



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

MATHEUS GAMA DA SILVA

**REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO DE RISCO NA MINERAÇÃO COM USO  
DE FERRAMENTA IOT**

TUCURUÍ/PA  
2023

MATHEUS GAMA DA SILVA

**REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO DE RISCO NA MINERAÇÃO COM USO  
DE FERRAMENTA IOT**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia Elétrica, Campus Universitário de Tucuruí, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. PhD. Rafael Suzuki Bayma

TUCURUÍ/PA  
2023

MATHEUS GAMA DA SILVA

**REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO DE RISCO NA MINERAÇÃO COM USO  
DE FERRAMENTA IOT**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia Elétrica, Campus Universitário de Tucuruí, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal do Pará.

DATA DE APROVAÇÃO: 27/06/2023

CONCEITO: BOM

---

Prof. PhD. Rafael Suzuki Bayma  
Orientador - UFPA

---

Prof. Dr. André Felipe S. da Cruz  
Membro - UFPA

---

Prof. Dr. Jessé Luís Padilha  
Membro - UFPA

TUCURUÍ/PA  
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

<b>Título</b>	REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO DE RISCO NA MINERAÇÃO COM USO DE FERRAMENTA IOT
<b>Discente</b>	MATHEUS GAMA DA SILVA
<b>Matrícula</b>	201833940017

#	BANCA EXAMINADORA	CONDIÇÃO
1	Rafael Suzuki Bayma (NDAE/CAMTUC/UFPA)	Orientador
2	André Felipe Souza da Cruz (FEE/CAMTUC/UFPA)	Membro
3	Jessé Luis Padilha (FEE/CAMTUC/UFPA)	Membro

Data da Defesa: 27/06/2023	Hora Início: 08:06	Hora Término: 8:58
----------------------------	--------------------	--------------------

Trabalho Escrito (0 a 10 pontos por critério)			
Critério	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3
Formatação	9,0	8,0	9,0
Linguagem (gramática e semântica)	8,0	9,0	8,5
Conteúdo técnico	9,5	7,5	9,0
Média	8,8	8,2	8,8

Defesa Oral (0 a 10 pontos por critério)			
Critério	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3
Sequência lógica de apresentação	8,0	9,0	9,0
Administração do tempo	6,0	5,5	7,0
Expressão oral	9,0	9,0	9,0
Domínio do tema	9,5	9,5	9,5
Média	8,1	8,3	8,6

<b>Média por examinador</b>	8,5	8,2	8,7
<b>Média Final</b>	<b>8,5</b>		
<b>Conceito Final</b>	<b>BOM</b>		

Rafael Suzuki Bayma  
*Orientador*

\_\_\_\_\_  
*Coorientador*

André Felipe Souza da Cruz  
*Membro*

Jessé Luís Padilha  
*Membro*



Emitido em 27/06/2023

**ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC) Nº 2/2023 - NDAE (11.16.16)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 30/06/2023 23:42 )*

ANDRÉ FELIPE SOUZA DA CRUZ  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
CTUCU (11.16)  
Matrícula: ###531#4

*(Assinado digitalmente em 03/07/2023 09:41 )*

JESSE LUIS PADILHA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
NDAE (11.16.16)  
Matrícula: ###988#2

*(Assinado digitalmente em 30/06/2023 23:33 )*

RAFAEL SUZUKI BAYMA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
NDAE (11.16.16)  
Matrícula: ###466#0

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpa.br/documentos/> informando seu número: 2  
, ano: 2023, tipo: **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)**, data de emissão:  
**30/06/2023** e o código de verificação: **ef896914f9**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

S586r Silva, Matheus Gama da.  
REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO DE RISCO NA MINERAÇÃO  
COM USO DE FERRAMENTA IOT / Matheus Gama da Silva. —  
2023.  
67 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Rafael Suzuki Bayma  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade  
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de  
Engenharia Elétrica, Tucuruí, 2023.

1. IoT. 2. Redução de Risco. 3. Mineração. 4. Zabbix. I.  
Título.

CDD 621.3

---

## DEDICATÓRIA

Dedico a toda a minha família e a Jesus Cristo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus por ter me dado o dom da vida e por ter me possibilitado ter saúde nesses anos difíceis que passamos com pandemia e, acima de tudo, por ter me possibilitado nascer na família incrível, acredito que sem Deus nada seria possível em minha vida.

Sou eternamente grato a minha mãe, sendo a pessoas que eu mais amei nessa terra. Ela esteve comigo desde de sempre e em 2009 teve que exercer o papel de pai e mãe, em decorrência do falecimento do meu pai. Contudo, ela abdicou de muitas coisas na vida dela para eu e meus irmão podermos realizar nossos objetivos. Parte do que eu sou hoje tem muito haver com os ensinamentos que ela me deu.

Agradeço ao meu padrinho e minha madrinha por tudo que puderam fazer em minha vida, pelos ensinamentos, pelas conversas e pelas brincadeiras. Ao meu padrinho “Edvaldo”, obrigado por ter ajudado minha mãe quando morávamos na matinha em Tucuruí.

Agradeço a minha bisavó “Bartira” que ajudou a gente e foi uma das pessoas que mais ficou feliz quando eu passei no vestibular e infelizmente em janeiro de 2023 faleceu e não vai poder está comigo fisicamente, mas espero que a senhora esteja olhando de um lugar melhor essa conquista.

Aos meus amigos que fiz durante esses 5 anos de graduação que puderam contribuir de alguma forma para minha graduação. Muita obrigado. Mas em especial as pessoas que tive oportunidade de fazer trabalhos juntos que acabou virando um time que pude fazer parte, composta por: André Aranha, Cascio Batista, Edson Davi, Dário Panágio, Kevin Martins, Daniel Avis, Francisco Felix e Victor Gaspar. Mas gostaria de ressaltar a importância do Cascio Batista e André Aranha nos nossos trabalhos acadêmicos, participações de projetos juntos, a gente formou uma equipe de verdade.

Aos meus professores muito obrigado pelos ensinamentos, e por terem contribuído com a minha formação como cidadão e como engenheiro eletricista, mas em especial ao professor Jeferson que me ajudou muito e aos aos professores André, Teixeira e Andrécia parabéns pela didática que vocês possuem e aos Washigton, Everton, Cleyson, Otávio e Karlo, muito obrigado pelas aulas e ensinamentos. E, não poderia esquecer do meu orientador Rafael Bayma, infelizmente não puder ter a oportunidade de ter aula com você, mas me falaram que sua aula era muito boa, agradeço ao senhor por ter aceito me orientar.

E por fim aos meus colegas de trabalho na Vale, durante meu período de estágio, sou muito grato aos ensinamentos de vocês, em especial ao Anderson Jorge que me deu oportunidades de me desenvolver mais dentro da Vale, ao Raimundo Adriano agradeço aos seus ensinamentos na área de Telecom você é diferenciado e ao meu coordenador Rodrigo Gama que me deu a oportunidade de liderar o projeto de monitoramento.

## EPÍGRAFE

*“A matemática é o alfabeto no qual Deus escreveu o universo.” (Galileu Galilei)*

## RESUMO

O presente trabalho apresenta projeto de monitoramento aplicado dentro da mina de ferro em Carajás, para empresa Vale S.A, realizado com o objetivo de reduzir o tempo de exposição da equipe à riscos. Para atingir esse objetivo, foi utilizada a ferramenta de monitoramento ZABBIX, para realizar a coleta de dados dos equipamentos, através de sensores embarcados nos equipamentos e, assim, se comunicar com a rede interna da companhia e através do software Grafana pode gerar relatórios dinâmicos. Os resultados obtidos indicam uma redução significativa de tempo gasto nas inspeções dos equipamentos monitorados: Gerador, Eltek e Shelter, levando em conta o ano de 2022 que não possuía o monitoramento com os dados atuais até junho de 2023, quanto alguns dos equipamentos já se encontram monitorados. Este projeto contribui para área de telecomunicação, redes de computadores e automação por apresentar importante aplicação para o segmento industrial.

**Palavras-chave:** Monitoramento, redução de risco, IoT, Zabbix, mineração, segurança, normas, EPI's e tecnologia.

## ABSTRACT

The present work presents a monitoring project applied within the iron mine in Carajás, for the company Vale S.A, carried out with the objective of reducing the time of exposure of the team to risks. To achieve this objective, the ZABBIX monitoring tool was used to collect data from the equipment, through sensors embedded in the equipment and, thus, communicate with the company's internal network and through the Grafana software can generate dynamic reports. The results obtained indicate a significant reduction in the time spent on inspections of the monitored equipment: Generator, Eltek and Shelter, taking into account the year 2022 that did not have monitoring with the current data until June 2023, when some of the equipment is already in monitored. This project contributes to the area of telecommunication, computer networks and automation by presenting an important application for the industrial segment.

**Keywords:** Monitoring, risk reduction, IoT, Zabbix, mining, security, standards, PPE and technology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição das Áreas de Mineração no Brasil. . . . .	22
Figura 2 – Fatalidades na Mineração. . . . .	23
Figura 3 – Componentes de Rede. . . . .	27
Figura 4 – Cenários da IoT. . . . .	28
Figura 5 – Interface e Sub - Redes. . . . .	32
Figura 6 – Aplicação IoT. . . . .	35
Figura 7 – Modelo da USCA DSE 7420. . . . .	38
Figura 8 – QTA Instalado para Automatização dos Geradores. . . . .	39
Figura 9 – Monitoramento Contínuo. . . . .	40
Figura 10 – Eltek Externa. . . . .	41
Figura 11 – Banco de Bateria Eltek. . . . .	42
Figura 12 – Retificadores Eltek. . . . .	43
Figura 13 – Shelter Telecom. . . . .	43
Figura 14 – Conflex PLC. . . . .	45
Figura 15 – Interface Zabbix. . . . .	46
Figura 16 – Cronograma em Tabela. . . . .	47
Figura 17 – Mapas Zabbix. . . . .	48
Figura 18 – Problem Zabbix Host. . . . .	49
Figura 19 – Interface Grafana. . . . .	51
Figura 20 – Fluxo Implantação do Projeto. . . . .	53
Figura 21 – Fluxo da Metodologia. . . . .	55
Figura 22 – Torres na Mina de Ferro em Carajás. . . . .	56
Figura 23 – Acidentes com Vidas Mudadas. . . . .	57
Figura 24 – Horas de Atividade para Ligar o Gerador Manualmente. . . . .	58
Figura 25 – Horas Gastas na Verificação no Gerador. . . . .	59
Figura 26 – Monitoramento Gerador. . . . .	59
Figura 27 – USCA Comando Remoto. . . . .	60
Figura 28 – Horas de Atividades Gasta no Eltek. . . . .	61
Figura 29 – Monitoramento Eltek. . . . .	62
Figura 30 – Horas de Atividades Gastas no Shelter. . . . .	63
Figura 31 – Monitoramento do Shelter. . . . .	63

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação entre as Gerações Web. . . . .	26
Quadro 2 – Comparação entre as Tecnologias de Comunicação. . . . .	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção a Reserva Mineral do Brasil. . . . .	22
--	----

## LISTA DE SIGLAS

ARPANET	<i>Advanced Research Projects Agency</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
BR	<i>Basic Rate</i>
CAT	Comunicação de Acidente de Trabalho
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
DARPA	<i>Defense Research Projects Agency</i>
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
D2D	<i>Device-to-Device</i>
EDR	<i>Enhanced Data Rate</i>
EMC	<i>Compatibilidade Eletromagnética</i>
EPC	<i>Network Electronic Product Code</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
GMG	Grupo Motor Gerador
ICANN	<i>Internet Corporation for Assigned Names and Numbers</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IP	Protocolo de Internet
ISOC	<i>Internet Society</i>
ISPs	<i>Internet Service Providers</i>
LWIP	<i>Low Weight IP</i>
MIB	<i>Management Information Base</i>
MPT	Ministério Público do Trabalho
MTU	<i>Maximum Transmit Unit</i>
NCP	<i>Network Control Protocol</i>
OID	<i>Organization Information Data</i>
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PANs	<i>Personal Area Networks</i>

PCM	Planejamento de Controle e Manutenção
PIB	Produto Interno Bruto
PIPE	Fundação Instituto de Pesquisa Econômica
QTA	Quadro de Transferência Automática
RFID	<i>Rádio Frequency Identification</i>
SGM	Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
SMS	<i>Short Message Service</i>
SNMP	<i>Network Management Protocol</i>
SOA	<i>Service Oriented Architectures</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
T2T	<i>Teacher-to-Teacher</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication System</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>18</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b>	<b>18</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>18</b>
1.2.1	Objetivos específicos	18
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do Trabalho</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Acidentes de Trabalho na Mineração</b>	<b>20</b>
2.1.1	História da Mineração	20
2.1.2	Acidentes de trabalho	20
2.1.3	Histórico no Brasil	21
2.1.4	Legislação Mineral no Brasil	21
2.1.5	Dados de Acidentes	23
2.1.6	Custos para Empresas	23
2.1.7	Medidas de Prevenção	24
<b>2.2</b>	<b>Internet das Coisas</b>	<b>24</b>
2.2.1	Evolução da Internet	25
2.2.2	Componentes de Rede	26
2.2.3	Surgimento da IoT	27
2.2.4	Tecnologias recentes	29
2.2.4.1	Arquitetura de Dados	29
2.2.4.2	Comunicação	30
2.2.4.3	Rede Sem Estrutura Fixa	30
2.2.5	IP	31
2.2.6	Tecnologia de Comunicação	32
2.2.7	Aplicações	34
2.2.8	Desafios para Gerenciamento	36
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>Gerador</b>	<b>37</b>
3.1.1	USCA	37
3.1.2	Automatização com QTA	38
<b>3.2</b>	<b>Eltek</b>	<b>41</b>
3.2.1	Banco de Baterias	42
3.2.2	Retificadores	42
<b>3.3</b>	<b>Shelter</b>	<b>43</b>
3.3.1	Conflex Duo	44
<b>3.4</b>	<b>ZABBIX</b>	<b>45</b>
3.4.1	Componentes para gerenciamento de ativos no Zabbix	49
3.4.1.1	Banco de dados	49
3.4.1.2	Personal Home Page (PHP)	49
3.4.1.3	Apache	49
3.4.2	Sistema Operacional	50
3.4.2.1	Linux	50
3.4.3	Protocolos Envolvidos	50

<b>3.5</b>	<b>Grafana</b> . . . . .	<b>51</b>
<b>3.6</b>	<b>Excel</b> . . . . .	<b>52</b>
<b>3.7</b>	<b>Power BI</b> . . . . .	<b>52</b>
<b>3.8</b>	<b>Fluxo Interno</b> . . . . .	<b>53</b>
<b>3.9</b>	<b>Custo do Projeto</b> . . . . .	<b>53</b>
<b>3.10</b>	<b>Metodologia do Monitoramento</b> . . . . .	<b>54</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> . . . . .	<b>56</b>
<b>4.1</b>	<b>Gerador</b> . . . . .	<b>57</b>
<b>4.2</b>	<b>Eltek</b> . . . . .	<b>60</b>
<b>4.3</b>	<b>Shelter</b> . . . . .	<b>62</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise</b> . . . . .	<b>64</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	<b>65</b>
<b>5.1</b>	<b>Trabalhos Futuros</b> . . . . .	<b>65</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>67</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta considerações gerais preliminares abordadas durante o trabalho, incluindo justificativa, objetivo e estrutura.

## 1.1 Justificativa

A mineração é uma das principais atividades produtivas do Brasil, e apresenta um fator de risco máximo na escala (SILVA, 2018). Sendo assim, em todas as atividades associadas à mineração o risco operacional é crítico, de modo que é preciso maximizar os esforços para prevenção de acidentes.

Em virtude da grande quantidade de acidentes de trabalho que ocorrem no ambiente operacional da mineração, a introdução de ferramentas IoT (*Internet of Things* - Internet das Coisas), é uma iniciativa atrativa para buscar reduzir a quantidade de acidentes. Para indústrias de larga escala, isso se torna crítico, pois os custos que resultam do envolvimento de colaboradores em acidentes são muito elevados. Assim, a interconexão de dispositivos físicos com redes de informação, que permite a coleta e o compartilhamento de dados para análise em tempo real, possibilita o monitoramento remoto de equipamentos e, conseqüentemente reduz a exposição de risco da equipe operacional. Com os avanços tecnológicos, esta tem sido uma estratégia significativa para reduzir problemas com processos trabalhistas, além de otimizar processos, a eficiência operacional e melhorar a tomada de decisões baseada em dados.

Neste trabalho é proposta a utilização da ferramenta ZABBIX para buscar realizar um monitoramento remoto de ativos dentro de uma mina de ferro localizada em Carajás, o que possibilita uma redução da exposição de risco da equipe operacional a atividades em campo, uma vez que proporciona menos deslocamentos dentro da mina.

## 1.2 Objetivos

O trabalho teve como principal objetivo implantar um projeto de melhoria dentro de uma mina de ferro em Carajás, com seu principal intuito reduzir a exposição de risco dentro da mina e, também, reduzir a alocação de mão de obra que estavam sendo gastas nessas atividades. Dessa forma, a equipe operacional poderia focar em outras demandas dentro da companhia para poder ter um ambiente mais seguro.

O projeto físico consistiu de um sistema de monitoramento remoto de equipamentos. Sendo esses os equipamentos monitorados do tipo Gerador, *Eltek* e *Shelter*.

### 1.2.1 Objetivos específicos

- Monitorar equipamentos de forma proativa e efetiva;

- Reduzir o deslocamento da operação em área de mina;
- Reduzir tempo de exposição da equipe à riscos.

### **1.3 Estrutura do Trabalho**

O trabalho foi organizado de acordo com a seguinte estrutura.

No capítulo 1 encontra-se a motivação e objetivos que a companhia Vale S.A levou em consideração para aprovar e adotar esse projeto de monitoramento.

O capítulo 2 faz uma revisão sobre assuntos relevantes ao contexto, tais como acidentes de trabalho dentro da mineração, a legislação mineral no Brasil, os custos de um processo de acidente de trabalho. Também são explicados os conceitos fundamentais sobre IoT, suas aplicações e seus desafios.

O capítulo 3 aborda os principais materiais e métodos do trabalho, tais como conceitos sobre os equipamentos que foram monitorados, descrição das ferramentas que foram usadas, assim como a metodologia usada para a realização do trabalho.

O capítulo 4 mostra os procedimentos de medições e resultados, junto com gráficos que demonstram a quantidade de horas que a equipe operacional tinha que está em campo e para realizar tais atividades e da redução brusca da exposição de risco graças ao monitoramento.

