

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Instituto de Recursos Naturais

Clima-Cast-Crepaldi

Manual do Usuário

Autor: Paulo César Crepaldi

Docente: Prof. Dr. Enrique Vieira Mattos

Sumário

1 Apresentação	3
1.1 O que é o Clima-Cast-Crepaldi (CCC)	3
1.2 Propósito e objetivos	3
1.3 Público-alvo	3
1.4 Escopo do sistema	3
1.5 Limitações e premissas	3
1.6 Como usar este manual	4
1.7 Conceitos Fundamentais	4
2 Requisitos	4
2.1 Requisitos de hardware e software	4
2.2 Requisitos de conta e autenticação	5
2.3 Dependências principais de software	5
2.4 Dependências completas de software	5
2.5 Requisitos de dados e compatibilidade	6
2.6 Requisitos de segurança e privacidade	7
2.7 Verificação de pré-requisitos	7
3 Instalação e Acesso	8
3.1 Acesso via Web (recomendado)	8
3.2 Execução local (opcional)	8
3.3 Atualização do aplicativo	9
3.4 Verificação de instalação e desempenho	9
4 Fluxo de Uso Geral	10
4.1 Etapas principais de interação	10
4.2 Diagrama geral do fluxo de uso	11
4.3 Considerações sobre o fluxo	11
5 Interface do Usuário	12
5.1 Visão geral da interface	12
5.2 Barra lateral (controles de entrada)	12
5.2.1 Detalhamento dos modos interativos	14
5.3 Área central (resultados e visualização)	15
5.3.1 Ferramentas de análise gráfica	18
5.4 Ferramentas de exportação	19
6 Resolução de Problemas e Diagnóstico	19
6.1 Mensagens de erro comuns	19

6.2	Verificação de autenticação GEE	20
6.3	Diagnóstico de desempenho	21
6.4	Verificação de ambiente Python	21
6.5	Limpeza de cache do Streamlit.	21
6.6	Recuperação do ambiente	22
6.7	Relato de bugs	22
	Apêndice Técnico	23
B.	Variáveis meteorológicas disponíveis (ERA5-Land)	24
C.	Estrutura do repositório GitHub	25
D.	Contatos e suporte	25

1. Apresentação

1.1. O que é o Clima-Cast-Crepaldi (CCC)

O Clima-Cast-Crepaldi (CCC) é um aplicativo interativo para análise de variáveis meteorológicas, derivadas de reanálises, desenvolvido no contexto da disciplina *Ferramentas de Previsão de Curtíssimo Prazo (Nowcasting)* — CAT314, do curso de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

O sistema integra o *Google Earth Engine* (GEE) para processamento geoespacial em nuvem e utiliza o conjunto de dados **ERA5-Land**, cuja resolução espacial típica é de aproximadamente 9 km. O aplicativo gera mapas (interativos e estáticos) e séries temporais a partir dos produtos disponibilizados (*datasets*), otimizando, assim, o seu desempenho.

1.2. Propósito e objetivos

- Fornecer visualização cartográfica com paletas discretas e intervalos padronizados para variáveis meteorológicas;
- Disponibilizar séries temporais com estatísticas resumidas (valores máximo e mínimo, média, Amplitude e Desvio Padrão) para áreas de interesse;
- Permitir exportação direta de mapas (JPG e PNG) e gráficos em formatos XLSX e CSV.

1.3. Público-alvo

- Discentes de Ciências Atmosféricas e áreas afins;
- Docentes e pesquisadores interessados em diagnósticos rápidos com base em reanálises;
- Profissionais que necessitam de análises espaciais e temporais regionais.

1.4. Escopo do sistema

- **Dados:** ERA5-Land e seus agregados mensais, diários e horários, priorizando variáveis de superfície, como precipitação total, temperatura média a 2 m, temperatura do solo, vento a 10 m, radiação solar incidente, umidade relativa derivada e umidade do solo (quatro profundidades);
- **Processamento:** seleção de áreas de interesse (estado, município, círculo e polígono), intervalo temporal (anual, mensal e personalizado) e renderização via GEE;
- **Produtos:** mapas com legenda discreta e séries temporais agregadas diariamente.

1.5. Limitações e premissas

- As reanálises não substituem observações *in situ*;
- A resolução de ~9 km e a agregação diária suavizam extremos horários;
- O desempenho depende da estabilidade da rede e das políticas de uso do GEE;
- Existe uma única opção de dado horário para não comprometer o tempo de processamento.

1.6. Como usar este manual

O presente manual foi elaborado de modo a adotar uma estrutura modular e progressiva:

1. **Visão geral** — introdução conceitual e fluxos principais;
2. **Procedimentos passo a passo** — tarefas típicas com validação e saída esperada;
3. **Referências Internas** — listas de variáveis e parâmetros do sistema;
4. **Resolução de problemas** — diagnóstico de falhas e boas práticas de desempenho.

1.7. Conceitos Fundamentais

Para facilitar a compreensão do funcionamento CCC, esta seção apresenta brevemente três conceitos essenciais utilizados ao longo do manual. **Reanálises atmosféricas**. Reanálises são conjuntos de dados globais gerados a partir da combinação entre observações meteorológicas (estações em superfície, radiossondagens, satélites) e modelos numéricos. Esse processo integra todas essas informações e produz séries temporais, espacialmente completas e fisicamente consistentes. O CCC utiliza a reanálise ERA5-Land produzida pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF).

ERA5-Land. O ERA5-Land é um produto derivado do ERA5 com maior detalhamento para variáveis de superfície. Possui resolução aproximada de 9 km e fornece temperatura, vento, precipitação, radiação e outras variáveis relevantes para análises ambientais e climáticas.

Google Earth Engine (GEE). O GEE é uma plataforma de computação em nuvem voltada para processamento geoespacial em larga escala. Ela permite acessar diretamente *datasets* de dados de reanálises, imagens de satélite e modelos climáticos, além de executar cálculos sobre áreas definidas pelo usuário. O CCC utiliza o GEE para realizar recortes espaciais, agregações e renderização de mapas.

2. Requisitos

Esta seção descreve os **pré-requisitos técnicos e operacionais** necessários para o funcionamento correto do sistema, bem como os ambientes suportados, bibliotecas, conexões e dados disponíveis.

