



FACULDADE PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA
CURSO TECNOLÓGICO EM ANÁLISE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA

RHAFael RICHARD SILVA KRUGER

SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO

PARAUAPEBAS
2024

RHAFANEL RICHARD SILVA KRUGER

SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a Faculdade para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia (FADESA), como parte das exigências do Programa do curso Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas para a obtenção do Título de Tecnólogo.

Orientador: Professora Sara Debora Carvalho Cerqueira.

KRUGER, Rhafael Richard Silva

SOFTWARE PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO; Sara Debora Carvalho Cerqueira - 2024.

43 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia - FADESA, Parauapebas – PA, 2024.

Palavras – Chave: Software; Sistema; Eletricidade; Eficiência; Consumo.

Nota: A versão original deste trabalho de conclusão de curso encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia – FADESA em Parauapebas – PA.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial deste trabalho de conclusão, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

RHAFANEL RICHARD SILVA KRUGER

SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a Faculdade para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia (FADESA), como parte das exigências do Programa do curso Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas para a obtenção do Título de Tecnólogo.

Aprovado em: ____/____/____.

Banca Examinadora



Prof. (a). Dr. (a) Antônio Soares da Silva
Faculdade para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia



Prof. Dr. (a) Sara Debora Carvalho Cerqueira
Faculdade para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia



Prof. Dr. (a) Adriano Louzada Bolas
Faculdade para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia

Data de depósito do trabalho de conclusão ____/____/____.

RHAFael RICHARD SILVA KRUGER

SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a Faculdade para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia (FADESA), como parte das exigências do Programa do curso Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas para a obtenção do Título de Tecnólogo.

Aprovado em: ____/____/____.



Rhafael Richard Silva Kruger
(Discente)



Prof. Esp. Antônio Soares da Silva
(Coordenador do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas)

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema para o monitoramento de rede elétrica, visando auxiliar a implementar medidas e controlar o consumo de energia em ambientes residenciais e prediais. O objetivo principal é criar uma solução eficiente e acessível que possibilite aos usuários acompanharem seu consumo de energia em tempo real e identificar possíveis perdas. A metodologia que envolveu o projeto foi observar e testar a implementação de um sistema que consiga coletar informações em dataloggers integrados com sensores de corrente e tensão. Além disso, foi desenvolvido um software de interface para visualização dos dados coletados. Os resultados demonstram que o sistema é capaz de fornecer informações precisas sobre o consumo de energia, permitindo aos usuários fazerem decisões mais precisas e conscientes em relação ao uso de eletricidade. Conclui-se que essa solução pode contribuir significativamente para a promoção da eficiência energética um tema muito discutido na atualidade.

Palavras-chaves: Software; Sistema; Eletricidade; Eficiência; Consumo.

ABSTRACT

This work presents the development of a system for monitoring the electrical network, aiming to help implement measures and control energy consumption in residential and building environments. The main objective is to create an efficient and affordable solution that allows users to monitor their energy consumption in real time and identify possible losses. The methodology involved in the project was to observe and test the implementation of a system that can collect information in dataloggers integrated with current and voltage sensors. Furthermore, interface software was developed to visualize the collected data. The results demonstrate that the system is capable of providing accurate information about energy consumption, allowing users to make more accurate and informed decisions regarding electricity use. It is concluded that this solution can significantly contribute to the promotion of energy efficiency, a topic that is much discussed today.

Keywords: Software; System; Electricity; Efficiency; Consumption

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	CONCEITUAÇÃO SOBRE ENERGIA ELÉTRICA	11
2.1	Geração de energia elétrica.....	12
2.2	Lei de OHM.....	15
2.3	A eletricidade no Brasil.....	16
3	MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA.....	18
3.1	Medidor de corrente contínua	19
3.2	Medidor de corrente alternada	20
3.3	IOT para medidores elétricos	21
4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	22
4.1	O cenário nacional	22
4.2	Diagnostico energético	25
4.3	Sistema para monitoração e avaliação.....	27
4.4	Processo para o desenvolvimento de sistema	29
5	METODOLOGIA	31
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES - SOFTWARE PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO.....	33
6.1	Análise de requisitos	34
6.2	Funcionalidade da ferramenta.....	35
6.3	Tecnologias utilizadas	35
6.4	Plataforma de desenvolvimento.....	36
6.5	Visão geral da ferramenta.....	37
6.6	Testes e resultados	40
6.6.1	Cenário de testes	41
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
8	REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA.....	45

1 INTRODUÇÃO

A energia exerce um papel importante na vida do homem, de tal forma que por muito tempo o desenvolvimento da população humana foi algo difícil, mesmo com o surgimento de domesticação de animais, filosofias, impérios e várias outras ferramentas que o homem criou, nada disso tinha surtido efeito no índice de desenvolvimento humano. Mas no século XVIII, com a capacidade de utilizar a energia do vapor, o crescimento populacional cresceu de forma espantosa (Brynjolfsson; McAfee, 2014).

Uma das maiores mudanças na vida do homem foi a energia, no começo ele usava seu próprio músculo para realizar qualquer trabalho, e assim com o passar do tempo começou a usar animais, água, vento e por fim fósseis, pode parecer pouco, mas a cada mudança dessa mais e mais trabalho podia ser realizado com o auxílio das máquinas melhorando cada vez mais a vida da humanidade, pois foi com essa mudança que se parou de usar a própria comida para produzi-la (Ridley, 2014).

Seguindo essa evolução, ainda no século XIX tivemos o início da distribuição elétrica, foi nesse período que a energia elétrica cria um lugar na vida do homem moderno, pois a possibilidade e aplicações possíveis para a eletricidade, criou uma dependência na forma em que o homem vive.

Em 1985, o governo nacional elaborou um programa que tem como principal finalidade estimular o consumo consciente de energia evitando o gasto descontrolado, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) gerou grande impacto no consumo energético brasileiro, seus resultados obtidos em 2022 foram de uma redução de 22,10 bilhões de kWh, o que equivale a um consumo de 11,16 milhões de casas (Eletrobras, 2023). Dessa forma podemos destacar que existe uma preocupação com a eficiência do consumo de energia elétrica.

O primeiro projeto brasileiro voltado a melhorar a eficiência energética foi o decreto de n.º 20.466, de 01/10/31, ele é a criação do horário de verão, onde o objetivo era através do adiantamento de uma hora economizar energia elétrica reduzindo o uso da luz (Brasil, 1931). Outra ferramenta foi o decreto de n.º 41.019 de 26/02/57, que tinha como propósito a criação de um regimento para o consumo de serviços energéticos, ele atribui essa responsabilidade ao CNAEE (Brasil, 1957).

Nesse contexto, quais são os fatores que determinam uma solução capaz de mensurar o consumo elétrico residencial e predial, conseguindo assim fazer um aumento na eficiência energético? Com a implementação dessa ferramenta, seria

possível visualizar quais práticas na rede aumentam o desperdício e quais eletrodomésticos necessitam de substituição.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma solução que atenda fatores importantes para o monitoramento do gasto realizado pela rede elétrica, residência e predial. Dois componentes importantes para essa solução são o hardware por meio de medidores inteligentes que atuam em conjunto. Para que a informação seja interpretada, é necessário o desenvolvimento de um *software* capaz de processar a informação.

Os objetivos específicos são compreender o conceito de energia elétrica dentro da sua vasta área de aplicação; pesquisar sobre os modelos de medidores elétricos que ao longo da história, assim conseguindo medir o consumo de aparelhos elétricos; desenvolver uma aplicação web que colete os dados gerados por sensores, e apresente as informações para o usuário final.

O presente trabalho se justifica, pois, existe uma oportunidade de aplicar melhorias no consumo residencial e predial, além de ser uma ferramenta de estudo que permite a realização de análise em redes elétricas. Partindo dessa finalidade, a utilidade pública dessa ferramenta é muito útil, pois atualmente no Brasil cerca de 45% do consumo residencial vem de origem elétrica, isso se deve ao fato de que boa parte das atividades realizadas pela população necessitam desse recurso (Ministério de Minas e Energia, 2022).

Além de um interesse nacional, existe também o interesse internacional, em aumentar a eficiência energética, segundo Bortini *et al.* (2012, p. 32) países da Europa e América do Norte desenvolvem políticas públicas para remover equipamentos ineficientes do mercado, resultando numa economia significativa no consumo energético. Por isso existe uma importância de se desenvolver pesquisas voltadas a esse tema, pois é uma necessidade mundial.

