



GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA

**PROGNÓSTICO SAZONAL
HIDROCLIMÁTICO DO ESTADO DO
AMAZONAS**

**LABORATÓRIO DE MODELAGEM DO SISTEMA
CLIMÁTICO TERRESTRE DA UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO AMAZONAS (LABCLIM / UEA)**

AGOSTO, 2023

Equipe técnica

Coordenação geral

Dr. Francis Wagner Silva Correia – Docente do Curso de Meteorologia da UEA

Autores

Dr. Wesley de Brito Gomes – Meteorologista

Msc. Leonardo Alves Vergasta – Meteorologista

Apoio técnico

Gerson Farias Briglia – Analista de Tecnologia da Informação

Contato

Universidade do Estado do Amazonas – UEA

Escola Superior de Tecnologia - EST

Av. Darcy Vargas, 1.200 - Parque Dez de Novembro, Manaus - AM, 69050-020

Francis Wagner - fcorreia@uea.edu.br;

Wesley Gomes - wbg.dcl18@uea.edu.br;

Leonardo Vergasta - lav.dcl18@uea.edu.br;

Gerson Farias - gerson@uea.edu.br

Sumário

APRESENTAÇÃO.....	4
1. Climatologia da precipitação e temperatura	5
1.1 Diagnóstico do fenômeno ENOS – El Niño Oscilação Sul.....	6
2.1 Prognóstico fenômeno ENOS – El Niño Oscilação Sul (2023/2024)	7
3. Diagnóstico da estiagem no Amazonas	9
3.1 Prognósticos da estiagem no Amazonas 2023/2024.....	9
4. Diagnóstico hidrológico das principais sub-bacia do Amazonas	12
4.1 Prognóstico hidrológico das principais sub-bacia do Amazonas	16
Síntese do prognóstico sazonal hidroclimático	18

APRESENTAÇÃO

O Laboratório de Modelagem do Sistema Climático Terrestre da Universidade do Estado do Amazonas (LABCLIM/UEA) corresponde a dois Sistemas de Processamento Alto Desempenho “High Performace Computing“, formado pelos Cluster Tambaqui e Aruanã. Esses dois sistemas permitem a integração de modelos físicos - matemáticos que representam o sistema climático terrestre e as suas variações em diferentes escalas espaciais e temporais.

A aquisição do LABCLIM em 2016, financiado com recursos provenientes da Agência Nacional de Águas (ANA), por intermédio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), correspondeu a um marco no desenvolvimento de pesquisas científicas nas áreas Ambiental, Hidrologia, Climática, Variabilidade e Mudanças no Clima, entre outros, realizadas por alunos de graduação e pós-graduação na universidade.

Desde a sua implantação, o LABCLIM tem sido fundamental na formação e qualificação de alunos ao nível de graduação (iniciação científica e trabalho de conclusão de curso – TCC) e no apoio ao desenvolvimento de dissertação de mestrado e teses de doutorado por alunos de pós-graduação da Universidade do Estado do Amazonas. Além disso, diferentes projetos de pesquisas vêm utilizando a estrutura computacional do laboratório para a geração e processamento dos dados climáticos e hidrológicos na bacia Amazônica.

Além disso, os projetos desenvolvidos no LABCLIM contribuem para: (a) no apoio aos tomadores de decisão (poder público) no planejamento de ações para redução e mitigação dos efeitos das secas e enchentes, (b) no planejamento e redução das perdas na produção agrícola, (c) na redução dos efeitos nocivos desses eventos extremos na saúde e no transporte, (d) na elaboração de mapas de risco e vulnerabilidade das comunidades na região, e também (e) na redução e mitigação da vulnerabilidade dos povos e comunidades; (f) na capacitação e qualificação de recursos humanos nas áreas de variabilidade e mudanças no clima e na previsão sazonal de eventos hidroclimáticos na região Amazônica, com ênfase no estado do Amazonas.

O propósito deste prognóstico é disponibilizar informações hidrometeorológicas atualizadas sobre as principais variáveis que influenciam no padrão da estiagem no estado do Amazonas. Esses dados têm a finalidade de serem utilizados em diversas áreas, incluindo a navegação, agricultura, transporte, pecuária, gestão de obras, entre outros setores do estado do Amazonas. Para atender a essas necessidades, oferecemos análises diagnósticas e prognósticas baseados em modelos climáticos dos principais centros de monitoramento global. Abordamos a influência do fenômeno climático El Niño, bem como informações relacionadas à precipitação, temperatura, umidade do solo, escoamento superficial, evaporação e níveis de água (cota) dos principais rios do estado do Amazonas.

1. Climatologia da precipitação e temperatura

A Figura 1 apresenta a climatologia da distribuição espacial da precipitação durante os meses de junho, julho e agosto (JJA), utilizando dados provenientes de reanálise atmosférica do ERA5, fornecidos pelo ECMWF. Neste trimestre, é possível identificar uma variação notável na quantidade de precipitação sobre o estado do Amazonas. No sul do estado, observam-se valores mínimos de precipitação, atingindo cerca de 40 mm/mês. Por outro lado, as regiões localizadas no noroeste do estado registram os maiores acumulados de precipitação (240 a 320 mm/mês). Durante o transcorrer desse trimestre, ocorre uma transição significativa do padrão de precipitação no estado do Amazonas. A maior parte do estado experimenta a mudança da estação chuvosa para a estação seca. Este período é marcado pelo posicionamento mais ao norte da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que desempenha um papel crucial na determinação dos volumes máximos de chuva nas áreas setentrionais e noroeste do estado.

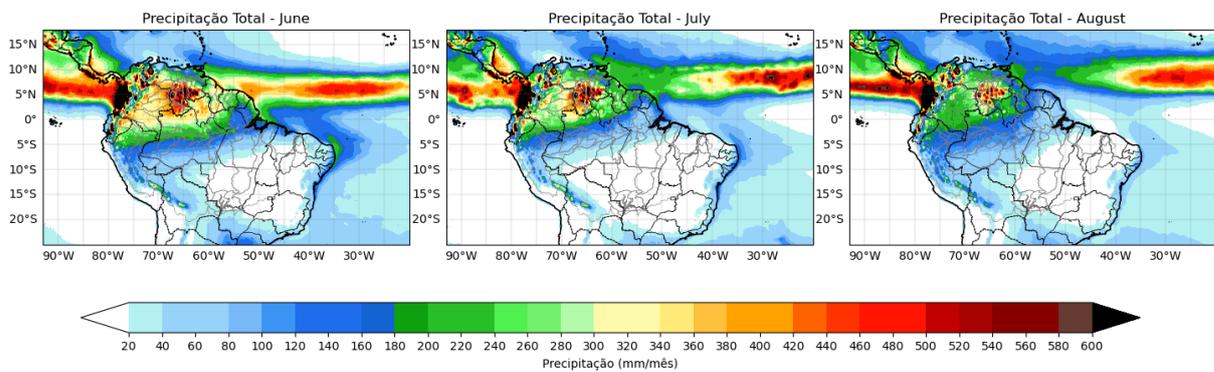


Figura 1. Climatologia da precipitação (mm/mês) na Amazônia entre os anos de 1992 a 2023 com base nos dados de reanálise do ERA5 (ECMWF).