2.1. Requisitos de hardware e software

O CCC foi concebido como uma aplicação *web-based* desenvolvida em Python e Streamlit, acessível via navegador. Alguns parâmetros devem ser observados:

- **Navegador compatível:** Google Chrome, Mozilla Firefox ou Microsoft Edge em suas versões mais atuais;
- **Resolução recomendada:** mínima de 1366×768 px; ideal de 1920×1080 px;
- **Memória RAM:** superior a 4 GB para execução fluida e cache local de figuras;

- **Sistema operacional:** Windows 10 ou 11, macOS 12 ou superior, ou distribuições Linux (64 bits);
- **Conexão de internet:** estável, superior a 5 Mbps; latência inferior a 200 ms para evitar atraso nos mapas.

Esses parâmetros asseguram que a interface Streamlit e as respostas do GEE sejam renderizadas em tempo aceitável.

2.2. Requisitos de conta e autenticação

A plataforma foi desenvolvida para suportar dois modelos de autenticação distintos, garantindo a portabilidade entre o ambiente de desenvolvimento local e o deployment em nuvem:

1. Usuário autenticado por **conta Google** com acesso à API Earth Engine;
2. Em execução local, é necessário o **setup inicial** via `ee.Authenticate()` (que salva as credenciais) seguido, em tempo de execução, apenas de `ee.Initialize()`;
3. Em ambiente *Streamlit Cloud*, o acesso é feito via credenciais de *service account* registradas em `st.secrets`;
4. Permissão de leitura do dataset `ECMWF/ERA5_LAND_DAILY_AGGR`.

O aplicativo detecta automaticamente se a autenticação está ativa e exibe mensagens de status (Conectado ao GEE ou Falha na autenticação).

2.3. Dependências principais de software

O ambiente Python deve conter as seguintes bibliotecas (versões mínimas recomendadas):

2.4. Dependências completas de software

O ambiente Python utilizado segue o arquivo `requirements.txt` oficial do projeto, garantindo compatibilidade com o *Google Earth Engine* (GEE) e o ambiente *Streamlit Cloud*. A Tabela 1 apresenta todas as dependências e suas versões mínimas recomendadas.

Tabela 1: Bibliotecas e versões mínimas recomendadas para o CCC

Biblioteca	Versão mínima
numpy	1.26.4
matplotlib	3.8.4
streamlit	1.45.1
folium	0.17.0
pandas	2.3.3
plotly	5.23.0
geopandas	1.0.0
earthengine-api	1.5.11
geemap	0.35.3
streamlit_folium	0.22.0
setuptools	75.1.0
geojson	0.2.2
openpyxl	3.1.5
pyproj	3.6.1
python-docx	1.1.2

Essas bibliotecas cobrem:

- **Visualização e interface:** streamlit, streamlit_folium, plotly;
- **Mapeamento e geoprocessamento:** geemap, folium, geopandas, geojson, pyproj;
- **Manipulação de dados:** pandas, numpy, openpyxl;
- **Documentação e relatórios:** python-docx;
- **Infraestrutura e compatibilidade:** earthengine-api, setuptools.

O uso das versões especificadas garante estabilidade em ambientes Python 3.12 (Streamlit Cloud) e Python 3.13 (execução local em Windows/Linux). A atualização para versões superiores deve ser feita com cautela, verificando a compatibilidade entre geemap e earthengine-api, que compartilham dependências internas.

Essas dependências garantem compatibilidade total com o GEE Python API e suporte a gráficos interativos. A versão consolidada é mantida no arquivo `requirements.txt` do repositório GitHub.

2.5. Requisitos de dados e compatibilidade

- **Fonte principal:** ERA5-Land (Daily Aggregated);
- **Cobertura temporal:** 1950 – presente;
- **Resolução espacial:** ≈ 9 km (0.1°);
- **Unidades padrão:** precipitação (mm), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), vento (m/s), umidade relativa (%) e radiação solar (W/m^2);
- **Sistemas de referência:** coordenadas WGS 84 (EPSG 4326).

Os limites administrativos utilizados nos mapas são obtidos via pacote `geobr` (IBGE), garantindo compatibilidade com polígonos municipais e estaduais do Brasil.

2.6. Requisitos de segurança e privacidade

Nenhum dado pessoal é coletado pelo aplicativo. As comunicações com o GEE e o Streamlit Cloud são realizadas via HTTPS. Caso o usuário autentique com sua conta Google, o token de sessão é armazenado localmente e nunca compartilhado.

2.7. Verificação de pré-requisitos

O sistema executa uma rotina automática ao ser iniciado:

1. Testa a conectividade com o GEE (`ee.Image.constant(0). getInfo()`);
2. Verifica versões das bibliotecas principais;
3. Confirma o acesso ao dataset ERA5-Land;
4. Exibe na interface uma mensagem de status da conexão.

Essa verificação impede falhas de execução e fornece diagnóstico rápido do ambiente.

3. Instalação e Acesso

Esta seção descreve os procedimentos de instalação e acesso ao CCC, abrangendo o uso direto via Web — principal forma de acesso — e as instruções resumidas de execução local apenas para fins de desenvolvimento.

3.1. Acesso via Web (recomendado)

- Acesse o aplicativo diretamente no navegador por meio do endereço:

<https://climacastcrepaldiv2.streamlit.app>

- Após o carregamento da página, o aplicativo realiza automaticamente o teste de autenticação com o Google Earth Engine (GEE);
- Utilize a barra lateral para selecionar:
 1. A área de interesse (Estado, Município, Polígono ou Círculo);
 2. O período de análise;
 3. A variável meteorológica (ex.: precipitação, temperatura, umidade relativa);
 4. O tipo de produto desejado: mapa ou série temporal.

Vantagens:

- Não requer instalação local;
- Atualizações automáticas de código e bibliotecas;
- Processamento em nuvem (Google Earth Engine + Streamlit Cloud);
- Compatibilidade total com Windows, macOS e Linux.

Requisitos:

- Conexão à internet estável (superior a 5 Mbps);
- Navegador atualizado (Chrome, Edge, Firefox);
- Permitir execução de scripts JavaScript.

