



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

Aplicação para processamento de dados de caudal em sistemas de distribuição de água

Trabalho Final de curso

Relatório Final

Mariana Herculano, a22204164, LIG

Nicole Arquissandas, a22203874, LEI

Orientador: Maria Almeida Silva

Co-orientador: Lúcio Studer Ferreira

Entidade Externa: Laboratório Nacional De Engenharia Civil (LNEC)

Departamento de Engenharia Informática da Universidade Lusófona

Centro Universitário de Lisboa

11/07/2025

www.ulusofona.pt

Direitos de cópia

(Aplicação para processamento de dados de caudal em sistemas de distribuição de água
) , Copyright de (*Nicole Arquissandas e Mariana Herculano*), ULHT.

A Escola de Comunicação, Arquitectura, Artes e Tecnologias da Informação (ECATI) e a Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias (ULHT) têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Resumo

O processamento e a análise de dados de caudal em sistemas de distribuição de água são fundamentais para a deteção e o controlo de perdas. O elevado volume de medições provenientes de Zonas de Medição Controlada (ZMC) torna essencial a existência de ferramentas que permitam o tratamento eficiente e a análise sistemática de séries temporais de caudal. O principal objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma aplicação web interativa que possibilite o carregamento, armazenamento, processamento e análise dessas séries, facilitando a tomada de decisão na gestão de redes de abastecimento de água e complementando metodologias previamente desenvolvidas no âmbito de trabalhos anteriores.

Abstract

The processing and analysis of flow data in water distribution systems are essential for the detection and control of water losses. The large volume of measurements from District Metered Areas (DMAs) makes it crucial to have tools capable of efficiently handling and systematically analyzing flow time series. The main objective of this work is the development of an interactive web application that enables the upload, storage, processing, and analysis of these time series, thereby supporting decision-making in water network management and complementing methodologies developed in previous studies.

Índice

Resumo.....	iii
Abstract	iv
Índice.....	v
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Anexos.....	ix
Lista de Tabelas	x
Lista de Siglas	xi
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.1.1 Rede de distribuição de águas e caudais.....	1
1.1.2 Medição de caudal	2
1.1.3 TFC realizado no ano passado	3
1.2 Motivação e Identificação do Problema	3
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Estrutura do Documento	4
2 Pertinência e Viabilidade.....	1
2.1 Introdução	1
2.2 Questionário e feedback.....	1
3 Especificação e Modelação	2
3.1 Análise de Requisitos	2
3.1.1 Organização em Epics/Features/User stories	2
3.1.2 Enumeração de Requisitos	4
3.1.3 Diagramas de Use Case	6
3.2 Modelação	11
4 Solução Desenvolvida.....	14
4.1 Introdução	14
4.2 Ambiente de desenvolvimento.....	15
4.3 Arquitetura da aplicação.....	16
4.3.1 Arquitetura Lógica (Modelo MVT).....	16
4.3.2 Arquitetura de Deploy na Produção em Docker	17

4.4	Integração dos Métodos do TFC Anterior.....	18
4.5	Tecnologias utilizadas	18
4.6	Organização de código e Integração de componentes	19
4.6.1	Models.....	19
4.6.2	Views	20
4.6.3	Urls.....	21
4.6.4	Templates	21
4.7	Interfaces	22
4.7.1	Página inicial (Home).....	22
4.7.2	Página do dashboard.....	23
4.7.3	Página de carregamento de dados.....	24
5	Teste e Validação	27
6	Benchmarking.....	28
6.1	Waterwise.....	28
6.2	Baseform.....	29
6.3	Wone App	30
6.4	Tabela de Comparação de funcionalidades.....	30
7	Método e Planeamento	34
7.1	Calendário.....	34
7.2	Planeamento inicial	34
7.3	Análise Crítica ao Planeamento	35
8	Resultados	36
8.1	Resultados dos testes	36
8.2	Cumprimento de requisitos	36
9	Conclusão e Trabalhos futuros.....	40
9.1	Conclusão.....	40
9.2	Trabalhos Futuros	40
	Bibliografia	42
	Anexo 1 -Formulário.....	44
	Anexo 2 – Guião de testes.....	46
	Anexo 3 - Guião de Tarefas	50
	Anexo 4 - Respostas ao guião de tarefas (LNEC).....	60

Lista de Figuras

Figura 1- Exemplo de uma rede de distribuição de água simples	1
Figura 2- Medidor de caudal eletromagnético	2
Figura 3- Use case 1	6
Figura 4- Use case 2	6
Figura 5- Use case 3	7
Figura 6- Use case 4	7
Figura 7- Use case 5	7
Figura 8- Use case 6	8
Figura 9- Use case 7	8
Figura 10- Use case 8	8
Figura 11- Use case 9	9
Figura 12- Use case 10	9
Figura 13- Use case 11	9
Figura 14- Use case 12	10
Figura 15- Use case 13	10
Figura 16- Use case 14	11
Figura 17- Use case 15	11
Figura 18- Diagrama entidade-relação	13
Figura 19- Fluxo funcional da aplicação Caudais	15
Figura 20-MVT	17
Figura 21 – Arquitetura de deploy em produção	18
Figura 22- Exemplo de código models	19
Figura 23- Exemplo 1 de código views	20
Figura 24- Exemplo 2 de código views	20
Figura 25- Exemplo 3 de código views	21
Figura 26- Exemplo de código urls	21
Figura 27- Exemplo de código templates	22
Figura 28- Página Inicial	22
Figura 29- Página Dashboard (modo comparação não selecionado)	23
Figura 30- Página Dashboard (modo de comparação selecionado)	23
Figura 31- Página Carregamento Medições (criar ponto)	24
Figura 32- Página Carregamento Medições (associar série a ponto)	25
Figura 33- Página Carregamento Medições (adicionar valores)	26
Figura 34- Waterwise	28
Figura 35- Baseform	29
Figura 36- Wone App	30
Figura 37- Diagrama Gantt (calendário)	34

Lista de Anexos

Anexo 1 -Formulário	44
Anexo 2 - Guião de testes	46
Anexo 3	
Anexo 4 - Respostas ao guião de tarefas (LNEC)	

Lista de Tabelas

Tabela 1- Enumeração de requisitos4

Tabela 2- Tabela de Comparação das funcionalidades entre a nossa app e outras30

Tabela 3 - Tabela de requisitos e o seu cumprimento37

Lista de Siglas

API	Interface de Programação de Aplicações
HTML	Linguagem de Marcação de Hipertexto
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
ZMC	Zona de Medição Controlada
TBATS	Modelo para previsão de séries temporais baseado em Trigonometric seasonal components, Box-Cox transformation, ARMA errors, Trend and, Seasonal components
JQ	Modelo de previsão de séries temporais baseado em ([AT10])
MVT	Model View Template
MVC	Model View Control

1 Introdução

1.1 Enquadramento

A água é um recurso essencial e vulnerável para a vida no planeta. Existe cada vez mais escassez deste recurso, devido a alterações climáticas, por esse motivo, nos sistemas de distribuição de água, é necessário o controlo e uma boa gestão das perdas de água. As principais causas desse problema são devido a fugas, roturas, usos ilícitos da água, ou até mesmo por erros de medição. No Trabalho Final do curso (TFC) anterior, realizado pelo aluno Leandro Pinheiro, foi proposta uma metodologia para processamento dos dados de caudal medidos em Zonas de Medição Controlada (ZMC), que permite calcular indicadores que alertam sobre problemas na qualidade dos dados e na operação da rede. Para uma melhor análise desses dados, pretendemos desenvolver uma aplicação onde seja possível a visualização, de forma estruturada e organizada, dos mesmos e das respetivas análises.

1.1.1 Rede de distribuição de águas e caudais

As redes de distribuição de águas e caudais são infraestruturas essenciais para o abastecimento seguro e eficiente de água potável às populações e às indústrias. São formadas por um sistema de tubagens, reservatórios, válvulas e bombas. A monitorização dos caudais é essencial e bastante importante para que se possa evitar perdas de água e manter a pressão adequada, assegurando assim a qualidade da água.

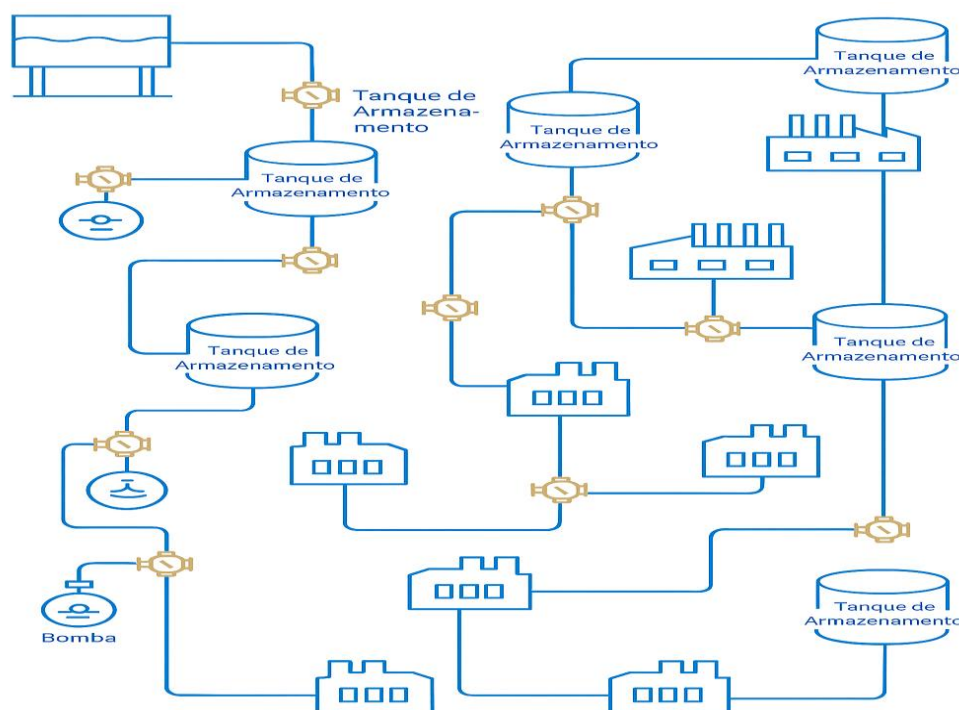


Figura 1- Exemplo de uma rede de distribuição de água simples

1.1.2 Medição de caudal

A medição de caudal é um processo que determina o volume da água que percorre uma tubagem ou um canal num período de tempo específico. Esta medida é essencial para gerir o abastecimento das águas, permitindo prever o consumo e monitorizar a eficiência das redes de distribuição. Existem vários métodos e instrumentos que podem ser utilizados para realizar essas medições como por exemplo:

- Medidores de Caudal Eletromagnéticos, apresentado na Figura 2;
- Medidores Ultrassônicos;
- Medidores de Pressão Diferencial;
- Turbinas e Medidores de Deslocamento Positivo.

A série temporal é um conjunto de observações quantitativas obtidas sequencialmente ao longo do tempo, ordenadas cronologicamente e registadas em intervalos regulares ou irregulares. No contexto deste trabalho, uma série temporal de caudal corresponde à medição das variações de volume de água em intervalos de tempo como segundos, minutos, horas ou dias. Estas séries fornecem informações importantes sobre o comportamento do caudal em diferentes períodos, permitindo identificar padrões de consumo, variações sazonais, e picos de procura. Por exemplo, numa rede de abastecimento urbano, uma série temporal de caudal permite perceber o aumento de consumo durante certas horas do dia ou períodos do ano. Essas informações são pertinentes para ajustar a operação da rede, antecipar necessidades de armazenamento e de aumento de capacidade, e também para detetar anomalias ou perdas de água.



Figura 2- Medidor de caudal eletromagnético

1.1.3 TFC realizado no ano passado

O TFC do ano passado, “*Análise de Dados de Caudal para Apoio na Tomada de Decisão em Sistemas de Distribuição de Água*” [RLP23], abordou a escassez de água e a necessidade de melhorar a segurança dos sistemas de distribuição. Desenvolvido por Leandro Pinheiro e orientado pela professora Maria Almeida Silva em parceria com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), o projeto propôs uma metodologia para analisar dados de caudal em Zonas de Medição Controlada (ZMC) com o objetivo de identificar falhas e otimizar os recursos hídricos.

O projeto implementou uma metodologia de seis etapas principais:

- Recolha de dados;
- Análise exploratória: Avaliação inicial dos dados com cálculos de estatísticas como médias e desvios-padrão;
- Normalização dos dados: Sincronização dos intervalos de medição para obter séries temporais com intervalos de tempo entre medições constantes;
- Preenchimento de falhas: Preenchimento de dados em intervalos de tempo, onde não foi medido ou registado o caudal;
- Identificação de eventos anómalos: Detecção de picos irregulares de caudal e cruzamento com dados de ocorrências de avarias;
- Avaliação de qualidade: Desenvolvimento de indicadores que medem a qualidade dos dados.

Em suma, a metodologia proposta permite identificar falhas e eventos anómalos de forma eficiente, melhorando a capacidade de tomada de decisão no controlo de perdas de água.

Foram implementados dois métodos para a reconstrução de séries temporais com falhas, o JQ (Modelo de previsão de séries temporais baseado em [AT10]) e o TBATS (Modelo para previsão de séries temporais baseado em *Trigonometric seasonal components, Box-Cox transformation, ARMA errors, Trend and, Seasonal components*) [AT11] e determinou-se que o modelo TBATS apresenta maior precisão na reconstrução de dados, embora seja mais exigente computacionalmente. Esse modelo é uma técnica de previsão usada principalmente para séries temporais que apresentam características complexas, como múltiplas sazonalidades (diária, semanal, anual) e tendências não-lineares.

1.2 Motivação e Identificação do Problema

O aumento da pressão sobre os recursos hídricos, causado pelas mudanças climáticas e pela crescente necessidade deste mesmo recurso, torna indispensável a medição precisa dos caudais em redes de distribuição de água. Essas medições são cruciais para identificar perdas e assegurar uma gestão eficiente da água, tanto no abastecimento público quanto na agricultura e na indústria.

O LNEC [LNEC] identificou a necessidade de desenvolvimento de uma ferramenta que permita a visualização clara e intuitiva dos dados de caudal, facilitando a sua análise e interpretação.

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma aplicação web interativa que permita carregar, armazenar, processar e analisar séries temporais de medições de caudal, com foco na gestão eficiente de redes de distribuição de água. A aplicação visa suportar diferentes níveis de tratamento de dados, incluindo normalização de séries temporais com passo de tempo entre medições irregular e reconstrução de séries com falhas através de métodos avançados como JQ ou TBATS, conforme implementado no TFC do Leandro Pinheiro, mencionado na seção 1.1.3.

Para além do processamento das medições, a aplicação visa também, suportar a geração automática de estatísticas mensais e anuais que permitem avaliar o comportamento do sistema ao longo do tempo. Acresce ainda a possibilidade de exportar os dados em formatos compatíveis com ferramentas externas, como ficheiros Excel e a geração de relatórios em formato pdf, facilitando a análise adicional e a partilha de resultados.

Este trabalho pretende, assim, tornar mais prática e intuitiva a aplicação das metodologias desenvolvidas no TFC anterior, disponibilizando aos utilizadores uma interface acessível para a visualização e exploração de dados de caudal.

1.4 Estrutura do Documento

Este documento apresenta os seguintes capítulos:

- No **Capítulo 1**, é feita a introdução, bem como a identificação do problema e a definição dos objetivos do tema.
- No **Capítulo 2**, são avaliadas a pertinência e a viabilidade da solução proposta, incluindo a apresentação do questionário e dos respetivos feedbacks.
- No **Capítulo 3**, são identificados os requisitos em três formas diferentes: diagramas de use case, numerados e organizados e epics/features/user stories. É também apresentada a modelação da base de dados.
- No **Capítulo 4**, é apresentada a solução desenvolvida.
- No **Capítulo 5**, é apresentado o guião de testes, os testes realizados e os métodos utilizados para validar o correto funcionamento da aplicação
- No **Capítulo 6**, é feito o benchmarking da solução proposta com aplicações que são usadas atualmente e que funcionam de forma semelhante ao proposto.
- No **Capítulo 7**, é apresentado o método e o planeamento do TFC.
- No **Capítulo 8**, são apresentados os resultados dos testes técnicos e do teste de usabilidade, bem como a tabela de cumprimento de requisitos.
- No **Capítulo 9**, é feita a reflexão sobre o grau de realização do projeto, as principais aprendizagens, dificuldades e melhorias possíveis. São também sugeridas direções para evolução futura da aplicação.

2 Pertinência e Viabilidade

2.1 Introdução

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios globais do século XXI, e o seu impacto nos recursos hídricos é central para entender as consequências socioambientais que já estão a ser sentidas em diversas partes do mundo. A água, como recurso essencial à vida, é viável quando existe uma gestão sustentável que garanta a sua disponibilidade de forma contínua, por isso, nos sistemas de distribuição de água é essencial a medição dos caudais em diferentes pontos da rede.

Essas medições de caudal são realizadas para monitorizar e quantificar o volume de água que passa por uma secção de um canal, rio, tubagem ou qualquer outra conduta durante um determinado intervalo de tempo. São essenciais, principalmente, para a deteção de possíveis problemas que causam perdas de água e para garantir uma distribuição eficiente no abastecimento público, na agricultura e na indústria. Além disso, estas medições apoiam o planeamento do uso da água, ajudando a otimizar recursos.

Dada a relevância dessas medições na monitorização e gestão dos recursos hídricos, torna-se fundamental dispor de ferramentas que permitam a análise rápida e precisa dos dados recolhidos. Nesse contexto, o LNEC solicitou o desenvolvimento de uma aplicação que permitisse a visualização clara e intuitiva das medições de caudal e outras estatísticas, de forma a simplificar o processo de análise e interpretação dos dados técnicos provenientes dessas medições e também para que as decisões sejam baseadas em dados claros e bem organizados.

Essa solução visual não só atende às necessidades do LNEC, mas também se aplica amplamente a empresas e instituições que lidam com grandes volumes de dados técnicos, oferecendo uma abordagem prática para a interpretação de informações complexas e promovendo uma tomada de decisão mais informada e eficiente.