É importante destacar que de um sistema desse tipo, exige a reunião de diversas áreas do conhecimento. Engenheiros, eletricitas, cientistas da computação, especialistas em energia sustentável, economistas e sociólogos precisam contribuir para desenvolver soluções eficientes e inovadoras. Esta integração multidisciplinar possibilita uma sinergia que enriquece o currículo acadêmico, estimulando os estudantes a pensarem além de suas especializações e a trabalhar em equipes interdisciplinares. Pesquisas nesta área conduzem a inovação tecnológica, desenvolvendo sensores avançados.

2 CONCEITUAÇÃO SOBRE ENERGIA ELÉTRICA

O estudo e o desenvolvimento das aplicações da eletricidade têm uma história de aproximadamente dois séculos, embora seus fenômenos tenham sido observados por muito mais tempo. Na Antiga Grécia, o pensador Tales de Mileto notou as características do âmbar, uma substância que, ao ser esfregada, atrai pequenos fragmentos de materiais leves. O âmbar, que os gregos chamavam de "elektron", foi uma das primeiras substâncias a demonstrar propriedades elétricas. Os gregos também descobriram a magnetita na Ásia Menor, uma rocha capaz de atrair e reter ferro. Eles chamaram isso de magnetismo (Filho, 2007).

Ao longo de muitos séculos, as causas reais desses fenômenos eletrostáticos e magnéticos permaneceram inexploradas. Em 1600, o médico inglês William Gilbert escreveu "De Magnete", que apresentou as características do âmbar e do ímã e introduziu os termos eletrização e eletricidade. Otto von Guericke inventou uma máquina eletrostática na Alemanha em 1660 capaz de gerar cargas elétricas por fricção. Stephen Gray distinguiu materiais condutores de não-condutores no século XVIII. Dufay descobriu que havia dois tipos diferentes de eletricidade; eles foram chamados de eletricidade positiva e negativa (Filho, 2007).

Em seus experimentos com a garrafa de Leyden, Benjamin Franklin descobriu que os raios eram uma forma de eletricidade e inventou os primeiros para-raios. No final do século XVIII, Luigi Galvani observou que as pernas de sapo mortas se contraíam quando eram tocadas por metais. Alessandro Volta explicou isso e, em 1796, fez a primeira pilha (Filho, 2007).

No início do século XIX, Hans Christian Oersted descobriu que a eletricidade e o magnetismo estavam relacionados, e em 1831, Michael Faraday criou o princípio dos geradores de eletricidade. Wilhelm Weber e Karl F. Gauss desenvolveram um telégrafo eletromagnético em 1833, aperfeiçoado por cientistas como Werner von Siemens e Samuel F. B. Morse (Filho, 2007).

Ao final do século XIX, Alexander Graham Bell inventou o telefone e Thomas Edison desenvolveu lâmpadas elétricas eficientes. Em 1882, Edison construiu as primeiras usinas geradoras de eletricidade em corrente contínua; em 1886, George Westinghouse introduziu usinas que usavam corrente alternada, demonstrando grandes benefícios para a transmissão de eletricidade (Filho, 2007).

Atualmente, a eletricidade desempenha um papel crucial na vida contemporânea, garantindo iluminação, aquecimento, comunicação e operação de dispositivos tanto domésticos quanto industriais. A automação de robôs, avanços médicos e tarefas industriais precisas são possíveis graças aos avanços em circuitos eletrônicos e tecnologias computacionais, que mostram a importância constante da eletricidade para a sociedade (Filho, 2007).

O termo "matéria" refere-se a tudo o que constitui corpos e ocupa espaço. Cada tipo de matéria é uma substância, e a menor porção de uma substância que ainda mantém as características da substância original é formada pela divisão de uma substância em uma molécula. Ao dividir ainda mais a molécula, obtemos substâncias diferentes. Os átomos, que são muito pequenos, são formados por partículas elementares como prótons, nêutrons e elétrons. O núcleo do átomo contém nêutrons e prótons (Filho, 2007).

O diâmetro de um átomo é cerca de 10^{-10} metros, enquanto seu núcleo tem aproximadamente 10^{-15} metros de diâmetro. Considere que a cabeça de um alfinete ocuparia o espaço equivalente a milhões de átomos alinhados para visualizar essas dimensões. Os experimentos de laboratório demonstram como os prótons e os elétrons interagem, exercendo forças entre si. No entanto, os prótons atraem os elétrons e os elétrons se repelem uns pelos outros. A carga elétrica associada aos prótons e elétrons explica essas interações. Convencionalmente, a carga do próton é positiva e a do elétron é negativa, ambas com o mesmo valor absoluto. Nêutrons, por outro lado, não possuem carga elétrica e, portanto, não exercem forças elétricas entre si (Filho, 2007).

2.1 Geração de energia elétrica

Três fontes naturais primárias de eletricidade em grande escala são chamadas de fóssil, hídrica e nuclear. O nível de consumo energético está diretamente relacionado ao desenvolvimento de uma nação. Atualmente, a melhoria das condições de vida está diretamente ligada ao acesso à energia elétrica, e o consumo de energia por pessoa é frequentemente usado como um indicador de desenvolvimento. Como resultado, é incoerente imaginar uma nação desenvolvida sem acesso à energia elétrica (Pinto, 2013).

O uso de energia elétrica em todas as áreas residenciais, comerciais e industriais tem aumentado. Muitas nações têm procurado fontes de energia alternativas devido à escassez de recursos de combustíveis fósseis e aos impactos negativos que eles causam no meio ambiente. Energia alternativa é definida como qualquer fonte de energia que não seja baseada em combustíveis fósseis ou reações nucleares. Energia eólica, solar, geotérmica, hídrica e de biomassa são exemplos de fontes de energia alternativa, que também podem ser chamadas de energia "verde" ou de fontes renováveis (Pinto, 2013).

A eficiência de uma tecnologia de conversão energética é um componente crucial a ser levado em consideração. Por exemplo, uma turbina eólica pode converter, no máximo, 59,3% da energia do vento (limite de Betz), uma turbina hídrica pode alcançar até 90% de eficiência, e uma turbina a vapor cerca de 60%. No caso das células solares, a eficiência varia bastante, geralmente entre 6% e 40%. O objetivo principal de um sistema de potência é produzir energia suficiente em locais apropriados, transportá-la em grandes volumes para os centros de consumo e distribuí-la aos consumidores individuais de forma segura, eficiente e com o menor custo e impacto ambiental possível (Pinto, 2013).

A Eletrobras, a maior empresa do setor elétrico da América Latina, opera na geração, transmissão e distribuição de energia, e controla grande parte do sistema por meio de suas subsidiárias Chesf, Furnas, Eletrosul, Eletronorte, CGTEE e Eletronuclear. Além disso, a Eletrobras tem controle de metade do capital da hidrelétrica de Itaipu. A companhia detém aproximadamente 35,5% da capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil, com 37 hidrelétricas, 120 termelétricas, três usinas eólicas (com mais 17 em construção por Furnas) e duas termonucleares (Angra I e Angra II). A Eletrobras possui 55% das linhas de transmissão no Brasil, totalizando mais de 61 mil km (Pinto, 2013).

Uma usina térmica ou termelétrica existe quando qualquer produto que produz calor é utilizado para produzir energia. Bagaço de plantas, madeira, óleo combustível, óleo diesel, gás natural, urânio enriquecido (nas usinas nucleares) e carvão natural são algumas das matérias-primas que podem ser usadas em uma usina térmica. Em uma usina térmica, o calor gerado aquece uma caldeira com água, produzindo vapor d'água em alta pressão, que movimenta as pás da turbina de um gerador (Pinto, 2013).

Houve um longo processo de desenvolvimento tecnológico até a chegada das turbinas hidráulicas modernas usadas nas hidrelétricas. O mais antigo projeto de usina hidrelétrica data de 1878, em Craggside (Northumberland, Inglaterra), desenvolvido pelo cientista e engenheiro inglês William George Armstrong. Em 1879, nas Cataratas do Niágara, na fronteira dos Estados Unidos com o Canadá, foi construída a primeira usina hidrelétrica do mundo. Em 1881, as lâmpadas de rua da cidade de Niagara Falls, no Canadá, foram alimentadas por energia hidrelétrica. Apesar dos problemas sociais e ambientais associados à construção de barragens, a hidroeletricidade continua a ser uma das melhores, mais baratas e mais limpas fontes de energia. O termo "hidroeletricidade" se refere à criação de eletricidade transformando a energia cinética da água em energia potencial mecânica, o que aciona um conjunto de turbinas para produzir eletricidade (Pinto, 2013).

