

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Bruno Alves Tavares

**PLATAFORMA DE ANÁLISE DE DADOS E GESTÃO PARA MELHORIA
DA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Santa Maria, RS
2024

Bruno Alves Tavares

**PLATAFORMA DE ANÁLISE DE DADOS E GESTÃO PARA MELHORIA DA
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Sistemas De Informação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Superior em Graduação em Sistemas De Informação**.

Orientador: Prof. João Vicente Ferreira Lima

Santa Maria, RS
2024

Bruno Alves Tavares

**PLATAFORMA DE ANÁLISE DE DADOS E GESTÃO PARA MELHORIA DA
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Sistemas De Informação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Superior em Graduação em Sistemas De Informação**.

Aprovado em 15 de agosto de 2024:

**João Vicente Ferreira Lima, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)**

Andrea Schwertner Charão, Dra. (UFSM)

Benhur Stein, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2024

Inovação é a chave para o progresso.

(Bill Gates)

RESUMO

PLATAFORMA DE ANÁLISE DE DADOS E GESTÃO PARA MELHORIA DA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

AUTOR: Bruno Alves Tavares

Orientador: João Vicente Ferreira Lima

Este trabalho visa demonstrar como uma plataforma de gestão e análise de dados de energia pode melhorar a eficiência operacional das empresas de distribuição de energia elétrica que a adotarem no competitivo mercado livre de energia. A plataforma é projetada para aumentar a velocidade na identificação de padrões de consumo, e detectar falhas na rede elétrica de forma mais eficaz. Através de uma interface intuitiva, os dados coletados são apresentados em gráficos detalhados, facilitando a interpretação e a tomada de decisões pelos profissionais responsáveis. Isso permite uma resposta mais rápida e informada a eventos inesperados, como picos de consumo ou interrupções no fornecimento de energia, minimizando assim os impactos negativos e melhorando a eficiência do setor de distribuição de energia.

Palavras-chave: Plataforma, Análise de dados, Empresas de distribuição de energia elétrica, Unidades consumidoras, Gestão de dados.

ABSTRACT

DATA ANALYSIS AND MANAGEMENT PLATFORM FOR IMPROVING ELECTRICAL ENERGY DISTRIBUTION

AUTHOR: Bruno Alves Tavares

ADVISOR: João Vicente Ferreira Lima

This work aims to demonstrate how an energy data management and analysis platform can improve the operational efficiency of electricity distribution companies that adopt it in the competitive deregulated energy market. The platform is designed to enhance the speed of identifying consumption patterns and to detect faults in the electrical network more effectively. Through an intuitive interface, the collected data is presented in detailed graphs, facilitating interpretation and decision-making by responsible professionals. This enables a faster and more informed response to unexpected events, such as consumption peaks or power outages, thereby minimizing negative impacts and improving the efficiency of the energy distribution sector.

Keywords: Platform, Data analysis, Electricity distribution companies, Consumer units, Data management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Grupos energéticos que estão aptos ou se preparam para ingressar no mercado livre de energia no Brasil	12
Figura 2 – Implementação LoRa	15
Figura 3 – Ciclo de tratamento dos dados	16
Figura 4 – Exemplo de JSON enviado para o frontend	20
Figura 5 – Interface de análise de dados	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IOT	<i>Internet of Things</i>
ANEEL	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>
kV	<i>kilovolt</i>
MDC	<i>Measurement Data Collector</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry</i>
MDM	<i>Measurement Data Manager</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
IA	<i>Inteligência Artificial</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
DOM	<i>Document Object Model</i>
LORA	<i>Long Range</i>
LORAWAN	<i>Long Range Wide Area Network</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	BASE TEÓRICA	10
2.1	MERCADO LIVRE DE ENERGIA NO BRASIL	10
2.1.1	Grupos de energia A e B	10
2.1.2	Concorrência entre empresas de distribuição de energia e o surgimento da plataforma	12
2.2	TRABALHOS RELACIONADOS	13
3	DESENVOLVIMENTO	14
3.1	COLETA DE DADOS	14
3.1.1	Tratamento dos dados	15
3.1.2	Volume de dados	17
3.2	BACKEND	19
3.3	FRONTEND	21
3.3.1	Estrutura da página	21
4	CONCLUSÃO	25
4.1	TRABALHOS FUTUROS	25
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1 INTRODUÇÃO

Com a abertura do mercado livre de energia no Brasil, conforme apresenta o autor Machado (2024), as empresas de distribuição de energia elétrica enfrentam desafios crescentes devido à demanda em constante expansão e à complexidade dos sistemas de distribuição. Nesse cenário dinâmico, a adoção de tecnologias avançadas de análise de dados e gestão torna-se essencial para otimizar a eficiência operacional e garantir um fornecimento confiável de energia. Sendo assim, o monitoramento do consumo de energia é uma solução que permite às comercializadoras o acesso ao consumo de energia por unidades, setores, processos e equipamentos das unidades consumidoras gerenciadas por elas (SOUZA, 2023).

Neste contexto, há uma crescente demanda por soluções avançadas de análise de dados e gestão para enfrentar os desafios complexos da distribuição de energia elétrica. Com base nisso, surge a empresa Fox IoT, sediada em Santa Maria RS, que se destaca ao oferecer uma plataforma de análise e gestão de dados de energia. Este trabalho visa explorar o impacto significativo dessa plataforma na eficiência operacional das empresas de distribuição, facilitando desde a identificação de padrões de consumo até a detecção de falhas na rede elétrica através de uma análise do comportamento das unidades consumidoras.

Ao proporcionar visualizações de dados em gráficos interativos, espera-se que os profissionais responsáveis possam interpretar informações de forma rápida e precisa, facilitando a tomada de decisões estratégicas e contribuindo para a eficiência operacional das empresas de distribuição de energia elétrica em um mercado cada vez mais competitivo e exigente (EBAC, 2024).