2.2 Questionário e feedback

Este formulário tem como objetivo reunir informações sobre o uso de ferramentas para processamento de dados em sistemas de distribuição de água, identificar se os participantes utilizam ferramentas já existentes no mercado, como Baseform, Waterwise ou Wone e avaliar a relevância de uma nova aplicação que facilite a gestão de dados, cálculos técnicos e elaboração de relatórios.

Não conseguimos obter o feedback, por isso apresentamos apenas *screenshots* em anexo (Anexo 1) do nosso formulário([Link](#)).

3 Especificação e Modelação

3.1 Análise de Requisitos

A fase de levantamento de requisitos é crucial para garantir o sucesso do desenvolvimento da aplicação. Tem como objetivo principal entender as necessidades dos clientes, sendo que existem dois tipos de requisitos, os funcionais e os não funcionais.

Os **requisitos funcionais** são as características que definem o que o sistema deve fazer. Especificam as funções e ações que o sistema precisa executar para atender às necessidades dos utilizadores. Por outras palavras, eles descrevem as operações, comportamentos e serviços que o sistema deve fornecer.

Os **requisitos não funcionais** dizem respeito a como o sistema realiza as suas funções. Definem qualidades ou restrições que o sistema deve ter, como desempenho, segurança, escalabilidade ou facilidade de uso.

O levantamento de requisitos foi realizado com o apoio da Eng.^a Dália Loureiro, do LNEC, e com a nossa orientadora, Prof.^a Maria Silva, tendo sido essencial para identificar as funcionalidades prioritárias da aplicação e estabelecer um alinhamento claro com as necessidades práticas de monitorização e análise de séries temporais de caudal.

3.1.1 Organização em Epics/Features/User stories

Nesta secção organizamos as funcionalidades que pretendemos desenvolver na nossa aplicação em epics, features e user stories:

Epic 1: Gestão de Séries Temporais de Caudal

Feature 1.1: Carregar e Visualizar Séries Temporais de Caudal

User Story 1.1.1: Como utilizador, quero carregar séries temporais de caudal com metadados (nome, geolocalização, diâmetro nominal (DN), tipo de medidor de caudal) para facilitar a análise detalhada dos dados.

Feature 1.2: Manipulação de Séries Temporais

User Story 1.2.1: Como utilizador, quero manipular as séries temporais (zoom, transferir, estatísticas de zonas específicas) para realizar uma análise mais detalhada dos dados.

User Story 1.2.2: Como utilizador, quero seleccionar uma zona específica do gráfico e visualizar as estatísticas dessa zona para uma análise mais precisa.

Feature 1.3: Agregar e Alterar Dados de Caudal

User Story 1.3.1: Como utilizador, quero agregar novos dados a um ponto específico da série temporal de caudal, para manter os registos atualizados e completos.

User Story 1.3.2: Como utilizador, quero detetar alterações num ponto de medição ao comparar dados novos integrados com o histórico, para monitorizar a consistência dos dados ao longo do tempo.

Epic 2: Processamento de Dados

Feature 2.1: Integração de Métodos de Processamento

User Story 2.1.1: Como utilizador, quero que a aplicação integre os métodos de pré-processamento (preenchimento de falhas, normalização) do projeto anterior, para garantir a qualidade dos dados.

User Story 2.1.2: Como utilizador, quero visualizar as séries temporais antes e depois do pré-processamento, para comparar a eficácia das técnicas de tratamento de dados.

Feature 2.2: Cálculo e Visualização de Métricas

User Story 2.2.1: Como utilizador, quero visualizar as métricas calculadas (média, desvio padrão, etc.) depois do processamento dos dados, para avaliar as mudanças.

User Story 2.2.2: Como utilizador, quero identificar padrões e picos de uso de água ao longo do ano, através da decomposição de séries temporais, para identificar tendências sazonais.

Epic 3: Exportação e Relatórios

Feature 3.1: Exportar Dados

User Story 3.1.1: Como utilizador, quero exportar os dados dos gráficos para uma folha de Excel para análise e compartilhamento externo.

Feature 3.2: Geração de Relatórios

User Story 3.2.1: Como utilizador, quero gerar relatórios em PDF com base nas visualizações de dados escolhidos, para partilhar resultados e conclusões.

Epic 4: Integração e Interoperabilidade

Feature 4.1: Integração com Dados Meteorológicos

User Story 4.1.1: Como utilizador, quero integrar séries temporais de caudal com dados meteorológicos, para correlacionar o consumo de água com fatores climáticos.

Epic 5: Segurança e Autenticação

Feature 5.1: Autenticação e Registro

User Story 5.1.1: Como utilizador, quero autenticar-me e registrar-me na aplicação, garantindo a segurança e personalização dos meus dados.

Feature 5.2: Recuperação de palavra-passe

User Story 5.1.1: Como utilizador, quero alterar a minha palavra-passe, garantindo que caso me tenha esquecido da mesma, consigo entrar na minha conta com a nova palavra-passe.

Epic 6: Interface e Usabilidade

Feature 6.1: Interface Amigável e Intuitiva

User Story 6.1.1: Como utilizador, quero utilizar uma interface gráfica intuitiva, para navegar e realizar análises de forma simples e eficiente.

Feature 6.2: Responsividade da Interface

User Story 6.2.1: Como utilizador, quero que a interface seja adaptável a diferentes dispositivos (computadores, tablets, smartphones), sem perda de funcionalidades ou clareza visual.

Feature 6.3: Compatibilidade com Sistemas Operativos

User Story 6.3.1: Como utilizador, quero que a aplicação funcione em diferentes sistemas operativos, para garantir o acesso a uma variedade de plataformas e dispositivos.

3.1.2 Enumeração de Requisitos

Nesta secção apresentamos os requisitos enumerados na Tabela 1.

Tabela 1- Enumeração de requisitos

Número	Requisito	Tipo
1.	Capacidade de carregar numa série temporal de caudal e os seus metadados (nome, geolocalização, DN, tipo de medidor de caudal).	Funcional
2.	Capacidade de exportar os dados dos gráficos para uma folha de Excel.	Funcional
3.	Integrar os métodos implementados no TFC anterior: pré-processamento dos dados, preenchimento de lacunas e normalização.	Funcional
4.	Visualizar as séries de caudal antes e depois do pré-processamento dos dados/normalização.	Funcional
5.	Capacidade de visualizar as estatísticas calculadas (média,), antes e depois do processamento.	Funcional
6.	Guardar a série e estatísticas numa base de dados, armazenando o seu histórico.	Funcional

7.	Possibilidade de autenticar e registar e redefinir a palavra-pass.	Funcional
8.	Possibilidade de manipular as séries de caudais (zoom, translação, estatísticas de determinadas zonas)	Funcional
9.	Escolher zona do gráfico e ver estatísticas desse intervalo	Funcional
10.	Criar de um ponto de medição	Funcional
11.	Agregar novos dados de um ponto específico a uma série de caudal	Funcional
12.	Associar de uma nova série a um ponto específico	Funcional
13.	Interligar com dados meteorológicos	Funcional
14.	Criar um relatório em PDF .	Funcional
15.	Identificar zonas com padrões semelhantes de séries temporais, usos de água e momentos de picos	Funcional
16.	Comparar entre séries de um ponto de medição.	Funcional
17.	Capacidade de visualizar tendências ao longo do ano, através da decomposição de séries.	Funcional
18.	A aplicação deve ter uma interface gráfica amigável e intuitiva	Não Funcional
19.	A interface deve ser responsiva, adaptando-se a diferentes dispositivos (computadores, tablets, smartphones) sem perda de funcionalidade ou clareza de visualização.	Não Funcional

3.1.3 Diagramas de Use Case

Nesta secção, apresentamos diagramas de use case (Figura 3 a Figura 17) para cada requisito funcional, de modo a facilitar a compreensão do que é pretendido:

