



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

Dashboard para Monitorização em Tempo Real da Produção e Consumo de Energia no Campus

DEISI2118

Relatório Final TFC

Francisco Vinagre
Martijn Kuipers
Lúcio Studer

Trabalho Final de Curso | LEI | 1/12/2024

www.ulusofona.pt

Direitos de cópia

(Energy Dashboard), Copyright de (Francisco Vinagre), Universidade Lusófona.

A Escola de Comunicação, Arquitectura, Artes e Tecnologias da Informação (ECATI) e a Universidade Lusófona (UL) 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.

Este documento foi gerado com o processador (pdf/Xe/Lua) \LaTeX e o modelo ULThesis (v1.0.0) [Mat24].

Resumo

Este Trabalho Final de Curso tem como objetivo desenvolver um dashboard informativo e atrativo para sensibilizar o campus sobre a eficiência energética. O dashboard apresentará a produção de energia dos painéis fotovoltaicos, os benefícios associados e o consumo energético do campus, proporcionando uma visão clara e prática do estado energético da instituição, bem como indicadores de desempenho.

Abstract

This Final Year Project aims to develop an informative and engaging dashboard to raise awareness among the campus about energy efficiency. The dashboard will showcase the energy production from photovoltaic panels, its associated benefits, and the campus's energy consumption, providing a clear and practical overview of the institution's energy status, as well as performance indicators.

Índice

Resumo	2
Abstract	3
Índice	4
Lista de Figuras	7
Lista de Tabelas	9
1 - Introdução	10
1.1 Enquadramento	10
1.1.1 Painel Fotovoltaico	10
1.2 Motivação	11
1.2.1 UI GreenMetric	12
1.3 Objetivos	12
1.4 Estrutura do Documento	13
2 - Pertinência e Viabilidade	14
2.1 Pertinência	14
2.2 Viabilidade	15
2.3 Análise Comparativa com Soluções Existentes	15
2.3.1 Soluções Existentes	15
2.3.2 Análise de Benchmarking	18
2.4 Proposta de inovação e mais-valias	19
2.5 Identificação de oportunidade de negócio	19
3 - Método e Planeamento	21

3.1 Reuniao com Entidades Associadas ao TFC	22
4 - Especificação e Modelação	24
4.1 Análise de Requisitos	24
4.1.1 Requisitos Funcionais	24
4.1.2 Requisitos Não-Funcionais	25
4.1.3 Casos de Uso	25
5 - Solução Desenvolvida	27
5.1 Visão Geral do Sistema	27
5.2 Arquitetura do Sistema	28
5.3 Tecnologias Utilizadas	29
5.3.1 Time Series	29
5.3.2 InfluxDB	29
5.4 Desenvolvimento da Webpage com Quasar	29
5.4.1 Transições Visuais e Gestão de Conteúdo Dinâmico	40
5.5 Integração de Dados	40
5.5.1 API FusionSolar (Huawei)	41
5.5.2 Extração de Dados da Planta Solar	41
5.5.3 Armazenamento na InfluxDB Cloud	41
5.5.4 Segurança e Encerramento	42
5.5.5 Consulta e Visualização	42
5.5.6 Integração com API Meteorológica	42
5.5.7 Consulta e Consumo de Dados pelo Frontend	43
5.5.8 Considerações de Performance	45
5.5.9 Considerações de Segurança	45
5.6 Cálculos e Fórmulas Implementadas	45
5.7 Desafios Técnicos	46
5.8 Comparação de Ferramentas Utilizadas	48
5.8.1 Frontend: Quasar Framework	48

5.8.2 Bases de Dados de Séries Temporais: InfluxDB	48
5.9 Trabalhos Futuros e Melhorias	49
6 - Testes e Validação	50
6.1 Testes e Validação	50
6.2 Cálculos de Tamanho Percebido da Tela	50
6.2.1 Ângulo visual de um ecrã de 55" a 4-5 metros	50
6.2.2 Distância ideal para um ecrã de 27"	51
6.3 Resultados dos Testes de Legibilidade	51
6.4 Ajustes Realizados com Base nos Testes	51
6.5 Observações Após Ajustes	52
7 - Conclusão	53
Bibliografia	54
Glossário	55

Lista de Figuras

1	Representação de um Sistema Fotovoltaico [Ene24]	11
2	Ranking Nacional da UI GreenMetric	12
3	Emissões de CO ₂ por tipo de energia [Ass24]	15
4	Gráficos de Produção de Energia da iSolarCloud [Iso23]	16
5	Redução de Emissão de CO ₂ da iSolarCloud [Iso23]	16
6	Visualização de gestão de energia e receita na plataforma FusionSolar [Fus23]	17
7	Redução de Emissão de CO ₂ da FusionSolar [Fus23]	17
8	Visualização de gestão de energia e receita na plataforma Sunny Portal [Tec24]	18
9	Diagrama Gantt com a Lista de Tarefas e Entregáveis	23
10	Diagrama de Casos de Uso	26
11	Exemplos de Time Series [Lab24]	28
12	Q-card da Produção Mensal	30
13	Q-card da Redução de CO ₂	30
14	Q-card da Eficiência do Sistema	31
15	Q-card da Equivalência em Árvores Plantadas	32
16	Q-card da Autonomia Estimada com a Produção Mensal	32
17	Q-card da Eficiência Económica	33
18	Q-card dos Cafés Comprados	33
19	Q-card da Temperatura	35
20	Q-card da Hora Atual	35
21	Gráfico de Potência Atual ao Longo do Dia	36
22	Gráfico de Distribuição Diária de Energia	36
23	Q-card da Poupança Diária	37
24	Q-card do Custo da Rede	38

25	Q-card da Poupança Mensal	38
26	Interface principal do dashboard desenvolvido com Quasar	39
27	Exemplo de requisição realizada ao InfluxDB Cloud para obtenção de dados energéticos, visualizada na ferramenta de desenvolvedor do navegador.	42

Lista de Tabelas

1	Resumo comparativo das funcionalidades das plataformas de monitoramento de energia solar.	18
2	Análise comparativa de funcionalidades entre plataformas existentes e o novo dashboard.	19
3	Requisitos Funcionais para o Dashboard	24
4	Requisitos Não-Funcionais para o Dashboard	25

1 - Introdução

1.1 Enquadramento

A eficiência energética e a utilização de fontes de energia renováveis têm ganho importância nas estratégias globais de sustentabilidade e inovação tecnológica. As instituições de ensino superior, como universidades, desempenham um papel vital nesta transição, não apenas pelo impacto direto do seu consumo energético, mas também pelo seu papel educativo e exemplificador.

Entre as soluções mais relevantes, destaca-se o uso de painéis fotovoltaicos para a produção de energia. A integração de tecnologias que captam e convertem a energia solar em eletricidade representa uma abordagem eficaz para reduzir a dependência de fontes fósseis e diminuir a pegada de carbono.

É essencial compreender a estrutura de aquisição e gestão de dados energéticos. A informação referente ao consumo e produção de energia é coletada através de dataloggers estrategicamente posicionados. Os dataloggers registam dados em tempo real ou em intervalos predefinidos, assegurando a captura precisa de métricas fundamentais para a análise energética.

A etapa seguinte à aquisição é a transferência desses dados para uma base de dados. Este sistema de armazenamento de dados possibilita a integração fluida com o dashboard, garantindo que os utilizadores accedam a uma visualização atualizada e detalhada da performance energética do campus.

A escolha de uma base de dados robusta é crítica para manter a integridade dos dados e assegurar que o sistema suporta uma interface responsiva e intuitiva.

1.1.1 Painel Fotovoltaico

Os painéis fotovoltaicos geram eletricidade a partir da radiação solar graças às células fotovoltaicas. Quando expostas ao sol, estas células permitem que os fotões (energia luminosa) movimentem os eletrões (energia elétrica), gerando corrente contínua.

Com o auxílio de um inversor, a corrente contínua é transformada em corrente alternada, que é o tipo de corrente amplamente utilizado em residências [Ibe23].

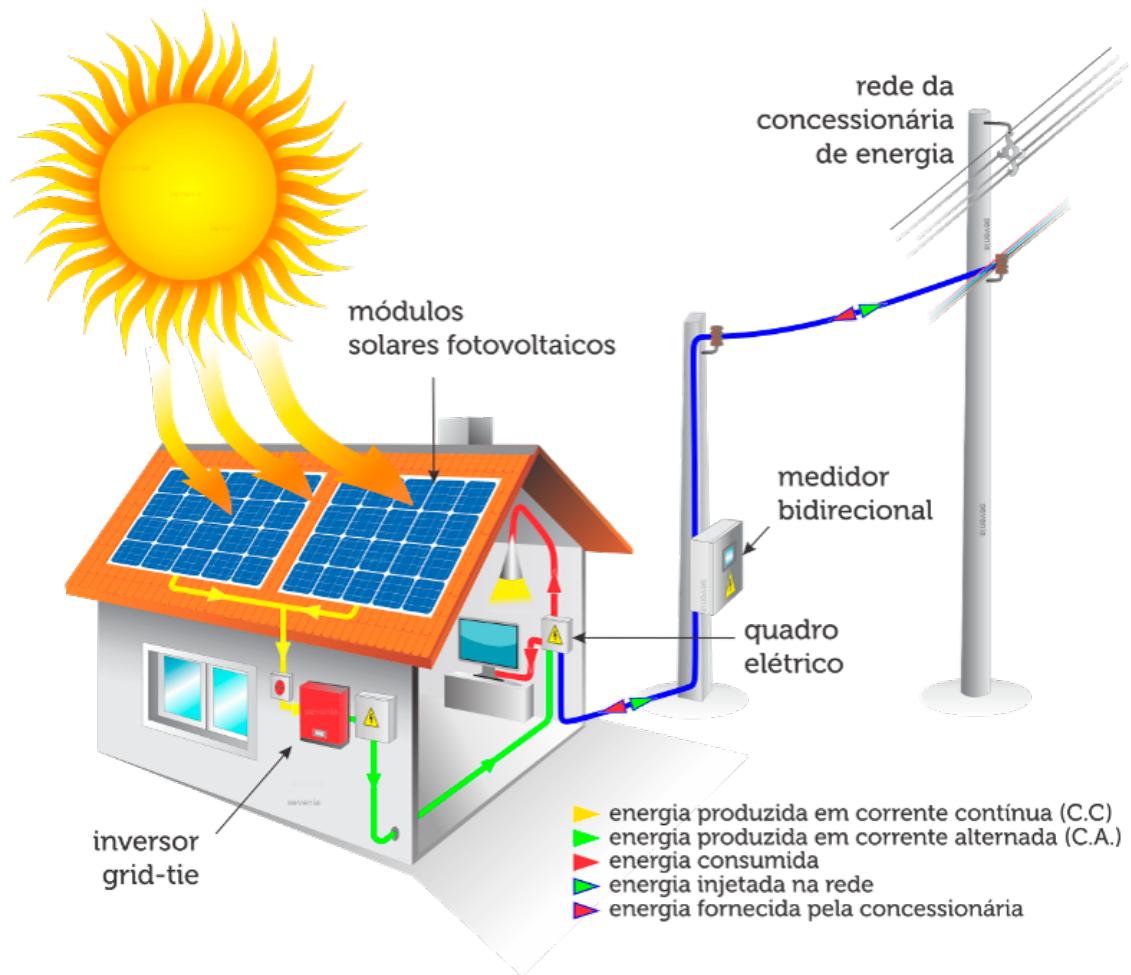


Figura 1: Representação de um Sistema Fotovoltaico [Ene24]

1.2 Motivação

A motivação para este projeto nasce da crescente necessidade de enfrentar os desafios impostos pelas alterações climáticas e promover práticas de sustentabilidade nas instituições de ensino superior. A urgência em reduzir as emissões de gases de efeito estufa e mitigar o impacto ambiental exige que as universidades implementem soluções que vão além da produção de energia renovável, focando também na conscientização e envolvimento da sua comunidade.

Embora muitas universidades já contem com infraestruturas para a produção de energia através de fontes renováveis, como painéis fotovoltaicos, a comunicação dos dados relacionados à produção e ao consumo energético é muitas vezes técnica e pouco acessível. Esta abordagem limita a compreensão do impacto positivo que essas práticas têm na redução das emissões de carbono e no combate às alterações climáticas.

1.2.1 UI GreenMetric

Também é importante referir neste ponto a UI GreenMetric, que é um ranking de campus verde e sustentabilidade ambiental iniciado por universidades na Indonésia em 2010.

Por meio de 39 indicadores em 6 critérios, o UI GreenMetric World University Rankings determina cuidadosamente as classificações com base no compromisso e nas iniciativas ambientais das universidades.

