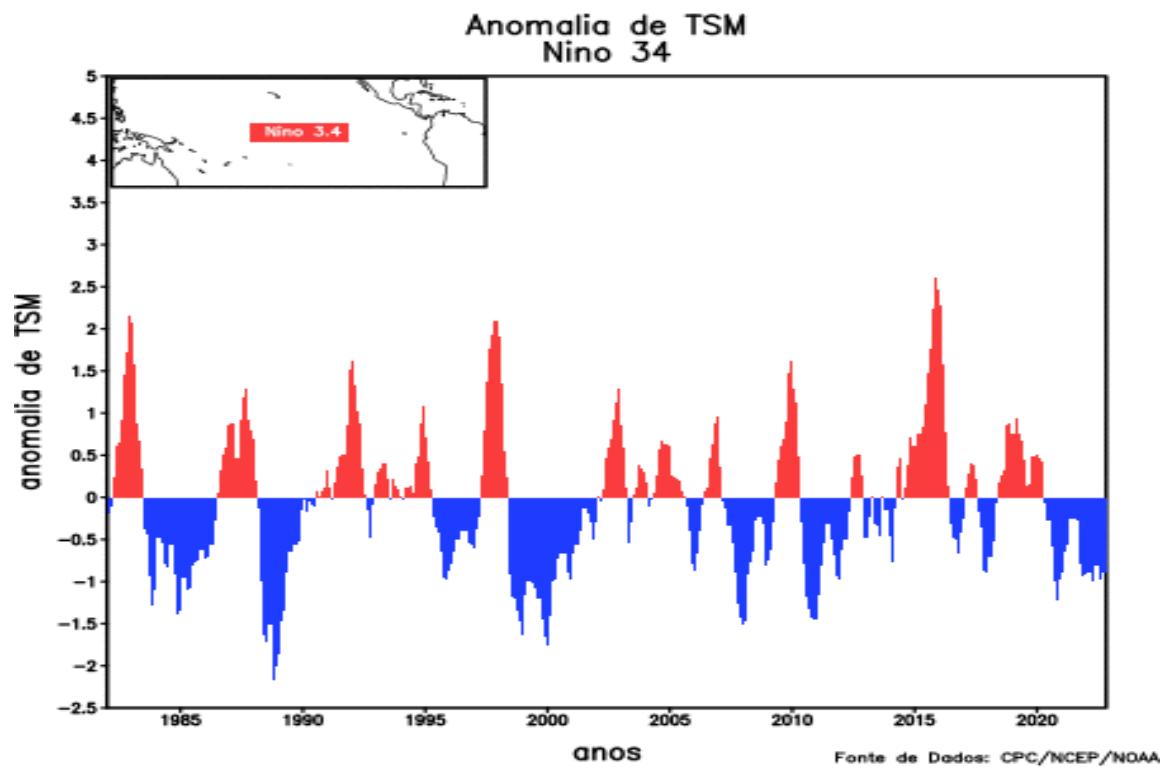


Figura 12- Série temporal da anomalia de TSM observada sobre a região do Niño 3.4 (região indicada no canto superior esquerdo) desde de 1980 até atualmente. Fonte: CPC/NCEP/NOAA.

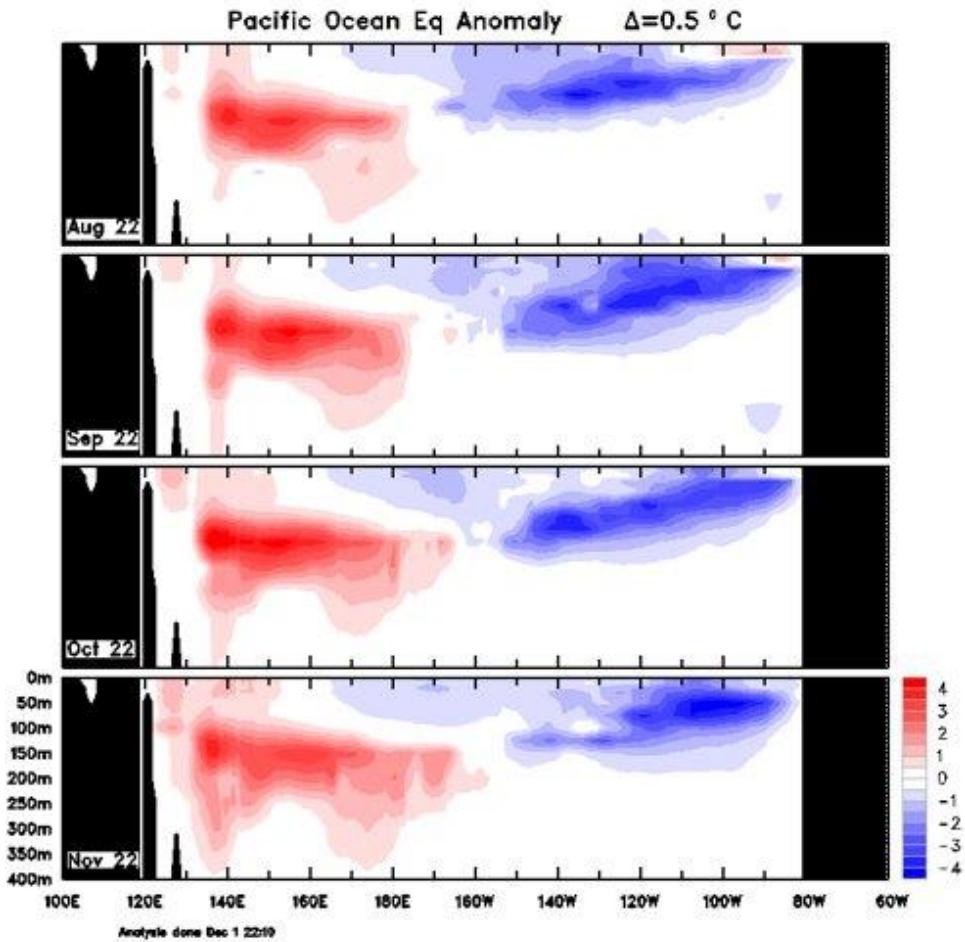


Figura 13- Seção transversal da anomalia da TSM na região do Oceano Pacífico Equatorial dos meses de agosto, setembro, outubro e novembro de 2022. Fonte: BOM² da Austrália.

Além da influência remota do ENOS, outros índices de teleconexão podem impactar o clima do RS (Figura 14). A Oscilação Decenal do Pacífico (PDO, Figuras 14) está na sua fase fria atualmente (Figuras 15), o que favorece a maior ocorrência de La Niñas e como já dito a anomalias de negativas de chuva no verão (Figuras 14.a). A combinação das condições atuais de La Niña, evento do Dipolo do Oceano Índico negativo, mas tendendo pra neutro; fase negativa da Oscilação Antártica (AAO, Figura 14.b). Apenas o Dipolo do Atlântico Sul (SAD, Figura 14.c) em sua fase positiva do contribui para condições mais chuvosas de forma generalizada pelo RS com base na composição de eventos no trimestre DJF. Estas condições oceânicas mais às condições hídricas do solo devido a secas dos anos anteriores, estão em grande parte associadas às sucessivas quebras de safra registradas nos últimos anos.

