

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME
OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS

PROJETO META

Projeto de Assistência Técnica dos Setores de Energia e Mineral

BANCO MUNDIAL

**BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO –
BIRD**

Empréstimo: 9074 - BR

Termo de referência do Subprojeto 23-2 – Consultoria 2
Diagnóstico/avaliação de regionalização de modelo de previsão de precipitação e de outras
variáveis meteorológicas

Julho/2023

SUMÁRIO

1. CONTEXTO	4
2. JUSTIFICATIVA	7
3. OBJETIVO	7
4. ALCANCE	8
5. RESULTADOS E PRODUTOS ESPERADOS	8
6. ESCOPO DO TRABALHO E LIMITES DO PROJETO	9
Produto 5 – Regionalização de previsão de precipitação e outras variáveis	9
7. PRAZO DE EXECUÇÃO/CRONOGRAMA/VALORES	11
8. QUALIFICAÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DA EQUIPE	12
8.1 Equipe Chave	12
8.2 Equipe de apoio	13
8.3 Perfil Requerido da Consultora	13
9. FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS	13
10. FORMAS DE PAGAMENTO	14
11. SUPERVISÃO	14
12. INSUMOS E ELEMENTOS DISPONÍVEIS	15
13. NECESSIDADE DE TREINAMENTO	15
14. QUADRO AMBIENTAL E SOCIAL DO BANCO MUNDIAL	15
15. ARRANJOS INSTITUCIONAIS E ORGANIZACIONAIS	15
16. LISTA DE DESPESAS REEMBOLSÁVEIS	16
17. VEDAÇÃO LEGAL	17
REFERÊNCIAS	18
ANEXO I - Bases de dados hidrometeorológicos do Produto 2	20
ANEXO II - Bases de dados de modelos acoplados de previsão subsazonal e sazonal do Produto 3	22
ANEXO III - Pipeline da engenharia de dados	23
ANEXO IV - Métricas estatísticas para avaliação de modelos acoplados de previsão de precipitação e outras variáveis meteorológicas	28



TERMO DE REFERÊNCIA - TDR

Diagnóstico/avaliação de regionalização de modelo de previsão de precipitação e de outras variáveis meteorológicas

1. CONTEXTO

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país. Como parte dos esforços para promover o desenvolvimento e a capacitação técnica do setor energético brasileiro, o ONS integra a segunda etapa do projeto de Assistência Técnica dos Setores de Energia e Mineral, também chamado de Projeto META II. Um dos projetos subsidiados pelo Projeto META II é o Subprojeto 23 que busca realizar um estudo para a identificação de causalidade das mudanças nos regimes de vazões e das principais variáveis meteorológicas de interesse para a operação do SIN. O SIN é constituído por quatro subsistemas nas regiões Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte, que apresentam uma diversidade de regimes climáticos.

Segundo dados do ONS, cerca de 70% da energia média produzida nos últimos três anos no Brasil provém de usinas hidrelétricas, mesmo com a crescente participação da geração eólica, que corresponde a cerca de 12,5% da capacidade do SIN. Como a operação do SIN está atrelada às condições climáticas, e em especial ao volume de precipitação sobre as bacias hidrográficas, o planejamento e a programação da operação eletroenergética, bem como o planejamento da expansão, dependem da previsão/geração de cenários de afluições a todos os aproveitamentos hidroelétricos do SIN, desde a primeira semana operativa até horizontes de cinco a dez anos à frente. Desse modo a compreensão das causas associadas a qualquer mudança das condições climáticas é de essencial importância, uma vez que imprecisões sistemáticas na previsão das vazões podem elevar os custos da energia ou comprometer o planejamento adequado do SIN.

No âmbito do projeto META II, a Joint Venture (JV) formada entre as empresas PSR e CLIMATEMPO coordena o Subprojeto 23. O Quadro 1 apresenta o conjunto de produtos previstos neste subprojeto. A **Consultoria-1** (JV) está encarregada da execução dos Produtos do Agrupamento 1 (Produtos 1, 2, 3, 4 e 12). O Produto do Agrupamento 2 (Produto 5), escopo deste TDR, será executado pela **Consultoria-2**. O Produto 5 será pré-requisito para o Produto 8, a ser executado pela **Consultoria-5** que será objeto de outra licitação no futuro.

Quadro 1 – Processos de licitação do Subprojeto 23 do ONS, sendo que a licitação da Consultoria-2, escopo deste TDR, são as Atividades e Produtos do Agrupamento 2.

Agrupamento	Produto	Atividade	Licitação
1	-----	COORDENAÇÃO	Consultoria-1 (Coordenadora Joint Venture PSR e CLIMATEMPO)
	Produto-1	Revisão Bibliográfica	
	Produto-2	Coleta e de Análise de dados meteorológicos com longos períodos de observação no SIN	
	Produto-3	Coleta e Análise de Dados de Modelos Acoplados de Previsão de Precipitação, Outras Variáveis Meteorológicas e uso do solo (considerando séries obtidas por paleoclima)	
	Produto-4	Avaliação preliminar sobre variabilidade/mudança climática nas séries meteorológicas e hidrológicas disponíveis	
2	Produto-5	Diagnóstico/avaliação de Regionalização de Modelo de Previsão de Precipitação e de Outras Variáveis Meteorológicas	Consultoria-2 (Objeto deste TDR)
3	Produto-6	Estudos de Anos Consecutivos de Eventos Extremos: grandes cheias e secas e a fenomenologia associada com foco nos últimos anos. Sistemas meteorológicos responsáveis, configurações precursoras e sucessoras, métodos para identificação de análogos com base em situações atuais.	Consultoria-3 (licitação futura)
4	Produto-7	Estudos de Paleoclimatologia	Consultoria-4 (licitação futura)
5	Produto-8	Definição de Índices Climáticos Mais Representativos dos Oceanos/Atmosfera	Consultoria-5 (licitação futura)
	Produto-9	Estudo de Possíveis Causas e de Eventual Previsibilidade de Alteração/Manutenção dos Índices Climáticos e seus Efeitos nas Vazões e nas Variáveis Meteorológicas	Consultoria-5 (licitação futura)

	Produto-10	Análise de Variáveis Climáticas e Estruturas de correlação que possam ser Incorporadas em Modelos de Planejamento da Operação e Expansão do SIN.	Consultoria-5 (licitação futura)
6	Produto-11	Metodologia para Estimativa de cenários Hidrológicos e Meteorológicos Mensais com Uso de Informações Climáticas	Consultoria-6 (licitação futura)
1	Produto-12	Relatório Final do Subprojeto	Consultoria-1 (Coordenadora Joint Venture PSR e CLIMATEMPO)