2 BASE TEÓRICA

Este capítulo estabelece o embasamento do presente trabalho, começando com uma contextualização sobre a abertura do mercado livre de energia no Brasil. Em seguida, são explorados os conceitos básicos dos grupos de energia A e B e suas classificações. Posteriormente, discute-se a dinâmica da concorrência entre as empresas de distribuição de energia elétrica nesse cenário.

Abordamos também o surgimento da plataforma de análise e gestão de dados e seu potencial impacto nessa competição. Por fim, são apresentados trabalhos relacionados que contribuem para o embasamento teórico desta pesquisa, fornecendo um panorama mais completo sobre o tema abordado.

2.1 MERCADO LIVRE DE ENERGIA NO BRASIL

A abertura do mercado livre de energia no Brasil representa um marco significativo na evolução do setor elétrico do país. Essa mudança iminente transfere o poder de escolha do fornecedor de energia elétrica do setor regulado para o próprio consumidor. Em outras palavras, os consumidores passarão a ter a liberdade de escolher qual fornecedor desejam contratar para atender às suas necessidades energéticas. (ELECTY, 2023)

Essa mudança abre as portas para uma maior concorrência e diversidade de fornecedores de energia elétrica. Os consumidores deixam de ficar restritos aos serviços oferecidos pelas concessionárias locais e passam a ter a liberdade de escolher entre uma variedade de opções, desde grandes geradores até pequenos produtores independentes de energia renovável. Isso não apenas estimula a inovação e a eficiência no setor, mas também coloca o poder de decisão nas mãos dos consumidores, permitindo que eles busquem tarifas mais competitivas, serviços personalizados e fontes de energia mais sustentáveis.

2.1.1 Grupos de energia A e B

Atualmente, os consumidores de energia elétrica podem ser classificados pela sua faixa de tensão em dois grupos principais: Grupo A e Grupo B. (KIKUMOTO, 2019)

O Grupo A é composto por consumidores de média e alta tensão, geralmente grandes consumidores industriais e comerciais. Eles possuem maior demanda de energia e podem negociar diretamente com os geradores e comercializadores no mercado livre, podendo obter condições contratuais mais flexíveis e preços mais competitivos esse grupo e

subdividido em subgrupos sendo:

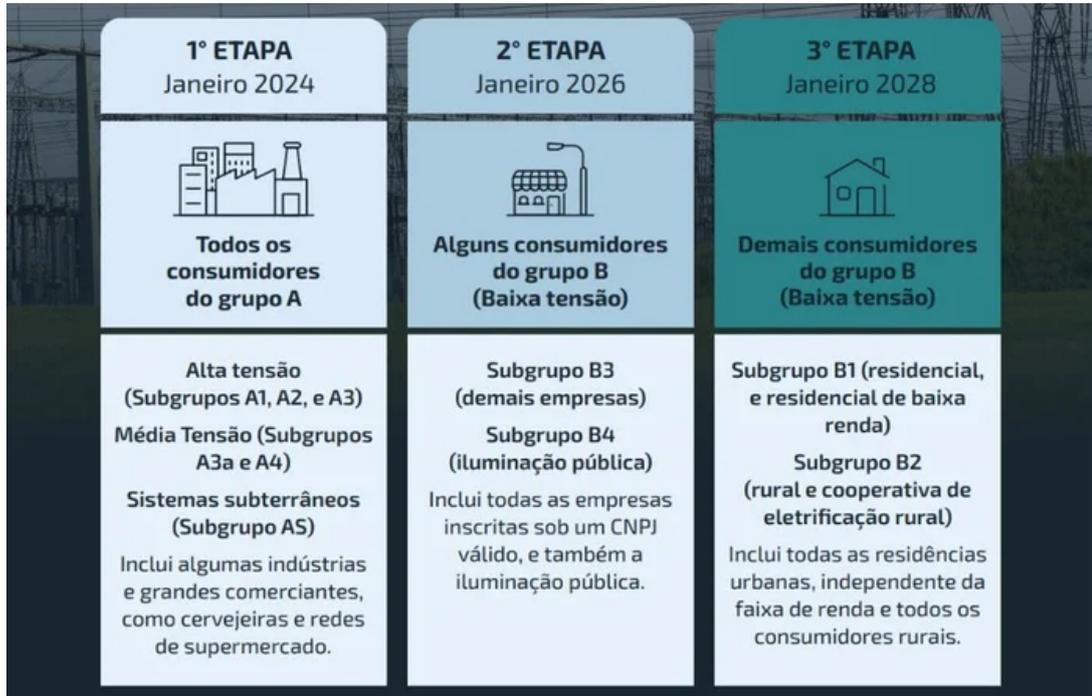
- A1: Tensão de conexão igual ou superior a 230 kV.
- A2: Tensão de conexão igual ou superior a 88 kV e menor ou igual a 138 kV.
- A3: Tensão de conexão igual a 69 kV.
- A3a: Tensão de conexão igual ou superior a 30 kV e menor ou igual a 44 kV.
- A4: Tensão de conexão igual ou superior a 2,3 kV e menor ou igual a 25 kV.
- AS: Tensão de conexão inferior a 2,3 kV, proveniente de sistema subterrâneo de distribuição.

O Grupo B engloba consumidores de baixa tensão, como residenciais, pequenos comércios e pequenas indústrias. Estes consumidores ainda estão sujeitos à tarifação regulada pela ANEEL, ou seja, continuam a adquirir energia por meio das distribuidoras locais, sem a liberdade de escolha de fornecedor. esse grupo também é subdividido em subgrupos sendo:

- B1: Residencial.
- B2: Rural.
- B3: Demais classes.
- B4: Iluminação pública.

Com base nessas informações sobre os grupos de energia, percebe-se que a implementação do mercado livre de energia será gradual, sendo o Grupo A o pioneiro nesse processo. A Figura 1 fornece uma visão mais clara de como esse processo será conduzido.