Limitações:

- O tempo de resposta depende da área selecionada e do tamanho do período solicitado;
- O Streamlit Cloud impõe limite de execução (60 segundos por processo).

3.2. Execução local (opcional)

Usuários avançados podem executar o CCC localmente para fins de desenvolvimento ou integração com outras aplicações Python. As etapas resumidas são:

1. Clonar o repositório oficial:

```
git clone https://github.com/Crepaldi2025/dashboard_cat314.git  
cd dashboard_cat314
```

2. Instalar dependências:

```
pip install -r requirements.txt
```

3. Autenticar no Google Earth Engine:

```
earthengine authenticate
```

4. Executar o aplicativo:

```
streamlit run main.py
```

O sistema abrirá automaticamente em <http://localhost:8501>.

3.3. Atualização do aplicativo

- Para a versão Web, as atualizações são automáticas;
- Para execução local, atualize manualmente com:

```
git pull origin main  
pip install -U -r requirements.txt
```

3.4. Verificação de instalação e desempenho

Recomenda-se testar a execução com uma área simples:

- Selecione o estado de Minas Gerais;
- Defina o período 2024-01-01 a 2024-01-10;
- Escolha a variável Precipitação total (mm).

O mapa deverá ser renderizado com paleta discreta de azuis e escala 0–100 mm. Se não houver resposta em até 20 s, verifique conectividade e autenticação GEE.

4. Fluxo de Uso Geral

Esta seção apresenta a sequência lógica de ações realizadas pelo usuário dentro do sistema, desde o acesso inicial até a exportação dos produtos gerados. O objetivo é fornecer uma visão global do funcionamento do aplicativo e facilitar o entendimento de sua estrutura modular.

Nota sobre desempenho: O tempo de resposta do sistema pode variar conforme a latência da rede do usuário e a demanda momentânea nos servidores do Google Earth Engine. Áreas muito extensas ou intervalos temporais longos também podem aumentar o tempo de processamento.

4.1. Etapas principais de interação

O fluxo geral de uso pode ser dividido em seis etapas sequenciais:

1. **Acesso ao sistema** — o usuário abre o aplicativo no navegador:

<https://climacastcrepaldiv2.streamlit.app> e aguarda a inicialização automática das bibliotecas e autenticação com o Google Earth Engine;

2. **Seleção da área de interesse** — o usuário escolhe o modo de delimitação desejado:

- Estado brasileiro;
- Município (via base do IBGE/geobr);
- Polígono desenhado no mapa;
- Círculo de raio definido (em km) a partir de um ponto central.

3. **Definição do período de análise** — inserção das datas inicial e final. O aplicativo limita automaticamente o intervalo conforme a disponibilidade da série ERA5-Land;

4. **Escolha da variável meteorológica** — o usuário seleciona a variável desejada, como:

- Precipitação total (mm);
- Temperatura média a 2 m (°C);
- Temperatura da superfície (°C);
- Umidade relativa (%);
- Vento a 10 m (m/s);
- Radiação solar incidente (W/m²),
- Umidade do solo (4 profundidades).

5. **Geração do produto** — o sistema processa os dados via GEE e gera:

- Mapa interativo;
- Série temporal.

6. **Exportação de resultados** — o usuário pode salvar:

- Mapas em formatos .png ou .jpg;
- Séries temporais em .csv ou .xlsx.

4.2. Diagrama geral do fluxo de uso

A Figura 1 ilustra o processo completo de operação do CCC, desde o acesso até a exportação dos resultados.