A primeira etapa deste subprojeto executada pela **Consultoria-1** (JV) foi a extensa revisão bibliográfica sobre os resultados mais recentes dos impactos das variabilidades naturais do clima, mudanças climáticas no Brasil e alterações no uso do solo nas bacias hidrográficas do SIN (Produto 1 do Quadro 1). Além disso, a realização deste subprojeto contempla a coleta e a análise de bases de dados hidrometeorológicos com longos períodos de observação no SIN, o que constitui o Produto 2. Este produto engloba dados provenientes de estações hidrometeorológicas, de satélites e de reanálises de diversas variáveis meteorológicas, tais como precipitação, temperatura, vento, temperatura da superfície do mar, entre outros, conforme mostrado no Anexo I. Também é escopo do subprojeto a coleta e a análise de dados de modelos acoplados de previsão de precipitação, outras variáveis meteorológicas e uso do solo (incluindo séries obtidas por paleoclima), que constitui o Produto 3 (Anexo II). Por fim, o Produto 4 contempla a avaliação preliminar sobre variabilidade/mudança climática nas séries meteorológicas e hidrológicas disponíveis.

A aplicação de modelos numéricos justifica-se uma vez que o planejamento adequado do setor elétrico depende de previsões hidrometeorológicas com a maior confiabilidade possível. Desse modo, foi construído um banco de dados de modelos operacionais de previsão nas escalas subsazonal e sazonal de precipitação e outras variáveis meteorológicas. Na escala subsazonal, o projeto *Subseasonal to Seasonal* (S2S, VITART et al., 2017) reuniu 11 centros de pesquisa/operacional para a produção de previsões meteorológicas de até 60 dias no intuito de melhorar a acurácia e o entendimento dos processos físicos que dominam essa escala temporal. A partir da base de dados do S2S, estudos anteriores (e.g. DE ANDRADE; COELHO; CAVALCANTI, 2019; KLINGAMAN et al., 2021) avaliaram o desempenho dos modelos de previsão subsazonal para a América do Sul, identificando os modelos com melhor desempenho. Na escala sazonal, diversos centros fornecem previsões de modo operacional, como o *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) que utiliza a quinta versão do *Seasonal Forecast System* (SEAS5), o *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) com a segunda versão do modelo *Coupled Forecast System* (CFSv2), além dos centros da América do Norte que fornecem a previsão multi-modelo do *North American Multi-Model Ensemble* (NMME).

No entanto, a previsibilidade da precipitação e outras variáveis meteorológicas é dependente de diversos fatores, entre eles a localização latitudinal. Na região tropical, os fenômenos El Niño Oscilação Sul (ENOS) e Oscilação de Madden-Julian (OMJ) exercem influência na variabilidade atmosférica (e.g. KOUSKY; KAGANO; CAVALCANTI, 1984; ROPELEWSKI; HALPERT, 1987; LIEBMANN et al., 2004; PAEGLE; BYERLE; MO, 2000; SHIMIZU; AMBRIZZI, 2016), o que resulta em uma maior previsibilidade. Nas regiões extratropicais, os modelos em geral apresentam uma performance pior na previsão sazonal (e.g. GUBLER et al., 2020) devido a deficiências em simular a variabilidade extratropical, interações com os trópicos e padrões de teleconexão como o *Pacific South American* (PSA).

Com o objetivo de melhorar a previsão, diversos estudos têm utilizado técnicas para a regionalização da previsão, tanto com métodos dinâmicos, com o uso de modelos regionais (e.g. CHOU et al., 2012; GOMES et al., 2022), quanto estatísticos, com técnicas como regressão linear, classificação e árvores de regressão, agrupamento e redes neurais (e.g. WILBY et al., 1998). Os modelos climáticos regionais são usados para traduzir a evolução do clima de grande escala de um modelo global em uma evolução fisicamente consistente em resolução mais alta (GIORGI et al., 2001; MEARNS et al., 2003). Por outro lado, o *downscaling* estatístico é baseado em relações entre o clima regional e variáveis preditoras de grande escala cuidadosamente selecionadas (WILBY et al., 2004). A escolha do método mais adequado de regionalização da previsão depende da variável meteorológica e região a serem analisadas, além da disponibilidade de recursos computacionais.

Esta breve contextualização deixa evidente a necessidade de uma avaliação do desempenho dos modelos de modo regionalizado, objeto desta licitação (Produto 5), avaliando as previsões de variáveis e fenômenos meteorológicos que afetam cada região específica.

2. JUSTIFICATIVA

A regionalização da previsão da precipitação e de outras variáveis meteorológicas pode prover resultados satisfatórios uma vez que uma série de adaptações podem ser feitas, considerando a diversidade climatológica das bacias brasileiras. A aplicação de métodos específicos contribuirá com a obtenção de resultados mais adequados a cada subsistema ou região do SIN. De posse de previsões com maior confiabilidade, o ONS poderá aprimorar o planejamento da operação do setor elétrico brasileiro.

3. OBJETIVO

O objetivo da **Consultoria-2** é realizar o diagnóstico e a avaliação da regionalização da previsão de variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura, vento, radiação de onda curta incidente em superfície etc.) para as regiões de interesse do SIN (território brasileiro, bacias hidrográficas, América do Sul), com base nas referências, nos dados e nos resultados apresentados pela **Consultoria-1** (JV) dos Produtos 1, 2, 3 e 4, e de outras bases de dados que a **Consultoria-2** julgar necessárias e às quais tiver acesso.

Os objetivos específicos são: i) Identificar as limitações dos modelos numéricos de previsão meteorológica; ii) Analisar o impacto da resolução espacial do(s) modelo(s) na previsão de variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura, vento, radiação de onda curta incidente em superfície etc.) em diferentes escalas temporais; iii) Avaliar os custos e benefícios dos diferentes métodos e parâmetros de regionalização.

4. ALCANCE

No caso específico deste TdR, que trata da contratação da **Consultoria-2**, espera-se obter o Produto 5 do Quadro 2 adiante.

5. RESULTADOS E PRODUTOS ESPERADOS

Durante o período de contratação, deverá ser entregue o produto especificado no Quadro 2.

Quadro 2 – Produto a ser entregue pela Consultoria-2.