No capítulo 5 discute as conclusões finais do projeto e sugestões futuras.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Acidentes de Trabalho na Mineração

#### 2.1.1 História da Mineração

Os primórdios da mineração remontam possivelmente ao ano de 300.000 AC., período em que era realizada a extração de sílex (rocha sedimentar), através de pedreiras a céu aberto, para utilização como ferramentas e armas. Durante o período Neolítico (8.000 AC. a 2.000 AC.), há relatos de extração de rochas realizadas pelo método de lavra subterrânea. Assim, a extração de metais, primeiramente, era realizada com fins ornamentais, contudo entre 7.000 AC. e 4.000 AC., esta situação foi sofrendo transformações pelo avanço da metalurgia do cobre. Neste contexto, pode ser destacada a existência de lavra a céu aberto para extração de prata e chumbo em Laurium, na Grécia antiga, durante o período do segundo milênio antes de Cristo (CUMMINSE; GIVEN, 1992).

Os trabalhos nas minas exploradas pelos gregos e romanos eram realizados de maneira geral por escravos, prisioneiros de guerra, criminosos e prisioneiros políticos (CUMMINSE; GIVEN, 1992).

O desenvolvimento da mineração, se deu com o uso pela primeira vez na história de perfuração e detonação em Schemnitz no ano de 1727, a introdução de perfuratrizes pneumáticas em Rammelsberg 1876, a utilização de iluminação artificial em minas subterrâneas utilizando-se de lamparinas e velas fixadas em rochas ou nos capacetes dos mineiros em Cornish no século XVIII (CUMMINSE; GIVEN, 1992).

#### 2.1.2 Acidentes de trabalho

As condições perigosas nos ambientes de trabalho são uma ameaça aos trabalhadores em todo o mundo e os números de acidentes são preocupantes. De acordo com a Organização Internacional do Trabalho (OIT), cerca de 313 milhões de trabalhadores sofrem acidentes não fatais no mundo a cada ano e 2,3 milhões morrem em acidentes de trabalho anualmente (BARROSO, 2015).

“Estima-se que 4% do Produto Interno Bruto (PIB) seja perdido por doenças e agravos ocupacionais, o que pode aumentar para 10% quando se trata de países em desenvolvimento” (SANTANA et al., 2006).

Os acidentes de trabalho geram grandes impactos econômicos, pois causam danos aos acidentados, limitando ou impedindo o desempenho de suas funções, geram custos para as empresas resultante dos atendimentos prestados à vítima, interrupção do processo produtivo da empresa, e possíveis indenizações, além de aumentar os gastos da previdência social.

### 2.1.3 Histórico no Brasil

Entre os anos de 2012 - 2021, foram registradas 22.954 mortes no mercado de trabalho formal no Brasil. Apenas em 2021, foram comunicados 571,8 mil acidentes e 2.487 óbitos associados ao trabalho, com aumento de 30% em relação ao ano de 2020 (SCABIN, 2022).

No século XVIII ocorreram profundas mudanças no processo de trabalho devido à industrialização. Estas mudanças trouxeram resultados positivos à produção, mas para os trabalhadores houve uma piora nas condições de trabalho devido a não adoção de medidas de proteção individual ou coletiva, além do fato de que os trabalhadores não eram qualificados para a utilização das modernas máquinas que surgiram com o avanço tecnológico.

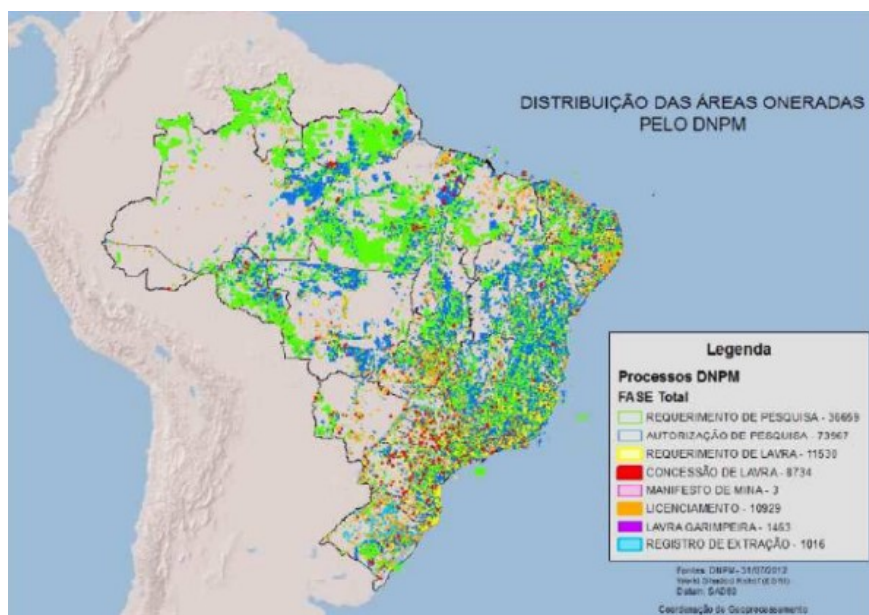
A norma regulamentadora nº 4 – NR 4 do Ministério do Trabalho e Emprego (SILVA, 2018), aborda sobre os serviços especializados em engenharia de segurança e medicina do trabalho. Em relação da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), com correspondente grau de risco, a indústria mineral está classificada com grau de risco 4, em uma escala de 1 a 4, ou seja, apresenta elevado risco de acidentes.

Os gastos previdenciários com acidentes de trabalho são consideráveis. O Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho, criado através de uma cooperação internacional entre o Ministério Público do Trabalho (MPT) e a OIT, indica que no período de 2012 a 2016 mais de 250 milhões de dias de trabalho com afastamentos previdenciários foram perdidos, no Brasil, devido a acidentes e doenças ocupacionais. Além disso, estima-se que neste mesmo período foram registrados, na Previdência Social, mais de 3 milhões de Comunicações de Acidente de Trabalho (CAT), e que aproximadamente 21 bilhões de reais foram gastos com benefícios acidentários, tais como auxílio-doença, aposentadoria por invalidez, pensão por morte e auxílio-acidente (MARTINS; MONTEIRO, 2020).

### 2.1.4 Legislação Mineral no Brasil

De acordo com o artigo 20 da Carta Magna Brasileira, são bens da união os recursos minerais, inclusive os do subsolo. O seu artigo 176 disserta sobre o regime do aproveitamento dos recursos minerais e jazidas, estejam estas ou não em lavra, que dependem de prévia concessão ou autorização por parte do Governo Federal (SARLET; MACHADO; FENSTERSEIFER, 2017). A Figura 1 apresenta a distribuição da mineração na área do Brasil.

Figura 1 – Distribuição das Áreas de Mineração no Brasil.



Fonte: DNPM, (2016).

Segundo os preceitos do Decreto Lei nº 227 de 1967 (Código de Mineração), os regimes de aproveitamento das substâncias minerais no Brasil são: regime de concessão; regime de autorização; regime de licenciamento; regime de permissão de lavra garimpeira e regime de monopolização (SARLET; FENSTERSEIFER, 2014).

Segundo a Lei nº 8.876 criada em 2 de maio de 1994 compete ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), entre outras obrigações, o controle e fiscalização do exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, bem como a proposição à autoridade competente.

Atualmente o Brasil é um importante produtor na Indústria Mineral Mundial. Entretanto, o país ,ainda, é dependente de alguns minerais estratégicos, como é o caso dos fertilizantes, importando 91% do potássio e 51% do fosfato necessário para a indústria agrícola. (VILLA; ALAMINO; FERNANDES, 2014). A Tabela 1 apresenta a potência mineral do país.

Tabela 1 – Produção a Reserva Mineral do Brasil.

Mineral	Produção	Reserva
Bauxita	14%	6.8%
Cobre	2%	2%
Ouro	2.3%	3.3%
Ferro	17%	11%
Nióbio	98%	98%
Manganês	20%	1.1%
Zinco	2.4%	0.85%

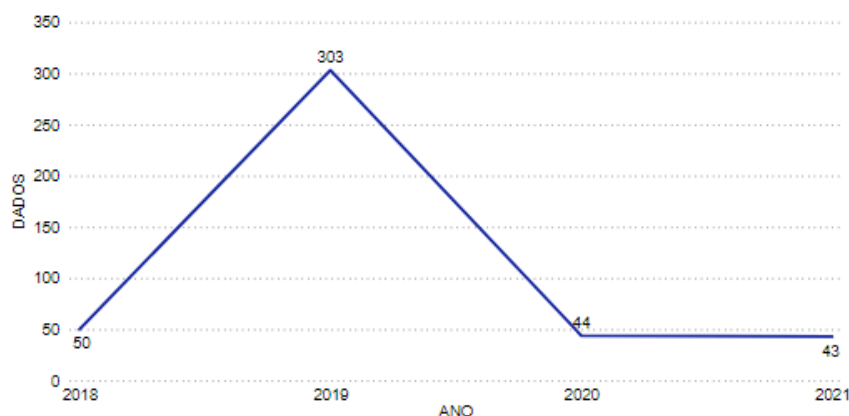
Fonte: Adaptada de IBRAM, (2016).

Segundo dados da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM) do Ministério de Minas e Energia, o PIB da mineração em 2021 foi de US\$ 209 bilhões, o que corresponde a 2,5% do PIB nacional (RODRIGUES, 2021).

### 2.1.5 Dados de Acidentes

Os dados de acidentes de trabalho são números através dos quais é possível acompanhar as flutuações e tendências dos acidentes de trabalho ao longo dos anos. A Figura 2 mostra o número absoluto de acidentes de trabalho, específico para o setor de extração de minério.

Figura 2 – Fatalidades na Mineração.



Fonte: ICMM, (2021).

Em relação às variáveis preço e produção na classe de extração de minério de ferro, observa-se que o preço sofreu uma queda nos últimos quatro anos analisados e a produção se manteve crescente, ou seja, mesmo com um crescimento da produção e diminuição do preço, a taxa de incidência tem diminuído (SILVA, 2018). Isso tem ocorrido devido às empresas terem buscado colocar a vida das pessoas em primeiro lugar e pela adoção do uso da tecnologia no setor mineral. É importante destacar que no ano de 2019 houve uma grande elevação na quantidade de mortes por acidente na mineração, devido ao rompimento da barragem de Brumadinho, que resultou em 270 fatalidades confirmadas.

### 2.1.6 Custos para Empresas

Além do acidente em si, a empresa possui diversos custos que acabam afetando diretamente a produção do mercado. Uma pesquisa realizada pela Fundação Instituto de Pesquisa Econômica (PIPE), estimou que por ano são gastos 100 bilhões de reais com acidentes ocupacionais (SANCON, 2022).

São concebidas três categorias de custo que uma empresa pode ter com acidentes no meio corporativo.

- **Custo Direto:** Correspondem aos gastos hospitalares, internações, cirurgias. Com isso, a empresa deve arcar com o auxílio-acidente, sendo obrigada por lei a pagar pelo menos 15 dias de afastamento do colaborador.
- **Custo Indireto:** São despesas com todos os gastos consequentes do acidente, como reparo da empresa, contratação temporária, despesas com perícias, atrasos de cronograma.
- **Custo Judicial:** Embora não seja um evento comum, ocorre quando um trabalhador busca de seus direitos violados ou tenta resolver uma disputa com o empregador perante um tribunal. O acidente de trabalho pode deixar a pessoa incapacitada temporariamente, ocasionar perda de membro, ou deixar seqüela que não a deixe mais trabalhar ou no pior caso perder a vida. Embora, seja difícil determinar um valor real que uma empresa tenha de desembolsar com um acidente, dados relatam que esse custo pode chegar à R\$ 400.000,00 mil reais, dependendo do trabalho ou do tempo de parada (SANCON, 2022).

Com isso, oferecer um ambiente de trabalho seguro é a melhor forma de garantir a integridade dos colaboradores. Além disso, muitas famílias têm como única fonte de renda o ganho de uma só pessoa e podem ser profundamente afetadas por um acidente de trabalho.

### 2.1.7 Medidas de Prevenção

A mineração é uma atividade essencial da economia Brasileira, mas também apresenta riscos significativos para a segurança dos trabalhadores e o meio ambiente. Para minimizar os acidentes e promover um ambiente de trabalho seguro, é fundamental implementar medidas de prevenção adequadas na indústria da mineração.

Uma das principais medidas de prevenção de acidentes é a capacitação dos trabalhadores e a utilização de EPI's nas atividades. É fundamental que a equipe operacional receba treinamento adequado para lidar com os equipamentos e produtos químicos utilizados na mineração, assim como para reconhecer e lidar com situações de emergência. Além disso, é importante que as pessoas sejam incentivadas a relatar quaisquer problemas ou perigos que possam identificar no local de trabalho através das inspeções (MOKI, 2021).

Outra medida importante é a manutenção regular dos equipamentos. Equipamentos quebrados ou mal conservados podem causar acidentes graves, portanto, devem ser reparados ou substituídos imediatamente. Além disso, é essencial que os equipamentos de segurança, como capacetes, luvas, óculos de proteção e botas de segurança, sejam usados corretamente e estejam em bom estado de conservação.

## 2.2 Internet das Coisas

A IoT está diretamente relacionada com a nova Era da Internet, conhecida como "web 3.0", (MAGRANI, 2018). A Internet surgiu no final da década de 1960, desenvolvida para o âmbito de projeto *Advanced Research Projects Agency* (ARPANET), vinculada à *Defense Research Projects Agency* (DARPA), a mesma sendo financiada pelo Governo Federal

dos Estados Unidos da América, tendo como base construir uma comunicação resistente a falhas ou ataques locais, por meios de uma rede de computadores interconectados, utilizando protocolo TCP/IP. De acordo com Manuel Castells, a ARPANET tinha como seu principal objetivo bélico, assim, servindo no início como interconexão de redes militares regionais (MAGRANI, 2018).

O desenvolvimento da tecnologia e a possibilidade de transferir, por meio da rede, diversos tipos de mensagens, como voz e imagens, criou-se a possibilidade de comunicação entre os nós da rede sem que fosse necessário haver centros de controle. O governo americano permitia que centros de pesquisa que colaboravam com o Departamento de Defesa dos EUA tivessem acesso à rede para fins de estudos direcionados ao departamento. Com o tempo, os cientistas passaram a usá-la com outros objetivos, gerando embaraços à separação entre pesquisa com fins militares e com fins pessoais. Dessa forma, foram criados, então, dois centros específicos: um destinado a aplicações militares e outro a científicas (MAGRANI, 2018).

Na década de 1970 os primeiros protocolos surgiram, por exemplo o *Network Control Protocol* (NCP). A partir de então, os próprios usuários puderam desenvolver aplicações. Vint Cerf e Robert Kahn criaram o TCP, que posteriormente foi dividido em TCP e IP (MAGRANI, 2018). Isso acabou possibilitando os endereçamentos de pacotes individuais e a administração de serviços como controle de tráfego e recuperação de serviços de maneira mais estável. Vint Cerf sentiu a necessidade de criar instituições voltadas para a coordenação dos mecanismos que sustentariam a Internet, cada uma responsável por uma parte da rede. Assim, surgem entidades como a *Internet Society* (ISOC), *Internet Engineering Task Force* (IETF), *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) e *Internet Corporation for Assigned Names and Numbers* (ICANN), (MAGRANI, 2018).

### 2.2.1 Evolução da Internet

Buscando entender melhor a evolução dos usos e as potencialidades da Internet ao longo do tempo, costuma-se dividir a web em três gerações (MAGRANI, 2018).

- Web 1.0: Surgiu em meados dos anos 1980 ficando caracterizada pela possibilidade de conexão entre pessoas, porém, de forma estática e sem interatividade com os outros sites, sendo este criado apenas para leitura (*read - only web*), (MAGRANI, 2018).
- Web 2.0: Diferente da era anterior, possuiu caráter colaborativo e de interação constante entre os usuários. Todas essas relações foram possíveis graças à expansão de plataformas como redes sociais, blogs, *wikis*. Assim, a produção de conteúdo na internet passou a ser realizada de maneira mais fluida (MAGRANI, 2018).
- Web 3.0: Enquanto a Web 2.0 buscou a interação entre pessoas, a Web 3.0 busca usar a Internet para cruzar dados. Essas informações poderão ser lidas ou fornecidas por dispositivos em tempo real. Dessa forma, os dispositivos serão capazes de obter e interpretar as informações fornecidas pelos usuários (MAGRANI, 2018).

O Quadro 1, ilustra melhor as funcionalidades de cada geração web.

Quadro 1 – Relação entre as Gerações Web.

-	Web 1.0	Web 2.0	Web 3.0
Comunicação	Broadcast	Interativa	Aplicada
Informação	Apenas Leitura	Dinâmica	Portátil
Interação	Web Fórum	Web Aplicação	Aplicação Smart
Pesquisa	Britannica Web	Wikipedia	The Semantic Web
Tecnologia	HTLM/FTP	Flash/Java/XLM	RDF/RDFS/OWL

Fonte: Magrani, (2018).

Do ponto de vista da normalização técnica, a IoT é vista como uma infraestrutura global voltada para a era digital, permitindo serviços avançados por meio da interconexão de “coisas” (físicas e virtuais), com base nas tecnologias de informação e comunicação interoperáveis existentes e em constante evolução.

### 2.2.2 Componentes de Rede

Há pouco tempo, os dispositivos interconectados em rede eram basicamente PCs de mesa, estações de trabalho Linux, e servidores que armazenam e transmitem informações, como páginas da Web e mensagens de e-mail. No entanto, cada vez mais sistemas como TVs, *laptops*, consoles para jogos, telefones celulares, *webcams*, automóveis, dispositivos de sensoriamento ambiental, quadros de imagens, e sistemas internos elétricos e de segurança, estão sendo conectados à rede. Na verdade, o termo rede de computadores está começando a soar desatualizado, dados os muitos equipamentos não tradicionais que estão sendo ligados à Internet. No jargão da rede, todos esses equipamentos são denominados hospedeiros ou sistemas finais. Em julho de 2011, havia cerca de 850 milhões de sistemas finais ligados à Internet (KUROSE; ROSS, 2013).