A Figura 2 proporciona uma visão abrangente sobre os padrões climáticos das temperaturas do ar a 2 metros de altura durante os meses de junho, julho e agosto (JJA). Esses dados têm como base as informações de reanálise fornecidas pelo ERA5 do ECMWF. Durante esse trimestre específico, é possível identificar distinções notáveis nas temperaturas ao longo da região. Neste contexto, é interessante observar que as temperaturas máximas, situando-se entre 26°C e 28°C, concentram-se nas áreas leste, centro-leste e sudeste do estado do Amazonas. À medida que adentramos o meio e o final do trimestre (julho e agosto), torna-se evidente o estabelecimento da estação seca. Esse período é caracterizado por uma redução substancial na precipitação nas regiões anteriormente mencionadas na figura 1, o que resulta em um aumento significativo na temperatura média nessas áreas.

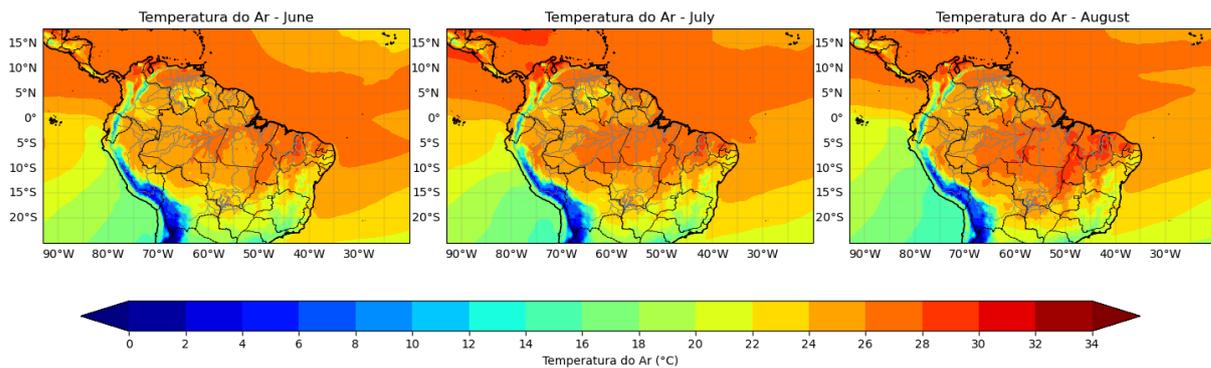


Figura 2. Climatologia da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) a 2m na Amazônia entre os anos de 1992 a 2023 com base nos dados de reanálise do ERA5 (ECMWF).

1.1 Diagnóstico do fenômeno ENOS – El Niño Oscilação Sul

O El Niño e a La Niña são partes de um mesmo fenômeno oceânico-atmosférico que ocorre no oceano Pacífico Equatorial (e na atmosfera adjacente), denominado de El Niño Oscilação Sul (ENOS). O ENOS refere-se às situações nas quais o oceano Pacífico Equatorial está mais quente (El Niño) ou mais frio (La Niña) do que a média normal histórica. A mudança na temperatura do oceano Pacífico Equatorial acarreta efeitos globais na temperatura e precipitação. Após um longo período sob a influência do Fenômeno La Niña e uma breve fase de neutralidade, o El Niño, cuja principal característica é o aquecimento anômalo e persistente da temperatura da superfície do mar na região do Oceano Pacífico Equatorial, está configurado.

Os primeiros indícios dessa ocorrência se manifestaram em fevereiro de 2023, quando se observou um aumento nas temperaturas das águas próximas à costa oeste da América do Sul. À medida que avançamos para os meses subsequentes, entre março e maio, notou-se um aquecimento ainda mais acentuado nas proximidades da costa sul-americana, e esse padrão de aquecimento expandiu-se em direção à região central do oceano Pacífico equatorial. No mês de julho, ficou evidente que as características típicas do fenômeno El Niño estavam bem configuradas.

A figura 3 mostra a distribuição espacial das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) durante o período de 21 a 28 de Agosto de 2023. Foram observadas regiões de aquecimento anômalo em grande parte do Pacífico equatorial desde a porção central até a costa da América do Sul com anomalias superiores a 0.5°C . Próximo a costa oeste da América do Sul as anomalias de temperatura da superfície do mar são superiores a 3°C , enquanto na porção central e leste do Pacífico equatorial as anomalias são superiores a 1°C .

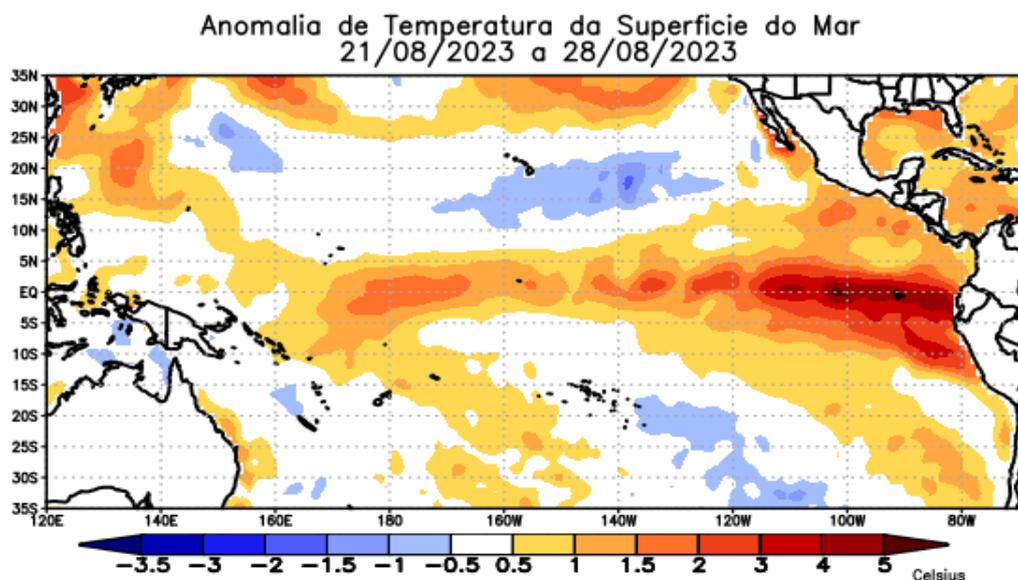


Figura 3. Anomalia da temperatura da superfície do mar na região do Pacífico durante o período de 21 a 28 de Agosto de 2023. Fonte dos dados: NCEP/NOAA – EUA

2.1 Prognóstico fenômeno ENOS – El Niño Oscilação Sul (2023/2024)

As plumas das simulações dos modelos dos centros internacionais de previsão climática para a área de Niño 3.4 (figura 3), no oceano Pacífico, preveem a continuidade do fenômeno El Niño atuando no segundo semestre (SOND) de 2023. Quanto a sua intensidade, os modelos sugerem a sua continuidade com intensidade moderada, podendo atingir a categoria de intensidade forte. Com relação às previsões probabilísticas (figura 4), indicam mais de 90% de chance do El Niño continuar atuando até o final de Março de 2024 e de 59% de chance de continuar atuando até abril-junho de 2024.