Produtos	Descrição de conteúdo
Produto 5	<p>Relatório de diagnóstico/avaliação regionalização da previsão de variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura, vento, radiação de onda curta incidente em superfície etc.) para as regiões de interesse do SIN (território brasileiro, bacias hidrográficas, América do Sul), incluindo no <u>mínimo</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Descrição sobre o estado da arte da regionalização de previsão de variáveis meteorológicas ● Descrição dos modelos de previsão numérica regionalizados (próprios ou de terceiros), que serão considerados ● Descrição da metodologia de diagnóstico/avaliação a ser utilizada. ● Diagnóstico/avaliação da regionalização das previsões/cenários em diversas escalas temporais (mensal, trimestral, semestral, anual, bianual). ● Avaliação dos métodos/parâmetros de regionalização de previsão de variáveis meteorológicas.

A entrega do produto 5 será feita por meio de 4 relatórios parciais mensais e um relatório final, em conformidade com o Quadro 3.

Quadro 3 – Roteiro de entrega do Produto 5: pré-requisitos e tipo

Produto (código)	Pré-requisito	Tipo
Relatório Parcial-1 (5.RP1)	-	Relatório técnico
Relatório Parcial-2 (5.RP2)	5.RP1	
Relatório Parcial-3 (5.RP3)	5.RP2	
Relatório Parcial-4 (5.RP4)	5.RP3	
Relatório Final (5.RF)	5.RP4	

6. ESCOPO DO TRABALHO E LIMITES DO PROJETO

As atividades que o contratado deverá desempenhar para entrega do Produto 5 são listadas a seguir. A Para as atividades listadas, será fornecida à **Consultoria-2** a base de dados do subprojeto 23 (Produtos 2 e 3). Toda estrutura dessa base de dados está descrita no Anexo III.

A **Proponente** deverá considerar em sua proposta técnica o estado da arte da regionalização de previsão de variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura, vento, radiação de onda curta incidente em superfície etc.) para as regiões de interesse do SIN (território brasileiro, bacias hidrográficas, América do Sul).

É permitido que a Consultoria-2 proponha a utilização de dados adicionais aos constantes na base de dados do Produto 3 (Anexo-II). O custo relativo à incorporação de tais dados deve ser previsto como despesa não reembolsável. A utilização e incorporação ao Projeto dos dados adicionais propostos será de acordo com aderência ao objeto a ser contratado..

Produto 5 – Regionalização de previsão de precipitação e outras variáveis

- A partir dos conhecimentos apresentados na proposta técnica, a consultora deverá aprofundar a descrição sobre o estado da arte sobre a regionalização de previsão de precipitação e outras variáveis nas regiões de interesse do SIN.

- Inclusão de estudos relevantes e atuais sobre as vantagens e as desvantagens dos diferentes métodos de regionalização utilizados (por exemplo, modelos dinâmicos, estatísticos, estocásticos e uso de inteligência artificial) e para quais escalas temporais (por exemplo, subsazonal, sazonal, anual) cada método é mais adequado.
- Descrição dos modelos de previsão numérica regionalizados (próprios ou de terceiros), que serão considerados.
 - Critérios e justificativas para seleção de modelos numéricos regionalizados.
 - Descrição dos modelos numéricos regionalizados selecionados, detalhando suas características técnicas e vantagens e desvantagens para as regiões de interesse do SIN.
- Descrição da metodologia de diagnóstico/avaliação a ser utilizada.
 - Descrição dos métodos a serem utilizados para a avaliação do desempenho dos modelos nas previsões de variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura, vento, radiação de onda curta incidente em superfície etc.) para as regiões de interesse do SIN (território brasileiro, bacias hidrográficas, América do Sul).
 - Indicação das métricas de avaliação de desempenho que serão utilizadas, além das apontadas no Anexo IV, considerando as diferentes escalas espaço-temporais.
- Diagnóstico/avaliação da regionalização das previsões/cenários em diversas escalas temporais (mensal, trimestral, semestral, anual, bianual)
 - Análise do desempenho dos modelos nas previsões de variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura, vento, radiação de onda curta incidente em superfície etc.) para as regiões de interesse do SIN (território brasileiro, bacias hidrográficas, América do Sul) em diferentes escalas temporais (subsazonal, sazonal, anual).
 - Identificação dos erros sistemáticos dos modelos climáticos para as regiões do SIN.
 - Avaliação da simulação dos sistemas meteorológicos que afetam cada região do SIN pelos modelos atmosféricos.

Observação:

- i) esta avaliação deve contemplar minimamente o desempenho do modelo do ECMWF e o modelo CFS do NCEP, uma vez que são os modelos operacionais utilizados pelo ONS.
- ii) os códigos computacionais de análise criados/utilizados no diagnóstico/avaliação da regionalização das previsões deverão ser disponibilizados para o ONS, em código aberto e documentado. Após a

finalização do projeto, o ONS será detentor dos direitos sobre os produtos entregues.

- Avaliação dos métodos/parâmetros de regionalização de previsão de variáveis meteorológicas
 - Identificação do método mais adequado para regionalização nas diferentes regiões e escalas temporais, com o objetivo de estimar o custo/benefício da regionalização da previsão de variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura, vento, radiação de onda curta incidente em superfície etc.) para as regiões de interesse do SIN (território brasileiro, bacias hidrográficas, América do Sul).
 - Seleção de parâmetros e/ou testes de sensibilidade para o(s) método(s) escolhido(s).
 - Avaliação da simulação dos sistemas meteorológicos, destacando as melhorias obtidas com a regionalização da previsão com os diferentes métodos/parâmetros com relação à previsão proveniente de modelos globais.
- Elaboração do Relatório Final contendo a avaliação e o inter-relacionamento de todas as informações e dos resultados obtidos, assim como as conclusões e as recomendações gerais a eles associadas.

7. PRAZO DE EXECUÇÃO/CRONOGRAMA/VALORES

O prazo previsto para execução da consultoria e entrega do produto, descrito no item 5, é de até 150 dias. Na Tabela 1 a seguir são apresentados os produtos previstos para a **Consultoria-2**, suas durações e percentual estimado do valor a ser pago por cada produto entregue.

Tabela 1 – Produtos previstos para a Consultoria-2, durações e percentual estimado.

Produto	Quantidade	Duração	Valor do contrato
5.RP1	1	1 mês	15%
5.RP2	1	1 mês	15%
5.RP3	1	1 mês	15%
5.RP4	1	1 mês	15%
5.RF	1	1 mês	40%

8. QUALIFICAÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DA EQUIPE

8.1 Equipe Chave

Essa qualificação e especificação (Tabela 2) trata da equipe chave mínima que integrará a **Consultoria-2** para o cumprimento dos serviços contratados no Subprojeto 23-2, conforme atividades previstas no Item-6. Os profissionais da equipe chave serão avaliados por meio das evidências apresentadas nos seus currículos. O conhecimento e a experiência exigidos para os cargos da equipe chave deverá ser evidenciados por meio de atuação profissional, artigos científicos, participação em projetos de pesquisas e de P&D, e patentes de programas. Vale salientar que as evidências apresentadas devem estar vinculadas aos serviços/assuntos objetos deste subprojeto.

