



Análise de incidentes em redes de distribuição de energia: uma abordagem com Power BI

António José Alves Carreira

(n.º 2201847)

Dissertação de Mestrado

**Mestrado em Informação e Sistemas
Empresariais**

Orientador: Professor Doutor Luís Manuel Pereira Sales Cavique Santos

Fevereiro 2025

Agradecimentos

Devo expressar a minha gratidão ao Prof. Doutor Luís Cavique, o orientador desta dissertação, pelo seu apoio, incentivo e partilha de conhecimentos.

Agradeço também aos meus colegas de trabalho pelo apoio na interpretação dos indicadores de qualidade de serviço e por aprofundarem a minha compreensão geral do negócio. A experiência deles e a sua disponibilidade em partilhar conhecimentos e perspetivas sobre as operações da empresa foram fundamentais.

Um agradecimento especial aos meus pais, a minha irmã e a minha namorada pelo apoio incondicional que disponibilizaram, sendo o seu apoio fundamental para a realização deste trabalho.

“Without data, you’re just another person with an opinion.”

“Sem dados, és apenas mais uma pessoa com uma opinião.”

(W. Edwards Deming)

Resumo

A análise de ocorrências e indicadores de qualidade de serviço na rede de distribuição energética é fundamental para garantir a eficiência e a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica. Este estudo aborda os principais desafios enfrentados nesse processo, incluindo a recolha e integração de dados de diversas fontes, a identificação e classificação de falhas, e a implementação de técnicas avançadas de análise de dados. Além disso, são discutidas as dificuldades na manutenção da qualidade do serviço em face de eventos imprevistos, como desastres naturais e sobrecargas na rede.

A pesquisa também explora o uso de ferramentas de Business Intelligence, com ênfase no Power BI, para melhorar a visualização e interpretação dos dados, facilitando a tomada de decisões estratégicas.

Com base na metodologia de Investigação-Ação, o estudo abordou as lacunas dos sistemas convencionais de forma colaborativa e iterativa, desenvolvendo um dashboard que aplica técnicas avançadas de transformação e validação de dados, no âmbito da gestão de incidentes, garantindo consistência e qualidade. O modelo criado permitiu a geração de indicadores chave, criados a partir dos principais indicadores de qualidade de serviço em comparação com o padrão definido pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. A ferramenta foi concebida para apresentar dados consolidados de forma visualmente intuitiva, proporcionando ao utilizador uma visão abrangente e detalhada.

O dashboard desenvolvido visa ser eficaz na promoção da transparência, na agilidade da tomada de decisões e na modernização da gestão de incidentes nas redes de distribuição de energia, respondendo às exigências contemporâneas. Este estudo contribui para o avanço das práticas de gestão operacional no setor de energia, destacando o potencial do Power BI como uma solução transformadora que pode ser replicada noutros contextos da distribuição energética.

Palavras-chave: Análise de Ocorrências, Indicadores de Qualidade de Serviço, Rede de Distribuição Energética, Business Intelligence, Power BI.

Abstract

The analysis of occurrences and service quality indicators in the energy distribution network is fundamental to ensuring the efficiency and reliability of electricity supply. This study addresses the main challenges faced in this process, including the collection and integration of data from various sources, the identification and classification of failures, and the implementation of advanced data analysis techniques. Additionally, the difficulties in maintaining service quality in the face of unforeseen events, such as natural disasters and network overloads, are discussed.

The research also explores the use of Business Intelligence tools, with an emphasis on Power BI, to improve data visualization and interpretation, facilitating strategic decision-making.

Based on the Action Research methodology, the study addressed the gaps in conventional systems in a collaborative and iterative manner, developing a dashboard that applies advanced data transformation and validation techniques in the context of incident management, ensuring consistency and quality. The created model allowed the generation of key indicators, created from the main service quality indicators compared to the standard defined by the Energy Services Regulatory Authority. The tool was designed to present consolidated data in a visually intuitive manner, providing the user with a comprehensive and detailed view.

The developed dashboard aims to be effective in promoting transparency, agility in decision-making, and modernization of incident management in energy distribution networks, meeting contemporary demands. This study contributes to the advancement of operational management practices in the energy sector, highlighting the potential of Power BI as a transformative solution that can be replicated in other contexts of energy distribution.

Keywords: Occurrence Analysis, Service Quality Indicators, Energy Distribution Network, Business Intelligence, Power BI

Índice

1	Introdução.....	12
1.1	Problema.....	13
1.2	Objetivos.....	14
1.3	Perguntas de investigação.....	14
1.4	Metodologia.....	15
1.5	Organização.....	17
2	Trabalho relacionado.....	19
2.1	Relatório.....	19
a.	Análise de ocorrências na rede de distribuição energética.....	19
b.	Indicadores de qualidade de serviço na RDE.....	21
c.	Melhorar a qualidade de serviço na RDE.....	22
d.	Importância da qualidade de serviço na RDE.....	24
2.2	Contextualização do Business Intelligence.....	25
2.3	Problema de investigação.....	26
3	Contexto.....	28
3.1	Qualidade de Serviço.....	28
3.2	Qualidade de Serviço Técnico.....	28
3.2.1	Continuidade de Serviço.....	29
3.3	Qualidade de Serviço Comercial.....	32
3.4	Classificação de interrupções.....	33
3.5	Métricas e KPI utilizados neste trabalho.....	36
4	Fontes dos Dados e Modelo de Dados.....	39
4.1	Fonte de dados.....	39
4.1.1	Microsoft Office Excel.....	40

4.2	Data Warehouse	40
4.3	Processo de ETL	40
4.3.1	Microsoft Power Query	41
5	KPI's e Dashboards	44
5.1	Power BI	44
5.1.1	Data Analysis Expressions.....	46
5.1.2	Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs).....	47
5.2	Relatório de análise de incidentes.....	49
5.2.1	Menu	52
5.2.2	SAIDI MT/área de ativos.....	53
5.2.3	Piores Linhas/ERSE/SAIDI.....	54
5.2.4	Análise por SE/Linha.....	54
5.2.5	Reincidências com causas desconhecidas.....	55
5.2.6	TIEPI.....	56
5.2.7	END	57
5.2.8	Impacto Temporais	59
5.2.9	SAIDI/concelho	60
5.2.10	SAIFI	61
5.2.11	Fases do ano mais críticas.....	63
5.2.12	KPI_Globais.....	63
6	Conclusão	67
6.1	Respostas às Perguntas de Investigação	68
6.2	Contribuições	70
6.3	Trabalhos Futuros	71
7	Referências	72
	Apêndice A	79

Apêndice B85

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Tipologia do dataset	13
Figura 1.2 - Estrutura cíclica Action Research adaptado de (Baskerville,1997)	16
Figura 3.3 - Constituintes da Qualidade de Serviço	28
Figura 4.4 - Esquema das fontes de dados	39
Figura 4.5 - Esquema em estrela	42
Figura 5.6 - Arquitetura Power BI	45
Figura 5.7 - Classificação de Interrupções	47
Figura 5.8 - Visão geral do dashboard	52
Figura 5.9 - Organização do relatório	53
Figura 5.10 - Representação visual do Menu no dashboard	54
Figura 5.11 - SAIDI MT/área de ativos	53
Figura 5.12 - Piores Linhas/ERSE/SAIDI	54
Figura 5.13 - Análise por SE/Linha	55
Figura 5.14 - Reincidências com causas desconhecidas	56
Figura 5.15 – TIEPI	57
Figura 5.16 - END	58
Figura 5.17 - Impacto Temporais	60
Figura 5.18 – Árvore de decomposição SAIDI/concelho	61
Figura 5.19 - SAIFI	62
Figura 5.20 - Fases do ano mais críticas	63
Figura 5.24 - KPI's Globais	65

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Classificação das zonas de consumo	31
Tabela 3.2 - Padrões para as redes MT e BT (ERSE, 2023).....	33
Tabela 3.3 - Classificação de interrupções (ERSE, 2023)	36
Tabela 1.4 - Artigos selecionados com pesos associados para aplicação da revisão sistemática da literatura	78
Tabela 4.5 – Estrutura simplificada do dataset	84

Acrónimos

AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
BI	Business Intelligence
DAX	Data Analysis Expressions
DW	Data Warehouse
ERP	Enterprise Resource Planning
KPI	Key Performance Indicator
SLR	Systematic Literature Review
DSR	Design Science Research
RQ	Research Question
EDP	Energias de Portugal
END	Energia não distribuída
ENF	Energia não fornecida
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
MT	Média Tensão
PdE	Ponto de distribuição de energia
PTC	Posto de Transformação Particular
PTD	Posto de Transformação de Distribuição
RND	Rede Nacional de Distribuição
RNE	Rede Nacional de Energia
RQS	Regulamento de Qualidade e Segurança
SAIDI	Duração média de interrupções do sistema
SAIFI	Frequência média de interrupções do sistema
TIE	Tempo de interrupção equivalente
TIEPI	Tempo de interrupção equivalente de potência instalada

1

Introdução

Conteúdo

Problema.....	13
Objetivos.....	14
Metodologia	15
Organização	17

1 Introdução

Nos últimos anos, garantir a confiabilidade e a excelência do serviço elétrico tornou-se uma prioridade indispensável na gestão eficaz da rede de distribuição de energia (Sahoo et al., 2019). A importância de um sistema de distribuição robusto e eficiente é enfatizada pela crescente procura de energia resultante do progresso econômico e dos avanços tecnológicos. Consequentemente, torna-se imperativo analisar de forma abrangente as ocorrências e os indicadores de qualidade do serviço para compreender, monitorizar e aprimorar o desempenho da rede elétrica (Venable et al., 2012).

A qualidade do serviço em sistemas de distribuição de energia elétrica está diretamente associada à capacidade do sistema de fornecer eletricidade ininterrupta, manter níveis de tensão adequados e responder prontamente a possíveis interrupções. O número crescente de consumidores e a utilização diversificada da eletricidade ressaltam a necessidade de avaliar a rede de distribuição, não apenas com base na sua capacidade de fornecimento, mas também na sua capacidade de manter a qualidade do serviço (Surya Prasad & Rao, 2016).

O objetivo desta investigação é aprofundar a compreensão dos eventos que impactam a qualidade do serviço na rede de distribuição de energia, bem como, examinar indicadores que refletem diretamente a eficiência operacional e a satisfação do consumidor. A compilação, análise e interpretação desses dados permitirão a identificação de padrões, falhas recorrentes e áreas de melhoria, que são fundamentais para a implementação de estratégias destinadas a elevar a confiabilidade e a eficiência da rede elétrica (Zhao et al., 2016).

Este estudo abordará vários aspetos relacionados com a qualidade do serviço, desde a avaliação de parâmetros técnicos, como frequência e duração das interrupções, até a análise de indicadores de desempenho operacional e satisfação do cliente. Além disso, tecnologias emergentes, como automação, monitorização em tempo real, redes inteligentes e o seu papel na optimização da rede de distribuição, serão exploradas.

A importância deste trabalho está na sua contribuição para o desenvolvimento de estratégias mais eficientes e sustentáveis na gestão da rede de distribuição de energia, com

o objetivo de atender à crescente procura da sociedade por um serviço elétrico confiável e de alta qualidade. Uma compreensão abrangente dos eventos e indicadores de qualidade de serviço será crucial para orientar as decisões de investimento, manutenção e modernização da infraestrutura elétrica, promovendo assim um setor de energia mais resiliente e preparado para enfrentar os desafios do futuro.

1.1 Problema

Esta secção centra-se na descrição do problema de investigação que será abordado pelo trabalho futuro da Dissertação.

O problema de investigação concentra-se em compreender as causas das interrupções no fornecimento de energia, analisar indicadores de qualidade de serviço e analisar fatores que impactam negativa ou positivamente nesses indicadores, proporcionando assim uma base sólida para a pesquisa a ser desenvolvida. A investigação terá por base um dataset que, poderá ser resumido pela Figura 1.1.

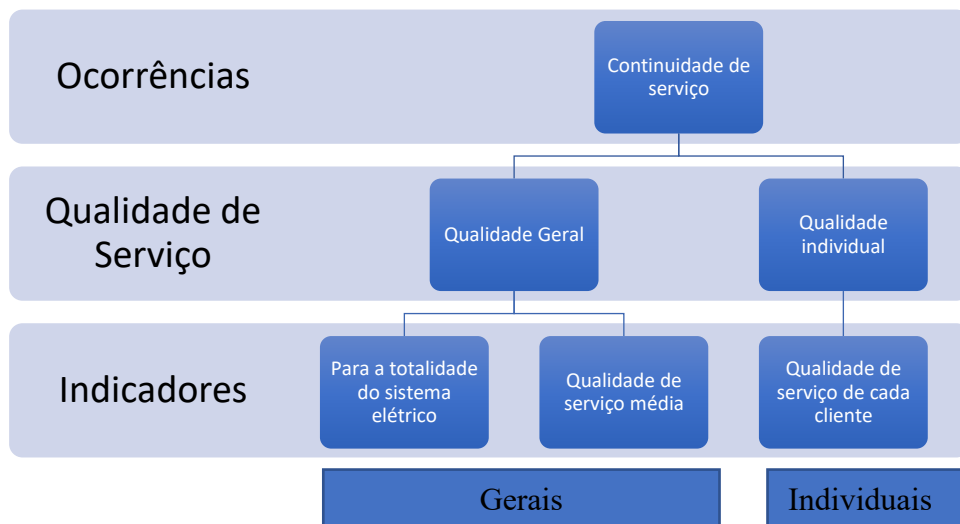


Figura 1.1 - Tipologia do dataset

Motivação. A complexidade e dinâmica do setor de distribuição energética exige uma análise detalhada das ocorrências e indicadores de qualidade de serviço, visando aprimorar a confiabilidade e eficiência operacional. Ao examinar a literatura existente pretende-se identificar tendências, lacunas e descobertas mais recentes que enriquecerão

a investigação. A análise das ocorrências é vital para antecipar e solucionar problemas, enquanto a avaliação dos indicadores de qualidade é essencial para garantir serviços mais eficientes e satisfatórios. A revisão da literatura não apenas nos posiciona no contexto atual do conhecimento, mas também nos permite explorar abordagens inovadoras e melhores práticas que podem ser aplicadas na análise de ocorrências e indicadores de qualidade de serviço. Esta revisão servirá como alicerce sólido, fornecendo insights valiosos para a construção de soluções eficazes e aprimoramento contínuo na gestão da rede de distribuição energética.

1.2 Objetivos

O principal objetivo da proposta de investigação é criar uma linha de base para analisar ocorrências na rede de distribuição energética que, pode ser subdivida em 2 objetivos:

- ➔ Identificar Causas de Interrupções: Investigar as principais razões por trás das interrupções no fornecimento de energia.
- ➔ Identificar Fatores de Impacto: Identificar fatores que influenciam positiva ou negativamente os indicadores de qualidade de serviço.

Estes objetivos procuram proporcionar uma compreensão aprofundada do sistema, destacando áreas críticas e propondo soluções para melhorar a eficiência e qualidade do serviço.

1.3 Perguntas de investigação

O ponto central da revisão atual é fornecer uma visão maior sobre o tema da análise de ocorrências na rede de distribuição energética. Para atingir este objetivo, foi eleita uma abordagem “What, Why & How”, culminando com a formulação das seguintes questões de investigação:

- RQ1. *O que se entende por análise de ocorrências na rede de distribuição energética (RDE)?*

- RQ2. *O que se entende por indicadores de qualidade de serviço na RDE?*
- RQ3. *Como melhorar a qualidade de serviço na RDE?*

1.4 Metodologia

A metodologia a ser utilizada no desenvolvimento desta dissertação é a Action Research, que se distingue das outras metodologias pelo facto do investigador ser parte integrante do meio onde incide a investigação (Somekh, 1995)

Como referem Feldman & Minstrell (2000) esta metodologia tem vindo a ganhar notoriedade devido ao facto de ser uma metodologia com um curto período de tempo entre o processo de geração de conhecimento e a sua aplicação. Os autores salientam ainda que se for o investigador a aplicar o conhecimento adquirido, este tempo pode mesmo ser reduzido a zero.

Esta metodologia, que deve ser aplicada no que está a ser feito na organização-alvo e não no que deveria ser feito (Avison et al., 1999), permite que o estudo seja realizado no ambiente produtivo e que dessa forma a quantidade de informação absorvida pelo investigador seja maior. Feldman & Minstrell (2000) explicam que esta abordagem pode ser vista de duas perspetivas, variando esta consoante o peso que atribuímos à componente de action e à componente de research.

Segundo Shani e Coghlan (2021), a Investigação-Ação é uma abordagem que combina investigação rigorosa e prática colaborativa para promover a mudança organizacional e o desenvolvimento contínuo. Este processo cíclico envolve as fases de diagnóstico, planeamento, intervenção e reflexão, proporcionando melhorias contínuas no contexto em análise. De forma semelhante, (Shani & Coghlan, 2021) destacam que a investigação colaborativa, enquanto derivação da Investigação-Ação, requer um envolvimento ativo dos parceiros internos e externos, garantindo que as soluções desenvolvidas refletem as necessidades organizacionais e contextuais.

No caso da construção de um dashboard, o processo iterativo da Investigação-Ação inicia-se com o diagnóstico do problema, onde se identificam as necessidades específicas da

análise de incidentes na rede de distribuição de energia, como métricas de desempenho. Shani e Coghlan (2021) sublinham que a participação dos utilizadores finais nesta fase é essencial para assegurar a relevância e eficácia das intervenções. Na fase de planeamento, os investigadores e as partes interessadas colaboram na definição das funcionalidades do dashboard, otimizando a sua utilidade prática. A implementação do protótipo é acompanhada de ciclos de teste e validação, recolhendo feedback dos utilizadores para ajustes. Finalmente, a fase de reflexão permite avaliar o impacto da ferramenta na eficiência e identificar aprendizagens que orientem intervenções futuras.

A aplicação da Investigação-Ação proporciona uma abordagem que combina inovação tecnológica e desenvolvimento organizacional para projetos que integram teoria e prática, tais como dashboards, dado que não apenas resolvem problemas práticos imediatos, mas também contribuem para a construção de conhecimento replicável em outros contextos.

A Figura 1.2 - Estrutura cíclica Action Research contextualiza as fases da metodologia e a sequência cíclica com que ocorrem, as quais são descritas de seguida.