De momento a Universidade Lusófona está em 7º lugar nacional como demonstrado na Figura 2.

Rank	University	Total Score	SI Score	EC Score	WS Score	WR Score	TR Score	ED Score
105	Universidade do Minho 📍 Portugal, Europe	8325	1175	1475	1800	900	1300	1675
163	Universidade de Aveiro 📍 Portugal, Europe	8025	1050	1500	1800	800	1225	1650
219	Instituto Politécnico De Viana Do Castelo 📍 Portugal, Europe	7675	1150	1800	1050	850	1400	1425
288	NOVA University Lisbon 📍 Portugal, Europe	7335	1125	1525	1350	650	1185	1500
505	Iscte - Instituto Universitário de Lisboa 📍 Portugal, Europe	6360	600	1285	1425	400	1300	1350
553	Politécnico de Lisboa 📍 Portugal, Europe	6210	550	1235	1575	500	1175	1175
620	Institute Polytechnic Of Porto 📍 Portugal, Europe	5920	660	1160	1575	500	850	1175
858	Universidade Lusófona 📍 Portugal, Europe	4595	350	925	1050	260	610	1400

Figura 2: Ranking Nacional da UI GreenMetric

1.3 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um dashboard intuitivo e informativo que permita monitorizar e visualizar, de forma clara e acessível, a produção de energia dos painéis fotovoltaicos e o consumo energético do campus universitário. A partir desse objetivo central, estabelecem-se os seguintes objetivos específicos:

- 1. Desenvolver uma ferramenta de monitorização de energia:** Criar um dashboard que apresente dados sobre a produção de energia de energia e o consumo energético do campus, com atualização em intervalos de tempo a estabelecer
- 2. Facilitar a compreensão dos dados:** Garantir que o dashboard seja intuitivo, com uma interface amigável, que permita aos utilizadores interpretar facilmente as informações sobre a produção de energia e o consumo, mesmo sem conhecimentos técnicos
- 3. Mostrar os benefícios ambientais da produção de energia fotovoltaica:** Exibir de forma visível e clara os benefícios ambientais da produção de energia renovável,

como a redução das emissões de CO₂, contribuindo para a sensibilização sobre o impacto positivo das energias renováveis na luta contra as alterações climáticas

4. **Uma ferramenta para promover a eficiência energética no campus:** Apresentar indicadores de desempenho que possibilitem aos utilizadores monitorizar o consumo de energia e identificar oportunidades para otimizar o uso de energia no campus, incentivando a adotar comportamentos mais responsáveis e sustentáveis

Com esses objetivos, este trabalho busca não apenas criar uma solução tecnológica, mas também contribuir para a formação de uma cultura mais consciente e sustentável no campus universitário.

1.4 Estrutura do Documento

Este documento está estruturado de forma a apresentar de maneira clara e sequencial as fases do desenvolvimento deste trabalho, desde o contexto inicial até a entrega da solução final.

- Secção 1: Enquadramento, Identificação do Problema e Objetivos do Trabalho
- Secção 2: Pertinência e Viabilidade da Solução Proposta
- Secção 3: Método e planeamento
- Secção 4: Especificação e Modelação do Trabalho
- Secção 5: Solução Proposta.

2 - Pertinência e Viabilidade

2.1 Pertinência

A adoção de painéis fotovoltaicos como fonte de energia renovável tem se mostrado uma solução altamente vantajosa, especificamente em contextos como o das instituições de ensino superior, onde o consumo energético é significativo e a busca por soluções sustentáveis é cada vez mais urgente. O uso de energia solar apresenta uma série de vantagens que tornam a sua implementação uma escolha não apenas vantajosa do ponto de vista ambiental, mas também económico e estratégico.

Os painéis fotovoltaicos são uma das tecnologias mais sustentáveis disponíveis atualmente, oferecendo uma série de benefícios ambientais e sociais. A sua produção e operação têm um impacto ambiental relativamente baixo, especialmente quando comparados com outras formas de produção de energia. Embora a produção dos próprios painéis envolva a extração de materiais e processos industriais que geram alguma pegada de carbono, a quantidade de energia solar produzida ao longo de sua vida útil compensa amplamente os impactos iniciais.

Além disso, a energia solar é uma fonte inesgotável e renovável, o que significa que sua utilização não resulta no esgotamento de recursos naturais, ao contrário dos combustíveis fósseis. Em termos de sustentabilidade a longo prazo, isso torna os painéis fotovoltaicos uma das melhores opções para qualquer instituição comprometida com a preservação ambiental e com a redução do impacto ecológico de suas operações.

Recentemente, numa reunião com a equipa da faculdade, foi destacado o impacto positivo deste projeto, o que fortaleceu a percepção da sua relevância e importância para a instituição. A implementação de soluções como esta pode posicionar a faculdade como uma referência no uso de energias renováveis e sustentabilidade.

Na figura 3 são apresentadas as emissões de CO₂ produzidas pelos diferentes tipos de energia, onde se verifica que a energia solar (painéis fotovoltaicos) é baixa. Estes valores podem variar dependendo da eficiência da tecnologia usada.

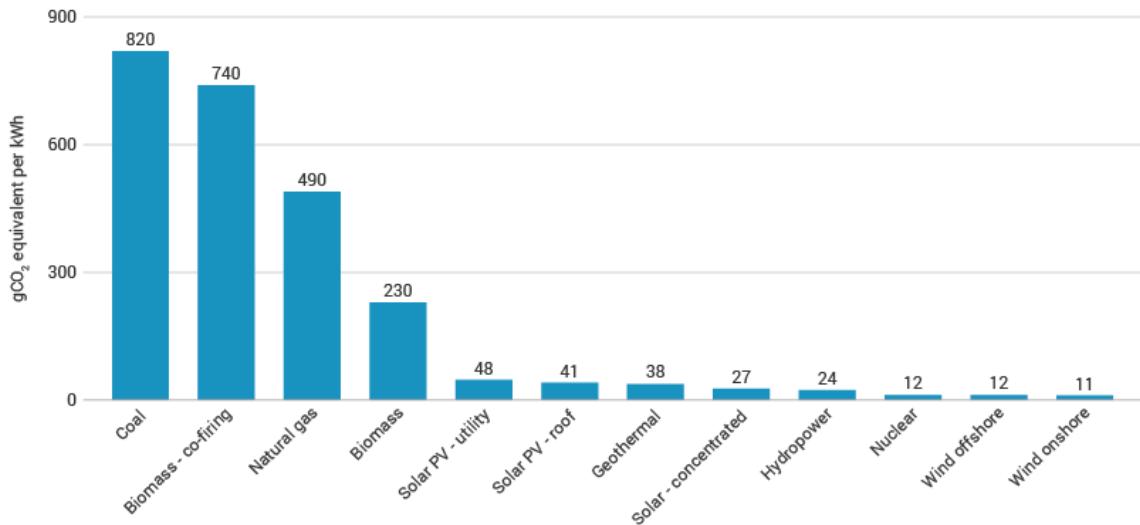


Figura 3: Emissões de CO₂ por tipo de energia [Ass24]

2.2 Viabilidade

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, criada pela ONU [Inf24] e adotada por todos os Estados-Membros das Nações Unidas em 2015, define as prioridades e aspirações do desenvolvimento sustentável global para 2030 e procura mobilizar esforços globais à volta de um conjunto de objetivos e metas comuns.

São 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que representam um apelo urgente à ação de todos os países – desenvolvidos e em desenvolvimento – para uma parceria global.

O ODS 7 [Por24] visa a garantir o acesso universal à energia renovável e acessível para todos. Aumentar a participação das energias renováveis no mix global de energia. Reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso à pesquisa e tecnologia de energia limpa. Expandir a infraestrutura e atualizar a tecnologia para fornecer serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento.

Este compromisso global com a sustentabilidade e o uso de energias renováveis é reforçado pelo relatório [ESM24] que apresenta dados atualizados sobre os progressos no cumprimento das metas do ODS 7. Este relatório fornece uma visão clara sobre o avanço das energias renováveis e acessíveis ao redor do mundo.

2.3 Análise Comparativa com Soluções Existentes

2.3.1 Soluções Existentes

Existem diversas soluções disponíveis para a monitorização e gestão de sistemas de energia solar fotovoltaica. Entre elas, destacam-se algumas plataformas amplamente utilizadas, como a iSolarCloud da Sungrow, a FusionSolar da Huawei e a Sunny Portal

da SMA, devido à sua popularidade e funcionalidades específicas.

2.3.1.1 iSolarCloud

A iSolarCloud da Sungrow, apresenta a produção de energia, consumo de energia e receita gerada como demonstrado na figura 4.



Figura 4: Gráficos de Produção de Energia da iSolarCloud [Iso23]

A iSolarCloud apresenta um design funcional, mas com uma escolha limitada de cores para a identificação de informações importantes, como produção, consumo e receita. A utilização de uma paleta de cores reduzida, sem variações significativas para destacar esses elementos, resulta numa interface visualmente monótona. Essa abordagem pode dificultar a interpretação imediata dos dados pelos utilizadores, especialmente em cenários onde uma distinção rápida entre os diferentes indicadores é necessária.

Por outro lado, na secção dedicada à redução de emissões de CO₂, o design mostra maior criatividade, utilizando ícones coloridos, como árvores para representar o equivalente de árvores plantadas e um carrinho para simbolizar as toneladas de carvão economizadas. Esta abordagem visual torna a informação mais apelativa e intuitiva, oferecendo uma experiência mais envolvente para os utilizadores como demonstrado na figura 5.



Figura 5: Redução de Emissão de CO₂ da iSolarCloud [Iso23]

2.3.1.2 FusianSolar

A FusionSolar apresenta uma abordagem mais dinâmica no uso das cores, proporcionando uma experiência visual mais rica e diversificada. Em comparação com o iSolarCloud, a plataforma utiliza uma paleta de cores mais ampla e eficaz, facilitando a identificação das diferentes métricas de monitorização, como a produção, o consumo e a

receita. Esta utilização das cores contribui para uma interface mais intuitiva, permitindo uma análise mais rápida e eficiente dos dados.

Uma das vantagens da FusionSolar é a sua capacidade de exibir dados de produção e consumo simultaneamente na mesma visualização. Isso permite uma comparação direta entre as duas variáveis, facilitando a análise do desempenho do sistema em tempo real e otimizando a tomada de decisões. Esta funcionalidade proporciona uma visão mais abrangente e imediata do comportamento do sistema fotovoltaico, tornando a monitorização mais eficiente para os utilizadores como demonstrado na figura 6.

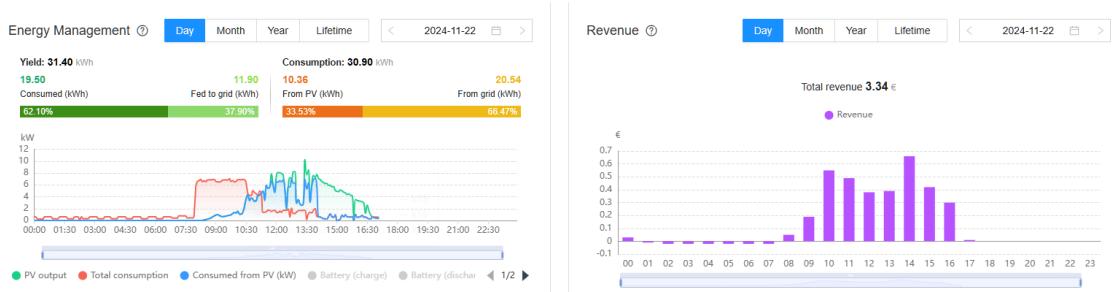


Figura 6: Visualização de gestão de energia e receita na plataforma FusionSolar [Fus23]

Por outro lado, na secção de redução de emissões de CO₂, a FusionSolar não utiliza cores para representar os dados. Em vez disso, são utilizados ícones não coloridos, como árvores para simbolizar o equivalente de árvores plantadas e um carrinho para ilustrar as toneladas de carvão economizadas como demonstrado na figura 7.