² <http://www.bom.gov.au/climate/ocean/outlooks/#region=IOD>

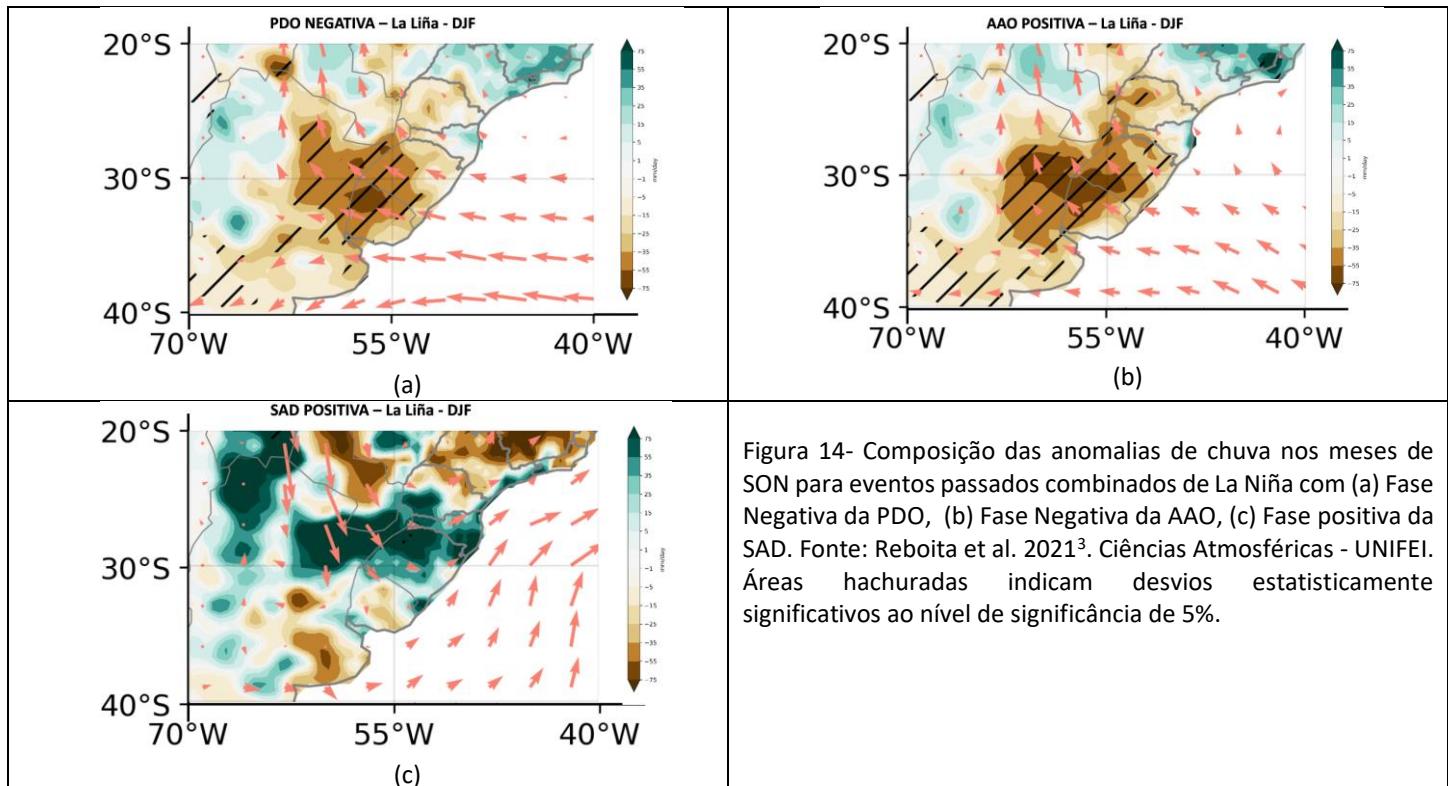
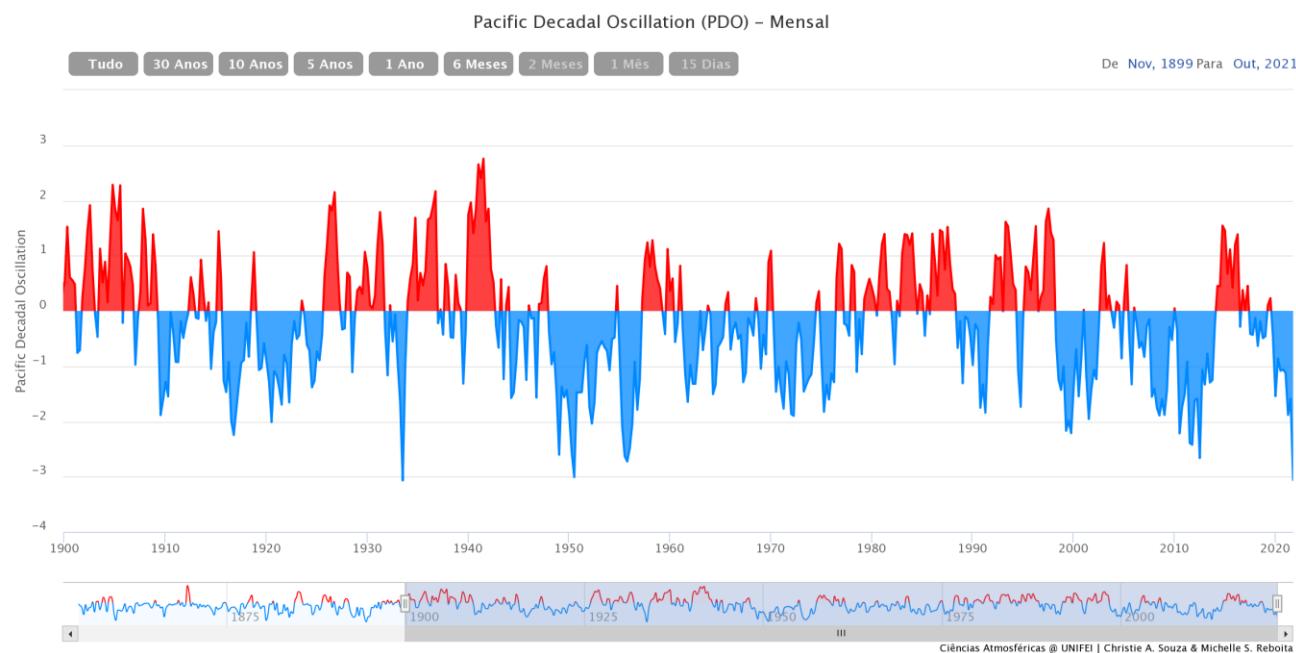


Figura 14- Composição das anomalias de chuva nos meses de SON para eventos passados combinados de La Niña com (a) Fase Negativa da PDO, (b) Fase Negativa da AAO, (c) Fase positiva da SAD. Fonte: Reboita et al. 2021³. Ciências Atmosféricas - UNIFEI. Áreas hachuradas indicam desvios estatisticamente significativos ao nível de significância de 5%.



³ Reboita, M.S., Ambrizzi, T., Crespo, N.M., Dutra, L.M.M., Ferreira, G.W.d.S., Rehbein, A., Drumond, A., da Rocha, R.P. and Souza, C.A. (2021), Impacts of teleconnection patterns on South America climate. Ann. N.Y. Acad. Sci.. DOI: [10.1111/nyas.14592](https://doi.org/10.1111/nyas.14592)

Figura 15 - Série temporal do Oscilação decenal do Pacífico (PDO) desde 1900 até o momento. Fonte: <https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/indices>.

5 Previsões do El Niño Oscilação Sul (ENOS)

A previsão probabilística de ENOS (Figura 16) do IRI integra os modelos dos principais centros de previsões climáticas mundiais. O consenso destes modelos indica 90% de chance de permanência da La Niña e que há entre 50% e 80% de chance de aconteça um 3º verão consecutivo de La Niña. Já no final do primeiro trimestre de 2023, a previsão probabilística aponta para um indicativo de início da neutralidade do fenômeno ENOS.