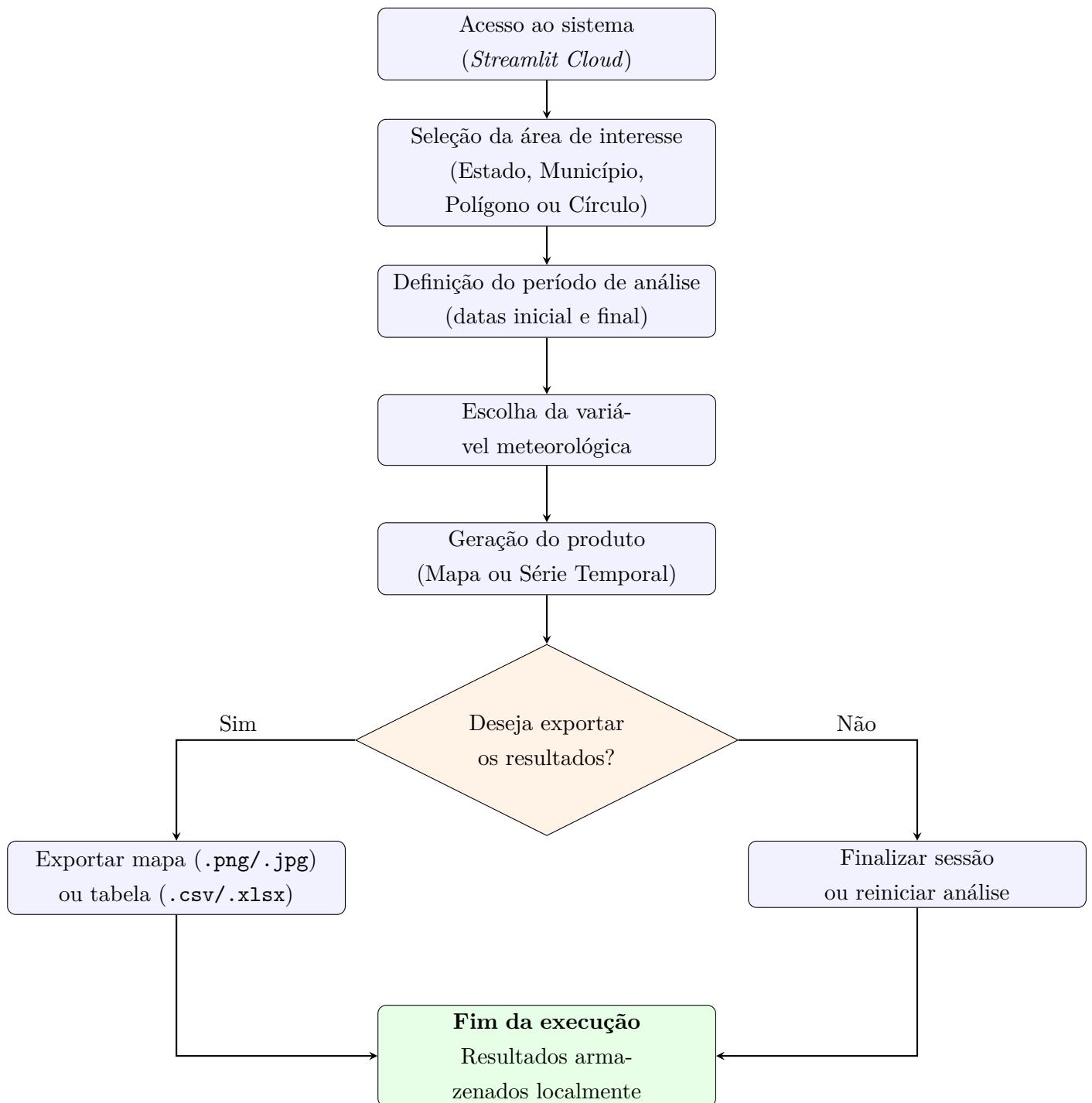


Figura 1: Fluxograma geral de utilização do Clima-Cast-Crepaldi.

4.3. Considerações sobre o fluxo

- O sistema é modular: o usuário pode reiniciar a análise a qualquer momento, alterando apenas um dos parâmetros (área, período ou variável);
- A renderização de mapas é otimizada pelo uso dos *datasets* ERA5- Land;

- Caso o tempo de processamento exceda o limite do servidor, o aplicativo exibirá uma mensagem de aviso com a opção de reduzir a área ou o intervalo de datas;
- Todos os resultados permanecem disponíveis na aba atual do navegador até que o usuário recarregue a página.

5. Interface do Usuário

A interface foi projetada para ser clara, intuitiva e responsiva, permitindo que usuários de diferentes níveis técnicos explorem os dados meteorológicos disponíveis. Esta seção descreve a estrutura visual do sistema, os componentes interativos e as funções principais disponíveis na tela.

5.1. Visão geral da interface

A Figura 2 apresenta o layout principal do CCC, composto por duas regiões principais:

1. **Barra lateral (sidebar)** — localizada à esquerda, reúne os controles de entrada e opções de configuração;
2. **Área central (paineel principal)** — exibe os resultados, incluindo mapas, gráficos ou mensagens de status.

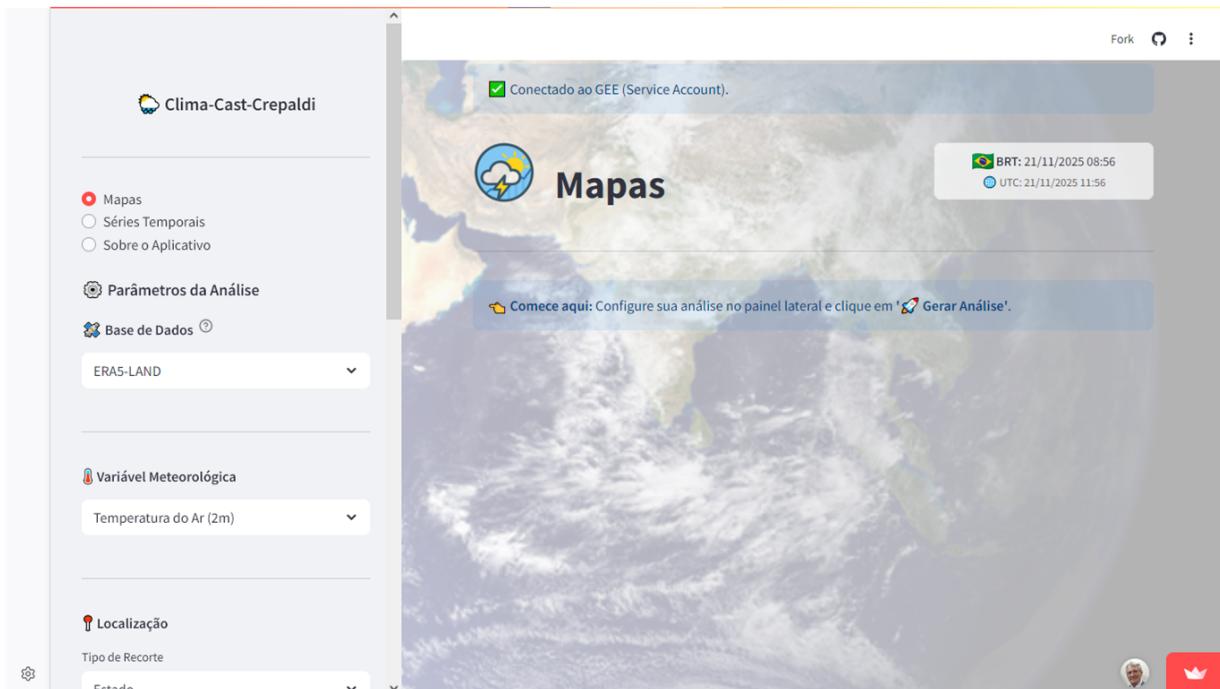


Figura 2: Layout geral da interface do aplicativo.

5.2. Barra lateral (controles de entrada)

A barra lateral contém os componentes de seleção que definem a consulta no Google Earth Engine. Os elementos são organizados de cima para baixo, seguindo a lógica de fluxo mostrada

na Seção 4.

1. Seleção de área de interesse:

- **Estado** — lista suspensa com as 27 unidades federativas;
- **Município** — campo dependente do Estado escolhido;
- **Polígono** — ferramenta de desenho livre no mapa;
- **Círculo** — coordenadas centrais e raio (em km).



Figura 3: Detalhe do menu de seleção de localização com os tipos de recorte espacial disponíveis.

2. Período de análise:

- Campos com datas mensais e anuais;
- Campos de data personalizada - inicial e final (YYYY-MM-DD);
- O aplicativo ajusta automaticamente para o intervalo disponível no dataset ERA5-Land.