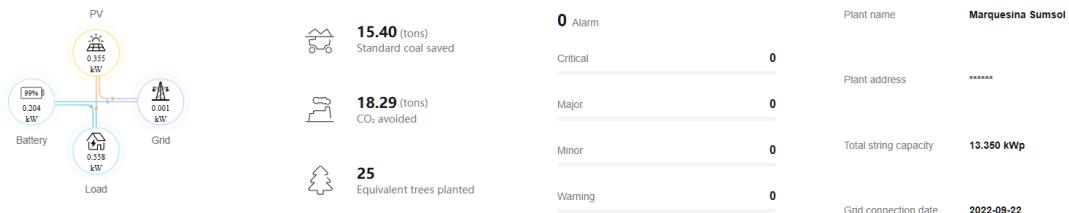


Figura 7: Redução de Emissão de CO₂ da FusionSolar [Fus23]

2.3.1.3 Sunny Portal

A Sunny Portal faz um uso mais limitado de cores em comparação com as outras duas plataformas. Embora mostre a produção e o consumo num gráfico circular, as cores utilizadas são semelhantes, o que dificulta a distinção clara entre os diferentes tipos de dados. Essa escolha de design pode tornar a interpretação do gráfico mais difícil, pois a ausência de contraste entre as cores não facilita a compreensão imediata das informações apresentadas como demonstrado na figura 8.



Figura 8: Visualização de gestão de energia e receita na plataforma Sunny Portal [Tec24]

Para facilitar a comparação entre essas soluções, elaborei a tabela 1, que sintetiza as principais características e diferenças entre elas.

Tabela 1: Resumo comparativo das funcionalidades das plataformas de monitoramento de energia solar.

Funcionalidade	iSolarCloud	FusionSolar	Sunny Portal
Monitorização em tempo real	Sim	Sim	Sim
Alertas de falhas	Sim	Sim	Sim
Análise preditiva	Não	Sim	Não
Armazenamento de energia	Básico	Avançado	Limitado
Relatórios automáticos	Sim	Sim	Sim
Facilidade de uso	Média	Alta	Média
Integração IOT	Limitada	Avançada	Limitada
Design personalizável	Não	Sim	Limitado

2.3.2 Análise de Benchmarking

A análise de benchmarking tem como objetivo comparar as funcionalidades das soluções existentes no mercado com o novo dashboard desenvolvido. As plataformas iSolarCloud, FusionSolar e Sunny Portal são amplamente utilizadas na monitorização de sistemas fotovoltaicos, oferecendo uma série de recursos como visualização de dados históricos, monitorização de produção e consumo de energia, e geração de relatórios automáticos.

A Tabela 2 apresenta uma comparação direta entre essas soluções e o meu dashboard, destacando as funcionalidades que são comuns entre elas, bem como aquelas que o novo sistema oferece como diferenciais. Embora o dashboard proposto inclua muitas das funcionalidades presentes nas plataformas existentes, ele destaca-se por incluir capacidades específicas, como a comparação de desempenho e poupanças, que não estão presentes em todas as soluções analisadas. Além disso, enquanto os sistemas existentes oferecem funcionalidades de alerta, o novo dashboard não as contempla, pois o foco é oferecer uma interface mais simplificada e voltada para a visualização clara dos dados.

Outro aspecto importante é que o novo dashboard proposto é independente do fornece-

dor de painéis fotovoltaicos, o que significa que ele pode ser integrado e utilizado com qualquer sistema fotovoltaico, independentemente do fabricante ou do fornecedor. Em contraste, as soluções existentes, como o iSolarCloud, FusionSolar e Sunny Portal, são soluções proprietárias de cada fornecedor de painéis, o que implica que se um utilizador tiver sistemas de diferentes fornecedores, ele precisará de usar diferentes dashboards para monitorar cada um, uma vez que essas plataformas são limitadas aos respectivos fornecedores.

Tabela 2: Análise comparativa de funcionalidades entre plataformas existentes e o novo dashboard.

Funcionalidade	iSolarCloud	FusionSolar	Sunny Portal	Dashboard
Apresentação de dados históricos e atuais	Sim	Sim	Sim	Sim
Sistemas de alerta	Sim	Sim	Sim	Não
Poupanças	Não	Não	Não	Sim
Meteorologia	Não	Sim	Sim	Sim
Impacto ambiental	Sim	Sim	Sim	Sim
Comparação de desempenho	Não	Sim	Não	Sim
Ler à distância	Não	Não	Não	Sim

2.4 Proposta de inovação e mais-valias

Embora o dashboard proposto inclua muitas das funcionalidades presentes nas soluções existentes, como a visualização de dados históricos e atuais, o acompanhamento da produção e consumo de energia, e a análise de impacto ambiental, ele foi desenvolvido com um foco claro em um público mais amplo e menos especializado. O principal objetivo é fornecer uma interface intuitiva e visualmente atraente, permitindo que os utilizadores, mesmo sem conhecimentos técnicos profundos sobre energia solar, possam facilmente compreender e interpretar os dados apresentados.

Com um design simplificado e acessível, o dashboard visa facilitar a interpretação, destacando as informações essenciais de forma clara e concisa, tornando a análise de energia solar mais acessível a qualquer tipo de utilizador. Dessa forma, oferece uma user experience eficiente e sem sobrecarga de informações.

2.5 Identificação de oportunidade de negócio

Uma proposta de negócio viável para exploração comercial do projeto poderia ser a criação de uma *startup* que oferece uma plataforma integrada de monitorização e gestão de energia solar, voltada para empresas, instalações residenciais e pequenas redes de

energia comunitária. Essa plataforma seria alimentada por dados recolhidos em tempo real por dataloggers e analisados com o uso de tecnologias de séries temporais. Numa fase mais avançada do projeto, caso fosse pertinente a continuação do mesmo, as componentes do negócio poderiam ser :

- Plataforma de monitorização e análise de energia onde haveria uma visualização em tempo real através de um dashboard, assim como análises preditivas usando algoritmos de machine learning para prever a geração de energia com base em padrões climáticos e históricos
- Consultoria e serviços de otimização, onde seriam fornecidos relatórios a clientes que forneciam insights em como melhorar a eficiência energética e reduzir custos operacionais assim como possíveis planos de expansão
- Aplicações móveis que permitam aos utilizadores monitorizar a produção e consumo de energia de forma acessível e em movimento
- Parcerias com fornecedores de energia solar onde seria integrado o software como parte do serviço dessas empresas

3 - Método e Planeamento

No desenvolvimento deste projeto, o método e planeamento foram estruturados de forma a garantir uma abordagem eficiente e organizada. A primeira parte do projeto foi dividida em várias fases, permitindo que houvesse espaço para receber feedback constante dos professores, garantindo que o trabalho se mantivesse alinhado com as expectativas e requisitos do projeto. Para isso, foram realizadas reuniões semanais com os professores Lúcio Studer e Martijn Kuipers, cujos conselhos e orientações foram cruciais para o avanço do projeto.

Durante essa fase inicial, houve uma análise aprofundada de TFC anteriores. O objetivo dessa análise foi compreender melhor o formato e a estrutura dos relatórios anteriores, assim como entender o raciocínio e a linha de pensamento adotados. Isso proporcionou uma base sólida para o desenvolvimento do relatório atual, ajudando a orientar o estilo e a organização do trabalho.

O plano de trabalho e o cronograma inicial foram estabelecidos em formato Gantt, utilizando a ferramenta [Pro24], que facilitou o acompanhamento do progresso das tarefas ao longo do tempo. O calendário provisório elaborado no ProjectLibre delineou as tarefas e entregáveis do projeto, organizando de forma clara as ações a serem executadas.

A lista de tarefas apresentada representa uma previsão inicial das atividades a serem realizadas no âmbito do TFC. Apesar de ter sido planeada com base nos objetivos e requisitos atuais do projeto, é importante salientar que ajustes poderão ser necessários à medida que o desenvolvimento progride.

- **T1:** Familiarização com os painéis fotovoltaicos
- **T2:** Familiarização com os dataloggers
- **T3:** Reuniões com docentes
- **T4:** Elaboração de um guia de tarefas
- **T5:** Levantamento de requisitos
- **T6:** Design da Arquitetura
- **T7:** Implementação do Backend
- **T8:** Integração do Sistema
- **T9:** Testes e Validação
- **T10:** Análise de Resultados
- **T11:** Conclusão

Além das tarefas, foram definidos entregáveis específicos que foram programados ao longo do desenvolvimento do projeto:

- **E1:** 1^a Avaliação Intercalar (01.12.2024)
- **E2:** 2^a Avaliação Intercalar (13.04.2025)
- **E3:** Avaliação Final (27.06.2025)

3.1 Reuniao com Entidades Associadas ao TFC

Foi realizada uma reunião inicial com as entidades associadas ao TFC, com o objetivo de alinhar o entendimento sobre o sistema utilizado para o armazenamento dos dados dos painéis fotovoltaicos.

Durante esta reunião, foi discutido como a informação é gerida e armazenada, o que foi fundamental para compreender o funcionamento do sistema implementado pela faculdade. Esse entendimento foi essencial para dar continuidade ao desenvolvimento do TFC, garantindo que o projeto avançasse de acordo com as necessidades e restrições do sistema já existente.

Essa reunião foi um passo crucial para o progresso do trabalho, permitindo que fossem tomadas as decisões corretas sobre a integração dos dados e o desenvolvimento do dashboard.

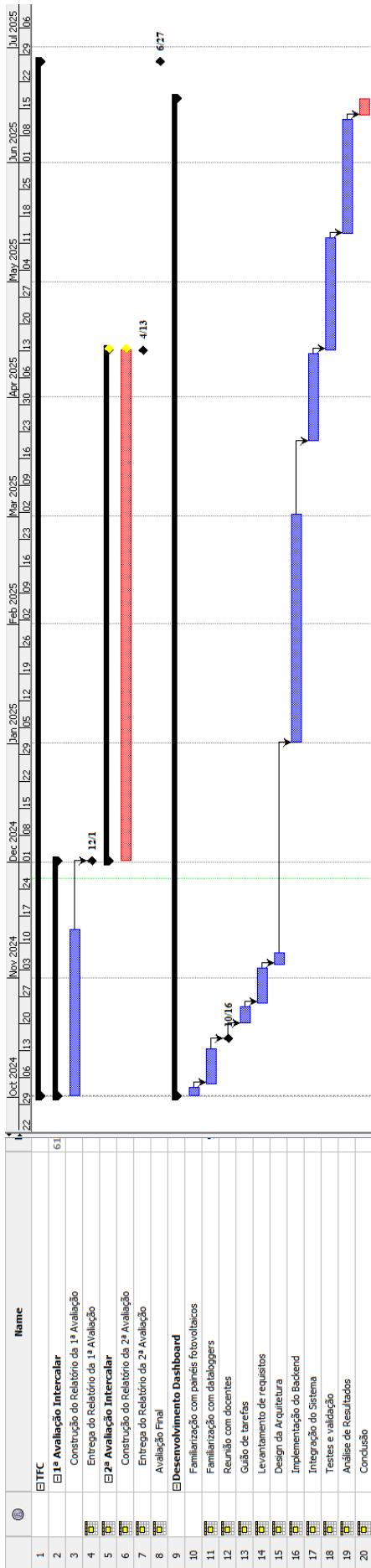


Figura 9: Diagrama Gantt com a Lista de Tarefas e Entregáveis

4 - Especificação e Modelação

4.1 Análise de Requisitos

Este capítulo tem como objetivo apresentar a análise de requisitos fundamentais para o sucesso do projeto. Os requisitos descritos a seguir foram definidos com o intuito de resumir as funcionalidades esperadas e as necessidades específicas do dashboard, garantindo uma base sólida para o seu desenvolvimento. Esses requisitos desempenham um papel central ao orientar o processo de criação e são fatores essenciais a serem considerados em todas as etapas do projeto, desde a conceção inicial até à implementação final.

4.1.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais descrevem o que o sistema deve fazer, ou seja, as funcionalidades específicas que ele precisa oferecer ao utilizador ou ao sistema, como demonstrado na tabela 3.

Tabela 3: Requisitos Funcionais para o Dashboard

#	Requisito Funcional	Descrição
R1	Visualização de Dados Históricos e Atuais	O sistema deve apresentar dados históricos e atuais de produção e consumo de energia. Esses dados são extraídos de um banco de dados e devem ser atualizados em tempo real ou em intervalos específicos.
R2	Exibição de Informações sobre a Receita Gerada	O dashboard deve calcular automaticamente a receita gerada com base nos dados de produção extraídos da base de dados.
R3	Exibição de Informações Meteorológicas	O sistema deve integrar dados meteorológicos em tempo real e exibi-los no dashboard.
R4	Cálculo e Exibição do Impacto Ambiental	O sistema deve calcular automaticamente o impacto ambiental (CO ₂ evitado) com base nas produções de energia. O impacto ambiental deve ser exibido de maneira clara, com atualizações contínuas.
R5	Análise Comparativa de Produção e Consumo de Energia	O dashboard deve permitir que o utilizador consiga comparar o desempenho do sistema em diferentes períodos, como semana a semana ou mês a mês, com base nos dados históricos armazenados.