Há cerca de cem anos, a hidroeletricidade é uma tecnologia consolidada que produz energia confiável a preços competitivos. A energia renovável ainda é a maior fonte de energia para o setor elétrico e está entre as mais eficientes em termos de conversão. Essa tecnologia requer um investimento inicial relativamente alto, mas tem uma longa vida útil (de 50 a 100 anos) e baixos custos de operação e manutenção. A água do rio, um recurso local, não está sujeita a variação de preço como ocorre com os combustíveis fósseis, o que garante estabilidade financeira (Pinto, 2013).

As novas turbinas e projetos tornam as hidrelétricas contemporâneas mais sustentáveis e amigas com o meio ambiente. A hidroeletricidade não é considerada variável no mesmo sentido que a energia eólica e solar fotovoltaica, pois sua geração é regularizada pelo controle da fonte (água do reservatório) e pela maior previsibilidade. Dados de 2012 da *International Energy Agency* (IEA) mostram que a hidroeletricidade é uma tecnologia usada em 159 países, fornecendo 16,3% da eletricidade global (cerca de 3500 TWh em 2010), um valor muito maior do que o da eólica, solar, geotérmica e outras fontes combinadas (3,6%), mas menor do que o das usinas de combustíveis fósseis (67,2%). A hidroeletricidade representa aproximadamente 85% da geração mundial de energia renovável (Pinto, 2013).

O potencial para a energia hídrica adicional é ainda considerável, especialmente na América Latina, Ásia e África. A IEA prevê, até 2050, uma duplicação da capacidade hídrica global para quase 2000 GW e uma geração hídrica global de mais de 7000 TWh. A maioria do crescimento da geração de

hidroeletricidade virá de grandes projetos em economias emergentes e países em desenvolvimento (Pinto, 2013).

O potencial técnico global para geração hídrica é de 14.576 TWh/ano, correspondente a uma capacidade instalada de 3721 GW, aproximadamente quatro vezes maior do que a atual capacidade instalada. Mesmo o menor percentual de potencial não desenvolvido (47% na Europa) representa uma grande oportunidade de implantação e desenvolvimento hídrico, sem contar os expressivos valores na África, Ásia e Oceania, com 92%, 80% e 80%, respectivamente. A situação econômica e os problemas ambientais determinarão a rentabilidade econômica desse potencial hídrico ainda não explorado (Pinto, 2013).

2.2 Lei de OHM

A análise de requisitos é um processo crucial que estabelece as restrições que o *software* deve atender, define a interface do *software* com outros componentes do sistema e determina as características operacionais do *software*. Este processo permite que o analista, o modelador ou o engenheiro de *software* ampliem os requisitos básicos definidos durante as etapas de concepção, levantamento e negociação, que fazem parte da engenharia de requisitos (Filho, 2007).

Considere uma pilha cujos terminais estão conectados por um fio condutor para ilustrar o conceito de corrente elétrica. O polo negativo cria um campo elétrico que repele os elétrons na extremidade oposta do fio. Enquanto o polo positivo da pilha cria um campo elétrico que atrai os elétrons livres na extremidade do fio conectada a ele. Dentro do condutor, os elétrons são impulsionados a se moverem por causa desse campo elétrico de átomo em átomo. Quando um elétron se desloca para o átomo vizinho, ele repele e substitui outro elétron, que então repete o processo com os átomos próximos, estabelecendo um fluxo contínuo de elétrons por meio de todo o condutor em direção ao polo positivo da pilha. O movimento ordenado de elétrons livres afetado por um campo elétrico é chamado de corrente elétrica. Enquanto o fio condutor estiver conectado aos terminais da pilha, ele continuará (Filho, 2007).

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a carga elétrica é medida em coulombs (C), onde um coulomb corresponde à ausência ou excesso de elétrons. A intensidade da corrente elétrica, a qual é a quantidade de carga que atravessa a seção transversal de um condutor por unidade de tempo, é medida em ampères (A). Um

ampère é definido como a passagem de um coulomb por segundo através da seção transversal do condutor, o que significa que uma corrente de 1 A corresponde ao fluxo de elétrons por segundo (Filho, 2007).

Um condutor requer dois pontos conectados que possam transferir energia para os elétrons para que a corrente elétrica flua através dele. Os elétrons se movem entre esses pontos como resultado da ação de um campo elétrico; quando existe essa capacidade entre esses pontos, diz que há uma diferença de potencial (d.d.p.) entre eles. A d.d.p., ou tensão, é medida em volts (V), assim como a força eletromotriz (f.e.m.), que é a capacidade de um dispositivo, como uma pilha, de realizar trabalho para causar o movimento dos elétrons (Filho, 2007).

O movimento de partículas constituintes da matéria ao longo dos condutores foi identificado como a causa da corrente elétrica, que foi estabelecida por volta de 1830. Em 1897, J.J. Thomson chegou à conclusão de que essas partículas eram elétrons. No entanto, o movimento real dos elétrons divergiu do sentido tradicional da corrente elétrica previamente estabelecido. Assim, quando a corrente elétrica é vista no mesmo sentido do movimento dos elétrons, ela é chamada de corrente eletrônica ou real. Mas o sentido convencional é oposto ao movimento dos elétrons. (Filho, 2007).

A resistência elétrica é a oposição ao movimento dos elétrons por meio de um material. Ela é medida em ohms (Ω). Essa oposição é alta nos isolantes, mas baixa nos condutores. A resistência de um material depende da natureza do material (resistividade), da área de seção transversal (maior área implica menor resistência), do comprimento (maior comprimento implica maior resistência) e da temperatura (nos metais, a temperatura elevada tende a aumentar a resistência). Esses conceitos são fundamentais para entender como a corrente elétrica flui em um circuito e como diferentes materiais e condições podem influenciar essa corrente (Filho, 2007).

2.3 A eletricidade no Brasil

O setor elétrico do Brasil enfrentou um crescente endividamento externo na década de 1970, exacerbado pela falta de financiamento do governo para a expansão e o crescimento do setor. Em resposta a esses problemas, o governo do Brasil começou uma reorganização significativa do setor elétrico. Ao longo das décadas seguintes, ocorreram duas mudanças significativas (Pinto, 2013).

A primeira alteração foi a privatização das empresas de distribuição de energia. A reorganização começou com a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) em 1996, marcando um ponto de inflexão no processo de reestruturação. Responsável pela regulamentação e supervisão do setor elétrico, a Aneel garante que a exploração do potencial hídrico do Brasil ocorra por meio de leilões ou concorrência. A vencedora desses leilões seria a empresa que oferecesse o maior valor, aumentando assim a competitividade (Pinto, 2013).

Além da Aneel, foram criadas outras entidades importantes, como o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que sucedeu o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE) e é responsável pela comercialização de energia elétrica no mercado livre (Pinto, 2013).

Em 2004, houve a segunda grande mudança: as Leis nº. 10.847 e 10.848 e o Decreto nº. 5.163, que criaram um modelo para o setor elétrico. A segurança do suprimento de energia, a modicidade tarifária e a inclusão social foram os principais objetivos desse novo modelo, conforme o Programa Luz para Todos (Pinto, 2013).

A desverticalização das empresas do setor elétrico foi uma característica distintiva do novo modelo. No modelo anterior, prevaleceu a verticalização, o que significava que uma única empresa poderia se envolver na geração, transmissão e distribuição de energia. A desverticalização, que foi implementada pelas medidas regulatórias da Aneel, dividiu essas operações em partes diferentes, o que aumentou a transparência e a competitividade. Embora a verticalização ainda fosse comum em muitos países, essa mudança foi acompanhada pela privatização de partes do setor, refletindo uma tendência global (Pinto, 2013).

Em resumo, o processo de reestruturação do setor elétrico no Brasil nas décadas de 1990 e 2000 foi um processo complicado e variado que envolveu a privatização, a criação de novas agências reguladoras e operacionais e a desverticalização das atividades do setor. Tudo isso foi feito com o objetivo final de aumentar a eficiência, a competitividade e a inclusão social no fornecimento de energia (Pinto, 2013). Em virtude da preocupação do governo brasileiro em garantir energia para todos, fica visível o quanto a implementação de medidas que sejam eficientes pode contribuir de forma humanista com todos.

3 MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA

No final do século XIX, Thomas Edison desempenhou um papel importante na expansão do setor de energia elétrica e da iluminação elétrica. Após melhorar as lâmpadas elétricas de incandescência, Edison fundou a "*Edison Electric Light Company*" em 1880 para produzir e vender as lâmpadas elétricas que havia desenvolvido. A empresa não só vendia lâmpadas, mas também fornecia soluções completas de iluminação elétrica, incluindo instalação elétrica, instalação das lâmpadas e venda da energia necessária para que o funcionamento acontecesse (Piedade, 2020).