Tabela 2 – Perfil Equipe Chave da Consultoria-2

Qtd	Posto	Formação	Experiência Exigida	Atribuições
1	Coordenador	Nível superior em Engenharia, ou Matemática, ou Física, ou Meteorologia ou áreas afins ao objetivo do contrato, com pós-graduação também nestas áreas Fluência em inglês	Mínimo de 10 (dez) anos em estudos e pesquisa na área; e experiência em coordenação e supervisão de projetos de pesquisas vinculados a modelagem numérica da atmosfera	Coordenação geral do projeto. Execução dos relatórios mensais e técnicos do Produto 5
1	Líder técnico	Nível superior em Engenharia, ou Matemática, ou Física, ou estatística, ou ciência da computação ou Meteorologia, com pós-graduação em áreas afins ao objeto do contrato. Fluência em inglês	Mínima de 10 (dez) anos em estudos e pesquisa vinculados a modelagem numérica da atmosfera e avaliação do desempenho de previsões numéricas sobre a América do Sul.	Definição de equipes técnicas e da proposta de cronograma. Coordenar estudos e emitir pareceres e relatórios técnicos, acompanhar e analisar o produto previsto. Execução do Produto 5
2	Executores	Nível superior em Engenharia, ou Matemática, ou Física, ou Meteorologia, ou estatística ou ciência da computação	Mínima de 05 (cinco) anos em estudos e pesquisa na área de interesse ao estudo.	Execução do Produto 5

8.2 Equipe de apoio

A **Consultoria-2** poderá definir a seu critério a composição da equipe de apoio para apoiar a execução das atividades do Produto 5. A equipe de apoio refere-se a uma equipe de profissionais fornecida pela consultora para executar parte dos serviços em conjunto com a equipe chave, conforme esse TdR. Portanto, o dimensionamento da equipe de apoio deverá ser descrito na proposta técnica.

8.3 Perfil Requerido da Consultora

Para a realização desse subprojeto, a contratada deverá apresentar experiência nos seguintes requisitos:

- (i) estudos e/ou projetos e/ou pesquisas em: desenvolvimento e aplicação de modelos numéricos de previsão de variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura, vento, radiação de onda curta incidente em superfície etc.);
- (ii) estudos e/ou projetos e/ou pesquisas em: diagnóstico/avaliação de regionalização de modelo de previsão de variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura, vento, radiação de onda curta incidente em superfície etc.);
- (iii) estudos e/ou projetos e/ou pesquisas vinculados à: modelagem numérica da atmosfera e a avaliação do desempenho sobre a América do Sul

Para comprovação dos requisitos anteriores mencionados, é necessário que a consultora apresente em sua proposta técnica somente os serviços mais recentes (últimos 10 anos) que tenham alguma associação aos requisitos e serviços solicitados nesse TdR. Vale salientar que os serviços apresentados devem ser apenas da consultora como empresa, e não dos especialistas que a compõem, seja trabalhando de forma privada ou por outras empresas.

9. FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS

Os produtos deverão ser entregues em idioma português, na forma de relatório, em via eletrônica, de acordo com o formato a seguir:

- Textos: MS Word® versão 2013 ou posterior, com entrega do arquivo em formato “.doc”/ “.docx”;
- Planilhas, Gráficos e Tabelas: MS Excel versão 2013 ou posterior;
- Figuras em geral: JPG, GIF, BMP, TIFF ou PNG;
- Apresentações: MS PowerPoint versão 2013 ou posterior;
- Banco de Dados: conforme estrutura e especificações estabelecidas no Anexo-III.
- Os produtos em forma de Relatórios devem apresentar as devidas logomarcas, a serem inseridas na seguinte ordem: ONS, Projeto META, Banco Mundial e

MME/Governo Federal. Um arquivo de template será fornecido a contratada em formato “.doc”/ “.docx”.

Eventuais planilhas eletrônicas desenvolvidas devem ser entregues desbloqueadas e sem restrição de edição.

No produto/relatório, além das citadas logomarcas, deverão ser registradas as seguintes informações: Pesquisa/Produto/Trabalho executado com recursos provenientes do Acordo de Empréstimo nº 9074-BR, formalizado entre a República Federativa do Brasil e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD, em 21 de julho de 2021.

10. FORMAS DE PAGAMENTO

A estimativa de porcentagem do valor total do Contrato, para cada produto, consta no item 7 deste documento. As formas de pagamento, assim como os prazos de entrega e aprovação do produto, estarão vinculadas à Minuta de Contrato, instrumento que é parte integrante do Instrumento Convocatório da Licitação.

11. SUPERVISÃO

O Comitê Técnico Supervisor (CTS) das atividades previstas neste TdR será formado por, pelo menos, três membros titulares e três membros suplentes, vinculados ao ONS e à JV PSR-Climatempo . Caberá à JV PSR-Climatempo e ao ONS as seguintes atribuições para as atividades previstas neste TdR:

JV PSR-Climatempo:

- Gestão das informações, dados básicos e insumos a serem fornecidos para a Consultoria-2;
- Análise e avaliação dos dados e produtos recebidos da Consultoria-2;
- Organização de workshops/reuniões com elaboração de registros junto à Consultoria-2;
- Emissão de pareceres técnicos relativos à estudos e produtos recebidos da Consultoria-2.

ONS:

- Supervisão geral dos termos do contrato a ser estabelecido com a Consultoria-2;
- Supervisão das atividades e interação entre a JV PSR-Climatempo e a Consultoria-2;
- Avaliação e aceitação final dos produtos recebidos da Consultoria-2.

O início dos trabalhos bem como a apresentação dos produtos aqui previstos deverá ser precedido de reunião com o CTS para orientação geral do processo e acompanhamento da Consultoria-2.

No decorrer da execução das atividades da Consultoria-2, serão realizadas reuniões para acompanhamento e direcionamento.

12. INSUMOS E ELEMENTOS DISPONÍVEIS

Para a elaboração desta licitação, o ONS disponibilizará, por intermédio da JV PSR-Climatempo, os Produtos 1, 2, 3 e 4 já detalhados no item 1 e nos anexos I e II.

13. NECESSIDADE DE TREINAMENTO

Tendo em vista o tipo de produtos previstos (relatórios), não há necessidade de realização de treinamentos.