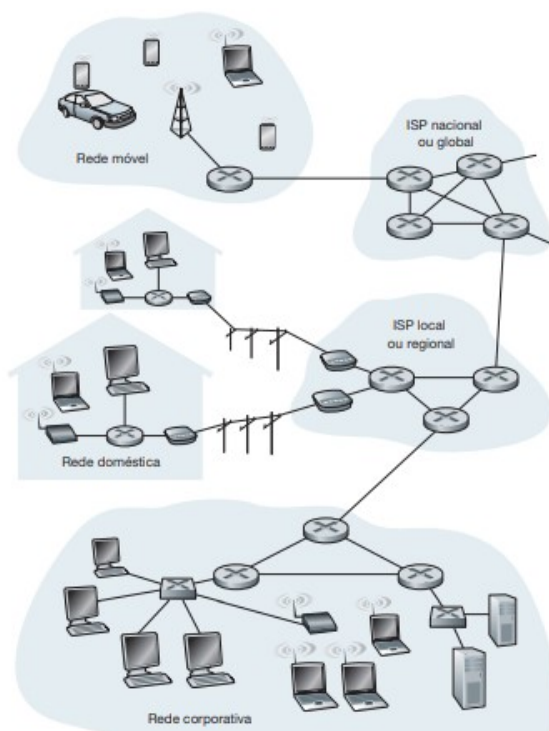
Assim, um comutador de pacotes encaminha o pacote que está chegando em um de seus enlaces de comunicação de entrada para um de seus enlaces de comunicação de saída. Há comutadores de pacotes de todos os tipos e formas, mas os dois mais proeminentes na Internet de hoje são roteadores e comutadores de camada de enlace (KUROSE; ROSS, 2013). Esses dois tipos de comutadores encaminham pacotes a seus destinos finais. Os comutadores de camada de enlace geralmente são utilizados em redes de acesso, enquanto os roteadores são utilizados principalmente no núcleo da rede (KUROSE; ROSS, 2013). A sequência de enlaces de comunicação e comutadores de pacotes que um pacote percorre desde o sistema final remetente até o sistema final receptor é conhecida como rota ou caminho através da rede. É difícil de estimar a exata quantidade de tráfego na Internet (CISCO, 2011). Dessa forma, as redes comutadas por pacotes (que transportam pacotes) são, de muitas maneiras,

semelhantes às redes de transporte de rodovias, estradas e cruzamentos (que transportam veículos).

Sistemas finais acessam a Internet por meio de Provedores de Serviços de Internet (ISPs), entre eles ISPs residenciais como empresas de TV a cabo ou empresas de telefonia; corporativos, de universidades e ISPs que fornecem acesso sem fio em aeroportos, hotéis, cafés e outros locais públicos. Cada ISP é uma rede de comutadores de pacotes e enlaces de comunicação (KUROSE; ROSS, 2013).

Os sistemas finais, os comutadores de pacotes e outras peças da Internet executam protocolos que controlam o envio e o recebimento de informações. O TCP e o IP são dois dos mais importantes da Internet (KUROSE; ROSS, 2013). O protocolo IP especifica o formato dos pacotes que são enviados e recebidos entre roteadores e sistemas finais.

Figura 3 – Componentes de Rede.



Fonte: Kurose e Ross, (2013).

### 2.2.3 Surgimento da IoT

Em 1990 foi criado o primeiro dispositivo IoT por John Romkey (MANCINI, 2017). Ele desenvolveu uma torradeira que poderia ser ligada e desligada pela Internet e a apresentou na *INTEROP Conference*, (MANCINI, 2017). Dan Lynch, presidente da *INTEROP* na época, prometeu a John Romkey que, se a torradeira fosse ligada pela internet, o aparelho seria colocado em exposição durante a conferência. Diante desse desafio, John Romkey conectou a torradeira a um computador com rede TCP/IP, e foi um tremendo sucesso. Porém, durante esse teste, o pão foi incluído manualmente na torradeira. Após um ano, esse requisito foi

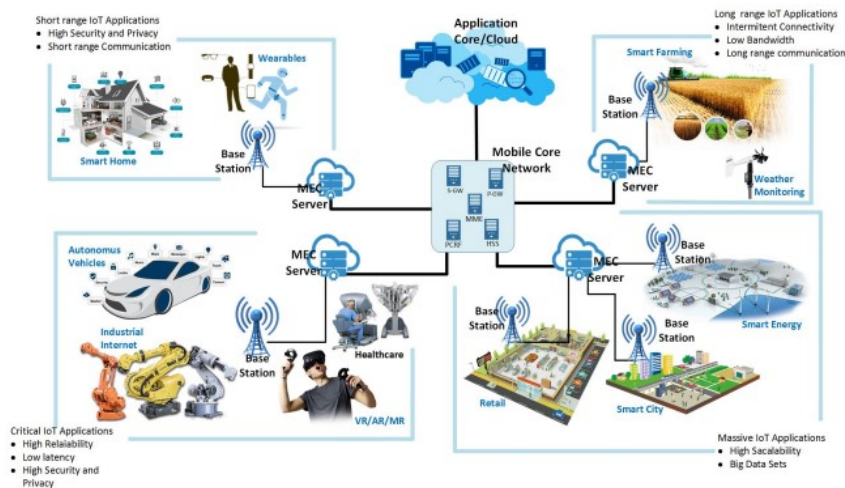
corrigido e apresentado na mesma conferência, por meio de um pequeno guindaste robótico no sistema. Esse robô era controlado pela Internet, pegou a fatia de pão e colocou na torradeira, automatizando, dessa forma, o sistema de ponta a ponta (JÚNIOR, 2020).

Em 1991, Weiser (1991) escreveu o artigo “The Computer for the 21st Century”, que aborda o futuro da IoT. Weiser chama de “computação ubíqua”. No artigo, o autor afirma que os dispositivos serão conectados em todos os lugares de forma tão transparente para os seres humanos, que se tornará “invisível”, assim, possibilitando de forma natural a realização das atividades, sem haver preocupação em instalar, configurar e manter os recursos computacionais (GALEGALE et al., 2016).

Em setembro de 1999, Kevin Ashton, cofundador e diretor executivo do Auto-ID Center, proferiu uma palestra para a Procter & Gamble, e apresentou uma nova ideia do sistema *Radio Frequency Identification* (RFID), para realizar rastreabilidade de produtos na cadeia de suprimentos. Ashton acreditava que os objetos do mundo físico poderiam se conectar à internet, criando um mundo mais inteligente (MATIAS; SILVEIRA; BRANDÃO, 2015).

Após 1999, a tecnologia RFID se destacou, sobretudo nas aplicações de cadeia de abastecimento. Seu prestígio aumentou no lançamento oficial da *Network Electronic Product Code* (EPC), ou código eletrônico do produto, criado pela Auto-ID Center em setembro de 2003. Dessa forma, o código eletrônico do produto permite a identificação automática dos objetos, mesmo de forma semelhante, possibilitando seu monitoramento na cadeia de suprimentos e gerenciando inventários. Com isso, em janeiro de 2005, Wall Mart juntamente com o Departamento de Defesa dos Estados Unidos exigiram que os fornecedores utilizassem as etiquetas RFID nos paletes de seus produtos para o controle de estoque. Esse foi o marco do início do conceito IoT, com o uso do sistema RFID em massa na cadeia de suprimentos (MANCINI, 2017).

Figura 4 – Cenários da IoT.



Fonte: Porambage e Okwuibe, (2018).

Os objetos inteligentes e interconectados podem efetivamente nos ajudar na resolução de problemas reais (MAGRANI, 2018). Do ponto de vista dos consumidores, os produtos que hoje estão integrados com a tecnologia da IoT são das mais variadas áreas e têm funções diversas, como eletrodomésticos, meios de transporte e brinquedos. Existem também, atualmente, peças de vestuário com conectividade de IoT, integrando uma categoria denominada *Wearables* (MAGRANI, 2018). Essas tecnologias “vestíveis” consistem em dispositivos que estão conectados uns aos outros produzindo informações sobre os usuários. Entre os principais produtos se destacam pulseiras e tênis que monitoram a atividade física do usuário, além de relógios e óculos inteligentes que tem como finalidade promover ao usuário uma experiência diferente.

#### 2.2.4 Tecnologias recentes

Nos últimos anos a humanidade tem testemunhado o surgimento de uma nova era da IoT, com a interligação em rede de objetos do dia a dia, que muitas vezes são equipados com “inteligência remota”, ou seja, o aparelho não necessariamente possui algum tipo capacidade significativa de processamento, mas acesso ao envio e recebimento de parâmetros que permitem operá-lo de forma inteligente. A IoT aumenta a presença da Internet, integrando todos os objetos, o que conduz a uma elevada distribuição de dispositivos de rede comunicando-se com seres humanos, bem como outros dispositivos. Graças aos rápidos avanços tecnológicos, a IoT está abrindo grandes oportunidades para um grande número de novos aplicativos que prometem melhorar a qualidade vida das pessoas. (CURTY, 2016).

##### 2.2.4.1 Arquitetura de Dados

O ciclo de vida de equipamentos tecnológicos da nova “Era da Tecnologia”, é bastante curto: em cerca de 18 meses, como Moore corretamente havia predito (CORDEIRO, 2019) , vemos o surgimento de uma nova geração de dispositivos. Produtos tendem a ficar obsoletos rapidamente. Dessa forma, tal fato acarreta em um desafio, inclusive comercial, para se desenvolver certas tecnologias de comunicação, visto que o investimento de recursos pode ser perdido.

Quando se utiliza Arquitetura Service Oriented Architectures (SOA), (CORDEIRO, 2019), torna-se imperativo para os prestadores e solicitantes se comunicar uns com os outros de forma significativa, apesar da heterogeneidade das estruturas de informação subjacente. Este requisito é denominado como a interoperabilidade semântica (CORDEIRO, 2019). Com isso, muitas vezes a tecnologia é percebida para ser o maior impedimento a efetiva colaboração e integração entre solicitantes e fornecedores. No entanto, é geralmente o problema da interoperabilidade semântica, que é a causa raiz (SUNDMAEKER et al., 2010).

A Interoperabilidade Semântica é a capacidade de diferentes computadores, dispositivos ou sistemas operativos trocarem informação entre si, sendo necessária a adoção de uma

linguagem comum entre eles para que não haja perda de informação (IHTSDO, 2014).

A interoperabilidade semântica entre sistemas de informação heterogêneos e solicitantes em diversas maneiras. Em um extremo, o desenvolvimento de modelos compartilhados de informação abrangente pode facilitar a interoperabilidade semântica entre as aplicações participantes e empresas (CORDEIRO, 2019).

Protocolos de comunicação e tecnologias para IoT estão atualmente em desenvolvimento; enquanto a padronização de sua especificação é bastante avançada, não há muitos aplicativos usando eles. De modo geral, problemas de design tendem a ser diferentes daqueles que precisam ser abordados quando IoT entrar em sistemas de produção (CORDEIRO, 2019).

#### 2.2.4.2 Comunicação

No ambiente industrial a IoT permite coletar informações que revelam o estado e a integridade do equipamento. Na maioria dos casos, esses dados eram coletados manualmente e em baixa frequência.

As aplicações da IoT formam um extenso espaço de design com várias dimensões que incluem: implantação, custo, recursos, energia, modalidade de comunicação; a própria comunicação - rádio frequência eletromagnética, óptica, acústica, capacitiva e indutiva acoplado a infraestrutura de comunicação e, também, a topologia da rede (SUNDMAEKER et al., 2010).

É necessário que a IoT respeite a conectividade como uma meta, o que é feito usando o Protocolo da Internet como uma ferramenta, mas chegando à inteligência de ponta a ponta, parece que há uma necessidade de maleabilidade. Maleabilidade essa, originada do esforço para acomodar dispositivos altamente confinados, com o mínimo de potência computacional, memória muito reduzida, ou incapazes de lidar com uma memória (HEU et al., 2013).

Novas arquiteturas escaláveis projetadas especificamente para as redes de sensores permitirão comunicações de redes com milhares de dispositivos, e a partir disso, proporcionar melhorias nas técnicas e protocolos de comunicação sem fio que permitirá aplicações para sensores em redes baseadas em dispositivos sem fio identificáveis (SUNDMAEKER et al., 2010).

#### 2.2.4.3 Rede Sem Estrutura Fixa

Hoje em dia, as pessoas transportam todos os tipos de dispositivos, tais como telefones celulares e laptops, etc. Normalmente, estes dispositivos são capazes de comunicar uns com os outros em distâncias curtas utilizando as tecnologias de comunicação como Bluetooth ou Wi-Fi. Em virtude, da difusão destes dispositivos, acredita-se que as redes construídas sobre eles são excelentes candidatos para se tornar parte da IoT em grande escala, nos sistemas do futuro.

Este paradigma de rede pode ser uma tecnologia chave para fornecer serviços inovadores aos usuários sem a necessidade de qualquer infraestrutura fixa. Ele visa fornecer uma

comunicação em sistemas de comunicação móvel com conectividade intermitente. Muitas outras possíveis aplicações de redes sem fios, em geral, e em particular as redes de *pocketswitched*, onde os nós atuam como roteadores para outros nós, enviando pacotes de forma descentralizada e sem a necessidade de uma infraestrutura pré-fixada, tornam esta tecnologia interessante e atraente para IoT (CORDEIRO, 2019).

Na IoT, a rede se altera dinamicamente em constante evolução onde as coisas possuem diferentes graus de autonomia. Novas tecnologias serão adicionadas e a topologia da rede existente será modificada. No contexto da IoT mecanismos automatizados de descoberta e mapeamento de recursos são essenciais para o gerenciamento de redes e necessários para a gestão global de comunicação. Sem ela as capacidades de gerenciamento de rede não podem ser precisas, criando também uma necessidade de TI eficiente para atribuir automaticamente funções para dispositivos baseados na correspondência inteligente contra os modelos e atributos pré-definidos. Há também a necessidade de iniciar, parar, gerenciar e programar o processo de descoberta e fazer alterações em qualquer função ou monitoração do perfil a qualquer momento ou criar novos perfis conforme necessário (SUNDMAEKER et al., 2010).

### 2.2.5 IP

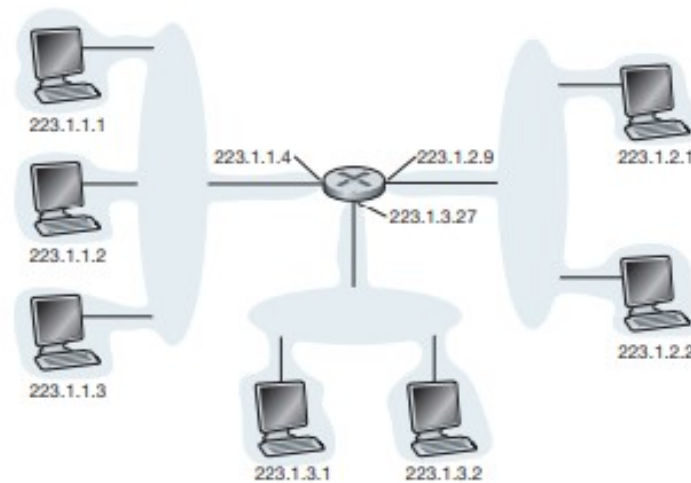
Como todos os hospedeiros e roteadores podem enviar e receber datagramas, o IP exige que cada interface tenha seu próprio endereço. Desse modo, um endereço IP está tecnicamente associado a uma interface, e não com um hospedeiro ou um roteador que contém aquela interface. Cada endereço IP tem comprimento de 32 bits (equivalente a 4 bytes). Dessa forma, a utilização de protocolos IP será distribuída com IPv4 e IPv6 (KUROSE; ROSS, 2013).

- IPv4: Foi o padrão utilizado para endereçar os dispositivos em rede da internet. Para estar conectado à internet é necessário ter o protocolo IP. No entanto, com o crescimento da Internet, com dezenas de milhares de pontos finais em uma única sub-rede, tal como agora é previsto para a IoT, o crescimento da rede mundial de computadores levou ao esgotamento de endereços IPv4 disponíveis. Isto mostrou que o IPv4 não era escalável o suficiente para atender a demanda da IoT (KUROSE; ROSS, 2013).

Na terminologia IP, uma rede que interconecta três interfaces de hospedeiros e uma interface de roteador forma uma sub-rede [RFC 950]. Assim, uma sub-rede também é denominada uma rede IP. Por exemplo, o endereçamento IP que designa um endereço a uma sub-rede 223.1.1.0/24, no qual a notação /24, às vezes conhecida como uma máscara de sub-rede, indica que os 24 bits mais à esquerda do conjunto de 32 bits definem o endereço da sub-rede. Assim, a sub-rede 223.1.1.0/24 consiste em três interfaces de hospedeiros e uma interface de roteador. Quaisquer hospedeiros adicionais ligados à sub-rede 223.1.1.0/24 seriam obrigados a ter um endereço na forma 223.1.1.xxx. (KUROSE; ROSS, 2013).

A definição IP de uma sub-rede não está restrita a segmentos Ethernet que conectam múltiplos hospedeiros a uma interface de roteador.

Figura 5 – Interface e Sub - Redes.



Fonte: Kurose e Rossi, (2013).

- IPv6: Possui uma abordagem mais eficaz para solucionar a escassez de endereços IPv4. Os 32 bits alocados originalmente para o protocolo IPv4 foram expandidos para 128 bits, aumentando imensamente a quantidade de dispositivos endereçáveis na Internet. Na IoT, os elementos da rede são endereçados unicamente usando o IPv6 e, geralmente, têm o objetivo de enviar pequenas quantidades de dados obtidos pelos dispositivos. Contudo, o IPv6 tem um tamanho de pacote maior que o tamanho do quadro dos protocolos usados pelos dispositivos na IoT. Adam Dunkels realizou uma série de contribuições na área da IoT (KUROSE; ROSS, 2013), dentre elas podem se destacar as implementações da pilha TCP/IP para dispositivos de baixa potência. Estas implementações são conhecidas como *Low Weight IP (LWIP)*, o *micro IP (μIP)* e o sistema operacional para IoT. A LWIP é uma implementação reduzida da pilha TCP/IP para sistemas embarcados. A LWIP possui mais recursos do que a pilha μIP. A LWIP pode prover uma vazão maior; atualmente, esta pilha de protocolos é mantida por desenvolvedores espalhados pelo mundo. A LWIP é utilizada por vários fabricantes de sistemas embarcados como, por exemplo: Xilinx. Dessa maneira, a LWIP conta com os seguintes protocolos: IP, ICMP, UDP, TCP, IGMP, ARP, PPPoS, PPPoE (KUROSE; ROSS, 2013).

### 2.2.6 Tecnologia de Comunicação

Nesta seção são discutidos protocolos e padrões físicos de comunicação em rede, quais sejam: Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, etc.

O padrão Ethernet IEEE 802.3 foi oficializado em 1983 pelo IEEE e está presente em grande parte das redes locais com fio existentes atualmente. Sua popularidade se deve à

simplicidade, facilidade de adaptação, manutenção e custo. Atualmente, existem dois tipos de cabos: par trançado e fibra óptica, que oferecem taxas de comunicação diferentes. Os cabos de par trançado podem atingir taxas de até 1 Gbps, limitados a 100m e os cabos de fibra óptica alcançam taxas de 10 Gbps, limitados a 2000 m, (TANENBAUM; WETHERALL, 2011). O uso do padrão Ethernet é sugerido para dispositivos fixos, sem mobilidade.