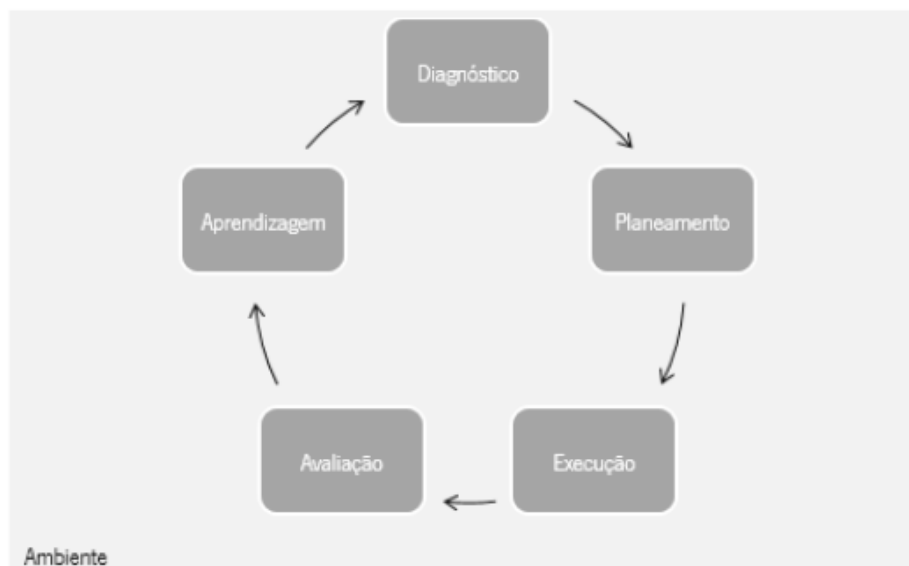


Figura 1.2 - Estrutura cíclica Action Research adaptado de (Baskerville, 1997)

1.5 Organização

A presente dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos interligados, cuja lógica construtiva visa responder aos objetivos propostos.

1. Introdução: Apresenta o problema, os objetivos, os contributos e a estrutura do trabalho.
2. Trabalho Relacionado: Detalha a abordagem metodológica adotada, que fundamenta a investigação sobre Análise de ocorrências e indicadores de qualidade de serviço na rede de distribuição energética. O seu principal objetivo era fornecer informações sobre a análise de ocorrências na rede de distribuição energética que, está diretamente relacionada com a qualidade de serviço. Este objetivo atende à necessidade prática de compreender as causas fundamentais das interrupções, crucial para melhorar a confiabilidade do sistema de distribuição energética.
3. Contexto: o objetivo deste capítulo é a análise dos indicadores, visando à conceção de uma abordagem eficaz para avaliar a qualidade do serviço na rede de distribuição
4. Fontes dos Dados e Modelo de Dados: analisar os dados provenientes do *dataset* utilizando o Excel e Power BI que podem ser usados para facilitar a interpretação dos dados
5. KPI's e Dashboards: compreende a avaliação dos resultados e tirar conclusões a partir de conjuntos de dados reais que, é uma etapa crucial para entender o impacto dos fatores no desempenho do sistema.
6. Conclusões: a comunicação e análise efetiva dos resultados da investigação, limitações do estudo e apresenta recomendações para investigações futuras.

2

Trabalho Relacionado

Conteúdo

Relatório	19
Contextualização do Business Intelligence	25
Problema de Investigação.....	26

2 Trabalho relacionado

Nesta seção, o objetivo é apresentar uma descrição completa da Revisão Sistemática da Literatura conduzida nesta investigação. O processo de revisão foi executado meticulosamente em três fases distintas, começando com a fase de planeamento, progredindo para a fase de condução e, finalmente, culminando na fase do relatório. Cada uma destas etapas desempenhou um papel fundamental na organização e implementação da revisão, garantindo uma abordagem metódica e abrangente na avaliação da literatura pertinente ao intuito do estudo.

2.1 Relatório

Esta subsecção centra-se na última etapa da Revisão Sistemática da Literatura, que compreende toda a informação extraída dos artigos seleccionados e as consequentes respostas às perguntas de investigação.

a. Análise de ocorrências na rede de distribuição energética

A análise de ocorrências na rede de distribuição de energia (RDE) é essencial para a compreensão, avaliação e melhoria contínua do sistema elétrico (Srivastava et al., 2022). Este processo envolve investigar eventos e incidentes específicos, identificar as suas causas fundamentais, examinar os seus impactos e identificar padrões e tendências (Kazim et al., 2020). Ao realizar uma análise aprofundada das ocorrências, podem ser obtidas informações valiosas para aumentar a fiabilidade e resiliência da rede de distribuição de energia (Zhao et al., 2016). Compreender as causas por detrás de falhas e interrupções pode ajudar na implementação de medidas preventivas e no desenvolvimento de estratégias para mitigar os riscos associados a condições climáticas extremas, desastres naturais e outros fatores que podem afetar o funcionamento normal da rede (Almasoudi, 2023).

No cerne deste processo analítico, a recolha de dados detalhados relacionados com quedas de energia, falhas de equipamentos e flutuações de tensão é essencial. Estes dados fornecem informações valiosas sobre a ocorrência destes eventos e permitem uma compreensão mais profunda das relações complexas envolvidas. Métodos avançados

como *machine learning* e *data mining* podem ser aplicados a esses dados para descobrir padrões ocultos e correlações que vão além da análise em nível de superfície. Estas técnicas oferecem uma perspectiva mais aprofundada sobre os dados de ocorrência, permitindo aos investigadores identificar fatores-chave e desenvolver modelos preditivos para eventos futuros. Ao alavancar o poder desses métodos avançados, os investigadores podem obter uma compreensão abrangente das causas subjacentes e da dinâmica das interrupções do sistema de energia (Sahoo et al., 2019).

A análise de ocorrências em redes de distribuição de energia tem uma abordagem proativa, orientando a implementação de medidas preventivas e estratégias de modernização de infraestruturas. Visa identificar padrões recorrentes e desenvolver estratégias de manutenção preditiva para reduzir o tempo de inatividade e melhorar a eficiência operacional. Analisando dados históricos e utilizando técnicas como a aprendizagem Naive Bayes e o classificador de quebras naturais de Jenks, a probabilidade de eventos de falha pode ser determinada (Hou et al., 2023). Isto permite o rastreamento atempado da condição de funcionamento e permite aos operadores antecipar grandes interrupções e preparar a rede (Leite et al., 2019). A combinação de abordagens proativas e reativas na engenharia de resiliência garante uma estrutura abrangente para melhorar a resiliência da rede (Prasad & Rao, 2016).

A análise de ocorrências é crucial para a gestão de eventos de alto impacto e baixa probabilidade, tais como desastres naturais. Ajuda a compreender a probabilidade e o impacto destes eventos, permitindo uma melhor preparação e estratégias de resposta. Através da análise de dados históricos e utilizando modelos preditivos, os operadores podem avaliar o risco e a vulnerabilidade das redes de distribuição de energia durante tais eventos (Sahoo et al., 2019). Esta análise considera fatores como ventos extremos, chuvas, trovoadas, relâmpagos, e os seus efeitos potenciais em condutores aéreos e equipamentos (Almasoudi, 2023). Adicionalmente, a análise tem em conta as incertezas associadas a estes eventos, tais como geração intermitente de energia e flutuações de carga, para garantir uma avaliação robusta da resiliência (Leite et al., 2019). Combinando esses *insights*, os operadores podem tomar decisões informadas e implementar medidas

para aumentar a resiliência da rede, minimizando o impacto de desastres naturais na distribuição de energia (Nait Belaid et al., 2021).

Em suma, a análise de ocorrências na RDE transcende à simples resolução de problemas pontuais, torna-se uma ferramenta estratégica para as concessionárias, proporcionando uma visão abrangente das operações, identificando áreas de melhoria, e promovendo a eficiência operacional e a qualidade contínua do serviço de distribuição de energia elétrica.

b. Indicadores de qualidade de serviço na RDE

Os indicadores de qualidade do serviço na Rede de Distribuição de Energia (RDE) são métricas essenciais usadas para avaliar o desempenho, a confiabilidade e a eficiência da rede (Nait Belaid et al., 2021). Esses indicadores oferecem uma perspectiva abrangente sobre o serviço prestado aos clientes e ajudam as empresas de distribuição de energia a identificar áreas que exigem melhorias e a tomar decisões bem informadas (Sahoo et al., 2019).

O Índice de Duração Média da Interrupção do Sistema (SAIDI) é um indicador essencial que quantifica a duração média das interrupções de energia sofridas por cada cliente. Esse indicador fornece informações valiosas sobre a confiabilidade da rede, permitindo que as empresas de distribuição de energia identifiquem áreas que precisam ser melhoradas e estabeleçam metas de desempenho (Maravilha et al., 2018). Além disso, o Índice de Frequência Média de Interrupção do Sistema (SAIFI) é outro indicador significativo que mede o número médio de interrupções de energia por cliente. Essa métrica auxilia na avaliação da frequência das interrupções e na identificação de padrões que podem ser resolvidos para melhorar a eficiência da rede (Hou et al., 2023). A energia esperada não fornecida (EENS ou END) serve como uma medida adicional, quantificando a quantidade de energia que os clientes não recebem durante quedas de energia (Almasoudi, 2023). Esse indicador tem grande importância na avaliação do impacto das interrupções no fornecimento de energia e permite que as empresas de distribuição de energia implementem medidas corretivas para aumentar a durabilidade da rede. Além desses

indicadores primários, outras métricas, incluindo frequência Média das interrupções breves do sistema (MAIFI), tempo de interrupção equivalente da potência instalada (TIEPI) voltagem e flutuações harmônicas, são consideradas ao avaliar a qualidade do serviço na RDE (Hou et al., 2023). A análise de indicadores utilizando metodologias avançadas como *machine learning* e *data mining* pode fornecer informações valiosas às empresas de distribuição de energia (Srivastava et al., 2022). Esta informação pode ser usada para otimizar operações, priorizar investimentos e melhorar continuamente a qualidade do serviço na rede de distribuição de energia (Zhao et al., 2016).

Em suma, os indicadores de qualidade de serviço na RDE são medidas quantitativas essenciais que abrangem SAIDI, SAIFI, EENS, TIEPI e MAIFI. Esses indicadores permitem que as empresas monitorem, analisem e melhorem de forma consistente o desempenho da rede de distribuição, garantindo um fornecimento confiável e eficiente de energia aos clientes.

c. Melhorar a qualidade de serviço na RDE

Para aprimorar a qualidade de serviço na Rede de Distribuição de Energia (RDE), torna-se imperativo adotar uma abordagem holística que abarque diversos aspectos. A garantia de rápida recuperação de incidentes de baixa probabilidade e elevado impacto assume papel crucial na manutenção de um fornecimento ininterrupto de eletricidade. Usar técnicas modernas e algoritmos que se ajustam automaticamente é fundamental para avaliar e fortalecer a capacidade da rede de continuar funcionando em situações de emergência (Sahoo et al., 2019). A condução de simulações constitui uma prática valiosa para a análise e aprimoramento das respostas da rede a interrupções. As estratégias de planejamento e atualização da rede são orientadas por análises de custo-benefício. A identificação de vulnerabilidades, padrões e causas de distúrbios, através de análises regulares de ocorrências, facilita a implementação de estratégias de manutenção preventiva (Maravilha et al., 2018). O incremento da resiliência implica investimentos em infraestruturas robustas, como redes elétricas robustas, e a adoção de tecnologias de rede inteligente. A monitorização contínua de indicadores de qualidade, como o Índice de Duração Média de Interrupção do Sistema (SAIDI) e Energia Esperada Não Fornecida (EENS), propicia a identificação de áreas que carecem de melhorias (Imteaj et al., 2023).

A capacidade de resposta da rede é melhorada através de automação e sistemas avançados, tais como, órgão de corte e religação telecomandados. A garantia de comunicação eficaz com clientes e partes interessadas é fundamental para elevar a satisfação do cliente, mediante o fornecimento oportuno de atualizações durante interrupções (Bouhours et al., 2010). A análise e aprendizagem a partir de incidentes prévios assume importância crucial para o desenvolvimento de estratégias mitigatórias de riscos.

Indicadores primordiais, englobando tempo de atividade, tempo de resposta e satisfação do cliente, tornam-se vitais para identificar áreas suscetíveis a melhorias. Medidas essenciais abrangem estratégias de manutenção preditiva, atualizações de infraestrutura e a aplicação de técnicas avançadas para análise de dados, como é exemplo, o *machine learning* (Tatietsse et al., 2011). Estratégias efetivas de gestão de riscos são necessárias para mitigar ameaças, incluindo aquelas relacionadas à segurança cibernética e desastres naturais. A análise contínua dos indicadores de qualidade impulsiona inovações.

Manutenções e inspeções regulares, implementação de sistemas avançados de monitorização e diagnóstico e o investimento em tecnologias modernas contribuem para a confiabilidade e eficiência da rede. O aperfeiçoamento da coordenação entre as partes interessadas e o fortalecimento da formação dos colaboradores representam aspetos fundamentais para assegurar a prestação de serviços eficazes (Belaid et al., 2021).

Em síntese, uma abordagem abrangente que englobe automação, tecnologias avançadas, comunicação eficaz e análise contínua emerge como indispensável para a melhoria abrangente da qualidade do serviço na Rede de Distribuição de Energia. A promoção da eficiência do serviço na Rede de Distribuição de Energia necessita de monitorização constante, implementação de programas de manutenção preventiva, investimentos em infraestruturas resilientes e robustas, e adoção de sistemas avançados de automação e monitorização. A coordenação efetiva entre diversas partes interessadas, implementação de iniciativas centradas no cliente e a utilização de tecnologias como redes inteligentes contribuem significativamente para a satisfação do cliente e a eficiência operacional. A análise periódica de incidentes na Rede de Distribuição de Energia, a implementação de estratégias proativas para deteção e resposta a falhas, e investimentos em tecnologias de deteção de falhas são essenciais para garantir um serviço ininterrupto. Essas ações devem

ser respaldadas por uma alocação apropriada de recursos e orçamentos para a manutenção e atualização da infraestrutura. O compromisso ativo com clientes, reguladores e especialistas do setor propicia uma abordagem abrangente para a contínua melhoria da qualidade do serviço na RDE.

d. Importância da qualidade de serviço na RDE

A qualidade de serviço na Rede de Distribuição de Energia (RDE) é um elemento crucial para garantir um fornecimento de energia elétrica confiável e contínuo aos consumidores (Hua, 2023). Essa importância pode ser avaliada de várias perspectivas, tendo em conta os impactos diretos na satisfação do cliente, na eficácia operacional e na contribuição para a estabilidade do sistema elétrico (Imteaj et al., 2023). A preservação de um elevado padrão de serviço dentro da RDE é crucial para garantir o fornecimento ininterrupto de eletricidade, especialmente em situações de emergência e adversas. É fundamental manter um fornecimento contínuo de energia para cargas vitais de forma a minimizar o impacto negativo na sociedade, na economia e nos serviços essenciais. Isso pode ser conseguido através de várias estratégias, como a implementação de sistemas resilientes de distribuição de energia, a realização de inspeções regulares nas linhas de energia e a adoção de tecnologias de automação de distribuição. Imteaj et al. (2023) investigaram o efeito do clima na confiabilidade do sistema de energia e enfatizaram a importância de considerar os parâmetros de confiabilidade dos componentes do sistema. Sahoo et al. (2019) analisaram a vulnerabilidade do fornecimento de energia elétrica em condições meteorológicas extremas e identificou contingências críticas em modo comum. Estes estudos destacam a importância de medidas proativas para garantir um fornecimento contínuo de energia durante circunstâncias críticas. Além disso, a qualidade do serviço está intrinsecamente ligada à satisfação do cliente. A redução de quedas de energia e interrupções na rede de distribuição promove a confiança do consumidor na infraestrutura elétrica, resultando em maior satisfação e fidelidade (PRAKASH et al., 2021). Os indicadores de qualidade de serviço oferecem métricas quantificáveis para avaliar até que ponto a rede atende às expectativas do consumidor (Almasoudi, 2023). Do ponto de vista da segurança, a qualidade do serviço assume um papel fundamental na diminuição dos

riscos. Uma rede estável e confiável auxilia na prevenção de situações perigosas, garantindo a segurança dos consumidores e dos profissionais envolvidos na manutenção e reparação da infraestrutura elétrica (Bouhouras et al., 2010). Além disso, a qualidade do serviço na RDE oferece suporte à rápida tomada de decisões e à reconfiguração eficiente da rede durante eventos de alto impacto (PRAKASH et al., 2021). O uso de tecnologias avançadas, como sistemas de automação de distribuição e inteligência artificial, permite uma resposta mais rápida às falhas, diminuindo o tempo de inatividade e otimizando a recuperação do sistema (Melo et al., 2019).

Em suma, a qualidade do serviço dentro do RDE é fundamental para garantir a distribuição eficiente e confiável de energia elétrica aos consumidores. Ela não apenas influencia diretamente a satisfação do cliente, mas também contribui para a segurança, a resiliência do sistema e a capacidade de responder a emergências, desempenhando um papel fundamental no funcionamento eficaz do setor elétrico.

2.2 Contextualização do Business Intelligence

A revisão sistemática de literatura evidenciou a importância crescente do Business Intelligence para o sucesso organizacional das empresas. Neste subcapítulo, serão abordadas as bases teóricas do BI, fornecendo uma estrutura conceitual para a compreensão da função vital que desempenha na gestão informada e eficiente.

Segundo Rick Sherman (2020) o BI refere-se à utilização sistemática de processos analíticos, tecnologias e ferramentas para transformar dados brutos em informações relevantes e é composto por quatro componentes fundamentais (Sherman, 2020).

- Data Warehousing armazenamento centralizado de dados que facilita a análise histórica e a integração de múltiplas fontes de informação.
- Data Mining descoberta de informações ocultas e desconhecidas nos dados através de algoritmos específicos para descobrir padrões e relações.
- Data Analytics fornecimento de informações para a tomada de decisão.

➤ Relatórios e Dashboards apresentação visual de informações, proporcionando uma compreensão rápida e acionável.

Na gestão estratégica de Sistemas de Informação Empresariais, o BI desempenha um papel crucial ao apoiar a formulação e implementação de estratégias organizacionais, garantindo o alinhamento entre os objetivos e a análise de dados. O BI potencializa a tomada de decisões baseadas em informações, aumenta a competitividade e incentiva a inovação, promovendo a redução da incerteza e maximizando a eficiência.

Os principais desafios no contexto do BI concentram-se na privacidade e segurança dos dados. Estas questões estão diretamente ligadas aos desafios éticos e legais inerentes à manipulação e armazenamento de dados sensíveis.

A necessidade de proteger informações confidenciais exige práticas rigorosas de segurança, que deverão assegurar a integridade e a confidencialidade dos dados em questão.