Em setembro de 1882, Edison construiu a "Estação Pearl Street" em Nova Iorque, a primeira central de geração de eletricidade dos Estados Unidos. Esta usina foi equipada com seis dínamos elétricos, apelidados de "Jumbo dínamos" devido ao seu tamanho e peso (cada um pesava cerca de 27 toneladas). Os dínamos produziam uma tensão contínua de 110 V e eram alimentados por uma máquina a vapor de 175 cavalos-vapor (aproximadamente 130 kW) (Piedade, 2020).

Inicialmente, a "*Pearl Street Station*" fornecia energia para 82 clientes, iluminando um total de 400 lâmpadas em uma área de cerca de 2 km². O empreendimento constituiu um marco significativo no avanço do sistema de energia elétrica moderno, estabelecendo um modelo de geração e distribuição de eletricidade. Esse modelo terá um impacto nas futuras expansões e inovações no setor (Piedade, 2020).

Esses amperímetros foram montados sobre uma base de madeira com dimensões de 22 cm x 27 cm, e a tampa tinha um vidro frontal fosco, exceto na região onde era possível ver o ponteiro e as letras não foscas no vidro. Os amperímetros de Edison eram projetados para funcionar na vertical e tinham uma peça de ferro conectada ao ponteiro que penetrava em um solenoide curvo.

Na posição vertical, devido à força da gravidade, a peça curva estava quase totalmente fora do solenoide. Quando a corrente elétrica passava, ela gerava um campo magnético que criava um binário motor sobre a peça de ferro, fazendo com que ela se movesse para dentro do solenoide até que o binário resultante da força da gravidade equilibrasse o binário motor. Esse movimento estabilizava a posição do ponteiro, permitindo a leitura da corrente elétrica (Piedade, 2020).

O Museu Faraday do Instituto Superior Técnico (IST) possui o Edison Amperemeter possui uma escala de indicação máxima de 50 A; no entanto, a tampa original do amperímetro está faltando e será necessário fazer uma nova. Estes amperímetros podem trabalhar com corrente contínua e alternada. No Museu Faraday, há uma demonstração que usa um transformador elétrico (uma invenção de Michael Faraday) para transformar uma corrente alternada de 1 A em 50 A, demonstrando o funcionamento do amperímetro e do transformador elétrico (Piedade, 2020).

No início, os clientes de Edison não pagavam pela energia consumida porque ele ainda não tinha desenvolvido contadores de energia confiáveis. Mesmo assim, ele apresentou cinco patentes para tipos inovadores de contadores de energia, que ele chamou de Webermeter. Como o sistema de fornecimento de energia de Edison funcionava com tensão constante de 110 V, ele só precisava medir a quantidade de carga elétrica que passava pela instalação do consumidor. Assim, Edison criou um sistema de medição e controle de distribuição de eletricidade eficiente e inovador, o que resultou em várias patentes de medidores de corrente elétrica (Piedade, 2020).

3.1 Medidor de corrente contínua

O medidor mencionado forma os polos usando um ímã com formato de ferradura formando os polos, que funciona como um motor de corrente contínua. Seu induzido é formado por três bobinas planas colocadas entre dois discos de alumínio e seus terminais conectados a um coletor de três lamelas. A presença de um derivado na ligação faz com que uma parte da corrente seja direcionada ao induzido (Governo do Estado do Ceará, 2024).

O torque do induzido é diretamente proporcional ao fluxo de corrente, enquanto a rotação do disco de alumínio é desacelerada durante sua rotação, devido à própria rotação e às correntes parasitas geradas. Essa frenagem equilibra a rotação, representando assim a magnitude da corrente do induzido. A rotação do eixo do induzido é transmitida ao mecanismo de medição por meio de uma engrenagem (Governo do Estado do Ceará, 2024).

O número de voltas do disco está relacionado à corrente do induzido e ao tempo, permitindo a leitura direta do número de ampère-horas, considerando uma relação de transmissão apropriada. Quando a tensão da rede é mantida constante, o

medidor pode ser calibrado para indicar o consumo de kWh. A construção desse instrumento de medição é simples e, portanto, relativamente econômica, embora seja essencial 'que os terminais estejam com a polaridade correta para evitar o movimento reverso do medidor (Governo do Estado do Ceará, 2024).

3.2 Medidor de corrente alternada

Em um sistema em que um disco de alumínio montado horizontalmente é afetado por vários campos magnéticos alternados próximos, correntes parasitas são introduzidas no disco, o que o faz girar. A presença de um anel metálico no polo do ímã ou uma lâmina de ferro em um campo magnético permite que o campo seja blindado parcial ou totalmente. Isso resulta em correntes de igual sentido em ambos os lados do disco, o que faz com que os campos se atraiam e o disco se mova (Governo do Estado do Ceará, 2024).

Para medidores de corrente alternada, o disco de alumínio é afetado por dois campos alternados defasados entre si. A bobina de tensão cria um campo e a bobina de corrente cria o outro. A principal razão para o desfasamento de 90° entre eles é a diferença de indutância entre as bobinas, pois a bobina de tensão tem maior número de espiras e, portanto, maior indutância.

Além disso, como resultado da configuração do circuito magnético paralelo na bobina de tensão, apenas uma parte do fluxo pode passar pelo disco. Isso resulta em outro desfasamento angular. Os enrolamentos de tensão e corrente possuem enrolamentos auxiliares que podem ser curtos-circuitados por meio de um reostato para manter a posição de fase precisa (Governo do Estado do Ceará, 2024).

Um amperímetro comum é normalmente conectado ao circuito para medir a corrente elétrica em corrente alternada (CA). No entanto, um volt-amperímetro tipo alicate pode ser usado para realizar a medição, dispensando a necessidade de ligar diretamente o volt-amperímetro ao circuito. Esse dispositivo é composto pelo componente secundário de um transformador de corrente (TC), que coleta a corrente do circuito (Governo do Estado do Ceará, 2024).

Quando a medição é realizada, o gancho do instrumento é posicionado em torno de um condutor do circuito, seja trifásico ou monofásico. Esse condutor abraçado funciona como o primário do TC, induzindo uma corrente no gancho secundário. Essa corrente secundária é retificada e direcionada ao galvanômetro do

instrumento, cujo ponteiro indica o valor da corrente na escala graduada (Governo do Estado do Ceará, 2024).

Volt-amperímetros de tipo alicate podem não ser muito precisos no início da escala graduada, mas ainda podem ser usados para medir correntes com valores baixos, normalmente inferiores a 1A. Nesses casos, é recomendável passar o condutor pelo gancho do instrumento duas ou mais vezes para obter uma leitura precisa (Governo do Estado do Ceará, 2024).

3.3 IOT para medidores elétricos

A Internet das Coisas, ou *Internet of Things* (IoT), é um grande avanço na internet que pode mudar a forma como as coisas funcionam e colocar as bases para a economia de resultados. A Internet das Coisas tem o potencial de mudar a maneira como as pessoas compram e vendem, com um impacto significativo em uma ampla gama de empresas, produtos e setores (Sinclair, 2018).

A IoT é uma realidade confirmada pela presença de grandes empresas competindo no mercado, ao lado de startups pioneiras. Isso é frequentemente exagerado e excitado, com estimativas impressionantes sobre a quantidade de sensores e o valor financeiro associado. Estas empresas mais grandes e cautelosas estão tentando se impor em um mercado emergente que promete estabelecer novos padrões (Sinclair, 2018).

Em uma abordagem pode-se perceber como o IoT consegue transformar os processos até então tradicionais, em soluções inteligentes, conforme relado por Sinclair (2018, p. 10):

À medida que a internet estender seu alcance a objetos físicos e se tornar também a Internet das Coisas, não só a Internet das Pessoas, ela reconfigurará todos os setores que estiverem no percurso. O que é hoje um produto futurista logo será lugar comum. A IoT se converterá em parte integrante de todo empreendimento de negócios e de cada produto de consumo, comercial, industrial e de infraestrutura. A Internet das Coisas será tão transformadora dos negócios quanto foi a própria internet em si, no passado não tão recente, e, se você parar e olhar, já estamos assistindo ao começo de mudanças radicais ao nosso redor.