A tecnologia Wi-Fi é uma solução de comunicação sem fio bastante popular, pois está presente nos mais diversos lugares, fazendo parte do cotidiano de casas, escritórios, indústrias, lojas comerciais e até espaços públicos das cidades. O padrão IEEE 802.11, define um conjunto de padrões de transmissão e codificação. Desde o seu lançamento em 1997, já foram propostas novas versões do padrão IEEE 802.11; atualmente, a versão IEEE 802.11ac prevê taxas de comunicação de 600 Mbps ou 1300 Mbps. O Wi-Fi foi desenvolvido como uma alternativa ao padrão cabeado Ethernet, com pouca preocupação com dispositivos que possuem consumo energético limitado, como é o caso das aplicações para IoT. Assim, não se espera que muitos dispositivos utilizados em IoT adotem o padrão Wi-Fi como principal protocolo de comunicação. Contudo, o Wi-Fi possui algumas vantagens, como alcance de conexão e vazão, o que o torna adequado para navegação na Internet em dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*. A principal desvantagem do Wi-Fi é o maior consumo de energia, quando comparado a outras tecnologias de comunicação sem fio.

O padrão *Bluetooth* é um protocolo de comunicação proposto pela empresa Ericsson para substituir a antiga comunicação serial RS-232. Atualmente, o *Bluetooth Special Interest Group* é responsável por criar, testar e manter essa tecnologia. Além disso, *Bluetooth* é uma das principais tecnologias de rede sem fio para *Personal Area Networks* (PANs), que é utilizada em *smartphones*, *headsets*, PCs e outros dispositivos.

O *Bluetooth* se divide em dois grupos: *Bluetooth* clássico que por sua vez se divide em *Basic Rate/Enhanced Data Rate* (BR/EDR), que são as versões 2.0 ou anteriores e o *Bluetooth High Speed* (HS), versão 3.0; e o *Bluetooth Low Energy* (BLE), versão 4.0 ou superior. As versões mais antigas do Bluetooth, focadas em aumentar a taxa de comunicação, tornou o protocolo mais complexo e, por consequência, não é otimizado para dispositivos com limitações energéticas. Ao contrário das versões anteriores, o BLE possui especificação voltada para baixo consumo de energia, permitindo dispositivos que usam baterias do tamanho de moedas. Atualmente, o BLE possui três versões: 4.0, 4.1 e 4.2, lançadas em 2010, 2013 e 2014, respectivamente. As versões BLE 4.0 e 4.1 possuem um máximo de mensagem *Maximum Transmit Unit* (MTU) de 27 bytes, diferentemente da mais nova versão (BLE 4.2) o qual possui 251 bytes. Outra diferença entre as versões é o tipo de topologia de rede que cada versão pode criar. Na versão 4.0, apenas a topologia estrela é disponível, ou seja, cada dispositivo pode atuar exclusivamente como *master* ou como *slave*. A partir da versão 4.1, um dispositivo é capaz de atuar como *master* ou *slave* simultaneamente, permitindo a criação de topologias em malha. Recentemente foi proposta uma camada de adaptação para dispositivos BLE,

similar ao padrão 6LoWPAN, chamada de 6LoBTLE. A especificação do 6LoBTLE pode ser consultada na RFC 76684 (MAGRANI, 2018).

Os padrões de telefonia celular 3G/4G também podem ser aplicados à IoT. Projetos que precisam alcançar grandes distâncias podem aproveitar as redes de telefonia celular 3G/4G. Por outro lado, o consumo energético da tecnologia 3G/4G é alto em comparação a outras, apesar de sua utilização em locais afastados e baixa mobilidade podem compensar esse gasto (MAGRANI, 2018). No Brasil, as frequências utilizadas para o 3G são 1900 MHz e 2100 MHz (UMTS), enquanto o padrão 4G (LTE) utiliza a frequência de 2500 MHz. A taxa de comunicação alcançada no padrão 3G é de 1 Mbps e no padrão 4G.

A tecnologia *LoRaWAN* foi projetada para criar redes de longa distância, numa escala regional, nacional ou global, formada por dispositivos operados por bateria e com capacidade de comunicação sem fio. A especificação LoRaWan trata de requisitos presentes na IoT como comunicação segura e bidirecional, mobilidade e tratamento de serviços de localização. Além disso, o padrão oferece suporte a IPv6, adaptação ao 6LoWPAN e funciona sobre a topologia estrela. O fator atrativo do LoRAWAN é o seu baixo custo e a quantidade de empresas de hardware que estão o adotando. A taxa de comunicação alcança valores entre 300 bps a 50 kbps. O consumo de energia na LoRaWan é considerado pequena, o que permite aos dispositivos se manterem ativos por longos períodos. A LoRaWANs utiliza a frequência ISM sub-GHz fazendo com que as ondas eletromagnéticas penetrem grandes estruturas e superfícies, a distâncias de 2 km a 5 km em meio urbano e 45 km no meio rural. Os valores de frequência mais usadas pelo LoRaWan são: 109 MHz, 433 MHz, 866 MHz e 915 MHz. O MTU adotado pelo padrão LoRaWAN é de 256 bytes (MAGRANI, 2018).

As principais características são listadas no Quadro 2. Em particular, destaca-se a grande variedade de possibilidades para conectar dispositivos. Portanto, é preciso ponderar acerca das características das tecnologias e finalidade do dispositivo para escolher a melhor forma de conectá-los.

Quadro 2 – Comparação entre as Tecnologias de Comunicação.

Protocolo	Alcance	Frequência	Taxa	IPv6	Topologia
Ethernet	100/2000 m	N/A	10 Gbps	Sim	Variada
Wi-Fi	50 m	2.4/5 GHz	1300 Mbps	Sim	Estrela
Bluetooth	80 m	2.4 Gbps	1 Mbps	Sim	Estrela/Mesh
3G/4G	30/200 Km	1900/2100/2500 MHz	1/10 Mbps	Sim	Estrela
LoRaWAN	2/5 Km	Sub - GHz	0.3 - 50 Kbps	Sim	Estrela

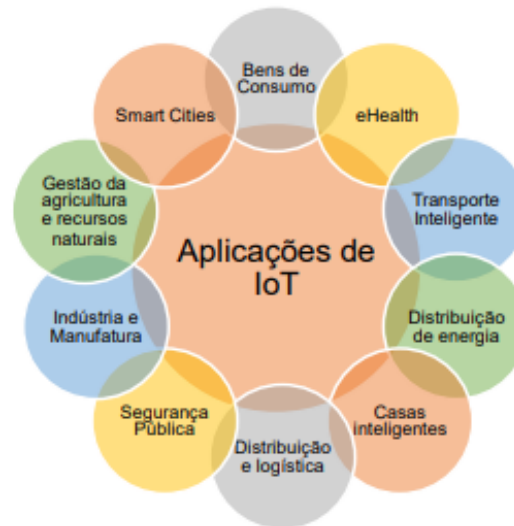
Fonte: Magrani, (2018).

### 2.2.7 Aplicações

As aplicações de IoT são numerosas e diversas, conforme a Figura 6 e permeiam

praticamente a vida diária das pessoas, das empresas e sociedade como um todo, transformando o mundo em uma espécie de *smart world* (DIAS, 2016). O *smart world* permite que a computação se torne “invisível” aos olhos do usuário, por meio da relação entre homem e máquina, oferecendo serviços mais eficientes e eficazes.

Figura 6 – Aplicação IoT.



Fonte: Mancini, (2013).

A seguir tem-se algumas das aplicações de IoT proeminentes:

- Automóveis: tem sido uma tendência crescente na indústria automotiva, acelerando a produção automatizada de veículos. Nas ruas, o monitoramento interno do veículo pode gerar mais segurança aos consumidores, possibilitando que haja uma manutenção preditiva eficaz e, também, possibilitar mais eficiência mecânica e economia de combustível (MANCINI, 2017).
- Aviação: Tem se mostrado cada vez mais importante, trazendo uma série de atribuições e benefícios significativos para o setor. A IoT pode ajudar a melhorar a segurança de produtos e serviços de aviação, principalmente nas áreas de manutenção, experiência do passageiro, eficiência operacional e economia de combustível, além da gestão de ativos e logística (MANCINI, 2017).
- Telecomunicações: a IoT abrirá diversas possibilidades de conectar objetos de comunicação hoje conhecidos separadamente, possibilitando melhor tomada de decisão, conectividade em larga escala, monitoramento e gerenciamento remoto, otimização de redes e recursos, melhoria da experiência do usuário, expansão de serviços e oportunidades de negócios e eficiência operacional e redução de custos. (MANCINI, 2017).
- *Smart Cities*: O conceito de cidades inteligentes tem chamado cada vez mais a atenção, pois abre a possibilidade de fazer monitoramento de dados e estruturas das cidades, por exemplo: vibrações e condições dos materiais em edifícios, pontes e monumentos históricos; Energia elétrica: iluminação inteligente e adaptável conforme a rua; Segurança:

monitoramento por meio de vídeo digital, gerenciamento de controle de incêndio e sistemas de anúncio público; Transporte: estradas inteligentes com avisos, mensagens e desvios de acordo com as condições climáticas e eventos inesperados como acidentes ou engarrafamentos; Estacionamento: monitoramento em tempo real da disponibilidade de espaços de estacionamento, sendo possível identificar e reservar vagas disponíveis; Gestão de resíduos: detecção de níveis de lixo em recipientes para otimizar a rota de coleta de lixo. (MANCINI, 2017).

### 2.2.8 Desafios para Gerenciamento

As organizações estão sempre à procura de melhores resultados e lucratividade. Com o novo paradigma de IoT, surge uma série de oportunidades de projetos que podem beneficiar as organizações, os indivíduos e a sociedade.

Para os projetos relacionados à Internet das Coisas, há grandes desafios, entre os quais se destacam (SOUZA et al., 2015):

- Formas diferentes de conduzir os modelos de negócio e fluxos de gestão. Em virtude da complexidade de segurança, exigirá maior disponibilidade das informações, demandando altos investimentos e novos modelos de negócios.
- Maior preocupação com segurança da informação. Crescente digitalização e automação dos milhares de dispositivos exigirão novos desafios de segurança.
- Padronização de protocolos/tecnologia. *Big data*, servidores, redes, protocolos, sensores, atuadores e demais componentes serão importantes para o desenvolvimento de uma plataforma de Internet das Coisas com custo acessível.
- Demanda de profissionais: necessário investimento em educação para formar, capacitar e treinar profissionais de TI para atuar em IoT. Um projeto de IoT é multidisciplinar, englobando desde engenharia, software, banco de dados, redes, segurança, governança, gestão, projetos, liderança de equipes multidisciplinares, visão de negócio, mudanças de processos, entre outros.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são abordadas definições dos equipamentos monitorados: Gerador, *Eltek* e *Shelter*. Além disso, serão apresentados conceitos sobre as ferramentas utilizadas no projeto, tais como ZABBIX, Grafana, Excel e Power BI. Também é abordado o fluxo interno da companhia para colocar o projeto em andamento, custo e, além disso, a metodologia usada para por o projeto em andamento.

#### 3.1 Gerador

É acionado por uma máquina motriz primária, que produz um campo magnético girante dentro da máquina. Esse campo magnético girante induz um conjunto de tensões trifásicas nos enrolamentos de estator do gerador (CHAPMAN, 2013). É constituído por duas partes, uma móvel que se chama rotor ou armadura e uma parte fixa, a que se dá o nome de estator. Assim, os geradores são acionados por uma fonte de potência mecânica, que usualmente é denominada de máquina motriz. Ela pode ser uma turbina a vapor, um motor a diesel ou até mesmo um motor elétrico.

A velocidade da máquina motriz afeta a tensão de saída de um gerador, podendo variar largamente em suas características de velocidade. Costuma-se comparar a regulação de tensão e as características de saída entre diversos geradores, assumindo que as máquinas motrizes possuem velocidade constante.

##### 3.1.1 USCA

A Unidade de Supervisão de Corrente Alternada (USCA) é um equipamento microprocessado que é utilizado no Quadro de Transferência Automática (QTA), assim, as USCA armazena os dados dos equipamentos através dos sensores. A Figura 7, ilustra o modelo DSE MKII 7420 utilizado no projeto.

A grande maioria das especificações técnicas elaboradas pelas empresas de engenharia para aquisição de grupos geradores, prevê a utilização de um único quadro de comando autossuportado, onde se encontram controles, instrumentos e chave de transferência automática (SANTOS, 2021).

Figura 7 – Modelo da USCA DSE 7420.



Fonte: <https://www.deepseaelectronics.com/>

A USCA é responsável por garantir a estabilidade e a segurança do sistema elétrico, possibilita monitorar constantemente a tensão e a frequência da corrente alternada gerada, ajustando-a conforme necessário para garantir que esteja dentro dos limites operacionais seguros. Além disso, a USCA possui sistemas de proteção que são ativados caso tenham permitido algum evento anormal, como sobrecarga, curto-circuito ou falha de energia. Esses sistemas de proteção ajudam a evitar danos ao gerador e aos equipamentos conectados a ele, bem como a prevenir acidentes elétricos.

O modelo da DSE 7420 de USCA possibilita a realização tanto da integração com o QTA quanto com o protocolo via *Simple Network Management Protocol* (SNMP) de gerenciamento de rede amplamente utilizado para monitorar e gerenciar dispositivos em uma rede de computadores, assim, com sua integração com a ferramenta ZABBIX, haja vista que esse modelo possui uma porta de Ethernet e uma *Management Information Base* (MIB), que é uma estrutura de dados usada pelo SNMP para organizar e descrever as informações que podem ser acessadas e gerenciadas em dispositivos de rede. Além do mais, quando esse equipamento está integrado a rede é possível efetuar um comando remoto, por exemplo: ligar remotamente caso o QTA falhe ou programar para ligar em uma determinada hora, para não deixar o equipamento parado.

Teste de Conexão: Após as configurações serem feitas, é importante realizar testes de conexão para garantir que a controladora esteja se comunicando corretamente com o gerador. Verificar se os dados do gerador estão sendo corretamente exibidos na interface da controladora e se os comandos enviados pela controladora estão sendo recebidos e executados pelo gerador.

### 3.1.2 Automatização com QTA

O QTA é responsável por monitorar a presença e a qualidade da energia proveniente da rede elétrica principal, logo a qualidade de energia refere - se a condição em que a energia elétrica é fornecida ao consumidor, assim, possui inúmeros aspectos que afetam a confiabilidade, eficiência e o desempenho dos dispositivos, sendo esses aspectos: tensão, frequência, distorção harmônica e, também, interrupção de energia. Em caso de interrupção

no fornecimento de energia da rede principal, o QTA entra em ação e realiza uma transferência automática para o gerador de reserva, garantindo o fornecimento de eletricidade. Assim, ativando o gerador de reserva, sincroniza sua tensão e frequência com a rede elétrica, e transfere a carga elétrica para o gerador principal. Assim que a energia da rede principal é restabelecida, o QTA reverte automaticamente a transferência, desligando o gerador e reconectando a carga à rede. A Figura 8, ilustra o QTA com uma USCA instalada para fazer essa transferência automática.

Figura 8 – QTA Instalado para Automatização dos Geradores.

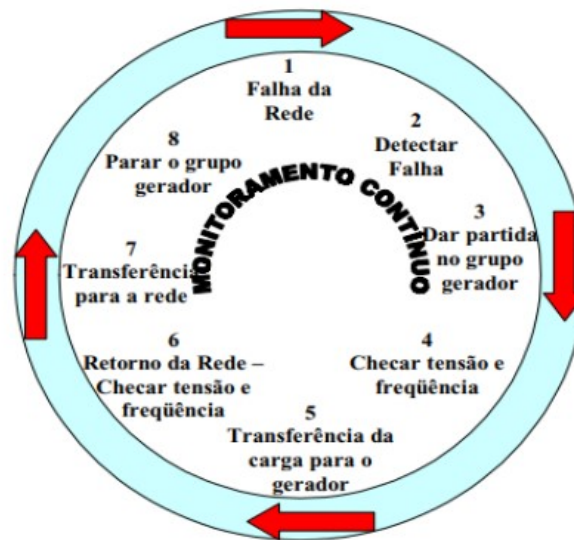


Fonte: Autor próprio, (2023).

O QTA é montado de forma a prevenir acidentes e riscos à instalação elétrica, ele é uma das partes mais críticas em um sistema em que é usado Grupo Motor Gerador (GMG) para fonte alternativa de produção de energia.

Para qualquer instalação em que é utilizada fonte alternativa de energia, é indispensável a presença de uma chave de transferência. Essa chave é composta por componentes como disjuntores, relés, controladores lógicos e dispositivos de monitoramento.

Figura 9 – Monitoramento Contínuo.



Fonte: Pereira, (2018).

Outros subsistemas:

- Disjuntores Termomagnéticos: Tem a função de seccionar o circuito, dessa forma protegendo seus componentes e cabos. Um disjuntor termo magnético pode atuar abrindo o circuito por dois motivos, um térmico e o outro magnético. O motivo térmico se dá quando há uma corrente acima da nominal por um certo período. Isso irá esquentar uma lâmina que é formada por dois tipos de materiais com coeficientes de dilatação diferentes. Em um espaço de tempo curto, essa lâmina irá se deformar de maneira desigual, abrindo assim o disjuntor. O motivo magnético se dá quando há uma corrente de curto circuito passando na bobina, que faz a parte móvel do disjuntor ser atraída, abrindo o circuito.
- Contatores: É um componente de comando muito utilizado na indústria. Ele possui um eletroímã que quando energizado movimenta um conjunto de mecanismos. Com isso, tem-se contatos normalmente abertos, que quando é energizado fecham, contatos normalmente fechados que quando energizados abrem e os terminais da bobina.
- Barramento de Equipotencialização: Para prevenção de acidentes e choques elétricos, a norma NBR 5410 prevê que em cada edificação deve ser realizada uma equipotencialização principal. Essa equipotencialização é feita através de um barramento único, no qual devem ser ligados eletricamente os seguintes elementos.
  - Armaduras de concreto armado;
  - Barramentos suplementares;
  - Blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos das linhas de energia;
  - Condutores de interligação provenientes de outros eletrodos de aterramento;
  - Condutores de proteção das linhas de energia;
  - Condutor de proteção principal da instalação elétrica;

- Condutores metálicos de linha de energia;
  - Condutor neutro da alimentação elétrica;
  - Todos os tipos de tubulações metálicas.
- **Qualidade de Energia:** É um termo que abrange uma série de grandezas a serem medidas, analisadas e avaliadas. Entre elas estão a variação da frequência, flutuação, desequilíbrio, sobre tensão, manutenção do valor eficaz da tensão, distorção harmônica e continuidade do serviço. Para ter uma boa qualidade de energia, é necessário que essas grandezas tenham uma avaliação positiva. O transitório é o momento da troca de fontes, esse chaveamento é algo que deve ser analisado a fim de evitar queima de aparelhos eletrônicos ligados. O grande perigo dos transitórios, não apenas o simples desligamento e religamento do circuito, mas a forma como a energia está voltando. Essa energia pode voltar gerando um pico de tensão, o que pode queimar os equipamentos ligados.