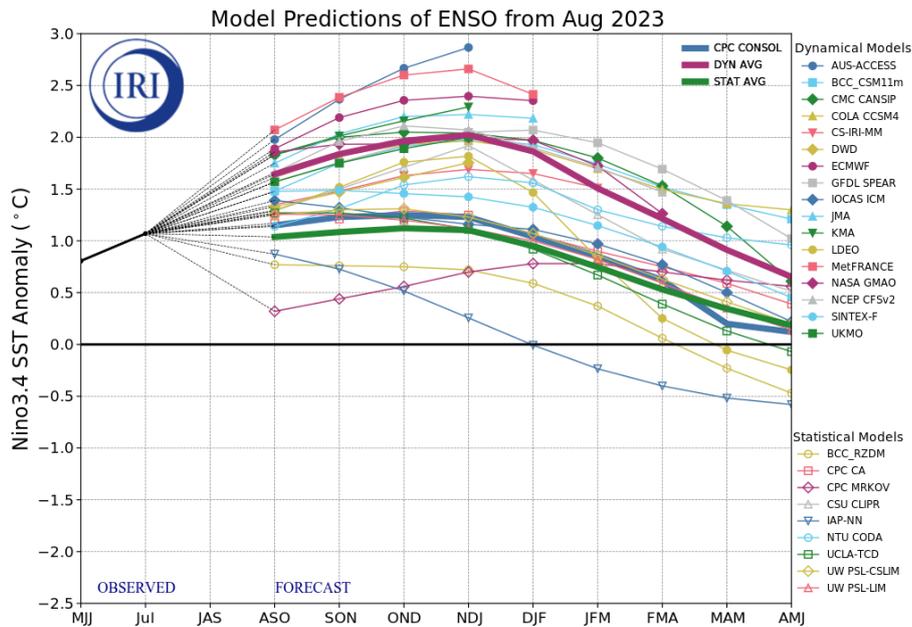


Figura 3. Pluma com o prognóstico dos modelos estatísticos e dinâmicos para a ocorrência do fenômeno ENOS. Dados: <http://iri.columbia.edu>.

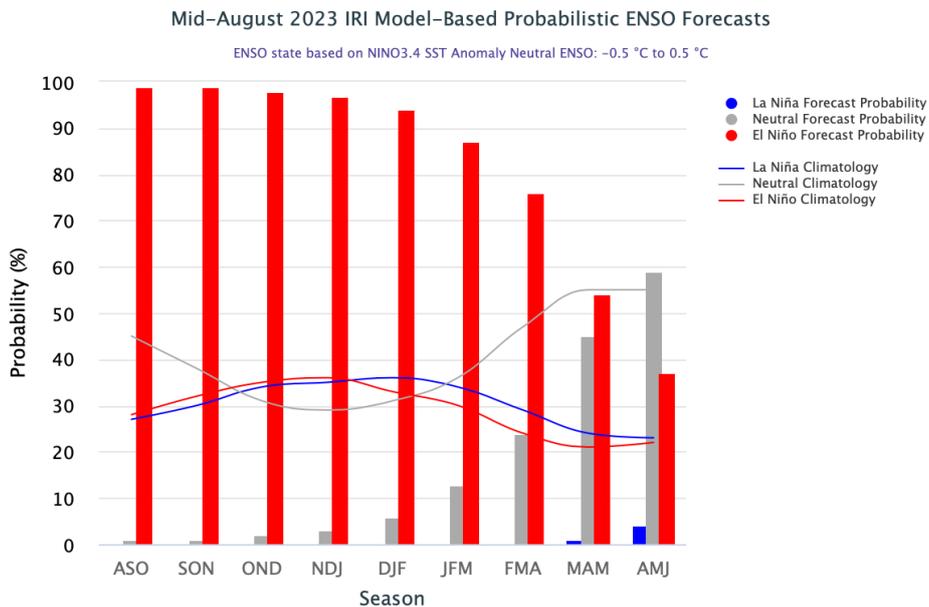


Figura 4. Previsão probabilística baseada em modelos estatísticos e dinâmicos para a ocorrência do fenômeno ENOS. Dados: <http://iri.columbia.edu>.

3. Diagnóstico da estiagem no Amazonas

A figura 5 apresenta as anomalias de precipitação (mm/mês) (1º linha) e temperatura (°C) (2º linha) durante os meses de junho, julho e agosto (JJA) de 2023. Esses dados têm como base as informações de reanálise fornecidas pelo ERA5 do ECMWF. As regiões com déficits de precipitação (40 a 130 mm/mês) nos meses de junho e julho na parte central e norte do estado do Amazonas estiveram associadas principalmente às anomalias de TSM no Atlântico (não mostrado) e Pacífico, que causaram alterações na circulação de grande escala, influenciando na atuação dos sistemas meteorológicos de grande escala, como a ZCIT. Por outro lado, as áreas com precipitação superiores a 20 mm/mês no mês de agosto, na região central e sul do Amazonas estiveram associados a complexos convectivos de mesoescala. Com relação às anomalias positivas de temperatura (1°C a 2°C) para os três meses estiveram associadas a atuação do fenômeno El Niño.

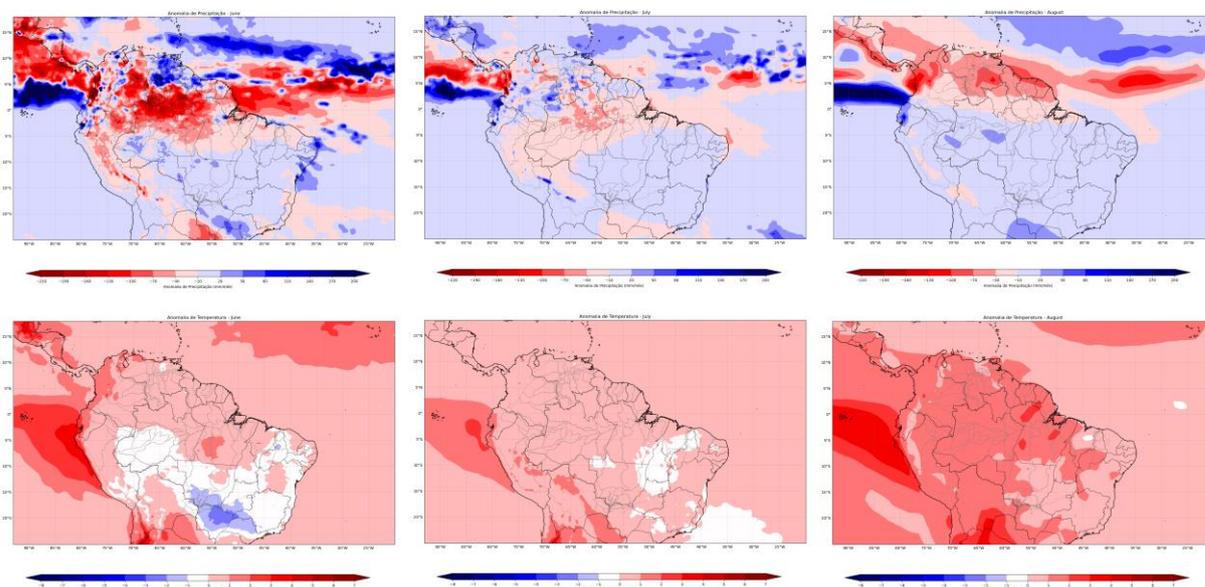


Figura 5. Anomalias de precipitação (mm/mês) (1ª linha) e temperatura (°C) (2ª linha) durante os meses de junho, julho e agosto de 2023 como base as informações de reanálise fornecidas pelo ERA5 do ECMWF.