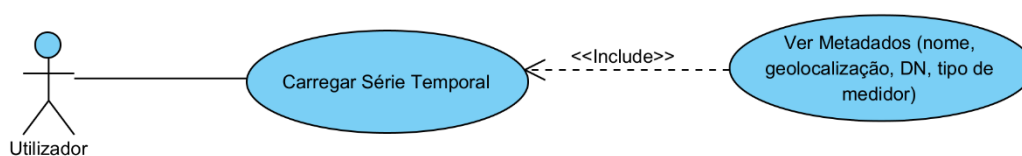


Figura 3- Use case 1

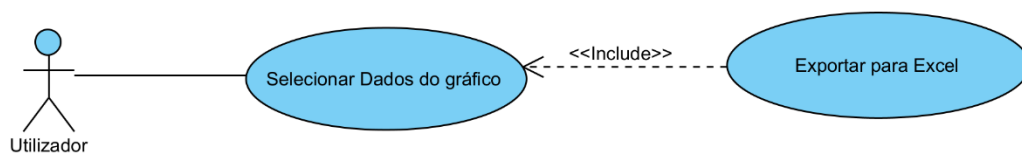


Figura 4- Use case 2

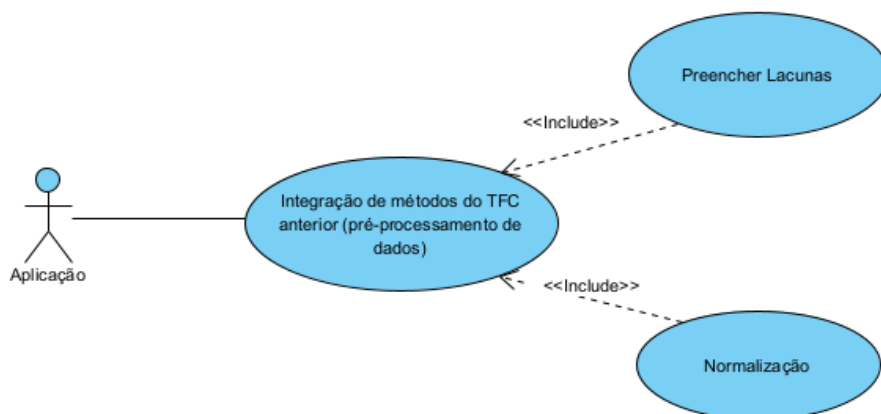


Figura 5- Use case 3

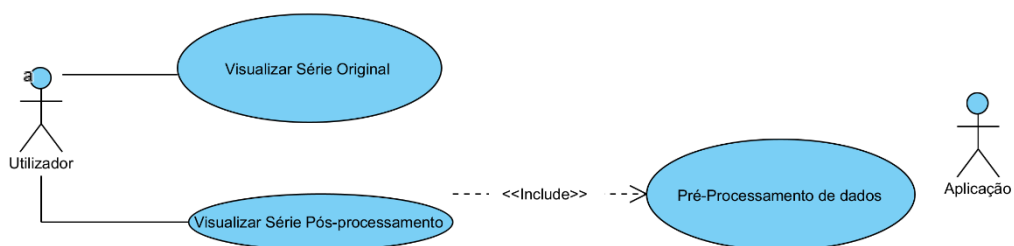


Figura 6- Use case 4

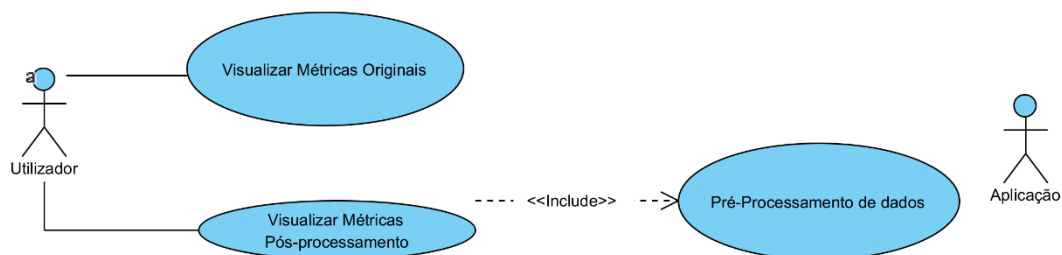


Figura 7- Use case 5

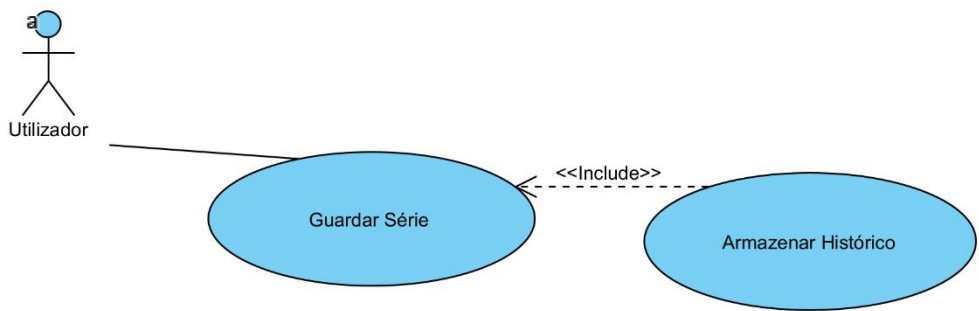


Figura 8- Use case 6

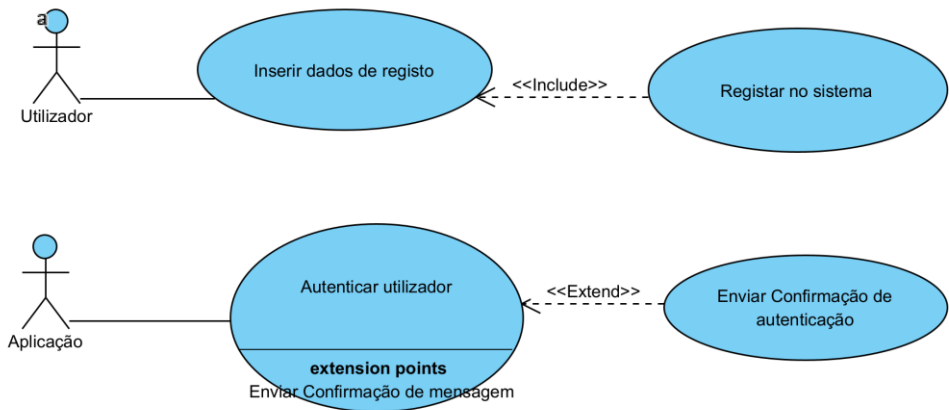


Figura 9- Use case 7

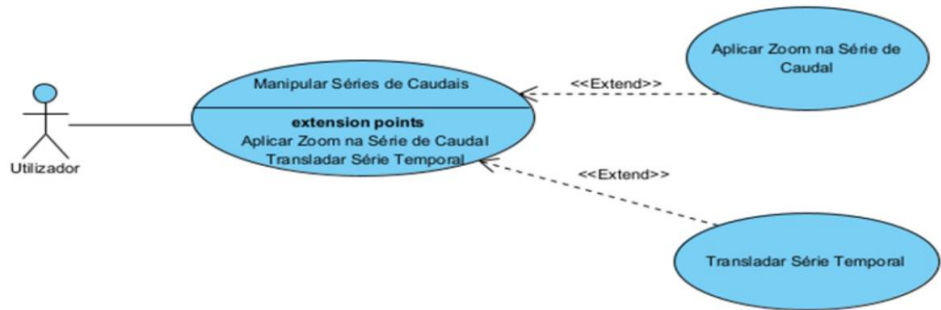


Figura 10- Use case 8

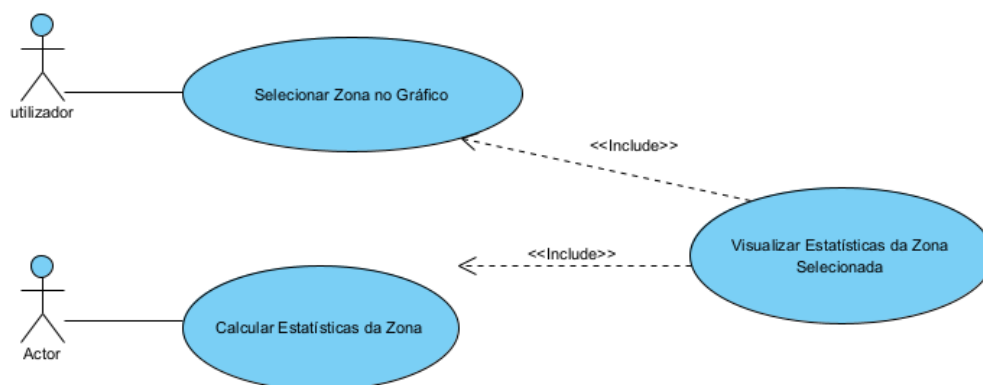


Figura 11- Use case 9

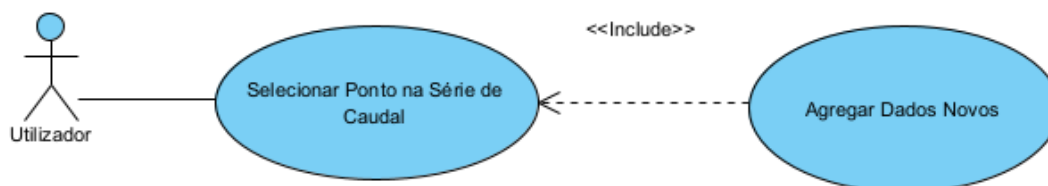


Figura 12- Use case 10

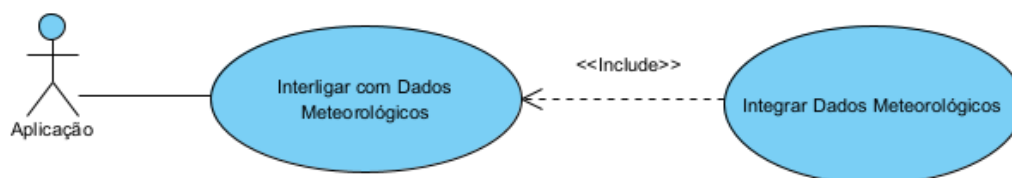


Figura 13- Use case 11

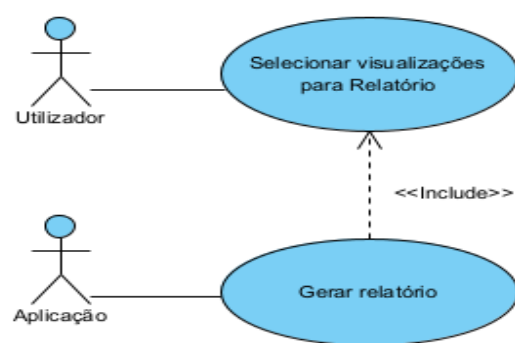


Figura 14- Use case 12

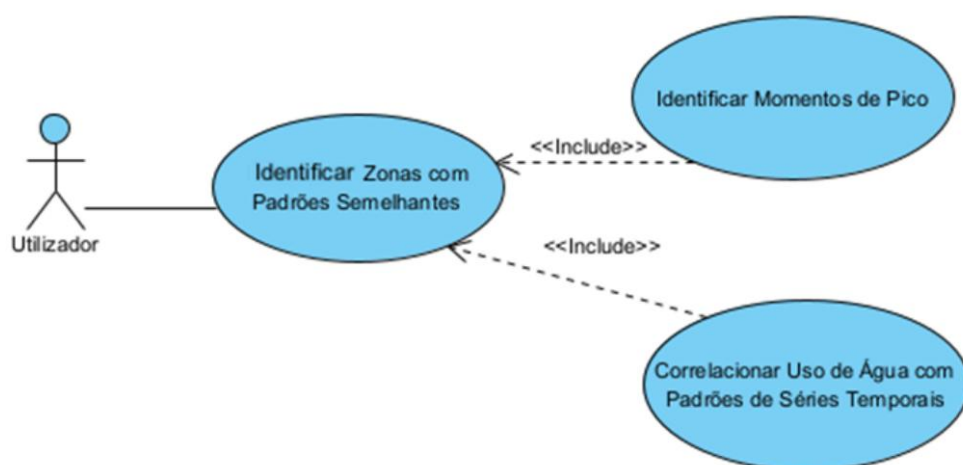


Figura 15- Use case 13

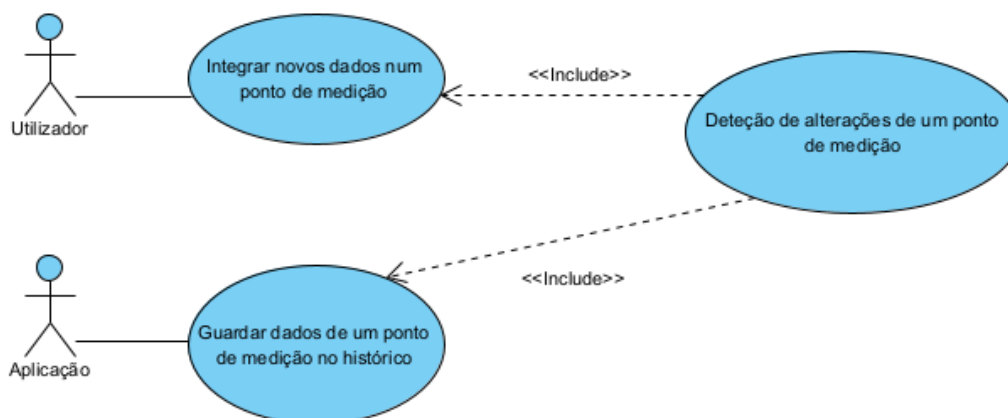


Figura 16- Use case 14

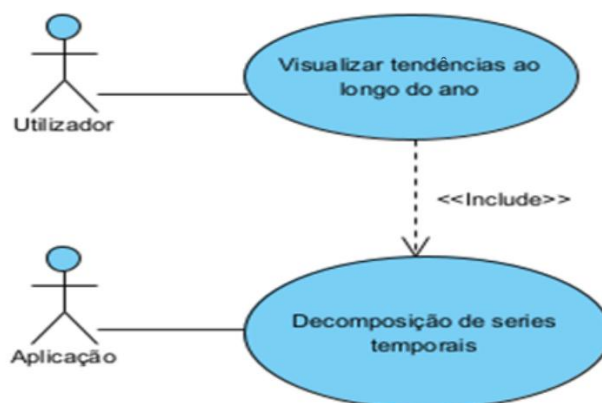


Figura 17- Use case 15

3.2 Modelação

A modelação da base de dados da aplicação foi realizada com base nos princípios dos modelos relacionais, recorrendo a um Diagrama Entidade-Relacionamento (ER) para representar graficamente a estrutura e os relacionamentos entre os principais dados do sistema.

O diagrama apresentado na Figura 18 ilustra a estrutura lógica da base de dados, organizada de forma a suportar o carregamento, armazenamento, processamento e análise de séries

temporais de medições de caudal associadas a pontos de medição em redes de distribuição de água.

Este diagrama foi atualizado com base nos requisitos funcionais do sistema, incluindo funcionalidades implementadas, como a gestão de utilizadores autenticados.

As entidades principais são as seguintes:

Regiao – Armazena informações sobre a região geográfica, incluindo o nome e a localidade. Uma região pode conter vários pontos de medição.

PontoMedida – Representa um ponto de medição de caudal e está associado a uma região. Contém metainformação como tipo de medidor, latitude e longitude.

Serie – Cada ponto de medição pode ter associadas várias séries de medições, sendo esta entidade responsável por agrupar essas séries.

Medicao – Representa uma medição individual de caudal, com valor e timestamp, associada a uma série específica. Esta entidade constitui o registo das medições originais.

MedicaoProcessada – Armazena as medições que foram tratadas (normalizadas ou reconstruídas) com indicação do método utilizado (ex: normalized, jq, tbats), assim como o ano e o timestamp correspondente.

EstatisticaAnual e EstatisticaMensal – Entidades que armazenam os resultados das estatísticas geradas automaticamente com base nas medições (ex: total, média, contagem), para cada ponto de medição, ano, mês e método de tratamento de dados.

Utilizador: esta entidade permitirá que diferentes utilizadores acessem à aplicação com autenticação. Está relacionada com os PontoMedida.

Relacionamentos:

- Uma Região pode conter vários Pontos de Medição.
- Um Ponto de Medição pode ter várias Séries.
- Cada Série tem várias Medições.
- Cada Ponto de Medição pode ter várias Medições Processadas, Estatísticas Anuais e Estatísticas Mensais.
- Um Utilizador pode estar associado a vários Pontos de Medição

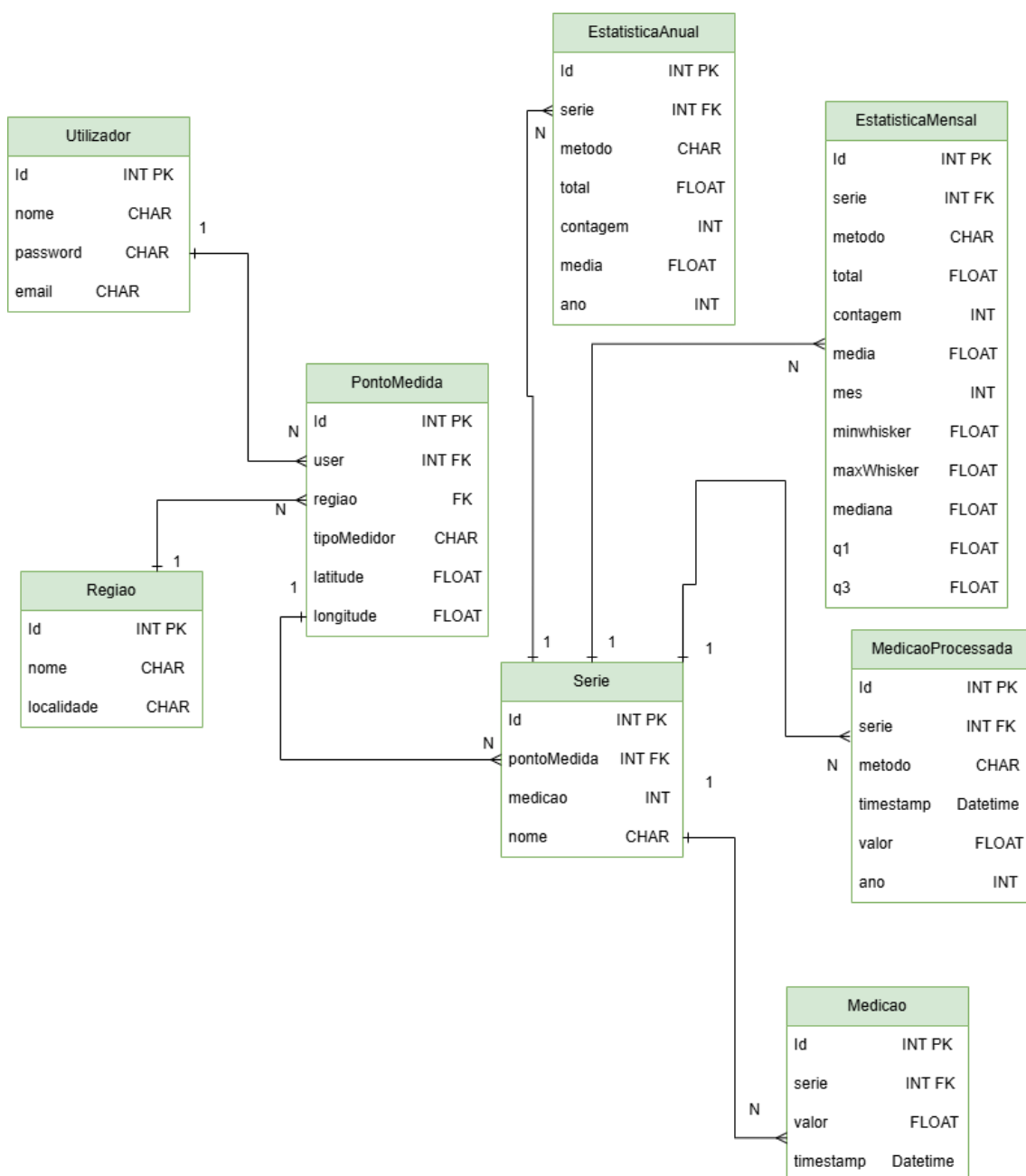


Figura 18- Diagrama entidade-relação

4 Solução Desenvolvida

4.1 Introdução

A solução desenvolvida consiste numa aplicação web funcional, responsiva e interativa, concebida para apoiar a monitorização e análise de séries temporais de caudal em sistemas de distribuição de água. A aplicação permite o carregamento, armazenamento, processamento, visualização e exportação de dados provenientes de ZMCs, contribuindo para uma gestão mais eficiente e fundamentada dos recursos hídricos.

A aplicação encontra-se totalmente implementada e validada, com suporte para três tipos de dados distintos:

- Dados brutos: carregados diretamente a partir de ficheiros Excel submetidos pelos utilizadores, correspondem às medições originais recolhidas no terreno, sem qualquer tipo de tratamento.
- Dados normalizados: resultam da transformação das séries brutas para uma grelha temporal regular de 15 em 15 minutos, com preenchimento de lacunas pontuais através de interpolação linear simples, sempre que possível, utilizando os valores imediatamente anteriores e posteriores.
- Dados reconstruídos: são obtidos a partir das séries normalizadas, através da aplicação de métodos estatísticos avançados — nomeadamente JQ e TBATS — implementados em R e integrados na aplicação via rpy2. Estes métodos permitem estimar valores em séries com falhas extensas ou padrões irregulares, garantindo maior continuidade e fiabilidade na análise.

Adicionalmente, a aplicação disponibiliza funcionalidades como a geração automática de estatísticas mensais e anuais, visualização interativa através de gráficos e mapas, exportação de dados para Excel e geração de relatórios em formato PDF, proporcionando uma ferramenta completa para apoio à análise e tomada de decisão em contexto técnico-operacional.

A Figura 19 apresenta o fluxo geral de funcionamento da aplicação, desde o carregamento dos dados até à visualização e exportação final:

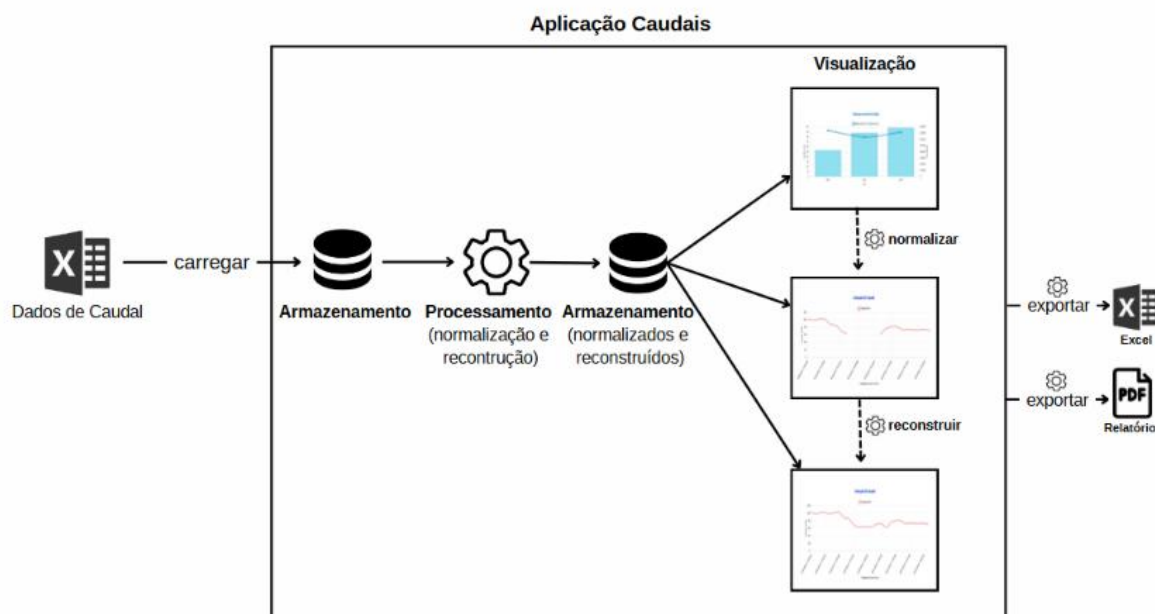


Figura 19- Fluxo funcional da aplicação Caudais

4.2 Ambiente de desenvolvimento

O desenvolvimento da aplicação foi inicialmente realizado num ambiente virtual local isolado, criado com recurso ao Miniconda [MC25], o que permitiu uma gestão eficaz das dependências e facilitou a instalação de bibliotecas específicas, essenciais para o correto funcionamento da solução. Este ambiente foi utilizado ao longo de toda a fase de implementação e testes.

No ambiente virtual foram instaladas as principais tecnologias e bibliotecas necessárias ao funcionamento da aplicação, nomeadamente:

- Python 3 – linguagem principal utilizada no back-end;
- Django – framework web que estrutura o projeto segundo o padrão MVC (Model-View-Controller), facilitando a organização do código;
- Pandas e NumPy – bibliotecas essenciais para a manipulação de dados temporais e cálculo de estatísticas;
- RPy2 – ponte entre Python e R, que permite executar diretamente scripts R a partir do código Python;
- R e os respetivos pacotes necessários à execução dos métodos de reconstrução JQ e TBATS.

Finalizada a implementação, a aplicação foi preparada para produção através da criação de uma imagem Docker personalizada. Esta imagem inclui todas as dependências necessárias, tanto de

Python como de R, bem como os ficheiros do projeto e os comandos de inicialização do servidor Django [DG24] com suporte ao Gunicorn [GUNI].

A aplicação foi inicialmente instalada no servidor da universidade, contudo, devido a limitações de memória e permissões nesse servidor nem todas as funcionalidades puderam ser executadas corretamente, nomeadamente o carregamento de ficheiros excel superiores a 1MB, métodos de reconstrução estatística mais pesados e a geração de relatórios PDF.

Para contornar estas limitações e garantir uma instância funcional completa, foi feito o deploy da aplicação na plataforma Render [RNDR], recorrendo ao plano standard (com 2 GB de RAM e 1 CPU). Nesta plataforma, a imagem Docker personalizada foi carregada e configurada com sucesso, permitindo que a aplicação esteja totalmente funcional e disponível online através do link <https://mydjangoapp-olam.onrender.com>, com todas as funcionalidades ativas e a funcionar corretamente.

4.3 Arquitetura da aplicação

4.3.1 Arquitetura Lógica (Modelo MVT)

A arquitetura da aplicação segue o paradigma cliente-servidor, no qual os utilizadores interagem com a aplicação através de um browser, enquanto o processamento e a lógica de negócio são tratados no servidor. A aplicação foi desenvolvida com recurso à framework Django, adotando o padrão arquitetural MVT (Model-View-Template), demonstrada na Figura 20 e inspirada no padrão clássico Model-View-Controller (MVC) [MVC], que orienta a organização interna do código e a separação clara de responsabilidades.

No modelo MVT:

- O **Model** define a estrutura e o comportamento da base de dados, representando entidades como regiões, pontos de medição, séries temporais, medições brutas, medições processadas (normalizadas ou reconstruídas) e estatísticas agregadas (mensais e anuais). Através destas classes, o Django gera automaticamente as tabelas correspondentes na base de dados.
- As **Views** são responsáveis por tratar os pedidos feitos pelo utilizador, aplicar a lógica de negócio (como o carregamento de ficheiros, o pré-processamento, a normalização ou a reconstrução das séries temporais) e preparar os dados que serão enviados para os templates. Estas vistas funcionam como ponte entre os dados armazenados e o que é apresentado ao utilizador.
- Os **Templates** são ficheiros escritos em HTML, CSS e JavaScript que representam a camada de apresentação da aplicação. São responsáveis por exibir a interface ao utilizador de forma clara e interativa, incluindo tabelas e gráficos com funcionalidades como zoom, seleção de períodos e visualização de estatísticas locais.