14. QUADRO AMBIENTAL E SOCIAL DO BANCO MUNDIAL

Todas as atividades apoiadas pelo projeto, incluindo estudos para proposição de políticas e regulamentos, deverão ser analisadas em acordo com as Normas Ambientais e Sociais do Banco Mundial, que estabelecem as diretrizes para identificação, avaliação, mitigação e gestão de potenciais riscos e impactos associados a projetos financiados pelo Banco.

A adoção das Normas Ambientais e Sociais visa a apoiar os mutuários na adoção de melhores práticas internacionais, relacionadas com a sustentabilidade ambiental e social, cumprindo suas obrigações ambientais e sociais, nacionais e internacionais, bem como aumentar a não discriminação, transparência, participação, prestação de contas, governança e aprimoramento dos resultados de desenvolvimento sustentável dos projetos por meio do engajamento contínuo das partes interessadas. Além do Quadro Ambiental e Social do Banco Mundial, serão observadas as Diretrizes de Saúde, Segurança e Meio Ambiente (IFC-EHSGs) do Grupo Banco Mundial, incluindo as diretrizes específicas para os setores mineral, elétrico e de petróleo e gás.

A elaboração do trabalho deve considerar o Quadro Ambiental e Social (Environmental and Social Framework) do Banco Mundial, que entrou em vigor desde 1º de outubro de 2018, avaliando os potenciais impactos sociais e ambientais dos subprojetos, quando necessário. No Subprojeto 23 em questão, a norma mais relevante é a Norma Ambiental e Social 2 - Condições de Trabalho e Mão de Obra da equipe que executará os estudos.

15. ARRANJOS INSTITUCIONAIS E ORGANIZACIONAIS

A gestão do Subprojeto 23 será executada por estruturas organizacionais vinculadas ao Ministério de Minas e Energia (MME) e ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), conforme determinado pelo Manual Operativo do Projeto – MOP, que pode ser consultado na página do sítio do MME (www.mme.gov.br).

No MME, a gestão caberá ao Comitê Gestor do Projeto (CGP) e à Unidade de Gestão de Projeto Central (UGP/C).

No ONS, a gestão caberá à Unidade de Gestão de Projeto Setorial (UGP/S), conforme esquematicamente apresentada na Figura 1.

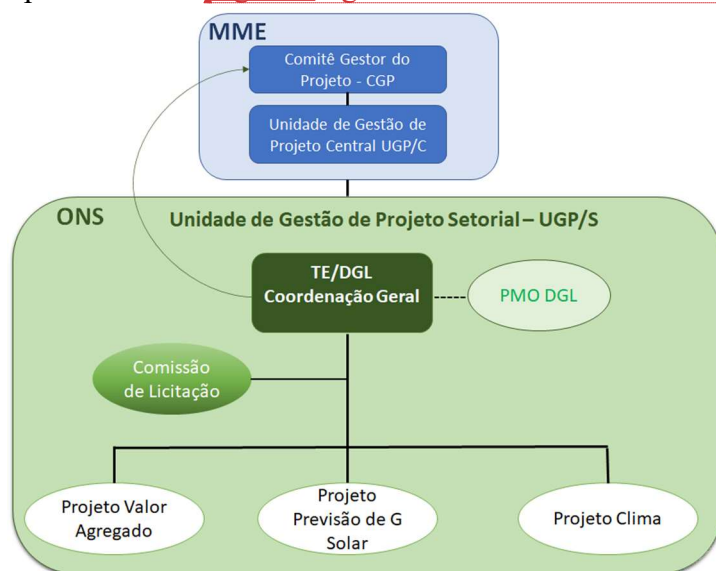


Figura 1 Estrutura funcional da Unidade de Gestão de Projeto Setorial do ONS – UGP/S

Tabela 1 Formação da UGP/S do ONS

UGP/S	Gerências
Coordenação Geral	Gerência Executiva de Transformação Estratégica
Escritório de Projetos DGL	Gerência Executiva de Transformação Estratégica
Comissão de Licitação	Gerência Executiva Financeira
	Gerência Executiva Jurídica
	Gerência de Recursos Hídricos e Meteorologia
	Gerência de Metodologias e Modelos Energéticos
	Gerência Executiva de Apuração, Análise e Custos da Operação
Projeto Clima^(*)	Gerência de Recursos Hídricos e Meteorologia

(*) Projeto Clima é o nome curto do Subprojeto 23 dentro do ONS

16. LISTA DE DESPESAS REEMBOLSÁVEIS

Não serão necessárias atividades de caráter reembolsável no que tange à contratação da Consultoria-2 no Subprojeto 23.

Formato
Não Neg

17. VEDAÇÃO LEGAL

É vedada a contratação, a qualquer título, de servidores ativos da Administração Pública Federal, Estadual, do Distrito Federal ou Municipal, direta ou indireta, bem como de empregados de suas subsidiárias e controladas, no âmbito dos projetos de cooperação técnica internacional. Art. 7º do Dec. 5.151 de 22.07.2004.

18. Responsáveis Técnicos

Nome: Paulo Diniz de Oliveira

Órgão: Gerência de Recursos Hídricos e Meteorologia – Diretoria de Operação

Assinatura:

19. Aprovação:

Nome: Maria Cândida Abib Lima

Cargo: Gerente Executiva de Programação da Operação

Assinatura:

REFERÊNCIAS

CHOU, Sin Chan et al. Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. **Climate dynamics**, v. 38, p. 635-653, 2012.

DE ANDRADE, Felipe M.; COELHO, Caio AS; CAVALCANTI, Iracema FA. Global precipitation hindcast quality assessment of the Subseasonal to Seasonal (S2S) prediction project models. **Climate Dynamics**, v. 52, n. 9-10, p. 5451-5475, 2019.

GIORGI, F. et al. Regional Climate Information-Evaluation and Projections. **Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, JT et al.(eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, US, 2001.**

GOMES, Helber Barros et al. WRF Sensitivity for Seasonal Climate Simulations of Precipitation Fields on the CORDEX South America Domain. **Atmosphere**, v. 13, n. 1, p. 107, 2022.

GUBLER, S. et al. Assessment of ECMWF SEAS5 seasonal forecast performance over South America. **Weather and Forecasting**, v. 35, n. 2, p. 561-584, 2020.

KLINGAMAN, Nicholas P. et al. Subseasonal prediction performance for austral summer South American rainfall. **Weather and Forecasting**, v. 36, n. 1, p. 147-169, 2021.

KOUSKY, Vernon E.; KAGANO, Mary T.; CAVALCANTI, Iracema FA. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **Tellus A**, v. 36, n. 5, p. 490-504, 1984.

LIEBMANN, Brant et al. Subseasonal variations of rainfall in South America in the vicinity of the low-level jet east of the Andes and comparison to those in the South Atlantic convergence zone. **Journal of climate**, v. 17, n. 19, p. 3829-3842, 2004.