Figura 1 – Grupos energéticos que estão aptos ou se preparam para ingressar no mercado livre de energia no Brasil



Fonte: Comerc (2023).

Com base nas informações sobre os grupos de energia, torna-se claro que o Grupo A já está preparado para o mercado livre de energia, enquanto o Grupo B está se encaminhando para essa transição, com previsões já estabelecidas. Nesse cenário competitivo entre as empresas do setor elétrico, surge então a ideia desse trabalho que visa demonstrar o impacto que uma plataforma de análise e gestão de dados pode ter.

2.1.2 Concorrência entre empresas de distribuição de energia e o surgimento da plataforma

Nesta realidade de mercado, a competição entre as empresas de distribuição de energia se intensifica, impulsionando a competitividade do setor. Isso obriga as empresas a oferecer tarifas mais atrativas e aprimorar a qualidade dos serviços para atrair e manter os consumidores. Como resultado, há uma expectativa de possível redução nos custos da energia para os consumidores. A pressão competitiva também incentiva as empresas a melhorarem sua eficiência operacional e implementarem melhorias significativas nos serviços oferecidos, o que se traduz em benefícios palpáveis para os consumidores finais, de acordo com (SPRUNG, 2024) essa dinâmica do mercado cria uma motivação adicional para o surgimento da plataforma de análise e gestão de dados. Essa plataforma visa agregar qualidade e aprimorar a competição das empresas que a adotarem. Ao utilizar análises

de dados robustas e de fácil acesso, as empresas podem identificar oportunidades de melhoria, otimizar seus processos e encontrar possíveis falhas na rede elétrica, fortalecendo então a qualidade das empresas que a adotarem.

2.2 TRABALHOS RELACIONADOS

A diversidade de trabalhos relacionados à otimização da distribuição de energia reflete a complexidade e a importância desse campo em lidar com os desafios do fornecimento de energia eficiente e confiável. O estudo de Sobrinho e Paes (2020) destaca-se ao concentrar-se no gerenciamento do consumo energético em edifícios inteligentes. Por meio da aplicação de algoritmos de otimização, o estudo busca reduzir os custos associados aos períodos de baixa produção de energia solar, demonstrando uma abordagem prática e econômica para lidar com a variabilidade na geração de energia renovável. Além disso, o estudo ressalta a importância do monitoramento contínuo do consumo e da geração de energia nesses edifícios, permitindo ajustes precisos e oportunidades de otimização para maximizar a eficiência energética. Essa integração de algoritmos de otimização com análises de dados em tempo real representa uma estratégia inovadora para lidar com os desafios da distribuição de energia em ambientes dinâmicos, como os edifícios inteligentes.

Além disso, o trabalho de Mandelman (2011) oferece insights valiosos sobre os conceitos fundamentais das redes elétricas inteligentes, também conhecidas como smart grids. Essas redes dinâmicas têm a capacidade de integrar as ações de todos os usuários conectados, permitindo uma resposta ágil a eventos e demandas variáveis. Ao facilitar uma comunicação eficiente e coordenada entre os diferentes elementos da rede, as smart grids têm como objetivo mitigar problemas elétricos, como apagões e falhas, enquanto maximizam a eficiência e a resiliência do sistema elétrico como um todo. Dessa forma, por meio do monitoramento e análise dos dados gerados por essas redes, utilizando a tecnologia dos smart grids, podemos obter uma compreensão mais aprofundada do funcionamento e das necessidades do sistema elétrico, contribuindo para uma gestão mais eficiente e sustentável da distribuição de energia.

Embora os contextos e objetivos desses estudos possam variar em relação ao trabalho proposto, há um ponto em comum que permeia todos. A busca pelo aprimoramento da eficiência no setor elétrico por meio da utilização de análises de dados e do monitoramento da rede elétrica através da tecnologia. Essa abordagem visa não apenas otimizar a distribuição de energia, mas também garantir a estabilidade, confiabilidade e sustentabilidade do sistema elétrico como um todo. Ao integrar dados e tecnologia, os profissionais têm a capacidade de identificar padrões, antecipar falhas e tomar decisões proativas, resultando em uma operação mais eficiente e resiliente do sistema elétrico

3 DESENVOLVIMENTO

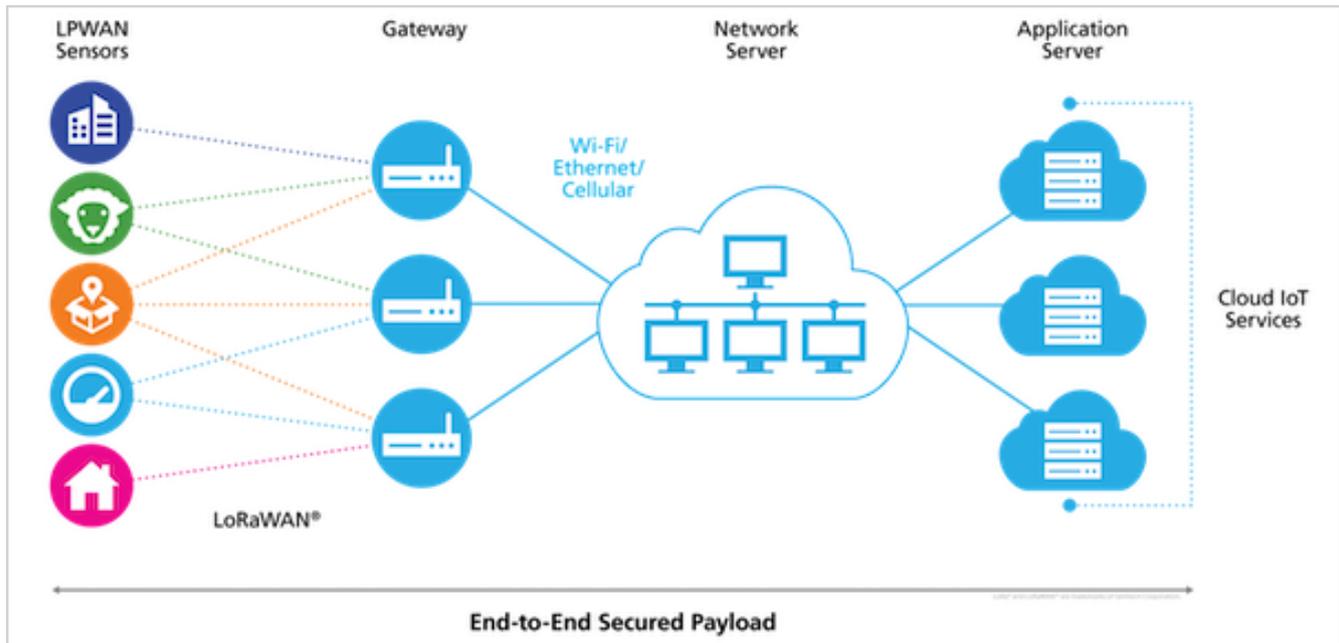
Neste capítulo, são detalhadas as etapas de desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente, é descrito o processo de coleta e tratamento dos dados, seguido pela abordagem sobre o volume de dados. Posteriormente, são apresentados os detalhes do frontend e do backend da aplicação.