A comunicação entre estas camadas segue uma lógica clara: o utilizador acede a uma URL, a qual está associada a uma View que prepara todos os dados necessários e devolve um Template renderizado. Este template apresenta os resultados ao utilizador de forma visual, facilitando a exploração das séries temporais de caudal e dos seus indicadores.

A aplicação utiliza uma base de dados SQLite durante a fase de desenvolvimento, o que simplifica a gestão local de dados. Todos os dados carregados pelo utilizador são armazenados nesta base de dados, incluindo os resultados dos métodos aplicados (como normalização, reconstrução com JQ e TBATS) e as estatísticas geradas automaticamente.

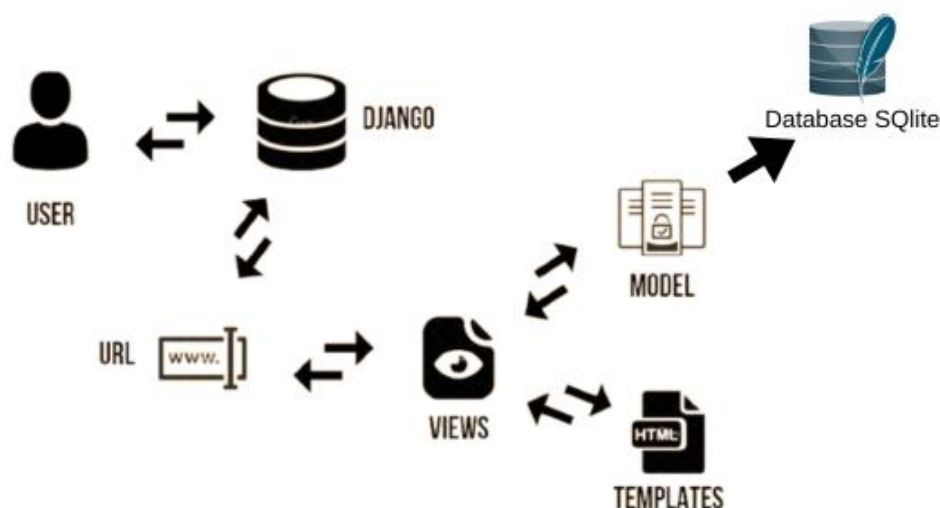


Figura 20-MVT

4.3.2 Arquitetura de Deploy na Produção em Docker

A aplicação foi empacotada como uma imagem Docker [DOCK] personalizada, contendo todas as dependências necessárias, incluindo bibliotecas Python (Django, Pandas, RPy2), o código fonte com os scripts R (JQ e TBATS) e os ficheiros estáticos pré-compilados. Esta imagem é construída localmente e enviada para a plataforma Render, que atua como ambiente de alojamento na produção.

A plataforma Render disponibiliza um ambiente cloud compatível com containers Docker, oferecendo automaticamente funcionalidades de infraestrutura essenciais, como:

- Reverse proxy com HTTPS automático
- Gestão de domínios personalizados
- Escalabilidade vertical (CPU e memória)
- Monitorização e restart automático em caso de falhas

Na fase de produção, o Gunicorn é utilizado como o servidor de aplicação WSGI. Este servidor corre dentro do container Docker e é responsável por processar os pedidos Django. O Gunicorn está configurado para escutar na porta 3000, e o proxy da Render encaminha todos os pedidos HTTPS externos para esse endpoint interno.

Importa referir que, devido ao reverse proxy nativo disponibilizado pela plataforma Render, não foi necessário instalar ou configurar manualmente um servidor Nginx [NGIN] no interior do

container Docker. Este proxy integrado é responsável por gerir as conexões HTTPS, encaminhar as requisições externas para o servidor de aplicação (Gunicorn) e atuar como intermediário entre os utilizadores e a aplicação web, desempenhando assim as funções tradicionalmente atribuídas ao Nginx .

Relativamente à base de dados, optou-se por manter o SQLite também no ambiente de produção. Esta decisão foi tomada por simplicidade e rapidez de configuração. No entanto, a estrutura da aplicação foi desenvolvida de forma a permitir, no futuro, uma migração transparente para um sistema mais robusto, como o PostgreSQL, caso as exigências técnicas venham a justificar essa necessidade.

O plano escolhido na Render foi o plano Standard, com 2 GB de RAM e 1 CPU dedicado, o que garante memória suficiente para o carregamento e processamento de séries temporais extensas, incluindo chamadas aos scripts R via RPy2. A performance observada na produção tem-se mostrado estável e adequada aos requisitos da aplicação.

Para uma melhor compreensão da arquitetura de deploy em produção, apresenta-se a seguir um esquema ilustrativo da solução na Figura 21:

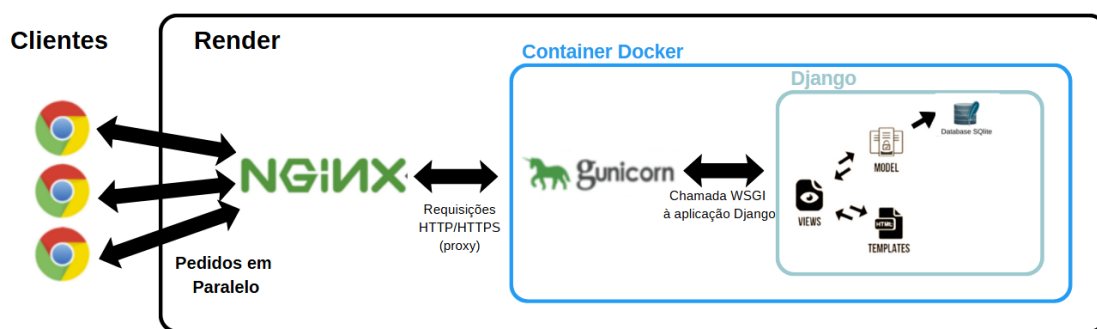


Figura 21 – Arquitetura de deploy em produção

4.4 Integração dos Métodos do TFC Anterior

Os métodos JQ e TBATS, utilizados para a reconstrução de séries com falhas, foram herdados do TFC de Leandro Pinheiro. Contudo, o código original estava preparado para séries de apenas um ano, o que obrigou a diversas alterações para suportar séries de vários anos. Além disso a função de normalização original não estava funcional, pelo que foi completamente reescrita.

4.5 Tecnologias utilizadas

A aplicação foi desenvolvida com as seguintes tecnologias:

- **Backend:**
 - **Python 3** – Linguagem principal usada para o back-end.
 - **Django** – Framework web baseada no padrão MVT (Model-View-Template).
 - **RPy2** – Biblioteca que permite executar scripts R diretamente no Python.
 - **Pandas & NumPy** – Para processamento e análise de séries temporais.
 - **SQLite** – Base de dados utilizada.

- **Script R** – com métodos JQ e TBAST importados do TFC anterior e integrados ao projeto com adaptações.
 - **Docker**- Utilizado para empacotar a aplicação e todas as suas dependências num ambiente isolado e portátil, facilitando a replicação e o deploy em produção.
 - **Render**- Plataforma cloud onde a aplicação foi alojada em ambiente de produção. Fornece suporte a containers Docker, reverse proxy automático com HTTPS, escalabilidade e reinicialização automática em caso de falha
-
- **Frontend:**
 - **HTML** – Para estruturação das páginas nos templates Django.
 - **CSS** – Para estilização
 - **JavaScript** – Para interatividade (ex: gráficos, ações no menu).
 - **Chart.js** – Biblioteca JS usada para visualização de gráficos interativos.
 - **Font Awesome** – Ícones visuais (menu, exportar, etc.).
 - **Leaflet.js** – Para visualização de mapas interativos.

4.6 Organização de código e Integração de componentes

Como já foi referido na secção *Arquitetura Lógica (Modelo MVT)*, a implementação da aplicação baseia-se na estrutura modular promovida pela framework Django o que permitiu uma separação clara entre a lógica de dados (modelos), lógica de controlo (views), rotas de navegação (urls) e a interface gráfica (templates). Nesta secção, são apresentados excertos de código utilizados no desenvolvimento da aplicação, de forma a ilustrar o funcionamento e a integração das suas principais componentes.

4.6.1 Models

O ficheiro **models.py** define as estruturas da base de dados. Cada classe corresponde a uma tabela, e os atributos representam os campos dessas tabelas. Por exemplo:

```
class PontoMedida(models.Model):
    regiao = models.ForeignKey(Regiao, on_delete=models.CASCADE, related_name='pontoMedida')
    tipoMedidor=models.CharField(max_length=100)
    latitude = models.FloatField(null=True, blank=True)
    longitude = models.FloatField(null=True, blank=True)
    def __str__(self):
        return f'Ponto de Medida {self.id} - {self.regiao}'
```

Figura 22- Exemplo de código models

Este modelo representa os pontos de medição, com ligação à tabela Regiao através de uma chave estrangeira (FK). Estas tabelas são utilizadas para relacionar medições com regiões específicas.

4.6.2 Views

O ficheiro views.py contém a lógica de negócio da aplicação. As views tratam os pedidos HTTP, interagem com os modelos e preparam os dados para serem renderizados nos templates. Por exemplo:

```
def dashboard(request):
    conversion.set_conversion(default_converter + pandas2ri.converter)
    # Get query parameters
    selected_year = request.GET.get('year')
    selected_ponto_medicao_id = request.GET.get('ponto_medicao')
    data_type = request.GET.get('data_type', 'raw') # default para raw
    recon_method = request.GET.get('recon_method', 'jq')
```

Figura 23- Exemplo 1 de código views

```
if estatisticas_anuais.exists():
    for e in estatisticas_anuais:
        years.append(e.ano)
        totals.append(e.total)
        counts.append(e.contagem)
        avg_values.append(e.media)
else:
    # Query yearly data from raw Medicao records
    yearly_data = Medicao.objects.filter(serie__ponto_medida=selected_ponto_medicao).annotate(
        year=ExtractYear('timestamp')
    ).values('year').annotate(
        total_valor=Sum('valor'), count=Count('id'), avg_valor=Avg('valor')
    ).order_by('year')

    years = [entry['year'] for entry in yearly_data]
    counts = [entry['count'] for entry in yearly_data]
    totals = [entry['total_valor'] for entry in yearly_data]
    avg_values = [round(entry['avg_valor'], 2) for entry in yearly_data]
    guardaEstatisticaAnual(zip(years, totals, counts, avg_values), data_type, selected_ponto_medicao)
# Set default year if none is provided
if selected_year:
    try:
        selected_year = int(selected_year)
    except ValueError:
        selected_year = None
else:
    selected_year = years[-1] if years else None
```

Figura 24- Exemplo 2 de código views

```
# Prepare context for charts
context = {
    'pontos_medicao': pontos_medicao,
    'selected_ponto_medicao': selected_ponto_medicao,
    'years': years,
    'counts': counts,
    'totals': totals,
    'avg_values': avg_values,
    'selected_year': selected_year,
    'month_labels': month_labels,
    'month_counts': month_counts,
    'month_totals': month_totals,
    'month_avg': month_avg,
    'data_type': data_type, # So template can reflect the selected option
    'month_names': month_names,
    'recon_method': recon_method,
}

return render(request, 'caudais/dashboard.html', context)
```

Figura 25- Exemplo 3 de código views

Esta view prepara os dados a partir da base de dados, aplicando filtros com base nos parâmetros de entrada, e envia-os para o template correspondente.

4.6.3 Urls

O ficheiro urls.py define os caminhos que podem ser acedidos na aplicação. Exemplo:

```
app_name = 'caudais'
urlpatterns = [
    path('upload_medicoes/', views.upload_medicoes, name='upload_medicoes'),
    path('dashboard/', views.dashboard, name='dashboard'),
    path('exportar_excel/', views.exportar_excel, name='exportar_excel'),
]
```

Figura 26- Exemplo de código urls

Estes caminhos são invocados pelos utilizadores no browser e dirigem o pedido à view correspondente.

4.6.4 Templates

Os templates HTML apresentam os dados ao utilizador final. Utilizam a linguagem de templates do Django para incorporar variáveis e estruturas de controlo. Exemplo:

```
<form action="{% url 'caudais:dashboard' %}" method="get">
  <label for="ponto_medicao">Ponto:</label>
  <select name="ponto_medicao" id="ponto_medicao">
    <option value="">Selecione</option>
    {% for ponto in pontos_medicao %}
      <option value="{{ ponto.id }}" {% if ponto.id == selected_ponto_medicao.id %}selected{% endif %}>
        {{ ponto.regiao.nome }} - {{ ponto.regiao.localidade }} : P{{ ponto.id }}
      </option>
    {% endfor %}
  </select>

  <label for="data_type">Tipo:</label>
  <select name="data_type" id="data_type">
    <option value="raw" {% if data_type == 'raw' %}selected{% endif %}>Não Processados</option>
    <option value="normalized" {% if data_type == 'normalized' %}selected{% endif %}>Normalizados</option>
    <option value="reconstruido" {% if data_type == 'reconstruido' %}selected{% endif %}>Reconstruídos</option>
  </select>
</form>
```

Figura 27- Exemplo de código templates

Neste excerto, é renderizado um formulário que permite ao utilizador escolher um ponto de medição e o tipo de dados a visualizar podendo ser dados não processados (raw), normalizados (normalized) ou reconstruídos (reconstruido). Estas escolhas são enviadas como parâmetros para a view dashboard, que posteriormente processa os dados e atualiza os gráficos apresentados.

4.7 Interfaces

A aplicação possui uma interface web simples, responsiva e intuitiva, acessível a partir de qualquer browser. Esta secção apresenta as principais páginas da aplicação, acompanhadas de capturas de ecrã, com uma breve descrição das suas funcionalidades.

4.7.1 Página inicial (Home)

A página inicial apresenta o nome da aplicação e uma breve descrição das suas funcionalidades, funcionando como ponto de entrada e orientação para o utilizador. Adicionalmente, inclui um mapa interativo com marcadores correspondentes aos pontos de medição criados, permitindo visualizar informações relevantes de cada ponto diretamente no mapa.

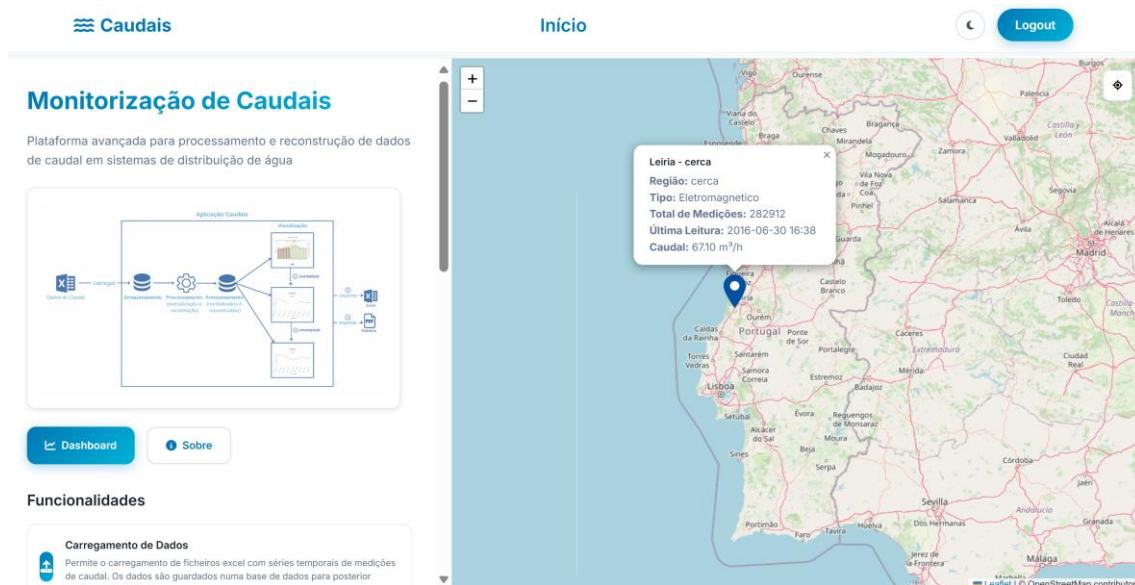


Figura 28- Página Inicial

4.7.2 Página do dashboard

O dashboard permite ao utilizador visualizar medições de caudal em formato gráfico, com filtros por ponto de medição, ano, tipo de série (não processada (bruta), normalizada ou reconstruída) e ano. É ainda possível ativar um modo de comparação, que exibe séries adicionais lado a lado para análise comparativa. A interface permite alternar entre os diferentes modos de visualização, exportar os dados para ficheiro Excel e gerar relatórios em formato PDF com os gráficos e estatísticas associadas.