#	Requisito Funcional	Descrição
R7	Interface de Navegação Intuitiva	A interface gráfica deve ser fácil de navegar, com uma apresentação visual clara para facilitar a compreensão dos dados. O sistema deve garantir que os dados exibidos sejam sempre atualizados.
R8	Visualização de Indicadores de Performance	O sistema deve exibir indicadores de desempenho como produção total, eficiência do sistema e economia gerada. Estes KPIs devem ser calculados automaticamente e exibidos de maneira fácil de interpretar para o utilizador.

4.1.2 Requisitos Não-Funcionais

Os requisitos não-funcionais definem como o sistema deve operar, abordando aspectos como desempenho, segurança, usabilidade e requisitos técnicos que não estão diretamente relacionados às funcionalidades.

Tabela 4: Requisitos Não-Funcionais para o Dashboard

#	Requisito Não Funcional	Descrição
R9	Adaptabilidade	O sistema deve ser projetado e implementado de forma a garantir uma experiência dinâmica e eficiente em diversos dispositivos, como telemóveis, tablets e computadores.
R10	Usabilidade	O sistema deve ser projetado e implementado de forma simples e intuitiva, de modo a facilitar o uso para os utilizadores de diversos perfis e habilidades.
R11	Disponibilidade	O sistema deve garantir uma disponibilidade contínua, ou seja, 24 horas por dia, 7 vezes por semana, de modo a garantir que os utilizadores possam usar a qualquer hora.
R12	Desempenho	O sistema deve garantir um desempenho eficiente e uma atualização periódica estabelecida dos dados, para proporcionar informações em tempo real.
R13	Compatibilidade	O sistema deve ser projetado e implementado de maneira a ser compatível com os painéis fotovoltaicos e com os inversores.

4.1.3 Casos de Uso

Casos de uso são descrições detalhadas de como um utilizador interage com o sistema para atingir um objetivo específico. Os casos de uso definem os passos ou fluxos de ações necessários para completar uma tarefa ou processo, detalhando tanto os cenários normais quanto os alternativos, com o intuito de garantir que o sistema atende às necessidades do utilizador de forma clara e estruturada.

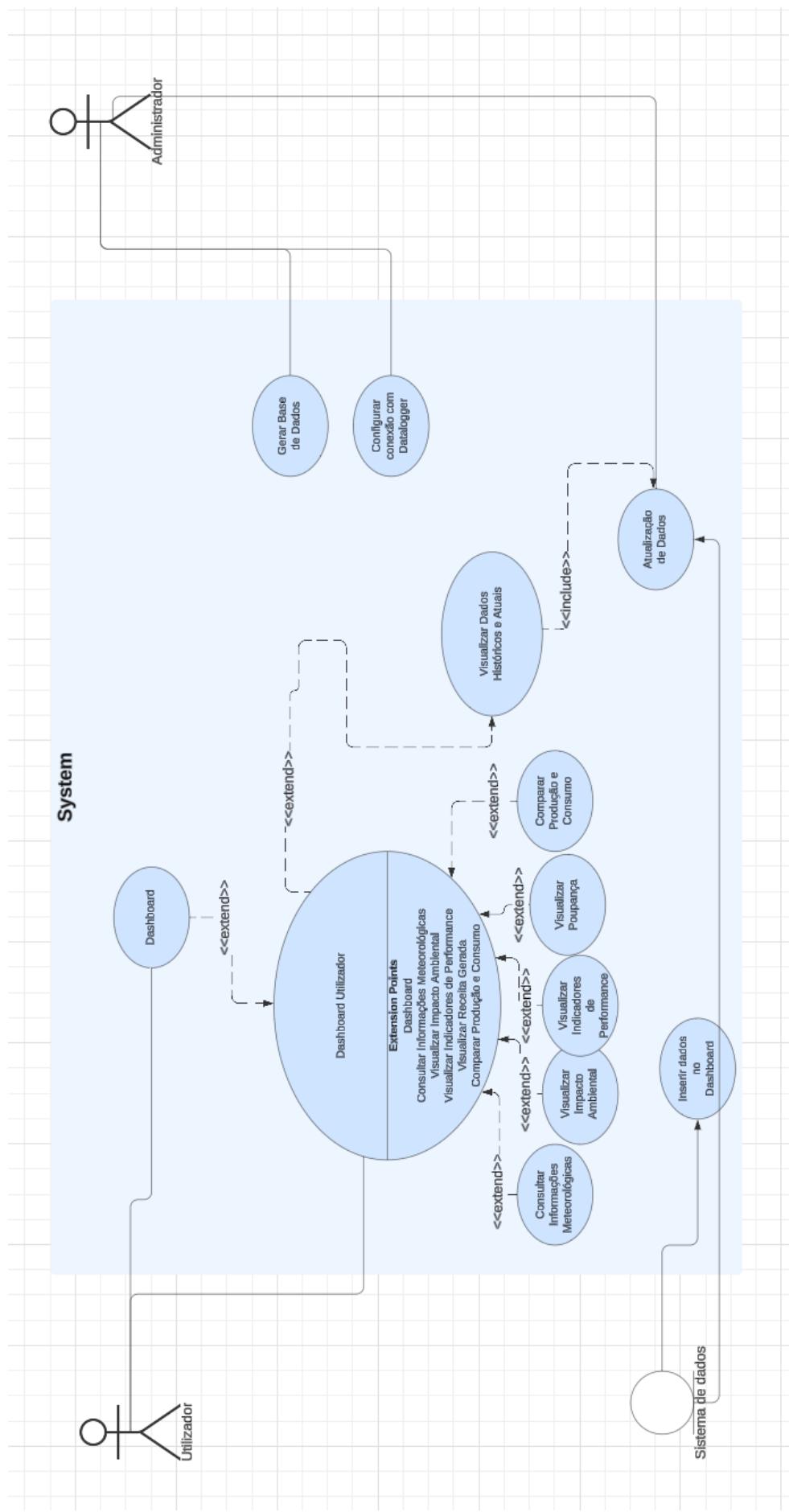


Figura 10: Diagrama de Casos de Uso

5 - Solução Desenvolvida

5.1 Visão Geral do Sistema

A solução desenvolvida para a monitorização energética do campus universitário foi concebida de forma modular e integrada, permitindo a recolha, armazenamento, tratamento e visualização de dados em tempo real. O objetivo principal foi criar uma ferramenta acessível, informativa e tecnicamente robusta, capaz de fornecer indicadores energéticos relevantes tanto para utilizadores comuns como para técnicos especializados.

O sistema segue um fluxo bem definido, composto por quatro etapas principais:

- 1. Recolha de Dados:** A monitorização da produção de energia solar é feita através de painéis fotovoltaicos conectados a inversores. Estes dispositivos enviam os dados operacionais para a API da plataforma Huawei FusionSolar. Paralelamente, uma API meteorológica externa fornece em tempo real dados ambientais como a temperatura ambiente.
- 2. Processamento e Armazenamento:** Os dados energéticos são recolhidos por um script desenvolvido em Python, que os envia periodicamente para uma base de dados de séries temporais (InfluxDB Cloud). Esta base de dados foi escolhida pela sua capacidade de lidar com grandes volumes de dados com elevada precisão temporal. No momento, os dados meteorológicos são utilizados diretamente no frontend, estando prevista a sua futura persistência na base de dados.
- 3. Visualização e Interface:** A aplicação web foi desenvolvida com recurso ao Quasar Framework (baseado em Vue.js), adotando uma abordagem responsiva e intuitiva. Os dados recolhidos são apresentados sob a forma de gráficos, indicadores numéricos e componentes visuais que facilitam a compreensão do estado energético do campus. Também foram implementadas métricas de desempenho e impacto ambiental, como a redução de emissões de CO₂ e a estimativa de poupança financeira.

A Figura 11 ilustra este fluxo de forma esquemática, representando todas as fases desde a origem dos dados até à sua visualização no dashboard.

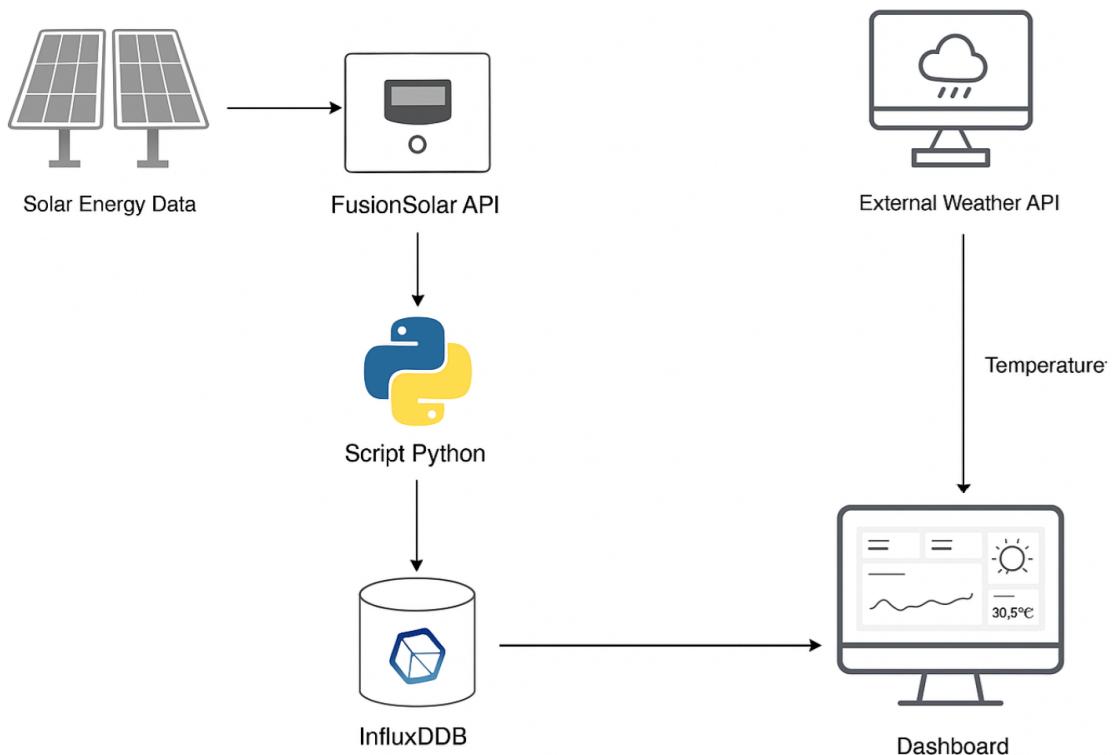


Figura 11: Exemplos de Time Series [Lab24]

5.2 Arquitetura do Sistema

A arquitetura da solução foi baseada numa estrutura modular, interligando os principais componentes responsáveis pela recolha, processamento, armazenamento e visualização dos dados. O sistema é constituído por:

- **Painéis Fotovoltaicos**, que captam energia solar convertem em eletricidade;
- **Inversores**, que transformam a corrente contínua em corrente alternada e enviam dados operacionais;
- **Dataloggers**, que recolhem e armazenam localmente os dados dos inversores;
- **Base de Dados InfluxDB**, onde os dados recolhidos são guardados;
- **Energy Dashboard**, que permite a visualização interativa e em tempo real dos indicadores energéticos

Esta arquitetura foi concebida para garantir escalabilidade, flexibilidade e independência tecnológica, permitindo, por exemplo, que o sistema funcione com diferentes fornecedores de hardware.

5.3 Tecnologias Utilizadas

5.3.1 Time Series

Foi empregue o conceito de *séries temporais* para organizar os dados energéticos ao longo do tempo. Esta abordagem permitiu uma análise contínua, com visualização de padrões e tendências históricas, sendo especialmente útil para sistemas de monitorização com dados recorrentes e sequenciais, como a produção e o consumo de energia.

5.3.2 InfluxDB

A base de dados escolhida foi a **InfluxDB Cloud**, especializada em séries temporais, pela sua eficiência na gestão de dados com elevada granularidade temporal. Esta plataforma permite armazenar e consultar grandes volumes de dados temporais com rapidez e precisão.

As principais métricas armazenadas foram:

- Potência instantânea (kW);
- Energia consumida e autoconsumida diariamente (kWh);
- Energia produzida mensal e anualmente (kWh).

5.4 Desenvolvimento da Webpage com Quasar

A interface da aplicação foi desenvolvida utilizando o Quasar Framework [Qua25], uma framework baseada em Vue.js que permite criar aplicações web responsivas e modernas de forma rápida e eficiente. A escolha do Quasar deveu-se à sua flexibilidade, ao suporte nativo para componentes visuais e ao seu ecossistema robusto, que facilitou a integração com outras tecnologias envolvidas no projeto.