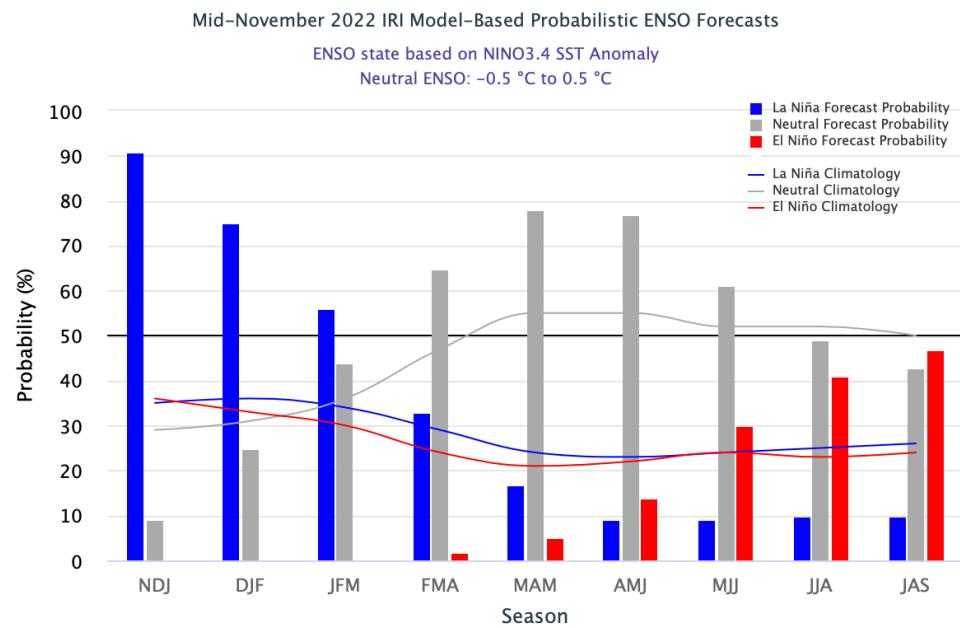


Figura 16. Previsão probabilística do ENOS realizada em novembro de 2022. Fonte: IRI-Columbia

O índice AAO (Fig. 17) manteve-se em um longo período na fase positiva que está associada a menor frequência da incursão de frentes frias no RS e às anomalias negativas de chuva no oeste do RS (Figura 14.b). A previsão deste índice para a segunda quinzena de dezembro mostra uma concordância entre os membros do modelo GFS, com a predominância da fase positiva.

AAO Index: Observed & GEFS Forecasts

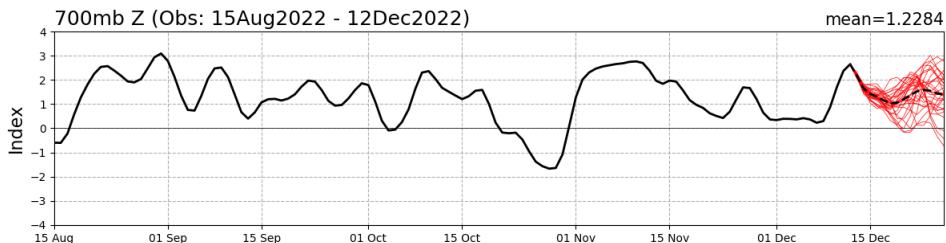
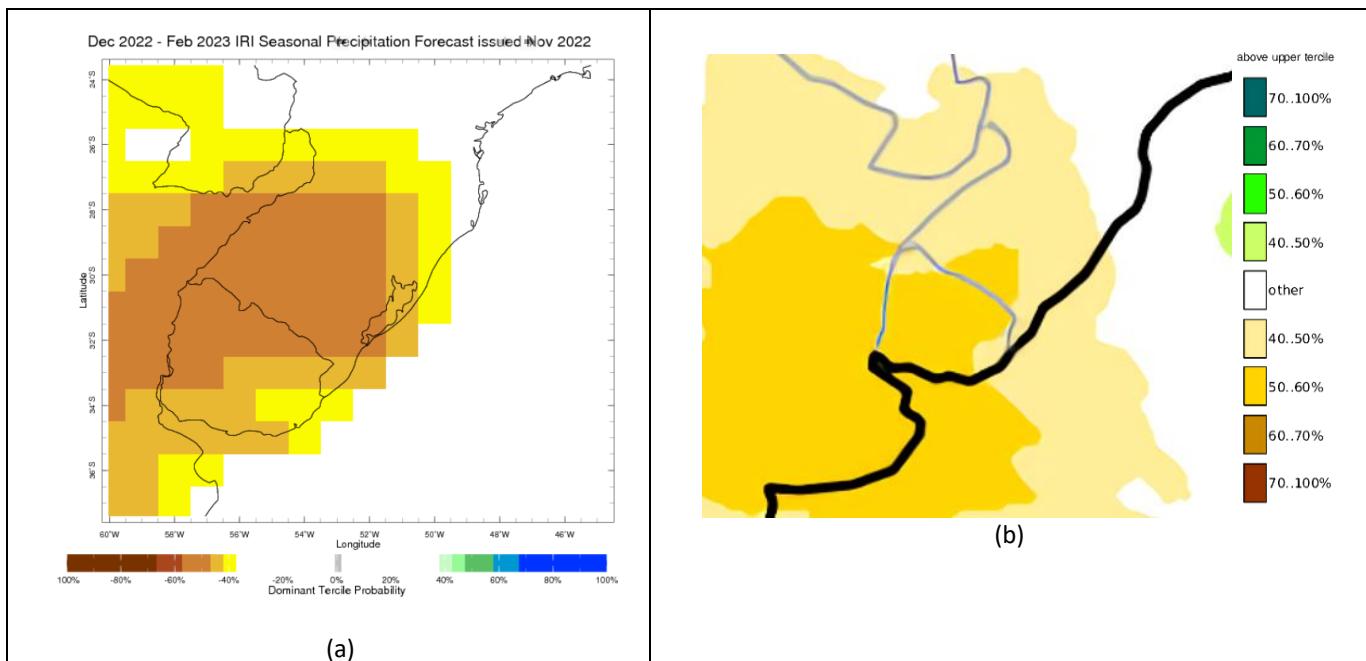


Figura 17- Série temporal do AAO dos últimos 4 meses (linha preta) e a previsão de 15 dias (linhas vermelhas) do índice obtido do modelo GFS. A linha pontilhada é a média dos membros. Fonte: *Climate Prediction Center (CPC/NOAA)*.

6 Previsões sazonais

As previsões do multimodelo do IRI (conjunto de modelos climáticos norte-americanos), do Multissistema C3S (conjunto de modelos climáticos europeus) e o multimodelo dos centros nacionais (CPTEC/INMET/FUNCME) indicam probabilidade acima de 50% de chuva abaixo do normal para o trimestre DJF na maior parte do RS (Figura 18.a-c). Já o modelo regional MoReClima-SUL indica probabilidade acima de 40% de chuvas dentro do normal em todo o estado (Figura 18.d). **De forma geral, os padrões espaciais das previsões evidenciam uma probabilidade consistente de chuvas abaixo da normal (com valores entre 50 e 100mm abaixo da normal) do centro sul/sudoeste do estado (Figura 19.a-d).**