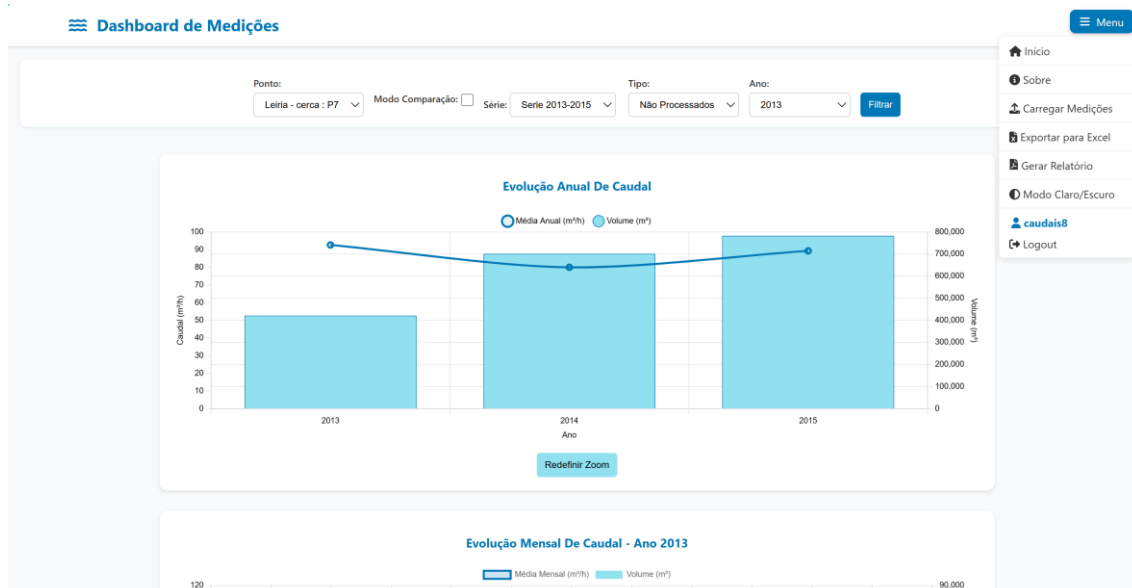


Figura 29- Página Dashboard (modo comparação não seleccionado)

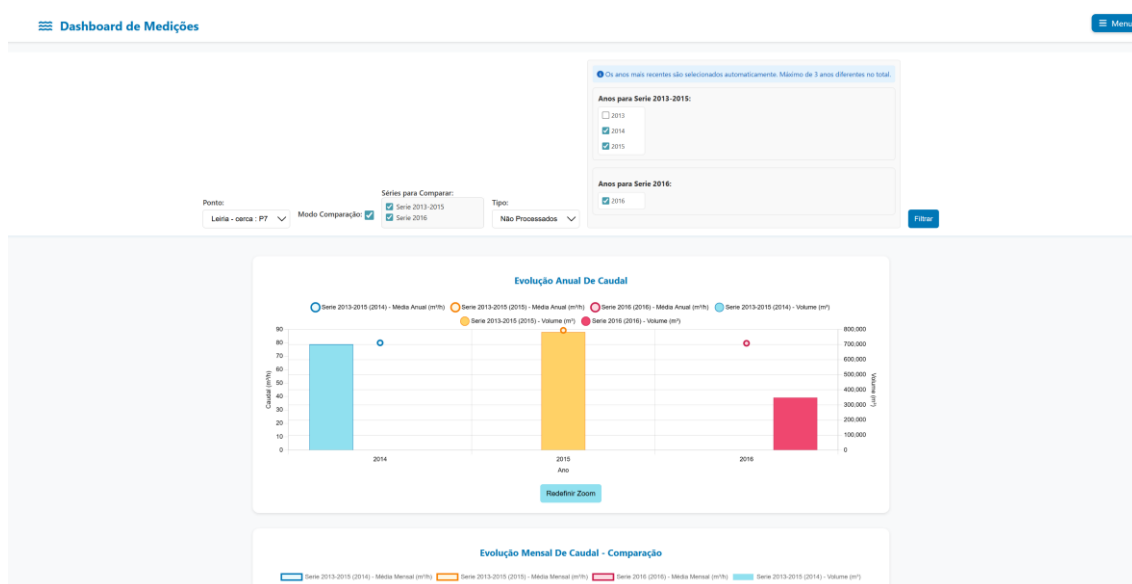


Figura 30- Página Dashboard (modo de comparação seleccionado)

4.7.3 Página de carregamento de dados

Este processo foi dividido em três páginas dedicadas para guiar o utilizador e garantir a integridade dos dados carregados.

Criação de Ponto de Medição

Permite ao utilizador criar um novo ponto de medição associado a uma região e coordenadas.

The screenshot displays a web form titled "Carregamento De Medições". At the top, there is a blue button labeled "Ir para Dashboard". The form is divided into several sections:

- Modo de Carregamento:** This section contains three radio button options. The first option, "Criar novo ponto de medição", is selected. The other two options are "Criar nova série em ponto existente" and "Adicionar valores a uma série existente".
- Informações da Série:** This section has a label "Nome:" followed by a text input field with placeholder text "Insira um nome descritivo.Ex: Serie 2013-2015".
- Informações da ZMC:** This section has two labels: "Nome:" and "Localidade:", each followed by a text input field with placeholder text "Insira o nome da região" and "Insira a localidade da região" respectively.
- Informações do Ponto de Medição:** This section has three labels: "Tipo de Medidor:", "Latitude (Opcional):", and "Longitude (Opcional):", each followed by a text input field with placeholder text "Insira o tipo de medidor", "Insira a latitude", and "Insira a longitude" respectively.
- Carregamento de Ficheiro Excel:** This section includes a blue button with a download icon and the text "Baixar exemplo válido excel". Below it, there is a label "Ficheiro Excel:" followed by a file upload interface showing a "Choose File" button and the text "No file chosen".

At the bottom of the form, there is a blue button labeled "Enviar".

Figura 31- Página Carregamento Medições (criar ponto)

Associação de série a um ponto existente

Permite criar uma nova série de caudal associada a um ponto de medição já existente, sem alterar as séries já armazenadas nesse ponto. Cada série criada terá o seu próprio identificador e será independente das outras séries do mesmo ponto.

Carregamento De Medições

[Ir para Dashboard](#)

Modo de Carregamento

☐ Criar novo ponto de medição

☒ Criar nova série em ponto existente

☐ Adicionar valores a uma série existente

Informações da Série

Ponto de Medição:

Nome da Série:

Carregamento de Ficheiro Excel

[Baixar exemplo válido excel](#)

Ficheiro Excel:
 No file chosen

[Enviar](#)

Figura 32- Página Carregamento Medições (associar série a ponto)

Adicionar novos valores a uma série existente

Esta interface permite acrescentar dados adicionais de caudal a uma série temporal que já existe na base de dados. É utilizada, por exemplo, quando um utilizador obtém novas medições para um intervalo temporal posterior e deseja prolongar ou completar uma série previamente carregada.

Não cria uma nova série, apenas adiciona valores a uma série previamente selecionada.

Carregamento De Medições

[Ir para Dashboard](#)

Modo de Carregamento

Criar novo ponto de medição ☐

Criar nova série em ponto existente ☐

Adicionar valores a uma série existente ☒

Informações da Série

Ponto de Medição:
Selecione um ponto

Série Existente:
Selecione um ponto de medição primeiro

Carregamento de Ficheiro Excel

[Baixar exemplo válido excel](#)

Ficheiro Excel:
 No file chosen

[Enviar](#)

Figura 33- Página Carregamento Medições (adicionar valores)

5 Teste e Validação

A aplicação desenvolvida foi sujeita a um processo completo de testes funcionais, com o objetivo de garantir que todas as funcionalidades implementadas cumprem os requisitos definidos e que o sistema se comporta de forma estável e fiável, tanto em ambiente de desenvolvimento como em produção.

Durante o desenvolvimento, os testes foram inicialmente conduzidos num ambiente controlado com Miniconda, garantindo a instalação isolada de todas as bibliotecas e ferramentas necessárias. Posteriormente, com a criação da imagem Docker e o deploy na plataforma Render, a aplicação foi novamente validada num ambiente de produção real.

Foram testadas com sucesso todas as funcionalidades principais da aplicação, nomeadamente:

- A aplicação dos algoritmos de normalização (com interpolação linear) e reconstrução (JQ e TBATS) sobre as séries brutas;
- O correto carregamento e armazenamento de séries de caudal e respetivos metadados, nos três formatos: brutos, normalizados e reconstruídos (JQ e TBATS);
- A visualização interativa das séries temporais, antes e depois do processamento;
- O modo de comparação de séries e as estatísticas automáticas agregadas;
- A exportação dos dados e gráficos para Excel;
- A geração de relatórios em PDF;
- A autenticação e gestão de utilizadores;
- A agregação de novos dados em séries existentes.

Além disso, foi construído um guião de Testes detalhado (ver *Anexo 2*), que lista todos os testes efetuados com os respetivos cenários, dados de entrada e resultados esperados. Todos os testes foram concluídos com sucesso.

A validação confirma que a aplicação é funcional, estável e cumpre os objetivos definidos, podendo ser utilizada como base sólida para exploração futura, incluindo possíveis melhorias como a integração de dados meteorológicos ou migração para uma base de dados mais robusta.

6 Benchmarking

No mercado, existem diversas aplicações que oferecem soluções para a monitorização e análise de dados hídricos, como **Waterwise**, **Baseform** e **WONE** (da Epal). Essas plataformas são projetadas para detetar possíveis problemas que causam perdas de água e garantir uma distribuição eficiente, proporcionando a visualização de dados. No entanto, ao contrário da nossa aplicação, essas soluções lidam com dados em tempo real, focando mais na monitorização contínua e na deteção imediata de anomalias.

6.1 Waterwise

O **Waterwise** [WW24] é uma plataforma focada na monitorização em tempo real de consumo de água e deteção de anomalias, com ênfase na eficiência hídrica e redução de desperdícios. Oferece alertas automáticos sobre fugas e picos de consumo. Embora possua uma interface de visualização de dados, não oferece funcionalidades como manipulação de gráficos ou análises históricas detalhadas.

A principal diferença em relação à nossa aplicação é que o **Waterwise** foca mais em monitorização operacional e alertas em tempo real, enquanto a nossa aplicação lida com análises históricas e manipulação de dados de caudal.

Segue abaixo, uma amostra desta plataforma, demonstrada na Figura 34.

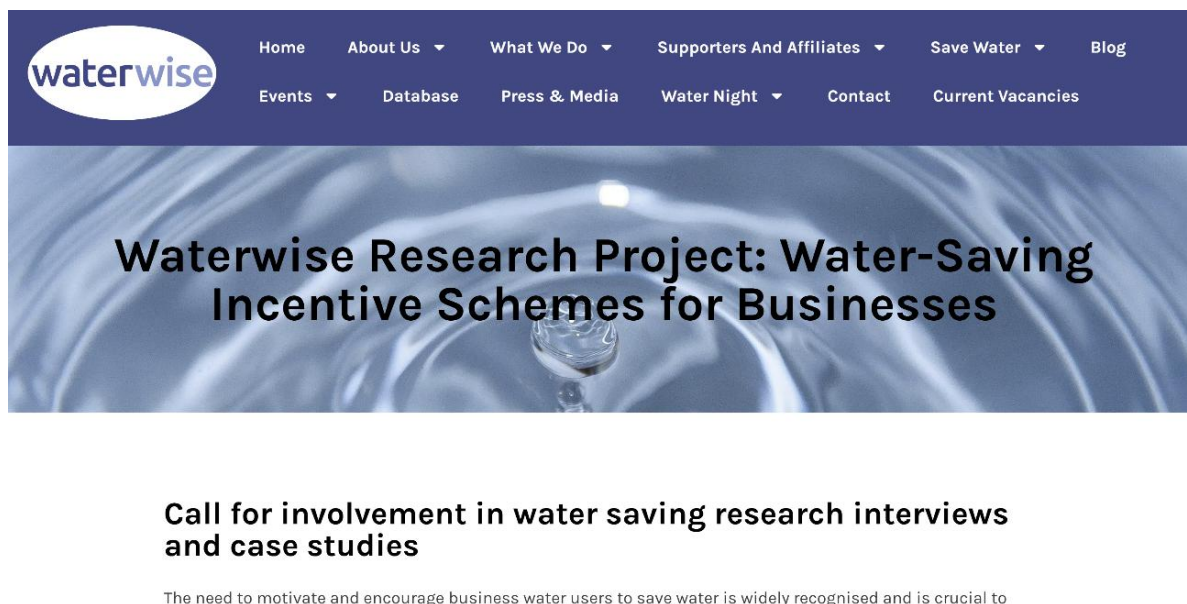


Figura 34- Waterwise

6.2 Baseform

A **Baseform** [BF24] é a plataforma que oferece funcionalidades mais semelhantes à nossa, pela sua robusta análise de séries temporais de caudal. Oferece funcionalidades como o zoom e a translação de gráficos, além da geração de relatórios em PDF, o que o torna altamente compatível com os requisitos da nossa aplicação.

Embora ela possa lidar com dados em tempo real, o seu foco principal é mais voltado para a análise retrospectiva e o uso de dados históricos para detetar padrões e tendências ao longo do tempo. A **Baseform** também permite a exportação de dados para Excel e proporciona uma visualização interativa, facilitando a análise detalhada de dados históricos.

Comparando à nossa solução, ambos os sistemas se focam na manipulação de dados e gráficos interativos, na visualização de séries temporais e na criação de relatórios, o que sublinha a sua similaridade.

Segue abaixo, uma amostra desta plataforma, demonstrada na Figura 35.



Figura 35- Baseform

6.3 Wone App

O **WONE** [WA24] é uma aplicação inovadora voltada para a monitorização em tempo real de redes de distribuição de água, com o foco na otimização do uso da água e na minimização de perdas. A sua principal funcionalidade é a emissão de alertas automáticos, permitindo rapidamente detetar falhas e anomalias. Além disso, a plataforma fornece um dashboard interativo para a visualização clara de dados em tempo real.

Apesar de o WONE ser altamente direcionado para o controle de alertas contínuos, também inclui capacidades de visualização interativa que permite a manipulação de dados. Ainda assim, o seu foco é mais voltado para a gestão de redes de distribuição do que para a análise histórica ou detalhada de séries temporais.

Segue abaixo, amostras desta aplicação, demonstradas na Figura 36.



Figura 36- Wone App

6.4 Tabela de Comparação de funcionalidades

Tabela 2- Tabela de Comparação das funcionalidades entre a nossa app e outras

Número	Funcionalidades	Waterwise	Baseform	Wone APP	Nossa APP
1.	Capacidade de carregar numa série temporal de caudal e os seus metadados (nome, geolocalização, dn, tipo de medidor de caudal).		X	X	X
2.	Capacidade de exportar os dados das tabelas para uma folha de Excel.		X		X
3.	Integração dos métodos implementados do TFC anterior: pré-processamento dos dados, normalização e preenchimento de falhas.		X		X
4.	Visualização dos dados antes e depois do pré-processamento dos dados/normalização.		X		X
5.	Visualizar métricas calculadas (ex. média) antes e depois do processamento		X		X
6.	Guardar dados, armazenando o seu histórico.		X	X	X
7.	Possibilidade de autenticar e registar.		X	X	X
8.	Possibilidade de manipular dados ou gráficos(zoom , transladar, estatísticas		X		X

	de determinadas zonas).				
9.	Escolher zona do gráfico e ver estatísticas desse zoom.		X		X
10.	Agregar dados novos de um ponto específico da série de caudal.		X	X	X
11.	Interligar com dados meteorológicos.		X		X
12.	Criar um relatório em PDF com base em visualizações escolhidas.		X		X
13.	Identificação de zonas com padrões semelhantes de séries temporais, usos de água e momentos de picos.		X	X	X
14.	Deteção de alterações num ponto de medição, comparando dados novos integrados com os dados guardados no histórico.		X	X	X
15.	Capacidade de visualizar tendências ao longo do ano, através da decomposição de séries.		X	X	X
16.	Monitorização contínua do consumo de água em tempo real, com foco em eficiência hídrica e redução de desperdícios	X	X	X	
17.	Relatórios automáticos	X		X	

18.	Integração com Sistemas de Gestão de Edifícios (BMS)	X			
19.	Visualização dos dados através de dashboards interativos	X	X	X	

7 Método e Planeamento

7.1 Calendário

Na figura abaixo, representado num diagrama gantt, podemos verificar o timeline do processo de criação da nossa aplicação:

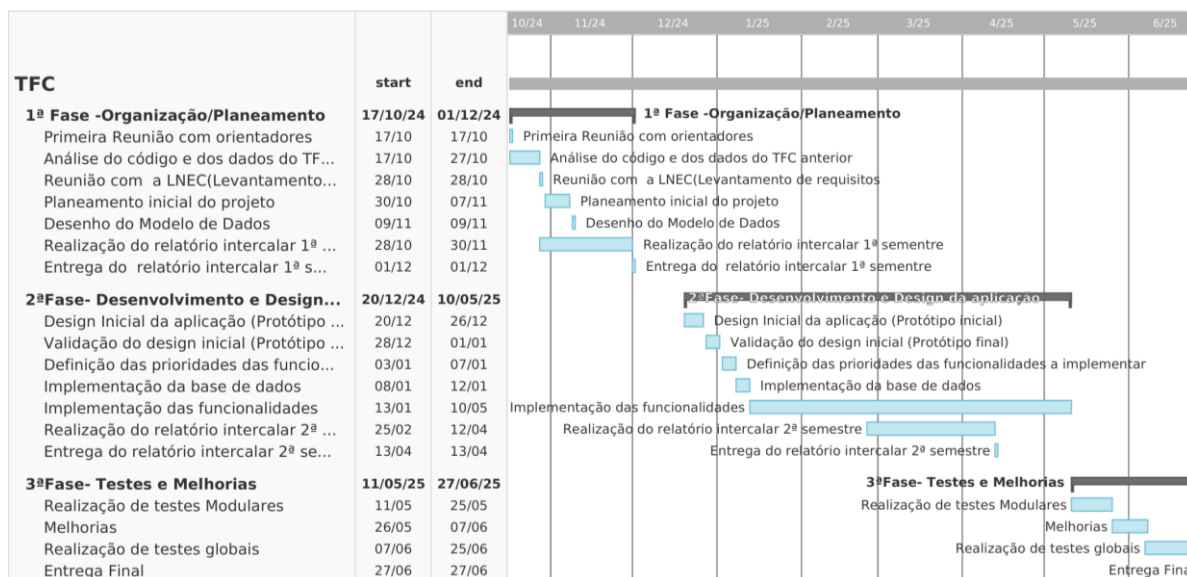


Figura 37- Diagrama Gantt (calendário)

7.2 Planeamento inicial

Na Figura 37, podemos observar o calendário do planeamento da nossa aplicação em três fases principais, detalhadas com tarefas específicas, prazos de início e fim. Na primeira fase, foi feita uma reunião inicial com os orientadores para perceber melhor o projeto e analisar o TFC anterior. Além disso, foi realizado um encontro com o LNEC para obter mais informações (Levantamento de requisitos) e começar a realizar o planeamento inicial do projeto e o desenho do modelo de dados. Esta fase termina com a entrega do relatório intercalar do primeiro semestre.

A segunda fase, envolve o desenvolvimento e design da aplicação. É criado o primeiro protótipo, que passa por uma validação logo em seguida. Depois, são definidas as prioridades para as funcionalidades que serão implementadas, e a base de dados é desenvolvida. As funcionalidades principais do sistema são desenvolvidas, e por fim, esta fase termina com a entrega do relatório intercalar do segundo semestre.