A página web foi concebida como um dashboard, com o objetivo de apresentar de forma clara e intuitiva os principais indicadores relacionados com a produção e consumo de energia do edifício monitorizado. O layout foi construído em blocos modulares, organizados por cartões (cards), gráficos e indicadores numéricos.

Entre os principais elementos visuais desenvolvidos estão:

- **Indicadores Resumidos:**

- **Produção Mensal e Anual:** mostram a produção acumulada de energia solar.

Implementação do card para **Produção Mensal**:

```
1 <div class="col-6">
2   <q-card bordered class="text-center">
3     <q-card-section>
4       <div class="row items-center justify-center q-mb-sm">
```

```

5           <q-icon name="solar_power" size="32px" color="orange"
6             class="q-mr-sm" />
7           <div class="text-subtitle2 text-orange" >Produção Mensal<
8             /div>
9           </div>
10          <div class="text-h6">{{ monthEnergy }} kWh</div>
11        </q-card-section>
12      </q-card>
13    </div>

```

O q-card apresenta o valor da produção mensal de energia em kWh, dinamicamente atualizado a partir dos dados da API FusionSolar.



1089.67 kWh

Figura 12: Q-card da Produção Mensal

– **Redução de CO₂**: calcula as emissões evitadas em toneladas de CO₂..

Implementação do card para **Redução de CO₂**:

```

1 <div class="col-6">
2   <q-card bordered class="text-center">
3     <q-card-section>
4       <div class="row items-center justify-center q-mb-sm">
5         <q-icon name="eco" size="32px" color="green" class="q-mr-sm" />
6         <div class="text-subtitle2 text-green">Redução de CO</div>
7       </div>
8       <div class="text-h6">{{ co2Reduction.toFixed(2) }}<br/>
9         toneladas</div>
10      </q-card-section>
11    </q-card>
12  </div>

```



1.02 toneladas

Figura 13: Q-card da Redução de CO₂

O valor de emissões de CO₂ evitadas é calculado dinamicamente através de propriedades *computed* em Vue.js:

```

1 computed: {
2   co2Reduction() {
3     const factor = 0.169 / 1000; // Conversão de kg para toneladas
4     return this.yearEnergy * factor;
5   },
6   treesPlanted() {
7     const co2PerTree = 0.021; // Cada árvore captura 0.021 toneladas
8       de CO por ano
9   }
10 }

```

```

8     return Math.round(this.co2Reduction / co2PerTree);
9 }
10 }

```

A função `co2Reduction` calcula as toneladas de CO₂ evitadas com base na energia anual produzida (`yearEnergy`), utilizando um fator de emissão padrão. O número equivalente de árvores plantadas é determinado dividindo a quantidade de CO₂ evitada pela captura anual estimada por árvore.

- **Eficiência do Sistema:** representa a eficiência do sistema fotovoltaico com base na energia disponível e utilizada.

Implementação do card para **Eficiência do Sistema**:

```

1 <div class="col-6">
2     <q-card bordered class="text-center">
3         <q-card-section>
4             <div class="row items-center justify-center q-mb-sm">
5                 <q-icon name="speed" size="32px" color="purple" class="q-
6                     mr-sm" />
7                 <div class="text-subtitle2 text-purple">Eficiência do
8                     Sistema</div>
9             </div>
10            <div class="text-h6">24.86%</div>
11        </q-card-section>
12    </q-card>
13 </div>

```

 Eficiência do Sistema

24.86%

Figura 14: Q-card da Eficiência do Sistema

- **Equivalência em Árvores Plantadas:** com base na quantidade de CO₂ evitada, é calculada a sua equivalência em número de árvores plantadas. Considera-se que uma árvore captura cerca de 0,021 toneladas de CO₂ por ano.

Implementação do card para **Equivalência em Árvores Plantadas**:

```

1 <div class="col-6">
2     <q-card bordered class="text-center">
3         <q-card-section>
4             <div class="row items-center justify-center q-mb-sm">
5                 <q-icon name="eco" size="32px" color="secondary" class="q-
6                     mr-sm" />
7                 <div class="text-subtitle2 text-secondary">Equivalente a
8                     Árvores Plantadas</div>
9             </div>
10            <div class="text-h6">{{ treesPlanted }}</div>
11        </q-card-section>
12    </q-card>
13 </div>

```

Figura 15: Q-card da Equivalência em Árvores Plantadas

- **Autonomia Estimada com a Produção Mensal:** Este indicador estima o grau de autonomia energética, calculando a percentagem de energia consumida que foi suprida pela produção solar mensal.

Implementação do card para **Autonomia Estimada com a Produção Mensal**:

```
1 <div class="col-6">
2   <q-card bordered class="text-center">
3     <q-card-section>
4       <div class="row items-center justify-center q-mb-sm">
5         <q-icon name="electric_car" size="32px" color="secondary"
6           class="q-mr-sm" />
7         <div class="text-subtitle2 text-secondary">Autonomia Estimada
8           com a Produção Mensal</div>
9       </div>
10      <div class="text-h6">
11        {{ monthEnergy ? (monthEnergy / 0.15).toFixed(0) + ' km' :
12          '...' }}
13      </div>
14    </q-card-section>
15  </q-card>
16</div>
```

 Autonomia Estimada com a Produção Mensal

7270 km

Figura 16: Q-card da Autonomia Estimada com a Produção Mensal

- **Eficiência Económica:** estima a autonomia que um carro elétrico poderia percorrer utilizando a energia produzida mensalmente pela energia solar. Considerando um consumo médio de 0,15 kWh por quilómetro, o valor mostra a distância aproximada que poderia ser percorrida sem custo adicional de energia da rede.

Implementação do card para a **Eficiência Económica**:

```
1 <div class="col-6">
2   <q-card bordered class="text-center">
3     <q-card-section>
4       <q-icon name="trending_up" size="32px" color="secondary"
5           class="q-mb-sm" />
6       <div class="row items-center justify-center q-mb-sm">
7         <div class="text-subtitle2 text-secondary">Eficiência
8           Económica</div>
9       </div>
10      <div class="text-h6">{{ ((dailySelfUseEnergy /
11        dailyUseEnergy + dailySelfUseEnergy)) * 100).toFixed
12        (1) }}%</div>
13      <div class="text-h6">Proporção de consumo sem custo</div>
14    </q-card-section>
15</div>
```

```

11   </q-card>
12 </div>

```

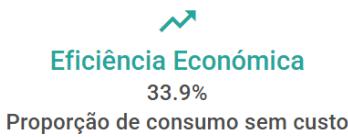


Figura 17: Q-card da Eficiência Económica

- **Cafés Comprados:** número de cafés que poderiam ser adquiridos com a poupança diária (assumindo um custo de €0,65 por unidade), calculado como:

$$\text{N.º de Cafés} = \left\lfloor \frac{\text{Energia Solar Autoconsumida (kWh)} \times 0,19}{0,65} \right\rfloor$$

Implementação do card para os **Cafés comprados**:

```

1 <div class="col-6">
2   <q-card bordered class="text-center">
3     <q-card-section>
4       <q-icon name="local_cafe" size="32px" color="brown" class="q-mb-sm" />
5       <div class="row items-center justify-center q-mb-sm">
6         <div class="text-subtitle2 text-brown">Cafés comprados</div>
7       </div>
8       <div class="text-h6"> {{ Math.floor((dailySelfUseEnergy * 0.19) / 0.65) }}</div>
9       <div class="text-h6">Com a poupança de hoje</div>
10      </q-card-section>
11    </q-card>
12 </div>

```

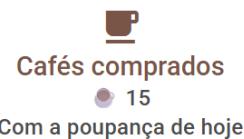


Figura 18: Q-card dos Cafés Comprados

- **Últimas Notícias:** exibe dinamicamente as últimas notícias da faculdade.

```

1 <div class="col-12">
2   <div class="text-h4 text-primary q-mb-xl text-center">
3     Últimas Notícias</div>
4     <q-spinner v-if="loadingNoticias" size="lg" color="primary" class="flex flex-center q-mt-xl" />
5   <div v-else class="row q-col-gutter-sm">
6     <div v-for="noticia in noticias.slice(0, 4)" :key="noticia.id" class="col-12">
7       <q-card class="full-height" bordered>
8         <q-card-section class="row no-wrap justify-between items-start">

```

```

8      <div class="col" style="padding-right: 8px;">
9          <div class="text-subtitle2 text-weight-bold
10             text-primary ellipsis-2-lines q-mb-md">
11             {{ noticia.title }}
12         </div>
13         <div class="text-subtitle2 text-grey q-mb-sm">
14             {{ formatarData(noticia.start_date) }}
15         </div>
16         <div class="text-body2 text-grey-9 ellipsis-3-
17             lines">
18             {{ noticia.leading }}
19         </div>
20         
24     </q-card-section>
25     <q-separator />
26 </q-card>
</div>
</div>

```

- **Temperatura Atual:** valor recolhido em tempo real a partir de uma API meteorológica, apresentado com ícone correspondente ao weather code (por exemplo, sol, nuvens, chuva) e variação de cor conforme a temperatura.

```

1 <div class="col-12 col-sm-6 col-md-6">
2     <q-card bordered class="text-center q-pa-md" style="min-width
3         : 160px;">
4         <div class="row items-center justify-center q-mb-sm">
5             <div class="text-subtitle2 q-mb-sm text-light">
6                 Temperatura Atual
7             </div>
8         </div>
9
10        <div class="temp-row row items-center justify-center no-
11            wrap" style="gap: 8px;">
12            
14            <div class="temp-value text-h4" style="font-weight: 600;
15                color: #222;">
16                {{ temperature !== null ? temperature.toFixed(1) + '°C'
17                    : '...' }}
18            </div>
19        </div>
20        <div class="weather-description text-h6 q-mt-sm" style="
21            color: #666;">
22            {{ weatherDescription }}
23        </div>
24    </q-card>
25 </div>

```



Figura 19: Q-card da Temperatura

- **Hora atual:** valor recolhido em tempo real a partir de uma API meteorológica, apresentado com ícone correspondente (por exemplo, sol, nuvens, chuva) e variação de cor conforme a temperatura.

```

1 <div class="col-12 col-sm-6 col-md-6">
2   <q-card bordered class="text-center bg-white shadow-2 rounded
3     -borders">
4     <q-card-section class="q-pa-xl">
5       <div class="text-h4 text-primary q-mb-sm" style="letter-
6         spacing: 2px; font-weight: 700;">
7         {{ currentTime }}
8       </div>
9       <div class="text-caption text-grey-6"
10         style="font-weight: 600; text-transform: uppercase;
11           letter-spacing: 1.5px;">
12           Hora Atual
13         </div>
14     </q-card-section>
15   </q-card>
16 </div>

```

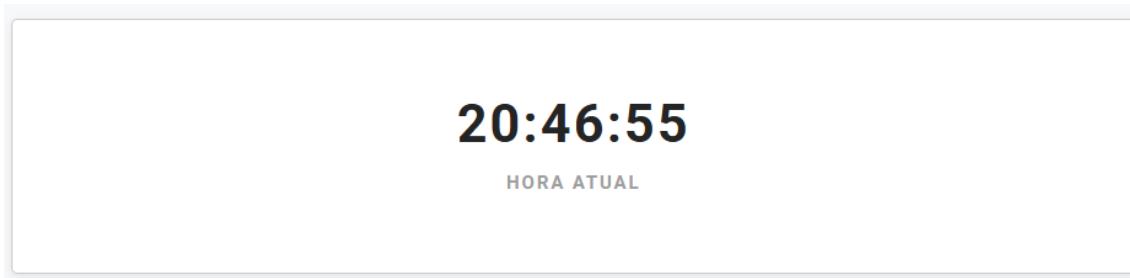


Figura 20: Q-card da Hora Atual

- **Gráfico de Área:**

- **Potência Atual ao Longo do Dia:** apresenta a comparação entre o consumo total e o uso interno da energia solar ao longo do dia, utilizando um gráfico de linhas.



Figura 21: Gráfico de Potência Atual ao Longo do Dia

O componente `GraficoProducao` utiliza a biblioteca `vue3-apexcharts` para renderizar um gráfico de área que compara, ao longo das horas do dia, a energia total consumida com a energia solar utilizada internamente.