Figura 4: Campos de definição do período de análise.

3. Variável meteorológica:

- Precipitação total (mm);
- Temperatura média a 2 m (°C);
- Temperatura do Ponto de Orvalho (°C);
- Temperatura da Superfície (*Skin*) (°C);
- Umidade do Solo em 4 camadas (m^3/m^3);

- Umidade relativa média (%);
- Velocidade do vento a 10 m (m/s);
- Radiação solar incidente (W/m²).

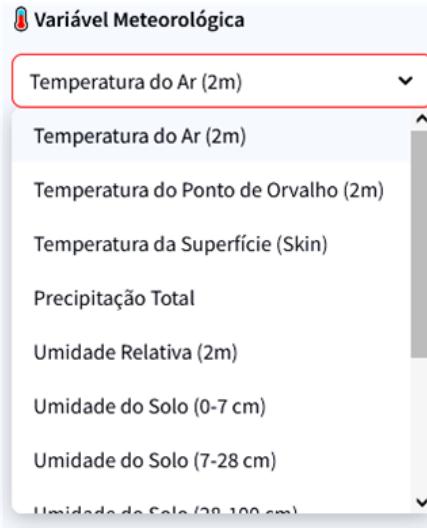


Figura 5: Menu de seleção de variáveis meteorológicas disponíveis no sistema.

4. Tipo de produto:

- Mapa espacial;
- Série temporal.

5. Botão de execução:

- “Gerar Análise” — inicia o processamento;
- Mensagens de progresso e diagnóstico aparecem na tela principal.



Figura 6: Botão de execução para iniciar o processamento e renderização dos dados.

5.2.1 Detalhamento dos modos interativos

Enquanto as opções de Estado e Município utilizam limites administrativos pré-definidos, os modos de Polígono e Círculo permitem análises personalizadas.

Uso da ferramenta Polígono Ao selecionar este modo, utilize a barra de ferramentas localizada no próprio mapa. Selecione o ícone de desenho geométrico, clique sobre o mapa para marcar os vértices da área de interesse e clique novamente no ponto inicial para fechar a forma.



Figura 7: Exemplo de delimitação de área personalizada utilizando a ferramenta de desenho de polígono.

Definição via Círculo Para áreas circulares, o sistema solicita a inserção manual das coordenadas e da dimensão da área diretamente na barra lateral.

Tipo de Recorte	
Círculo (Lat/Lon/Raio)	
Lat	Lon
-22.4200	- +
-45.4600	- +
Raio (km)	
10.00	- +
Ajuda: Definindo o Círculo ^	
Como preencher: <ul style="list-style-type: none"> • Lat/Lon: Graus decimais (ex: -22.42). • Raio: Km do centro à borda. 	

Figura 8: Parâmetros de entrada para área circular: coordenadas e raio (km).

5.3. Área central (resultados e visualização)

Dependendo da opção selecionada, a área central do aplicativo exibe um dos três tipos de resultados: **mapa interativo**, **mapa estático** ou **série temporal**. Todos são gerados a partir dos dados ERA5-Land via Google Earth Engine (GEE).

Mapa interativo

- Renderizado dinamicamente com `geemap` e `folium`;
- Permite zoom, deslocamento e consulta de coordenadas;
- Apresenta paleta de cores *colorbar* discreta;
- Possui título automático e indicadores de unidade;

- Ideal para exploração visual e diagnóstico rápido.

Precipitação Total mensal (Janeiro de 2024) no estado de Minas Gerais

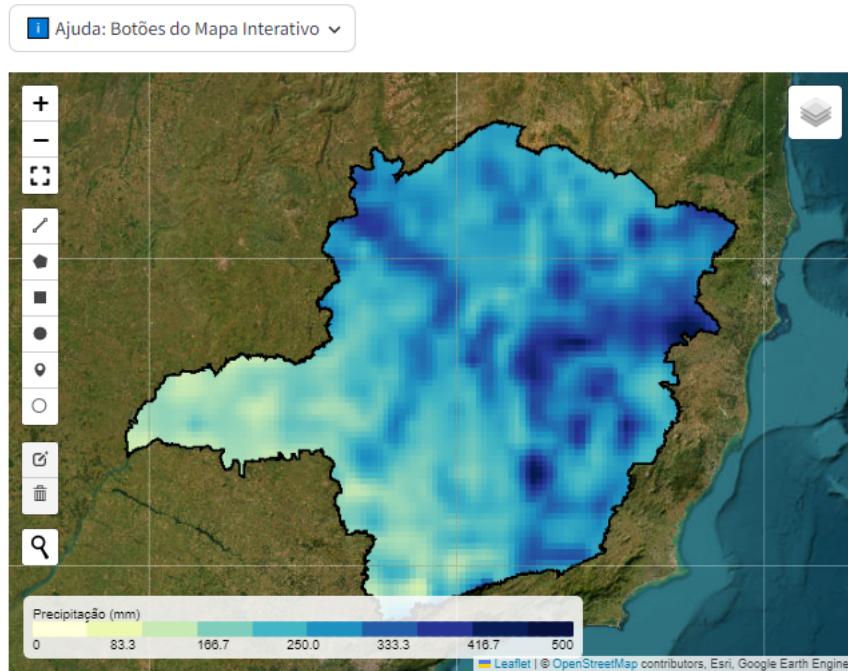


Figura 9: Exemplo de mapa interativo de precipitação (ERA5-Land, Minas Gerais, janeiro de 2024).

Guia de ícones integrado Para facilitar o uso das ferramentas de desenho no mapa interativo gerado, o sistema possui: Ajuda: Botões do Mapa Interativo.