### 3.2 Eltek

É um equipamento de fornecimento de conversão de energia CA e CC de alta eficiência, que tem como finalidade atuar como um sistema primário ou secundário para o fornecimento de energia em caso de falha na rede. Com a introdução da microeletrônica em equipamentos, tanto a distribuição de energia quanto telecomunicações e sistemas de tecnologia de dados requerem um fornecimento de energia e ininterrupto (ELTEK, 2013). A Figura 10, demonstra a parte externa do sistema *Eltek*, um sistema moderno de suprimento de Energia que atender várias normas internacionais e regulamentos, e ainda suportar as necessidades locais. Em caso de falha com o gerador ou locais que não possuam gerador, o sistema *Eltek* deverá suportar a rede por um determinado período.

Figura 10 – Eltek Externa.



Fonte: Autor próprio, (2023).

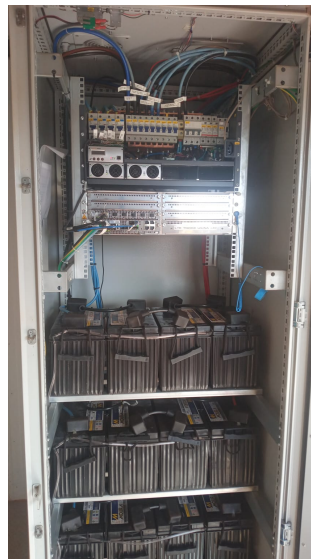
### 3.2.1 Banco de Baterias

É um conjunto de baterias que podem ser conectadas em série ou paralelo, projetadas para fornecer energia de reserva em caso de falha na fonte principal ou para suportar picos de demanda de energia. São projetados para fornecer energia de *backup* confiável em aplicações críticas, como data centers, telecomunicações, sistemas de segurança, entre outros, sendo projetados para oferecer recarga rápida, minimizando o tempo de inatividade durante a recuperação de energia. A Figura 11, ilustra bem como é a parte do sistema *Eltek* interno, com seu banco de bateria ligado em paralelo para aumentar a capacidade de armazenamento de energia.

Todo banco de baterias é composto tipicamente por:

- Contatores de desconexão por tensão baixa;
- Fusíveis ou disjuntores;
- Laca ou contato auxiliar para detecção de disjuntor.

Figura 11 – Banco de Bateria Eltek.



Fonte: Autor próprio, (2023).

### 3.2.2 Retificadores

Os retificadores Eltek são projetados para converter corrente alternada (AC) em corrente contínua (DC), conhecidos por sua eficiência energética e capacidade de fornecer uma fonte de energia estável e confiável, com tecnologia de controle e monitoramento. A Figura 12 ilustra o retificador que é encontrado no sistema *Eltek*, esses são capazes de ajustar automaticamente a tensão de saída de acordo com as condições de carga, garantindo um fornecimento de energia adequado para os equipamentos conectados. Podem ser dimensionados para lidar com cargas de pequeno a grande porte e podem ser configurados em sistemas modulares para oferecer flexibilidade e escalabilidade.

Figura 12 – Retificadores Eltek.



Fonte: Eltek, (2013).

O módulo retificador Flatpack 48/3000 possui um ótimo custo benefício e altíssimo rendimento. O módulo retificador Flatpack é um equipamento “hot-pluggable” (pode ser conectado e desconectado com o sistema energizado), chaveado e com tecnologia digital de monitoração e controle. O retificador foi projetado para carregar baterias e alimentar com alta qualidade equipamentos telecomunicações e aplicações similares de tensão CC (ELTEK, 2013).

### 3.3 Shelter

É uma estrutura projetada para abrigar equipamentos de telecomunicações próximos às torres de comunicação. Essa estrutura desempenha um papel fundamental na proteção dos equipamentos contra condições ambientais adversas e no fornecimento de um ambiente controlado para o funcionamento adequado dos dispositivos de telecomunicações.

Figura 13 – Shelter Telecom.



Fonte: Autor próprio, (2023).

A funcionalidade principal do Shelter é fornecer um espaço físico seguro e protegido para a instalação dos equipamentos de telecomunicação, como servidores, roteadores, switches, baterias, fontes de alimentação e outros componentes necessários para o funcionamento de

uma rede de comunicação.

- **Proteção contra Condições Ambientais:** É projetado para resistir a condições climáticas adversas, como vento, chuva, neve, umidade e variações extremas de temperatura. Isso garante que os equipamentos sejam protegidos e possam operar de maneira confiável, independentemente das condições climáticas externas.
- **Controle de Temperatura e Umidade:** É equipado com sistemas de controle de temperatura e umidade para garantir que os equipamentos de telecomunicação funcionem em condições ideais. Isso é especialmente importante, pois muitos dispositivos eletrônicos são sensíveis a variações extremas de temperatura e umidade. Os sistemas de refrigeração e ventilação são utilizados para manter uma temperatura estável e adequada, evitando o superaquecimento dos equipamentos.
- **Segurança Física:** São construídos com materiais robustos e resistentes para garantir a segurança física dos equipamentos. Eles são projetados para proteger contra vandalismo, roubo e acesso não autorizado. As portas e janelas são reforçadas e equipadas com fechaduras de segurança para impedir a entrada não autorizada.
- **Gerenciamento de Energia:** Abrigam os sistemas de energia necessários para alimentar os equipamentos de telecomunicação. Eles são equipados com sistemas de fornecimento de energia, como painéis solares, geradores e baterias, para garantir a disponibilidade contínua de energia, mesmo em casos de falta de energia elétrica da rede.
- **Espaço para Manutenção e Acesso:** São projetados para permitir o acesso fácil e seguro aos equipamentos para fins de manutenção e reparo. Eles têm espaço suficiente para os técnicos trabalharem confortavelmente e realizarem as atividades de manutenção necessárias nos equipamentos.

### 3.3.1 Conflex Duo

É um Controlador Lógico Programável (PLC), o qual é um dispositivo eletrônico usado para automatizar processos industriais. O PLC é projetado para receber entradas de sensores e dispositivos, processar essas entradas utilizando um programa lógico interno e, em seguida, acionar saídas para controlar máquinas ou equipamentos, consistem em uma unidade central de processamento, uma memória para armazenar o programa lógico, entradas para receber sinais dos sensores, saídas para acionar atuadores e uma interface de comunicação para interagir com outros dispositivos ou sistemas, fabricado pela empresa AGST Controle e Automação que faz todo o gerenciamento do *Shelter*, como controle do ar-condicionado industrial, sensores de temperatura e umidade. Proporciona a redundância de máquinas, com revezamento entre as mesmas, por tempo de funcionamento ou em caso de falha na máquina operante, diagnosticada através do monitoramento dos status dos dispositivos controlados.

A correta utilização das informações armazenadas em seus *logs* constitui importante ferramenta para diagnóstico de falhas nos sistemas de climatização e gerenciamento da manu-

tenção. A Figura 14 ilustra o modelo PLC utilizado nos *Shelter* das Torres Telecomunicações. Com isso, todas estas informações do PLC são disponibilizadas em um sistema de comunicação de dados, inclusive com a opção de um servidor de páginas dinâmicas embarcado, que possibilita o acesso remoto ao equipamento, via Internet ou rede interna, através de qualquer navegador (HTTP) instalado em PC, Tablet ou Smartphone. Nesta opção é possível também a supervisão através de um gerenciador SNMP e envio de e-mails para até três destinatários, quando da ocorrência de alarmes ou eventos.

Figura 14 – Conflex PLC.



Fonte: <https://www.agst.com.br/produto/controlador-conflex-duo/>

..

### 3.4 ZABBIX

É uma ferramenta de monitoramento de rede e sistemas de código aberto. Ele é usado para monitorar a disponibilidade, desempenho e integridade de componentes de infraestrutura, como servidores, roteadores, switches, dispositivos de rede, serviços e aplicativos.

O ZABBIX permite coletar dados em tempo real de diversos dispositivos e ambientes, através de diferentes métodos de monitoramento, como SNMP (Simple Network Management Protocol), ICMP (Internet Control Message Protocol), JMX (Java Management Extensions), agentes dedicados, entre outros . Esses dados são processados e analisados pelo ZABBIX, que fornecem informações e visões gráficas sobre o desempenho e o estado dos elementos monitorados e oferece recursos avançados, como alertas e notificações, permitindo que os administradores de sistemas sejam informados imediatamente sobre eventos críticos ou problemas de desempenho. Ele também suporta a criação de relatórios e gráficos personalizados, permitindo uma análise de tendências e planejamento da capacidade da infraestrutura.

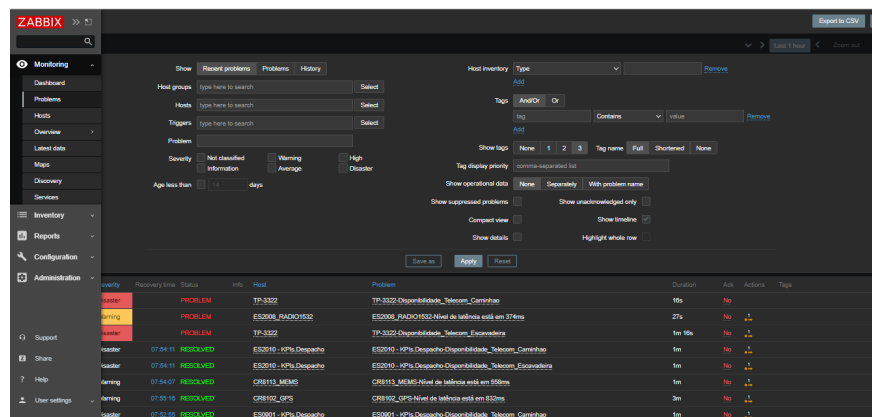
Possui um formato *open source*, é um software que monitora vários equipamentos de

rede de computadores (SILVA et al., 2011). Usa um mecanismo de notificação flexível que permite aos usuários configurarem alerta de e-mail fundamentado em praticamente qualquer caso. Isto permite uma rápida resposta para problemas em servidores. O software trabalha de uma maneira denominada gerente agente, onde agente é quem coleta e envia informações aos equipamentos e gerente é quem processa as informações recebidas, envia solicitações de operações ao agente e disparam alertas ao administrador em caso de erro ou emergência.

O ZABBIX consegue disponibilizar visualização em gráficos detalhados, mapas descritivos e, também, muito conteúdo em forma de texto sobre o monitoramento da rede ou equipamento em questão. Realiza o monitoramento de rede de acordo com o desempenho e disponibilidade de cada equipamento ou *host*. Também é possível exibir notificações ao administrador da rede via e-mail, *Short Message Service* (SMS), *Telegram* e *Teams*, dependendo da escolha do administrador, que também recebe a capacidade de realizar a execução de comandos remotamente.

A Figura 15 mostra a interface do ZABBIX, sendo que a ferramenta possui a capacidade de gerenciar uma porção crescente de trabalho de forma uniforme, permitindo ao administrador escolher o nível de controle para cada usuário. O ZABBIX é uma ferramenta interessante, pois pode desempenhar o controle de uma infraestrutura, além de ser gratuito e de fácil implementação e gerenciamento. Isto é igualmente verdade tanto para pequenas organizações como grandes empresas com um grande número de servidores.

Figura 15 – Interface Zabbix.



Fonte: Autor próprio, (2023).

Através de um servidor ZABBIX previamente instalado, pode-se consolidar dados de todos os sistemas existentes na rede, de forma simples e prática. Todos os dados ZABBIX podem ser armazenados em uma base de dados relacional no servidor à escolha do administrador da rede, tais como MySQL, PostgreSQL, Oracle, entre outros.

O agente ZABBIX usa por volta de 3 MB de RAM e 0,1% da potência do processador. O tráfego de rede para se comunicar com o servidor é mínimo (da ordem de bytes, não chegando a kilobytes). O software ZABBIX fornece ao administrador da rede um console central com

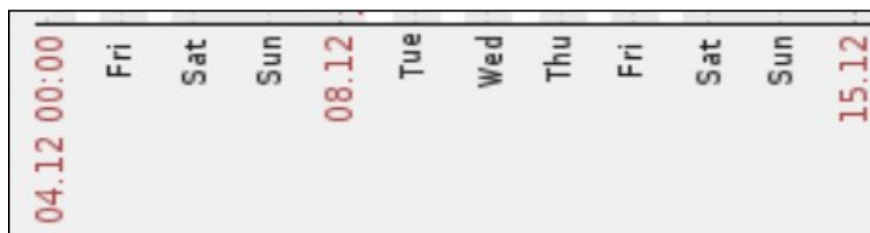
monitoração em tempo real e administração web, com monitores de desempenho que incluem tudo desde a memória do *host*, processador e espaço à utilização de *swap* em disco em todas as partições montadas, os processos em execução, os acessos a discos de leitura/gravação, Proxy.

Por ser um programa desenvolvido majoritariamente em PHP e JavaScript, as ferramentas do ZABBIX são disponibilizadas para serem acessadas via web, facilitando a interação com o usuário e, sobretudo, ao administrador, que recebe todas as informações coletadas. A principal funcionalidade dentre todas as ferramentas do ZABBIX, é conseguir coletar informações de todos os dispositivos que estão interligados na rede, absorvendo as informações por meio de scripts, via agente ou até mesmo através do protocolo SNMP.

Sendo considerado uma das melhores ferramentas de monitoramento na atualidade, muitas das suas funcionalidades foram herdadas dos sistemas NAGIOS e do CACTI. As seguintes funções merecem destaque:

- Relatório: Não requer configuração específica. São fornecidos gráficos customizados, junto com um conjunto simplificado, que permitem verificar os dados dentro de um contexto. A categoria de Relatório em Barra, em particular, permite a visualização de todos os dados em diferentes ângulos. O administrador consegue visualizar monitoramentos em tempo real ou histórico.
- Cronograma em Tabelas: O cronograma em tabelas é exibido de forma compreensível para qualquer usuário. Essas tabelas fornecem os horários e os dias em que o *host* da rede foi utilizado.

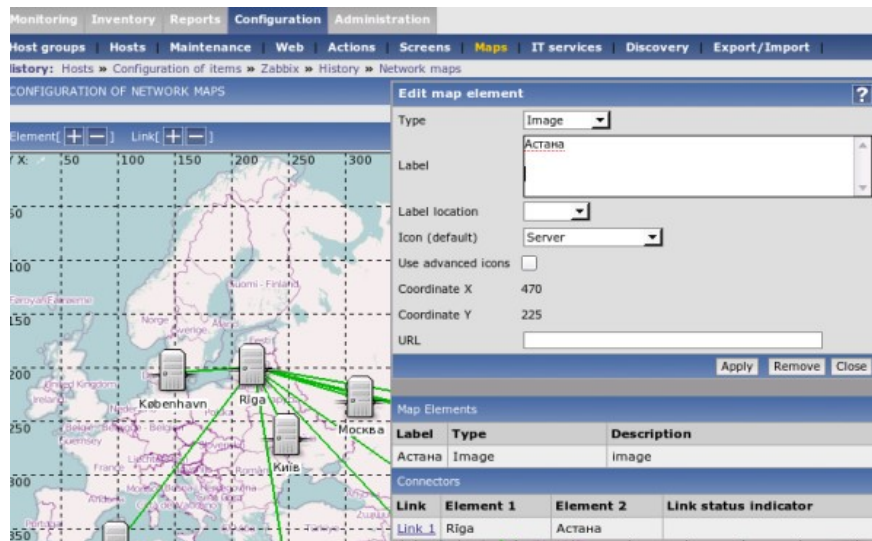
Figura 16 – Cronograma em Tabela.



Fonte: <https://www.zabbix.com/documentation/current/en>

- Mapas de Redes: A montagem de mapa no ZABBIX foi significativamente aperfeiçoada, acrescentando o suporte a arrastar e lançar itens, assim como exibição de detalhes o componente escolhido em um pop-up.

Figura 17 – Mapas Zabbix.



Fonte: <https://www.zabbix.com/documentation/current/en>

Pela sua interface web, o ZABBIX disponibiliza para o administrador, gráficos relatórios ilustrativos, gráficos e mapas de qualidade, deixando bem mais simples a utilização e monitoramento da rede. Por meio destes recursos é possível até mesmo solucionar problemas remotamente.

- Itens, Triggers e Actions: De acordo com o fabricante do ZABBIX esses três recursos são os que mais são usados pelos administradores.
  - *Actions*: Ações que o servidor de monitoramento faz diante a mudança de estado de uma *trigger*. Estas podem ser notificadas por: e-mail, SMS, *Telegram*, *Teams* e etc;
  - Itens: São os dados obtidos pelo ZABBIX em si de cada equipamento e ficam armazenados no banco de dados do monitoramento;
  - *Triggers*: Analisam os itens obtidos e geram alarmes de acordo com condições.

Conforme a Figura 18, pode-se verificar os alarmes inseridos pela *trigger* criada para cada equipamento, também chamado *host*. Outro ponto importante é que cada problema que é listado é definido com um nível de criticidade, o que ajuda a equipe a definir em quais equipamentos irá atuar primeiro para solucionar o problema. Caso o problema seja resolvido, o ZABBIX irá informar que o problema foi solucionado, o que é de suma importância para o gerenciamento do trabalho da equipe.

Figura 18 – Problem Zabbix Host.

Time	Severity	Recovery time	Status	Info	Host	Problem	Duration	Ack	Actions	Tags
10:40:27	Disaster		PROBLEM		PT-3123	PT-3123-Disponibilidade_Telecom_Caminhao	30s	No		
10:40:27	Disaster		PROBLEM		PT-3123	PT-3123-Disponibilidade_Telecom_Escavadeira	30s	No	1	
10:40:14	Warning		PROBLEM		TE2925_GPS1	TE2925_GPS1-Nivel de latência está em 499ms	43s	No	1	
10:39:50	Disaster		PROBLEM		TE2948	TE2948-Disponibilidade_Telecom_Caminhao	1m 7s	No	1	
10:39:50	Disaster		PROBLEM		TE2948	TE2948-Disponibilidade_Telecom_Escavadeira	1m 7s	No	1	
10:38:27	Disaster	10:39:27	RESOLVED		PT-3123	PT-3123-Disponibilidade_Telecom_Caminhao	1m	No	1	
10:38:27	Disaster	10:39:27	RESOLVED		PT-3123	PT-3123-Disponibilidade_Telecom_Escavadeira	1m	No	1	
10:37:51	Disaster		PROBLEM		TE2957	TE2957-Disponibilidade_Telecom_Caminhao	3m 8s	No	1	
10:37:51	Disaster		PROBLEM		TE2957	TE2957-Disponibilidade_Telecom_Escavadeira	3m 8s	No	1	

Fonte: Autor próprio, (2023).