O componente é posteriormente incorporado no dashboard principal dentro de um `q-card` do Quasar Framework:

```

1 <div class="col-12 q-mt-md">
2   <q-card bordered>
3     <q-card-section>
4       <div class="text-body2 text-grey-7 q-mt-sm">
5         <GraficoPotenciaAtual :currentPowerSeries=">
6           currentPowerSeries" />
7       </div>
8     </q-card-section>
9   </q-card>
</div>

```

- **Energy Distribution:**

- **Energy Distribution:** apresenta a proporção entre a energia solar utilizada e a energia proveniente da rede elétrica, através de um gráfico de tipo *barras*.

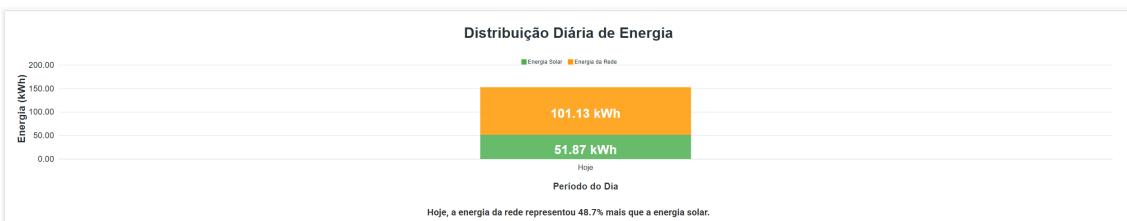


Figura 22: Gráfico de Distribuição Diária de Energia

O componente `EnergyDistributionChart` utiliza a biblioteca `vue3-apexcharts` para criar um gráfico de tipo *donut* que representa visualmente a distribuição entre a energia solar utilizada e a energia da rede.

O componente é depois incorporado no dashboard principal dentro de um `q-card`:

```

1 <div class="col-12 q-mt-md">
2   <q-card bordered>
3     <q-card-section>
4       <div class="text-body2 text-grey-7 q-mt-sm">

```

```

5      <EnergyDistribution :dailySelfUseEnergy="
6          dailySelfUseEnergy" :dailyUseEnergy="dailyUseEnergy
7          "
8          :currentPower="currentPower" />
9      </q-card-section>
10     </q-card>
11 </div>

```

Desta forma, é possível visualizar facilmente a relação entre a energia proveniente de fontes renováveis e a energia consumida da rede elétrica.

- **Indicadores de Custos e Poupança:** poupança diária estimada em euros.
- **Poupança Diária:** calcula o valor poupado com base na energia solar auto-consumida.

Implementação do card para **Poupança Diária**:

```

1 <div class="col-6">
2     <q-card bordered class="text-center">
3         <q-card-section>
4             <q-icon name="savings" size="32px" color="positive" class=
5                 ="q-mb-sm" />
6             <div class="row items-center justify-center q-mb-sm">
7                 <div class="text-subtitle2 text-positive">Poupança
8                     Diária</div>
9             </div>
10            <div class="text-h6 text-positive">€{{ ((
11                dailySelfUseEnergy * 0.19).toFixed(2) )}}</div>
12            <div class="text-h6">Energia usada da produção própria</
13                div>
14        </q-card-section>
15     </q-card>
16 </div>

```



Figura 23: Q-card da Poupança Diária

- **Custo da Rede:** representa o valor gasto com a energia elétrica proveniente da rede.

Implementação do card para **Custo da Rede**:

```

1 <div class="col-6">
2     <q-card bordered class="text-center">
3         <q-card-section>
4             <q-icon name="bolt" size="32px" color="negative" class="q-
5                 -mb-sm" />
6             <div class="row items-center justify-center q-mb-sm">
7                 <div class="text-subtitle2 text-negative">Custo da Rede
8                     </div>
9             </div>
10 </div>

```

```

8      <div class="text-h6 text-negative">€{{ (dailyUseEnergy *
9          0.19).toFixed(2) }}</div>
10     <div class="text-h6">Energia consumida da rede</div>
11   </q-card-section>
12 </q-card>
</div>

```



Figura 24: Q-card do Custo da Rede

– **Poupança Mensal e Anual:** representa a poupança com base na produção mensal/anual de energia solar.

Implementação do card para **Poupança Mensal**:

```

1 <div class="col-6">
2   <q-card bordered class="text-center">
3     <q-card-section>
4       <q-icon name="account_balance_wallet" size="32px" color="
5           positive" class="q-mb-sm" />
6       <div class="row items-center justify-center q-mb-sm">
7         <div class="text-subtitle2 text-positive">Poupança Mensal</
8             div>
9       </div>
10      <div class="text-h6 text-positive">€{{ (monthEnergy * 0.19) .
11         toFixed(2) }}</div>
12    </q-card-section>
13  </q-card>
</div>

```



Figura 25: Q-card da Poupança Mensal

A interface foi adaptada para diferentes resoluções, sendo totalmente responsiva em dispositivos móveis e desktop.

Universidade Lusófona

Produção Mensal

1092.55 kWh

Produção Anual

6066.68 kWh

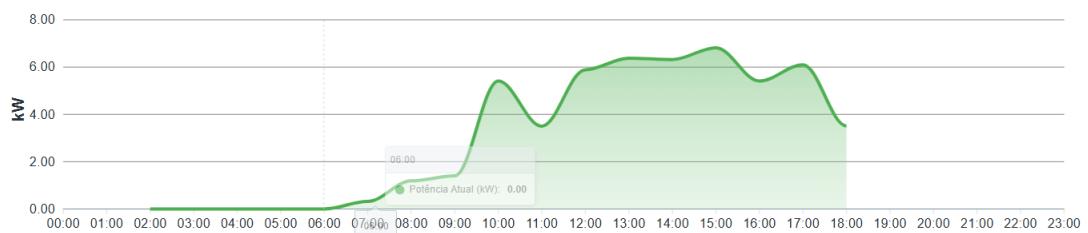
Redução de CO₂

1.03 toneladas

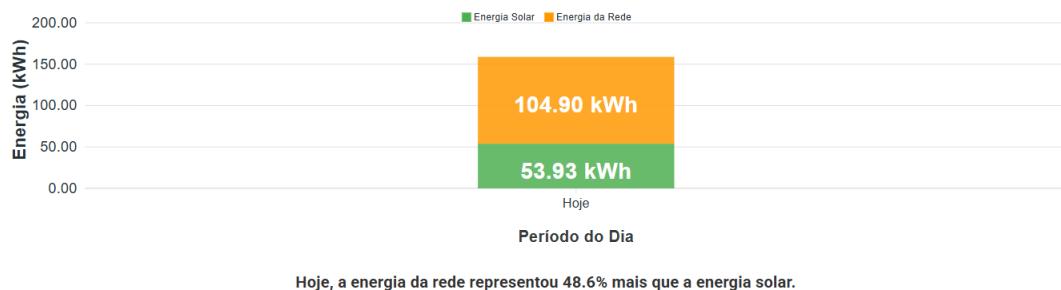
Eficiência do Sistema

24.86%

Potência Atual ao Longo do Dia



Distribuição Diária de Energia



Poupança Diária

€10.25

Energia usada da produção própria

Custo da Rede

€19.93

Energia consumida da rede

Eficiência Económica

34.0%

Proporção de consumo sem custo

Cafés comprados

15

Com a poupança de hoje

19:06:21

HORA ATUAL

Temperatura Atual

22.2°C

Principalmente limpo

Figura 26: Interface principal do dashboard desenvolvido com Quasar

5.4.1 Transições Visuais e Gestão de Conteúdo Dinâmico

Para tornar a navegação mais fluida entre diferentes conjuntos de indicadores no dashboard, foi implementado um sistema de transição entre grupos de conteúdo. A interface organiza os cartões em dois grupos principais, sendo alternados com base na variável de estado `currentGroup`.

A alternância é controlada com a diretiva `v-if`, dentro de um componente `<transition>` com o nome `fade`:

```
1 <transition name="fade" mode="out-in">
2   <template v-if="currentGroup === 1">
3     <!-- Grupo 1 de indicadores -->
4   </template>
5   <template v-else>
6     <!-- Grupo 2 de indicadores -->
7   </template>
8 </transition>
```

A opção `mode="out-in"` garante que o conteúdo atual seja removido antes que o novo grupo seja exibido, evitando sobreposição de elementos.

A alternância entre os dois grupos é realizada automaticamente a cada 30 segundos, utilizando a função `setInterval`:

```
1 intervalId = setInterval(() => {
2   currentGroup.value = currentGroup.value === 1 ? 2 : 1;
3 }, 5000);
```

A transição é definida com as seguintes regras CSS:

```
1 .fade-enter-active,
2 .fade-leave-active {
3   transition: opacity 0.5s ease;
4 }
5
6 .fade-enter-from,
7 .fade-leave-to {
8   opacity: 0;
9 }
10
11 .fade-enter-to,
12 .fade-leave-from {
13   opacity: 1;
14 }
```

Este efeito melhora significativamente a experiência do utilizador, tornando as transições entre diferentes blocos de informação mais suaves e agradáveis visualmente.

5.5 Integração de Dados

A recolha e armazenamento de dados foi realizada através de um script em Python desenvolvido para consumir a API da Huawei FusionSolar e enviar os dados para uma instância do InfluxDB Cloud.

Este processo é essencial para alimentar o dashboard com dados atualizados sobre a produção e consumo de energia. O script implementado tem as seguintes responsabilidades:

5.5.1 API FusionSolar (Huawei)

A API da Huawei FusionSolar é utilizada para recolher dados em tempo real sobre a produção de energia solar. Através da biblioteca `fusion_solar_py`, é feita a autenticação e acesso aos dados das plantas solares registadas na conta da universidade:

```
1 client = FusionSolarClient(  
2     "ipplusoerisa",  
3     "Lusofona22",  
4     huawei_subdomain="uni003eu5"  
5 )
```

Os dados recolhidos incluem:

- Potência instantânea
- Energia diária consumida
- Energia solar usada internamente
- Energia mensal e anual produzida

5.5.2 Extração de Dados da Planta Solar

Através do método `get_current_plant_data()`, são obtidos periodicamente os dados mencionados acima.

5.5.3 Armazenamento na InfluxDB Cloud

Com a biblioteca `influxdb_client`, os dados são estruturados e enviados para a base de dados em formato de séries temporais. Cada registo é gravado com precisão de nanosegundos, permitindo análises temporais detalhadas:

```
1 point = Point("solar_power") \  
2     .tag("plant_id", second_plant_id) \  
3     .field("current_power", current_power) \  
4     # ... outros campos ... \  
5     .time(time.time_ns(), WritePrecision.NS)  
6  
7 write_api.write(bucket=INFLUXDB_BUCKET, org=INFLUXDB_ORG, record=point)
```

A escrita é feita a cada 5 minutos, garantindo uma frequência adequada para a monitorização em tempo real sem sobrecarregar a API.

5.5.4 Segurança e Encerramento

Ao final da execução, o script termina a sessão com `client.log_out()`, respeitando boas práticas de autenticação e evitando sessões abertas desnecessárias.

5.5.5 Consulta e Visualização

Após a recolha, os dados são armazenados no InfluxDB Cloud, ficando disponíveis para consulta posterior pelo dashboard desenvolvido com Quasar. Adicionalmente, o Grafana foi utilizado para visualizações técnicas avançadas. Esta persistência de dados possibilita análises históricas e o cálculo de indicadores ao longo do tempo.

A Figura 27 apresenta um exemplo da requisição capturada na ferramenta de desenvolvimento (Network tab) do navegador, evidenciando a query realizada ao InfluxDB para obtenção dos dados de energia.

Name	Headers	Payload	Preview	Response	Initiator	Timing	Adblock
query?org=energy							
2				,_result,0,2025-03-27T15:01:19.185787131Z,2025-04-26T15:01:19.185787131Z,2025-04-22T07:23:02.1613444Z,0,current_power,solar_power,NE=136255648			
3				,_result,1,2025-03-27T15:01:19.185787131Z,2025-04-26T15:01:19.185787131Z,2025-04-22T07:23:02.1613444Z,0,daily_self_use_energy,solar_power,NE=136255648			
4				,_result,2,2025-03-27T15:01:19.185787131Z,2025-04-26T15:01:19.185787131Z,2025-04-22T07:23:02.1613444Z,0,daily_use_energy,solar_power,NE=136255648			
5				,_result,3,2025-03-27T15:01:19.185787131Z,2025-04-26T15:01:19.185787131Z,2025-04-22T07:23:02.1613444Z,662.48,month_energy,solar_power,NE=136255648			
6				,_result,4,2025-03-27T15:01:19.185787131Z,2025-04-26T15:01:19.185787131Z,2025-04-22T07:23:02.1613444Z,3334.58,year_energy,solar_power,NE=136255648			
8							

Figura 27: Exemplo de requisição realizada ao InfluxDB Cloud para obtenção de dados energéticos, visualizada na ferramenta de desenvolvedor do navegador.