3.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados desempenha um papel crucial na análise da distribuição de energia elétrica, especialmente com a implementação de medidores eletrônicos avançados e sistemas de medição inteligente, conhecidos como smart metering. Segundo o Lamin (2009), os medidores eletrônicos são amplamente utilizados em subestações, pontos de conexão de fronteiras e em grandes unidades consumidoras. Eles também são utilizados em unidades consumidoras de baixa tensão, incluindo residências. Esses medidores registram informações detalhadas sobre consumo, demanda, qualidade da energia e tarifação.

Utilizando o protocolo LoRa e LoRaWAN como base para as comunicações dos medidores inteligentes, conseguimos criar uma rede inteligente. O protocolo LoRa e LoRaWAN permite a transmissão de dados a longas distâncias com baixo consumo de energia, ideal para dispositivos de IoT, que no caso do trabalho serão os smart metering Augustin et al. (2016), podemos ver essa implementação com mais clareza na figura 2 abaixo.

Figura 2 – Implementação LoRa



Fonte: Demerlé (2020).

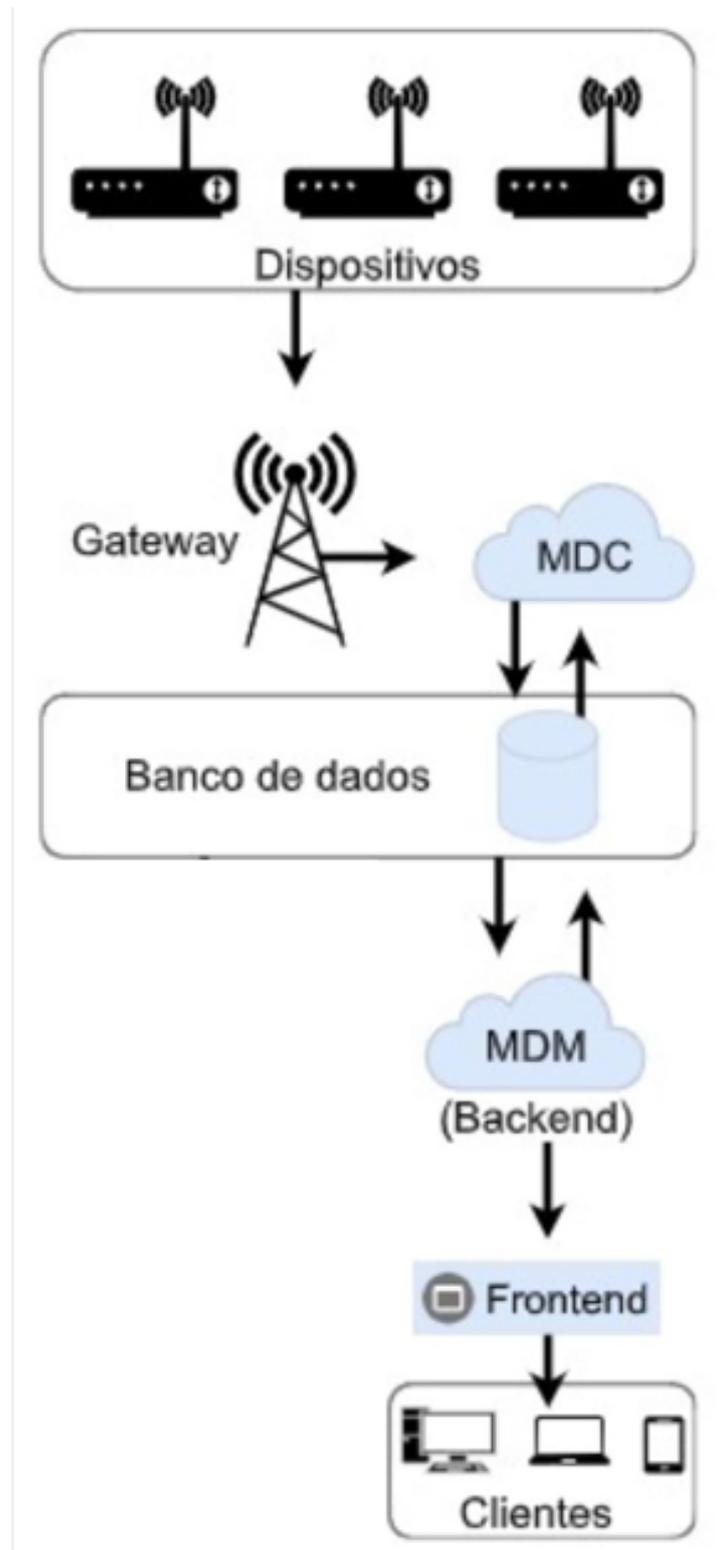
Os componentes presentes no sistema, de acordo com Noura et al. (2020) para serem analisados na aplicação proposta no trabalho.