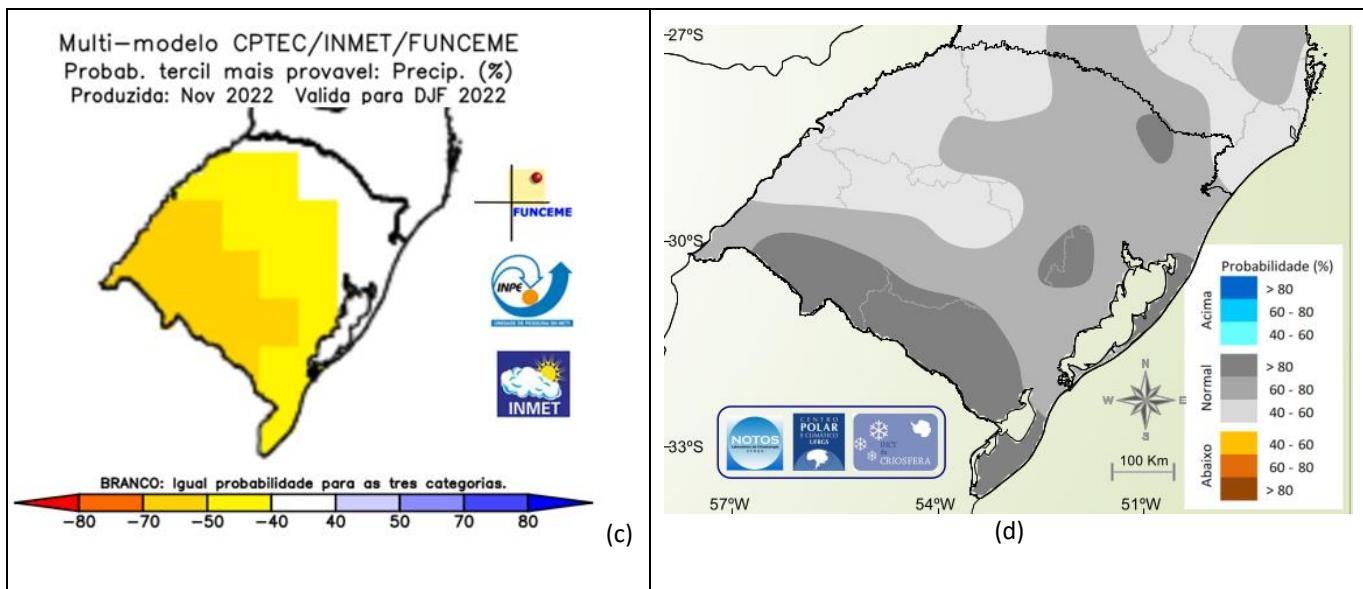
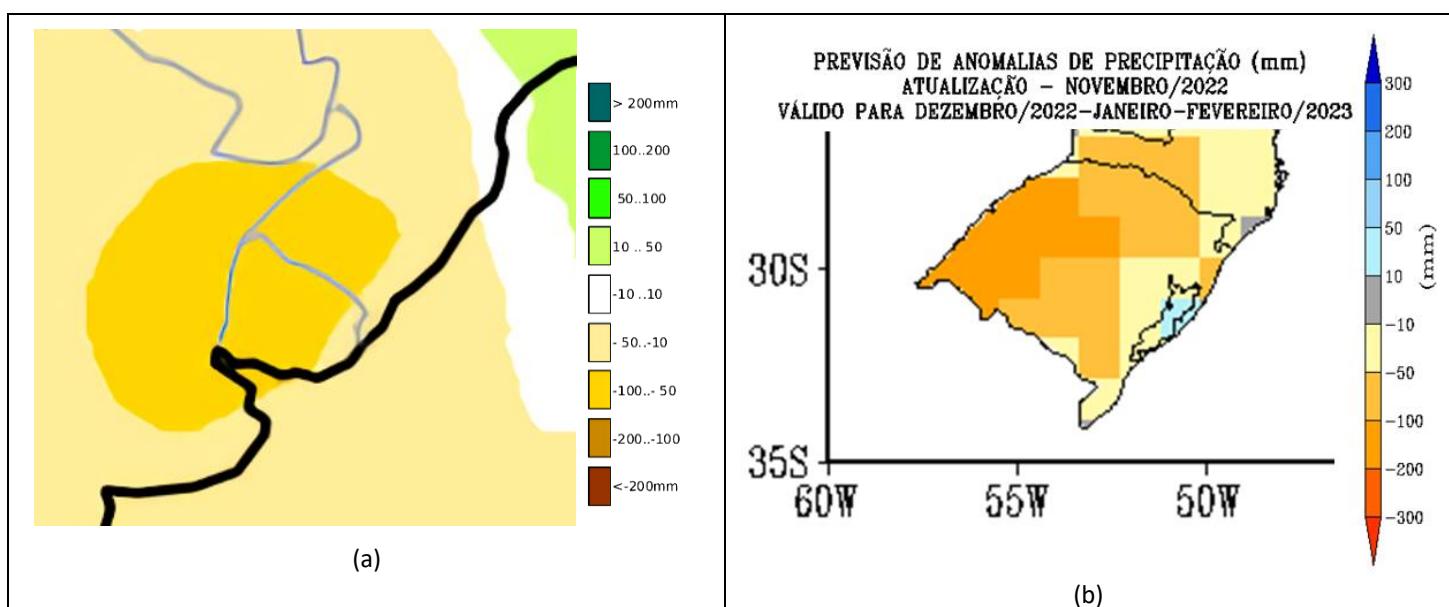


Figura 18- Probabilidade do tercil dominante (%) da previsão climática da chuva média mensal acumulada realizada em novembro de 2022 para o trimestre DJF, segundo (a) [Mutimodelo IRI](#), (b) [Multissistema C3S](#) (ECMWF) e (c) Multimodelo [CPTEC/INMET/FUNCEME](#) e (d) Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS).



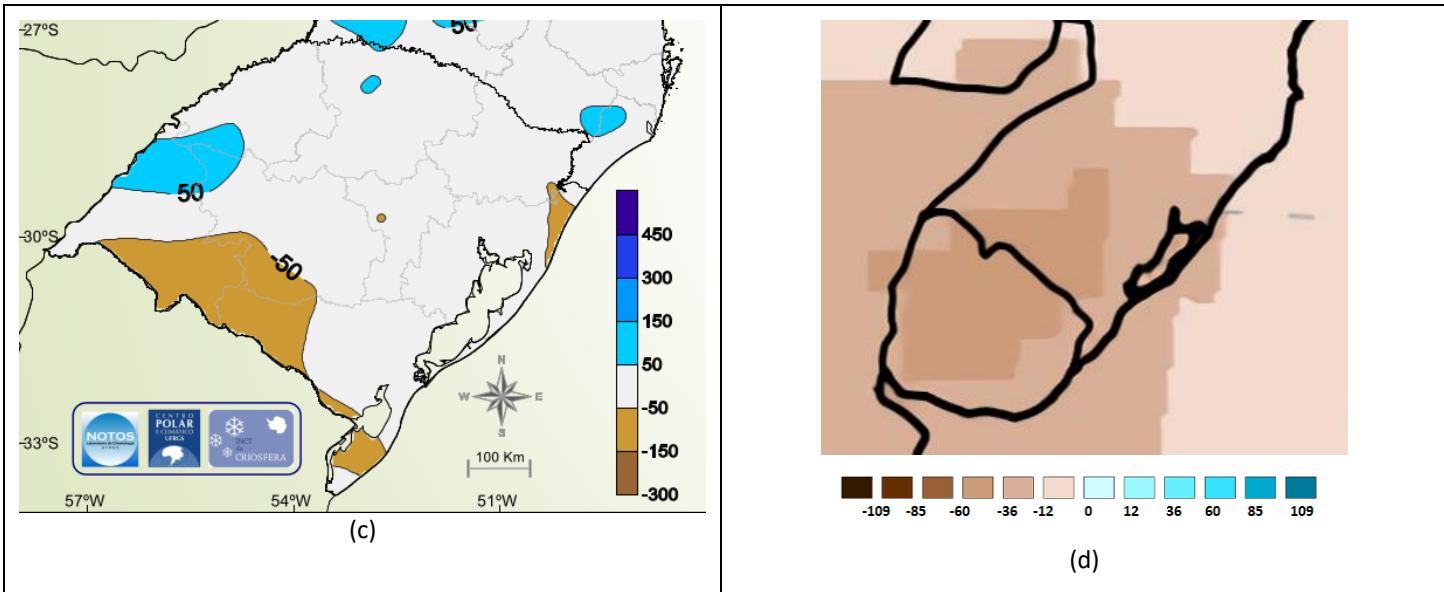
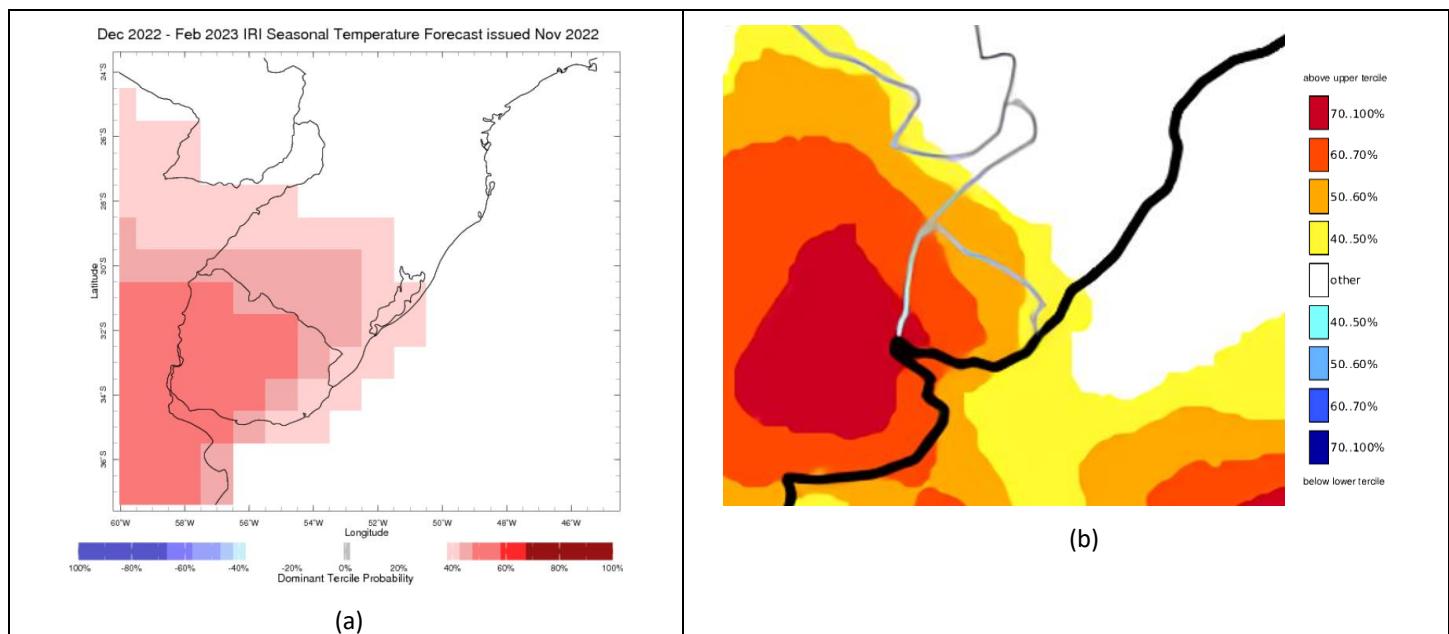