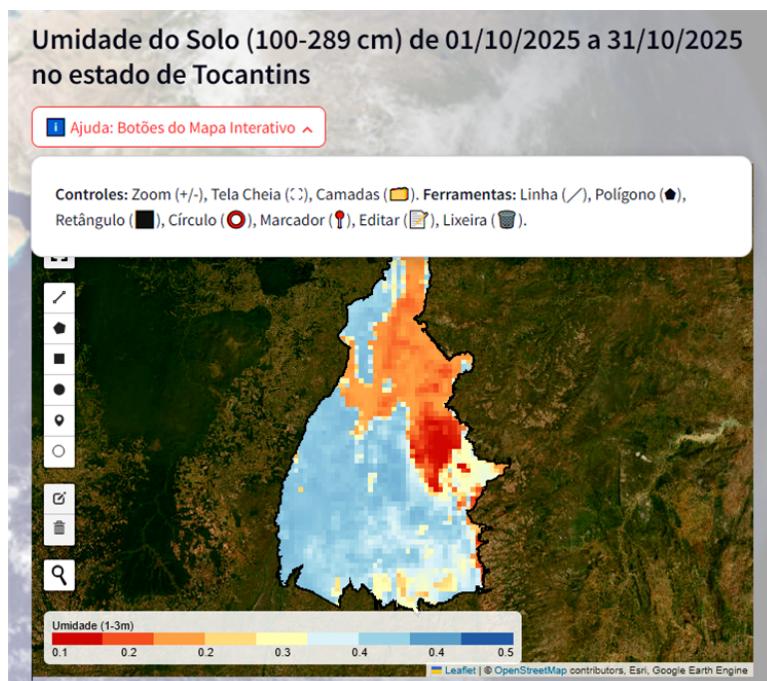


Figura 10: Menu de ajuda integrado que detalha as funções dos botões do mapa interativo.

Mapa estático

Além do mapa interativo, o CCC gera um **mapa estático** de boa qualidade, adequado para relatórios, slides e artigos científicos. Esse mapa é salvo em formato raster (.png ou .jpg).

Checklist antes de exportar

1. Confirmar a área e o período selecionados;
2. Verificar unidades e intervalos da colorbar;
3. Validar título e rodapé (variável, dataset, datas, fonte);
4. Escolher a resolução adequada (300 dpi ou 150 dpi).

**Temperatura do Ar (2m) de 01/07/2025 a 15/07/2025 no
estado de Santa Catarina**

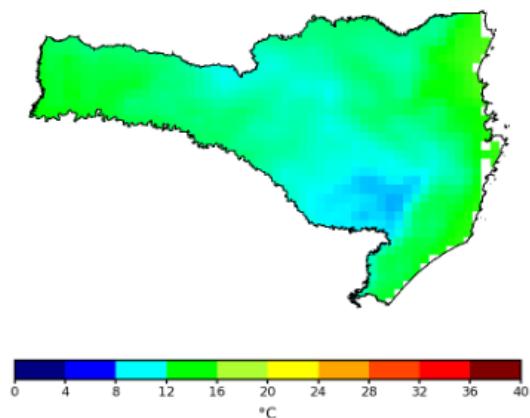


Figura 11: Exemplo de mapa estático de temperatura (ERA5-Land, Santa Catarina, 01–15 julho 2025).

Série temporal

- Gráfico dinâmico construído com `plotly`;
- Permite interação com o cursor para leitura de valores;
- Exibe valores máximos, mínimos e médios diários além das estatísticas de Amplitude e Desvio Padrão.

Série Temporal de Umidade Relativa (2m) de 01/12/2015 a 31/01/2016 no município de Itajubá

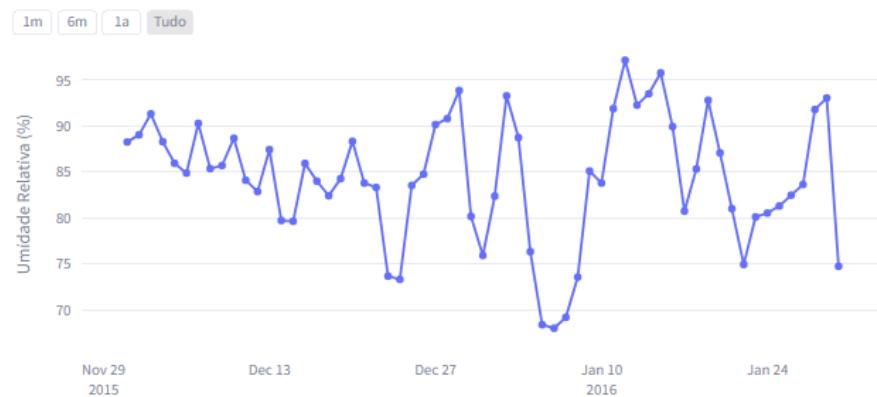


Figura 12: Exemplo de série temporal da umidade relativa para o município de Itajubá.

5.3.1 Ferramentas de análise gráfica

A interface de séries temporais utiliza a biblioteca Plotly, oferecendo recursos avançados de navegação nos dados.

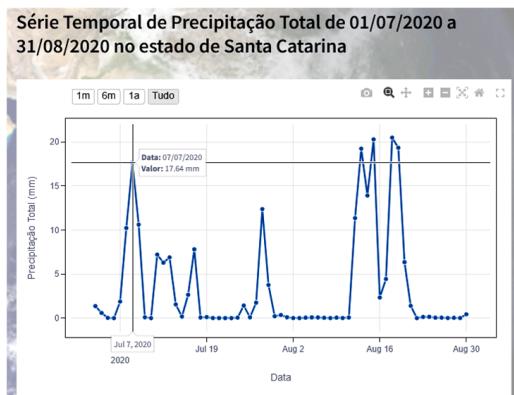


Figura 13: Exemplo de interatividade no gráfico: barra de ferramentas (canto superior direito) e leitura de valores exatos ao passar o mouse.

Para garantir que o usuário utilize todo o potencial dessas ferramentas, o sistema inclui um guia rápido acessível através do menu “Ajuda: Entenda os ícones e ferramentas do gráfico”.

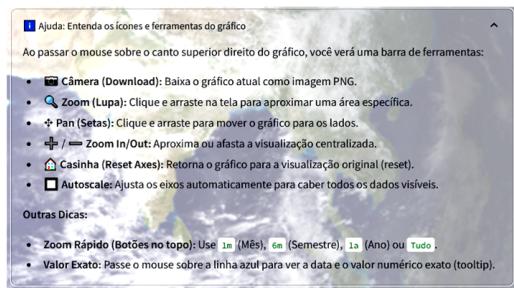


Figura 14: Painel de ajuda integrado explicando as funções de zoom, pan e download do gráfico.