Os medidores elétricos também foram alcançados pelo IoT, existe dois modelos de sensores de medição elétrica, O do tipo não invasivo que usam o mesmo princípio do alicate amperímetro, e os sensores invasivos que se conectam a rede aos circuitos, através desses sensores será possível o *software* fazer a análise deles.

4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A energia é um elemento importantíssimo que alimenta processos e transformações, resultando em um resultado, que pode ser tangível, como um produto, ou intangível, como o conforto térmico. Identificar esse resultado é essencial para gerenciar o consumo de energia, possibilitando a criação de indicadores que relacionem o consumo de energia ao resultado obtido. Uma vez estabelecida essa correlação, é possível buscar tornar o processo mais eficiente, consumindo menos energia para produzir o mesmo resultado (Barros; Borelli; Greda, 2015).

Uma ilustração desse princípio pode ser encontrada no processo de fabricação de um produto, como um carro, em uma fábrica. O consumo de energia elétrica pode ser relacionado à quantidade de carros produzidos. Por exemplo, se uma fábrica consome 1 MWh para cada carro produzido e produziu 1.000 carros em um mês, o consumo total de energia foi de 1.000 MWh. Se em outro mês o consumo registrado foi de 900 MWh, mas a produção de carros foi a mesma, significa que houve um consumo menor por veículo, indicando uma melhoria na eficiência do processo (Barros; Borelli; Greda, 2015).

No entanto, é importante levar em consideração que uma parte do consumo de energia pode ser fixa e independente da produção, o que significa que os dados devem ser interpretados com cuidado. Por exemplo, não há diferença na quantidade de carros produzidos em um mesmo período de trabalho no que diz respeito ao consumo de energia para iluminação (Barros; Borelli; Greda, 2015).

4.1 O cenário nacional

O tema da eficiência energética é abordado por uma série de instituições no Brasil. Entre essas instituições estão o Ministério de Minas e Energia (MME), a ELETROBRÁS, encarregada da execução do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), a PETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (Conpet), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), encarregada da execução do Programa de Eficiência Energética das Concessionárias Distribuidoras de Energia Elétrica (PEE), além das próprias concessionárias distribuidoras, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), responsável pela

execução do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), e algumas grandes empresas industriais que implementam programas internos de conservação de energia. Há também outras entidades que lidam com o tema de forma transversal ou esporádica (Bortini, *et al.*, 2012)

O Decreto no 20.466, de 01/10/31, estabeleceu o primeiro horário de verão do Brasil, sendo um dos primeiros regulamentos sobre eficiência energética do país (Brasil, 1931). O Decreto no 41.019, de 26/02/57, foi outro documento legal importante cujo objetivo era regulamentar os serviços de energia (Brasil, 1957). Este decreto enfatiza que o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE) é responsável por determinar ou sugerir a utilização mais econômica e racional das instalações (Bortini, *et al.*, 2012).

Atualmente, o Plano Nacional de Energia (PNE 2030) projeta uma redução de 10% no consumo final de energia elétrica para 2030. Isso será alcançado aumentando a eficiência dos sistemas de energia. Isso demonstrou que era necessário criar um plano específico para lidar com esse problema. Portanto, o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEE), que está sendo desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia, deve orientar essas ações e servir como um direcionamento crucial para o crescimento da eficiência energética do país (Bortini, *et al.*, 2012).

A implementação de alguns instrumentos legais recentes no Brasil tem sido fundamental para a promoção da eficiência energética. A Lei n.º 10.295/2001, também conhecida como Lei de Eficiência Energética, e o Decreto n.º 4.059/2001 criaram o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE). O CGIEE também é responsável por criar um programa de metas para os níveis de eficiência a serem alcançados por todos os equipamentos regulamentados. Além disso, os resultados alcançados pelo Procel foram influenciados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem e pelo Selo PROCEL de Economia de Energia (Bortini, *et al.*, 2012).

Em países da Europa e da América do Norte, políticas agressivas têm sido adotadas para garantir que os equipamentos tenham eficiência mínima. Os mecanismos cruciais conhecidos como Padrões Mínimos de Desempenho Energético (MEPS) eliminam equipamentos ineficientes do mercado. Isso resulta em uma economia significativa de energia e uma mudança nos mercados de eficiência energética. Por exemplo, uma das principais fontes de economia de energia nos Estados Unidos são os padrões de eficiência energética para equipamentos residenciais e comerciais (Bortini, *et al.*, 2012).

Um processo detalhado é necessário para estabelecer os MEPS, que inclui uma avaliação prospectiva de impactos. Um exemplo notável é a nova Lei de Energia aprovada pelo Congresso dos Estados Unidos em 2007, que estabeleceu metas severas de eficiência energética a serem implementadas a partir de 2012. Como resultado, surgiram lâmpadas incandescentes capazes de cumprir essas normas, destacando como medidas regulatórias em eficiência energética podem estimular a inovação (Bortini, *et al.*, 2012).

No contexto nacional, são discutidos os programas e iniciativas mais importantes no Brasil para promover a eficiência energética, com ênfase em suas facetas legais e institucionais. Destacam-se os programas Procel, Conpet e de Etiquetagem de Equipamentos (PBE), bem como o Programa de Eficiência Energética (PEE) regulado pela ANEEL e implementado pelas empresas distribuidoras de energia elétrica (Bortini, *et al.*, 2012).

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) foi criado em 30 de dezembro de 1985 pelos ministérios de Minas e Energia e Indústria e Comércio. A Eletrobrás é responsável por uma Secretaria Executiva. Ao longo dos anos, o Procel se destacou como o programa que mais abarca uma variedade de tópicos e persistente na área de uso eficiente de energia elétrica no Brasil. Apesar de mudanças em sua operação, investimentos e sucesso ao longo do tempo, ele continua sendo um importante apoio institucional para uma variedade de projetos, incluindo o Programa Brasileiro de Etiquetagem, iniciativas de saneamento, estruturas públicas e serviços de informação para o público de uma forma geral (Bortini, *et al.*, 2012).

O Procel emprega recursos voluntários da Eletrobrás, enquanto as concessionárias distribuidoras de energia elétrica devem necessariamente investir um percentual de sua receita anual líquida em programas de eficiência energética anualmente. O Procel investiu muito nos anos mencionados, concentrando-se nos recursos que as empresas distribuidoras usam para projetos de eficiência energética (Bortini, *et al.*, 2012).

Ao longo dos anos, o Procel criou vários subprogramas que foram bem-sucedidos. Alguns desses programas que foram bem-sucedidos foi o programa de etiquetagem e atribuição do Selo Procel a equipamentos elétricos e coletores solares, com foco nos refrigeradores e no programa RELUZ, que se concentra na iluminação pública. A partir de 2007, o financiamento do Procel passou a depender principalmente

dos fundos RGR (Reserva Global de Reversão), além do capital da própria Eletrobrás (Bortini, *et al.*, 2012).

O Selo Procel, criado em 1993, é concedido anualmente aos equipamentos com os índices de eficiência energética mais altos em cada categoria, conforme os resultados dos ensaios de avaliação da etiqueta realizados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). A economia de energia e recursos resultante do Selo Procel tem sido objeto de discussão e esforços contínuos para aprimoramento, principalmente nos principais produtos que recebem essa distinção. Esses produtos incluem geladeiras e congeladores, lâmpadas fluorescentes compactas e reatores eletrônicos, coletores solares e tanques de armazenamento, motores elétricos trifásicos, aparelhos de ar-condicionado (*split* e de parede) e ventiladores de teto (Bortini, *et al.*, 2012).

4.2 Diagnóstico energético

A promoção da eficiência energética é necessária a aplicação de entendimento das áreas de engenharia, economia e administração em sistemas energéticos. Devido à complexidade e diversidade desses sistemas, é útil fornecer métodos e técnicas para definir objetivos e ações que melhorem o desempenho energético e reduzam as perdas nos processos de distribuição, armazenamento e transporte de energia. Como resultado, este capítulo aborda os principais métodos e técnicas de auditoria energética. Esses métodos visam determinar quem, quando e como consome energia usando uma abordagem sistemática dos fluxos energéticos de um sistema, estabelecendo as bases para programas de uso racional de insumos energéticos. Esta análise é particularmente relevante para as empresas industriais e comerciais de pequeno e médio porte no Brasil (Bortini, *et al.*, 2012).

Para começar, a linguagem relacionada à auditoria energética é apresentada e organizada em relação aos objetivos de conservação de energia. Em seguida, os aspectos práticos das auditorias são abordados. A conclusão é uma análise dos problemas que podem ser resolvidos para otimizar o uso de energia em ambientes empresariais (Bortini, *et al.*, 2012).