Figura 19- Previsões das anomalias de chuva realizada em setembro de 2022 para o trimestre DJF, segundo (a) [Multissistema C3S](#), (b) modelo estatístico do INMET, (c) Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) e (d) [APEC Climate Center](#) (APCC) South Korea, em mm/dia.

Para temperatura média mensal do ar as previsões do multimodelo do IRI (Figura 20.a), Multissistema C3S do ECMWF (Figura 20.b) e APEC Climate Center (Figura 20.d) indicam 40% de chance para temperatura acima do normal, no oeste e fronteira com o Uruguai. O modelo MoReClima-SUL (Figura 20.c) prevê temperatura mais elevada em grande parte do estado. **Em termos de anomalias, a temperatura tende a ficar levemente acima do normal, aproximando-se de 0.5°C no extremo oeste gaúcho (Figura 21a-d).**



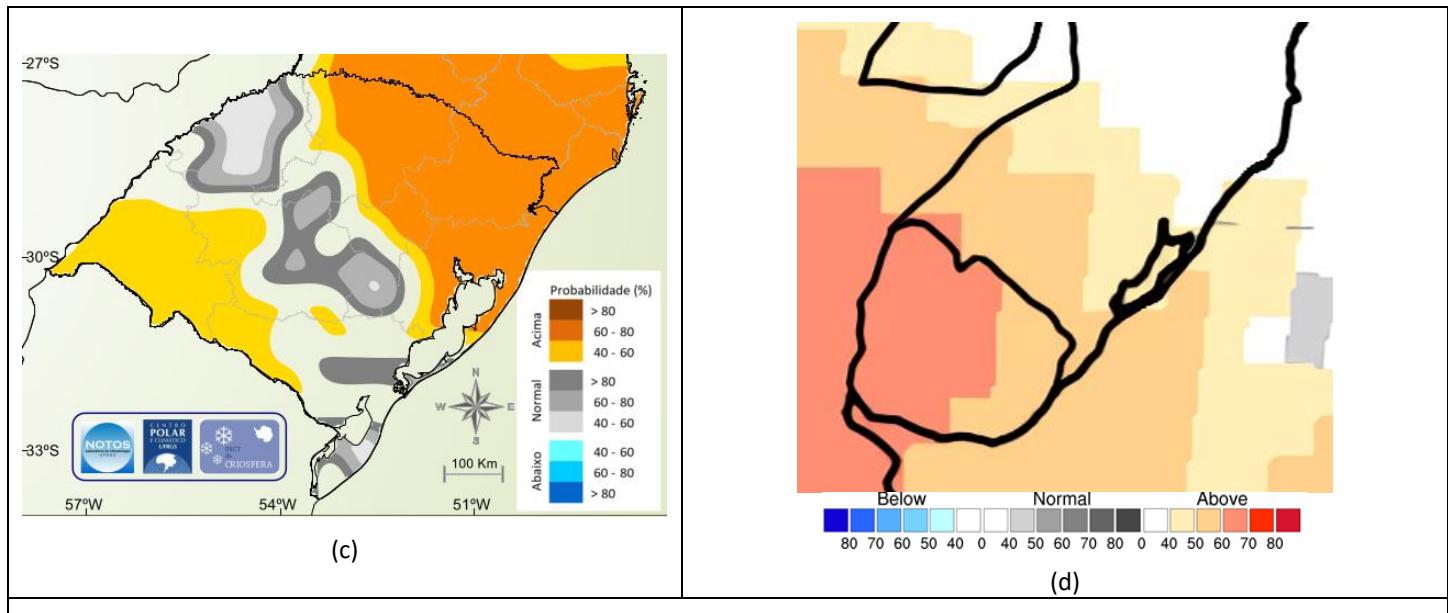
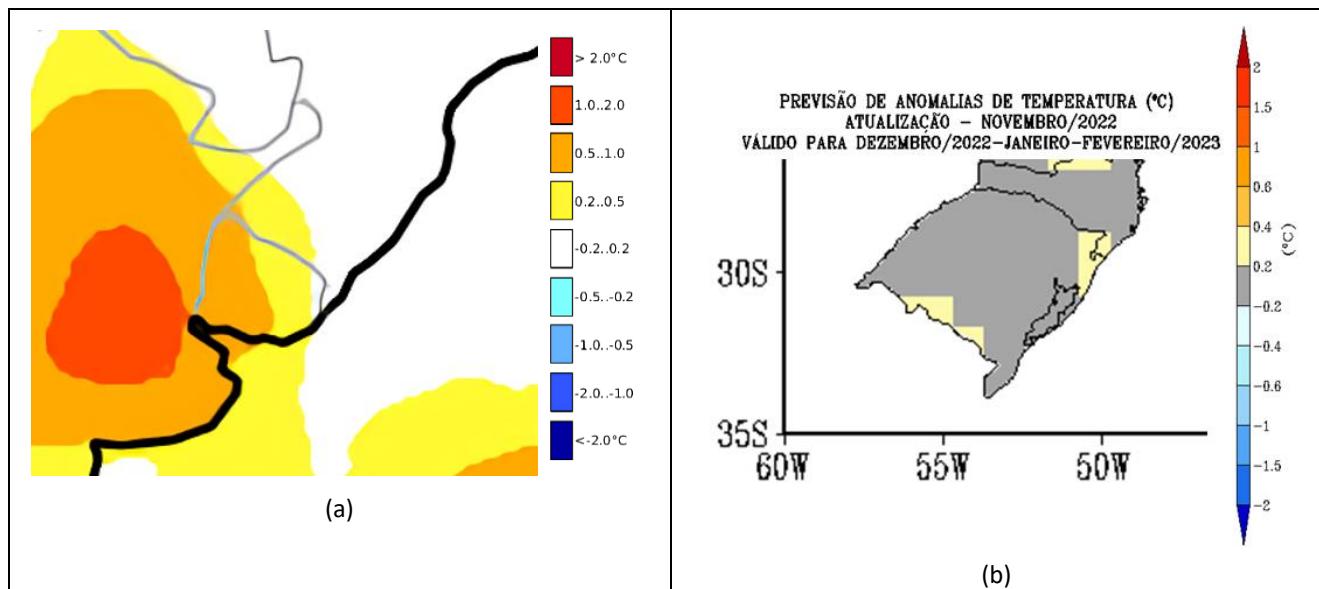