3.1 Prognósticos da estiagem no Amazonas 2023/2024

As projeções das anomalias do modelo climático ECMWF para a precipitação e temperatura do ar (°C) a 2m são representadas nas Figuras 6, 7, 8 e 9, correspondendo aos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2023, respectivamente. Durante esse período, é estimado que a precipitação na maior parte do estado do Amazonas fique abaixo das médias climatológicas, com déficits de precipitação variando entre 5 a 40 mm/mês. As áreas mais impactadas por esses déficits serão principalmente a porção centro-leste, leste e sudeste do estado.

Em relação às temperaturas, as projeções do modelo climático ECMWF indicam anomalias positivas de temperatura do ar, prevendo um aumento de aproximadamente

1°C a 2°C em grande parte do estado do Amazonas. As regiões mais suscetíveis ao aumento anômalo de temperatura serão na porção centro-leste do estado.

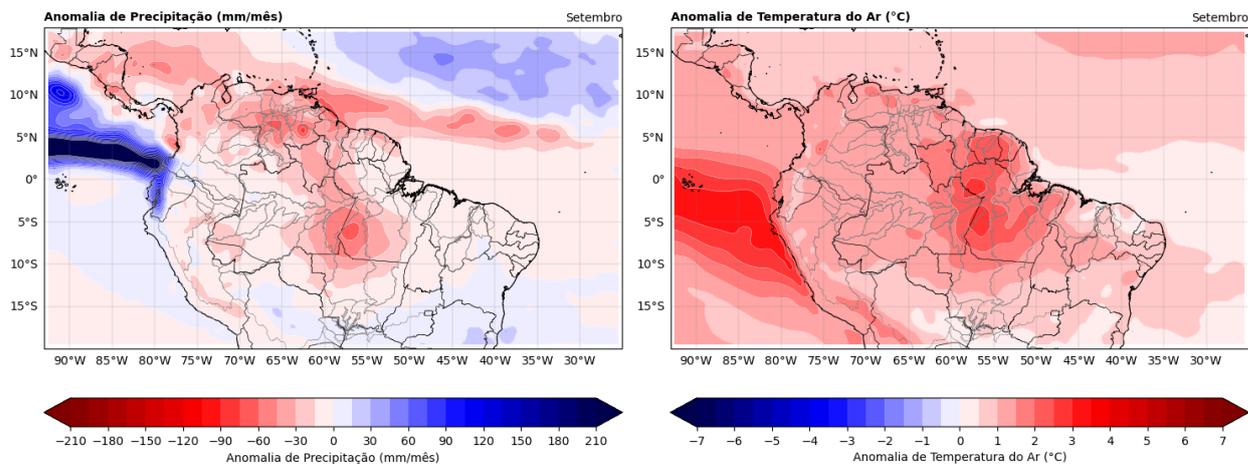


Figura 6: Projeção das Anomalias de precipitação e temperatura do ar (°C) a 2m do Modelo Climático ECMWF para o mês de Setembro de 2023. Fonte dos dados: ECMWF.

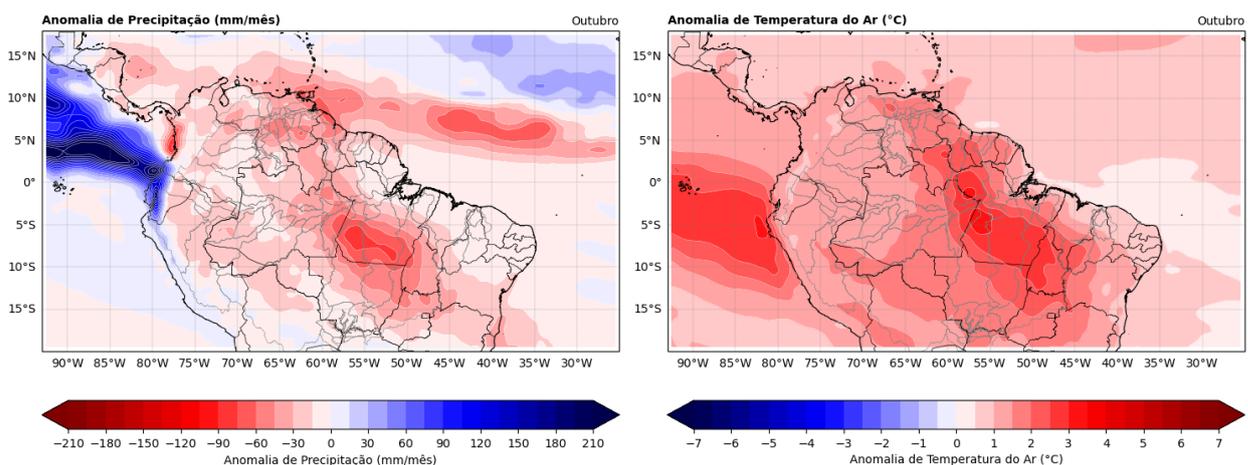


Figura 7: Projeção das Anomalias de precipitação e temperatura do ar (°C) a 2m do Modelo Climático ECMWF para o mês de outubro de 2023. Fonte dos dados: ECMWF.

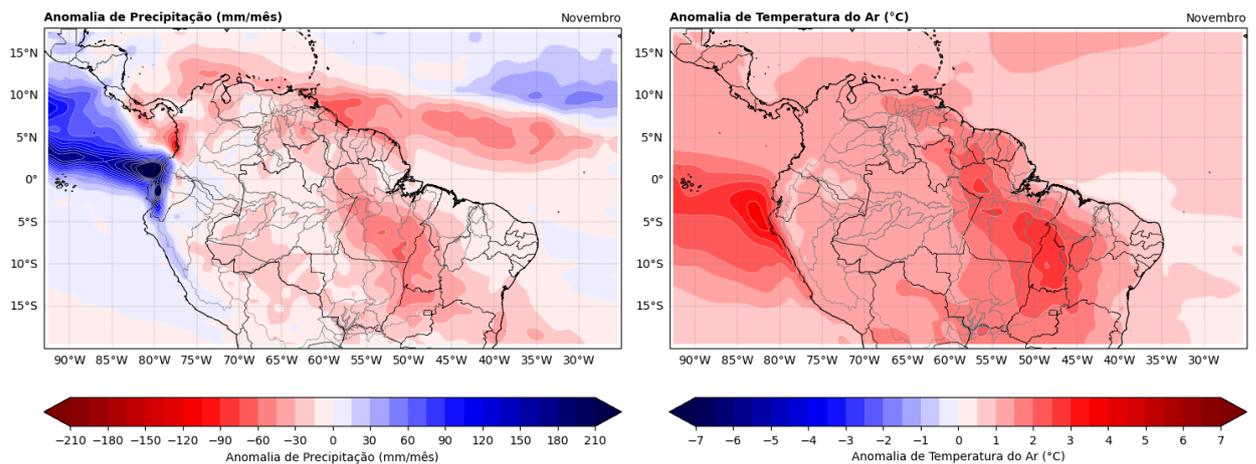


Figura 8: Projeção das Anomalias de precipitação e temperatura do ar (°C) a 2m do Modelo Climático ECMWF para o mês de novembro de 2023. Fonte dos dados: ECMWF.