Na terceira e última fase, ocorre a realização de testes e melhorias no sistema. São feitos testes modulares, que analisam partes individuais da aplicação, e depois disso são implementadas melhorias com base nesses testes. A fase termina com a realização de testes globais no final de junho e a entrega final do projeto.

7.3 Análise Crítica ao Planeamento

Apesar de termos seguido um plano de trabalho estruturado e bem definido nas fases iniciais do projeto, o desenvolvimento da aplicação sofreu alguns atrasos significativos, que resultaram na sua entrega na segunda época. Esses atrasos deveram-se a um conjunto de fatores técnicos e organizacionais, conforme descrito abaixo.

Fatores técnicos:

- Integração complexa de scripts R (JQ e TBATS):
A adaptação dos algoritmos desenvolvidos em R para funcionarem de forma integrada no backend Django exigiu alterações substanciais. Foi necessário compreender o funcionamento interno dos scripts, ajustar parâmetros, garantir compatibilidade com rpy2 e tratar erros inesperados. Este processo revelou-se mais demorado do que inicialmente previsto.
- Problema no alojamento no servidor da faculdade:
A aplicação estava inicialmente pensada para ser alojada no servidor da faculdade. No entanto, as limitações de memória e permissões restritas impediram a execução completa da solução. Foram feitas várias tentativas de instalação e testes, que consumiram tempo sem sucesso. Como alternativa, foi necessário recorrer à plataforma Render, criando uma imagem Docker personalizada e ajustando a arquitetura de produção com Gunicorn e o reverse proxy da Render.

Fatores organizacionais:

- Dificuldade na gestão do tempo:
Uma parte significativa dos atrasos também se deveu à falta de planeamento eficaz do tempo ao longo do semestre. Nem sempre foi possível manter um ritmo consistente de trabalho, o que levou à acumulação de tarefas em fases mais avançadas do projeto. Esta má gestão obrigou a um esforço intensivo nas últimas semanas, especialmente para integrar, testar e validar todos os componentes da aplicação.

8 Resultados

8.1 Resultados dos testes

A aplicação desenvolvida foi sujeita a um processo rigoroso de testes funcionais, conforme descrito na secção 5 *Teste e Validação*. Todos os testes definidos no guião de testes (*Anexo 2*) foram executados com sucesso, tanto em ambiente controlado de desenvolvimento (via Miniconda) como em produção (na plataforma Render), cobrindo as funcionalidades nucleares da plataforma:

- Carregamento e armazenamento correto das séries de caudal (brutas, normalizadas e reconstruídas);
- Processamento das séries com interpolação linear (normalização) e algoritmos JQ/TBATS (reconstrução);
- Geração e visualização de estatísticas (mensais, anuais e parciais);
- Exportação de dados e gráficos para Excel e PDF;
- Visualização interativa com modo de comparação e navegação temporal;
- Gestão de utilizadores com autenticação e recuperação de palavra-passe;
- Agregação de dados a séries existentes;
- Comparação de séries do mesmo ponto de medição;

Para além dos testes técnicos, foi também conduzido um teste de usabilidade com base num guião de tarefas (*Anexo 3*) junto de uma colaboradora do LNEC, parte interessada no projeto, com quem foi anteriormente realizado o levantamento de requisitos. O guião incluiu 28 tarefas práticas e uma secção de avaliação global. Os resultados demonstram que:

- Todas as tarefas foram completadas com sucesso.
- A maioria das tarefas foi classificada como fácil ou muito fácil (nível 4 ou 5).
- Foram identificados alguns pontos de melhoria na organização do menu e na performance do filtro, especialmente para séries longas.
- As funcionalidades mais valorizadas foram: comparação de séries, zoom nos gráficos, exportação de dados e estatísticas automáticas.

O feedback recebido validou a eficácia, usabilidade e completude da aplicação desenvolvida.

As respostas detalhadas ao guião de tarefas encontram-se incluídas no *Anexo 4 - Respostas ao guião de tarefas (LNEC)*

8.2 Cumprimento de requisitos

A tabela seguinte apresenta a correspondência entre os requisitos definidos no início do projeto, identificados na secção 3.1.2, e o respetivo estado de implementação na versão final da aplicação. Verifica-se que a grande maioria dos requisitos foi implementada com sucesso, demonstrando o cumprimento dos objetivos estabelecidos. Para cada requisito, é indicado se foi Realizado, Parcialmente Realizado, Não Realizado ou se está Planeado para futura implementação.

Importa ainda destacar que, para além dos requisitos previamente definidos, a aplicação inclui duas funcionalidades adicionais que reforçam a experiência de utilização e a usabilidade:

- **Modo escuro (Dark mode):** a interface adapta-se automaticamente ao tema claro ou escuro do dispositivo do utilizador, contribuindo para maior conforto visual e acessibilidade.
- **Visualização geográfica dos pontos de medição:** um mapa interativo que mostra todos os pontos criados e registados, com detalhes relevantes como nome, localização, total de medições brutas e outras informações associadas. Esta funcionalidade reforça a usabilidade da aplicação e apoia a exploração visual dos dados de forma mais contextualizada.

Tabela 3 - Tabela de requisitos e o seu cumprimento

Nº	Requisito	Tipo	Estado	Justificação
1.	Carregamento de série temporal com metadados	Funcional	Realizado	Totalmente implementado e funcional.
2.	Exportação de dados dos gráficos para Excel	Funcional	Realizado	Funcionalidade incluída na interface do dashboard.
3.	Integração dos métodos JQ e TBATS, e normalização	Funcional	Realizado	Scripts R integrados via rpy2; resultados visíveis e exportáveis.
4.	Visualização das séries antes e depois do pré-processamento	Funcional	Realizado	Disponível no dashboard
5.	Visualização de estatísticas antes e depois do processamento	Funcional	Realizado	Estatísticas mensais e anuais disponíveis nos gráficos.
6.	Armazenamento das séries e estatísticas na base de dados	Funcional	Realizado	Guardado em SQLite com histórico por tipo de série.
7.	Autenticação, registo e	Funcional	Realizado	Sistema completo de autenticação

	recuperação de palavra-pass			com recuperação por email.
8.	Manipulação das séries (zoom, pan (deslocamento), estatísticas locais)	Funcional	Realizado	Disponível no dashboard com Chart.js e seleção de intervalo.
9.	Estatísticas locais de uma zona selecionada do gráfico	Funcional	Realizado	Seleção direta no gráfico com visualização dinâmica de métricas.
10.	Criação de um ponto de medição	Funcional	Realizado	Implementado na interface de carregamento.
11.	Agregação de novos dados a séries existentes	Funcional	Realizado	Implementado na interface de carregamento.
12.	Associação de nova série a ponto existente	Funcional	Realizado	Implementado na interface de carregamento..
13.	Integração com dados meteorológicos	Funcional	Não realizado	Não foi possível concluir a integração com fontes externas.
14.	Geração de relatório em PDF	Funcional	Realizado	Disponível com gráficos e estatísticas incluídas.
15.	Identificação de padrões semelhantes, usos de água e picos	Funcional	Não realizado	Requer algoritmos adicionais de clustering e análise – planeado futuramente.
16.	Comparação entre séries de um mesmo ponto	Funcional	Realizado	Implementado com escolha de série, ano e tipo para visualização conjunta.

17.	Visualização de tendências anuais por decomposição de séries	Funcional	Não realizado	Requer análise temporal adicional – planeado futuramente.
18.	Interface gráfica amigável e intuitiva	Não funcional	Realizado	Interface validada em teste de usabilidade com feedback positivo.
19.	Interface responsiva em múltiplos dispositivos	Não funcional	Realizado	Testada em desktop e smartphone com comportamento adaptativo

9 Conclusão e Trabalhos futuros

9.1 Conclusão

A realização deste TFC permitiu-nos aplicar, consolidar e aprofundar competências técnicas e de gestão de projeto adquiridas ao longo do curso, resultando no desenvolvimento de uma aplicação web funcional dedicada à monitorização e análise de séries temporais de caudal.

Em termos de grau de concretização, a maioria dos objetivos definidos inicialmente foi atingida com sucesso. A aplicação desenvolvida suporta carregamento, normalização e reconstrução de séries, visualização interativa, exportação de dados e estatísticas, e funcionalidades complementares como autenticação e relatórios PDF. Foi ainda possível validar a solução com um membro do LNEC, obtendo feedback positivo quanto à usabilidade e utilidade prática da aplicação.

Relativamente à diferença entre a solução proposta e a solução final, destaca-se a integração de uma nova funcionalidade não prevista inicialmente: a visualização dos pontos de medição num mapa com os respetivos metadados. Esta funcionalidade acrescenta valor à interface e à compreensão geoespacial dos dados, melhorando significativamente a experiência do utilizador.

Ao longo do projeto, registou-se uma clara evolução técnica e conceptual, especialmente na integração entre diferentes tecnologias (Python, Django, R, Docker, Chart.js). Aprendemos também a lidar com desafios reais relacionados com o deploy e a compatibilização de dependências entre linguagens e ambientes distintos, o que representou um crescimento prático significativo.

Se tivéssemos de recomeçar o projeto com o conhecimento atual, uma gestão de tempo mais eficaz teria sido essencial para evitar a entrega em segunda época. Iniciar mais cedo a integração dos algoritmos de reconstrução, bem como a configuração da infraestrutura de deploy, teria permitido antecipar e resolver diversos desafios técnicos. O planeamento inicial subestimou o tempo necessário para a integração das diferentes componentes e a realização de testes finais.

Apesar dos obstáculos, o projeto demonstrou ser tecnicamente viável, útil na prática e com margem para crescimento futuro.

9.2 Trabalhos Futuros

Apesar do elevado grau de cumprimento dos requisitos definidos, existem ainda funcionalidades planeadas inicialmente que não foram implementadas, devido a limitações de tempo e complexidade técnica. No entanto, estas funcionalidades continuam a representar oportunidades claras de evolução e aprofundamento da solução.

Uma das melhorias mais relevantes é a integração com dados meteorológicos, permitindo importar informações externas, como precipitação e temperatura, e relacioná-las com os padrões de caudal. Esta funcionalidade enriqueceria significativamente a análise, ao incorporar variáveis ambientais complementares que influenciam diretamente o comportamento das séries.

Outro desenvolvimento promissor consiste na visualização de tendências anuais por decomposição de séries, através da aplicação de algoritmos que separem componentes de tendência, sazonalidade e ruído. Esta abordagem permitiria uma leitura mais profunda e detalhada da evolução dos caudais ao longo do tempo, revelando padrões que podem não ser evidentes em visualizações tradicionais.

Acresce ainda o potencial da identificação automática de padrões semelhantes, usos de água e momentos de pico, recorrendo a técnicas de clustering. Esta funcionalidade permitiria agrupar séries com comportamentos análogos e detetar automaticamente anomalias, como fugas ou consumos fora do padrão.

Além destas funcionalidades, identificam-se também outras melhorias relevantes para o futuro, como a migração da base de dados de SQLite para PostgreSQL, de forma a garantir maior robustez e escalabilidade e a otimização do tempo de resposta da aplicação, especialmente no carregamento e visualização de séries temporais de maior dimensão.

Bibliografia

- [RLP23] Relatório anterior do aluno Leandro Pinheiro, <https://teses.pythonanywhere.com/media/teses/TFC-21904209.pdf>
- [PA24] Site do pythonAnywhere, <https://www.pythonanywhere.com/> acedido em Nov.2024
- [MC25] Miniconda, <https://www.anaconda.com/docs/getting-started/miniconda/main>, acedido Fev.2025
- [MVC] Modelo MVC, <https://www.geeksforgeeks.org/mvc-framework-introduction/>
- [WW24] Waterwise, <https://www.waterwise.com/>, 2024
- [BF24] Baseform, <https://baseform.com/>, 2024
- [WA24] Wone App, <https://apps.apple.com/pt/app/wone-app/id1505978733> , 2024
- [DG24] Django, <https://www.djangoproject.com/>, 2024
- [AT10] Artigo “Validation and Reconstruction of Flow Meter Data in the Barcelona Water Distribution Network ”, [Validation and Reconstruction of Flow Meter Data](#),2010
- [AT11] Artigo, “Forecasting time series with complex seasonal patterns using exponential smoothing”,[Forecasting time series with complex seasonal patterns using exponential smoothing](#),2011
- [LNEC] Lnec, [Site da Lnec](#),acedido 2025
- [GUNI] Unicorn, [Unicorn - Python WSGI HTTP Server for UNIX](#),2025
- [NGIN] Nginx, [nginx](#),2025
- [RNDR] Site do Render, [Cloud Application Platform | Render](#),2025
- [DOCK] Docker, [Docker: Accelerated Container Application Development](#), 2025
- [DCAU] Link da aplicação no Servidor da Universidade ,<https://caudais.pw.deisi.ulusofona.pt>,2025
- [GITHB] Github, Repositório da aplicação, https://github.com/DEISI-ULHT-TFC-2024-25/TFC-DEISI2078-Aplicacao_para_processamento_de_dados_de_caudal_em_sistemas_de_distribuiçao_de_agua.git,2025
- [RCAU] Link da aplicação no Render, <https://mydjangoapp-olam.onrender.com>,2025
- [VIDEO] Video demonstrativo da aplicação, <https://youtu.be/lm5wLaGEyQM>,2025

Anexo 1 -Formulário

Questionário sobre uma aplicação para processamento de dados de caudal em sistemas de distribuição de água

nicole.harichegroup@gmail.com [Switch account](#)



Not shared

* Indicates required question

Utilizam alguma ferramenta ou software para realizar análises de dados? *

☐ Sim

☐ Não

Quais ferramentas ou softwares que utilizam atualmente para realizar análises de dados de caudais? *

☐ Baseform

☐ Wone App

☐ Waterwise

☐ Other: _____

Consideram útil uma aplicação que permite realizar ações como: *

- Adicionar novos dados em pontos específicos de um setor;
- Calcular estatísticas apenas para um setor específico;
- Guardar informações exclusivas desse setor;
- Gerar relatórios personalizados baseados apenas no setor escolhido?

☐ Sim

☐ Não

Quais ações/funcionalidades seriam úteis para serem adicionadas à aplicação?

Your answer

Quais barreiras ou desafios que enfrentariam ao implementar e utilizar aplicações com essas funcionalidades?

☐ Falta de meios

☐ Falta de pessoal

☐ Other: _____

Submit

Page 1 of 1

Clear form

Anexo 2 – Guião de testes

Funcionalidade	Cenário de Teste	Dados de Entrada	Resultado Esperado	Estado
Upload de Séries	Carregar ficheiro Excel com série de caudal	Ficheiro Excel válido (.xlsx)	Série armazenada com sucesso e visível no dashboard	Testado com sucesso
Normalização	Aplicar normalização a série com intervalos irregulares	Série carregada com dados irregulares	Série convertida para intervalos regulares de 15 minutos e normalizada com base na interpolação linear	Testado com sucesso
Reconstrução - JQ	Reconstruir série com falhas com JQ	Série com falhas + método JQ selecionado	Falhas preenchidas com estimativas do JQ.	Testado com sucesso
Reconstrução - TBATS	Reconstruir série com falhas com TBATS	Série com falhas + método TBATS selecionado	Falhas preenchidas com estimativas do TBATS	Testado com sucesso
Comparação de séries	Comparar séries do mesmo ponto geográfico	Seleção de duas Séries+anos	Comparação das séries selecionados nos anos selecionados	Testado com sucesso
Visualização e manipulação e Gráficos (sem comparação de séries).	Visualizar gráficos antes e depois do processamento(normalizados ou reconstruídos)	Série selecionada no dashboard	Visualização dos gráficos e Interação(zoom com gesto de pinça (em trackpads) zoom por seleção de área no gráfico, deslocament	Testado com sucesso

			o da visualização (pan) com clique e arrasto)	
Visualização e manipulação de Gráficos (com comparação de séries).	Visualizar gráficos antes e depois do processamento(normalizados ou reconstruídos), das séries seleccionadas nos anos seleccionados	Séries +anos seleccionados no dashboard	Visualização dos gráficos, com especificação das séries seleccionadas e Interação(zoom com gesto de pinça (em trackpads) zoom por seleção de área no gráfico, deslocamento da visualização (pan) com clique e arrasto)	Testado com sucesso
Estatísticas Automáticas	Geração e armazenamento de estatísticas anuais/mensais	Série seleccionada + ano escolhido	Estatísticas associadas e mantidas na base de dados e exibidas nos gráficos.	Testado com sucesso
Armazenamento de Dados Normalizados e suas estatísticas	Armazenamento persistente da série após normalização	Série bruta com intervalos irregulares	Série normalizada é guardada na base de dados e acessível no dashboard	Testado com sucesso
Armazenamento de Dados	Armazenamento persistente após reconstrução	Série normalizada com falhas +	Série reconstruída é guardada corretament	Testado com

Reconstruídos (JQ/TBATS)		algoritmo JQ ou TBATS	e na base de dados	sucesso
Exportação para Excel	Exportar série (dados brutos, normalizada, reconstruída) para Excel no modo comparação de séries e modo sem comparação	Série selecionada + botão exportar	Ficheiro .xlsx gerado para download	Testado com sucesso
Associação de nova serie a um ponto selecionado	Associação de uma nova série para um ponto específico selecionado	Ponto selecionado na página de upload + botão de upload	Ponto com uma nova série na base de dados	Testado com sucesso
Agregação de dados numa serie	Agregação de novos dados de caudal para uma série selecionada	Ponto e série selecionados na página de upload + botão de upload	Série com novos dados de caudal na base de dados	Testado com sucesso
Seleção de um intervalo e geração das estatísticas	Selecionar um intervalo de tempo numa série e gerar as suas estatísticas(desvio padrão,média,variância...)	Série selecionada+selecção de um intervalo de tempo	Estatísticas exibidas na dashboard do intervalo selecionado	Testado com sucesso
Autenticação	Utilizador tenta registar e iniciar sessão	Formulário de registo/login preenchido	Utilizador autenticado e sessão iniciada	Testado com sucesso
Recuperação de password	Utilizador solicita recuperação de password	Email recebido para redefinição e encaminhamento para formulário de redefinição de password	Utilizador faz login com nova password redefinida	Testado com sucesso
Logout	Utilizador tenta fazer o logout	Clicar no botão logout	Utilizador com sessão terminada	Testado com sucesso
Relatório em PDF	Geração do Pdf, modo comparação de séries e modo sem comparação	Utilizador seleciona intervalo e clica em exportar PDF	PDF com os gráficos e estatísticas exibidas no dashboard	Testado com sucesso

Responsividade da interface	Aceder à aplicação em dispositivos móveis/tablet.	Utilizador acede à aplicação web em diferentes dispositivos	Interface adapta-se corretamente a diferentes tamanhos de ecrã.	Testado com sucesso
------------------------------------	---	---	---	---------------------

Anexo 3 - Guião de Tarefas

Protocolo de Avaliação – Aplicação Caudais: Guião de Tarefas

Este questionário tem como objetivo orientar os utilizadores na exploração da aplicação *Caudais*, recolhendo contributos valiosos relativamente à sua usabilidade, funcionalidades e desempenho.