Figura 20- Probabilidade do tercil dominante (%) da previsão climática de temperatura média, realizada em setembro de 2022 para o trimestre DJF, segundo (a) [Multimodelo IRI](#) e (b) [Multissistema C3S](#) e (c) Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) e (d) Conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC).



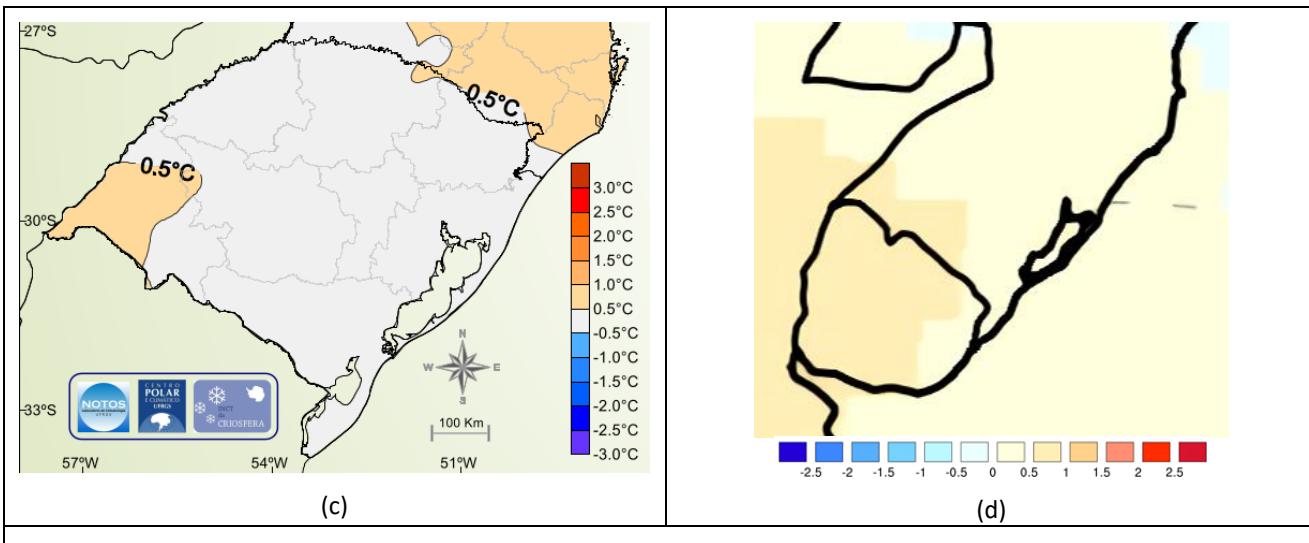
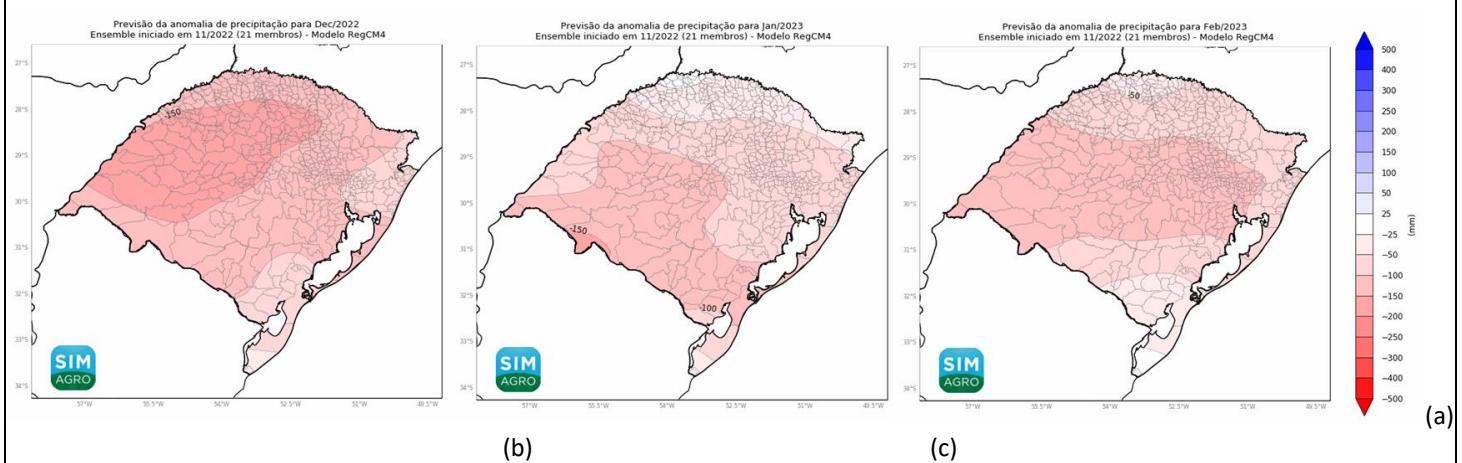


Figura 21- Previsões das anomalias de temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) realizada em setembro de 2022 para o trimestre DJF, segundo (a) [Multissistema C3S](#) (mediana dos modelos), (b) modelo estatístico do INMET, (c) Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) e (d) Média do conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC).

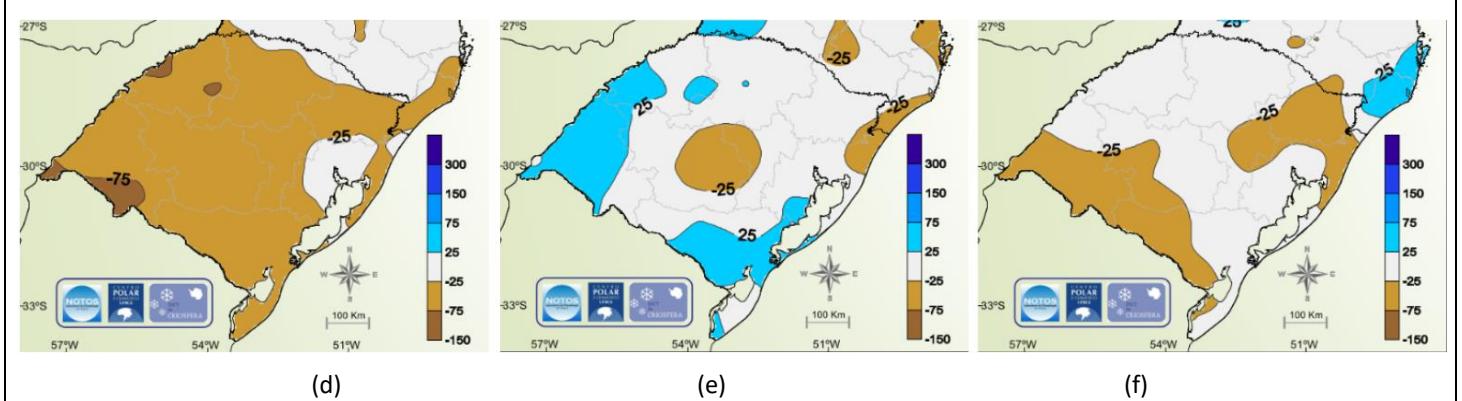
7 Previsões mensais

As previsões mensais realizadas em novembro de 2022, para as anomalias de chuva acumulada e temperatura média mensal dos meses do trimestre DJF são apresentados nas Figuras 22 e 23, respectivamente. Todas previsões concordam na indicação de anomalias negativas na maioria do estado durante o mês de dezembro. Enquanto o modelo RegCM4, do SIMAGRO, e na média do conjunto de modelos do APCC apresentam a persistência das anomalias negativas para os meses de janeiro e fevereiro (Figura 22.b-c e 22.h-i), o modelo MoReClima-SUL (Figura 22.e-f), apresenta um cenário próximo da normalidade ou com um padrão irregular de predominância das anomalias.