- End Nodes são os dispositivos de campo, encontrando-se dispersos em grandes quantidades por áreas amplas. Comunicam-se com os Gateways ou Concentradores através da rede LoRa.
- Gateways: Dispositivos responsáveis por receber pacotes LoRa e enviá-los via internet, e vice-versa. São instalados em pontos estratégicos para garantir a cobertura de sinal para os End Nodes.
- Network Server: É o servidor responsável por receber os dados dos Gateways, detectar duplicidades e garantir o envio de mensagens aos End Nodes.
- Application Server: Software de interface final, responsável por mostrar os dados na aplicação desejada e receber os comandos que devem ser enviados aos End Nodes.

3.1.1 Tratamento dos dados

Com a coleta de dados estabelecida, o próximo passo essencial na construção da aplicação é o tratamento adequado desses dados, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Ciclo de tratamento dos dados



Fonte: Autor, 2024

Como podemos observar esse processo é composto por cinco etapas principais, detalhadas a seguir.

1. **Dispositivos:** Os dispositivos trabalham no envio dos dados fundamentais no sis-

tema de medição e monitoramento energético. Eles são responsáveis por capturar os dados relacionados ao consumo e ao desempenho energético.

2. **Gateway:** O Gateway desempenha o papel fundamental de capturar os pacotes de dados gerados pelos dispositivos e enviá-los ao MDC (Módulo de Dados Central) via internet, utilizando o protocolo MQTT.
3. **MDC:** Ao receber os dados, o MDC os armazena em um banco de dados especializado em séries temporais. Esse tipo de banco de dados foi escolhido por seu desempenho superior tanto nas operações de inserção quanto nas de busca, garantindo uma gestão eficiente e rápida dos dados. Ressalta-se que essa parte do sistema é restrita aos gateways, assegurando a segurança e a integridade das informações.
4. **MDM:** O MDM (Master Data Management), também conhecido como o backend da aplicação, é responsável pela busca e disponibilização dos dados armazenados no MDC (Meter Data Collection) aos usuários finais. Esses dados são enviados através de uma API em formato JSON.
5. **Frontend:** O frontend é a principal interface pela qual os usuários interagem com o sistema. Ele permite a solicitação de informações e a criação de gráficos de análise, realizando requisições à API do backend para obter os dados necessários. Os usuários podem consultar dados de uma unidade consumidora específica e definir períodos para análise. O frontend então processa e exibe as informações de forma compreensível e útil, facilitando a interpretação e análise dos dados recebidos do backend(MDM).

3.1.2 Volume de dados

Devido ao grande volume de dados gerados pelos dispositivos, o sistema enfrenta um desafio significativo na gestão e armazenamento dessas informações. No trabalho em questão, o dispositivo utilizado registrava dados a cada 5 minutos, resultando em 288 registros diários para cada medição. Considerando que cada registro inclui várias medições, como tensão, corrente e potência, o volume de dados gerados é ainda mais expressivo.

Em um cenário com milhares de dispositivos ativos, isso pode levar a milhões de registros diários, provocando um crescimento exponencial no banco de dados. Para evitar a sobrecarga do banco de dados com consultas extensas e volumosas, foram adotadas algumas estratégias de limitação, tanto em termos de agregação quanto na quantidade de dispositivos analisados por vez. Cada consulta foi restrita a um único dispositivo para

garantir maior rapidez e evitar gargalos no sistema. Já a agregação de dados pode ser aplicada durante as consultas ao banco de dados, por meio do processamento das queries no InfluxDB, sendo obrigatória para análises em períodos mais longos.

Abaixo, apresentamos uma explicação detalhada de cada opção de agregação e os respectivos períodos máximos permitidos:

- Sem agregação: Nesta opção, os dados são apresentados exatamente como foram capturados, sem qualquer forma de agregação. Essa opção é ideal para análises muito detalhadas e específicas, mas devido ao volume de dados gerado, só pode ser usada para períodos de até 7 dias.
- 5 minutos: As medidas são agregadas em intervalos de 5 em 5 minutos. Isso reduz a quantidade de dados. Mesmo assim, devido ao volume ainda considerável, essa agregação é limitada a um período máximo de 10 dias.
- 10 minutos: Similar à agregação de 5 minutos, as medidas são coletadas a cada 10 minutos. Esta opção oferece uma análise menos detalhada, porém mais rápida, sendo seu período de até 12 dias.
- 15 minutos: As medidas são retornadas em intervalos de 15 minutos. Esta opção é um pouco menos detalhada comparada à análise de 10 minutos, porém é mais rápida, sendo a agregação limitada a um período de 15 dias.
- 30 minutos: Nesta opção, os dados são retornados em intervalos de 30 minutos, permitindo análises em períodos de até 20 dias. É uma escolha intermediária entre granularidade e eficiência de processamento.
- 1 hora: As medidas são retornadas a cada hora, facilitando análises em períodos mais longos, até 30 dias. Esta agregação é útil para identificar tendências diárias.
- 3 horas: Para períodos de análise ainda mais extensos, as medidas são retornadas a cada 3 horas. Com essa agregação, é possível analisar dados ao longo de até 3 meses. Essa opção é ideal para identificar padrões sazonais ou mudanças mais lentas no comportamento dos dispositivos.
- 6 horas: As medidas são retornadas em intervalos de 6 horas, permitindo análises detalhadas por até 3 meses. Essa agregação é útil para visualizações que necessitam de menos detalhes por hora, mas ainda desejam capturar mudanças significativas ao longo do dia.
- 12 horas: Nesta configuração, as medidas são retornadas de 12 em 12 horas, capturando o primeiro e último dado do dia. Isso permite a análise de variações significativas ao longo do dia, em períodos de até 6 meses. É especialmente útil para monitorar mudanças diurnas e noturnas.