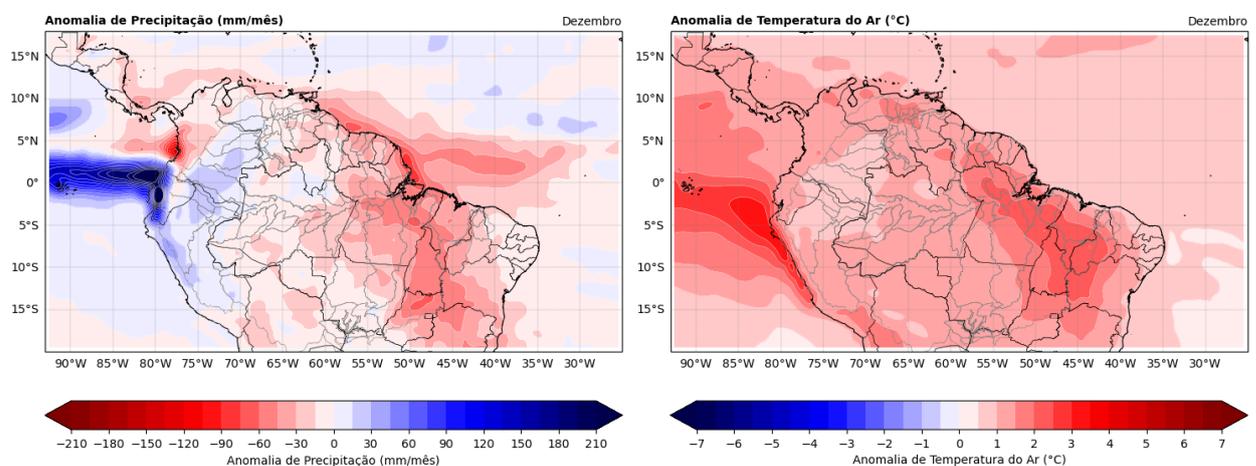
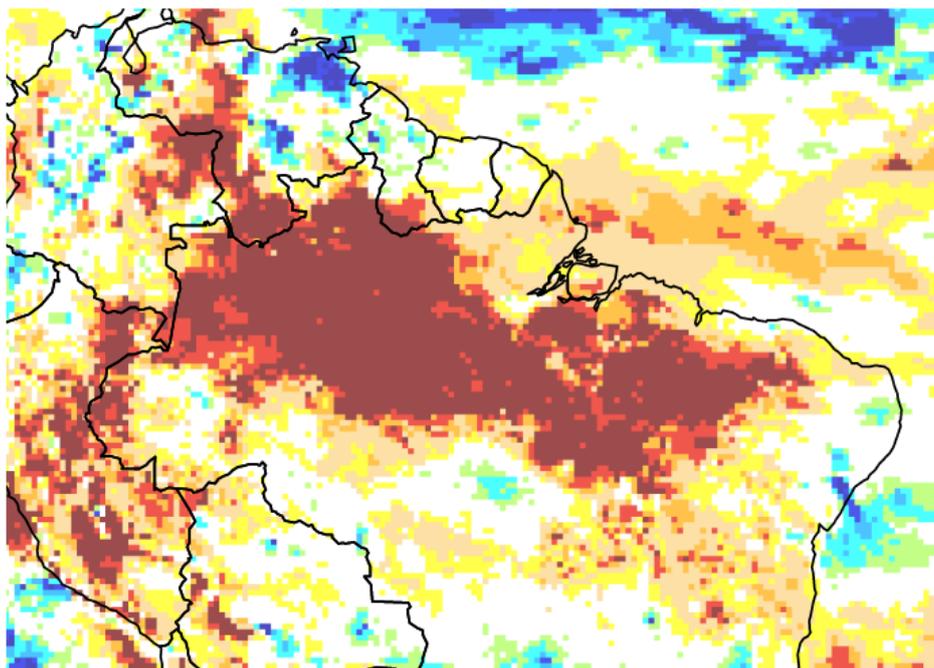


Figura 9: Projeção das Anomalias de precipitação e temperatura do ar (°C) a 2m do Modelo Climático ECMWF para o mês de dezembro de 2023. Fonte dos dados: ECMWF.

A Figura 10 ilustra o Prognóstico do Índice de Seca Padronizada (SPI) com um horizonte de previsão de três meses (SON) utilizando os dados de Reanálise do ERA5 do Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo (ECWMF). A análise do SPI projeta para o estado do Amazonas e outras áreas da Amazônia um enfrentando da escassez de precipitação nos próximos três meses (SON), o que resultará em condições adversas de seca que variam de extrema a excepcional em grande parte do estado. Essa situação inclui as regiões noroeste, oeste, central e centro-leste do estado. No entanto, é previsto que a porção sul do Amazonas experimente um grau de seca que varia de anormal a moderado. Essas condições provavelmente resultarão em reduções dos níveis dos rios e poderão servir como combustível para o aumento no número de focos de queimadas, especialmente em áreas já degradadas.

3-Month ERA5 Global SPI



Dry Conditions



Wet Conditions



Figura 10: Visualização do Índice de Seca Padronizada utilizando os dados de reanálise provenientes do ERA5, com um horizonte de previsão de três meses. Os valores do índice D0 (-0.7 a -0.5) denotam condições de seca anormal, enquanto o índice D1 (-1.2 a -0.8) aponta para condições de seca moderada. Índices mais baixos, como D2 (-1.5 a -1.3), indicam condições de seca severa, enquanto D3 (-1.9 a -1.6) representa condições de seca extrema. Os índices mais críticos, D4 (-2.0 ou inferior), refletem situações de seca excepcional. O índice de umidade também é apresentado, com W0 (0.5 a 0.7) indicando umidade anormal, W1 (0.8 a 1.2) representando níveis moderados de umidade e W2 (1.3 a 1.5) denotando umidade em níveis severos. Valores mais elevados, como W3 (1.6 a 2.0), sugerem condições de umidade extrema, enquanto W4 (2.0 ou superior) assinala condições de umidade excepcionais. Fonte: ECMWF.

4. Diagnóstico hidrológico das principais sub-bacia do Amazonas

Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), os comportamentos atuais dos níveis dos rios das principais sub-bacias no estado do Amazonas encontram-se em condições normais para esta época do ano. A seguir, são detalhadas as condições atuais das principais sub-bacias:

- a) Rio Solimões: O rio Solimões continua passando pelo processo de vazante. Em Tabatinga, houve oscilações nos níveis ao longo das últimas semanas, resultando em uma diminuição gradual na intensidade da recessão local. Na estação de Fonte Boa foram registradas médias diárias de descida de 8 cm, enquanto em Manacapuru, o Solimões apresentou uma descida diária de 15 cm.