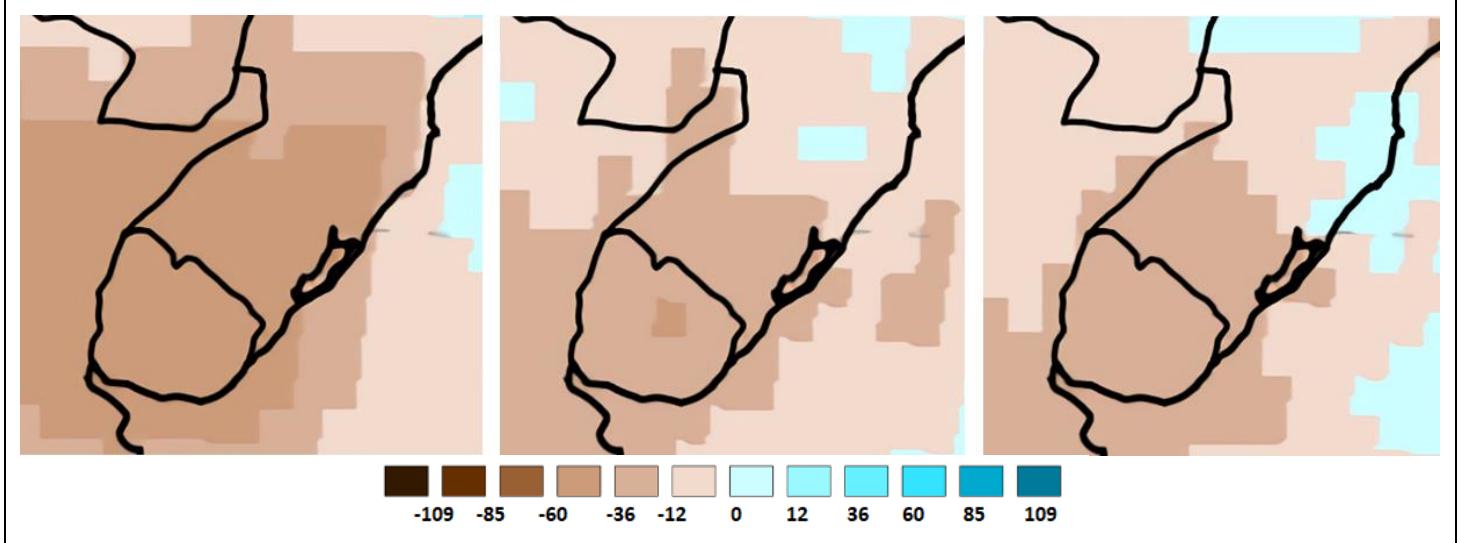
Modelo dinâmico - RegCM4 do SIMAGRO



Modelo estatístico - MoReClima-SUL



Previsão por conjunto de modelos dinâmicos globais - APCC



(g)

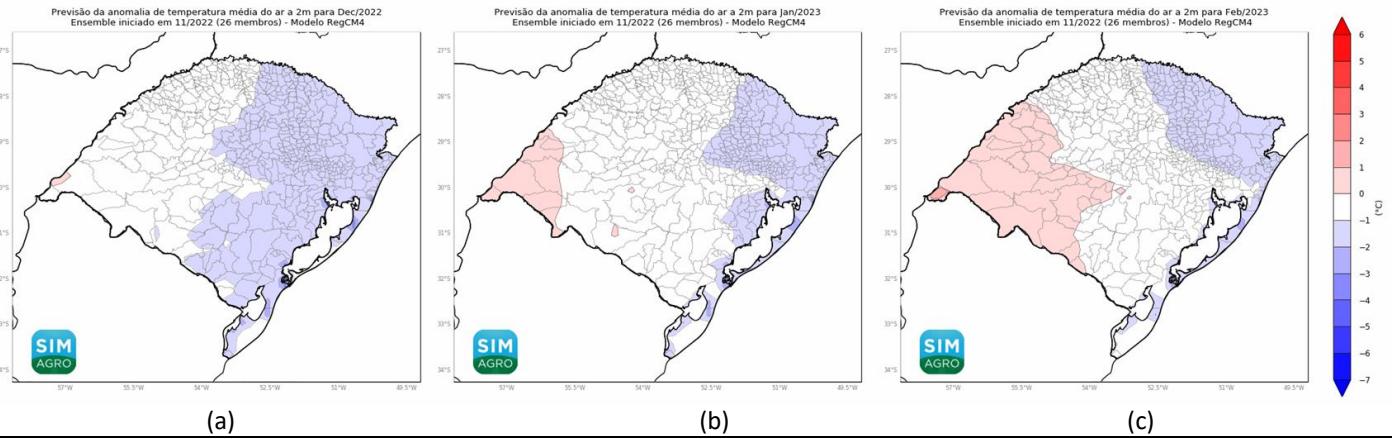
(h)

(i)

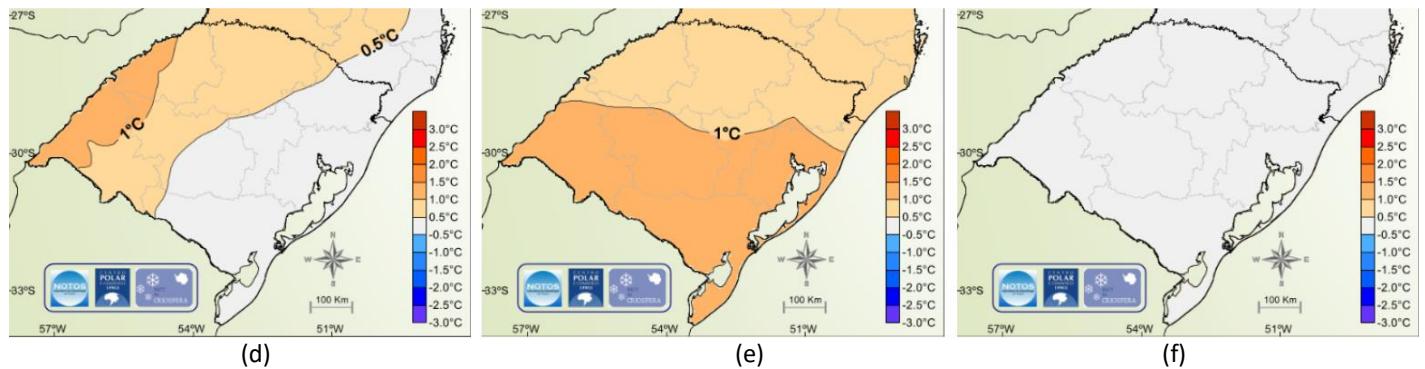
Figura 22- Previsões das anomalias de precipitação mensal, em mm, do modelo dinâmico REGCM-4 do SIMAGRO (a-c), do Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) (d-f) e (d) Média do conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC). As previsões foram realizadas em outubro de 2022 para os meses de dezembro de 2022 (1^a coluna) e janeiro (2^a coluna), e fevereiro (3^a coluna) de 2023.