2.3 Problema de investigação

Esta secção centra-se na descrição do problema de investigação que será abordado pelo trabalho futuro da Dissertação.

A revisão da literatura revelou informações cruciais sobre a análise de ocorrências na rede de distribuição energética e a sua conclusão marca o início de uma nova fase neste trabalho.

O problema de investigação concentra-se em compreender as causas das interrupções no fornecimento de energia, analisar indicadores de qualidade de serviço e analisar fatores que impactam negativa ou positivamente nesses indicadores, proporcionando assim uma base sólida para a pesquisa a ser desenvolvida. A investigação terá por base um *dataset* que, poderá ser resumido pela Figura 1.1.

3

Contexto

Conteúdo

Qualidade de Serviço.....	28
Qualidade de Serviço Técnico.....	28
Qualidade de Serviço Comercial	32
Classificação de interrupções	33

3 Contexto

3.1 Qualidade de Serviço

A falta de qualidade de serviço é um problema que remonta aos anos 90 do século passado, relacionado com o aparecimento dos mercados de eletricidade e com a existência de companhias que atuam no mercado de uma forma monopolista. Para fazer face a este problema foi elaborado um Regulamento de Qualidade de Serviço, sendo que a versão mais recente desse regulamento é a versão que foi publicada no Diário da República a 28 de julho de 2023 (ERSE, 2023).

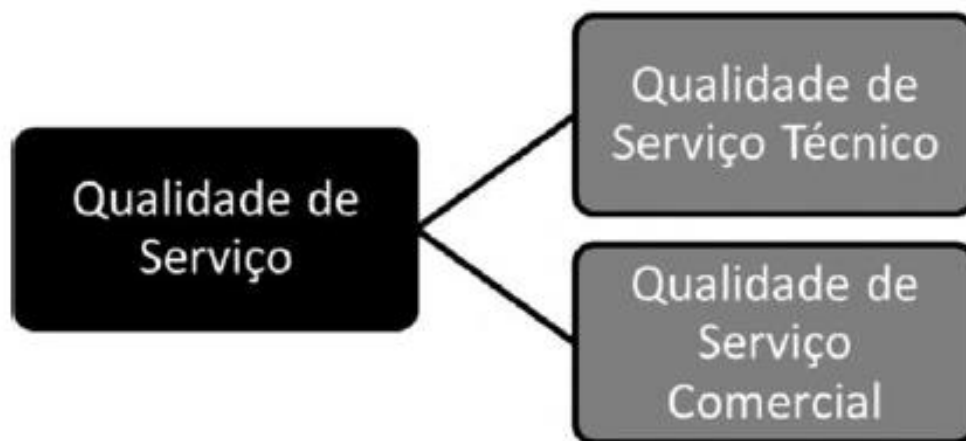


Figura 3.3 - Constituintes da Qualidade de Serviço (ERSE, 2023)

O regulamento encontra-se organizado em duas partes distintas, uma parte refere-se a aspetos de natureza técnica e a outra parte diz respeito a aspetos de natureza comercial.

3.2 Qualidade de Serviço Técnico

Os padrões (parâmetros) de qualidade de serviço podem variar de acordo com a localização geográfica, sendo que a forma de classificação das zonas se encontra na tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Classificação das zonas de consumo

Zona A	Capitais de distrito em Portugal continental e localidades com um número de clientes superior a 25000
Zona B	localidades com um número de clientes compreendido entre 2500 e 25000
Zona C	os restantes locais

3.2.1 Continuidade de Serviço

No que se refere a continuidade de serviço, os aspetos a serem avaliados são a Energia não fornecida (ENF), em megawatts-hora; o tempo de interrupção equivalente (TIEPI), em minutos; a frequência média de interrupções do sistema (SAIFI); a duração média de interrupções do sistema (SAIDI), em minutos;

Isto de um modo geral, porque no caso específico de média tensão, numa avaliação de continuidade de serviço os aspetos a serem alvo de estudo são:

- ➔ Tempo de interrupção equivalente da potência instalada (TIEPI), em horas por ano e é dado pela expressão:

$$TIEPI_{MT} = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^x DI_{ij} \times PI_j}{\sum_{j=1}^k PI_j}$$

- em que:

DI_{ij} – duração da interrupção longa i no PdE j , em minutos.

PI_j – potência instalada no PdE j (PTC ou PTD), em kVA.

k – quantidade total de PdE da rede de distribuição (PTC e PTD).

x – número de interrupções longas no PdE j .

- ➔ Frequência média das interrupções longas do sistema na rede MT (SAIFI MT), indicador que representa o número médio de interrupções longas

verificadas nos PdE da rede de distribuição MT (PTD ou PTC), num determinado período estabelecido (trimestre ou ano civil), dado por:

$$SAIFI\ MT = \frac{\sum_{j=1}^k FI_{jMT}}{k}$$

em que:

FI_{jMT} – número de interrupções longas nos PdE da rede de distribuição MT (PTD e PTC), no período considerado.

k – quantidade total de PdE da rede de distribuição MT (PTC e PTD).

→ Duração média das interrupções longas do sistema na rede MT (SAIDI MT), indicador que representa a duração média das interrupções longas verificadas nos PdE da rede de distribuição MT (PTD e PTC) num determinado período de tempo estabelecido (trimestre ou ano civil), dado por (em minutos):

$$SAIDI\ MT = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^x DI_{ijMT}}{k}$$

em que:

DI_{ijMT} – duração da interrupção longa i no PdE j (PTD ou PTC), em minutos.

k – quantidade total de PdE da rede de distribuição MT (PTC e PTD).

x – número de interrupções longas no PdE j , no período considerado.

→ Energia não distribuída (END), em megawatts-hora e é dado por:

$$END = \frac{TIEPI\ MT \times ED}{T}$$

em que:

TIEPI MT – tempo de interrupção equivalente da potência instalada na rede MT, em horas.

ED – energia distribuída à rede de MT do operador da rede de distribuição, em MWh, calculada a partir da energia entregue pelo operador da rede de transporte e pelos produtores ligados às redes de distribuição, deduzida dos consumos dos clientes ligados à rede de AT.

T – período de tempo considerado, em horas.

Os valores máximos pré-estabelecidos para uma avaliação de continuidade de serviço em MT/BT, encontram-se na tabela seguinte:

Tabela 3.2 - Padrões para as redes MT e BT

Nível Tensão	Indicador	Zona Qualidade Serviço	Padrão
MT	SAIDI MT (horas)	A	2
		B	3
		C	4
	SAIFI MT (interrupção)	A	2
		B	3
		C	4
BT	SAIDI BT (horas)	A	2
		B	3
		C	5
	SAIFI BT (interrupção)	A	2
		B	3
		C	4

O que acabou de ser referido sobre a continuidade de serviço aplica-se a(aos) operador(es) das redes de distribuição.

3.3 Qualidade de Serviço Comercial

A qualidade de serviço comercial diz respeito à qualidade de atendimento ao público, isto é, a qualidade de atendimento prestada pelas empresas de eletricidade aos clientes, quer sejam estas operadoras de rede ou comercializadores. Esta parte do regulamento de qualidade de serviço abrange muitos itens como o tempo de espera no atendimento telefónico, o grau de satisfação dos consumidores, o cumprimento de prazos e horários, entre outros. A ERSE é a entidade reguladora responsável por controlar de uma forma centralizada a qualidade comercial, isto é, para um controlo centralizado por parte da ERSE as empresas devem entregar relatórios trimestralmente, tendo em conta os indicadores globais e individuais definidos pela ERSE, sendo que o incumprimento dos indicadores ou o incumprimento dos prazos de entrega dos relatórios (45 dias após o final de cada trimestre ou 60 dias após o final do ano) leva a penalizações. Os indicadores globais definidos na tabela 3.2 permitem, para um determinado tema, verificar o desempenho da empresa para o conjunto dos seus clientes, para cada indicador global são definidos níveis mínimos de qualidade.

Os indicadores gerais medem a qualidade do ponto de vista dos clientes e o desempenho dos operadores, contribuindo para promover a melhoria do desempenho das empresas.

As obrigações individuais garantem a cada cliente um nível mínimo de qualidade de serviço. Se o operador não cumprir o nível mínimo regulamentado, deve pagar uma compensação ao cliente.

Nas visitas combinadas, se o operador de rede cumprir o horário acordado, mas o cliente não estiver presente, este deve pagar uma compensação ao operador de rede. O cliente fica também obrigado a pagar uma compensação ao operador de rede se, numa assistência técnica, a responsabilidade da avaria não for do operador de rede. O valor da compensação é de 20 euros, exceto na resposta a reclamações onde os comercializadores pagam o valor definido em contrato, nunca inferior a 5 euros.

Atualmente, as questões relacionadas com a qualidade de serviço representam uma significativa apreensão para o sector elétrico, quer ao nível das empresas distribuidoras quer ao nível dos consumidores de energia, uma vez que uma crescente competitividade do mercado de energia tende a impor-se.

A avaliação da qualidade de serviço abrange aspetos de serviço técnico e aspetos de serviço comercial. Deste modo, as empresas distribuidoras de energia realizam investimentos para melhoria da qualidade de serviço e os consumidores, por sua vez, têm que respeitar determinados parâmetros de forma a não excederem os padrões estabelecidos no regulamento, dado que ambos se relacionam na construção de uma rede com melhor qualidade.

A entidade concessionária da RND deve manter vigilância sobre a evolução das perturbações nas respetivas redes, procedendo, anualmente, à elaboração de um relatório de qualidade de serviço, por forma a aconselhar os produtores e os clientes sobre a maneira mais adequada de limitar, ao nível permitido, as perturbações emitidas. No que respeita à qualidade da onda de tensão, a sua avaliação apenas é elaborada pontualmente, quando ocorrem problemas na rede ou em algumas unidades industriais, não havendo neste domínio regulamentação que determine uma preocupação sistemática ao nível do projeto e licenciamento de novas instalações.

Neste capítulo procurou-se descrever os aspetos técnicos da qualidade de serviço, mas também os aspetos comerciais que se caracterizam pelo atendimento, informações, assistência técnica e avaliação de satisfação.

3.4 Classificação de interrupções

As interrupções de fornecimento de energia elétrica são classificadas de acordo com a sua origem, tipo e causa, de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 3.3 - Classificação de interrupções

ORIGEM	TIPO	CAUSAS
Produção, transporte ou distribuição	Previstas	Razões de interesse público Razões de serviço Facto imputável ao cliente Acordo com o cliente
	Acidentais	Razões de segurança Casos fortuitos Casos de força maior
		Próprias Outras redes ou instalações

No que respeita ao tipo, consideram-se:

Interrupções previstas – as interrupções do fornecimento ou da entrega de energia elétrica por acordo com os clientes ou, ainda, por razões de serviço ou de interesse público em que os clientes são informados com a antecedência mínima fixada no RRC.

Interrupções acidentais – as restantes interrupções

No que respeita à caracterização de interrupções, consideram-se:

- a) Interrupções por razões de interesse público – as interrupções que decorram da execução de planos nacionais de emergência energética, declarada ao abrigo de legislação específica, designadamente do planeamento civil de emergência e das crises energéticas, bem como as determinadas por entidade administrativa competente, e cuja possibilidade de ocorrência tenha tido a adequada divulgação por parte dos operadores das redes com a antecedência mínima de trinta e seis horas, cumprindo o estabelecido no RRC.
- b) Interrupções por razões de serviço – as interrupções que decorram da necessidade imperiosa de realizar manobras, trabalhos de ligação, reparação

ou conservação da rede e cuja possibilidade de ocorrência tenha tido a adequada divulgação por parte dos operadores das redes com a antecedência mínima de trinta e seis horas, cumprindo o estabelecido no RRC.

- c) Interrupções por acordo com ou facto imputável ao cliente – as interrupções que decorram por acordo com o cliente e nas situações referidas no RRC.
- d) Interrupções por razões de segurança – as interrupções ocorridas em situações para as quais a continuidade de fornecimento ponha em causa a segurança de pessoas e bens, nos termos do RRC.
- e) Interrupções por casos fortuitos – as interrupções ocorridas em situações que reúnam as condições estabelecidas no Artigo 7.º, que as define como eventos imprevisíveis e inevitáveis, não decorrentes de negligência das partes
- f) Interrupções por casos de força maior – as interrupções ocorridas em situações que reúnam as condições de exterioridade, impressibilidade e irresistibilidade, conforme estabelecido no Artigo 7.º do regulamento aplicável.
- g) Interrupções devidas a outras redes ou instalações – as interrupções que tenham origem nas redes ou instalações de outros operadores, produtores ou clientes.
- h) Interrupções por causas próprias – As interrupções ocorridas em situações que não sendo passíveis de serem classificadas em nenhuma das categorias anteriores, são consequentemente consideradas como imputáveis ao operador da rede em causa e, que por sua vez, poderão ser classificadas como devidas a:
 - i. Fenómenos atmosféricos – descargas atmosféricas, chuva, inundações, neve, gelo, granizo, nevoeiro, vento ou poluição.
 - ii. Ações naturais – animais, arvoredo, movimento de terras ou interferência de objetos estranhos às redes ou centros de produção.
 - iii. Origem interna – erros de projeto ou de montagem, falhas ou uso inadequado de equipamentos ou de materiais, atividades de manutenção, trabalhos inadiáveis, obras próprias ou erro humano

- iv. Outras causais – todas as que não estão incluídas nos pontos anteriores ou que são desconhecidas

Quanto à duração as interrupções podem ser classificadas em três tipos:

- Interrupção momentânea - Interrupção com uma duração inferior a um segundo;
- Interrupção breve - Interrupção com duração igual ou superior a um segundo e inferior ou igual a três minutos;
- Interrupção longa - Interrupção com duração superior a três minutos.

3.5 Métricas e KPI utilizados neste trabalho

Os indicadores de continuidade de serviço são fundamentais para avaliar a eficiência e a confiabilidade do sistema elétrico. Estes indicadores possibilitam uma análise detalhada do desempenho do fornecimento de energia em diferentes zonas, contribuindo para a identificação de áreas que necessitam de melhorias e para a implementação de estratégias eficazes. Para a elaboração deste trabalho foram definidos os principais indicadores de qualidade de serviço em comparação com os valores padrão apresentados na tabela 3.2 como KPIs.

Os principais KPIs utilizados são:

- **SAIDI MT** (System Average Interruption Duration Index - Média Tensão): Este indicador mede a duração média das interrupções de serviço na rede de Média Tensão, sendo crucial para entender o impacto das interrupções sobre os consumidores.
- **SAIFI MT** (System Average Interruption Frequency Index - Média Tensão): Este índice avalia a frequência das interrupções longas na rede de Média Tensão, fornecendo dados essenciais para a análise da regularidade e estabilidade do serviço.
- **SAIFI BT** (System Average Interruption Frequency Index - Baixa Tensão): Este indicador analisa a frequência média das interrupções longas na rede de Baixa

Tensão, permitindo uma avaliação da constância do fornecimento de energia em áreas de baixa tensão.

- **SAIDI BT** (System Average Interruption Duration Index - Baixa Tensão): Este índice representa a duração média das interrupções longas verificadas na rede de Baixa Tensão, sendo um parâmetro importante para a análise da resiliência e eficácia do sistema em minimizar o tempo de interrupção.

A aplicação destes KPIs é essencial para garantir a qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica. Através da monitorização contínua e da análise destes indicadores, é possível desenvolver e implementar estratégias que visem a minimização de interrupções, assegurando assim a satisfação e a confiança dos consumidores.

4

Fontes dos Dados e Modelo de Dados

Conteúdo

Fonte de Dados.....	39
Data Warehouse.....	40
Processo de ETL.....	40

4 Fontes dos Dados e Modelo de Dados

Neste capítulo, exploraremos as fontes de dados relevantes para a gestão dos incidentes.

Posteriormente, abordaremos os atributos fundamentais de um *DataWarehouse*, sublinhando a sua importância na análise do relatório.

Para a criação deste sistema de BI, recorreu-se à base de dados do *rede ativa* utilizado pela organização e ao *Microsoft Office Excel*.

O processo de extração, transformação e carregamento dos dados, conhecido como ETL, é realizado através do *Microsoft Office Excel*, o relatório é elaborado no *Microsoft Power BI Desktop*, conforme ilustrado na Figura 4.4.

Na Tabela 4.5 (Apêndice B) surge a estrutura simplificada do dataset.

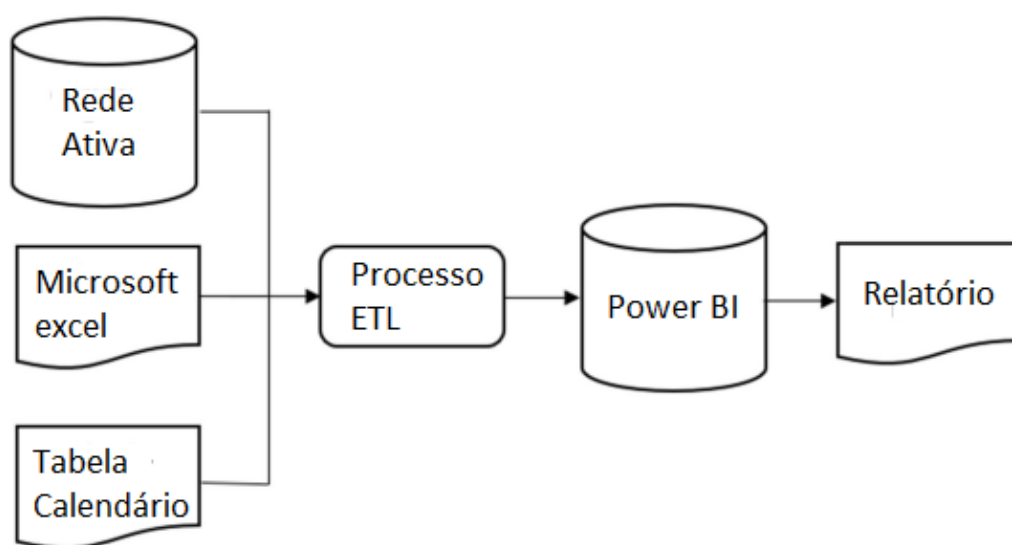


Figura 4.4 - Esquema das fontes de dados

4.1 Fonte de dados

Kimball e Ross (2013), salientam que a estruturação e *design* de um *Data Warehouse* devem estar alinhados com as necessidades da organização. Assim, ao abordarmos as

fontes de dados, é essencial considerar como estes elementos devem servir os objetivos estratégicos do relatório.