5.5.6 Integração com API Meteorológica

Adicionalmente, foi integrada uma API meteorológica para obter, em tempo real, a temperatura ambiente. Estes dados são utilizados no frontend, ajustando dinamicamente elementos visuais com base na variação térmica.

```
1 const fetchWeather = async () => {
2   try {
3     const res = await fetch('https://api.open-meteo.com/v1/forecast?
4       latitude=38.7167&longitude=-9.1333&current=temperature_2m,
5       weather_code');
6     const data = await res.json();
7
8     temperature.value = data.current.temperature_2m;
9     weatherCode.value = data.current.weather_code;
10
11    // Pega a hora atual da API em UTC
12    const currentTime = new Date(data.current.time + 'Z'); // adiciona Z
13      para UTC
14    const hour = currentTime.getUTCHours();
15
16    // Considera dia se entre 6h e 18h
17    isDay.value = hour >= 6 && hour < 18;
18
19    // Monta o nome do arquivo SVG
20    weatherIcon.value = new URL(
21      `/src/assets/svg/wmo_icon_${weatherCode.value.toString().padStart(2,
22        '0')}${isDay.value ? 'd' : 'n'}.svg`,
23      import.meta.url
24    )
25  }
26}
```

```

20     ).href;
21
22     } catch (e) {
23         console.error('Erro ao buscar clima:', e);
24     }
25 }

```

5.5.7 Consulta e Consumo de Dados pelo Frontend

Para obter os dados energéticos no dashboard, foi implementada uma comunicação direta entre o frontend (aplicação Quasar/Vue.js) e o serviço InfluxDB Cloud. A consulta aos dados é realizada através de uma chamada HTTP POST, utilizando uma API service personalizada, definida no ficheiro `influxService.js`. Esta abordagem permite manter o código modular e reutilizável.

```

1 // file: api/influxService.js
2 import axios from "axios";
3
4 const influxService = {
5     async queryInfluxDB({ org, bucket, fluxQuery }) {
6         try {
7             const response = await axios.post(
8                 `https://influx.spaces.deisi.ulusofona.pt/api/v2/query?org=${org}`,
9                 {
10                     query: `from(bucket: "${bucket}") ${fluxQuery}`,
11                 },
12                 {
13                     headers: {
14                         "Content-Type": "application/json",
15                         Authorization: `Token <Token_de_Autenticação>`,
16                     },
17                 }
18             );
19             return response.data;
20         } catch (error) {
21             console.error("InfluxDB Query Error:", error);
22             throw error;
23         }
24     },
25 };
26
27 export default influxService;

```

No componente principal do dashboard, a função `fetchData()` é responsável por construir a query Flux necessária e efetuar a chamada ao serviço, buscando os valores mais recentes para os principais campos de interesse: energia de autoconsumo diária, energia consumida diária, produção mensal e produção anual. Além disso, há a função `fetchCurrentPowerSeries()`, que consulta a série temporal horária da potência instantânea para o dia atual.

```

1 const query = ref(` 
2     |> range(start: -30d)
3     |> filter(fn: (r) => r["_measurement"] == "solar_power")
4     |> filter(fn: (r) => r["_field"] == "daily_self_use_energy" or r["_field"] ==
5         "daily_use_energy" or r["_field"] == "month_energy" or r["_field"] == "
6             year_energy")
7     |> last()
8 `);

```

```

7  const currentPowerQuery = ref(` 
8    |> range(start: today())
9    |> filter(fn: (r) => r["_measurement"] == "solar_power" and r["_field"] == " 
10      current_power")
11   |> aggregateWindow(every: 1h, fn: last, createEmpty: false)
12   |> yield(name: "hourly")
13 `);
14
15 const fetchData = async () => {
16   // chamada ao serviço com query para valores atuais dos campos de energia
17   ...
18 };
19
20 const fetchCurrentPowerSeries = async () => {
21   // chamada ao serviço para obter série temporal horária da potência atual
22   ...
23 };

```

Além das consultas aos dados energéticos, foi adicionada a função `fetchNoticias` para buscar notícias relevantes, ampliando o conteúdo do dashboard com informações atualizadas provenientes de uma API externa. Abaixo, o código responsável por essa funcionalidade:

```

1 const fetchNoticias = async () => {
2   loadingNoticias.value = true;
3   try {
4     const res = await fetch('https://www.ulusofona.pt/api/search/news?lang=pt&q 
5       =&page=1&tab=noticias');
6     const json = await res.json();
7     noticias.value = json.data.news;
8   } catch (e) {
9     console.error('Erro ao buscar notícias:', e);
10  } finally {
11    loadingNoticias.value = false;
12  }
13};
14
15 // Funções auxiliares para tratamento dos dados das notícias
16 const getImageUrl = (image) => {
17   if (!image || !image.image_name) {
18     return 'https://via.placeholder.com/150?text=Sem+Imagen';
19   }
20   return `https://www.ulusofona.pt/images/${image.image_name}_150.jpg`;
21};
22
23 const formatarData = (dataStr) => {
24   return new Date(dataStr).toLocaleDateString('pt-PT', {
25     year: 'numeric',
26     month: 'long',
27     day: 'numeric'
28   });
29};
30
31 const getLink = (noticia) => {
32   return noticia.link || `https://www.ulusofona.pt/noticias/${noticia.slug}`;
33};

```

Essa arquitetura modular adotada para o consumo de dados energéticos e notícias no frontend contribui para um código organizado, além de melhorar a experiência do utilizador ao oferecer informações atualizadas e relevantes.

5.5.8 Considerações de Performance

Para otimizar a performance do sistema, foram adotadas boas práticas no acesso aos dados. As queries Flux enviadas ao InfluxDB foram projetadas para retornar apenas os dados estritamente necessários, evitando transferências desnecessárias de grandes volumes. A consulta principal utiliza o operador `last()` para obter os valores mais recentes dos campos de energia, enquanto a consulta da série temporal da potência instantânea emprega o operador `aggregateWindow()` para agrupar dados por hora, reduzindo a quantidade de dados retornados e facilitando a visualização. Essa abordagem minimiza o tempo de resposta da API e a carga na rede, proporcionando uma experiência mais fluida no dashboard.

5.5.9 Considerações de Segurança

Atualmente, o token de autenticação da API InfluxDB está embutido diretamente no código cliente para facilitar o desenvolvimento e testes. No entanto, essa prática deve ser evitada em ambientes de produção. Recomenda-se armazenar tokens e outras credenciais sensíveis em variáveis de ambiente ou utilizar sistemas dedicados de gestão de segredos (secret management), garantindo a segurança da aplicação e prevenindo acessos não autorizados aos dados armazenados no InfluxDB.

5.6 Cálculos e Fórmulas Implementadas

Além da simples visualização de dados, o dashboard implementa diversas fórmulas para calcular indicadores relevantes que facilitam a interpretação do impacto energético e económico da produção solar. Estes cálculos são executados diretamente no frontend utilizando propriedades computadas do Vue.js.

As principais métricas calculadas são as seguintes:

1. Redução de CO₂:

Estima as emissões de dióxido de carbono evitadas com base na energia solar gerada anualmente, usando um fator de conversão.

$$\text{CO}_2 \text{ evitado (ton)} = \text{Energia anual (kWh)} \times \frac{0.169}{1000}$$

2. Equivalente em Árvores Plantadas:

Número de árvores plantadas equivalentes à redução de CO₂, considerando que uma árvore captura 0,021 toneladas/ano.

$$\text{Nº de árvores} = \frac{\text{CO}_2 \text{ evitado (ton)}}{0.021}$$

3. Poupança Diária com Energia Solar:

Valor monetário poupado no auto-consumo, com custo médio de €0,19/kWh.

$$\text{Poupança Diária (€)} = \text{Energia solar usada internamente (kWh)} \times 0.19$$

4. Custo Diário com Energia da Rede:

Custo do consumo de energia da rede.

$$\text{Custo Diário (€)} = \text{Energia total consumida (kWh)} \times 0.19$$

5. Cafés Comprados com a Poupança Diária:

Número de cafés equivalentes à poupança diária, considerando preço médio €0,65/café.

$$\text{Cafés} = \left\lfloor \frac{\text{Energia solar usada internamente} \times 0.19}{0.65} \right\rfloor$$

6. Eficiência Económica (%):

Proporção do consumo coberto pelo auto-consumo.

$$\text{Eficiência Económica} = \frac{\text{dailySelfUseEnergy}}{\text{dailyUseEnergy} + \text{dailySelfUseEnergy}} \times 100$$

7. Autonomia Estimada com a Produção Mensal (km):

Considerando consumo médio de 0,15 kWh/km.

$$\text{Autonomia} = \frac{\text{monthEnergy}}{0.15}$$

8. Poupança Mensal (€):

$$\text{Poupança Mensal} = \text{monthEnergy} \times 0.19$$

9. Poupança Anual (€):

$$\text{Poupança Anual} = \text{yearEnergy} \times 0.19$$

5.7 Desafios Técnicos

Durante o desenvolvimento e implementação da solução de monitorização energética, foram identificados alguns desafios práticos e limitações técnicas relevantes:

- **Dependência da Plataforma FusionSolar:** O funcionamento do dashboard depende diretamente da disponibilidade e manutenção do sistema FusionSolar da Huawei. Caso existam falhas ou interrupções na plataforma, a aplicação deixa de receber dados atualizados, resultando na ausência de informação e gráficos vazios no dashboard. Esta dependência externa constitui uma limitação estrutural da solução.
- **Cálculo da Eficiência do Sistema Fotovoltaico:** Para o cálculo da eficiência dos painéis solares, é necessária a área efetiva dos painéis instalados. No entanto, a informação fornecida pela instituição apenas contempla alguns edifícios que, atualmente, não estão registados na plataforma FusionSolar. Para o Edifício U, cuja monitorização está operacional, a área foi estimada utilizando ferramentas externas como o *Google Earth*. Ainda assim, o Edifício U possui vários pisos e conjuntos

de painéis distintos, dificultando a atribuição exata da área correspondente a cada conjunto de dados de produção.

A eficiência (*System Efficiency*) foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Produção Solar (kW)}}{\text{Área dos Painéis (m}^2\text{)} \times \text{Irradiância (W/m}^2\text{)}}$$

Onde:

- Produção Solar é obtida do FusionSolar em tempo real;
- Área dos Painéis foi estimada manualmente;
- Irradiância foi considerada constante ou obtida de dados de referência externos.

• Arquitetura Sem Backend:

Para simplificar o sistema e minimizar custos e complexidade de manutenção, o dashboard foi desenvolvido como uma aplicação exclusivamente *frontend*, utilizando o Quasar Framework. Nesse modelo, todas as interações com serviços externos, como a recolha de dados meteorológicos e a consulta direta à base de dados InfluxDB, são realizadas no cliente (navegador do utilizador).

Esta arquitetura apresenta várias vantagens importantes:

- **Redução de Infraestrutura:** Ao eliminar a necessidade de um servidor backend dedicado, reduz-se o esforço operacional, custos com hospedagem e potenciais pontos de falha relacionados a servidores intermediários.
- **Desenvolvimento Ágil:** A ausência de backend permite uma implementação mais rápida, com foco direto na interface e experiência do utilizador.

Contudo, esta abordagem traz desafios e limitações:

- **Segurança e Exposição de Credenciais:** A necessidade de incluir tokens de autenticação no frontend expõe esses dados sensíveis a potenciais riscos.
- **Dependência da Rede e Latência:** A comunicação direta com APIs externas pode estar sujeita a instabilidades de rede, impactando a experiência do utilizador, especialmente em conexões lentas ou intermitentes.
- **Limitações no Processamento de Dados:** Operações computacionalmente intensivas ou que exigem manipulação avançada de dados ficam restritas ao poder do dispositivo cliente, limitando funcionalidades que seriam naturalmente realizadas no backend.
- **Gestão e Atualização de API Tokens:** A atualização e rotação de tokens de acesso exigem um cuidado maior, pois alterações podem implicar a necessidade de atualização no cliente.

Resumidamente, a escolha por uma arquitetura sem backend foi estratégica para entregar rapidamente uma solução leve e funcional, adequada ao cenário atual, mas que poderá evoluir futuramente para incluir camadas de backend conforme a necessidade de segurança e funcionalidades mais complexas aumentem.

Apesar destas limitações, foram implementadas medidas de mitigação adequadas, garantindo a estabilidade e a funcionalidade do sistema para os objetivos definidos nesta fase do projeto.