Temperaturas (de 1 a 2 °C) abaixo da média mensal são previstas somente pelo RegCM4, do SIMAGRO, em todo o centro leste do estado no mês de dezembro (Figura 23.a), em janeiro e fevereiro (Figura 23.b-c) é previsto o leste ainda com temperatura abaixo da média enquanto que no oeste, a temperatura fica levemente acima do normal. O modelo MoReClima-SUL o cenário previsto tem grande variabilidade ao longo do trimestre, enquanto que em dezembro (Figura 23.d) as anomalias positivas se concentram no oeste do RS, em janeiro (Figura 23.e), a temperatura fica acima do normal em praticamente todas as regiões e em fevereiro (Figura 23.f) a temperatura fica dentro do normal. No multimodel APCC (Figura 23.g-i) a temperatura mais elevada do que o normal ocorrem ao longo de todo o trimestre, em todas as regiões.

Modelo Dinâmico - RegCM4 do SIMAGRO



Modelo estatístico - MoReClima-SUL



Previsão por conjunto de modelos dinâmicos globais - APCC

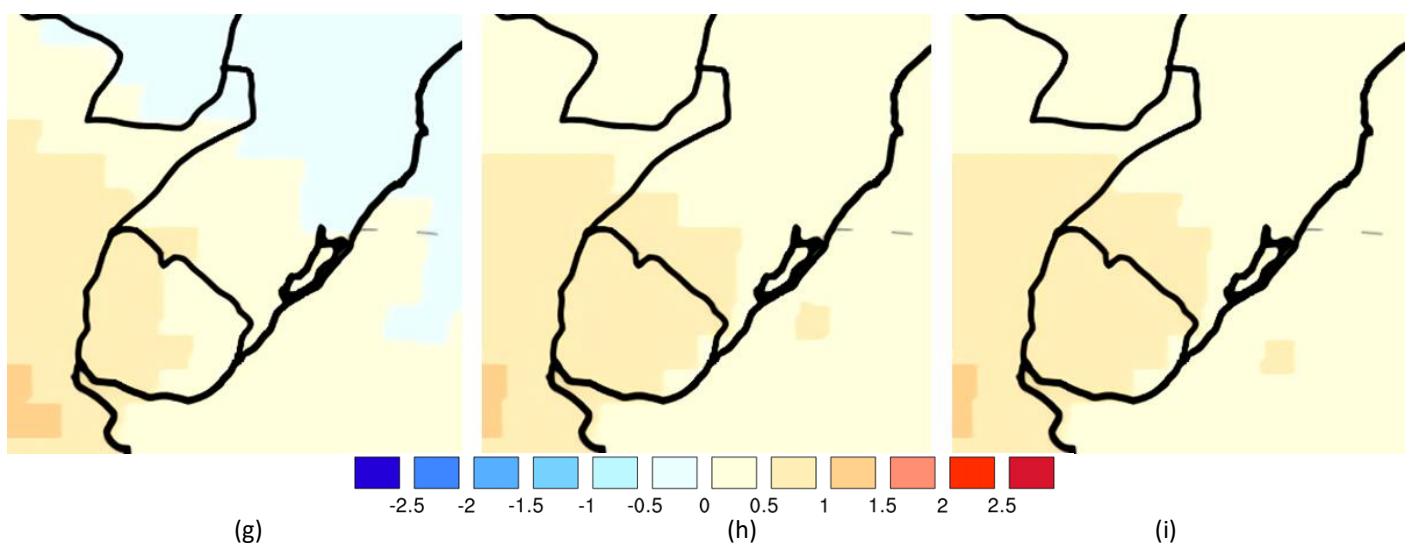


Figura 23- Previsões das anomalias de temperatura média mensal do modelo dinâmico REGCM-4 do SIMAGRO (a-c) e do Modelo estatístico Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) (d-f) e (d) Média do conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC). As previsões foram realizadas em setembro de 2022 para os meses de novembro (1^a coluna) e dezembro de 2022 (2^a coluna), e janeiro (3^a coluna) de 2023.

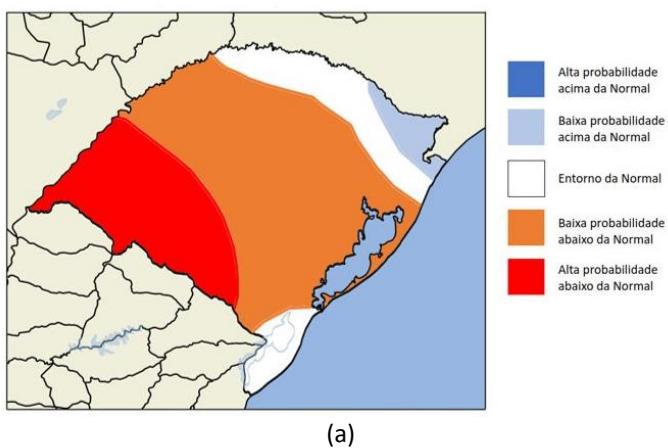
8 Previsão por consenso

Com base na análise das previsões de permanência da La Niña durante o verão; na avaliação de impactos esperados na chuva no RS associados aos indicadores de teleconexões; na sucessão de condições hídricas desfavoráveis à recuperação do armazenamento de água no solo devido às secas anteriores; nas previsões do conjunto de modelos climáticos dinâmicos e estatísticos; e na opinião consensual do grupo de Meteorologia da UFSM. A previsão climática sazonal para DJF no RS é de:

- Chuvas muito abaixo da normal (com valores entre 100 e 200mm abaixo da normal) no sudoeste do estado e probabilidade menor e anomalias menos expressivas nas demais áreas do estado (entre 50 e 100 mm abaixo da normal). No extremo-sul do estado e parte do norte a precipitação fica dentro do normal no período, enquanto no nordeste do estado os acumulados devem ficar logo acima da normal (~ 50mm) (Figura 24.a).

- Temperaturas levemente acima da normal climatológica (por volta de 1°C, Figura 24.b) no extremo oeste do RS. Na região central e campanha a temperatura deve ficar levemente acima da normal. Nas demais áreas do estado a temperatura fica ao redor da média climatológica, com exceção do sul do estado, onde se esperam que a média fique levemente abaixo da climatologia.

Precipitação (DJF-2022/23)



Temperatura (DJF-2022/23)

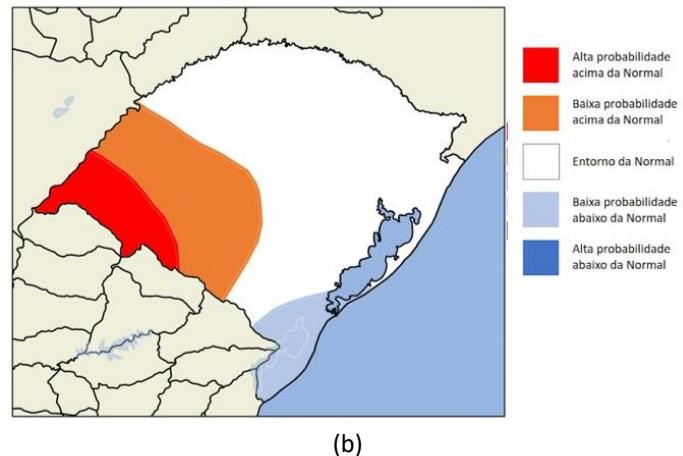


Figura 24- Previsão climática sazonal por consenso para (a) chuva e (b) temperatura média do trimestre OND de 2022. Em (a) Vermelho indica alta probabilidade de chuva abaixo da normal, laranja indica chuva levemente abaixo da normal. Em (b) laranja indica temperatura levemente acima da normal climatológica e branco indica temperatura dentro da normal climatológica.