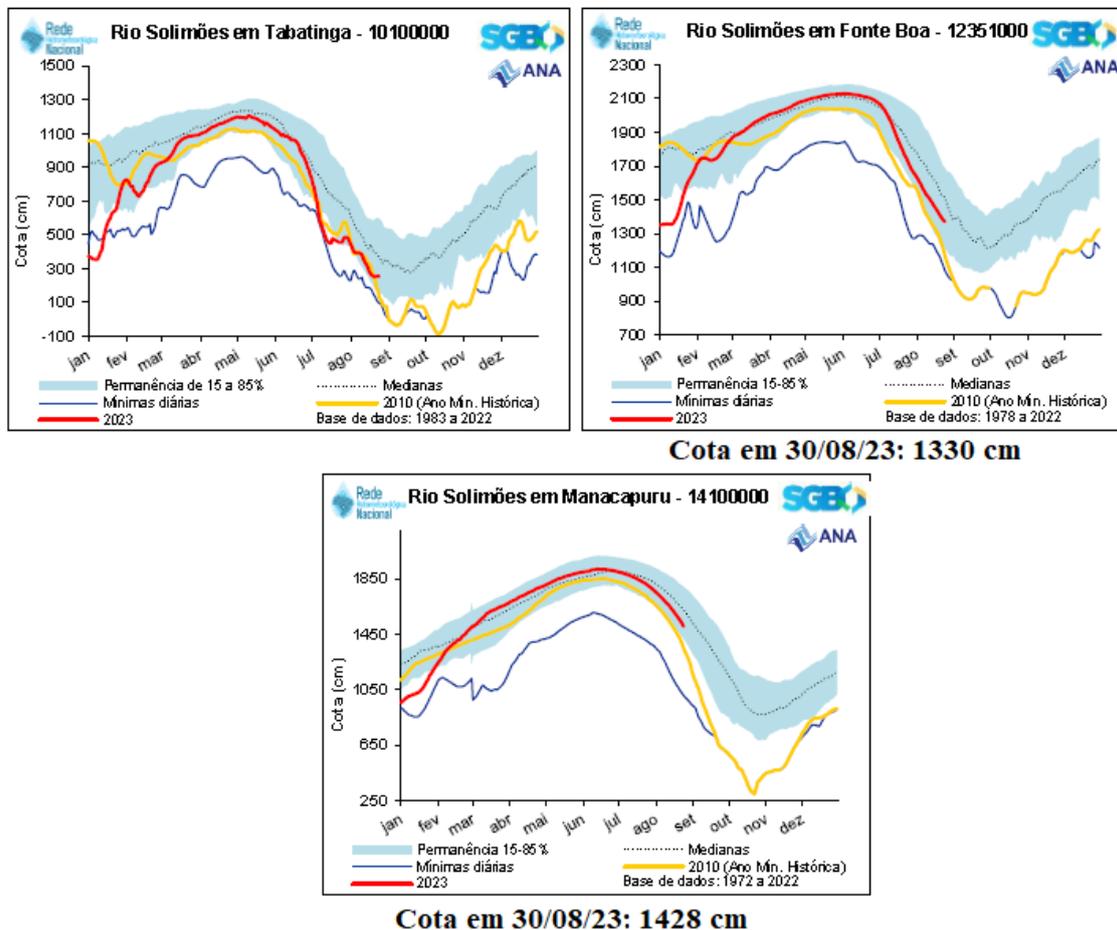
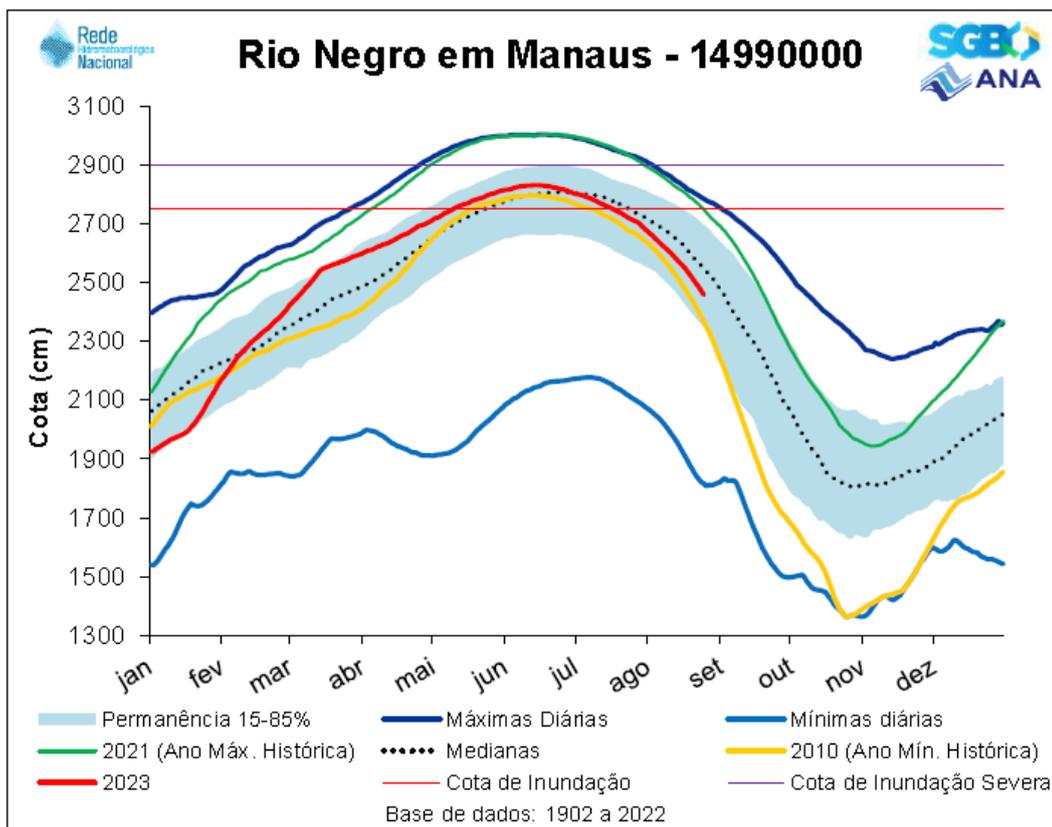


Figura 11. Cotagrama das estações fluviométricas para a bacia do rio Solimões. Fonte dos dados: CPRM.

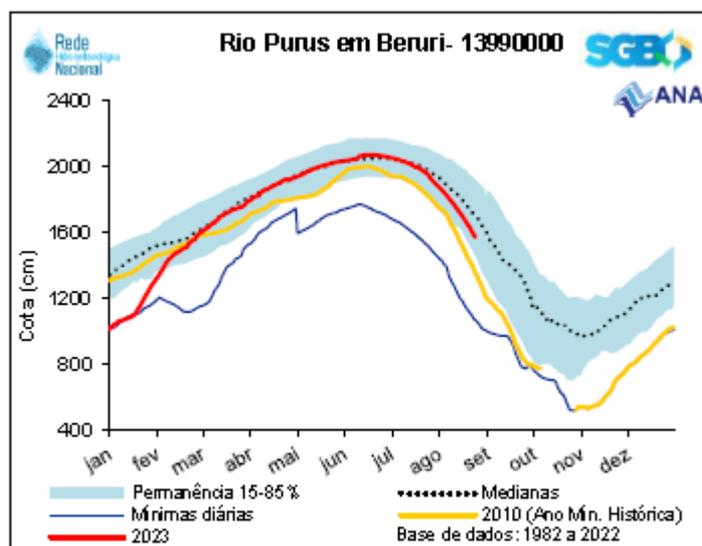
- b) Rio Negro: Nas estações monitoradas do alto rio Negro, observou-se um comportamento de recessão em São Gabriel da Cachoeira e Barcelos. Na estação do Porto em Manaus, o nível do Rio Negro apresentou uma vazante média diária de 15 cm nos últimos 5 dias. As estações monitoradas em destaque demonstram níveis considerados normais para esta época.



Cota em 30/08/23: 2380 cm

Figura 12. Cotagrama do rio Negro em Manaus. Fonte dos dados: CPRM

- c) Rio Purus: Esta semana, o rio Acre em Rio Branco registrou um declínio em seu nível e apresenta valores considerados baixos para esta época do ano. Enquanto isso, em Beruri, o rio Purus continua passando por um processo de vazante, com uma média diária de redução de 18 cm em seus níveis.



Cota em 30/08/23: 1476 cm

Figura 13. Cotagrama do rio Purus em Beruri. Fonte dos dados: CPRM

- d) Rio Madeira: Durante esta semana, o rio Madeira em Humaitá voltou a apresentar redução em seus níveis com uma média diária de 9 cm. Contudo, os níveis registrados estão dentro dos parâmetros considerados normais para este período.