Todas as medidas de redução de perdas e racionalização do uso de fatores de produção são pertinentes ao uso eficiente de energia. Considerar o suprimento de combustíveis e eletricidade durante todos os processos produtivos também é uma

consideração estratégica importante. A energia não tem substituto; sem ela, os processos não se desenvolvem. Isso é verdade apesar do fato de que ela representa apenas um pequeno componente dos custos totais. Existe a possibilidade de que o conhecimento e a informação possam substituir a energia em parte, diminuindo o desperdício e melhorando o desempenho dos sistemas energéticos (Bortini, *et al.*, 2012).

O custo da energia está aumentando devido a restrições financeiras e ambientais no Brasil e em outros países. Essas restrições também criam perspectivas preocupantes de descompasso entre as disponibilidades e as demandas por energia, aumentando ainda mais a importância do uso inteligente da energia. A auditoria energética é, na verdade, o primeiro passo necessário nessa direção (Bortini, *et al.*, 2012).

Visando priorizar a energia elétrica, foram desenvolvidas metodologias padronizadas para a realização de auditorias energéticas, grande parte das quais foram patrocinadas pelo PROCEL (Bortini, *et al.*, 2012).

Diagnóstico Energético: Este método, que pode ser usado por meio de aplicativos de computador em várias versões, visa estudar unidades consumidoras comerciais e industriais. Ele levanta um perfil de consumo por uso final e o compara com uma amostra de setores produtivos importantes. Em seguida, pode ser necessário um levantamento de dados em campo para identificar pontos críticos de forma qualitativa e para estabelecer a necessidade de intervenção em equipamentos específicos por meio de relatórios padronizados. No entanto, não aborda a questão econômica em profundidade e se concentra principalmente na eletricidade (Bortini, *et al.*, 2012).

Autoavaliação dos Pontos de Desperdício de Energia Elétrica: Este é um roteiro simples criado pela Agência para Aplicação de Energia do Estado de São Paulo no início dos anos 1990 e serve para localizar pontos de desperdício e avaliar rapidamente as economias geradas pela eliminação desses pontos. Esse trabalho é feito pelo próprio consumidor e visa diretamente as indústrias sem levar em consideração o uso de combustíveis (Bortini, *et al.*, 2012).

Estudo de Otimização Energética: Esta metodologia possui mais detalhes, inclui análises econômicas e considera o uso de combustíveis e energia elétrica. Foi aprimorada em projetos patrocinados pelo PROCEL. Propõe soluções e dá prioridade aos esforços para melhorar a eficiência energética. É, naturalmente, mais demorado

e caro do que as técnicas anteriores, mas é a única que atende à definição de auditoria e exige capacitação para sua execução (Bortini, *et al.*, 2012).

O auditor se liberta para exercer uma análise cada vez mais crítica e criativa à medida que os métodos evoluem para a automação dos procedimentos de campo e os cálculos se tornam cada vez mais baseados em computadores e modelos. O aplicativo Mark IV Plus, um conjunto de programas computacionais fornecido pela Eletrobras que serve como ferramenta para a execução de auditorias e análises de desempenho de sistemas energéticos, é um recurso significativo nesse sentido. Ele leva em consideração vários sistemas, incluindo caldeiras, sistemas de cogeração, fornos e estufas, motores elétricos, quadros de distribuição, transformadores, tubulações e sistemas de ar-condicionado e refrigeração. Além disso, os recursos para estudos de viabilidade econômica e análises tarifárias estão incluídos neste programa. Esses métodos podem ser úteis para caracterizar perdas e hierarquizar progressivamente as medidas de eficiência energética (Bortini, *et al.*, 2012).

4.3 Sistema para monitoração e avaliação

Atualmente, os sistemas de monitoramento e avaliação (M&A) de projetos estão sendo cada vez mais valorizados, pois as agências de financiamento estão exigindo cada vez mais dados que possam avaliar a eficiência e o impacto reais dos projetos que esses instrumentos fornecem. Monitoramento e avaliação são frequentemente vistos como partes de um mesmo processo, chamado de M&A. Esse processo vai além de uma simples estatística de desempenho. Isso é um sistema que integra pensamento e comunicação para apoiar a execução do projeto (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

Nesta Unidade, os conceitos e as mudanças conceituais relacionadas aos sistemas de M&A são apresentados pela primeira vez. Em seguida, são explicados os passos necessários para construir um sistema de M&A, enfatizando a importância dos indicadores como componentes essenciais do processo. Além disso, são apresentados métodos adicionais de M&A com foco no Mapeamento de Mudanças Alcançadas para fornecer uma visão mais completa. Por fim, são discutidos alguns fatores considerados essenciais para a escolha do melhor sistema (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

Em nível conceitual, o monitoramento de um projeto envolve a coleta de dados antes e durante sua execução para ajudar o gerenciamento e a tomada de decisões. Os conceitos de monitoramento variam, com alguns concentrando-se mais no controle e na prestação de contas, enquanto outros focam no aprendizado social e organizacional. Por outro lado, a avaliação é o processo de determinar os resultados favoráveis e desfavoráveis em relação aos objetivos do projeto (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

Embora os processos de monitoramento e avaliação sejam relacionados, eles apresentam distinções notáveis. O monitoramento é sobre o que está acontecendo, permitindo ajustes no andamento do trabalho. Enquanto isso, a avaliação é sobre o que já aconteceu, analisando o processo, os produtos, a realização dos objetivos, metas e impactos do projeto, bem como seu mérito e relevância. A avaliação é analítica e ocorre com menor frequência, mas o monitoramento tende a ser mais preciso e comum (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

Os conceitos de M&A mudaram nas últimas décadas, refletindo diferentes abordagens e objetivos. Esses conceitos não são categorias estáveis no campo do conhecimento. A maioria das vezes, a agência de financiamento escolhe o sistema de M&A, embora em alguns casos possa haver negociação sobre o sistema a ser adotado. O M&A deve ser usado para uma variedade de propósitos, como gestão de projetos, desenvolvimento organizacional, gestão do conhecimento e desenvolvimento de sistemas de informação para registro e processamento de dados (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

Para construir um sistema de M&A bem-sucedido, é importante pensar em coisas como o que é importante e quando as informações devem ser reunidas, que devem ser incorporadas à gestão do projeto. Como são mais gerenciáveis e úteis para a administração do projeto, sistemas simples com um número suficiente de indicadores e variáveis são melhores. É fundamental entender corretamente o M&A, pois é frequentemente visto como uma exigência burocrática ou uma ameaça, em vez de uma ferramenta para aprendizado e aprimoramento (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

A metodologia usada em M&A também é aplicável. É fundamental evitar que a coleta de dados ignore questões de gênero e geração, dando apenas uma visão parcial do mundo. Alguns desenhos de M&A usam uma concepção linear de causa e efeito, mas não levam em consideração o contexto e a cadeia de impacto do

desenvolvimento do projeto. Indicadores robustos e significativos são essenciais para acompanhar elementos cruciais no curso do projeto (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

Quando o Marco Lógico é usado na construção do projeto, sua lógica de intervenção e seus indicadores funcionam como componentes fundamentais do sistema de M&A. Outras abordagens usam uma variedade de métodos para criar indicadores de monitoramento ou marcas de progresso, garantindo que o processo de M&A seja completo e eficiente (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

4.4 Processo para o desenvolvimento de sistema

O primeiro passo no processo de Monitoramento e Avaliação (M&A) é definir o planejamento e o objetivo do M&A. Isso leva em consideração os elementos conceituais e teóricos estabelecidos pelo programa, bem como o contexto político. Atualmente, é essencial determinar o tempo, o orçamento, os dados e as restrições regulamentares e operacionais do projeto. Dependendo da natureza do projeto, o investimento em ações (M&A) deve ser uma parte essencial do orçamento do projeto e deve representar de 5 a 10% do orçamento total. Projetos piloto com ações novas podem exigir mais recursos, enquanto a replicação de projetos antigos pode exigir menos (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

O desenho da avaliação é definido pelos recursos orçamentários disponíveis, o que significa que a coleta de dados deve ser racionalizada e a análise da disponibilidade de dados secundários confiáveis é necessária. Em caso de restrições orçamentárias, o desenho amostral pode ser revisado e técnicas de coleta de dados podem ser estabelecidas. A unidade de avaliação varia de segundo o tipo e abrangência da intervenção do projeto; pode ser individual, por domicílio, grupo, comunidade ou organização. Também deve levar em consideração a sazonalidade produtiva, como nas populações ribeirinhas durante as fases de cheia dos rios. Pesquisas, entrevistas semiestruturadas, estudos de caso e oficinas com metodologias participativas são algumas formas de coletar dados (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