A aplicação *Caudais* foi desenvolvida no âmbito do Trabalho Final de Curso (TFC) da Licenciatura em Engenharia Informática (Nicole Arquissandas) e Engenharia Informática de Gestão (Mariana Herculano), na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Este projeto resulta de uma colaboração com o LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, que nos forneceu dados reais de medições de caudal para investigação e desenvolvimento.

A aplicação foi concebida para permitir a visualização, carregamento e comparação de dados de caudal em diferentes pontos geográficos e séries temporais. Ao longo deste teste, será convidado(a) a realizar um conjunto de tarefas práticas que permitirão avaliar a clareza da interface, a eficiência do sistema e o seu funcionamento global.

Nota importante: A aplicação encontra-se atualmente alojada numa plataforma gratuita na nuvem (Render.com). Por este motivo, poderão ocorrer atrasos no carregamento das páginas. Estes não refletem a qualidade da aplicação, mas sim limitações temporárias da infraestrutura usada para efeitos de teste.

Para assegurar uma avaliação completa e rigorosa, solicitamos a utilização desta pasta de dados disponibilizada: [pastaCerca](#).

No final de cada tarefa, poderá indicar o grau de dificuldade (de 1 a 5) e, caso pretenda, deixar comentários adicionais com críticas, sugestões ou observações relevantes.

Agradecemos desde já a sua colaboração e disponibilidade para participar nesta avaliação.

Para qualquer esclarecimento adicional, poderá contactar-nos através dos seguintes endereços de e-mail:

- Nicole Arquissandas – nicole.haricgroup@gmail.com
- Mariana Herculano – marianadordioherculano@gmail.com

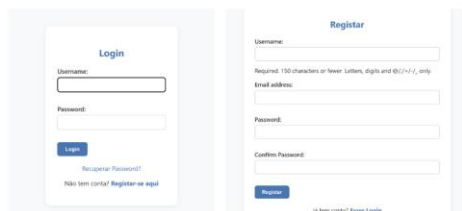
Para aceder à aplicação clique neste link: [Aplicação Caudais](#)

nicole.haricgroup@gmail.com [Switch account](#)

Not shared

Untitled Section

Secção 1: Tarefas a realizar:



Tarefa 1

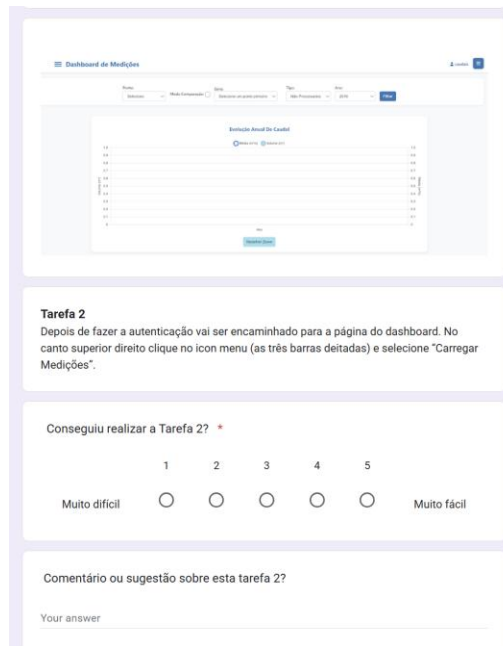
Para começar a utilizar a aplicação é necessário fazer a autenticação. Para isso deve clicar onde diz "Registrar-se aqui", sendo encaminhado para a página de registo demonstrado na imagem acima e de seguida faça o login.

Conseguiu realizar a Tarefa 1? *

1 2 3 4 5
Muito difícil ○ ○ ○ ○ ○ Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 1?

Your answer



Carregamento De Medições

V para Dashboard

Modo de Carregamento

Criar novo ponto de medição

Criar nova série em ponto existente

Adicionar valores a uma série existente

Tarefa 3

Nesta página, crie um ponto de medição. Para isso selecione "Criar novo ponto de medição". Utilize as seguintes informações para criar o ponto:

Informações da Série
 nome: Serie 2013-2015

Informações da ZMC
 nome: Leiria
 localidade: cerca

Informações do Ponto de Medição
 Tipo de Medidor:Eletromagnético
 Latitude : 39.6907611
 Longitude: -8.9267001

Carregamento de Ficheiro Excel

Escolha o excel partilhado "Serie 2013-2015" da pasta cerca.

Quando acabar de preencher os campos clique no botão "Enviar".

Conseguiu realizar a Tarefa 3? *

1

2

3

4

5

Muito difícil

Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 3?

Your answer

⊕

⊖

Criar nova série em ponto existente

○

Adicionar valores a uma série existente

Informações da Série

Ponto de Medição:

Selecione um ponto

Nome da Série:

Ex: Serie 2023-2024

Carregamento de Ficheiro Excel

📄 Baixar exemplo válido excel

Ficheiro Excel:

Choose File No file chosen

Enviar

Tarefa 4

Volte para a página de Carregamento de Medições, e aqui vai associar uma nova série ao ponto criado. Para isso seleccione "criar nova série em ponto existente" (tal como está demonstrado na imagem acima).

Selecione o ponto cerca: Preenche os campos a seguir da seguinte forma:

Nome da Série: Serie 2016

Ficheiro Excel: Escolha o excel "Serie 2016(janeiro a maio)" na pasta cerca

Conseguir realizar a Tarefa 4? *

12345

Muito difícil

○

○

○

○

○

Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 4?

Your answer

Tarefa 5

Na página do dashboard seleccione o ponto cerca, a serie 2013-2015, o tipo "Não processados", o ano 2013 e clique no botão filtrar.

Conseguir realizar a Tarefa 5? *

12345

Muito difícil

○

○

○

○

○

Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 5?

Your answer

Distribuição Mensal do Caudal - Ano 2013

○ Distribuição Mensal

○ Distribuição Z-score

Tarefa 6

Passe com o rato em cima dos gráficos e analise as informações, tal como demonstrado na imagem acima.

Conseguiu realizar a Tarefa 6? *

1

2

3

4

5

Muito difícil

☐

☐

☐

☐

☐

Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 6?

Your answer

Tarefa 7

Experimente fazer zoom num dos gráficos usando o gesto de zoom do seu dispositivo (por exemplo, afastando os dois dedos no touchpad) e depois clique no botão "Redefinir Zoom".

Conseguiu realizar a Tarefa 7? *

1

2

3

4

5

Muito difícil

☐

☐

☐

☐

☐

Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 7?

Your answer

Tarefa 8

No cabeçalho, com esse mesmo ponto, serie e ano seleccione "normalizados" no tipo e filtre.

Conseguiu realizar a Tarefa 8? *

1

2

3

4

5

Muito difícil

☐

☐

☐

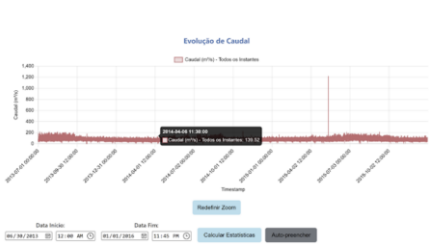
☐

☐

Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 8?

Your answer



Tarefa 9

No Gráfico "Evolução de Caudal" clique no botão "Auto-preencher" e depois "Calcular Estatísticas" e analise as estatísticas geradas.

Conseguiu realizar a Tarefa 9? *

1

2

3

4

5

Muito difícil

☐

☐

☐

☐

☐

Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 9?

Your answer



Tarefa 10
No gráfico demonstrado acima define um intervalo de tempo que queira analisar através do ícons dentro das caixinhas e clique no botão "Calcular Estatísticas".

Conseguir realizar a Tarefa 10? *

Muito difícil

1

2

3

4

5

Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 10?

Your answer



Tarefa 11
Ainda no mesmo gráfico, exprimente uma outra alternativa do zoom, clicando e arrastando com o rato para desenhar um retângulo sobre a área pretendida, como demonstrado na imagem acima.

Conseguir realizar a Tarefa 11? *

Muito difícil

1

2

3

4

5

Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 11?

Your answer

Tarefa 12
No canto superior direito clique icon menu e seleccione "Exportar para Excel".

Conseguiu realizar a Tarefa 12? *

1
2
3
4
5

Muito difícil
☐
☐
☐
☐
☐
Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 12?

Your answer

Tarefa 13

No canto superior direito clique icon menu e seleccione "Gerar Relatório (PDF)"

Conseguiu realizar a Tarefa 13? *

1
2
3
4
5

Muito difícil
☐
☐
☐
☐
☐
Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 13?

Your answer

Tarefa 14

No cabeçalho seleccione agora no mesmo ponto a serie "Serie 2016" e normalizados no tipo e a seguir clique no botão filtrar.

Conseguiu realizar a Tarefa 14? *

1
2
3
4
5

Muito difícil
☐
☐
☐
☐
☐
Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 14?

Your answer

Evolução de Caudal

Reseta Zoom

Tarefa 15

No gráfico 'Evolução de Caudal', faça zoom no dia 1 de março entre as 15:30 e as 17:00. Analise a falha e verifique que não existem dados disponíveis nesse intervalo ao gerar as estatísticas.

Conseguiu realizar a Tarefa 15? *

1
2
3
4
5

Muito difícil
☐
☐
☐
☐
☐
Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 15?

Your answer

Tarefa 16

Exporte o excel e analise a falta de dados nesse intervalo de tempo.

Conseguiu realizar a Tarefa 16? *

1 2 3 4 5

Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 16?

Your answer

Tarefa 17

No cabeçalho no mesmo ponto e serie, seleccione "reconstruídos" como tipo e método JQ, clique em filtrar, no Gráfico "Evolução Caudal" faça zoom no mesmo intervalo mencionado acima e verifique que os dados foram reconstruídos.

Conseguiu realizar a Tarefa 17? *

1 2 3 4 5

Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 17?

Your answer

Tarefa 18

Exporte o excel e analise que os dados foram reconstruídos nesse intervalo.


Conseguiu realizar a Tarefa 18? *

1 2 3 4 5

Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 18?

Your answer



Tarefa 19

Vá a página de Carregamento de Medições e seleccione "Adicionar valores a uma série existente", seleccione o ponto cerca e a serie 2016 e escolha o ficheiro de excel "Serie 2016(adicionar junho)", como demonstrado na imagem acima.

Conseguiu realizar a Tarefa 19? *

1 2 3 4 5

Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 19?

Your answer

Tarefa 20

No cabeçalho clique em modo de comparação, selecione as duas séries disponíveis, selecione os anos 2014,2015 e 2016 para comparar, "normalizados" no tipo, clique em filtrar e analise os gráficos gerados.

Conseguiu realizar a Tarefa 20? *

1 2 3 4 5

Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 20?

Your answer

Tarefa 21

No Gráfico "Evolução de Caudal" define um intervalo de tempo que queira analisar, clique no botão "Calcular Estatísticas" e analise as estatísticas.

Conseguiu realizar a Tarefa 21? *

1 2 3 4 5

Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 21?

Your answer

Tarefa 22

Exporte para o excel e analise as series normalizadas dos 3 anos seleccionados.

Conseguiu realizar a Tarefa 22? *

1 2 3 4 5

Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 22?

Your answer

Tarefa 23

Gere o Relatório (PDF) e analise as informações dos 3 anos seleccionados.

Conseguiu realizar a Tarefa 23? *

1 2 3 4 5

Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 23?

Your answer

Tarefa 24

Agora vá a página de inicio, localize no mapa o ponto de medicao (Leiria-cerca) criado.

Conseguiu realizar a Tarefa 24? *

1

2

3

4

5

Muito difícilMuito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 24?

Your answer

Tarefa 25

Agora faça o logout, ao selecionar "logout", no menu (campo superior direito).

Conseguiu realizar a Tarefa 25? *

1

2

3

4

5

Muito difícilMuito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 25?

Your answer

Login

Username:

Password:

Login

Recuperar Password?

Não tem conta? Registrar-se aqui

Tarefa 26

Exprimente redefinir a sua password ao clicar "Recuperar password", irá receber um email para realizar esse processo.

Conseguiu realizar a Tarefa 26? *

1

2

3

4

5

Muito difícilMuito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 26?

Your answer

Tarefa 27
Agora, faça o login com a nova password.

Conseguiu realizar a Tarefa 27? *

1 2 3 4 5

Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 27?

Your answer

Tarefa 28
Agora na página do dashboard, no cabeçalho, selecione o ponto cerca,

selecione a série 2016, escolha "reconstruídos" no tipo, TBATS no método, clique em filtrar e analise no Gráfico "Evolução de caudal", no intervalo 1 de março das 15:30h até 17:00h, que os dados foram reconstruídos.

Conseguiu realizar a Tarefa 28? *

1 2 3 4 5

Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 28?

Your answer

Secção 2: Avaliação da Usabilidade da Aplicação

A interface pareceu-lhe intuitiva? *

1 2 3 4 5

Nada intuitiva ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito intuitiva

Sentiu-se confortável a usar a aplicação? *

1 2 3 4 5

Nada confortável ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito confortável

Os gráficos foram fáceis de manipular e interpretar ? *

☐ Sim

☐ Não

Se respondeu "não" à anterior, por favor especifique as dificuldades encontradas.

Your answer

Que funcionalidades considerou mais úteis ? *

Your answer

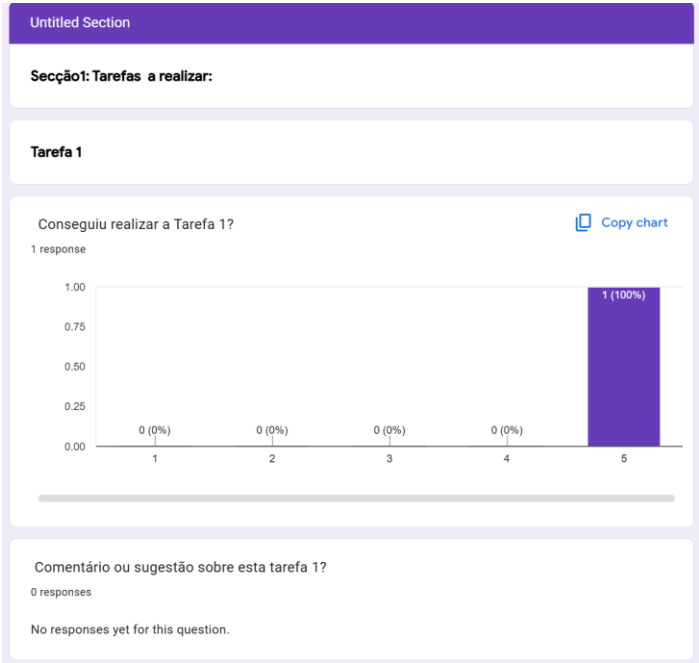
Que funcionalidades considerou desnecessárias ou pouco relevantes? *

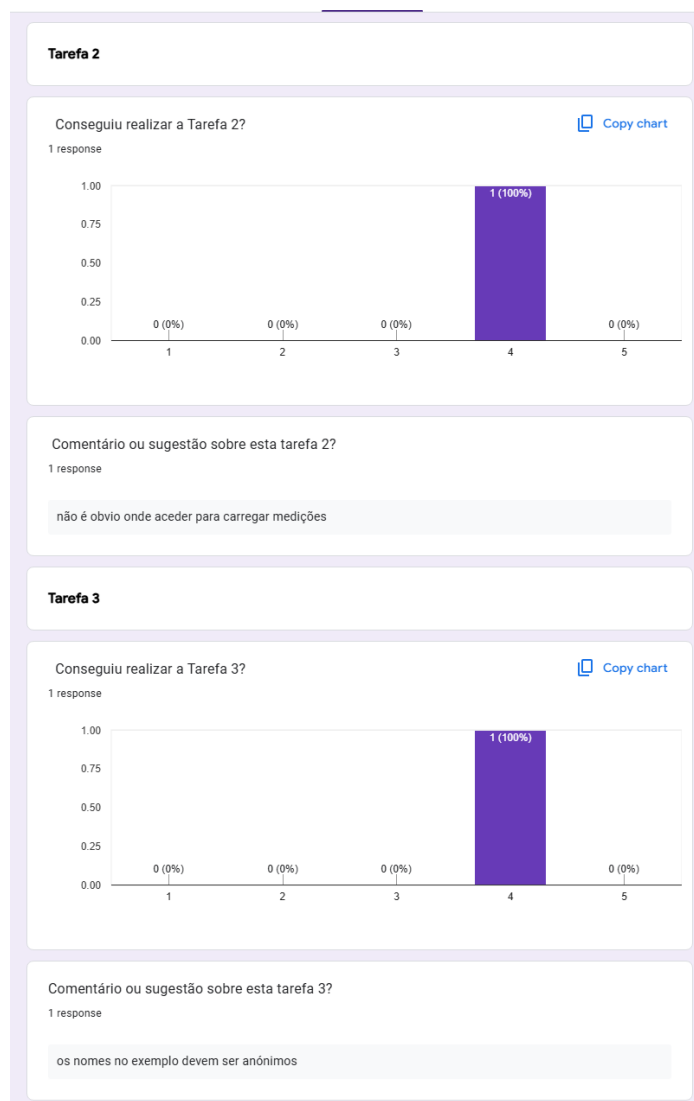
Your answer

Tem sugestões para melhorar a aplicação? *

Your answer

Anexo 4 - Respostas ao guião de tarefas (LNEC)



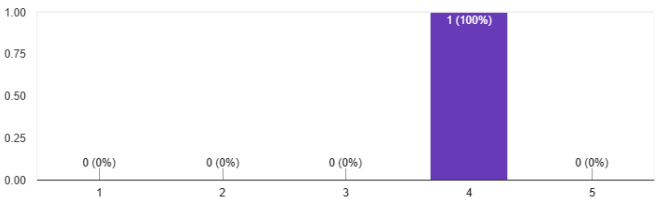


Tarefa 4

Conseguir realizar a Tarefa 4?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 4?