### 3.4.1 Componentes para gerenciamento de ativos no Zabbix

#### 3.4.1.1 Banco de dados

Pode-se definir como um sistema de armazenamento de dados sob forma de tabelas ou matrizes. Normalmente agrupa informações utilizadas para um mesmo fim e é acessado por meio de um software conhecido como Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD). No caso deste trabalho, utilizou-se o MySQL.

O MySQL é um SGBD que utiliza a Linguagem de Consulta Estruturada (SQL) como interface que é um das mais usadas neste tipo de aplicação. É um banco de dados de código aberto, sendo possível rodar em diversos sistemas operacionais como Windows, Linux, Mac OS, Solaris e também ser alterado conforme a necessidade. Outro fator importante é que o MySQL possui uma baixa exigência de processamento em comparação a outros SGBD e, também, trabalha muito bem em conjunto com o PHP.

#### 3.4.1.2 Personal Home Page (PHP)

É uma linguagem de programação da WEB que permite o desenvolvimento de sites dinâmicos (SILVA et al., 2011). O PHP tem como objetivo principal permitir que o programador web escreva rapidamente páginas. Possui grande portabilidade, pois possui é independente de plataforma, ou seja, pode ser rodado em diversos sistemas operacionais.

#### 3.4.1.3 Apache

É um dos servidores web mais populares e amplamente utilizados do mundo. Desenvolvido pela Apache Software Foundation, ele fornece um ambiente robusto e seguro para hospedar sites e aplicativos web (SILVA et al., 2011).

O servidor web é responsável por aceitar pedidos *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) dos clientes; os pedidos são feitos pelos *browsers* das máquinas clientes, incluindo opcionalmente dados, que geralmente são documentos HTML com objetos embutidos.

O Apache também é de código aberto o que significa que seu código-fonte está disponível gratuitamente para ser usado, modificado e distribuído, permitindo que os administradores personalizem e ajustem diversos aspectos do servidor de acordo com suas necessidades específicas, desempenho e escalabilidade, podendo ser projetado para lidar com

grandes volumes de tráfego, além de oferecer recursos avançados de otimização e cache para melhorar o desempenho das aplicações web e sua segurança recursos robustos, permitindo proteger os sites e aplicativos hospedados. Isso inclui suporte a SSL/TLS para criptografia de comunicação, autenticação de usuários, controle de acesso baseado em diretórios, prevenção de ataques.

### 3.4.2 Sistema Operacional

#### 3.4.2.1 Linux

É um sistema operacional de software e distribuição livre que permite a comunicação entre a parte física (impressora, monitor, mouse, teclado) e parte lógica (aplicativos em geral). O sistema operacional é a junção de um kernel (núcleo) e outros programas. Um conjunto de kernel, programas de sistema e aplicativos reunidos forma uma distribuição do Linux (SILVA et al., 2011).

O sistema operacional Linux é relativamente estável, devido aos vários testes e anos em operação. Possui um excelente suporte a rede, principalmente relacionado a serviços de internet. O desenvolvimento das distribuições de plataforma Linux se dá pela colaboração coletiva, onde qualquer pessoa pode contribuir para o código fonte.

#### 3.4.3 Protocolos Envolvidos

É um conjunto de regras que devem ser seguidas para que haja um correto funcionamento de uma rede de computadores ou equipamentos (SILVA et al., 2011). Sem o protocolo não há comunicação de equipamentos e ele pode trabalhar em conjunto a outros.

- SNMP: O protocolo *Simple Network Management Protocol* (SNMP) é um gerenciador de ativos, e de vários dispositivos ou equipamentos em uma rede. Esse protocolo está presente na camada de aplicação do modelo OSI (SILVA et al., 2011), que ajuda na interação dos dados entre os dispositivos de rede. O SNMP tem como objetivo obter diversas informações sobre o funcionamento ou andamento da rede ou equipamento e facilitar assim o gerenciamento em questões de desempenho, resolução de problemas, dentre outras utilidades. Essas informações são obtidas por meio de pedidos de um gerente para diversos agentes em uma rede. Atualmente, o protocolo SNMP tem três versões principais: a versão 1, a versão 2c e a versão 3. A versão mais popular e utilizada atualmente é a 2c. Esse protocolo consiste em três componentes principais: os dispositivos gerenciados, os agentes e os sistemas de gerenciamento de rede ou gerentes.

Os ativos ou dispositivos podem enviar informações pedidas pelo gerente. Essas informações são organizadas hierarquicamente em uma tabela que é chamada de *Management Information Base* (MIB).

- MIB: Base de Informações de Gerenciamento, é um componente fundamental do protocolo SNMP, utilizado para gerenciar dispositivos em uma rede de computadores.

Possui uma estrutura de dados hierárquica que contém informações sobre os dispositivos de rede, como roteadores, switches e servidores. Ela organiza e armazena as informações relevantes sobre o status, configuração e desempenho desses dispositivos. Cada registro armazenado nela, recebe o nome de *Organization Information Data* (OID). Cada OID representa uma variável gerenciável específica, como o tráfego de rede, a utilização da CPU ou a quantidade de memória disponível. Cada uma define os parâmetros que podem ser acessados e monitorados.

### 3.5 Grafana

É uma ferramenta que serve para visualizar e analisar métricas por meio de gráficos, tendo suporte a diversos tipos de banco de dados (SILVA, 2022).

Figura 19 – Interface Grafana.



Fonte: <https://grafana.com/>

Pode ser usado para facilitar a visualização dos gráficos, sendo possível criar *dashboards* dinâmicos que podem ser compartilhados com toda a equipe. Além disso, a ferramenta permite configurar alertas com base nas métricas, que são analisadas de forma contínua para notificar o usuário sempre que preciso. (CISCO, 2011).

Assim, o software grafana possui uma série de benefícios:

- **Estrutura Leve e Flexível:** Independente da grande quantidade de recursos disponíveis, a estrutura do Grafana é leve e flexível, já que permite organizar dados vindos de diversas fontes em um mesmo dashboard. Além disso, a plataforma é de fácil instalação, e todas as integrações com bancos de dados e outras ferramentas são feitas por meio de *plugins*.
- **Comunidade Participativa:** Por ser uma ferramenta de código aberto, estimula a participação de uma grande comunidade que está sempre em busca de melhorar seu funcionamento. Dessa forma, é possível contar com uma grande variedade de *templates*

para os dashboards e gráficos; plugins e novas aplicações são criadas constantemente.

- **Integração com outras Ferramentas:** uma das principais funcionalidades é a possibilidade de integrá-lo com diversas soluções, como os bancos de dados mais utilizados no mercado — MySQL e PostgreSQL. Dessa forma, a solução OpMon, que permite monitorar de forma automatizada toda a infraestrutura de TI, oferece integração nativa com o Grafana. Assim, é possível criar dashboards de forma ,ainda, mais eficiente e configurar a visualização dos dados de acordo com as necessidades.

### 3.6 Excel

Excel é o nome pelo qual é conhecido o software desenvolvido pela Microsoft, amplamente utilizado para registrar e realizar cálculos, criar gráficos e tabelas, gerenciar dados e automatizar tarefas (ZANON, 2021).

Oferece uma interface intuitiva e recursos poderosos que permitem aos usuários organizar, analisar e visualizar dados de forma eficiente. A primeira versão do Excel foi lançada em 1985 para o Macintosh e em 1987 para o Microsoft Windows. É amplamente utilizado em várias áreas, como negócios, finanças, contabilidade, ciência de dados, educação e muitas outras, devido à sua capacidade de manipular dados de forma flexível e eficaz. Sua interface amigável e recursos versáteis o tornam uma ferramenta indispensável para análise e gerenciamento de dados.

Durante o desenvolvimento do trabalho a ferramenta Excel foi utilizada como banco de dados dos levantamentos do incidentes que ocorreram nos 18 meses na mina, das horas de mão de obra da operação, tanto do gerador, Eltek e, também, shelter.

### 3.7 Power BI

Power BI é uma ferramenta de avaliação e visualização de dados da Microsoft, que tem como principal finalidade o apoio a decisões assertivas através de *Business Intelligence* (BI) (PARISI, 2020). Com o Power BI, é possível conectar-se a várias fontes, como bancos de dados, serviços em nuvem, arquivos locais e até mesmo planilhas do Excel, para criar painéis dinâmicos e informativos. Ele oferece uma ampla gama de recursos, incluindo ferramentas avançadas de modelagem, consulta e transformação de dados, visualização de riscos e recursos de compartilhamento e colaboração. Com uma interface amigável, o Power BI chega a ser amplamente utilizado em diversas áreas, como análise de negócios, tomada de decisões, monitoramento de desempenho e relatórios empresariais.

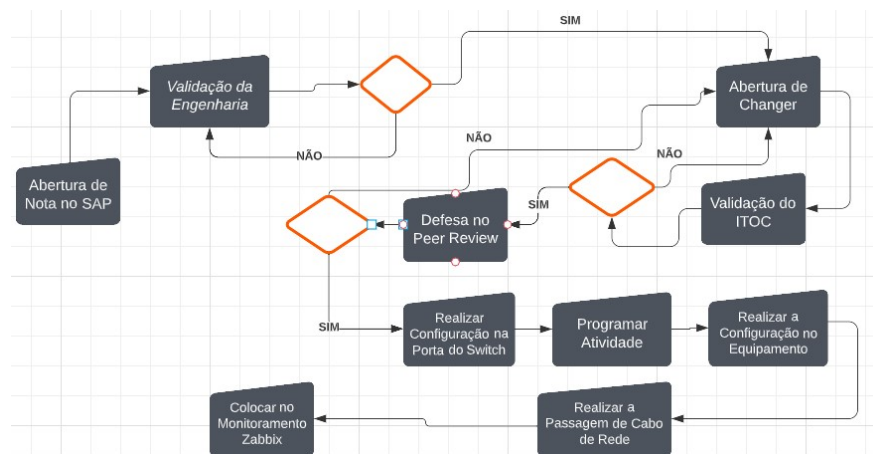
A ferramenta possibilitou a criação de gráficos de coluna e linha, permitindo fazer um levantamento de incidentes e da mão de obra gasta antes e depois do processo de melhoria no decorrer do período de 1 ano e 6 meses; e de gráficos de pizza, para um quantitativo em porcentagem do tempo de redução de risco em horas a exposição em campo para validar status de equipamentos.

### 3.8 Fluxo Interno

O monitoramento foi feito através da implantação de um IP nos equipamentos. Com isso, os equipamentos são incluídos na rede interna da empresa, permitindo à ferramenta ZABBIX realizar a coleta dos dados.

A Figura 20, cita com detalhes todo o processo para implementação dessa melhoria.

Figura 20 – Fluxo Impantação do Projeto.



Fonte: Autor próprio, (2023).

Após seguir o fluxo interno de aprovação a atividade entra na programação da equipe junto com o Planejamento de Controle e Manutenção (PCM), e logo após vai para equipe de execução terceirizada realizar a passagem do cabo de rede do equipamento que se deseja monitorar até o switch.

### 3.9 Custo do Projeto

Nesta seção apresenta-se uma estimativa do custo de implantação do projeto. A estimativa é feita a partir de valores comerciais dos materiais. Os valores reais não podem ser divulgados, pois são dados confidenciais da empresa.

O orçamento buscou atender todas as Torres de Telecomunicações que se encontram na mina de ferro de Carajás. Abaixo segue uma lista dos principais custos rastreáveis:

- 100 metros de cabo de rede, estimativa total de R\$ 1500,00;
- 50 metros de conduíte, estimativa total de R\$ 150,00;
- 100 unidades de conectores RJ45, estimativa total de R\$ 25,00;
- Excel: R\$ 350,00 anual; total: R\$ 700,00;
- Grafana: R\$ 0,00 total (software gratuito);
- Power BI: R\$ 400,00 anual; total: R\$ 800,00;
- USCA DSE 4720: 12 unidades, estimativa total de R\$ 30864,00;
- ZABBIX: R\$ 0,00 total (software gratuito).

Frisas-se que a estes valores devem ser acrescidos: Custos mensais de contratos de mão de obra com empresas terceiras e o Investimento em treinamento da equipe Vale S.A para familiarização com as ferramentas. No entanto, estes valores não podem ser divulgados pois constituem dados sigilosos da empresa.

O custo estimado aproximado para colocar os geradores em monitoramento com a consulta de valores comercial mais gastos com ferramentas de rede fica R\$ 34364,00 para todas os sites de Carajás.

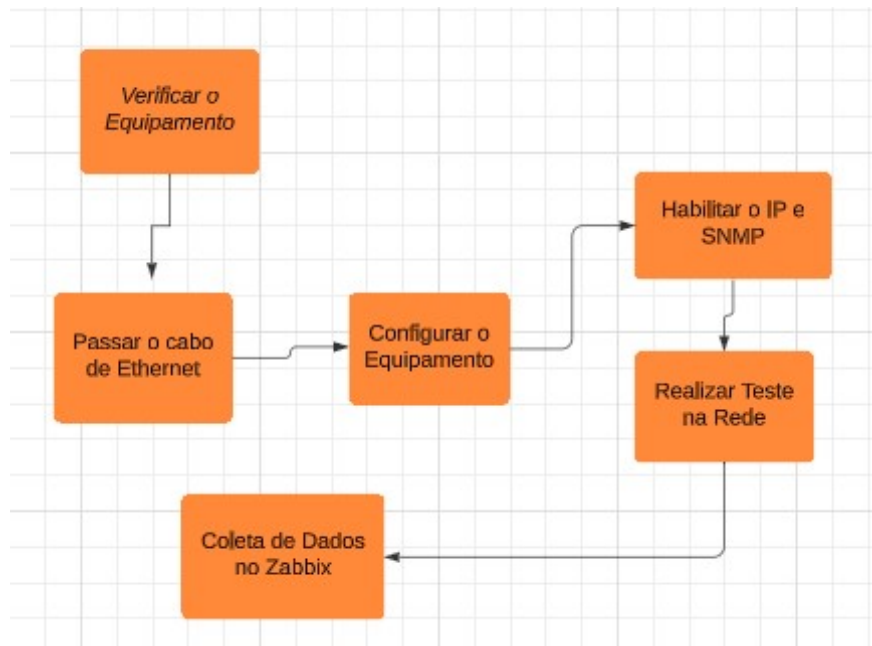
### **3.10 Metodologia do Monitoramento**

A metodologia utilizada para por os equipamentos em monitoramento pode variar dependendo dos fabricantes, mas em geral foi utilizados protocolos de comunicação padrão e cabos adequados.

- **Protocolo de Comunicação:** Conecta usando protocolos de comunicação padrão, como Modbus, Modbus TCP/IP, SNMP ou outros protocolos proprietários.
- **Cabos de Comunicação:** Para estabelecer a conexão, normalmente são utilizados cabos apropriados para o protocolo selecionado. Para conexões Ethernet, são utilizados cabos Ethernet padrão (Cat5e ou Cat6) para protocolos TCP/IP ou Modbus TCP. Para conexões Modbus em série, são utilizados cabos RS-485 ou RS-232, dependendo das especificações.
- **Configuração do Equipamento:** A configuração corretamente para se comunicar com o equipamento. Isso geralmente envolve a definição dos parâmetros de comunicação, como endereços IP, portas, números de dispositivos ou outras configurações específicas do protocolo. Logo, precisa ser configurado adequadamente para permitir a comunicação com a rede. Isso pode incluir a ativação de recursos de comunicação, definição de endereços e outras configurações.
- **Teste de Conexão:** Após as configurações serem feitas, é importante realizar testes de conexão para garantir que o equipamento esteja se comunicando corretamente a rede. Verificar se os dados do equipamento estão sendo corretamente exibidos na interface da controladora e se os comandos enviados pela controladora estão sendo recebidos e executados.

A Figura 21, apresenta o fluxo para por o equipamento em monitoramento.

Figura 21 – Fluxo da Metodologia.



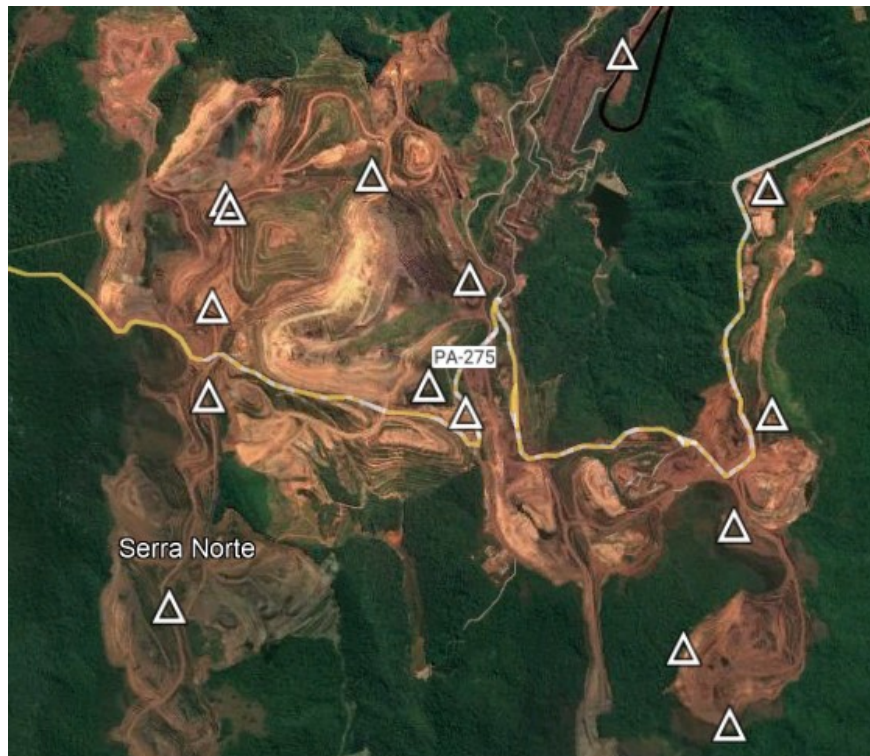
Fonte: Autor próprio, (2023).