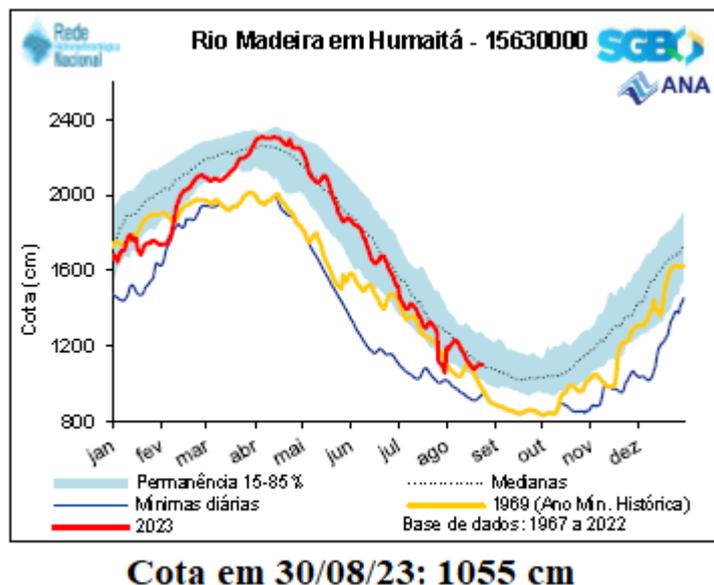


Figura 14. Cotagrama do rio Madeira em Humaitá. Fonte dos dados: CPRM

- e) Rio Amazonas: O rio Amazonas continua passando pelo processo de vazante nas estações fluviométricas de Itacoatiara e Parintins, sendo que Itacoatiara ocorreu um declínio médio diário de 12 cm nos últimos cinco dias, apresentando níveis abaixo da cota de permanência, dando os primeiros indícios de uma provável seca na região.

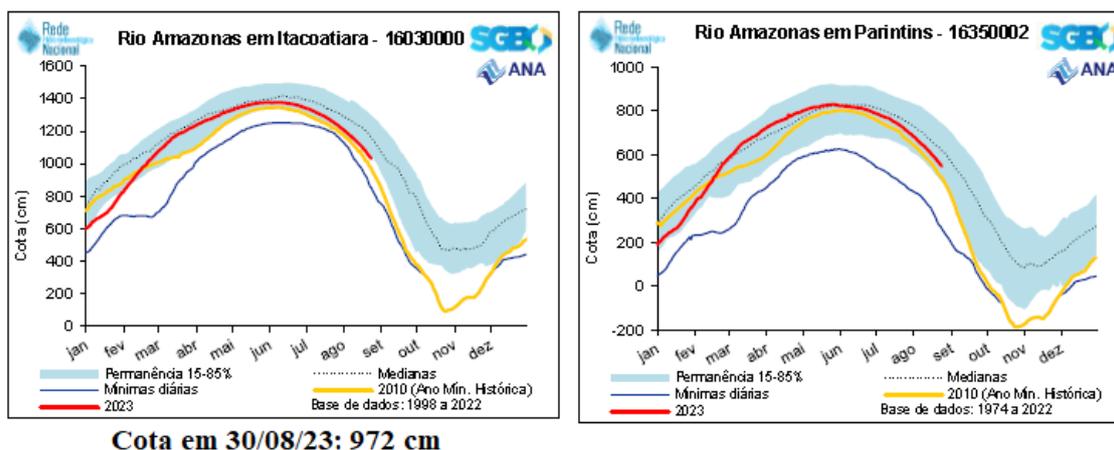


Figura 15. Cotagrama do rio Amazonas em Itacoatiara e Parintins. Fonte dos dados: CPRM

4.1 Prognóstico hidrológico das principais sub-bacia do Amazonas

Nos rios amazônicos, o escoamento superficial (runoff) desempenha papel crucial nos níveis de água e nas vazões dos rios. Ele é significativo para elevar ou diminuir os níveis dos rios, especialmente em períodos de chuvas intensas ou secas. Diante dessas considerações, as tendências do escoamento superficial e da evaporação, conforme projetadas pelo modelo climático ECMWF, são exemplificadas nas Figuras 16, 17, 18 e 19. Estas figuras correspondem, respectivamente, aos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2023. Ao longo deste período, há uma estimativa de que ocorrerá um déficit significativo no escoamento superficial em grande parte do estado do Amazonas. Isso abrange as bacias do: Solimões-Amazonas, baixo Madeira, médio e baixo Purus, médio e baixo Negro, bem como as bacias do Juruá e Javari. Essas reduções no escoamento superficial são projetadas para variar, com valores estimados entre 30 a 60 mm/mês abaixo das médias climatológicas. Em relação à evaporação, as projeções do modelo climático ECMWF indicam anomalias positivas de evaporação, prevendo um aumento de aproximadamente 15 a 30 mm/mês em grande parte do estado do Amazonas.

Com menos água contribuindo para os rios devido à redução do runoff e maior evaporação, os níveis dos rios (cota) podem diminuir. Isso afeta diretamente a quantidade de água disponível nos cursos d'água, podendo influenciar a navegabilidade, o abastecimento de água potável e outras atividades que dependem dos rios.

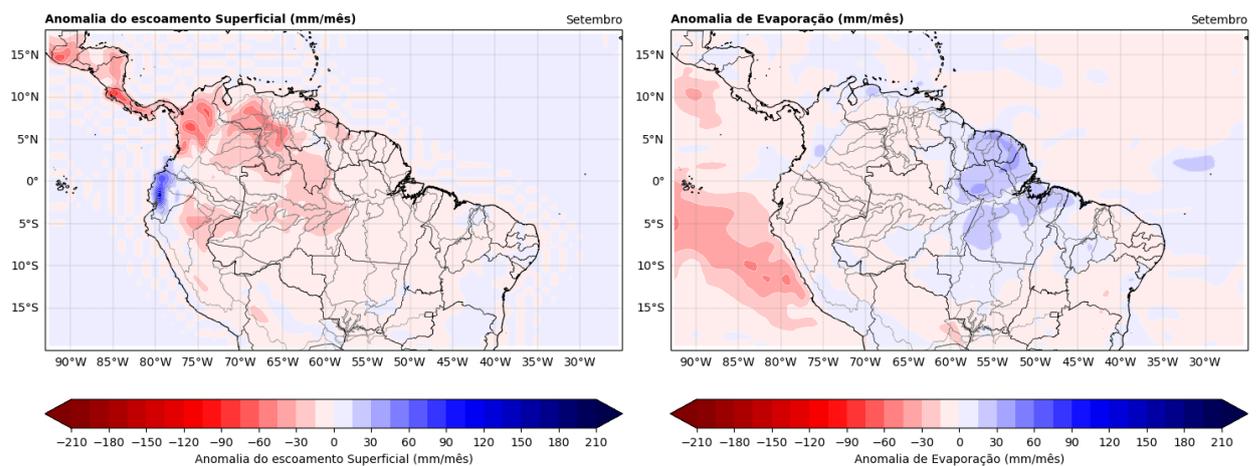


Figura 16: Projeção das Anomalias do Escoamento superficial e da Evaporação do Modelo Climático ECMWF para o mês de setembro de 2023. Fonte dos dados: ECMWF.