MEARNS, L. O. et al. Guidelines for use of climate scenarios developed from regional climate model experiments. **Data Distribution Centre of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, v. 38, 2003.

PAEGLE, Julia N.; BYERLE, Lee A.; MO, Kingtse C. Intraseasonal modulation of South American summer precipitation. **Monthly Weather Review**, v. 128, n. 3, p. 837-850, 2000.

ROPELEWSKI, Chester F.; HALPERT, Michael S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly weather review**, v. 115, n. 8, p. 1606-1626, 1987.

SHIMIZU, Marília Harumi; AMBRIZZI, Tércio. MJO influence on ENSO effects in precipitation and temperature over South America. **Theoretical and applied climatology**, v. 124, p. 291-301, 2016.

VITART, F. et al. The subseasonal to seasonal (S2S) prediction project database. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 98, n. 1, p. 163-173, 2017.

WILBY, Robert L. et al. Statistical downscaling of general circulation model output: A comparison of methods. **Water resources research**, v. 34, n. 11, p. 2995-3008, 1998.

WILBY, Robert L. et al. Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods. **Supporting material of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, available from the DDC of IPCC TGCIA, v. 27, 2004.

ANEXO I - Bases de dados hidrometeorológicos do Produto 2

As Tabelas I.1 e I.2 mostram os dados hidrometeorológicos que compõem o Produto 2. (Nota: A disponibilidade dos dados listados dependerá de avaliação interna e finalização do Produto 2).

Tabela I.1 - Dados hidrometeorológicos obtidos de estações.

Fonte	Variável	Escala temporal
ONS	Vazão	diária e mensal
INMET	Precipitação, temperatura, direção e velocidade do vento, radiação solar, umidade relativa do ar	diária e mensal
ANA	Precipitação e vazão	diária e mensal
CEMADEN	Precipitação	diária e mensal

Tabela I.2 - Dados obtidos de satélites, análises e reanálises.

Nome	Tipo	Área e ano inicial	Variável
CHIRPS	Estimativa por satélite	Latitude: 50°S - 50°N Longitude: 0° - 360° 1981	Precipitação
CMORPH	Estimativa por satélite	Global, 1998	Precipitação
MERGE	Estimativa por satélite	Latitude: 85°O-27°O Longitude: 57°S-13°N 2000	Precipitação
MSWEP	Estimativa por satélite	Global, 1979	Precipitação
ERA-5	Reanálise	Global, 1940	Temperatura (2m e níveis de pressão), vento (10m, 100m e níveis de pressão), pressão (superfície e nível do mar), radiação solar e de onda longa, temperatura da superfície do mar, precipitação, água precipitável, geopotencial em níveis de pressão, umidade relativa e específica em níveis de pressão, velocidade vertical em níveis de pressão

METAPROJETO DE ASSISTÊNCIA
TÉCNICA DOS SETORES DE
ENERGIA E MINERAL**BANCO MUNDIAL**

BIRD • AID | GRUPO BANCO MUNDIAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL



UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

GPCC	Reanálise	Global, 1951	Precipitação
ERSSTv5	Reanálise	Global, 1854	Temperatura da superfície do mar
HadISST2	Reanálise	Global, 1850	Temperatura da superfície do mar
DOISST2.1	Reanálise	Global, 1981	Temperatura da superfície do mar

ANEXO II - Bases de dados de modelos acoplados de previsão subsazonal e sazonal do Produto 3

As Tabelas II.1 e II.2 mostram os dados de previsões nas escalas subsazonal e sazonal que compõem o Produto 3, respectivamente. (Nota: A disponibilidade dos dados listados dependerá de avaliação interna e finalização do Produto 3).

Tabela II.1 - Modelos de previsões subsazonais.

Modelo	Time range (dias)	Resolução	Período Hindcast	Período Previsão	Oceano Acoplado	Gelo Marinho Acoplado
ECMWF - versão CY48R1	0-46	Tco639/319L91	1995-2021	2015-2022	Sim	Não
NCEP - CFSv2	0-44	T126L64	1999-2010	2015-2022	Sim	Sim

Tabela II.2 - Modelos de previsões sazonais.

Modelo	Time range (meses)	Resolução	Período Hindcast	Período Previsão	Oceano Acoplado	Gelo Acoplado
ECMWF - versão SEAS5	7 meses (13 meses)	T319	1981-2016	2017-2022	Sim	Sim
GFS - CFSv2	9 meses	T126	1982-2010	2011-2022	Sim	Sim

ANEXO III - Pipeline da engenharia de dados

Este documento consiste na definição da infraestrutura de armazenamento de dados que será disponibilizado para desenvolvimento das atividades. Para tanto, será realizada a contratação de um Desktop as a Service (Dispositivo como Serviço). A tecnologia escolhida foi dimensionada para atender alguns requisitos, a saber:

- Flexível;
- Armazenamento de diferentes tipos de arquivos;
- Disponibilidade de refinamento de dados;
- Visualização não restrita a nenhuma tecnologia.

A plataforma tecnológica dos produtos seguirá o padrão de arquitetura em camadas, em particular, separada em dados e integração. A camada de dados é responsável por coletar dados de diferentes fontes (estações, modelos meteorológicos, dados de satélite, dados ambientais) e compartilhá-los em um formato padrão para o processamento interno da plataforma. A integração dos dados e seu armazenamento apropriado para atender as demandas de produtos acontece na camada de integração. Este componente da plataforma também atua de maneira centralizada para permitir acesso aos dados, buscando garantir rastreabilidade, resiliência e escalabilidade de acessos. Essa arquitetura em camadas também garante uma separação de responsabilidades as quais apoiam não apenas na rastreabilidade dos acessos às informações, mas também no tratamento de erros, entrega (deploy) de funcionalidades novas ou refinamento das existentes.

Destaca-se que todas estas tecnologias têm sido amplamente adotadas e utilizadas no mercado em geral, o que garante uma continuidade e manutenção da plataforma no longo prazo.

Esta estrutura permanecerá por 34 meses sob responsabilidade da Climatempo. É importante destacar que, a partir do segundo semestre de 2023, novas empresas (aqui denominadas consultoras) serão contratadas para dar continuidade ao desenvolvimento dos trabalhos. Nesta fase, a Climatempo atuará apenas como supervisor dos trabalhos, bem como será responsável pela manutenção/supervisão do serviço de nuvem. As novas consultoras deverão arcar com os custos de:

- O download de dados para realização dos estudos em ambiente próprio;
- A inclusão de novos dados no banco de dados ou data lake seguindo os padrões descritos anteriormente.
- A criação de novas EC2 para desenvolvimento.
- Ao término do serviço será solicitado o encerramento das EC2 e a transferência do banco de dados por Deployment no ambiente da Contratante.
- Uma descrição sucinta da infraestrutura montada pode ser visualizada abaixo.