4.1.1 Microsoft Office Excel

A utilização de um ficheiro *Excel* surge como uma solução prática e eficaz. Devido à sua flexibilidade e facilidade de utilização, o *Excel* é frequentemente usado por profissionais de diversas áreas para gerir e analisar dados. A sua importância é tão significativa que é considerada uma competência de trabalho essencial para licenciados (Formby et al., 2017)

A integração destes dados externos é crucial para garantir uma visão integral e precisa. Esta abordagem assegura que nenhuma informação valiosa seja omitida e que a análise resultante seja o mais completa possível.

4.2 Data Warehouse

De acordo com Inmon (2005), um *Data Warehouse* é um conjunto de dados integrado e orientado por assunto, variável com o tempo e não volátil, destinado a suportar o processo de tomada de decisão.

O DW pode ser hospedado tanto localmente como em nuvem, visando transformar dados brutos em conhecimento útil.

Esta definição destaca a importância de um DW na consolidação de dados de diversas fontes e na transformação destes em informações úteis.

4.3 Processo de ETL

O processo ETL é uma das etapas mais críticas na construção de um DW. A extração, transformação e carga dos dados deve ser feita de forma meticulosa para garantir a qualidade e relevância da informação (Inmon, 2005).

4.3.1 Microsoft Power Query

No contexto deste estudo, o *Microsoft Power Query* é utilizado como ferramenta principal para a execução do processo ETL. Esta ferramenta permite extrair dados de várias fontes, incluindo ficheiros *Excel*. Uma vez extraídos, os dados podem ser transformados, limpos e enriquecidos antes de serem carregados no DW. O *Power Query* destaca-se pela sua interface intuitiva e capacidade de integração com o *Power BI*. Esta integração facilita a análise e visualização dos dados após o processo ETL, tornando-o uma escolha robusta para as organizações que procuram otimizar os seus processos de gestão de dados (Webb, C, 2014). O modelo de "Star Schema" ou Esquema Estrela é uma abordagem comum na modelagem de DW's, onde uma tabela de fatos central se conecta com várias tabelas de dimensão. Esta estrutura facilita as consultas e análises, pois reduz a necessidade de junções complexas e melhora o desempenho das consultas (Kimball, R. & Ross, M., 2013). Assim, no decorrer deste projeto, foi desenvolvida uma tabela auxiliar de calendário utilizando o *Power Query*. A criação desta tabela permite uma maior flexibilidade e precisão na representação de períodos específicos e na realização de cálculos relacionados no tempo.

Esta decisão estratégica não só alinha o projeto com as melhores práticas de modelagem de dados, mas também garante uma estrutura de dados coesa e otimizada para análises subsequentes, como ilustrado na Figura 4.5.

Para permitir a relação dos dados entre as diferentes tabelas são usados atributos chave:

- Listagem de Incidentes e dCalendário: o atributo usado é a Data, para que, seja possível identificar a estação do ano onde o incidente ocorreu.
- Listagem de Incidentes e Valores referência: é usado o atributo Concelho, para que, seja identificada a zona de qualidade de serviço.
- Valores referência e as tabelas padrão: o atributo usado é a zona de qualidade de serviço, para que, sejam identificados os valores do padrão de qualidade de serviço para a respetiva zona por diferente indicador global.

Na tabela 4.5 (Apêndice B), esta representado um extrato simplificado dos dados extraídos do Rede Ativa.

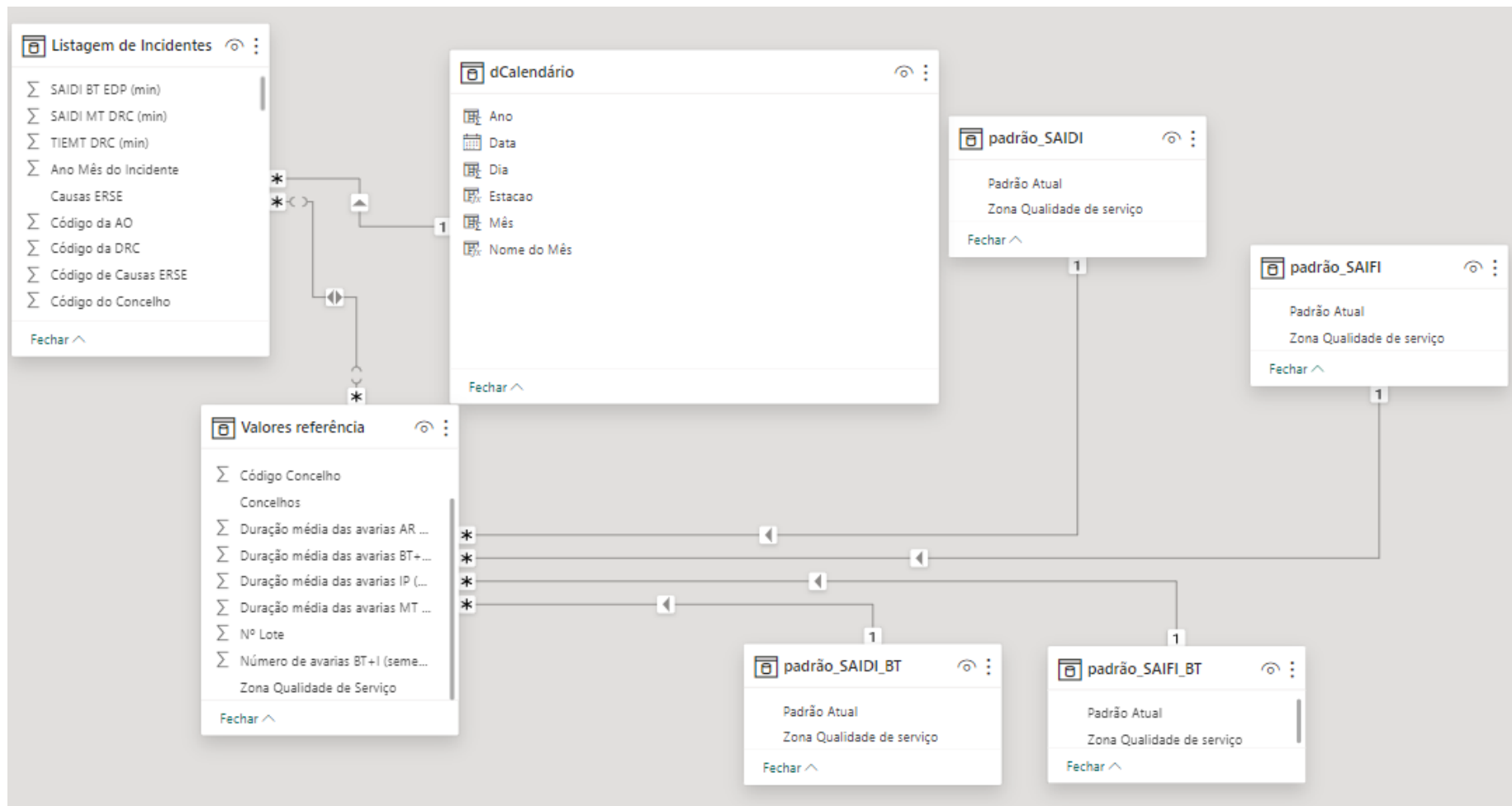


Figura 4.5 - Esquema em estrela

5

KPI's e Dashboards

Conteúdo

Power BI.....	44
Relatório de análise de incidentes.....	49

5 KPI's e Dashboards

Neste capítulo, será abordada a construção do Relatório utilizando o *Microsoft Power BI*. Esta ferramenta foi escolhida devido às suas capacidades analíticas que permitem agilidade na partilha e atualização dos dados, garantindo em simultâneo a manutenção da segurança dos dados (Powell et al., 2022).

5.1 Power BI

O *Power BI* é composto por uma série de aplicações, conetores e serviços que transformam os dados recolhidos em informações compreensíveis, consistentes e visualmente interativas, que sustentam o processo de tomada de decisão. Apesar da plataforma ser destinada para utilização empresarial, é considerada *user-friendly* pois permite que os utilizadores se conectem a uma determinada fonte de dados e a visualizem sem grandes constrangimentos e exigências. O *Power BI* está ainda associado à tendência de *self-service* em BI e análise de dados, a qual visa dar autonomia a todo o tipo de utilizadores, isto é, com ou sem experiência em sistemas analíticos (Sousa et al., 2021); Becker & Gould, 2019).

O *software Power BI* foi desenvolvido a partir de uma série de funcionalidades avançadas do *Microsoft Excel*, sendo as três principais: *Power Query*, *Power Pivot* e *Power View*. Através do *Power Query*, é possível importar ou conectar dados provenientes de fontes externas e conseqüentemente, transformar esses dados, que podem ser manipulados através de *pivot tables* e gráficos. O *Power Pivot* serve essencialmente para modelar dados, ao estabelecer relações entre tabelas, efetuar cálculos através da linguagem DAX (*Data Analysis Expressions*) para tornar os dados ainda mais precisos ao utilizar fórmulas ou expressões. O *Power View* é utilizado para obter visualizações interativas (Becker & Gould, 2019).

No mercado, a plataforma encontra-se disponível nos seguintes formatos, utilizados, regra geral, em simultâneo (Becker & Gould, 2019): *Power BI Desktop*, *Power BI Service* e

Power BI Mobile. O *Power BI Desktop* é uma aplicação gratuita, disponível apenas para o sistema operativo da *Windows* e projetado inicialmente para criar *dashboards*/painéis. Através dele é possível conectar, transformar e visualizar dados, permitindo gerir relacionamentos entre tabelas de dados e criar uma série de gráficos. Por sua vez, o *Power BI Service*, também conhecido por *Power BI Workspace*, é um serviço na nuvem com uma plataforma *online*, onde se partilha e publicam os *dashboards* criados no *Power BI Desktop*. Permite que os diferentes utilizadores colaborem uns com os outros e a criação de painéis. Através do *Power BI Mobile* é possível estar conectado com os dados e partilhar informação, em qualquer local, estando disponível para os dispositivos móveis *iOS*, *Android* e *Windows*. Através desta ferramenta os diferentes utilizadores podem aceder às informações e interagir uns com os outros.

Para uma melhor compreensão do funcionamento da plataforma, na Figura 5.6 está representada a arquitetura básica das funcionalidades do *Power BI*.

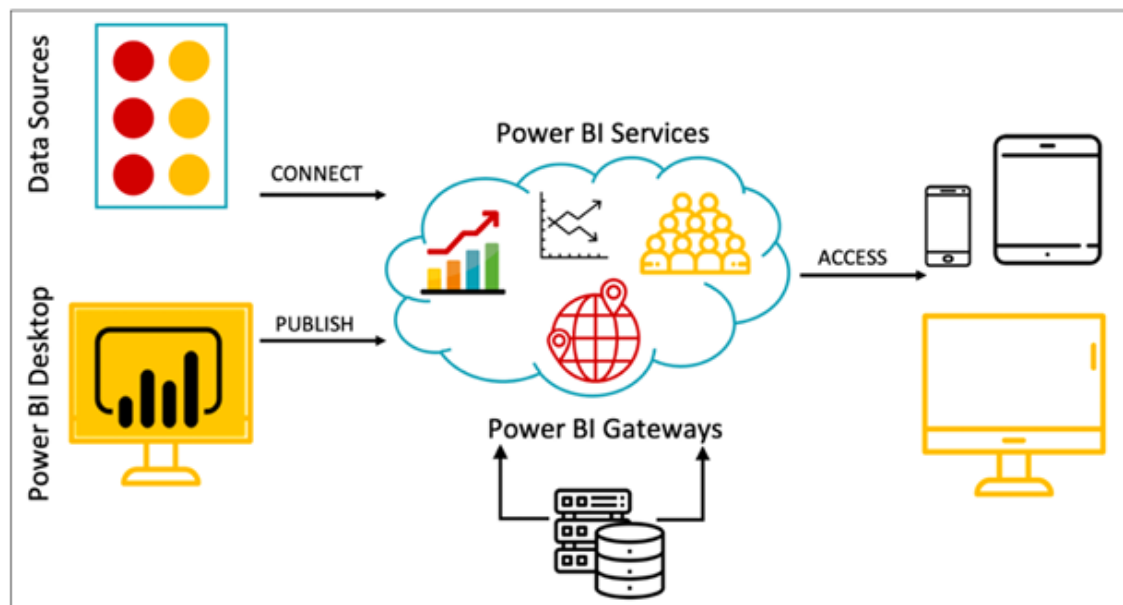


Figura 5.6 - Arquitetura Power BI

Como se observa pela Figura 5.6, o *Power BI Service* pode ser alimentado diretamente através de fontes de dados (*Data Sources*) ou pelos *dashboards* criados em *Power BI Desktop*. A plataforma suporta uma conexão de vastas fontes de dados, de diversos formatos e que podem ser hospedados localmente ou em nuvem, tais como documentos

Excel, CSV, XML. Existem também diversas bases de dados compatíveis com o Power BI, tais como o MySQL, Sybase, SAP HANA Database, SAP Business Warehouse Server, Access, Oracle, IBM DB2, PostgreSQL, Teradata e Azure (Sousa et al., 2021). Por outro lado, os dados podem ser primeiramente exportados em Power BI Desktop, onde se efetua o tratamento e a transformação de dados, onde é possível criar dashboards com vários tipos de formatação (legendas, cores, marcadores e realce de parâmetros). Estando criados os dashboards, estes podem ser publicados no Power BI Service. O Power BI Gateway é uma funcionalidade que conecta o servidor às fontes de dados locais, sem transferir dados, mantendo assim as informações atualizadas. Desta forma as organizações podem manter as suas bases de dados e outras fontes, com segurança nos serviços da nuvem (Sousa et al., 2021). Conclui-se que, com o Power BI os utilizadores conseguem ter uma visão completa acerca dos indicadores mais relevantes dos seus negócios, os KPIs, os quais são publicados num só local, atualizados a tempo real, de uma maneira simples e eficiente.

Para aceder a essas informações é possível aceder através de smartphones, tablets e computadores, permitindo à organização alcançar maiores níveis de produtividade e de eficiência no processo analítico.

5.1.1 Data Analysis Expressions

O DAX é uma linguagem de fórmula incorporada no *Microsoft Power BI* para aprimorar as suas capacidades analíticas. Originalmente desenvolvida para ser utilizada em modelos tabulares no *SQL Server Analysis Services*, o DAX foi integrado em diversas aplicações da *Microsoft*, incluindo o *Power BI Desktop* (Collie, 2019).

A linguagem DAX, caracterizada por uma sintaxe sofisticada e com diversas funcionalidades, é essencial para a execução de cálculos complexos e análises em grandes conjuntos de dados (Russo & Ferrari, 2019).

O DAX permite a criação de colunas calculadas, medidas e indicadores dentro de modelos de dados. As fórmulas DAX podem variar em complexidade, abrangendo desde operações matemáticas simples até cálculos mais complexos que utilizam lógica condicional, funções de agregação e interações entre tabelas de dados distintas (Serra, 2020).

No relatório desenvolvido integraram-se fórmulas estruturadas em DAX, como por exemplo, o cálculo da classificação das interrupções representado na figura 5.7. Esta fórmula foi construída para classificar as interrupções, tendo em conta, os parâmetros definidos pela ERSE.

```
= Table.AddColumn(Data, "interupcao", each if[Qtd Minutos Duração Incidente] <=0.01 then "Momentânea" else if [Qtd Minutos Duração Incidente] <=3 then "Breve" else "Longa")
```

Figura 5.7 - Classificação de Interrupções

Este tipo de cálculos demonstram a capacidade avançada do DAX em analisar conjuntos de dados complexos, e sublinham a sua utilidade prática do *Power BI*.

5.1.2 Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs)

Uma organização tem de ter conta que, para um sistema de monitorização e análise do desempenho eficaz, é essencial definir uma estrutura para implementar e gerir a estratégia de negócios de uma entidade, interligando os objetivos estratégicos com os KPIs. Por outras palavras, os Indicadores-Chave de Desempenho, habitualmente designados por KPIs, são medidas estratégicas e quantificáveis que refletem os fatores críticos de sucesso de uma empresa (Parmenter, 2019).

Após serem estabelecidos os objetivos de negócio e todos os stakeholders intervenientes, é necessário um método que avalie o progresso desses mesmos objetivos. Os KPIs tornam essa avaliação possível, visto serem um conjunto de medidas que se concentram no desempenho da organização e que são fundamentais para o sucesso da mesma.

Os KPIs são normalmente apresentados em dashboards, tornando-os úteis para a organização ao permitir uma visualização rápida e abrangente do desempenho organizacional através de representações gráficas.

Baseado nas pesquisas efetuadas por Eckerson (2009) e Parmenter (2019), para que os KPIs tenham um impacto significativo numa organização, devem obedecer a determinadas características. Devem ser (1) Limitados, ou seja, quanto menos KPIs a

implementar, melhor será o foco e a eficácia na monitorização do desempenho, evitando sobrecarga de informação; (2) Detalhados, refere-se à capacidade de aprofundar a análise dos KPIs em níveis mais detalhados para assim, os utilizadores obterem insights mais precisos e tomarem decisões mais informadas; (3) Simples, significando que os KPIs devem ser compreensíveis para os utilizadores, com uma definição clara do que se pretende; (4) Acionáveis, ao fornecer informações relevantes e específicas o suficiente para que os utilizadores possam identificar as áreas de melhoria, implementar mudanças e acompanhar o seu impacto; (5) Possuir um responsável dentro da organização, indivíduo ou equipa, que se encarregue pelo acompanhamento do desempenho do KPI; (6) Conter referências que permitam aos utilizadores aceder a informações sobre as fontes de dados utilizadas na sua construção, a métrica utilizada, o seu contexto, entre outros aspetos; (7) Correlacionados, isto é, os KPIs devem estar relacionados com os resultados desejados. Por exemplo, um KPI de satisfação do cliente pode estar relacionado com o aumento das vendas; (8) Equilibrados, ao integrar métricas financeiras (lucro, resultados financeiros, retorno sobre o investimento) e não financeiras (satisfação do cliente, qualidade do produto); (9) Os KPIs devem estar alinhados entre si e os objetivos estratégicos da organização; (10) Válidos, para assim a organização confiar nos resultados e análises que se baseiam nesses indicadores.

De acordo com (de Andrade & Sadaoui, 2017), a utilidade dos KPIs manifestam-se através de três aspetos. Em primeiro lugar, permitem visualizar a situação atual da organização, ao possibilitar a criação de um novo plano de ação, caso os indicadores apresentem um cenário negativo. Em segundo lugar, fornecem informações que facilitam a compreensão do negócio. Por fim, comunicam a todos os colaboradores o progresso e desenvolvimento da organização, quer estejam em níveis hierárquicos altos ou baixos.