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados da implantação do projeto de automação e monitoramento dos equipamentos em rede. Os resultados podem ser considerados parciais, uma vez que o projeto não foi implementado em todos os ativos possíveis, além de ter decorrido pouco tempo para uma avaliação mais eficaz.

Dentro da coordenação de telecomunicação Norte e Nordeste, tem-se ao todo 38 Torres de telecomunicação. O projeto inicial tem como base realizar o monitoramento dos equipamentos localizados nas torres de telecomunicação, localizada em Carajás que somam ao todo 16 Torres.

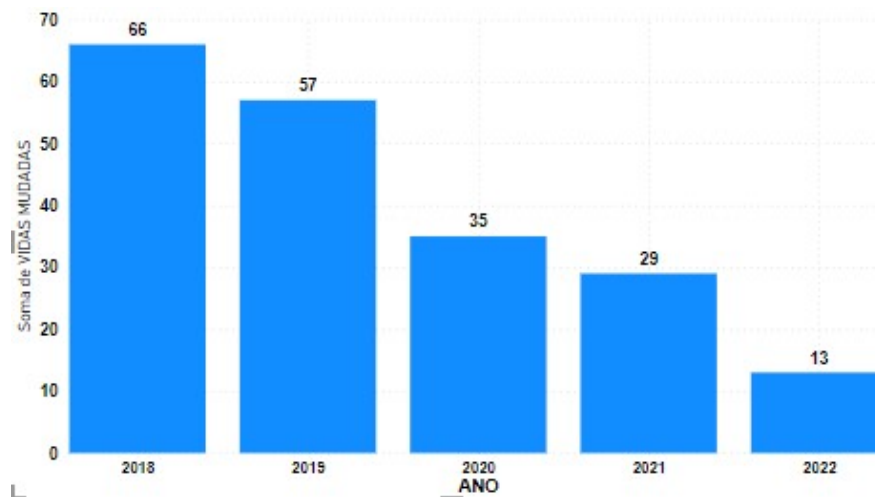
Figura 22 – Torres na Mina de Ferro em Carajás.



Fonte: Autor próprio, (2023).

Nos últimos 5 anos o número de incidentes dentro da companhia Vale S.A, vem reduzindo com a implementação de tecnologia , assim, os dados a seguir são referentes a incidentes em que houve vidas mudadas, pessoas que não faleceram, mas perderam algum membro ou tiveram alguma sequela de acidente de trabalho, conforme a Figura 23. Infelizmente não é possível mencionar o gasto com esses acidentes, em virtude desses valores serem algo confidencial.

Figura 23 – Acidentes com Vidas Mudadas.



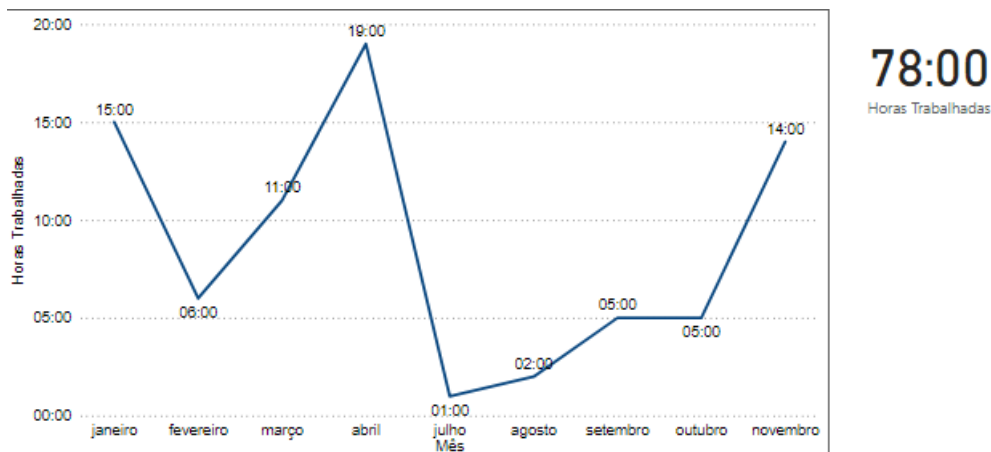
Fonte: Autor próprio, (2023).

#### 4.1 Gerador

Atualmente, tem-se 14 geradores dentro da área de mineração em Carajás. Um ponto importante é que há exatamente dois locais que possuem duas torres de telecomunicações, uma ao lado da outra, mas basta apenas 1 gerador em cada para atender a demanda. Em virtude desses equipamentos, a equipe conseguiu automatizar 3 dos 14 geradores e, também, por em monitoramento 2 dos 3 geradores automatizados realizado o monitoramento pela ferramenta ZABBIX. Isso significa que nos 3 geradores automatizados não é mais necessário realizar deslocamento dentro da mina para ligar o gerador de forma manual e nos 2 que encontram em monitoramento não é necessário sair ao campo para verificar parâmetros como nível de combustível, temperatura e óleo. Um ponto importante, é que 1 gerador que se encontra automatizado não foi possível por em monitoramento em virtude da sua USCA ser analógica.

Em função da automatização do gerador, houve uma significativa redução de horas da equipe em campo. Vale frisar que os locais onde a automação foi feita, Torre Sul, Torre da Usina +40 e Torre N4E, apresentavam diversos transtornos com a rede elétrica. Assim, pode-se considerar um ganho significativo que o número de horas gastos pela equipe para fazer o ligamento manual dos gerados tenha sido reduzido a zero.

Figura 24 – Horas de Atividade para Ligar o Gerador Manualmente.



Fonte: Autor próprio, (2023).

Antes da implementação do QTA, a equipe operacional precisava ir a campo para realizar a ligação manual do gerador. Nesse período de 1 ano e 6 meses foram gastas 78:00 horas de deslocamento dentro da mina, conforme a Figura 24. Infelizmente não há dados semelhantes registrados antes da melhoria para poder realizar comparações.

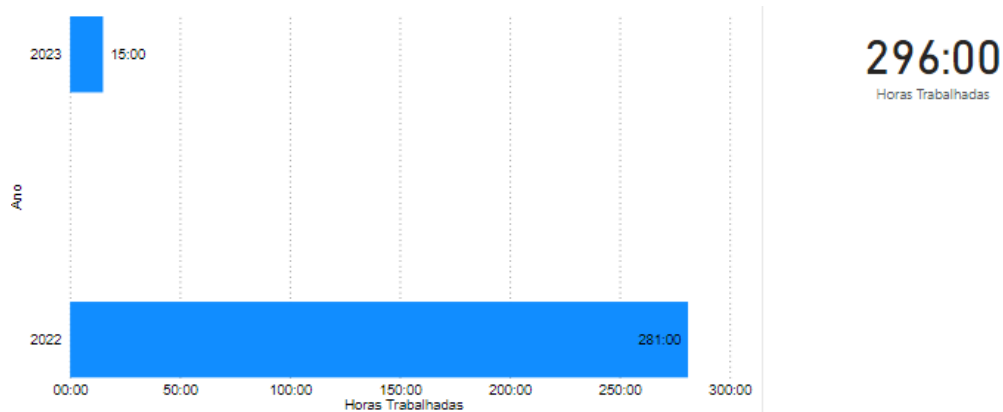
Com a entrega dos QTA pela equipe de projeto, foi possível realizar a integração automática do gerador. Nisso, em casos de falhas na rede elétrica o gerador irá entrar em operação de forma automática. Isso possibilitou uma redução de risco entre os geradores automatizados e monitorados. Vale frisar que os resultados foram tão positivos que a empresa encomendou a automatização de todos os 11 geradores restantes da região de Carajás.

Vale ressaltar que foi prioritária a automatização desses geradores nos principais sites: Torre Sul, Usina +40 e Torre N4E. A Torre Sul é o principal site de Telecomunicações, em virtude de realizar uma cobertura por toda a mina autônoma e ter enlace com outras Torres, além de atender a rede corporativa. A Torre da Usina +40, tem como base atender a usina em Carajás, responsável pelo transporte de minério pelas correias transportadoras e, também, atender um projeto de sustentabilidade que é a retirada de minério que se encontra no fundo da barragem do gelado. E para Torre de N4E é a expansão da lavra, atualmente, e atende a mina autônoma também.

Antes da implementação do sistema, observou-se que em um único dia o colaborador fosse realizar verificações de combustível, óleo e temperatura, por exemplo, mais de uma vez em campo. Em virtude disso, nesse período de 1 ano e 6 meses, foi verificado que a equipe operacional esteve se expondo a risco por um período de 296:00 horas com os dados atual, apenas para verificar como se encontrava o nível de combustível, óleo e temperatura do gerador. A Figura 25, ilustra os dados coletados do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), no qual é o departamento que gera a ordem à atividade ser executado e armazena a quantidades de horas gastas, em 2022 a quantidade significativa de horas alocadas nessa atividade foi 281:00 para todos os geradores e em 2023 a até a coleta dos dados foram gastas

15:00 horas nos geradores que não foram monitorados.

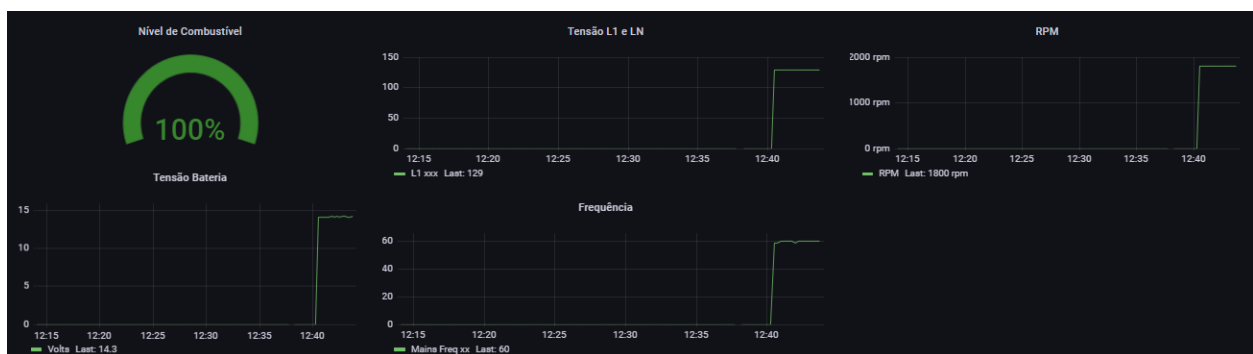
Figura 25 – Horas Gastas na Verificação no Gerador.



Fonte: Autor próprio, (2023).

Com base nos dados fornecido pelo PCM de apropriação de mão de obra feita considerando que em cada verificação é necessário no mínimo 2 pessoas para realizar a atividade, uma vez que é proibido acessar a mina sozinho. Estima-se que até o final de 2023 com base nos dados atuais, que sejam gastas 45:00 horas de inspeção manual nos geradores que estão sem o monitoramento. Vale atentar que este valor pode mudar com o avanço do projeto e se houver mais falhas na parte rede elétrica que passa pela mina nos equipamentos que, ainda, não estão monitorados.

Figura 26 – Monitoramento Gerador.



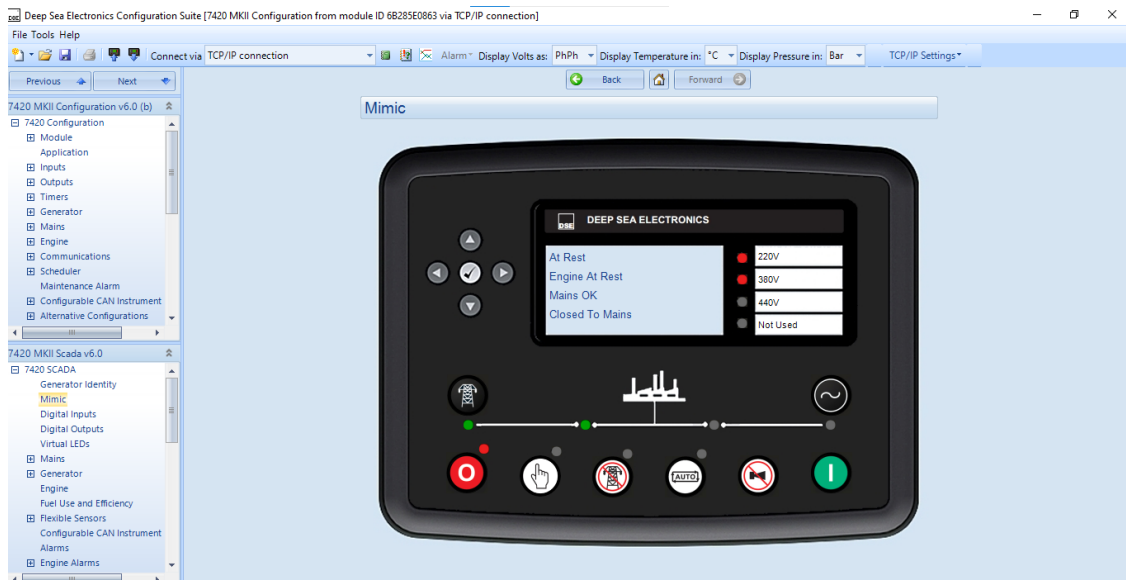
Fonte: Autor próprio, (2023).

Graças ao projeto, até o momento com o monitoramento de apenas 2 geradores, foi possível zerar as inspeções nos geradores automatizado e monitorado. Atualmente, está sendo possível acompanhar o nível de combustível remotamente, e outros parâmetros junto com ITOC, que é a equipe que atua na primeira linha de defesa em caso de problemas, buscando resolver de forma remota. Logo, se o gerador não entre de forma automática pelo QTA é possível dar um comando remoto para ligar o gerador, tendo em vista que o colaborar só irá a campo em casos de acontecer alguma falha no equipamento que será possível identificar

rapidamente pelo monitoramento.

Com a possibilidade de dar comandos remotos na USCA do equipamento, conforme a Figura 27. Assim, em uma possível falha do QTA, o técnico não necessita ir a campo religar manualmente, basta acessar o aparelho através da rede, habilitar a função IP e ligar remotamente o equipamento.

Figura 27 – USCA Comando Remoto.



Fonte: Autor próprio, (2023).

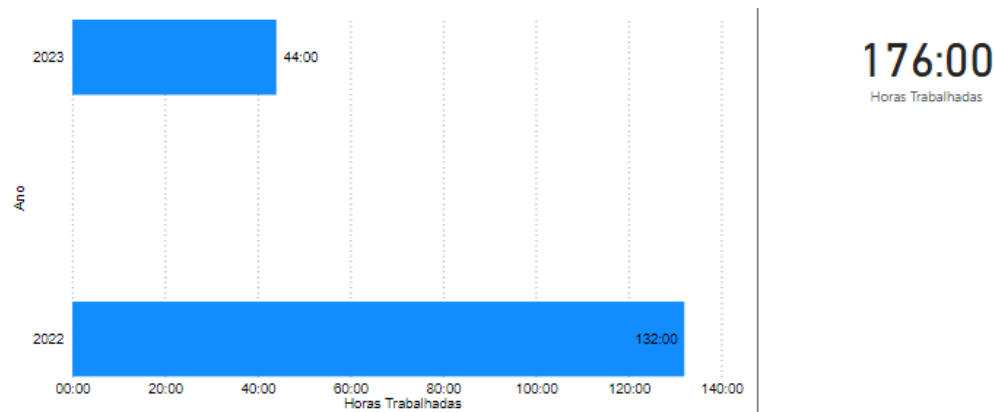
## 4.2 Eltek

A um total de 11 *Eltek* em caso de algum eventual problema com os geradores, o *Eltek* consegue atender as demandas de carga presente nas Torres de Telecomunicações por um determinado período. Com isso, foi determinado pelo PCM que a equipe de sustentabilidade que é responsável pelas Torres de Telecomunicações deveria atuar na inspeção periódicas do *Eltek*, assim, para poder realizar a inspeção é necessário que seja aberta uma nota de inspeção pelo PCM, para realizar apropriação de mão de obra. Dessa forma, a equipe tinha que ir nos locais de forma presencial, tendo todo um deslocamento dentro da mina para verificar e realizar medições para determinar a otimização do *Eltek*, em virtude de todo esse processo e exposição de risco, foi pensado em implementar um monitoramento do *Eltek*, atualmente, 7 *Eltek* estão sendo monitorados com todas as coletas de dados em tempo real, conforme a Figura 29. Assim, é possível atuar em possíveis falhas também, pois se o equipamento começar a apresentar valores que não estão de acordo com o fabricante irá gerar um alerta de falha. Dessa forma, possibilitando que a equipe atue de forma assertiva.

O monitoramento irá ter como base reduzir a quantidade de horas que o colaborador irá a campo, realizar atividade relacionada ao *Eltek*, sendo que essas atividades são programadas periodicamente no plano de inspeção do PCM, programadas a cada 3 meses, definido

pelo setor de confiabilidade junto ao PCM. Assim, atualmente, já foram gastos 176:00 horas de atividade nesses 1 ano e 6 meses que o plano de inspeção está em funcionamento. Tendo em vista, que o colaborador tem que verificar como se encontra o banco de bateria, se os retificadores estão funcionando.

Figura 28 – Horas de Atividades Gasta no Eltek.

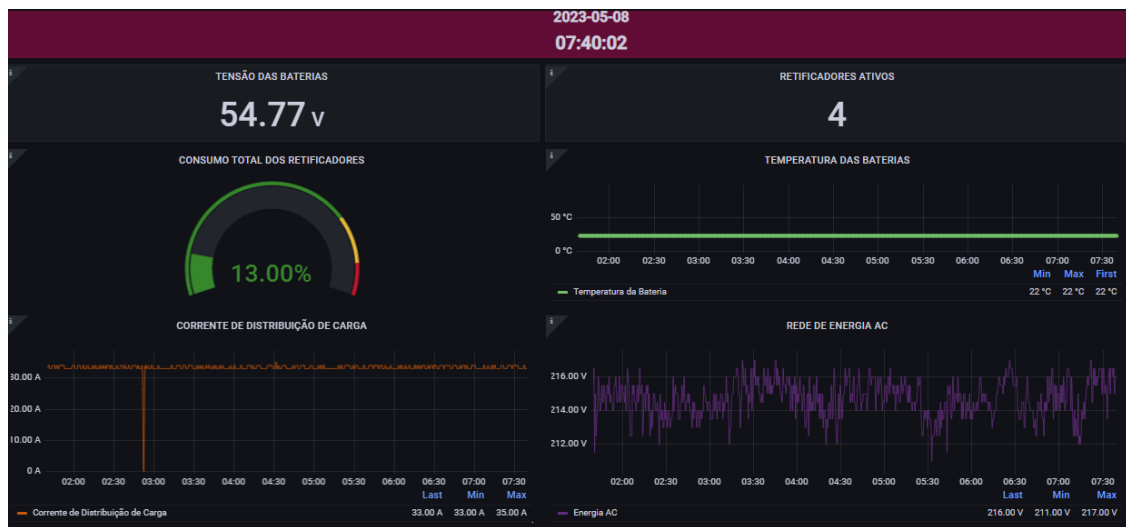


Fonte: Autor próprio, (2023).