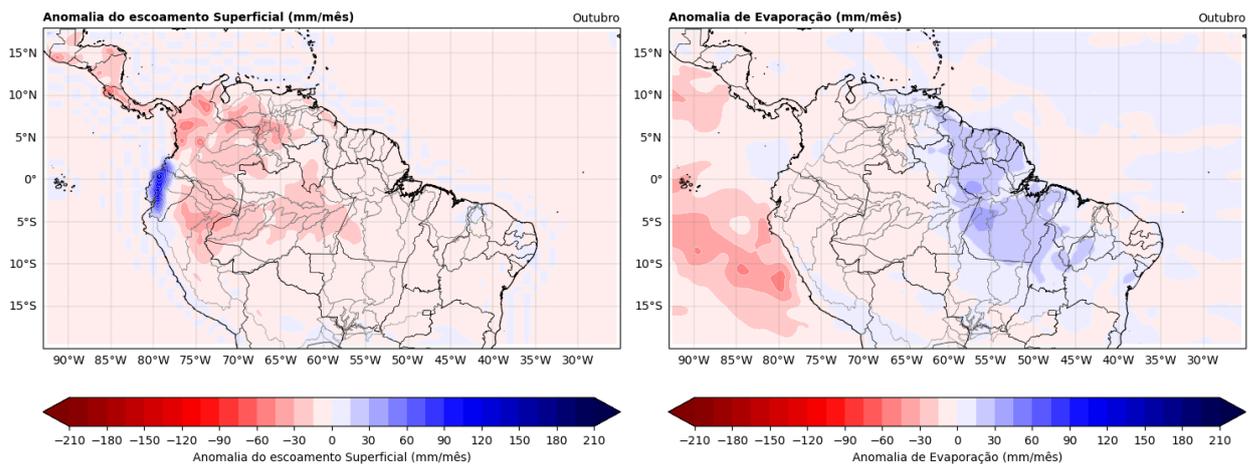


Figura 17: Projeção das Anomalias do Escoamento superficial e da Evaporação do Modelo Climático ECMWF para o mês de outubro de 2023. Fonte dos dados: ECMWF.

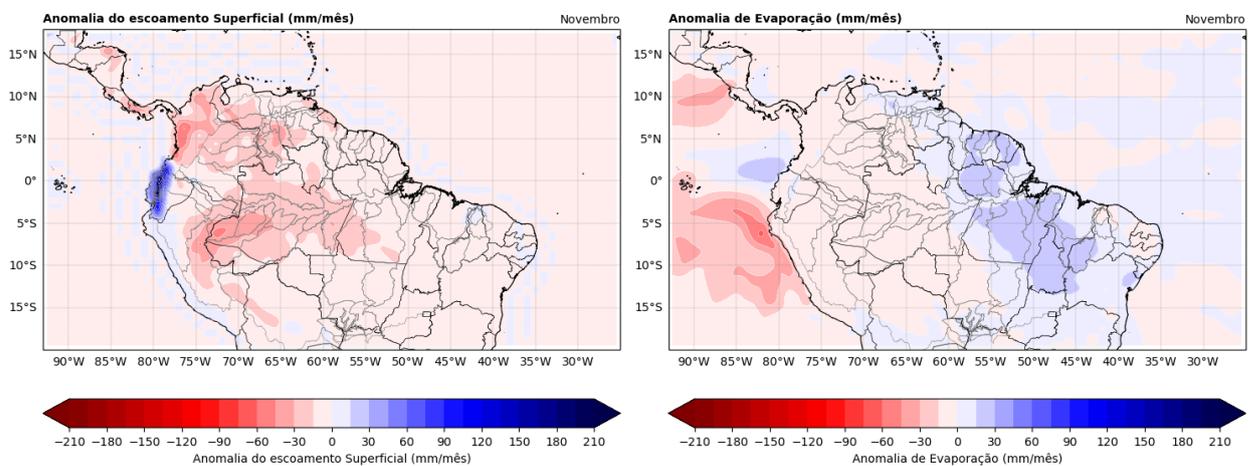


Figura 18: Projeção das Anomalias do Escoamento superficial e da Evaporação do Modelo Climático ECMWF para o mês de novembro de 2023. Fonte dos dados: ECMWF.

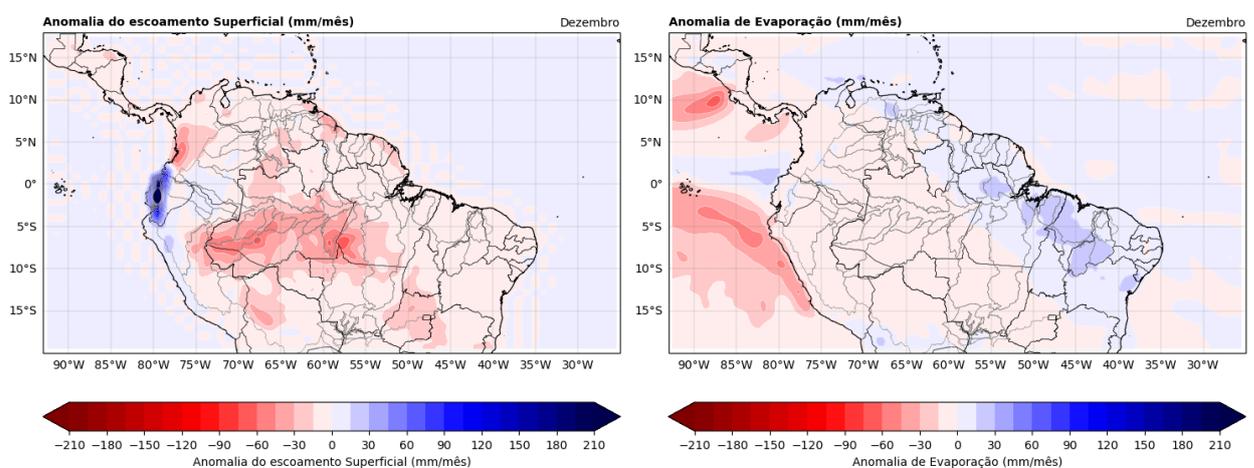


Figura 19: Projeção das Anomalias do Escoamento superficial e da Evaporação do Modelo Climático ECMWF para o mês de dezembro de 2023. Fonte dos dados: ECMWF.

Síntese do prognóstico sazonal hidroclimático

A TSM está acima da média em grande parte do oceano Pacífico, com maiores desvios positivos na porção leste e central. O prognóstico hidroclimático considera o fortalecimento gradual destas anomalias e conseqüente a permanência do fenômeno El Niño até o final da estação seca e início da estação chuvosa. Além disso, considera o aumento do aquecimento anômalo no Atlântico Norte (não mostrado), estabelecendo um forte gradiente de anomalia de TSM dirigido para o hemisfério Norte, o que pode influenciar a atividade e posicionamento da ZCIT, além de intensificar o ramo subsidente da circulação de Walker sobre o estado do Amazonas, reduzindo a precipitação e atrasando o início da estação chuvosa. Diante de tais condições, o prognóstico climático para o trimestre de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2023 são:

- a) Chuvas: Abaixo da média em todo o estado do Amazonas;
- b) Temperaturas: Acima da média climatológica em todo o estado do Amazonas.
- c) Níveis dos rios: déficit hídrico em todas as bacias que abrangem o estado do Amazonas, com previsão de seca moderada a extrema;
- d) Queimadas: Aumento dos focos de queimadas em áreas de pastagem degradada.