Lakiza e Deschamps (2018), realizaram uma investigação com o objetivo de desenvolver um conjunto de KPIs que avaliassem o desempenho da inovação tecnológica e a contribuição da equipa de I&D para o desempenho geral da organização. Identificaram assim uma série de indicadores para auxiliar na monitorização de projetos: rendibilidade de projetos, desvios de orçamentos, prazos, custos previsionais, entre outros.

Através dos KPIs, constroem-se dashboards relevantes para as organizações, sendo capazes de se adaptar a qualquer setor, desde que o seu desenvolvimento esteja ajustado aos processos da organização.

Os KPI's selecionados para conseguir uma implementação adequada da ferramenta de *Business Intelligence* foram os seguintes:

- SAIDI MT
- SAIDI BT
- SAIFI MT
- SAIFI BT

Estes KPI's são os padrões gerais aplicáveis as interrupções acidentais longas nas redes de distribuição MT e BT definidos pela ERSE em Portugal continental (ERSE, 2023).

5.2 Relatório de análise de incidentes

Conforme mencionado anteriormente, a análise de qualidade de serviço na rede elétrica deve apresentar os indicadores de desempenho do período em análise, categorizando-os como continuidade do serviço. A continuidade do serviço reflete a frequência e a duração das interrupções de energia, proporcionando uma visão abrangente sobre a confiabilidade da rede elétrica.

As interrupções de energia são divididas em duas categorias principais: planeadas e não planeadas. As interrupções planeadas incluem manutenções programadas e melhorias na infraestrutura, que são essenciais para a prevenção de falhas e para a modernização da rede elétrica. Essas interrupções são comunicadas previamente aos consumidores, minimizando o impacto no fornecimento de energia e garantindo que os clientes estejam cientes das ações necessárias para manter a rede em bom estado.

As interrupções não planeadas, por outro lado, são causadas por falhas inesperadas, como condições climáticas adversas, acidentes ou falhas de equipamentos. A análise dessas interrupções inclui a identificação das causas, a duração das falhas e as medidas corretivas

adotadas para restabelecer o serviço no menor tempo possível. Este processo é fundamental para melhorar a resiliência da rede e reduzir a frequência e a duração das interrupções futuras.

Para uma análise detalhada, o relatório foi estruturado em 11 seções, cada uma correspondendo a um indicador específico de continuidade do serviço, visão geral do relatório representada na figura 5.8. Essas seções incluem, entre outros, a frequência das interrupções, a duração média das interrupções, e o tempo de resposta às falhas.

A estrutura do relatório pode ser observada na figura 5.9, que ilustra a organização dos dados e facilita a compreensão dos resultados apresentados.

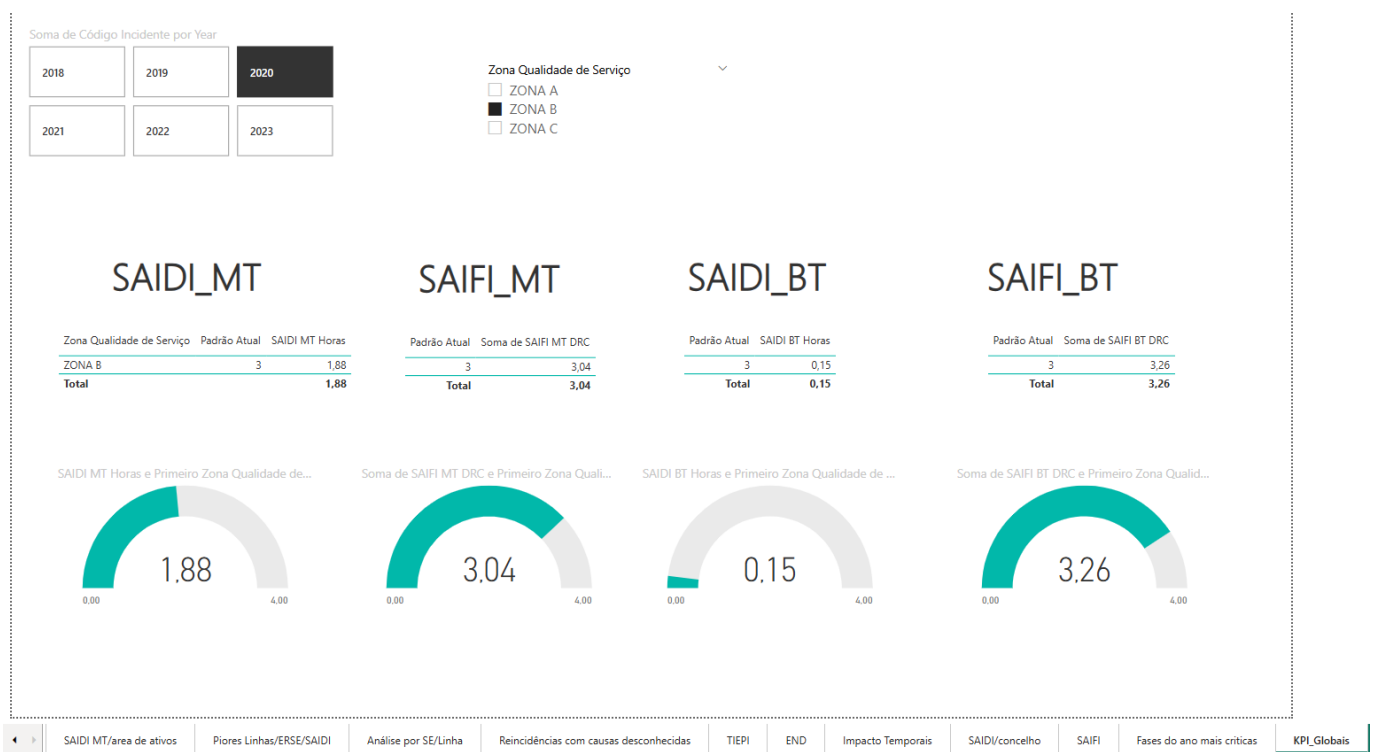


Figura 5.8 - Visão geral do dashboard

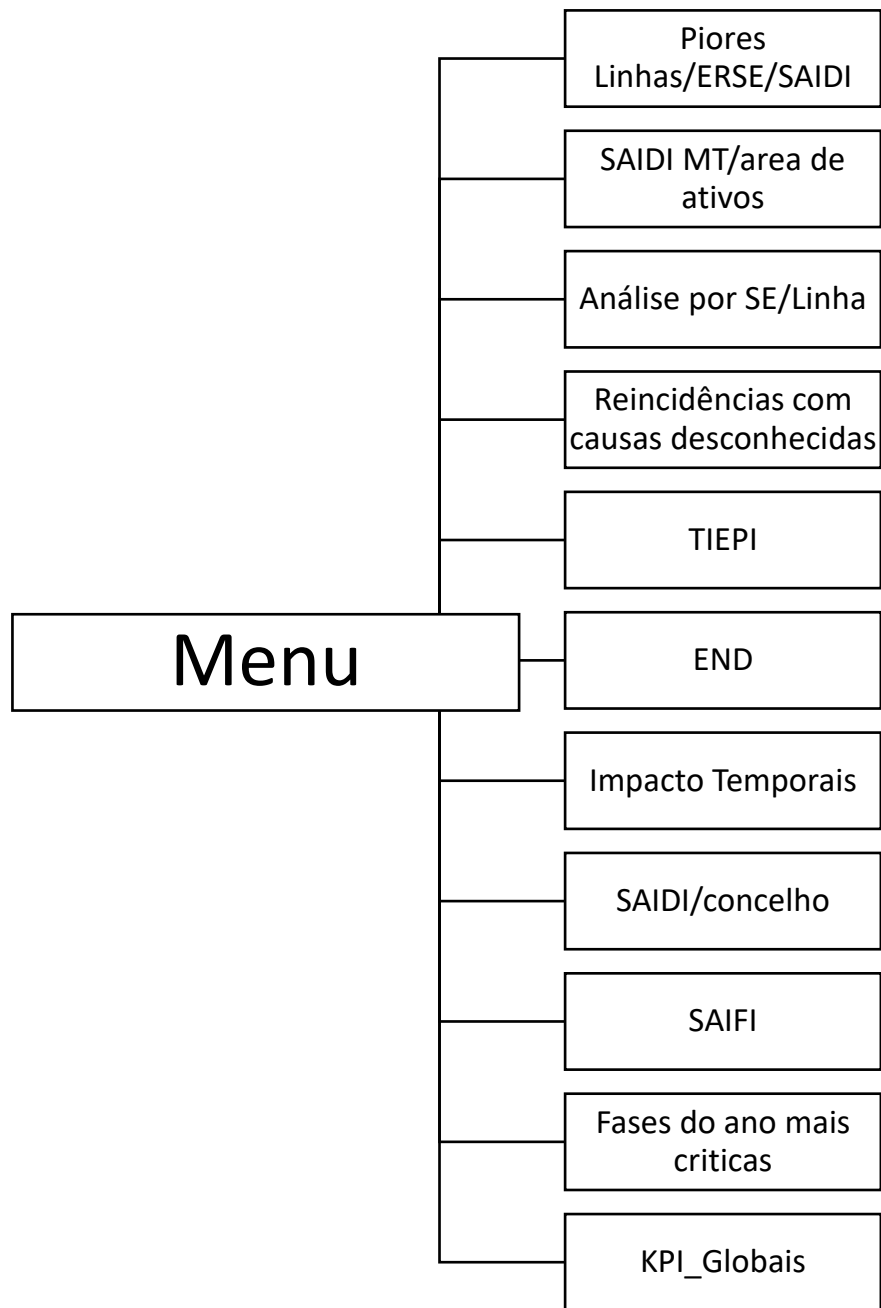


Figura 5.9 - Organização do relatório

5.2.1 Menu

O menu, como mostra a Figura 5.10, serve como painel de navegação inicial do relatório.

Este contém hiperlinks para os diferentes separadores deste relatório, proporcionando uma maneira rápida de navegar até estes.

Todos os outros separadores possuem um botão “voltar” que permite voltar novamente ao menu principal, permitindo assim, a navegação entre os vários gráficos.

Análise de Incidentes

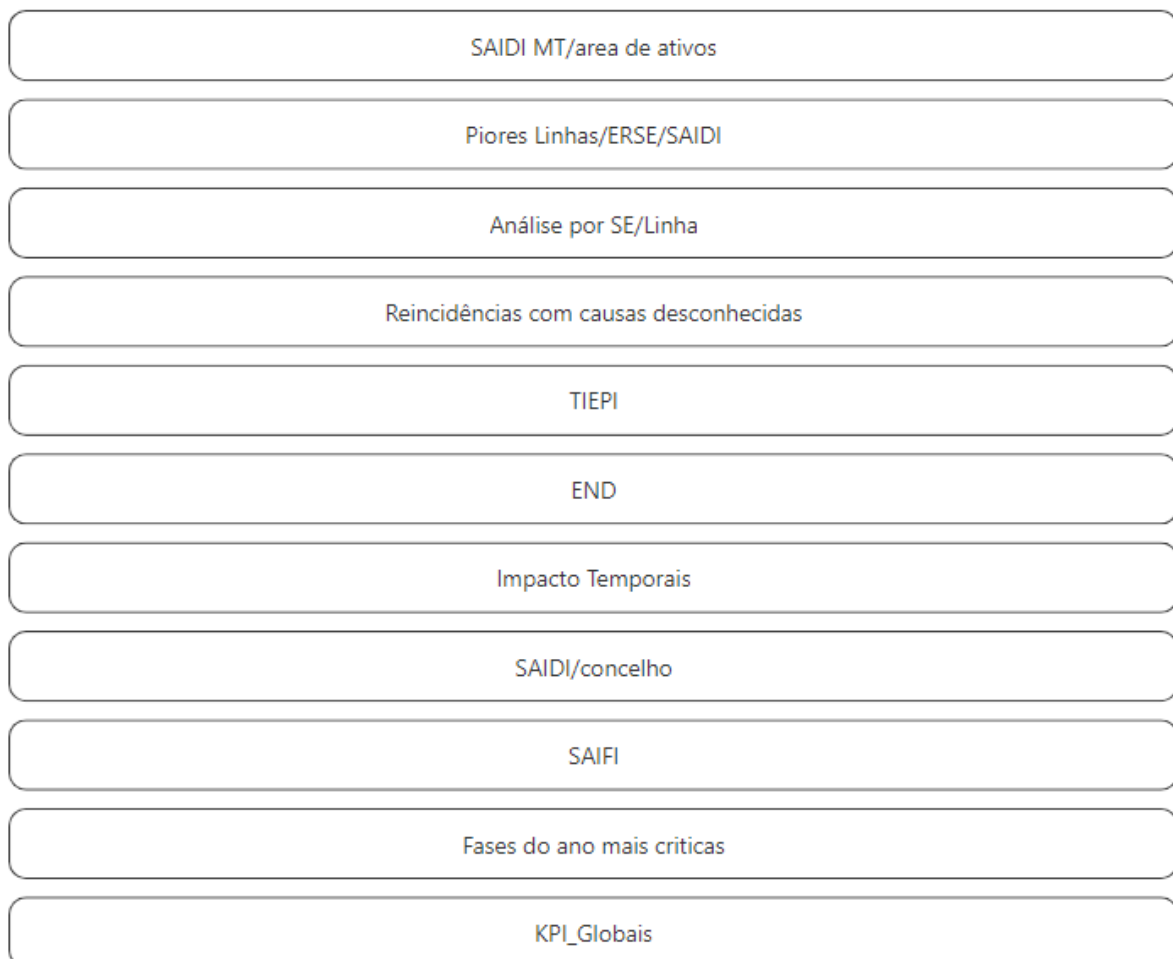


Figura 5.10 – Representação visual do Menu no dashboard

5.2.2 SAIDI MT/área de ativos

O separador *SAIDI MT por Área de Ativos* oferece uma análise abrangente do Índice de Duração Média de Interrupção do Sistema (SAIDI) para as diferentes áreas de ativos e concelhos. Este separador permite aos utilizadores visualizar e comparar o desempenho de cada área em termos de interrupções de serviço, facilitando a identificação de áreas que necessitam de melhorias.

A tabela grupo de causa ERSE contabiliza o número de incidentes que ocorreu por causa em área de ativos.

Além disso, este separador apresenta gráficos e indicadores chave que destacam as linhas de média tensão com maior impacto no SAIDI, permitindo uma análise visual e intuitiva do desempenho de cada linha de média tensão e conseqüentemente por cada área de ativos.

Adicionalmente, o separador fornece insights detalhados sobre as causas das interrupções, ajudando na tomada de decisões estratégicas para melhorar a confiabilidade do sistema canalizando assim de uma forma mais eficiente o investimento em ações de manutenção.

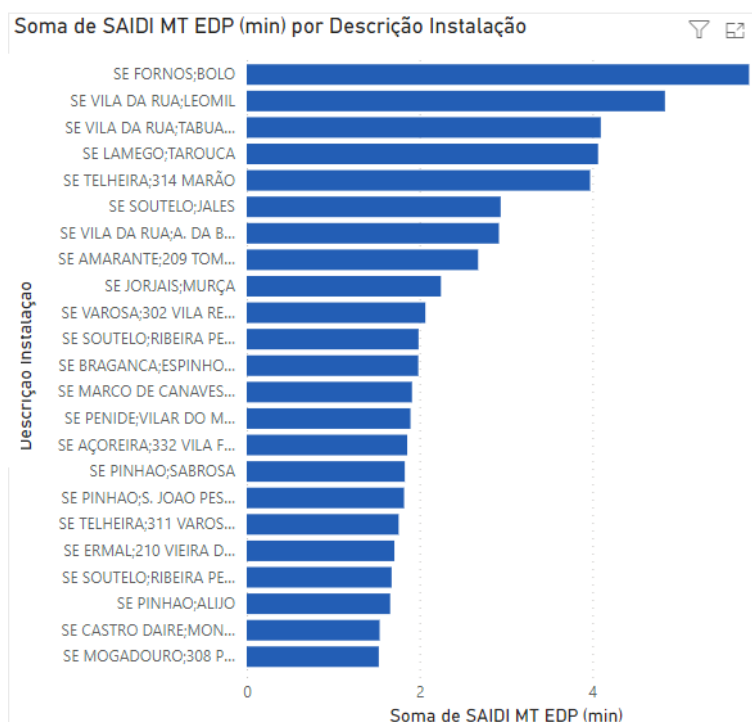


Figura 5.11 - SAIDI MT/área de ativos

5.2.3 Piores Linhas/ERSE/SAIDI

O separador *Piores Linhas/ERSE/SAIDI* oferece uma análise detalhada das linhas de distribuição com o pior desempenho em termos de interrupções de serviço, conforme os critérios de causas estabelecidos pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE). Este separador permite aos utilizadores identificar as causas que mais contribuem para o Índice de Duração Média de Interrupção do Sistema (SAIDI), facilitando a priorização de ações corretivas.

A tabela *causas ERSE* (Figura 5.12) é composta por colunas que indicam a causa da interrupção e a sua contribuição para o SAIDI. Este separador fornece insights detalhados sobre as causas das interrupções e recomendações para mitigação, ajudando na tomada de decisões estratégicas para melhorar a confiabilidade do sistema.

Causas ERSE	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto
Abate de Árvores por Terceiros		0,00	0,11	0,03	0,03		0,01	0,03
Acidente com pessoas		0,00						
Actuação de Automatismos			0,00			0,00	0,00	
Actuação de Protecções Próprias								0,04
Animais (interior de instalações)							0,00	0,01
Animais não Aves				0,03				
Aves		0,02	0,05	0,03	0,01	0,07		0,01
Causa Própria Instalação Cliente	0,00	0,01	0,02		0,00	0,02	0,03	0,02
Chuva	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Condutores Desregulados	0,01	0,13	0,01					
Contornamentos/Condensação				0,00				0,00
Corpos Estranhos na Rede (CFFM)								
Defeito de Disjuntor		0,01	0,00			0,00	0,00	0,00
Defeito de Isolamento	0,00	0,14	0,65	0,35	0,82	0,30	1,03	0,72
Total	2,45	0,66	4,24	1,21	1,64	1,04	3,34	2,03

Figura 5.12 - Piores Linhas/ERSE/SAIDI

5.2.4 Análise por SE/Linha

O separador *Análise por SE/Linha* oferece uma visão detalhada do desempenho das Subestações (SE) e das linhas de distribuição associadas, permitindo uma análise

aprofundada das interrupções de serviço, bem como, de quais as linhas de distribuição mais afetadas por interrupções.