- 24 horas: Para análises de longo prazo, as medidas são agregadas diariamente, coletando o último dado salvo no medidor a cada dia. Essa agregação permite analisar dados acumulados por períodos ilimitados. É ideal para identificar tendências a longo prazo e mudanças sazonais nos dados dos dispositivos.

Ao configurar o sistema de monitoramento, é importante escolher a agregação adequada para o período de análise desejado. Por exemplo, se o usuário deseja obter dados de um dispositivo para um período de análise de 1 mês, ele poderá escolher uma agregação de 1 hora ou maior. Essa abordagem evita sobrecarregar o banco de dados com consultas extensas e volumosas, contribuindo para a eficácia da análise de dados e para o desempenho geral do sistema de monitoramento e gestão de energia.

3.2 BACKEND

Nesta seção, aprofundaremos como os dados são tratados no backend. Nosso sistema utiliza o NestJS, um framework Node.js eficiente e escalável, para gerenciar as operações de backend. O NestJS é responsável por buscar as informações armazenadas no InfluxDB, processá-las e formatá-las antes de enviá-las para o MongoDB e disponibilizá-las em formato JSON através de uma API RESTful (CROCKFORD, 2006).

- Busca de Dados no InfluxDB: O backend, através do NestJS, realiza consultas no InfluxDB para recuperar os dados armazenados pelo MDC. O InfluxDB é utilizado devido à sua eficiência em lidar com séries temporais e vem sendo bastante utilizado em aplicações IoT (NASAR; KAUSAR, 2019).
- Processamento e Formatação: Após recuperar os dados do InfluxDB, o NestJS processa essas informações. Este processamento pode incluir agregações, filtragens e transformações necessárias para tornar os dados úteis e compreensíveis para os usuários finais.
- Armazenamento no MongoDB: Os dados processados são então formatados e salvos no MongoDB. O MongoDB é escolhido por sua flexibilidade e facilidade de uso, o que facilita a integração com o frontend e outras partes do sistema.
- Finalmente, os dados formatados são enviados para o frontend em formato JSON através da API. Esta abordagem permite que os dados sejam facilmente consumidos e utilizados para a criação de gráficos e análises detalhadas pelos usuários finais. Esses dados são enviados via HTTP utilizando uma rota GET para o frontend, garantindo uma comunicação eficiente e segura entre o servidor e o cliente. Isso possibilita que os dados sejam rapidamente processados e exibidos no navegador, Na Figura 4

abaixo, podemos ver um exemplo da estrutura do JSON que é enviado ao frontend. Esta representação ilustra como os dados são organizados e formatados antes de serem transmitidos.

Figura 4 – Exemplo de JSON enviado para o frontend

```
▶ 0: ["Data", "Hora", "UC", "VA - Tensão na fase A (V)", "VB - Tensão na fase B (V)",...]  
▶ 1: ["11/04/2024", "00:00:00", "pima", "223,79", null, null]  
▶ 2: ["11/04/2024", "03:00:00", "pima", "222,53", null, null]  
▶ 3: ["11/04/2024", "06:00:00", "pima", "223,19", null, null]  
▶ 4: ["11/04/2024", "09:00:00", "pima", "219,83", null, null]  
▶ 5: ["11/04/2024", "12:00:00", "pima", "218,49", null, null]  
▶ 6: ["11/04/2024", "15:00:00", "pima", "220,38", null, null]  
▶ 7: ["11/04/2024", "18:00:00", "pima", "219,46", null, null]  
▶ 8: ["11/04/2024", "21:00:00", "pima", "221,65", null, null]  
▶ 9: ["12/04/2024", "00:00:00", "pima", "225,05", null, null]  
▶ 10: ["12/04/2024", "03:00:00", "pima", "224,69", null, null]  
▶ 11: ["12/04/2024", "06:00:00", "pima", "225,21", null, null]  
▶ 12: ["12/04/2024", "09:00:00", "pima", "221,75", null, null]  
▶ 13: ["12/04/2024", "12:00:00", "pima", "219,21", null, null]  
▶ 14: ["12/04/2024", "21:00:00", "pima", "220", null, null]  
▶ 15: ["13/04/2024", "00:00:00", "pima", "222,51", null, null]  
▶ 16: ["13/04/2024", "03:00:00", "pima", "223,31", null, null]  
▶ 17: ["13/04/2024", "06:00:00", "pima", "224,46", null, null]  
▶ 18: ["13/04/2024", "09:00:00", "pima", "223,22", null, null]  
▶ 19: ["13/04/2024", "12:00:00", "pima", "221,28", null, null]
```

Fonte: Autor 2024

Como podemos observar na Figura 4, o primeiro item do array JSON é sempre o cabeçalho, contendo as informações essenciais do dispositivo que está sendo analisado. Este cabeçalho inclui informações do dispositivo, como o nome do dispositivo a ser analisado, o período de análise (composto pela data e hora selecionadas), as fases em que o dispositivo possui, e o tipo de medida que o medidor fornece, que neste caso é a tensão.

No exemplo mostrado na Figura 4, podemos observar que apenas a fase A possui valores. Isso ocorre porque o dispositivo testado é monofásico, ou seja, ele opera apenas em uma fase. Se o dispositivo fosse bifásico, poderíamos ter dados em duas fases, e se fosse trifásico, haveria dados nas três fases. Além disso, também podemos observar que os dados estão agregados de 3 em 3 horas. Essa estrutura permite que os dados sejam organizados de forma clara e acessível, facilitando a interpretação e a análise detalhada pelos usuários finais.