Ambiente Cloud

A AWS (Amazon Web Service) foi escolhida para ser o serviço de nuvem deste projeto.

Gerenciamento das permissões de acesso

A Amazon Virtual Private Cloud (Amazon VPC) permite iniciar recursos da AWS em uma rede virtual.

O acesso aos servidores será feito através de acesso via SSH no IP privado ou Público com a porta padrão 22. O acesso ao console será feito através da criação de usuários no IAM com as permissões necessárias.

O banco de dados deverá ser acessado via CLI (Command Line Interface) ou via PGAdmin (caso o banco for Postgres ou Aurora) com IP/DNS e porta padrão, no caso dados em S3 o acesso poderá ser via console ou usar AWS CLI (AWS Command Line Interface).

Camada de Dados

O AWS S3 ou Amazon Simple Storage Service é um local onde podemos armazenar objetos. Neste projeto será contratado o S3 Standard Storage com capacidade de 32 Tb mês. Cabe destacar que como datasource dos dados será utilizado o AWS Aurora.

Os dados que serão armazenados são:

- i. Dados de vazões diárias e mensais das usinas hidrelétricas do SIN: base de dados observados de vazões naturais na frequência temporal diária e mensal de todas as usinas hidrelétricas pertencentes ao SIN. Tais dados serão adquiridos na base pública disponibilizada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE).
- ii. Dados observacionais de estações convencionais e automáticas: A coleta de dados observacionais oriundos de estações convencionais e automáticas será realizada a partir das principais fontes públicas oficiais no Brasil que compreendam o domínio territorial do SIN. Os dados das variáveis de precipitação, direção e velocidade do vento, temperatura do ar a 2 metros, umidade relativa do ar e irradiância solar na superfície serão coletados pelas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), tanto convencionais quanto automáticas, na escala diária e mensal. Para a variável precipitação, outras fontes de observação oficiais serão utilizadas para compor o conjunto observacional que servirá como insumo dos estudos consequentes a este. Tais fontes são referentes às estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e do próprio ONS.
- iii. Dados em ponto de grade, análises, reanálises, dados estimados por satélites, proxies e séries sintéticas: Climate Hazards Group Infra-Red Precipitation with Station – CHIRPS; Climate Prediction Center (CPC Morphing Technique (MORPH), base de dados denominada como CMORPH; MERGE proveniente do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); Multi Source Weighted-Ensemble Precipitation – MSWEP; ERA5 proveniente do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF); CFSv2 proveniente do National Centers for Environmental Prediction (NCEP); e Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA2),

- proveniente da National Aeronautics and Space Administration (NASA) do Global Modeling and Assimilation Office (GMAO).
- iv. Dados de modelos operacionais de previsão de precipitação, temperatura do ar a 2 metros, intensidade do vento e radiação solar incidente na superfície:
 - Modelos de previsão Subsazonal: ECMWF 0–46 Tco639/ 319L91 3–4 Dias 1995– 2021 2015 -2022; e NCEP 0–44 T126L64 Diário 1999–2010 2015 – 2022.
 - Modelos de previsão Sazonal: ECMWF (versão SEA5); e CFSv2.
 - Séries de indicadores climáticos.
 - v. Dados de modelos de paleoclima:
 - Modelos de paleoclima: PMIP4.
 - vi. Dados georreferenciados:
 - Cobertura da terra;
 - Modelo digital de elevação;
 - Pedologia; e
 - Outros.

No Aurora são armazenados os dados de estação hidrometeorológica (item i e ii descrito anteriormente). Nele será disponibilizada a informação de fonte, id, latitude, longitude, altitude, variável e valores. Todas as informações serão armazenadas em horário UTC. Cabe destacar que nele serão criadas duas estruturas: uma para dados brutos e outra para dados tratados. Um desenho do banco pode ser visualizado na Figura III.1.

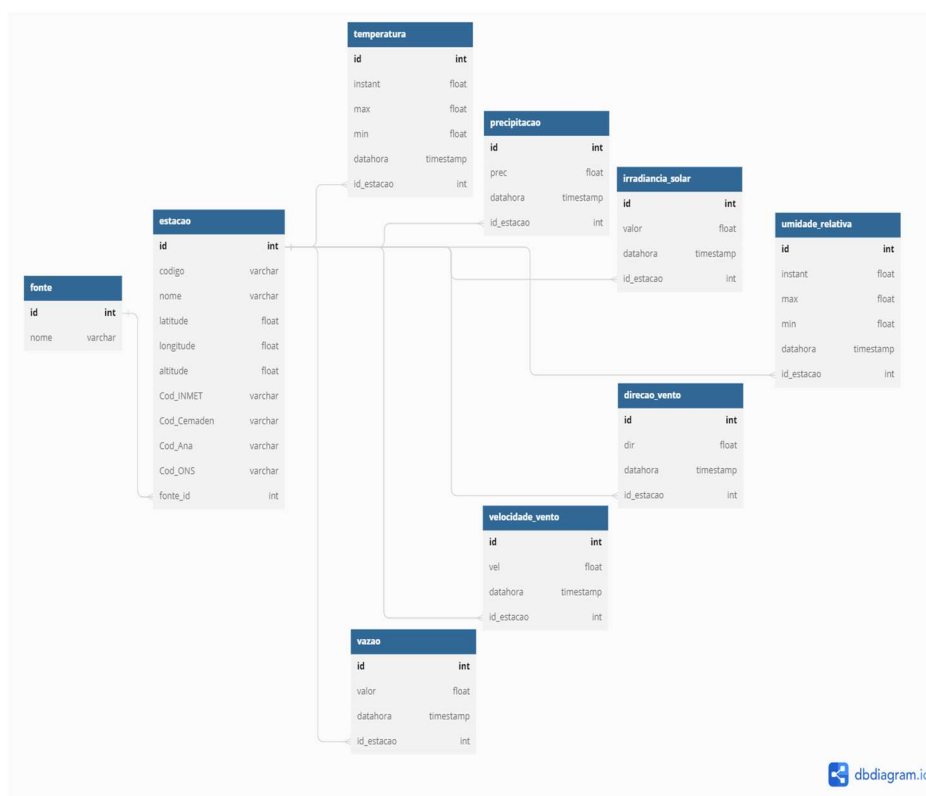


Figura III.1 - Relacionamento de entidades - Projeto ONS Clima.