5.4. Ferramentas de exportação

Após o processamento e visualização dos dados, o CCC disponibiliza botões dedicados para salvar os resultados localmente. Estes controles situam-se, geralmente, logo abaixo ou acima da área de visualização principal.

Exportação de Mapas: Para os mapas estáticos, o sistema gera arquivos de imagem rasterizada. O usuário deve utilizar o botão de download específico para salvar a figura gerada.

Exportação de Dados: Para dados tabulares, o sistema permite o download da série histórica completa processada. Estão disponíveis dois formatos principais:

.CSV (Comma-Separated Values): Arquivo para importação em softwares de programação ou análise estatística;

.XLSX (Excel): Planilha formatada compatível com Microsoft Excel e LibreOffice Calc.

6. Resolução de Problemas e Diagnóstico

Esta seção fornece orientações para diagnóstico e correção de problemas durante o uso do CCC. As situações descritas foram identificadas durante o desenvolvimento e validação do sistema, abrangendo: autenticação do GEE, erros de dependências, lentidão de execução e falhas na renderização de mapas.

Atenção a falhas de rede: O carregamento do mapa ou da série temporal pode falhar caso a conexão do usuário esteja instável ou apresente alta latência. Mensagens como “*Connecting...*”, ou carregamento infinito, geralmente indicam problemas na comunicação HTTPS entre o navegador, o Streamlit Cloud e a API do Google Earth Engine. Recomenda-se testar outra rede, utilizar conexão cabeada ou reiniciar o roteador antes de repetir a consulta.

6.1. Mensagens de erro comuns

A Tabela 2 apresenta as mensagens mais frequentes e suas causas prováveis.

Tabela 2: Mensagens de erro e ações corretivas

Mensagem exibida	Ação recomendada
EEException: Authentication required	Execute <code>earthengine authenticate</code> no terminal, refaça o login Google e reinicie o aplicativo.
Permission denied: projects/...	Verifique se a <i>Service Account</i> usada no <code>st.secrets</code> possui permissão de leitura no projeto GEE.
ModuleNotFoundError: No module named 'geemap'	Reinstale dependências: <code>pip install -r requirements.txt</code> .
This app has encountered an error (Streamlit Cloud)	Cloud: Limpe o cache do navegador e recarregue. Local: Use <code>streamlit cache clear</code> . Em ambos os casos, tente reduzir a área ou o período de análise.
Timeout: Earth Engine computation exceeded limit	Selecione área menor ou período reduzido. O GEE impõe limite de tempo por requisição.
QuotaExceededError	O limite de requisições do usuário ou da Service Account foi excedido. Aguarde alguns minutos e reduza a área ou o período da análise.
HTTP 429: TooManyRequests	Alta demanda momentânea nos servidores do Google Earth Engine. Tente novamente após 1–2 minutos ou reduza o volume da consulta.
InternalError: Earth Engine internal problem	Erro interno e temporário do servidor GEE. Não está relacionado ao código do CCC. Repita a operação após alguns instantes.

6.2. Verificação de autenticação GEE

1. Execute:

```
earthengine authenticate
```

2. Após o login no navegador, verifique o arquivo de credenciais:

```
~/.config/earthengine/credentials
```

3. Para testar a conexão diretamente em Python:

```
import ee
ee.Initialize()
print(ee.Image.constant(0). getInfo())
```

Se o teste retornar um dicionário válido, a conexão com o GEE está funcional.

6.3. Diagnóstico de desempenho

A lentidão na renderização pode estar associada a:

- Seleção de períodos muito longos (ex.: > 1 ano);
- Áreas de interesse muito extensas (ex.: todo o Brasil);
- Conexão instável ou com latência > 200 ms;
- Execução simultânea por múltiplos usuários no Streamlit Cloud.

6.4. Verificação de ambiente Python

Para confirmar versões instaladas:

```
python -m pip list
```

Compare com as versões mínimas recomendadas na Tabela 1. Diferenças podem causar incompatibilidade entre bibliotecas.

6.5. Limpeza de cache do Streamlit.

Em casos de resultados inconsistentes, mapas que não carregam ou mensagens de erro persistentes, recomenda-se realizar a limpeza do cache. O procedimento depende do ambiente de execução:

- **Execução local:** limpar o cache pelo terminal, antes de reiniciar o aplicativo:

```
streamlit cache clear
```

- **Execução no Streamlit Cloud:** utilizar o menu interno do aplicativo. No canto superior direito da interface do CCC, clique em:

"3 pontinhos" → Clear cache

Após a limpeza, recarregue a página. Esse procedimento remove estados anteriores, incluindo dados temporários, variáveis de sessão e versões antigas dos gráficos, garantindo que as bibliotecas e funções sejam carregadas corretamente na próxima execução.

6.6. Recuperação do ambiente

Em caso de falhas persistentes:

1. Exclua o diretório `venv/` e crie um novo ambiente virtual;
2. Reinstale dependências:

```
pip install -r requirements.txt
```

3. Teste a inicialização local com:

```
streamlit run main.py
```

Se o erro persistir, verifique logs no painel “Manage App” (Streamlit Cloud) ou consulte os arquivos de log locais em `.streamlit/`.

6.7. Relato de bugs

Erros não resolvidos devem ser reportados ao repositório oficial:

https://github.com/Crepaldi2025/dashboard_cat314/issues

Inclua:

- Descrição do problema e data/hora;
- Sistema operacional e versão do Python;
- Mensagem de erro completa (copiada do terminal);
- Captura de tela, se possível.

Apêndice Técnico

Este apêndice reúne informações complementares úteis para operação e manutenção do sistema, incluindo estrutura de diretórios, lista de variáveis disponíveis, metadados e convenções de nomenclatura.

A. Estrutura de diretórios do projeto

A Tabela 3 apresenta a organização dos arquivos principais do aplicativo.

Tabela 3: Estrutura atual de diretórios e arquivos do repositório `dashboard_cat314`.