1 response

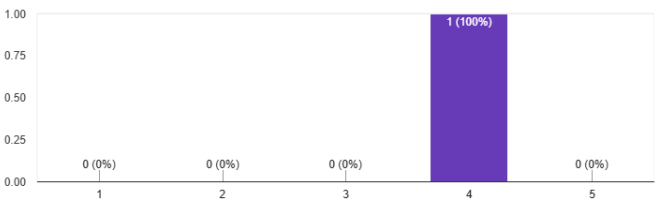
fiquei um pouco perdida. não sabia onde ir para carregar a série; substituir o botão enviar por submeter;

Tarefa 5

Conseguir realizar a Tarefa 5?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 5?

1 response

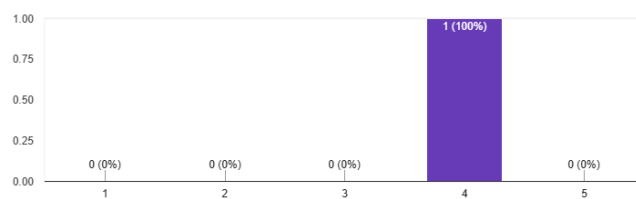
guiada consegui, mas sem o guião não conseguia ver os gráficos. Mas está muito bem.

Tarefa 6

Conseguir realizar a Tarefa 6?

 [Copy chart](#)

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 6?

1 response

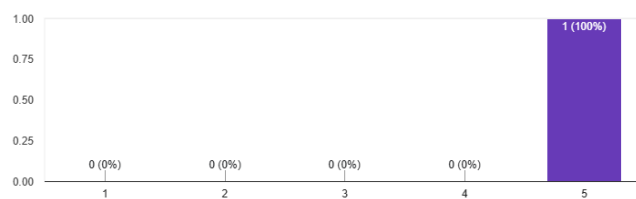
aparece uma janela muito extensão com muitas estatísticas que tapa os restantes box-plots. sugere-se colocar uma estatística por linha e não tudo na mesma linha.

Tarefa 7

Conseguir realizar a Tarefa 7?

 [Copy chart](#)

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 7?

0 responses

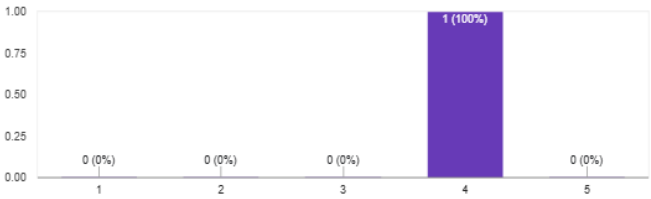
No responses yet for this question.

Tarefa 8

Conseguir realizar a Tarefa 8?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 8?

1 response

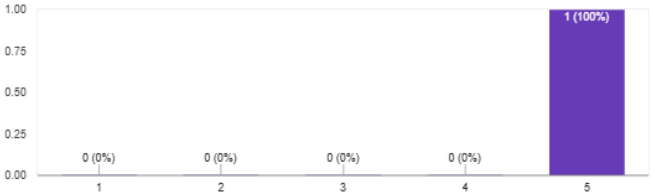
a resposta ao filtro é lenta.

Tarefa 9

Conseguir realizar a Tarefa 9?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 9?

1 response

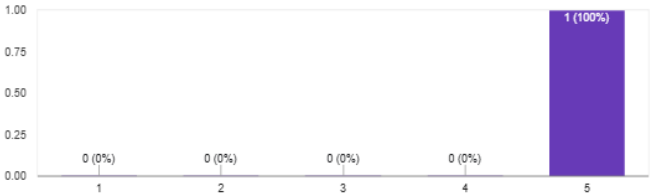
gostei muito. Informativo

Tarefa 10

Conseguir realizar a Tarefa 10?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 10?

0 responses

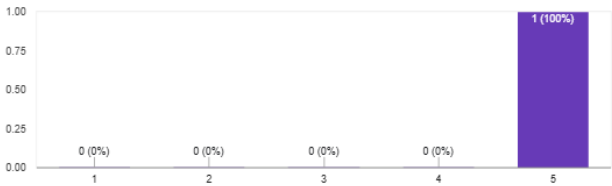
No responses yet for this question.

Tarefa 11

Conseguiu realizar a Tarefa 11?

 [Copy chart](#)

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 11?

0 responses

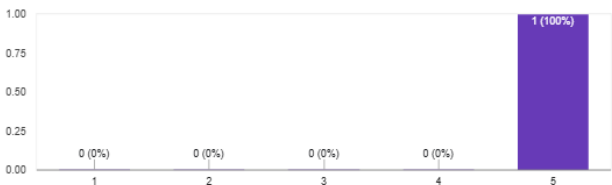
No responses yet for this question.

Tarefa 12

Conseguiu realizar a Tarefa 12?

 [Copy chart](#)

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 12?

0 responses

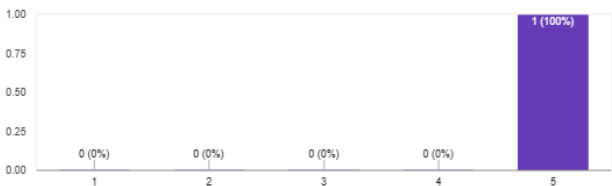
No responses yet for this question.

Tarefa 13

Conseguiu realizar a Tarefa 13?

 [Copy chart](#)

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 13?

0 responses

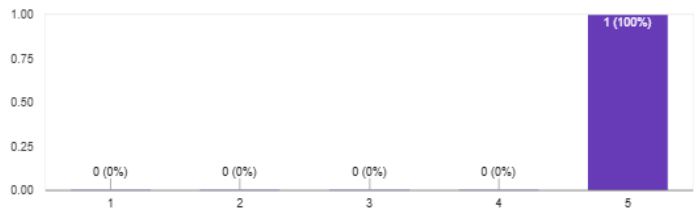
No responses yet for this question.

Tarefa 14

Conseguiu realizar a Tarefa 14?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 14?

0 responses

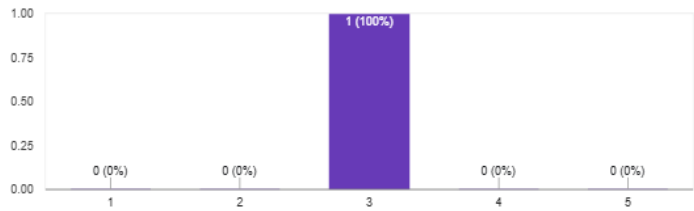
No responses yet for this question.

Tarefa 15

Conseguiu realizar a Tarefa 15?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 15?

1 response

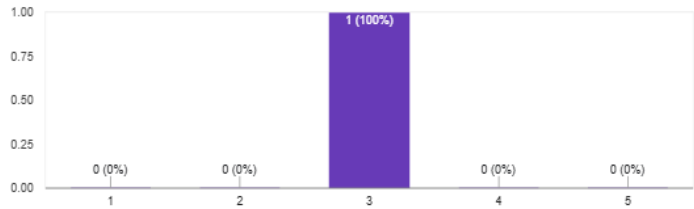
não é facil escolher uma janela especifica

Tarefa 16

Conseguiu realizar a Tarefa 16?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 16?

1 response

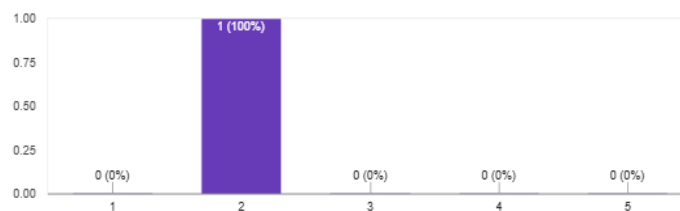
eu entendi que ia exportar apenas o periodo referido no dia 1 de março e ao exportar fiquei com toda a série de 2016

Tarefa 17

Conseguiu realizar a Tarefa 17?

[Copy chart](#)

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 17?

1 response

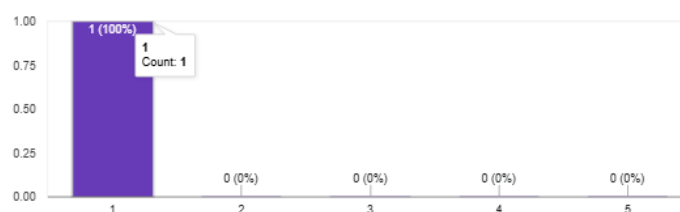
processamento um pouco lento. continua a mostrar os dados não reconstruídos;

Tarefa 18

Conseguiu realizar a Tarefa 18?

[Copy chart](#)

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 18?

1 response

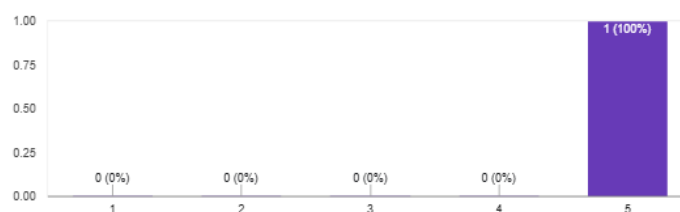
continua a exportar a série de 2016 entre janeiro e maio; devia haver uma forma de guardar as repostas neste formulário. se fizer submit posso voltar a editar? vou tentar

Tarefa 19

Conseguiu realizar a Tarefa 19?

[Copy chart](#)

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 19?

0 responses

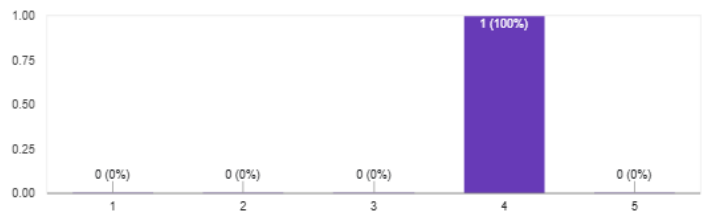
No responses yet for this question.

Tarefa 20

Conseguiu realizar a Tarefa 20?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 20?

1 response

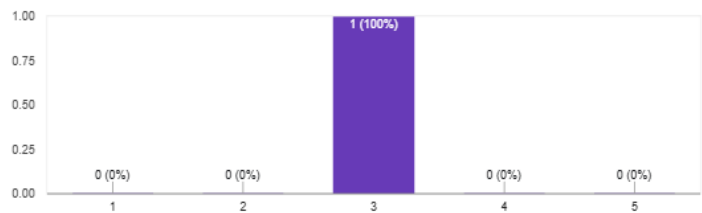
muito giro, distinguir melhor a visualização da média anual e do volume

Tarefa 21

Conseguiu realizar a Tarefa 21?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 21?

1 response

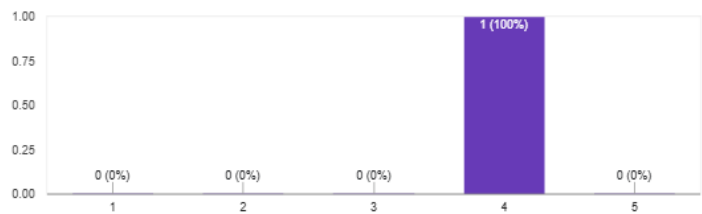
são mostrada estatísticas de 3 séries que começam todas a 01/01/2014 e terminam a 01/07/2016

Tarefa 22

Conseguiu realizar a Tarefa 22?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 22?

0 responses

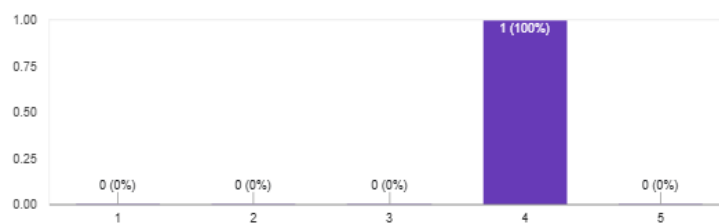
No responses yet for this question.

Tarefa 23

Conseguiu realizar a Tarefa 23?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 23?

0 responses

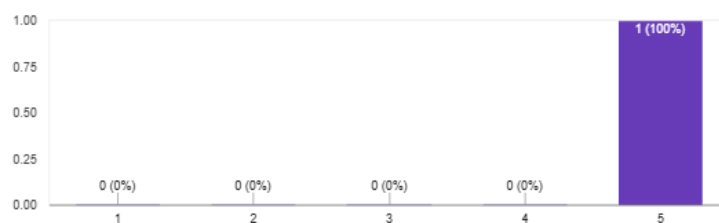
No responses yet for this question.

Tarefa 24

Conseguiu realizar a Tarefa 24?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 24?

0 responses

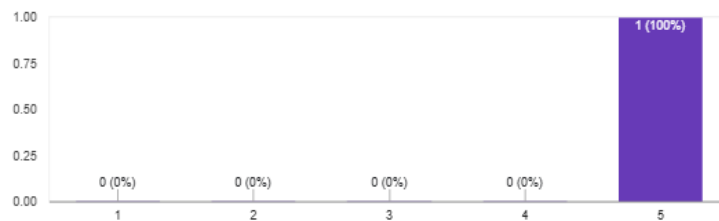
No responses yet for this question.

Tarefa 25

Conseguiu realizar a Tarefa 25?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 25?

0 responses

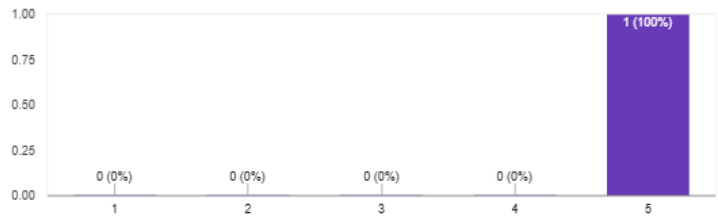
No responses yet for this question.

Tarefa 26

Conseguiu realizar a Tarefa 26?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 26?

0 responses

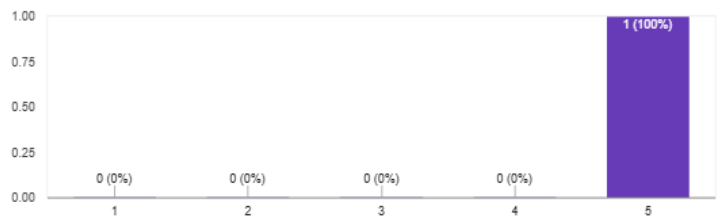
No responses yet for this question.

Tarefa 27

Conseguiu realizar a Tarefa 27?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 27?

0 responses

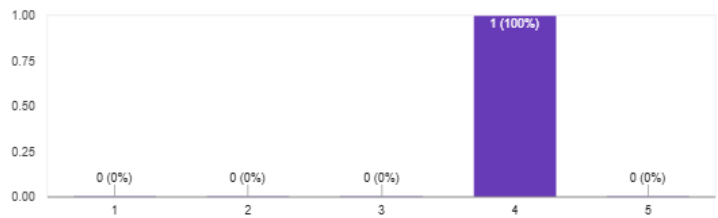
No responses yet for this question.

Tarefa 28

Conseguiu realizar a Tarefa 28?

 Copy chart

1 response



Comentário ou sugestão sobre esta tarefa 28?

1 response

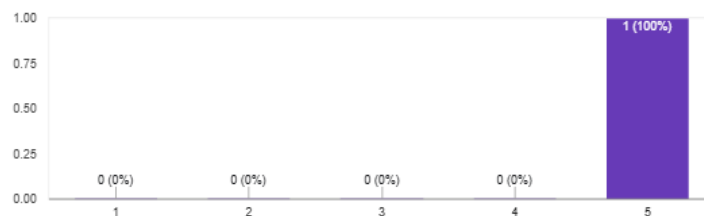
um pouco lento.

Secção 2: Avaliação da Usabilidade da Aplicação

A interface pareceu-lhe intuitiva?

 Copy chart

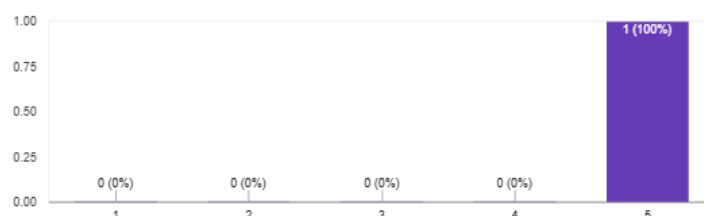
1 response



Sentiu-se confortável a usar a aplicação?

 Copy chart

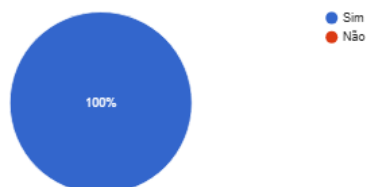
1 response



Os gráficos foram fáceis de manipular e interpretar ?

 Copy chart

1 response



Se respondeu "não" à anterior, por favor especifique as dificuldades encontradas.

0 responses

No responses yet for this question.

Que funcionalidades considerou mais úteis ?

1 response

visualização gráfica das séries

Que funcionalidades considerou desnecessárias ou pouco relevantes?

1 response

todas são relevantes

Tem sugestões para melhorar a aplicação?

1 response

a localização do menu com as opções de início até logout não intuitiva