5.8 Comparação de Ferramentas Utilizadas

Para o desenvolvimento do dashboard energético, optou-se por utilizar o Quasar Framework para o frontend e o InfluxDB para o armazenamento e consulta dos dados de séries temporais. Nesta secção, apresentamos uma breve comparação com outras ferramentas similares, justificando as escolhas feitas.

5.8.1 Frontend: Quasar Framework

O Quasar é um framework baseado em Vue.js que facilita o desenvolvimento rápido e responsivo de interfaces web modernas e aplicações multiplataforma (web, mobile, desktop). Algumas razões que motivaram a escolha do Quasar incluem:

- **Facilidade de Aprendizagem:** Para desenvolvedores familiarizados com Vue.js, o Quasar oferece uma curva de aprendizado suave, com uma documentação clara e uma comunidade ativa.
- **Componentes Prontos e Personalizáveis:** Disponibiliza um vasto conjunto de componentes UI pré-construídos e altamente customizáveis, acelerando o desenvolvimento e garantindo consistência visual.
- **Multiplataforma:** Permite construir aplicações que rodam não só no navegador, mas também em dispositivos móveis (via Cordova/Capacitor) e desktop (via Electron), com o mesmo código-base.

Alternativas populares como React ou Angular exigem configurações mais detalhadas e têm uma curva de aprendizado geralmente maior para iniciantes, enquanto o Quasar oferece uma solução mais direta para quem já utiliza Vue.js.

5.8.2 Bases de Dados de Séries Temporais: InfluxDB

O InfluxDB é uma base de dados especializada para armazenar, consultar e analisar séries temporais, ideal para aplicações que lidam com dados temporais como os energéticos. A escolha pelo InfluxDB Cloud e suas vantagens incluem:

- **Infraestrutura Gerida:** O InfluxDB Cloud elimina a necessidade de gerir servidores e infraestrutura, proporcionando alta disponibilidade e escalabilidade automática.
- **Consultas Otimizadas com Flux:** A linguagem Flux permite consultas complexas e agregações eficientes, otimizadas para dados temporais.
- **Visualização Integrada:** Possui um painel web nativo para visualização dos dados, facilitando a criação rápida de gráficos e dashboards para análises preliminares.
- **Integração Fácil via API:** Permite acesso direto por API REST, facilitando a integração com o frontend sem necessidade de backend intermediário.

Comparado a outras bases de dados temporais como TimescaleDB (baseado em PostgreSQL) ou Prometheus (mais focado em métricas de monitorização), o InfluxDB destaca-se pela sua flexibilidade na análise temporal e suporte direto a dados de séries temporais complexos, além da facilidade de uso da sua versão cloud.

5.9 Trabalhos Futuros e Melhorias

Apesar da universidade possuir vários sistemas fotovoltaicos instalados em diferentes locais, atualmente apenas um deles está disponível para leitura externa e integração ao sistema desenvolvido. Os outros painéis apresentam problemas de comunicação que não foram resolvidos pela universidade a tempo de serem incluídos neste trabalho.

Como melhoria e expansão futura, seria ideal integrar esses sistemas fotovoltaicos adicionais, ampliando o escopo do dashboard para monitorização de múltiplas unidades em tempo real. Isso permitirá uma análise mais abrangente da produção energética da universidade, facilitando a gestão e o planeamento de ações para otimização do uso de energia renovável.

Além disso, outras melhorias poderão ser implementadas, tais como:

- Otimização da interface do utilizador para suportar a visualização simultânea dos diferentes sistemas fotovoltaicos.
- Implementação de alertas automáticos para anomalias ou queda de desempenho dos painéis.
- Integração com sistemas de previsão meteorológica mais detalhados para melhorar o planeamento energético.
- Desenvolvimento de relatórios históricos mais completos e customizáveis para análise de longo prazo.
- Implementação de um modo escuro automático, ajustado com base na hora do dia, para melhorar a usabilidade em ambientes com pouca luz e reduzir a fadiga visual dos utilizadores.

Essas ações contribuirão para tornar o sistema mais robusto, escalável e útil para a gestão energética da universidade e todos os interessados.

6 - Testes e Validação

6.1 Testes e Validação

O dashboard foi inicialmente visualizado num ecrã de 27 polegadas, em modo portrait, com o objetivo de simular a experiência de visualização num ecrã de 55 polegadas a uma distância de 4 a 5 metros. A distância prática de visualização da tela de 27" foi cerca de 2 metros. Durante os primeiros testes, percebeu-se que o conteúdo textual estava difícil de ler nessa configuração.

6.2 Cálculos de Tamanho Percebido da Tela

Para analisar a legibilidade, utilizamos o conceito de *ângulo visual* (tamanho angular), que mede o campo visual ocupado pelo objeto para o observador.

6.2.1 Ângulo visual de um ecrã de 55" a 4-5 metros

A tela de 55" tem diagonal:

$$d = 55 \times 2.54 = 139.7 \text{ cm}$$

A distância do observador varia entre:

$$D_1 = 400 \text{ cm} \quad \text{e} \quad D_2 = 500 \text{ cm}$$

O ângulo visual θ é calculado por:

$$\theta = 2 \arctan \left(\frac{d}{2D} \right)$$

Calculando para as duas distâncias:

$$\theta_1 = 2 \arctan \left(\frac{139.7/2}{400} \right) \approx 19.94^\circ$$

$$\theta_2 = 2 \arctan \left(\frac{139.7/2}{500} \right) \approx 15.98^\circ$$

Ou seja, um ecrã de 55" vista a 4-5 metros apresenta um ângulo visual entre 16° e 20°.

6.2.2 Distância ideal para um ecrã de 27"

Para simular essa mesma percepção num ecrã de 27", de diagonal:

$$d = 27 \times 2.54 = 68.58 \text{ cm}$$

Calculamos a distância ideal D para os mesmos ângulos visuais:

$$D = \frac{d}{2 \tan(\theta/2)}$$

Para $\theta = 16^\circ$:

$$D = \frac{68.58}{2 \tan(8^\circ)} \approx \frac{68.58}{0.281} \approx 244 \text{ cm}$$

Para $\theta = 20^\circ$:

$$D = \frac{68.58}{2 \tan(10^\circ)} \approx \frac{68.58}{0.353} \approx 195 \text{ cm}$$

Portanto, para que um ecrã de 27" simule o mesmo tamanho percebido de um ecrã de 55" a 4–5 metros, ela deve ser visualizada entre aproximadamente 1,95 e 2,44 metros.

6.3 Resultados dos Testes de Legibilidade

Nos testes práticos realizados nessa configuração, foi constatado que as letras inicialmente apresentavam tamanhos muito pequenos para leitura confortável a 2 metros. Também foi observado que o contraste das cores utilizadas não era ideal, especialmente sob luz solar direta, prejudicando a clareza do conteúdo.

6.4 Ajustes Realizados com Base nos Testes

Para melhorar a legibilidade e garantir que o conteúdo fosse facilmente compreendido, foram feitos os seguintes ajustes:

- **Tamanho das fontes:** As fontes foram aumentadas para melhorar a legibilidade à distância simulada.
- **Cores e contraste:** Foram escolhidas cores que remetem a conceitos como custos, poupanças, energia da rede e energia solar, garantindo boa visibilidade e associação visual com os temas apresentados.
- **Layout e espaçamento:** O conteúdo foi organizado com espaçamentos e alinhamentos que facilitam a leitura rápida e confortável.

6.5 Observações Após Ajustes

Com essas alterações, houve uma melhoria significativa na leitura do dashboard, mesmo em condições de luz intensa. A informação tornou-se mais clara e rápida de ser assimilada, cumprindo melhor o objetivo da visualização passiva da informação.

7 - Conclusão

O desenvolvimento do dashboard para a monitorização da produção e consumo de energia no campus universitário permitiu atingir com sucesso os principais objetivos definidos no início do projeto. Foi construída uma aplicação web intuitiva e responsiva, utilizando o Quasar Framework, que disponibiliza em tempo real informações sobre o desempenho dos sistemas fotovoltaicos e os seus impactos ambientais e económicos.

A integração com a API FusionSolar da Huawei e a utilização do InfluxDB Cloud como base de dados de séries temporais permitiram uma recolha, armazenamento e visualização eficientes dos dados energéticos. Adicionalmente, a incorporação de dados meteorológicos externos possibilitou análises mais contextualizadas, oferecendo aos utilizadores indicadores mais relevantes e úteis.

Durante a implementação, enfrentaram-se desafios significativos, como a dependência da infraestrutura da plataforma FusionSolar, a limitação de dados precisos sobre a área efetiva dos painéis solares e as restrições impostas por uma arquitetura totalmente baseada em frontend. No entanto, estas dificuldades foram superadas através de soluções práticas e eficazes, garantindo a estabilidade e fiabilidade da aplicação.

O projeto demonstra a importância da monitorização energética em ambientes académicos, não apenas para a gestão eficiente dos recursos, mas também como ferramenta de sensibilização para a sustentabilidade e transição energética.

Com base na solução implementada, foram identificadas várias oportunidades de evolução e expansão para fases futuras, incluindo:

Armazenamento e correlação dos dados meteorológicos diretamente na base de dados InfluxDB;

Cálculo mais preciso da eficiência dos sistemas fotovoltaicos com base em medições de irradiação em tempo real;

Organização da interface através de transições suaves utilizando o componente `<transition name="fade" mode="out-in">`, permitindo a apresentação dinâmica de diferentes secções com uma experiência de navegação mais fluida;

Adição de novos gráficos e indicadores energéticos, enriquecendo a visualização de dados;

Aperfeiçoamento visual do dashboard, através da aplicação de boas práticas de design, reorganização de layouts, escolha de paletas cromáticas mais harmoniosas e uso de ícones e elementos gráficos mais intuitivos.

A solução desenvolvida constitui, assim, uma base sólida para a construção de um sistema completo de monitorização e otimização energética no campus universitário, com potencial para evoluir e integrar novas funcionalidades conforme as necessidades da instituição.

Bibliografia

- [Mat24] João P. Matos-Carvalho. *The Lusófona L^AT_EX Template User's Manual*. Lusófona University. 2024. URL: <https://github.com/jpmcarvalho/UL-Thesis>.
- [Ibe23] Iberdrola. *How Photovoltaic Solar Panels Work*. 2023. URL: <https://www.iberdrola.com/innovation/how-photovoltaic-solar-panels-work> (visited on 11/2023).
- [Ene24] OCA Energia. *Sistema Fotovoltaico Híbrido: Entenda o que é*. 2024. URL: <https://www.ocaenergia.com/sistema-fotovoltaico-hibrido-entenda-o-que-e/> (visited on 11/22/2024).
- [Ass24] World Nuclear Association. *Carbon Dioxide Emissions from Electricity*. 2024. URL: <https://world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/carbon-dioxide-emissions-from-electricity> (visited on 11/22/2024).
- [Inf24] UNRIC - Centro Regional de Informação das Nações Unidas. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. 2024. URL: <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/> (visited on 11/21/2024).
- [Por24] ODS Portugal. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - Portugal*. 2024. URL: <https://ods.pt/> (visited on 11/21/2024).
- [ESM24] Energy Sector Management Assistance Program ESMAP. *Tracking SDG7: The Energy Progress Report 2024*. Acesso em: 2024-11-21. 2024. URL: <https://trackingsdg7.esmap.org/data/files/download-documents/sdg7-report2024-0611-v9-highresforweb.pdf>.
- [Iso23] IsolarCloud. *IsolarCloud*. 2023. URL: <https://isolarcloud.com/#/> (visited on 11/2023).
- [Fus23] FusionSolar. *FusionSolar*. 2023. URL: <https://eu5.fusionsolar.huawei.com/> (visited on 11/2023).
- [Tec24] SMA Solar Technology. *How Does SMA's Energy Management Platform Work?* 2024. URL: <https://www.sma-sunny.com/en/ennexos-how-does-smas-energy-management-platform-work/> (visited on 11/21/2024).
- [Pro24] ProjectLibre. *ProjectLibre - Open Source Project Management Software*. Acesso em: 2024-11-21. 2024. URL: <https://www.projectlibre.com/>.
- [Lab24] Grafana Labs. *Time Series Visualization in Grafana*. 2024. URL: <https://grafana.com/docs/grafana/latest/panels-visualizations/visualizations/time-series/> (visited on 11/21/2024).
- [Qua25] Quasar Framework. *Quasar Framework*. 2025. URL: <https://quasar.dev/> (visited on 04/25/2025).

Glossário

API Application Programming Interface. 30

CO₂ Dióxido de Carbono. 7, 16, 17, 24, 27, 30, 31, 45

IOT Internet of Things. 18

TFC Trabalho Final de Curso. 5, 21, 22