O gráfico *Contagem de interrupção por descrição da instalação* é composto por colunas que indicam a linha de distribuição e o número total de interrupções.

As interrupções são classificadas em três tipos: Breve, Momentânea e Longa, permitindo uma análise mais granular do desempenho. Na tabela *Análise por SE/Linha* é possível detalhar os incidentes que afetaram a SE/ linha de distribuição, bem como, as observações técnicas das equipas envolvidas na resolução dos mesmos.

Este separador fornece insights detalhados sobre as causas das interrupções ajudando na tomada de decisões estratégicas para melhorar a confiabilidade do sistema, permitindo uma avaliação comparativa com outras subestações e linhas de distribuição.

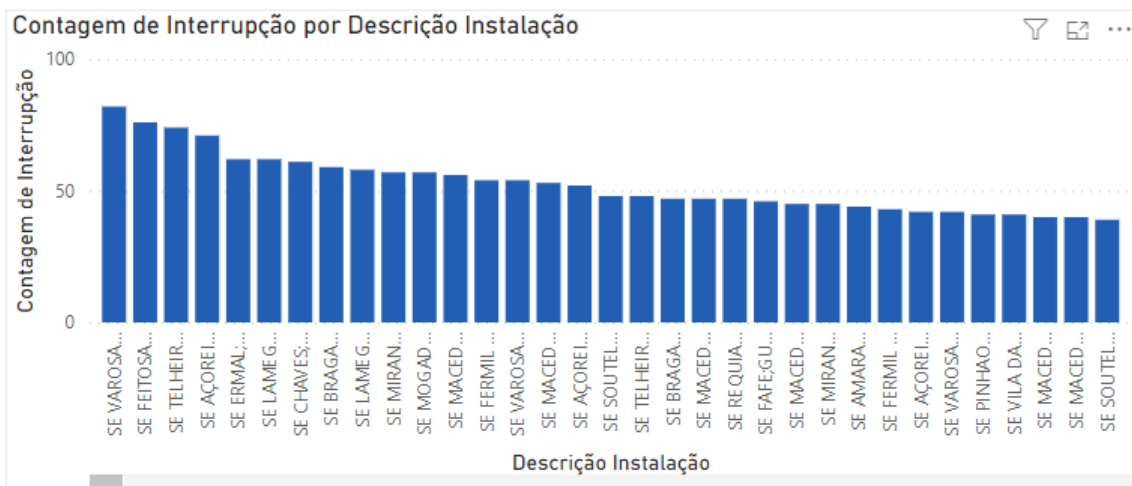


Figura 5.13 - Análise por SE/Linha

5.2.5 Reincidências com causas desconhecidas

O separador *Reincidências com Causas Desconhecidas* oferece uma análise detalhada das interrupções de serviço que ocorrem repetidamente sem uma causa identificada. Este separador é essencial para identificar padrões e áreas problemáticas que necessitam de

investigação mais aprofundada para melhorar a confiabilidade do sistema. A tabela Análise de Reincidências é composta por colunas que indicam o número do incidente, a linha de distribuição afetada, a quantidade de clientes afetados e a duração da interrupção. Este separador contabiliza os concelhos com maior número de afetação de reincidências com causas desconhecidas, permitindo uma análise visual e intuitiva do desempenho de cada segmento.

Código Incidente	Causas ERSE	Descrição Instalação	Qtd Minutos Duração Incidente	Qtd Clientes Afectados
8578762	Desconhecidas	SE LAMEGO;ALMODAFA	3,13	3653
8578799	Desconhecidas	SE MACEDO DE CAVALEIROS;313 TORRE	0,00	4229
8578891	Desconhecidas	SE TOUVEDO;ARCOS VALDEVEZ	0,00	396
8579267	Desconhecidas	SE MACEDO DE CAVALEIROS;302 MONCORVO	1,00	1352
8580404	Desconhecidas	SE LAMEGO;BIGORNE	0,00	3286
8580405	Desconhecidas	SE LAMEGO;ALMODAFA	0,00	3653
8580643	Desconhecidas	SE SOUTELO;RIBEIRA PENA 2	2,73	4514
8581006	Desconhecidas	SE SOUTELO;RIBEIRA PENA 2	2,00	4515
8582774	Desconhecidas	SE LAMEGO;BIGORNE	0,00	3290
8582776	Desconhecidas	SE LAMEGO;ALMODAFA	0,00	3651
8583374	Desconhecidas	SE MORGADE;232 BOTICAS	1,00	625
8583476	Desconhecidas	SE MORGADE;232 BOTICAS	1,00	625
8583700	Desconhecidas	SE LAMEGO;BIGORNE	0,00	3290

Figura 5.14 - Reincidências com causas desconhecidas

5.2.6 TIEPI

O separador *TIEPI* por linha de distribuição em Média Tensão oferece uma análise detalhada do desempenho das interrupções de serviço em relação à potência instalada das linhas de distribuição em média tensão. Este indicador é essencial para avaliar a eficiência operacional e a confiabilidade do sistema elétrico em diferentes segmentos de distribuição.

A tabela *análise TIEPI* é composta por colunas que indicam a causa da interrupção, a quantidade de interrupções que causou e o número total de interrupções, TIEPI correspondente.

Este separador apresenta um gráfico que destaca as linhas de distribuição com maior impacto no TIEPI, permitindo uma análise visual e intuitiva do desempenho de cada segmento.

Soma de TIEPI DRC (min) por Descrição Instalação

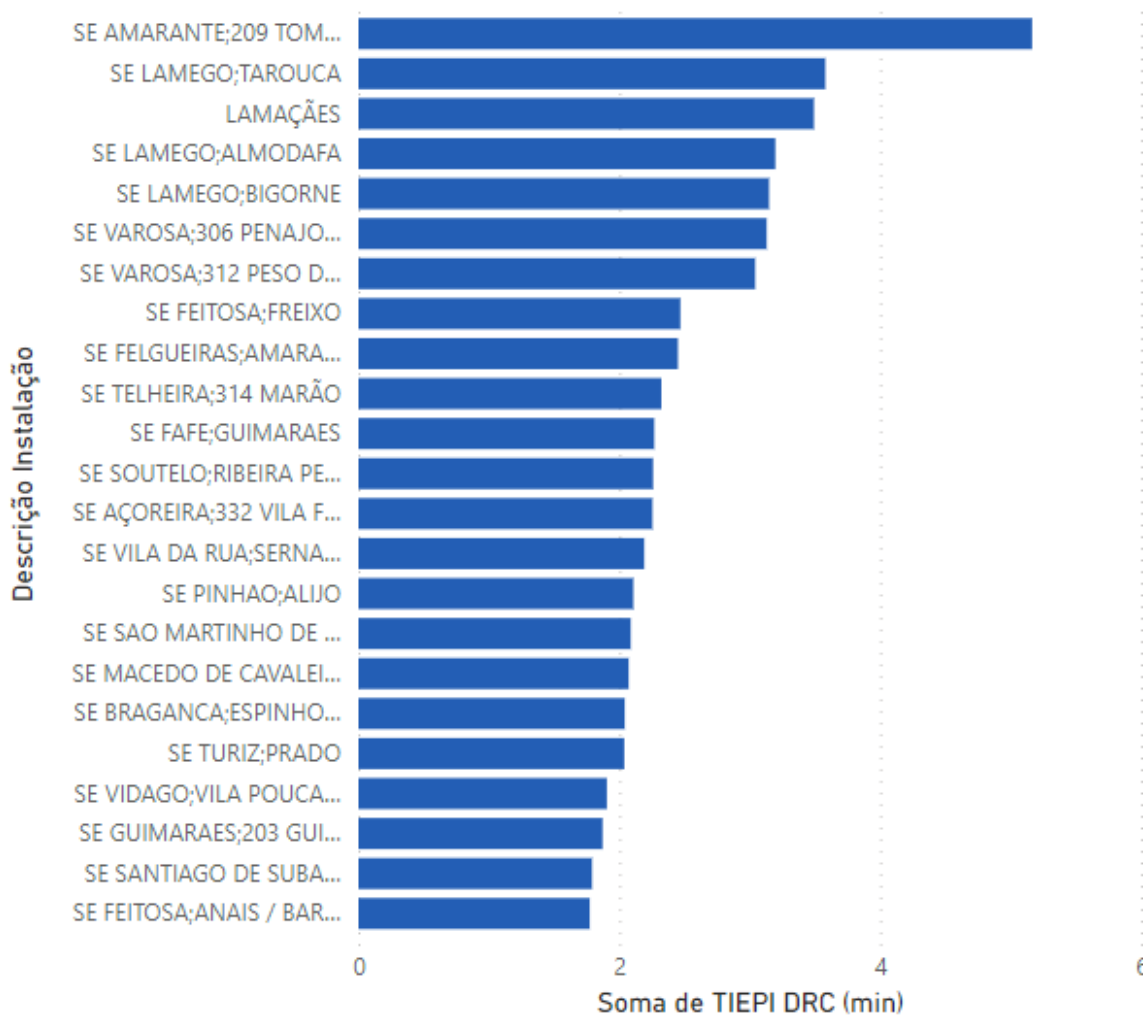


Figura 5.15 – TIEPI

5.2.7 END

O separador *END* (Energia Não Distribuída) oferece uma análise detalhada da energia que não foi distribuída devido a interrupções no sistema elétrico. Este separador é crucial

para avaliar o impacto das interrupções no fornecimento de energia e identificar áreas que necessitam de melhorias para aumentar a eficiência e a confiabilidade do sistema.

Este separador apresenta um gráfico que destaca as linhas com maior impacto na energia não distribuída, permitindo uma análise visual e intuitiva do desempenho de cada segmento.

Soma de END (MWh) por Descrição Instalação

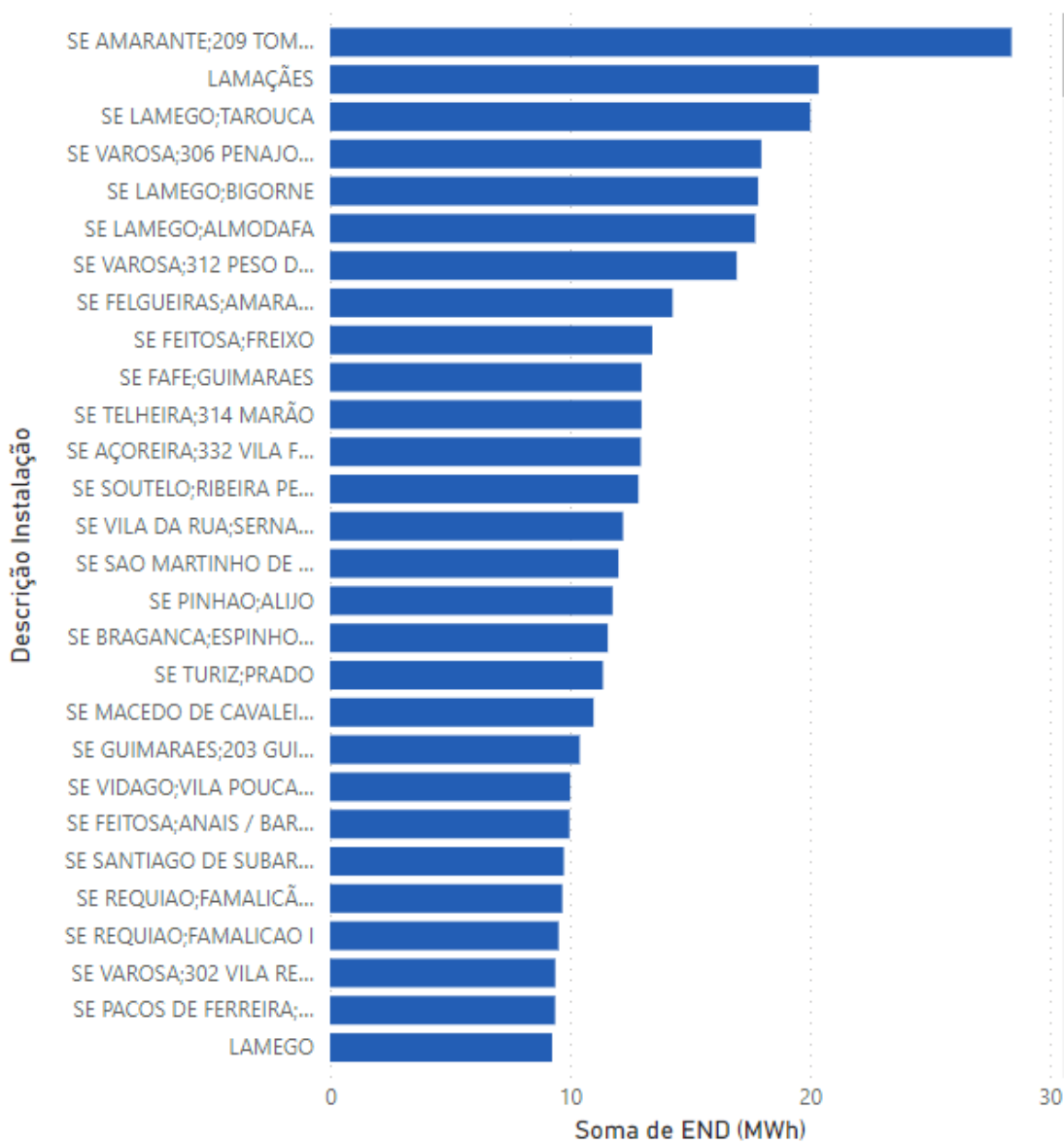


Figura 5.16 – END

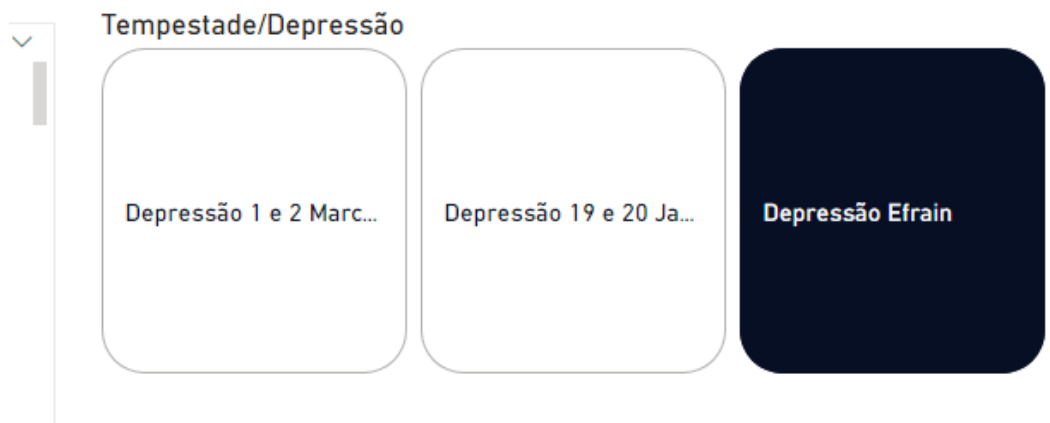
5.2.8 Impacto Temporais

O separador *Impacto Temporais* oferece uma análise detalhada do impacto das condições meteorológicas nas interrupções de serviço do sistema elétrico. Este separador é essencial para entender como eventos climáticos afetam a confiabilidade do fornecimento de energia.

Neste separador, os utilizadores podem visualizar informações sobre as linhas de distribuição mais afetadas e por concelho, a análise inclui o número total de interrupções e a frequência média das mesmas.

São apresentados gráficos que destacam as áreas e linhas de distribuição mais vulneráveis a eventos climáticos, permitindo uma análise visual e intuitiva do desempenho de cada segmento.

Adicionalmente, o separador fornece insights detalhados sobre as áreas mais afetadas ajudando na tomada de decisões estratégicas para melhorar a resiliência do sistema elétrico.



Soma de SAIDI MT EDP (min) por Descrição Instalação e Descrição Incidente Área Geográfica

Descrição Incidente Área ... ● Depressão Efrain

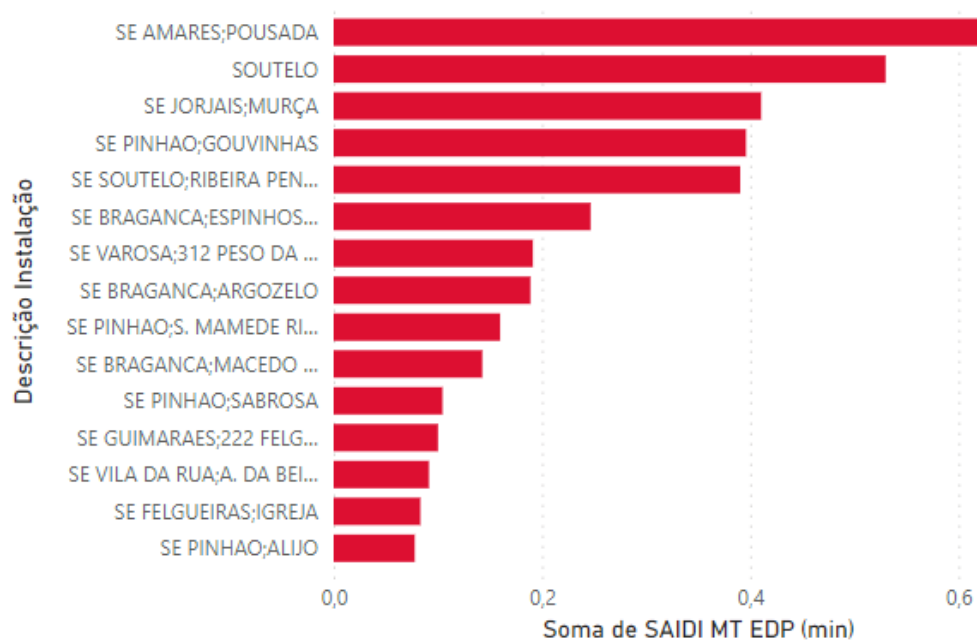


Figura 5.17 - Impacto Temporais

5.2.9 SAIDI/concelho

O separador *SAIDI/Concelho* proporciona uma visão detalhada do Índice de Duração Média de Interrupção do Sistema (SAIDI) em cada concelho. Este separador é

fundamental para monitorizar a qualidade do fornecimento de energia em diferentes regiões e identificar onde são necessárias melhorias.

Neste separador, os utilizadores podem explorar dados específicos de cada concelho, incluindo o número total de interrupções e o SAIDI correspondente. Essas informações são essenciais para entender o desempenho de cada região e priorizar ações corretivas.