3.3 FRONTEND

Nesta seção, discutiremos como o frontend é estruturado para interagir com o usuário e solicitar os dados do sistema de gestão de dados de energia.

3.3.1 Estrutura da página

A interface frontend utiliza React para oferecer uma experiência fluida e responsiva aos usuários finais. Essa experiência é alcançada graças à forma como o React lida com a renderização e atualização da interface. React utiliza o conceito de DOM virtual como destacado por Orinboev (2023), o que permite que as mudanças na interface sejam refletidas de maneira rápida e eficiente, sem a necessidade de recarregar toda a página. Isso resulta em uma interface que responde imediatamente às interações do usuário, proporcionando uma navegação mais fluida.

Além disso, o React permite o desenvolvimento de componentes reutilizáveis e altamente modulares. Isso significa que partes da interface, como o formulário de seleção e os gráficos, podem ser desenvolvidas de forma isolada e depois integradas, garantindo consistência e facilidade de manutenção.

A experiência responsiva foi reforçada pelo uso de estilos dinâmicos e adaptáveis, que garantem que a interface se ajuste perfeitamente a diferentes tamanhos de tela e dispositivos, oferecendo uma experiência otimizada tanto em desktops quanto em dispositivos móveis.

Na página principal, por exemplo, os usuários encontram um formulário no topo da página, onde podem realizar seleções específicas para visualizar os dados de maneira personalizada. Após essas seleções, os gráficos são gerados de acordo com as características do dispositivo em análise. Se o dispositivo possui dados de tensão e corrente, serão gerados gráficos de tensão e corrente, se o dispositivo possuir apenas dados de tensão, será gerado apenas o gráfico de tensão. Essa flexibilidade e rapidez na geração de gráficos são possíveis graças à eficiência do React na manipulação do DOM e à capacidade de criar componentes dinâmicos que respondem diretamente às interações do usuário. Podemos observar essa interface na figura 5 abaixo.

Figura 5 – Interface de análise de dados



Fonte: Autor 2024

Com base na figura 5, podemos observar que os itens 1, 2, 3 e 4 são responsáveis por fazer a requisição para o backend para coletar as informações desses dados. Vamos detalhar cada item a seguir

1. Seleção do dispositivo

O primeiro passo envolve a seleção do dispositivo específico que o usuário deseja analisar. Este campo permite ao usuário escolher entre diferentes dispositivos disponíveis no sistema, garantindo que a análise seja direcionada aos dados corretos. A seleção do dispositivo é essencial para filtrar as informações relevantes e garantir a precisão dos dados exibidos nos gráficos.

2. Seleção da data de início

Após a escolha do dispositivo, o usuário deve selecionar a data de início do período de tempo que deseja analisar. Este campo permite definir a data de início, proporcionando flexibilidade para analisar dados a partir de um ponto específico no tempo. A escolha da data de início é crucial para observar o início dos padrões e tendências ao longo do tempo.

3. Seleção da data de término

Em seguida, o usuário deve selecionar a data de término do período de tempo que deseja analisar. Este campo permite definir a data de término, completando a janela temporal para a análise dos dados. A seleção da data de término, junto com a data de início, permite uma análise temporal detalhada e abrangente.

4. **Agregação dos valores**

A agregação define a granularidade dos dados a serem visualizados, ajustando o intervalo de tempo entre os pontos de dados. Isso é feito por meio de uma requisição à API do backend, na qual a query no InfluxDB utiliza a função `aggregateWindow`. Essa função então agrupa os dados em janelas de tempo definidas, como 15 minutos, 30 minutos, ou outros intervalos especificados pelo usuário. A agregação dos valores ajudam a ajustar a densidade dos dados exibidos.

5. **Botão de filtragem**

Após preencher os campos anteriores, o usuário deve clicar no botão de filtragem para enviar a requisição ao backend. Este botão é responsável por coletar todas as seleções feitas pelo usuário (dispositivo, período e agregação) e fazer uma requisição para o backend. O backend, por sua vez, processa essas informações e retorna os dados solicitados. Os gráficos dinâmicos são então gerados na interface do usuário com base nos dados recebidos.

6. **Fases do dispositivo**

Uma das principais funcionalidades que podemos observar é a exibição das diferentes fases do dispositivo, como Fase A, Fase B e Fase C. Cada fase representa um conjunto específico de dados relacionados ao dispositivo monitorado. No dispositivo que estamos analisando, ele possui apenas a opção de Fase A, por isso, apenas os dados dessa fase são exibidos no gráfico. Se o dispositivo tivesse outras fases, como Fase B ou Fase C, esses dados adicionais também seriam mostrados no gráfico gerado. Isso permite uma visualização detalhada e específica das características operacionais do dispositivo, facilitando a análise comparativa entre diferentes fases, caso existam.

7. **Opções de análise do gráfico**

Temos diversas opções para auxiliar o profissional a analisar o gráfico com mais precisão. Entre elas, existem opções como aumentar o tamanho do gráfico, retroceder ou aproximar o gráfico, e a opção de retirada de legendas. Nesta parte, o usuário pode remover as legendas de marcações, como precária, abaixo, crítica, acima, etc. Além disso, há a opção de baixar o gráfico em formato PNG e SVG.

8. **Valor mínimo**

Nesta opção, podemos observar o valor mínimo que o gráfico atingiu durante o período de análise selecionado.

9. **Valor máximo**

Esta opção mostra o ponto máximo que o gráfico atingiu.

10. Valor médio

É exibido o valor médio que o gráfico atingiu durante todo o período de análise selecionado.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo a criação e implementação de uma plataforma de análise de dados e gestão de energia para empresas de distribuição de energia. Ao longo deste estudo, procuramos desenvolver uma ferramenta que proporcionasse maior eficiência operacional, praticidade e segurança no monitoramento e gestão do consumo energético.