Os recursos humanos disponíveis devem ser estimados durante o processo de planejamento. A gerência do projeto deve definir como gerenciar e controlar as informações coletadas e tomar medidas corretivas quando necessário. Um fluxo regular e sistemático de informações é necessário porque o M&A é um instrumento

de gestão. Como tal, a análise dos dados pode envolver parceiros, atores, financiadores, funcionários e até mesmo indivíduos que não participam do projeto (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

Um sistema de M&A não deve ser apenas um meio burocrático de controle e prestação de contas; deve construir procedimentos que facilitem a aprendizagem regular e sistemática de todos os participantes. É fundamental conectar o sistema à gestão do projeto e criar condições razoáveis para o M&A (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

Os indicadores são unidades de medida que mostram como as coisas mudam em uma condição específica, estabelecendo uma conexão entre o que se quer medir e o que é visto. O objetivo de um projeto pode incluir uma variedade de indicadores que podem ser medidos e fornecem informações pertinentes sobre o progresso do projeto. O uso comum de indicadores quantitativos depende dos objetivos do projeto, mas a relação direta entre eles e os objetivos pode ser complicada. Para explicar o que está ocorrendo, fontes de informações qualitativas e quantitativas são essenciais (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

Pode ser mais eficaz buscar perguntas de desempenho, que visam avaliar o grau de execução do objetivo e explicar o êxito ou fracasso demonstrado pelos resultados, em vez de começar por indicadores. Por exemplo, se um projeto tiver como objetivo "aumentar a renda não agrícola de 100 mil famílias pobres do município X", as perguntas de desempenho podem incluir as melhorias feitas para aumentar a renda, quem mais se beneficiou do projeto e os impactos positivos ou negativos imprevistos. Essas perguntas requerem informações e indicadores específicos, permitindo escolher aqueles que são efetivamente úteis para o acompanhamento do projeto (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

Os indicadores quantitativos simples, compostos e qualitativos específicos são alguns dos vários tipos. Os indicadores devem ser específicos, mensuráveis, acessíveis, relevantes e acompanháveis ao longo do projeto para serem eficazes. Uma matriz que avalie a fonte de dados, o processo de coleta, os responsáveis, a frequência, o custo, as dificuldades, a capacidade de análise e os usuários dos dados pode ajudar na escolha de indicadores. Se os indivíduos são capazes de analisar e gerar relatórios sobre os dados coletados e garantir que os indicadores escolhidos sejam úteis para o monitoramento e avaliação contínua do projeto, a coleta não tem sentido (Bracagioli Neto; Gehlen, 2018).

5 METODOLOGIA

Na elaboração do presente trabalho, que tem o propósito de suprir a demanda de pessoas e empresas com necessidade em realizar auditoria no consumo elétrico, contribuindo com uma solução capaz de mapear a estrutura de uma rede elétrica possibilitando identificar possíveis perdas, assim deixando evidente que o objetivo central desse trabalho é oferecer um sistema de monitoramento do consumo elétrico para atender esse grupo de entidades.

Para a realização dessa finalidade, o presente trabalho fez utilização das metodologias científicas, que segundo Oliveira (2011, p. 7):

Metodologia literalmente refere-se ao estudo sistemático e lógico dos métodos empregados nas ciências, seus fundamentos, sua validade e sua relação com as teorias científicas. Embora procedimentos variem de uma área da ciência para outra, por exemplo, da área de exatas para a área de humanas - diferenciadas por seus distintos objetos de estudo, consegue-se determinar alguns elementos que diferenciam o método científico de outros métodos (filosófico e algoritmo – matemático etc.).

No desenvolvimento do *software*, para conseguir suprir a necessidade identificada no grupo, foi realizado uma técnica de pesquisa baseado na observação dos fatos, segundo Lakatos (2021, p. 121):

Observação: utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se deseja estudar. Pode ser: sistemática, assistemática; participante, não participante; individual, em equipe; na vida real, em laboratório.

Conforme as observações realizadas foram identificados os pontos a serem atendidos, assim dando início ao desenvolvimento do *software*. Para acelerar o processo foi utilizado um *framework* que possibilita a criação de sistemas monolíticos, onde a mesma tecnologia utilizada em *back-end* foi aplicada em *front-end*, o que acelerar o processo de desenvolvimento. No presente projeto foi utilizado a metodologia de pesquisa bibliográfica, onde mediante vários livros, revista e artigos científicos retirados da biblioteca online da faculdade Fadesa, SciELO e Google Acadêmico. Esse material é analisado com a finalidade de encontrar conteúdo para ajudar com o projeto e auxiliar no desenvolvimento acadêmico, conforme Ander-Egg (1978, p. 28, apud Lakatos, 2021, p.44):

Pesquisa é uma atividade que se realiza para a investigação de problemas teórico ou práticos, empregando métodos científicos. Significa muito mais do que apenas procurar a verdade: é encontrar respostas para questões propostas, utilizando procedimentos científicos. Especificamente é “um procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo de conhecimento”

As metodologias ágeis também foram usadas para o desenvolvimento do projeto, foi escolhida como base para o presente trabalho, o *Scrum*, não sendo exatamente o modelo, mas adaptado para a situação. Começando com o a definição do *product owner*, após essa etapa foi feita visão do produto para identificar as funcionalidades e não funcionalidades do programa.

Com dois passos já iniciados no processo, foi realizado o *sprint*, que tem a finalidade, dividir o grande objetivo em etapas que seria realizado para alcançar os objetivos do trabalho. Para começar o *sprint* foi criado o *planning* que determina quais são as tarefas do projeto, e quanto tempo será dedicado para a sua realização. Então após o desenvolvimento foi usado o *review* para visualizar o que foi desenvolvido, e para validar o funcionamento conforme as regras de negócio, foi utilizado *retrospective*.

Existem várias perspectivas sobre a abordagem das metodologias ágeis. Na perspectiva do produto, as metodologias ágeis se destacam por serem adequadas em contextos em que os requisitos mudam e mudam rápido. A comunicação, as pessoas e a cultura são os três elementos essenciais que podem ser usados para avaliar a implementação dos princípios ágeis em uma organização. A organização também deve criar um ambiente de trabalho que incentive e facilite a comunicação ágil entre os membros da equipe (Sbrocco; Macedo, 2012).

Como observado por Schwaber, a metodologia ágil do Scrum é uma abordagem dinâmica para o presente trabalho. Seis características essenciais sustentam sua base: flexibilidade dos resultados e prazos, reduzidas equipes, revisões frequentes, cooperação e orientação a objetos (Sbrocco; Macedo, 2012).

Não é uma solução imediata para problemas difíceis, mas sim um plano organizado para lidar com problemas em constante mudança. Ele nos permite lidar com desenvolvimentos complexos, gerenciar projetos, possibilitar a auto-organização das equipes e aplicar ideias iterativas e incrementais no desenvolvimento de produtos ou *software* (Sbrocco; Macedo, 2012).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES - SOFTWARE PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO

A rede elétrica é um recurso vital para qualquer sociedade moderna, partindo desde uma residência até uma fábrica, em escolas ou hospitais, todos fazem utilização dela. Atividades do cotidiano que para a maiorias dos indivíduos parece tão simples, só são possíveis por conta da energia. Porém, a rede é suscetível a várias falhas e problemas que podem interromper o fornecimento ou gerar desperdícios, assim surge uma demanda em realizar o monitoramento da rede elétrica.

Imagine quantas atividades da vida cotidiana dependem da eletricidade, coisas como conserva alimentos, estuda, ouvir as notícias do dia, etc. Se considerarmos um cenário de uma cidade, a situação fica ainda mais complicada, semáforos, iluminação pública, sistemas hidráulico, hospitais e uma infinidades de equipamentos que a sociedade necessidade para ter condições humanas de sobreviver.

Um sistema de monitoramento permite que seja detectado os problemas, desde pequenos picos de voltagem, desvios ilegais da rede elétrica até possíveis falhas em transformadores, o sistema possibilitar a identificação das anomalias, assim sendo possível a implementação de planos de ação para resolver o problema, o que pode prevenir danos maiores e custosos.

Outra vantagem é que o monitoramento contínuo da rede elétrica, possibilita a criação de um histórico sobre o desempenho da rede. Empresas do seguimento de instalação de placa solar podem utilizar esse histórico para análise como a rede está se comportando, assim podendo visualizar o fornecimento que estar sendo gera e utilizado na rede.