Caminho / Arquivo	Descrição
<code>.devcontainer/</code>	Configuração do ambiente de desenvolvimento no Visual Studio Code e Streamlit Cloud.
<code>charts_visualizer.py</code>	Geração de séries temporais e gráficos interativos (biblioteca Plotly).
<code>gee_handler.py</code>	Inicialização e requisições ao Google Earth Engine (ERA5-Land).
<code>logo.png</code>	Logotipo utilizado na interface principal do aplicativo.
<code>main.py</code>	Ponto de entrada do sistema (<i>Streamlit</i>), inicializando toda a aplicação.
<code>map_visualizer.py</code>	Geração e renderização de mapas interativos e estáticos.
<code>municípios_ibge.json</code>	Arquivo de referência geográfica contendo os limites municipais oficiais (IBGE).
<code>packages.txt</code>	Lista de dependências adicionais utilizadas no ambiente de execução (Cloud).
<code>requirements.txt</code>	Lista principal de bibliotecas Python e respectivas versões compatíveis.
<code>runtime.txt</code>	Definição da versão do interpretador Python (3.12) para o Streamlit Cloud.
<code>sobre.docx</code>	Documento descritivo sobre o projeto e sua apresentação.
<code>ui.py</code>	Interface de navegação e estrutura das páginas do aplicativo.
<code>utils.py</code>	Funções utilitárias de suporte às rotinas principais do sistema.

B. Variáveis meteorológicas disponíveis (ERA5-Land)

O CCC utiliza o conjunto ECMWF/ERA5_LAND_DAILY_AGGR, processado via GEE. A Tabela 4 descreve as variáveis acessíveis ao usuário.

Tabela 4: Variáveis ERA5-Land disponíveis no CCC.

Nome no sistema	Unidade	Descrição física	Origem temporal
Precipitação total	mm	Soma diária da taxa de precipitação (líquida e sólida).	Soma das estimativas horárias.
Temperatura média a 2 m (T2m)	°C	Temperatura média do ar a 2 metros da superfície.	Média das estimativas horárias.
Temperatura do Ponto de Orvalho	°C	Temperatura na qual o ar deve ser resfriado para saturar.	Média das estimativas horárias.
Temperatura da Superfície (Skin)	°C	Temperatura da interface entre a superfície da Terra (solo/vegetação) e a atmosfera.	Média das estimativas horárias.
Umidade do Solo (0–7 cm)	m^3/m^3	Conteúdo volumétrico de água na camada superficial (0 a 7 cm).	Média das estimativas horárias.
Umidade do Solo (7–28 cm)	m^3/m^3	Conteúdo volumétrico de água na segunda camada (7 a 28 cm).	Média das estimativas horárias.
Umidade do Solo (28–100 cm)	m^3/m^3	Conteúdo volumétrico de água na zona de raiz profunda (28 a 100 cm).	Média das estimativas horárias.
Umidade do Solo (100–289 cm)	m^3/m^3	Conteúdo volumétrico de água na camada profunda (1 a 2,89 m).	Média das estimativas horárias.
Umidade relativa média (UR)	%	Obtida a partir de T2m e ponto de orvalho.	Derivada das médias horárias.
Vento a 10 m (V10m)	m/s	Módulo médio diário da velocidade do vento.	Média das componentes horárias (u,v).
Radiação solar incidente (Rs)	W/m^2	Soma diária da radiação solar de onda curta que atinge a superfície.	Soma das estimativas horárias.
Temperatura mínima (Tmin)	°C	Menor valor diário da temperatura a 2 m.	Mínimo das estimativas horárias.
Temperatura máxima (Tmax)	°C	Maior valor diário da temperatura a 2 m.	Máximo das estimativas horárias.

Cada variável possui paleta e discretização próprias (ver Seção 5), garantindo coerência

visual entre produtos.

C. Estrutura do repositório GitHub

O projeto oficial do CCC encontra-se em:

https://github.com/Crepaldi2025/dashboard_cat314

D. Para enviar melhorias

1. Realize o `fork` do repositório;
2. Crie uma `branch` com o nome da modificação;
3. Descreva claramente a alteração e envie um `pull request`.

E. Contatos e suporte

- **Autor:** Paulo César Crepaldi.
- **Orientador:** Prof. Dr. Enrique Vieira Mattos
- **E-mail de contato:** crepaldi@unifei.edu.br

Bibliografia Recomendada

Conjuntos de Dados (Reanálises)

MUÑOZ-SABATER, J. et al. ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth System Science Data*, v. 13, n. 9, p. 4349–4383, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021>.

HERSBACH, H. et al. The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 146, n. 730, p. 1999–2049, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.

OLAUSON, J. ERA5: The new champion of wind power modelling?. *Renewable Energy*, v. 126, p. 322–331, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.056>.

COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE (C3S). *ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate*. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), 2017. Disponível em: <https://cds.climate.copernicus.eu/>.

Plataformas e Ferramentas

GORELICK, N. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18–27, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.

WU, Q. geemap: A Python package for interactive mapping with Google Earth Engine. *Journal of Open Source Software*, v. 5, n. 51, p. 2305, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21105/joss.02305>.

PLOTLY TECHNOLOGIES INC. *Plotly: Collaborative data science*. Montréal, 2015. Disponível em: <https://plotly.com/>.

STREAMLIT INC. *Streamlit: The fastest way to build and share data apps*. 2024. Disponível em: <https://streamlit.io/>.

THE PANDAS DEVELOPMENT TEAM. pandas-dev/pandas: Pandas (Version 1.0.0). *Zenodo*, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3509134>.

HUNTER, J. D. Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, v. 9, n. 3, p. 90–95, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>.

Computação em Nuvem e Documentação

WILSON, G. et al. Good enough practices in scientific computing. *PLoS Computational Biology*, v. 13, n. 6, e1005510, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005510>.
GOOGLE EARTH ENGINE TEAM. *Earth Engine Documentation*. Mountain View, CA, 2024.
Disponível em: <https://developers.google.com/earth-engine>.

Normas e Metodologias

ISO/IEC/IEEE. *ISO/IEC/IEEE 26514:2022 — Systems and software engineering — Design and development of information for users*. International Organization for Standardization, 2022.

WMO – World Meteorological Organization. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. 2023. Disponível em: <https://library.wmo.int/>.