Já no S3 são armazenados os demais dados de projeto (modelos, reanálise, satélite, ambientais e outros). Os arquivos serão separados por tipo (satélite, reanálise, ambiental, modelos), fonte (ECMWF, NCEP, INPE e outros), período (histórico, tempo, subsazonal, sazonal e paleoclima), escala temporal (ano, mês, dia, hora, minuto).

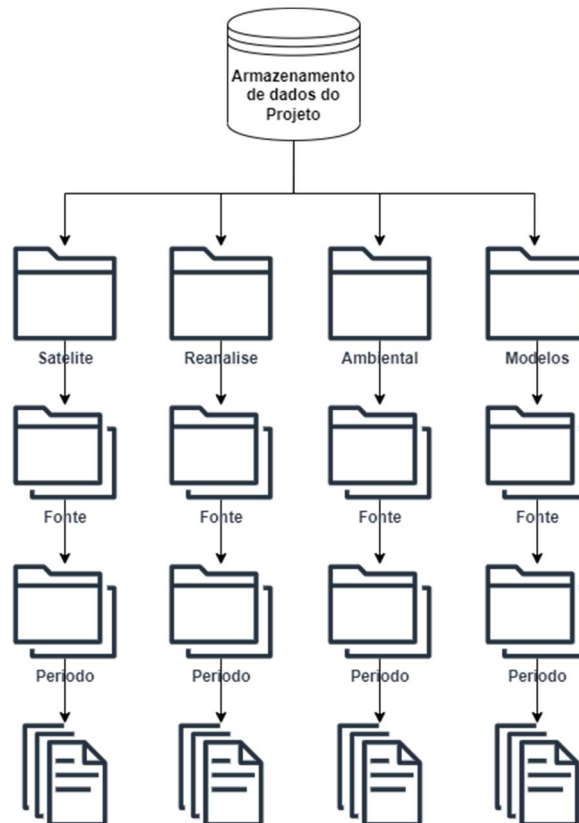


Figura III.2 - Armazenamento de dados.

Camada de integração

O Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) é um serviço Web que disponibiliza capacidade computacional segura e redimensionável na nuvem. O EC2 oferece muitas opções que permitem criar e executar virtualmente qualquer aplicativo. Nele será criada uma máquina para desenvolvimento do projeto, onde:

- Localização: instâncias compartilhadas;
- Sistema Operacional: Linux;
- Carga de trabalho consistente com número de instâncias: 1;
- Instância EC2 avançada: m7g.4xlarge (Family: m7g | 16vCPU | 64 GiB Memory);
- Estratégia de preço: utilização sob demanda – 214 horas/mês;
- Quantidade de armazenamento: 1 TB.

Neste ambiente os pesquisadores realizarão todas as atividades necessárias para entrega do Produto 2 - Análise de dados meteorológicos com longos períodos de observação no SIN, Produto 3 - Análise de Dados de Modelos Acoplados de Previsão de Precipitação, Outras

Variáveis Meteorológicas e uso do solo (considerando séries obtidas por Paleoclima) e 4 - Avaliação preliminar sobre variabilidade/mudança climática nas séries meteorológicas e hidrológicas disponíveis.

Todos os scripts criados serão desenvolvidos na linguagem Python. A justificativa por sua adoção, em comparação com as demais alternativas válidas, como R, está na expectativa de grande aplicação de distintas arquiteturas de machine learning, e que o Python se consolidou como linguagem de desenvolvimento principal e com maior suporte para este tipo de aplicação. Entre os frameworks mais importantes a serem aplicados no desenvolvimento, será adotado o PyTorch. Ainda em relação aos principais frameworks aplicados no desenvolvimento, dada a expectativa de que os modelos tenham que continuamente processar grandes volume de dados de entrada, será adotado o framework Polars para as atividades de IO, processamento de dados e manipulação de DataFrame em geral, por este apresentar considerável ganho de performance e melhor gerenciamento de memória em comparação com alternativas mais clássicas do Python, como o Pandas.

Ferramentas

Para visualização dos dados será utilizado: o Climate Data Operators (CDO) que representa um conjunto de comandos estatísticos e aritméticos úteis para processar dados meteorológicos no formato GRIB e NetCDF; o Quantum GIS (QGIS) que é um programa de código aberto e gratuito que serve para processar dados geoespaciais; e um visualizador de imagens (gráficos e tabelas); Python 3 para rodar scripts; frameworks do próprio Python (Ex: PyQT5 e Tkinter).

ANEXO IV - Métricas estatísticas para avaliação de modelos acoplados de previsão de precipitação e outras variáveis meteorológicas

A Figura IV.1 mostra as principais métricas usadas para avaliação do desempenho dos modelos de previsões de precipitação e outras variáveis meteorológicas.

Métrica	Definição	Equação
Viés	Limiar: $-\infty - \infty$. <i>Score</i> Perfeito = 0. Interpretação simples. Não mede a magnitude dos erros e nem a correspondência entre a previsão e observação. Ou seja, é possível se obter um <i>score</i> perfeito para uma previsão ruim caso haja erros que se compensam.	$Viés = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Previsão_i - Observação_i)$
Erro Percentual Médio Absoluto	Limiar: 0 - ∞ . <i>Score</i> Perfeito = 0. Interpretação simples, intuitivo em termos do erro relative. Não indica a direção dos desvios.	$MAPE = \sum_{i=1}^N \left \frac{Observação_i - Previsão_i}{Observação_i} \right $
Raiz do Erro Quadrático Médio	Limiar: 0 - ∞ . <i>Score</i> Perfeito = 0. Interpretação simples. Mede o erro médio ponderando de acordo com a raiz do erro. Não indica a direção (sinal) dos desvios. O RMSE sofre grande influência para altos erros do que para baixos valores de erros, o que pode ser interessante quando, especialmente, erros altos não são desejados.	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Previsão_i - Observação_i)^2}$
Correlação de Pearson	Limiar: -1 - 1. <i>Score</i> Perfeito = 1. Boa medida de associação linear ou erro de fase. Visualmente, a correlação mede o quão próximo os pontos de um <i>scatter plot</i> estão de uma linha reta. Não considera o viés da previsão. É possível que uma previsão com erros altos apresente uma alta correlação com as observações. É sensível a valores <i>outliers</i> .	$R = \frac{\sum_{i=1}^N (Previsão_i - Previsão_{média})(Observação_i - Observação_{média})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Previsão_i - Previsão_{média})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (Observação_i - Observação_{média})^2}}$

Figura IV.1 – Principais métricas estatísticas utilizadas para avaliação do desempenho dos modelos de previsão.