A plataforma criada destaca-se pela sua praticidade e acessibilidade, pois pode ser utilizada a partir de tablets, computadores ou celulares. Essa flexibilidade permite que os usuários acompanhem o consumo de energia e tomem decisões em tempo real, independentemente de sua localização, o que promove uma gestão mais dinâmica e eficiente.

A interface intuitiva foi projetada para facilitar a navegação e o uso do sistema, mesmo por usuários com pouca experiência tecnológica.

O monitoramento em tempo real do consumo de energia foi uma das funcionalidades centrais da plataforma. Esta característica permite que os profissionais do setor elétrico acompanhem continuamente o desempenho energético, identifiquem padrões de consumo e respondam rapidamente a qualquer anomalia, promovendo uma gestão proativa e a otimização do uso de energia.

Além de melhorar a eficiência operacional, a plataforma contribui para a economia de recursos, eliminando a necessidade de deslocamentos para coleta de dados. A verificação remota das medições reduz custos operacionais e permite que os técnicos se concentrem em atividades mais estratégicas.

Em resumo, a criação desta plataforma de análise de dados e gestão de energia proporciona visa buscar uma série de benefícios práticos e econômicos voltados para as empresas de distribuição de energia que estão enfrentando ou se preparando para a competitividade do mercado livre de energia.

4.1 TRABALHOS FUTUROS

Atualmente, a plataforma de gestão e análise de dados de energia não inclui a previsão automática de anomalias na rede elétrica. Para os trabalhos futuros, é fundamental explorar o potencial da IA e do aprendizado de máquina para aprimorar essa funcionalidade. Um dos principais objetivos será desenvolver e treinar algoritmos avançados capazes de identificar automaticamente possíveis anomalias, como fraudes e falhas na rede, durante os períodos de análise dos gráficos.

A utilização de IA permitirá a criação de modelos preditivos robustos, treinados através de volumes de dados coletados pelos medidores inteligentes. Esses modelos serão

capazes de identificar padrões e comportamentos atípicos que possam indicar problemas na rede elétrica, permitindo uma agilidade ainda maior de anomalias e evitando ainda mais a possibilidade de erro humano.

REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, A. et al. A study of lora: Long range & low power networks for the internet of things. **Sensors**, MDPI, v. 16, n. 9, p. 1466, 2016.

COMERC. **Abertura do Mercado de Energia em 2024: quais empresas poderão migrar e se beneficiar**. Comerc Energia, 2023. Acesso em 06 abr. 2024. Disponível em: <<https://www.comerc.com.br/panorama/minha-empresa-pode-migrar-para-mercado-livre-em-2024/>>.

CROCKFORD, D. **The application/json media type for javascript object notation (json)**. [S.l.], 2006.

DEMERLÉ, S. R. **Implementing LoRa-based Solutions for Smart Metering**. allaboutcircuits, 2020. Acesso em 09 abr. 2024. Disponível em: <<https://www.allaboutcircuits.com/industry-articles/implementing-lora-based-solution-for-smart-metering-utilities/>>.

EBAC. **O que é visualização de dados?** Ebac, 2024. Acesso em 01 abr. 2024. Disponível em: <<https://ebaonline.com.br/blog/visualizacao-de-dados-seo/>>.

ELECTY. **Liberdade Energética: Entenda o Mercado Livre de Energia**. Electy, 2023. Acesso em 01 abr. 2024. Disponível em: <<https://electy.com.br/blog-liberdade-energetica-entenda-o-mercado-livre-de-energia/>>.

KIKUMOTO, B. **Consumidores do grupo A faturados como grupo B**. Canalsolar, 2019. Acesso em 06 abr. 2024. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/consumidores-do-grupo-a-faturados-como-grupo-b/>>.

LAMIN, H. **Medição eletrônica em baixa tensão: aspectos regulatórios e recomendações para implantação**. 2009.

MACHADO, N. **Brasil está pronto para abertura total do mercado livre de energia, diz VP da Delta**. epbr, 2024. Acesso em 20 abr. 2024. Disponível em: <<https://epbr.com.br/brasil-esta-pronto-para-abertura-total-do-mercado-livre-de-energia-diz-vp-da-delta/#:~:text=Em%20janeiro%20de%202024%2C%20passou,total%2C%20incluindo%20a%20baixa%20tens%C3%A3o>>.

MANDELMAN, M. **Análise crítica da matriz energética brasileira e a implementação de smart grid**. Universidade de Taubaté, 2011.

NASAR, M.; KAUSAR, M. A. Suitability of influxdb database for iot applications. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**, v. 8, n. 10, p. 1850–1857, 2019.

NOURA, H. et al. **Lorawan security survey: Issues, threats and possible mitigation techniques**. **Internet of Things**, Elsevier, v. 12, p. 100303, 2020.

ORINBOEV, A. **Analyzing the efficiency and performance optimization techniques of react.js in modern web development**. : , v. 2, n. 24, p. 54–57, 2023.

SOBRINHO, A. J. de S.; PAES, F. G. Otimização do gerenciamento do consumo de energia elétrica em prédios inteligentes. In: **Congresso Fluminense de Pós-Graduação-CONPG**. [S.l.: s.n.], 2020.

SOUZA, L. F. de. **Como a tecnologia pode ajudar varejistas a gerenciar clientes no mercado livre de energia?** way2, 2023. Acesso em 01 abr. 2024. Disponível em: <<https://www.way2.com.br/blog/gerenciar-clientes-no-mercado-livre-de-energia/>>.

SPRUNG, U. **Como migrar sua empresa para o mercado livre de energia.** Terra, 2024. Acesso em 07 abr. 2024. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/economia/como-migrar-sua-empresa-para-o-mercado-livre-de-energia,950ab48644430a406ee76c7a365ad6d2q7oc2orm.html/>>.