Os gráficos e indicadores visuais ajudam a destacar os concelhos com os maiores desafios em termos de interrupções, facilitando a comparação entre diferentes áreas.

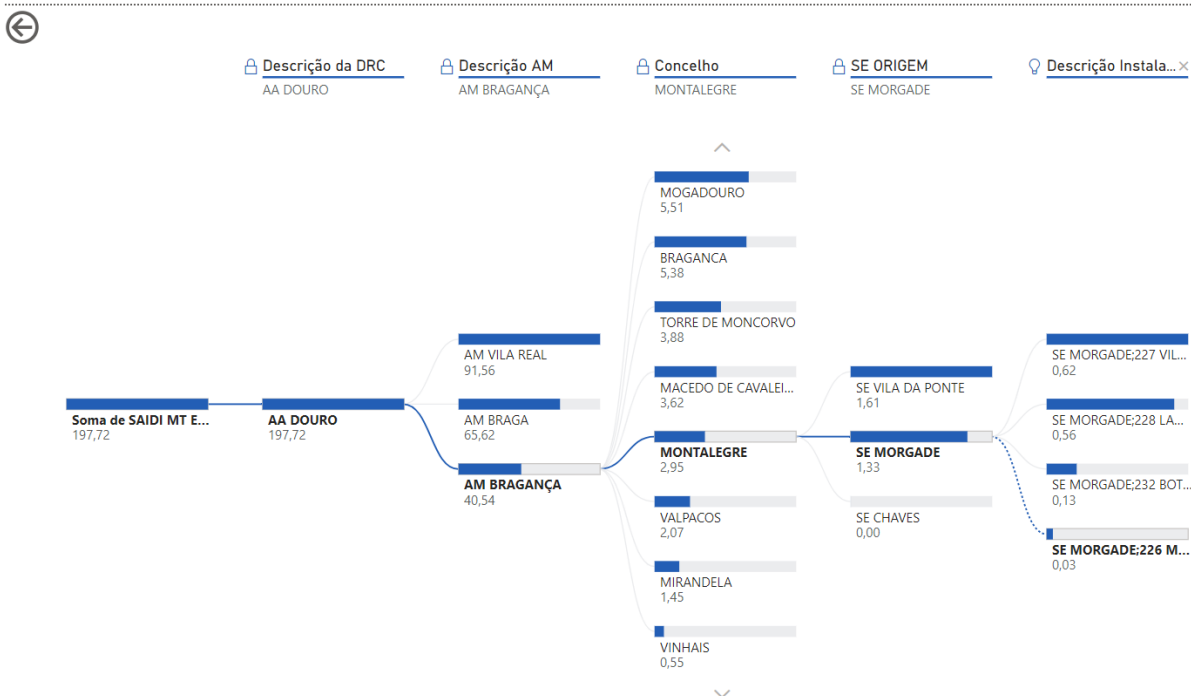


Figura 5.18 – Árvore de decomposição SAIDI/concelho

5.2.10 SAIFI

O separador *SAIFI* oferece uma análise detalhada da frequência das interrupções longas na rede de Média Tensão (MT). Este indicador é crucial para avaliar a qualidade do fornecimento de energia e identificar áreas que necessitam de melhorias para reduzir a frequência dessas interrupções.

Neste separador, os utilizadores podem visualizar informações sobre o SAIFI correspondente para diferentes concelhos e linhas de distribuição em MT. Essas informações são essenciais para entender o desempenho do sistema e priorizar ações corretivas.

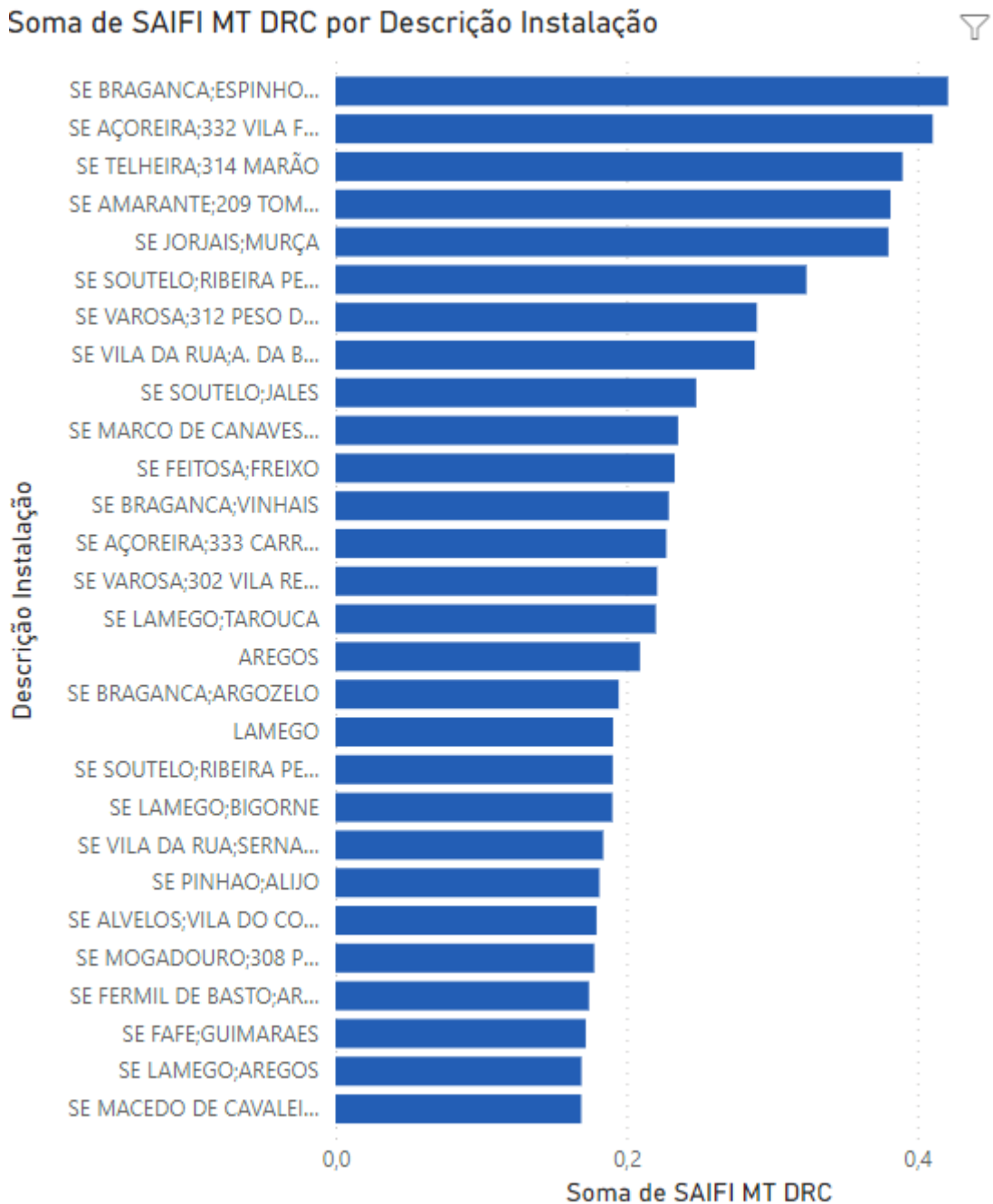


Figura 5.19 - SAIFI

5.2.11 Fases do ano mais críticas

O separador *Fases do Ano Mais Críticas* oferece uma análise detalhada das épocas do ano em que o sistema elétrico enfrenta os maiores desafios em termos de interrupções de serviço. Este separador é essencial para identificar padrões sazonais e planejar medidas preventivas para melhorar a confiabilidade do fornecimento de energia.

Neste separador, é possível visualizar informações sobre os períodos do ano com maior incidência de interrupções. Essas informações são cruciais para entender como fatores sazonais afetam o desempenho do sistema.

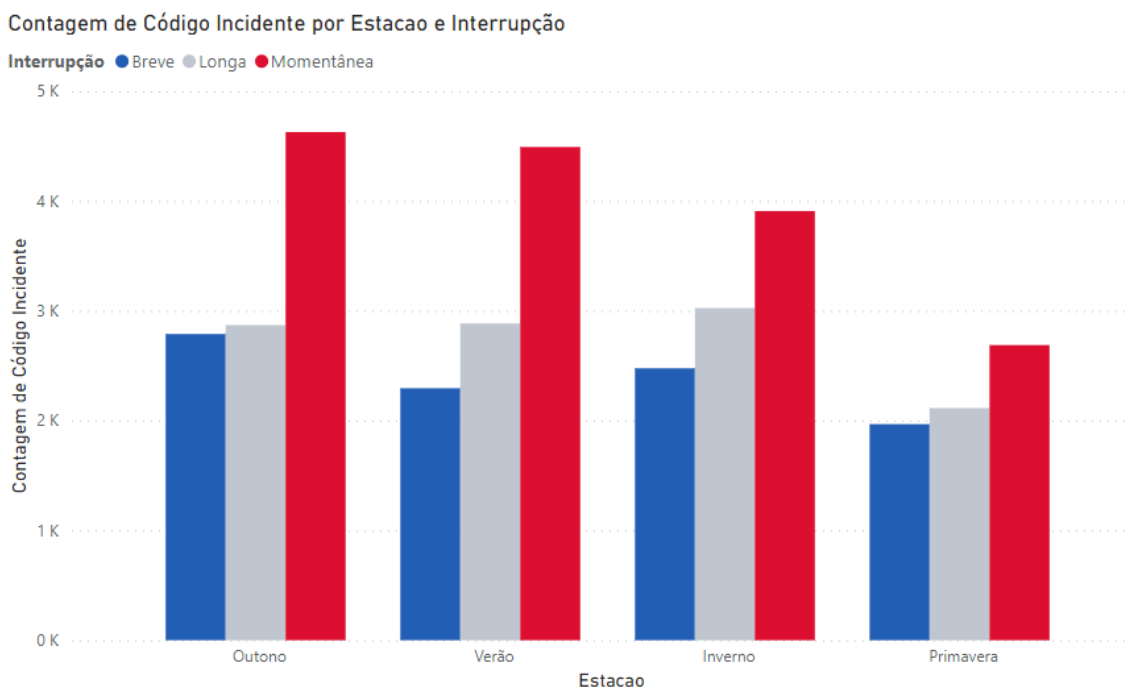


Figura 5.20 - Fases do ano mais críticas

5.2.12 KPI_Globais

O separador KPI Globais oferece uma visão abrangente dos principais indicadores de continuidade de serviço (KPIs) do sistema elétrico. Este separador é essencial para

monitorizar a eficiência e a confiabilidade do fornecimento de energia, proporcionando uma análise consolidada dos dados mais relevantes por zona de qualidade de serviço.

Neste separador, os utilizadores podem visualizar uma série de KPIs que abrangem diferentes aspetos do desempenho do sistema relativamente ao padrão atual definido pela ERSE:

- **SAIDI MT:** Mede a duração média das interrupções de serviço.
- **SAIFI MT:** Avalia a frequência das interrupções longas na rede de Média Tensão.
- **SAIFI BT:** analisa a frequência média das interrupções longas do sistema na rede BT.
- **SAIDI BT:** Indicador que representa a duração média das interrupções longas verificadas na rede BT

Os gráficos e indicadores visuais ajudam a destacar os KPIs mais críticos, facilitando a comparação entre diferentes períodos.

Neste separador é usada a expressão DAX:

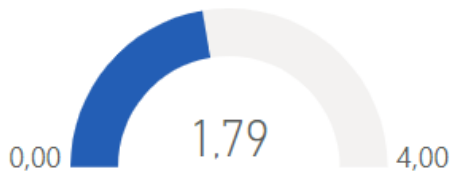
```
SAIDI MT Horas = SUM('Listagem de Incidentes'[ SAIDI MT DRC (min)])/60
```

Para converter os minutos em horas decimais para permitir a visualização dos dados nos parâmetros definidos pela ERSE para o SAIDI em MT e BT.

SAIDI_MT

Zona Qualidade de Serviço	Padrão Atual	SAIDI MT Horas
ZONA A	2	1,79
Total		1,79

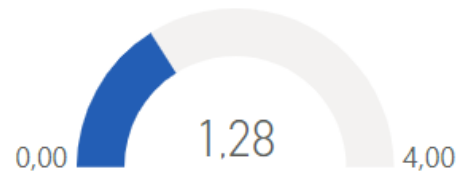
SAIDI MT Horas e Primeiro Zona Qualidade de serviço



SAIFI_MT

Padrão Atual	Soma de SAIFI MT DRC
2	1,28
Total	1,28

Soma de SAIFI MT DRC e Primeiro Zona Qualidade de serviço



SAIDI_BT

Padrão Atual	SAIDI BT Horas
2	0,17
Total	0,17

SAIDI BT Horas e Primeiro Zona Qualidade de serviço



SAIFI_BT

Padrão Atual	Soma de SAIFI BT DRC
2	1,21
Total	1,21

Soma de SAIFI BT DRC e Primeiro Zona Qualidade de serviço



Figura 5.21 - KPI's Globais

6

Conclusão

Conteúdo

Conclusão	67
Respostas às Perguntas de Investigação	68
Contribuições	70
Trabalhos Futuros	71

6 Conclusão

Este estudo teve como objetivo aumentar a disponibilidade de informações atualizadas para a tomada de decisões, reduzir a dependência de processos manuais na análise de dados e fornecer uma visão holística das operações.

A presente dissertação teve como objetivo principal investigar as causas das interrupções no fornecimento de energia e identificar os fatores que influenciam os indicadores de qualidade de serviço. Através da análise detalhada dos dados, foi possível identificar as principais razões por trás das interrupções segundo as causas aprovadas pela ERSE, tais como vento com intensidade excepcional, defeitos de isolamento, Neve/Gelo/Granizo Condição Excepcional, interferência de vegetação que, obrigam a uma análise posterior no terreno para identificação da causa implícita na interrupção de energia e a respetiva resolução. Os fatores que mais influenciam negativamente os indicadores de qualidade de serviço acabam por ser os fenómenos atmosféricos que, em condições extremas causam danos significativos na rede elétrica.

Este relatório inclui a análise detalhada dos incidentes ocorridos na rede, categorizando-os por tipo, frequência e impacto. Através do cálculo de métricas específicas, como o tempo médio de resolução de incidentes e a taxa de recorrência, é possível estruturar de forma mais eficaz as estratégias de manutenção e prevenção.

Além disso, são apresentados dados específicos, incluindo o número total de incidentes, a distribuição geográfica dos mesmos, e a análise de tendências ao longo do tempo. Estes indicadores são essenciais para identificar áreas críticas e priorizar ações corretivas.

Este trabalho introduz uma das diversas aplicações na indústria de distribuição de energia. A análise de incidentes foi elaborada por meio de ferramentas de BI, destacando-se a informação devolvida pelos Indicadores Chave de Desempenho (KPIs) e as oportunidades de análise em profundidade através da funcionalidade *drill through*.

6.1 Respostas às Perguntas de Investigação

A dissertação teve 4 perguntas principais, para as quais foram obtidas respostas baseadas nos resultados do estudo:

1. O que se entende por análise de ocorrências na rede de distribuição energética (RDE)?

A análise de ocorrências na rede de distribuição energética é definida como o conjunto de operações que visam identificar, investigar e avaliar as causas de anomalias e interrupções na rede de distribuição de energia elétrica. Esta atividade é essencial para garantir a continuidade e a qualidade do fornecimento de energia, minimizando interrupções e assegurando a eficiência operacional do sistema.

O acompanhamento e controlo das ocorrências na rede de distribuição energética permitem que as falhas sejam rapidamente identificadas e corrigidas, alinhando as ações corretivas às necessidades operacionais e aos padrões de qualidade estabelecidos.

Neste processo, são geridos os registos de ocorrências, analisadas as causas e consequências das interrupções, bem como monitorizadas as taxas de incidência, garantindo que os objetivos de qualidade e eficiência do fornecimento de energia sejam alcançados de forma transparente e eficaz. Nos dashboards desenvolvidos, a análise de ocorrências é apresentada de forma detalhada, com indicadores que refletem o desempenho de cada segmento da rede, permitindo uma visão integrada e estratégica do cumprimento das metas operacionais.

2. O que se entende por indicadores de qualidade de serviço na RDE?

Os indicadores de qualidade de serviço na rede de distribuição energética (RDE) são métricas utilizadas para avaliar a eficiência e a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica. Estes indicadores são essenciais para garantir que a distribuição de energia atende aos padrões estabelecidos e às expectativas dos consumidores.

A monitorização e análise dos indicadores de qualidade de serviço permitem identificar áreas de melhoria e implementar ações corretivas para assegurar a continuidade e a

qualidade do fornecimento de energia. Mais do que simples métricas, estes indicadores são ferramentas estratégicas que suportam a tomada de decisões informadas e a gestão eficiente da rede de distribuição.

Através do dashboard desenvolvido, os indicadores de qualidade de serviço são apresentados de forma clara e acessível, permitindo uma visão integrada e estratégica do desempenho da rede de distribuição e do cumprimento das metas operacionais.

3. Como melhorar a qualidade de serviço na RDE?

A melhoria da qualidade de serviço na rede de distribuição energética (RDE) a partir do dashboard desenvolvido é definida como o conjunto de operações que visam monitorizar, analisar e otimizar o desempenho da rede de distribuição de energia elétrica. Esta atividade é essencial para garantir a continuidade e a qualidade do fornecimento de energia, minimizando interrupções e assegurando a eficiência operacional do sistema.

O acompanhamento e controlo dos indicadores de desempenho através do dashboard permite que as falhas sejam rapidamente identificadas e corrigidas, alinhando as ações corretivas às necessidades operacionais e aos padrões de qualidade estabelecidos. Mais do que uma ferramenta de monitorização, o dashboard é uma ferramenta estratégica que possibilita apoiar a tomada de decisões informadas.

Neste processo, são geridos os registos de ocorrências, analisadas as causas e consequências das interrupções, bem como, monitorizadas as taxas de incidência, garantindo que os objetivos de qualidade e eficiência do fornecimento de energia sejam alcançados de forma transparente e eficaz. No dashboard desenvolvido, a análise de ocorrências é apresentada de forma detalhada, com indicadores que refletem o desempenho de cada segmento da rede e a distribuição de recursos para manutenção e melhorias, permitindo uma visão integrada e estratégica do cumprimento das metas operacionais.

4. Porque é que a qualidade de serviço na RDE é importante?

A qualidade de serviço na rede de distribuição energética (RDE) é definida como o conjunto de operações e práticas que asseguram a eficiência, a confiabilidade e a satisfação dos consumidores no fornecimento de energia elétrica. Esta atividade é essencial para garantir que a distribuição de energia atende aos padrões estabelecidos e às expectativas dos consumidores.