A implementação do monitoramento do *Eltek*, a equipe operacional conseguiu zerar a inspeção e reduzir a exposição de risco nesses equipamentos. Atualmente, encontra-se os outros 4 equipamentos em validação pelo setor de confiabilidade para aprovar a implantação do monitoramento, sendo responsável pela validação e aprovação de qualquer processo de mudanças e melhoria dentro da companhia Vale S.A. Assim, o total de 44:00 horas gastas em 2023 é em virtude do *Eltek* que, ainda, não se encontra em monitoramento. Essa redução de inspeções é importante, hoje em dia, haja vista que a equipe está focada em outras demandas dentro da mina, sobretudo, em inspeções nos equipamentos de barragem, organização de materiais armazenados e verificar o funcionamento de outros equipamentos que estão em monitoramentos junto com o ITOC.

Com isso, no ano de 2022 foram gastas 132:00 horas operacionais para realizar as inspeções do *Eltek*. Assim, foi estimado até o final do ano de 2023 a quantidade de horas que será gasta nessa atividade com base nos dados atuais seja de 107:00 horas em 2023 com as inspeções em cima dos *Eltek* que não estão em monitoramentos.

Figura 29 – Monitoramento Eltek.



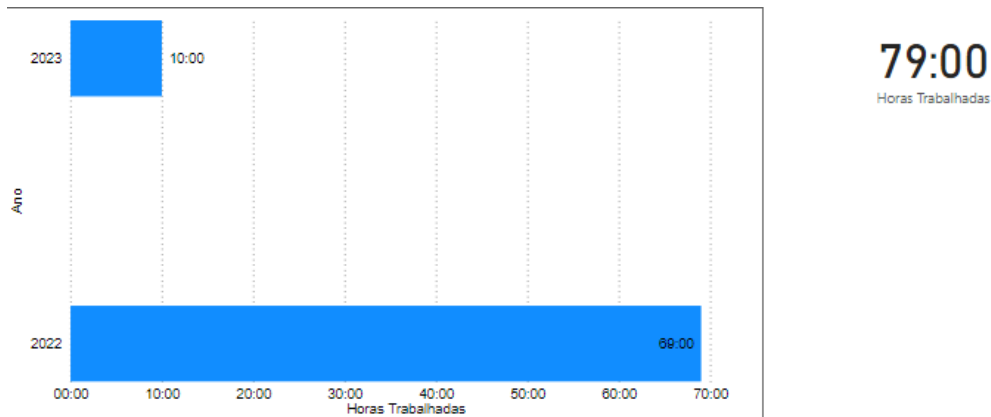
Fonte: Autor próprio, (2023).

### 4.3 Shelter

Ao todo em Carajás tem 6 *Shelter*, assim, cada *Shelter* possui 1 equipamentos, os quais é possível monitorar, dentre os quais, 3 equipamentos já se encontra com o monitoramento implantado. As atividades de inspeção no *Shelter* são realizadas a cada 3 meses, haja vista que foi definido pelo PCM e o setor de confiabilidade que o plano de inspeção desse equipamento seja executado nesse período. A operação necessita se deslocar dentro da mina de forma presencial para verificar como se encontra o ar condicionado industrial, temperatura do local, se o sistema de combate a incêndio está operacional e a umidade do ambiente.

O monitoramento feito pela ferramenta ZABBIX no *Shelter* permite a coleta remota de todas as variáveis mencionadas. Caso haja algum incidente, o sistema gera um alarme no monitoramento e envia um e-mail para empresa que presta o serviço do item que está em monitoramento; isto é particularmente importante para o sistema de combate a incêndio em virtude da sua importância operacional, conforme a Figura 31.

Figura 30 – Horas de Atividades Gastas no Shelter.



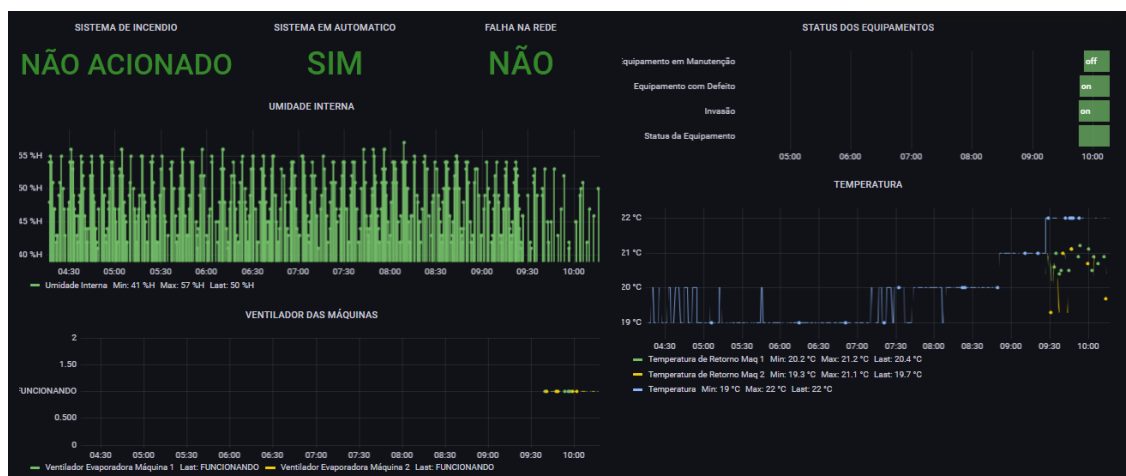
Fonte: Autor próprio, (2023).

No caso do sistema de combate a incêndio, caso o monitoramento da temperatura local comece a subir de forma desordenada, acusar elevação de temperatura do ambiente, a equipe de sustentabilidade pode acionar o corpo de bombeiros para verificar se há foco de incêndio no local em uma atuação mais rápida e efetiva.

Com a implementação do monitoramento *Shelter*, a equipe conseguiu zerar a quantidade de inspeções nos equipamentos monitorados. Logo, o resíduo de horas em 2023 é em virtude dos 3 equipamentos que encontram pendentes.

Com isso, no ano de 2022 foram gastas 69:00 horas operacionais para realizar as inspeções do *Shelter*. Assim, foi estimado até o final do ano de 2023 que o total de horas gasta nessa atividade com base nos dados atuais, assim, seja 30:00 horas em inspeções em 2023 no *Shelter* com os equipamentos que não estão monitorados.

Figura 31 – Monitoramento do Shelter.



Fonte: Autor próprio, (2023).

#### 4.4 Análise

Os dados coletados durante o projeto de monitoramento e redução de risco ocupacional, foram obtidos e validados, que o projeto possibilita o monitoramentos dos equipamentos citados acima, todos que foram automatizados e monitorados houve até o atual momento zerado as ordem de inspeções e como consequência a redução da equipe esta de forma presencial a campo para validar os equipamentos. Com isso, a medidas adotadas e a proteção dos trabalhadores contra exposições ocupacionais nocivas foi importante para companhia.

O monitoramento feita com a ferramenta ZABBIX e automatização com QTA, foi verificado ter uma redução significativa de horas de mão de obra, isso pode ser visto em relação aos anos de 2022 que quando não se tinha nenhum equipamento em monitoramento, com o ano, atual, de 2023 que o monitoramento já está em implantação. A tendência com o avanço do projeto nos equipamentos citados no trabalho é que seja zerada ou próximo a zero a presença de pessoas atuando de forma direta a campo nesses equipamentos.

## 5 CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho, foi demonstrado que a aplicação de tecnologia IoT e de redes permite reduzir a exposição de risco da equipe operacional em atividades de alto risco na mineração.

O trabalho apresentou um projeto fazer o monitoramento remoto de três equipamentos, cuja finalidade reduzir a exposição de risco em atividades periódicas de inspeções. Anteriormente a isso, equipe realiza diversas atividades de forma presencial e em muitos casos se expõe a risco desnecessário.

Demonstrou-se com sucesso que uma solução eficiente de baixo custo pode ser desenvolvida. Neste trabalho a ferramenta principal é a plataforma ZABBIX. A ferramenta permite monitorar a distância as diversas variáveis dos processo e até mesmo dar comandos remotos, o que reduz drasticamente a presença da equipe ao campo. E mesmo em casos inevitáveis de intervenção presencial, o ZABBIX permitiu um diagnóstico prévio do problema, de modo a minimizar o tempo de permanência no site buscando a origem do problema, na maioria dos casos.

A implantação do projeto está sendo bem sucedida em automatizar alguns geradores que já estavam apto para automatizar com QTA e a realização do monitoramento de alguns equipamentos: 2 Geradores, 7 *Eltek* e, também, 3 *Shelter*. Apesar de ter, ainda, um total de 11 Geradores que, ainda, falta a USCA para automatizar, a companhia está buscando realizar a ampliação do projeto.

Uma dificuldade percebida durante a realização deste trabalho, foi o fluxo interno de aprovação, haja vista que cada equipamento tem que ser aberto uma nota para confiabilidade aprovar o projeto. O tempo médio de aprovação pela equipe de confiabilidade está em torno de 5 meses. A justificativa para isso são problemas como: modelos de equipamentos não compatível para habilitar IP de rede, problemas com documentações e análise de risco, sobretudo, descrever o passo da tarefa a ser executada, haja vista que o ambiente vive em constante mudança. A experiência demonstra que a companhia deve modernizar seus processos burocráticos para que procedimentos como os apresentados neste projeto, que tem impacto direto na saúde das pessoas, não sofram com atrasos para implementação.

Por fim, este trabalho demonstra que sistemas de IoT contribuem para segurança, ao reduzir a exposição dos trabalhadores em ambientes de risco. Dessa forma, as corporações podem considerar este tipo de alternativa ao planejar seus processos com foco na saúde e qualidade de vida de seus colaboradores.

### 5.1 Trabalhos Futuros

- Expandir o monitoramento para outras minas;

- Manganês;
- S11D;
- Salobo;
- Sossego;
- Onça Puma.
- Melhorar o fluxo monitoramento dos equipamentos;
  - Fluxo com Confiabilidade.
    - \* Fluxo com Confiabilidade para aprovação de algum projeto é algo bastante lento, é importante buscar uma soluções de deixar esse fluxo de forma automática para dar mais otimização ao processo.
- Melhorar o monitoramento;
  - Substituição da conexão do cabo de Ethernet para conexão Lora.
- Realizar a substituição dos equipamentos antigos Gerador pelo DSE MKII 7420;
- Realizar a validação junto com o PCM da desativação do plano de inspeção dos equipamentos monitorados;
  - Eltek;
  - Shelter.
- Realizar o monitoramento dos dados do caminhão autônomo junto aos equipamentos que estão na Torre de Telecomunicação.
  - Esse monitoramento é de grande valor agregado para companhia, pois afeta diretamente a operação de transporte de minério pelos caminhões autônomos, tem como finalidade que pela ferramenta ZABBIX seja coletado os dados que o caminhão está recebendo das antenas de telecomunicação na mina autônoma, e seja realizado um mapa com o nível de sinal do caminhão dentro da mina, pois todos os caminhões estão programados para realizar o mesmo caminho, e com isso ser verificado possíveis falhas de comunicação e atuar de forma preventiva para não afetar a operação.

## REFERÊNCIAS

- BARROSO, M. R. A oit o ministério do trabalho e emprego, e o ministério público do trabalho: o “trabalho decente” no brasil. **Ciências Sociais Unisinos**, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, v. 51, n. 3, p. 361–374, 2015. Citado na página 20.
- CHAPMAN, S. J. **Fundamentos em Máquinas Elétricas**. [S.l.]: AMGH Editor Ltda, 2013. v. 5ed. Citado na página 37.
- CISCO. **Cisco VNI**. [S.l.: s.n.], 2011. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 51.
- CORDEIRO, M. V. d. S. Trabalho de conclusão de curso (tcc b) automação residencial via web e app utilizando módulos wi-fi esp8266 em conjunto com sensores. 2019. Citado 3 vezes nas páginas 29, 30 e 31.
- CUMMINSE, A. B.; GIVEN, I. A. **SME Mining Engineering Handbook**. [S.l.]: Society for Mining Metallurgy, 1992. v. 1. Citado na página 20.
- CURTY, R. G. As diferentes dimensões do reuso de dados científicos. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, v. 9, n. 2, 2016. Citado na página 29.
- DIAS, R. R. d. F. **Internet das Coisas sem mistérios**. [S.l.]: Netpress Books, 2016. Citado na página 35.
- ELTEK, G. **Manual Eltek**. [S.l.]: Eltek, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 43.
- GALEGALE, G. P.; SIQUEIRA, É.; SILVA, C. B. H.; SOUZA, C. A. d. **A Internet das Coisas Aplicada aos Negócios: um Estudo Bibliométrico**. [S.l.]: TECSI Laboratório de Tecnologia e Sistemas de Informação-FEA/USP, 2016. Citado na página 28.
- HEU, A.; HEU, P.; CEA, A.; STEFA, J. **Arquitetura da Internet das coisas**. 2013. Citado na página 30.
- IHTSDO. Interoperabilidade semântica - spms. 2014. Disponível em: <<https://www.spms.min-saude.pt/2015/11/interoperabilidade-semantica-e-clinica-em-debate/>>. Citado na página 30.
- JÚNIOR, G. E. D. L. **Geomarketing Aplicado a Aquisição e Análise de Dados em Realidade Aumentada**. Tese (Doutorado), 2020. Citado na página 28.
- KUROSE; ROSS. **Redes de Computadores e Internet**. [S.l.]: Pearson, 2013. v. 6ed. Citado 4 vezes nas páginas 26, 27, 31 e 32.
- MAGRANI, E. **A internet das coisas**. [S.l.]: Fundação Gertúlio Vargas, 2018. Citado 4 vezes nas páginas 24, 25, 29 e 34.
- MANCINI, M. Internet das coisas: História, conceitos, aplicações e desafios. **Project Management Institute–PMI**, 2017. Citado 4 vezes nas páginas 27, 28, 35 e 36.
- MARTINS, J. P.; MONTEIRO, M. Acidentes de trabalho, doenças ocupacionais e o reflexo no sistema previdenciário. **Revista JurisFIB**, v. 11, n. 11, 2020. Citado na página 21.

MATIAS, A. P.; SILVEIRA, R. B. da; BRANDÃO, M. M. Envolvimento do consumidor no processo de desenvolvimento de produtos como medida de sucesso: um estudo com empresas participantes dos prêmios finep e nacional de inovação. **RAI Revista de Administração e Inovação**, Elsevier, v. 12, n. 1, p. 174–200, 2015. Citado na página 28.

MOKI, S. Prevenção de acidente. 2021. Disponível em: <<https://www.site.moki.com.br/post/prevencao-acidentes>>. Citado na página 24.

PARISI, B. d. F. B. Painel de gestão acadêmica dos cursos de graduação do instituto federal de educação, ciência e tecnologia de sergipe: uma proposta de power bi como ferramenta gerencial. Pós-Graduação em Administração Pública, 2020. Citado na página 52.

RODRIGUES, T. Alt. **Revista Mineração & Sustentabilidade**| Janeiro a Março de, p. 42, 2021. Citado na página 23.

SANCON. Acidente de trabalho: quanto custo para sua empresa. 2022. Disponível em: <<https://sancon.com.br/blog/seguranca-quanto-custa-um-acidente-de-trabalho/>>. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

SANTANA, V. S.; ARAÚJO-FILHO, J. B.; ALBUQUERQUE-OLIVEIRA, P. R.; BARBOSA-BRANCO, A. Acidentes de trabalho: custos previdenciários e dias de trabalho perdidos. **Revista de saúde pública**, SciELO Brasil, v. 40, p. 1004–1012, 2006. Citado na página 20.

SANTOS, G. H. A. d. Metodologia de previsão de potência elétrica de grupos geradores para aproveitamento do metano gerado em aterro sanitário de região com sazonalidade. 2021. Citado na página 37.

SARLET, I. W.; FENSTERSEIFER, T. Direito ambiental. **CEP**, v. 5413, p. 909, 2014. Citado na página 22.

SARLET, I. W.; MACHADO, P. A. L.; FENSTERSEIFER, T. **Constituição e legislação ambiental comentadas**. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2017. Citado na página 21.

SCABIN, F. **A Visão das Empresas de Mineração Acerca do seu Papel em Relação aos Direitos Humanos: uma leitura a partir dos seus relatórios de sustentabilidade e de sua política de direitos humanos**. Tese (Doutorado), 2022. Citado na página 21.

SILVA, C. R. G.; SILVA, E. G. d.; CASTRO, E. C. d.; SILVA, M. V. G. d. Gerenciamento de ativos. 2011. Citado 3 vezes nas páginas 46, 49 e 50.

SILVA, D. A. S. Aspectos econômicos dos acidentes de trabalho na indústria extrativa mineral em minas gerais: uma análise da classe de extração de minério de ferro no período de 2002 a 2015. 2018. Citado 3 vezes nas páginas 18, 21 e 23.

SILVA, L. F. d. **QA Metrics: Integração das Métricas de Qualidade de Software, em Ambiente Docker, para Exibição de Dashboards Grafana Alimentado pelo Banco de Dados Temporal InfluxDB via Newman**. Dissertação (B.S. thesis) — Brasil, 2022. Citado na página 51.

SOUZA, A. C. R. D.; CORRÊA, M. I. S.; MORAES, I. C. D.; FERNANDES, L. M. A.; SILVA, J. A. F. D. Significados associados à internet das coisas no brasil à luz da construção social da tecnologia. **GESTÃO. Org**, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), v. 13, n. 4, p. 254–263, 2015. Citado na página 36.

SUNDMAEKER, H.; GUILLEMIN, P.; FRIESS, P.; WOELFFLÉ, S. Visão e desafios para concretizar a internet das coisas. **Cluster de projetos de pesquisa europeus sobre a internet das coisas, Comissão Europeia**, v. 3, 2010. Citado 3 vezes nas páginas 29, 30 e 31.

TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. J. **Computer Networks**. [S.l.]: Pearson Education, 2011. v. 5 ed. Citado na página 33.

VILLA, R. B. d. R.; ALAMINO, R. d. C. J.; FERNANDES, F. R. C. O recorte da atividade mineral na região centro-oeste. In: . [S.l.]: CETEM/MCTI, 2014. Citado na página 22.

ZANON, M. d. S. As versatilidades do microsoft excel e sua utilização na engenharia. Universidade Federal de Uberlândia, 2021. Citado na página 52.