O acompanhamento e controlo dos indicadores de qualidade de serviço permitem que as interrupções sejam rapidamente identificadas e corrigidas, alinhando as ações corretivas às necessidades operacionais e aos padrões de qualidade estabelecidos. Mais do que uma simples métrica, a qualidade de serviço é uma ferramenta estratégica que possibilita, em tempo real, apoiar a tomada de decisões informadas. Este conhecimento contínuo do estado da rede de distribuição possibilita minimizar perdas de energia, identificar riscos operacionais e implementar melhorias preventivas que possam comprometer a confiabilidade do sistema.

No dashboard desenvolvido, a qualidade de serviço é apresentada de forma detalhada, com indicadores que refletem o desempenho de cada segmento da rede e a distribuição de recursos para manutenção e melhorias, permitindo uma visão integrada e estratégica do cumprimento das metas operacionais.

6.2 Contribuições

Este relatório oferece contribuições importantes para a manutenção da rede elétrica:

- Identificação de KPIs: A revisão da literatura identificou indicadores-chave de desempenho (KPIs) comumente usados na análise de incidentes em redes de distribuição de energia, formando a base do dashboard.
- Integração de dados: Este projeto conecta fontes de dados separadas, consolidando informações relevantes em um único dashboard no Power BI para facilitar o acesso aos dados e melhorar a tomada de decisões.

- **Incorporação de KPIs Específicos:** Além dos KPIs padrão, como o tempo médio de resolução de incidentes e a taxa de recorrência, o dashboard inclui KPIs específicos, como o número total de incidentes, a distribuição geográfica dos mesmos, e a análise de tendências ao longo do tempo, garantindo que atenda às necessidades únicas da organização.
- **Melhoria da Eficiência:** Ao reduzir a dependência de processos manuais na análise de dados, o dashboard permite respostas mais rápidas a problemas na rede de distribuição de energia, aumentando a eficiência geral.
- **Análise Detalhada:** A funcionalidade de drill-through permite que os utilizadores analisem os KPIs em maior detalhe ao longo de vários períodos, facilitando uma melhor compreensão das tendências de desempenho.
- **Desenvolvimento Contínuo:** O dashboard foi continuamente melhorado para corresponder às necessidades emergentes, tendo em vista, a usabilidade no ambiente de distribuição de energia, com um compromisso com a melhoria contínua.

6.3 Trabalhos Futuros

Com base nas conclusões deste estudo, podem ser exploradas novas tecnologias para aprofundar e expandir a pesquisa na área de análise de incidentes na rede de distribuição de energia.

A implementação de sistemas de inteligência artificial para prever incidentes antes que ocorram. Esses sistemas podem analisar padrões históricos e identificar sinais de alerta precoce, permitindo uma resposta proativa e reduzindo ainda mais a dependência de processos manuais.

7 Referências

- Almasoudi, F. M. (2023). Grid Distribution Fault Occurrence and Remedial Measures Prediction/Forecasting through Different Deep Learning Neural Networks by Using Real Time Data from Tabuk City Power Grid. *Energies* (19961073), 16(3), 1026
- Avison, D., Lau, F., Myers, M., & Nielsen, P. A. (1999). Action Research. In *COMMUNICATIONS OF THE ACM* (Vol. 42, Issue 1).
- Baskerville, R. L. (1997). *Investigating information systems with action research*. *Communications of the AIS*, 2(3es), 4–32.
<https://aisel.aisnet.org/cais/vol2/iss3/4>
- Becker, B., & Gould, M. (2019). *Microsoft Power BI cookbook: Creating business intelligence solutions of analytical data models, reports, and dashboards* (2nd ed.). Packt Publishing. <https://doi.org/10.1002/9781119620026>
- Belaïd, Y. N., Coudray, P., Sanchez-Torres, J., Fang, Y. P., Zeng, Z., & Barros, A. (2021). Resilience quantification of smart distribution networks—a bird’s eye view perspective. In *Energies* (Vol. 14, Issue 10). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en14102888>
- Bouhouras, A. S., Andreou, G. T., & Labridis, D. P. (2010). Feasibility study of the implementation of A.I. automation techniques in modern power distribution networks. *Electric Power Systems Research*, 80(5), 495–505.
- Cárcamo-Gallardo, A., García Santander, L., & Pezoa, J. E. (2007). RECONFIGURACIÓN DE REDES ELÉCTRICAS DE MEDIA TENSIÓN BASADA EN EL ALGORITMO DE PRIM. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería*, 15(1), 83–91.
- Dashti, R., Ghasemi, M., & Daisy, M. (2018). Fault location in power distribution network with presence of distributed generation resources using impedance based method and applying π line model. *Energy*, 159, 344–360.

- de Andrade, P. R., & Sadaoui, S. (2017). Improving business decision making based on KPI management system. *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 1280–1285.
<https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8122789>
- de Oliveira, L. G., Filomeno, M. de L., Vincent Poor, H., & Ribeiro, M. V. (2022). Fault detection and location in power distribution systems: The usefulness of the HS-OFDM scheme for time-domain reflectometry. *Electric Power Systems Research*, 203, N.PAG.
- Eckerson, W. W. (2009). *Performance dashboards: Measuring, monitoring, and managing your business* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
<https://doi.org/10.1002/9781119197641>
- Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE). (2023). *Regulamento da Qualidade de Serviço dos setores elétrico e do gás* (Regulamento n.º 826/2023, de 28 de julho). Diário da República. <https://www.erse.pt>
- Feldman, A., & Minstrell, J. (2000). Action research as a research methodology for the study of the teaching and learning of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(5), 499–518. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(200006\)37:5<499::AID-TEA5>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(200006)37:5<499::AID-TEA5>3.0.CO;2-R)
- Formby, S. K., Medlin, B. D., & Ellington, V. (2017). Microsoft Excel®: Is It An Important Job Skill for College Graduates? In *Information Systems Education Journal (ISEDJ)* (Issue 3). <http://www.isedj.org>; <http://iscap.info>
- Hou, G., Muraleetharan, K. K., Panchalogaranjan, V., Moses, P., Javid, A., Al-Dakheeli, H., Bulut, R., Campos, R., Harvey, P. S., Miller, G., Boldes, K., & Narayanan, M. (2023). Resilience assessment and enhancement evaluation of power distribution systems subjected to ice storms. *Reliability Engineering and System Safety*, 230. <https://doi.org/10.1016/j.res.2022.108964>
- Hua, L. (2023). Comprehensive early warning of power quality in distribution network based on deep learning. *Wireless Networks (10220038)*, 1–14.

- Imteaj, A., Akbari, V., & Amini, M. H. (2023). A Novel Scalable Reconfiguration Model for the Postdisaster Network Connectivity of Resilient Power Distribution Systems. *Sensors (14248220)*, 23(3), 1200.
- Kazim, M., Khawaja, A. H., Zabit, U., & Huang, Q. (2020). Fault Detection and Localization for Overhead 11-kV Distribution Lines with Magnetic Measurements. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69(5), 2028–2038. <https://doi.org/10.1109/TIM.2019.2920184>
- Inmon, W. H. (2005). *Building the data warehouse* (4th ed.). Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Building+the+Data+Warehouse%2C+4th+Edition-p-9780764567575>
- Kimball, R., & Ross, M. (2013). *The data warehouse toolkit: The definitive guide to dimensional modeling* (3rd ed.). Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/The+Data+Warehouse+Toolkit%2C+3rd+Edition-p-9781118530801>
- Lakiza, V., & Deschamps, I. (2018). How to develop innovation KPIs in an execution-oriented company. *Technology Innovation Management Review*, 8(7), 14–30. <https://doi.org/10.22215/timreview/1168>
- Leite, J. B., Mantovani, J. R. S., Dokic, T., Yan, Q., Chen, P. C., & Kezunovic, M. (2019a). Resiliency Assessment in Distribution Networks Using GIS-Based Predictive Risk Analytics. *IEEE Transactions on Power Systems*, 34(6), 4249–4257. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2019.2913090>
- Leite, J. B., Mantovani, J. R. S., Dokic, T., Yan, Q., Chen, P.-C., & Kezunovic, M. (2019b). Resiliency Assessment in Distribution Networks Using GIS-Based Predictive Risk Analytics. *IEEE Transactions on Power Systems*, 34(6), 4249–4257.
- Lim, I.-H., Sidhu, T. S., Choi, M.-S., Lee, S.-J., Hong, S., Lim, S.-I., & Lee, S.-W. (2013). Design and Implementation of Multiagent-Based Distributed Restoration System in DAS. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 28(2), 585–593.

- Maravilha, A. L., Goulart, F., Carrano, E. G., & Campelo, F. (2018). Scheduling maneuvers for the restoration of electric power distribution networks: Formulation and heuristics. *Electric Power Systems Research*, *163*, 301–309.
- Melo, L. S., Sampaio, R. F., Leão, R. P. S., Barroso, G. C., & Bezerra, J. R. (2019). Python-based multi-agent platform for application on power grids. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, *29*(6), N.PAG.
- Mora, J. J., Pérez, L. P., & Pérez, S. M. (2008). Evaluación comparativa de redes KBANN y sistemas ANFIS para la localización de fallas en redes de distribución de energía eléctrica. *Ingeniería y Competitividad*, *10*(2), 87–98.
- Naidu, B. R., Saini, K. K., Bajpai, P., & Chakraborty, C. (2023). A novel framework for resilient overhead power distribution networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *147*, N.PAG.
- Nait Belaid, Y., Coudray, P., Sanchez-Torres, J., Fang, Y.-P., Zeng, Z., Barros, A., & Pasetti, M. (2021). Resilience Quantification of Smart Distribution Networks—A Bird’s Eye View Perspective. *Energies (19961073)*, *14*(10), 2888.
- Parmenter, D. (2019). *Key performance indicators: Developing, implementing, and using winning KPIs* (4th ed.). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119620026>
- Powell, B., Deckler, G., & Gordon, L. (2022). *Mastering Microsoft Power BI: Expert techniques to create interactive insights for effective data analytics and business intelligence* (2nd ed.). Packt Publishing. <https://www.packtpub.com/product/mastering-microsoft-power-bi-second-edition/9781801811484>
- PRAKASH, S., HANS, M., & THORAT, V. (2021). Automatic Fault Localization and Isolation in Power Distribution Network by Decision Support Method. *Walailak Journal of Science & Technology*, *18*(4), 1–8.

- Prasad, P. S., & Rao, B. P. (2016). Review on Machine Vision based Insulator Inspection Systems for Power Distribution System. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 9(5), 135–141.
- Ragusa, A., Sasse, H. G., Duffy, A., & Rubinstein, M. (2022). Application to Real Power Networks of a Method to Locate Partial Discharges Based On Electromagnetic Time Reversal. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 37(4), 2738–2746.
- Russo, M., & Ferrari, A. (2019). *The Definitive Guide to DAX: Business intelligence with Microsoft Excel, SQL Server Analysis Services, and Power BI* (2nd ed.). Microsoft Press. <https://www.sqlbi.com/books/the-definitive-guide-to-dax/>
- Sahoo, B., Bhaskaran, P. K., & Pradhan, A. K. (2019). Application of weather forecasting model WRF for operational electric power network management—a case study for Phailin cyclone. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(1–2), 871–891. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2639-6>
- Serra, J. P. (2020). *Power BI: Do zero à criação de dashboards*. FCA – Editora de Informática
- Shani, A. B., & Coghlan, D. (2021). Action research in business and management: A reflective review. *Action Research*, 19(3), 518–541. <https://doi.org/10.1177/1476750319852147>
- Sherman, R. (2020). *Business Intelligence Guidebook: From Data Integration to Analytics*. .
- Somekh, B. (1995). The Contribution of Action Research to Development in Social Endeavours: a position paper on action research methodology. *British Educational Research Journal*, 21(3), 339–355. <https://doi.org/10.1080/0141192950210307>
- Sousa, R., Miranda, R., Moreira, A., Alves, C., Lori, N., & Machado, J. (2021). Software tools for conducting real-time information processing and visualization in industry: An up-to-date review. In *Applied Sciences*

(Switzerland) (Vol. 11, Issue 11). MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/app11114800>

Srivastava, I., Bhat, S., Vardhan, B. V. S., & Bokde, N. D. (2022). Fault Detection, Isolation and Service Restoration in Modern Power Distribution Systems: A Review. *Energies (19961073)*, 15(19), 7264.

Surya Prasad, P., & Rao, B. P. (2016). Review on Machine Vision based Insulator Inspection Systems for Power Distribution System. In *Journal of Engineering Science and Technology Review* (Vol. 9, Issue 5). www.jestr.org

Tatietsé, T. T., Voufo, J., & Ntamack, D. (2011). Diagnosis of defects on Medium Voltage Electric Energy Distribution Networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 33(9), 1556–1562.

Venable, J., Pries-Heje, J., & Baskerville, R. (2012). A comprehensive framework for evaluation in design science research. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 7286 LNCS, 423–438. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29863-9_31

Webb, C. (2014). *Microsoft business intelligence: 24-hour trainer*. Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Microsoft+Business+Intelligence%3A+24+Hour+Trainer-p-9781118852982>

Zhao, H., Lu, Z., Zhang, J., Li, X., Guo, X., & Sun, X. (2016). Method to decide a multi-fault rush repair robust strategy in power distribution networks. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 56, 91–101.

Zou, M., Zhao, Y., Yan, D., Tang, X., Duan, P., & Liu, S. (2022). Double convolutional neural network for fault identification of power distribution network. *Electric Power Systems Research*, 210, N.PAG.

Apêndice A

Tabela 1.4 Artigos selecionados com pesos associados para aplicação da revisão sistemática da literatura

Artigos	Q1	Q2	Q3	Q4	Score	Referência
<i>A novel framework for resilient overhead power distribution networks</i>	1	1	1	2	5	(Naidu et al., 2023)
<i>A Novel Scalable Reconfiguration Model for the Postdisaster Network Connectivity of Resilient Power Distribution Systems.</i>	3	3	3	3	12	(Imteaj et al., 2023)
<i>Application of weather forecasting model WRF for operational electric power network management—a case study for Phailin cyclone.</i>	2	2	3	3	10	(Sahoo et al., 2019)
<i>Application to Real Power Networks of a Method to Locate Partial Discharges Based On</i>	3	3	3	2	11	(Ragusa et al., 2022)

<i>Electromagnetic Time Reversal.</i>						
<i>Automatic Fault Localization and Isolation in Power Distribution Network by Decision Support Method.</i>	3	2	3	3	11	(PRAKASH et al., 2021)
<i>Comprehensive early warning of power quality in distribution network based on deep learning</i>	3	2	3	2	10	(Hua, 2023)
<i>Design and Implementation of Multiagent-Based Distributed Restoration System in DAS.</i>	3	2	3	2	10	(Lim et al., 2013)
<i>Diagnosis of defects on Medium Voltage Electric Energy Distribution Networks.</i>	3	2	3	2	10	(Tatietsse et al., 2011)
<i>Double convolutional neural network for fault identification of power distribution network.</i>	3	1	3	2	9	(Zou et al., 2022)
<i>Comparative evaluation of KBANN</i>	3	3	3	3	12	(Mora et al., 2008)

<i>networks and ANFIS systems for fault location in electrical power distribution networks.</i>						
<i>Fault Detection and Localization for Overhead 11-kV Distribution Lines With Magnetic Measurements</i>	3	2	2	2	9	(Kazim et al., 2020)
<i>Fault detection and location in power distribution systems: The usefulness of the HS-OFDM scheme for time-domain reflectometry</i>	3	2	2	2	9	(de Oliveira et al., 2022)
<i>Fault Detection, Isolation and Service Restoration in Modern Power Distribution Systems: A Review</i>	3	2	3	1	9	(Srivastava et al., 2022)
<i>Fault location in power distribution network with presence of distributed generation resources using impedance</i>	3	2	3	3	11	(Dashti et al., 2018)

<i>based method and applying π line model</i>						
<i>Feasibility study of the implementation of A.I. automation techniques in modern power distribution networks</i>	3	2	2	2	9	(Bouhouras et al., 2010)
<i>Grid Distribution Fault Occurrence and Remedial Measures Prediction/Forecasting through Different Deep Learning Neural Networks by Using Real Time Data from Tabuk City Power Grid.</i>	3	2	2	3	10	(Almasoudi, 2023)
<i>Method to decide a multi-fault rush repair robust strategy in power distribution networks.</i>	3	2	3	3	11	(Zhao et al., 2016)
<i>Python-based multi-agent platform for application on power grids.</i>	3	2	3	3	11	(Melo et al., 2019)
<i>RECONFIGURACIÓN DE REDES ELÉCTRICAS DE MEDIA TENSIÓN</i>	3	3	3	2	11	(Cárcamo-Gallardo et al., 2007)

<i>BASADA EN EL ALGORITMO DE PRIM.</i>						
<i>Resilience Quantification of Smart Distribution Networks—A Bird’s Eye View Perspective</i>	3	1	2	2	8	(Belaid et al., 2021)
<i>Resilience assessment and enhancement evaluation of power distribution systems subjected to ice storms.</i>	3	2	2	3	10	(Hou et al., 2023)
<i>Resiliency Assessment in Distribution Networks Using GIS-Based Predictive Risk Analytics</i>	3	3	3	2	11	(Leite et al., 2019b)
<i>Review on Machine Vision based Insulator Inspection Systems for Power Distribution System</i>	3	3	3	2	11	(Prasad & Rao, 2016)
<i>Scheduling maneuvers for the restoration of electric power distribution networks:</i>	3	3	3	3	12	(Maravilha et al., 2018)

<i>Formulation and heuristics.</i>						
----------------------------------------	--	--	--	--	--	--

Apêndice B

Tabela 4.5 - Estrutura simplificada do dataset

Concelho	Nível Tensão	Código Instalação	Causas	Qtd Minutos Duração Incidente	Qtd Clientes Afectados	Incidente	Observações Técnicas	Data de Detecção Incidente	Hora de Detecção Incidente	END (MWh)	MAIFI INC	TIEPI (min)	SAIDI	SAIFI
Concelho1	Alta	1	Causa1	120	500	Incidente1	Observação Técnica1	22/02/2024	12:30	100	2.0	10	18	1.2
Concelho2	Média	2	Causa2	90	300	Incidente2	Observação Técnica2	23/02/2024	02:00	80	1.5	8	15	1.0
Concelho3	Baixa	3	Causa3	150	20	Incidente3	Observação Técnica3	24/02/2024	08:00	120	2.0	15	22	1.5