O monitoramento da rede elétrica também é responsável por contribuir na comunidade acadêmica, através do desenvolvimento multidisciplinar. Envolvendo diversos setores, além de ser uma das causas para o confronto de ideias e possíveis explicações.

Em razão do que foi mencionado, a finalidade desse projeto é de monitorar a rede elétrica que mais do que apenas uma precaução; pode ser uma ferramenta fundamental para promover segurança, estabilidade e eficiência. Esse tipo de solução apontar quais são e onde estão as falhas da rede, isso tudo através de um histórico de dados gerados ao longo do tempo, o que promover insolações mais resilientes a falhas, prevenindo perdas de recursos do fornecimento de energia elétrica.

6.1 Análise de requisitos

Um dos processos fundamentais no desenvolvimento de *software* é a análise de requisitos, que trata da determinação das funcionalidades, interface e outros elementos da aplicação (Pressman, Maxim, 2016). Isso ocorre, pois, o responsável técnico do projeto fica frente a frente com o seu stakeholders, assim via entrevista ou observações, é realizado a análise que das necessidades do cliente, o que permite modelar a solução mais viável para o caso.

Com o aumento crescente no consumo energético da sociedade, ferramentas que possibilite a redução, têm gerados benefícios não somente econômicos, mas também socioambientais e tecnológicos. Assim uma análise de requisitos para esse tipo de projeto, não pode ser mal elaborada, pois como é nessa etapa em que as funcionalidades são definidas para atender os diversos stakeholders, que vão desde proprietários de imóveis, residenciais, técnicos, fornecedores de equipamentos, desenvolvedores, concessionárias de energia e agências governamentais, suas funcionalidades devem se está alinhada com a necessidade do grupo, caso contrário possa haver um desenvolvimento em vão.

Essas determinações são produzidas da elicitação dos requisitos, que surge por entrevistas, workshop, questionários, observações etc., como resultado as necessidades dos stakeholders são modeladas e transformada em solução (Sommerville, 2013).

Segundo Ledur (2018, p. 19) “Um requisito funcional define uma função particular de um sistema ou algum dos seus componentes; eles representam “o quê o *software* faz, em termos de tarefas e serviços. ”. Em virtude desse fato, podemos definir que os requisitos funcionais do projeto é o de monitoramento em *dataloggers* com sensores instalados na rede elétrica, possibilitar a identificação de possíveis perdas ou equipamentos com alto consumo, emissão de alerta para consumo anormal e mapeamento geográfico onde os sensores estão instalados.

Segundo Ledur (2018, p. 29) “Ao contrário dos requisitos funcionais, esses requisitos não são explicitamente expostos pelo cliente, mas devem ser subentendidos pelo desenvolvedor”. Assim, os requisitos não funcionais, fica em desenvolver uma interface amigável, adaptar a necessidade de cada sensor que o usuário precisa, interagir com tecnologia de *dataloggers* do mercado e disponibilidade em plataforma de fácil acesso.

6.2 Funcionalidade da ferramenta

O *software* permite que o usuário consiga realizar operações matemática e definir valores constantes para atender o seu caso de uso em relação aos dados gerados, pois os sensores podem se comunicar com o sistema através de diferentes tipos de sinais, então visando manter uma alta compatibilidade com o mercado, o sistema consegue receber uma expressão algébrica, e aplicar sua lógica para cada leitura fornecidas pelo sensor, assim desde que o cliente tenha conhecimento do funcionamento do seu equipamento ele consegue utilizar no sistema para analisar e ler os dados produzidos.

Com os dados processados é possível inserir uma espécie de marcado, que será ativado sempre que o valor chegar em uma condição determinada pelo usuário, essa finalidade serve para que o cliente identifique possíveis picos ou sobrecarga presente na rede, pois além de auxiliar na elaboração de melhorias para a eficiência energética o programa consegue ajudar na proteção da rede elétrica, ajudando o usuário a idêntica quando dever ser feito uma redistribuição das cargas.

A aplicação coleta os dados via File Transfer Protocol (FTP), que possibilita ele integrar com qualquer *datalogger* que utilize essa comunicação, o programar fica escutando se houve alguma alteração no diretório definido pelo usuário e sempre que o evento for disparado ele captura a informa, o intuito desse padrão de comunicação é garantir que os dados não cheguem incompleto.

O usuário define quantos sensores ele vai monitorar, podendo definindo um apelido para cada um deles, o que possibilita ele criar uma forma de identificar como cada sensor foi instalado na rede elétrica. A visualização dessa informação é apresentada na interface em um mapa onde os locais que está sendo realizado o monitoramento é marcado geograficamente com as suas coordenadas, assim o monitoramento é através da geografia do local.

6.3 Tecnologias utilizadas

As ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de uma aplicação, devem garantir a produtividade, para o presente projeto foi utilizada diversas tecnologias de código aberto. Na elaboração do código foi utilizado a IDE *Visual Studio Code*, é mantida pela empresa Microsoft, apesar de que seu código é aberto, por esse fato ela

se tornou um dos recursos mais versáteis no desenvolvimento de *software*, permitindo uma ampla compatibilidade com diversos cenários e ambientes.

Para a modelagem de fluxo foi usado foi utilizado a plataforma draw.io, como o banco de dados é não relacional, o modelo foi criado somente para valida o fluxo da informação e assim estrutura os modelos dos documentos, é basicamente criado um modelo relacional tradicional e então adaptado os dados para tabelas individuais. Segundo Silva *et al.* (2021, p. 17):

No entanto, nos bancos de dados orientados a documentos, não existe necessariamente um esquema, como no banco de dados relacional, de modo que não é necessário ter as estruturas das tabelas definidas para a inserção de dados e não há um relacionamento entre as diversas entidades, sendo esta uma característica de flexibilidade desse tipo de banco.

Para o gerenciamento dos dados foi utilizado o banco de dados MongoDB, um banco de dados não relacional que registrar os dados em arquivos do tipo BSON, que são arquivos que utilizam o mesmo padrão de dados do JSON, porém mais otimizados. A escolha da tecnologia se dá ao fato que os dados gerados por medidores inteligente e sensores são cargas muito grande e intensiva, nesse caso a quantidade de dados gerado pode ser demais para um modelo relacional, conforme citado por Silva (Riva, Rosa, 2021 p. 17):

O desafio de se armazenar e processar grandes volumes de dados com formatos diversos levou ao surgimento de bancos de dados NoSQL. Para conseguir atender a essas demandas, foi necessário abrir mão de características existentes em bancos de dados relacionais, a fim de dar lugar a outras características mais flexíveis.

No desenvolvimento do design foi utilizado a plataforma de Canva, para a elaboração de ícones, imagens e logos. Devido à característica do *framework* utilizado no desenvolvimento, não houve a necessidade de utilizar ferramentas mais avançadas para a criação de interface, pois o próprio recurso oferecido por ela permite a criação de interface simples, rápida e amigável.

6.4 Plataforma de desenvolvimento

O projeto foi desenvolvido em Python, uma linguagem de programação, focada na simplicidade, para que os desenvolvedores possam se preocupar em aplicar a

lógica de programação. Ela foi criada por Guido van Rossum no início do ano de 1990, com a intenção de substituir a linguagem de programa ABC, além de possibilitar a criação de automação e script sem a necessidade de usar linguagem de baixo nível (Lambert, 2022).

Outra característica positiva do Python é a grande gama de ferramentas e bibliotecas presente no mercado para ele, graças a sua integração com diversas linguagens de alto e baixo nível como Java, C++, Rust e C, possibilitou que a linguagem tenha diversos tipos de soluções (Lambert, 2022).

A linguagem também tem um grande destaque no ramo de análise de dados, graças a versatilidade, simplicidade e uma curva de aprendizado muito baixa, fez com que a comunidade tivesse um grande engajamento com a tecnologia. Em virtude desses fatos a aplicação faz o uso do Python para o projeto, toda a lógica de coleta de informação foi utilizada a biblioteca Pandas para a que pudesse ser modelado os dados, além de ser praticado o uso de múltiplos paradigma de programação (Lambert, 2022).

A *framework* utilizada para criação da interface web do projeto foi a *Streamlit*, ela tem a capacidade de simplificar a criação de sistema e *dashboard*, pois a ferramenta utiliza um conjunto de modelos e regras prontas para construção da aplicação, para isso, ela trabalha com o princípio de componentes, onde pequenas partes do projeto são criadas, para serem juntadas e formar tudo o que é necessário, pois isso possibilita a reutilização de material no projeto.

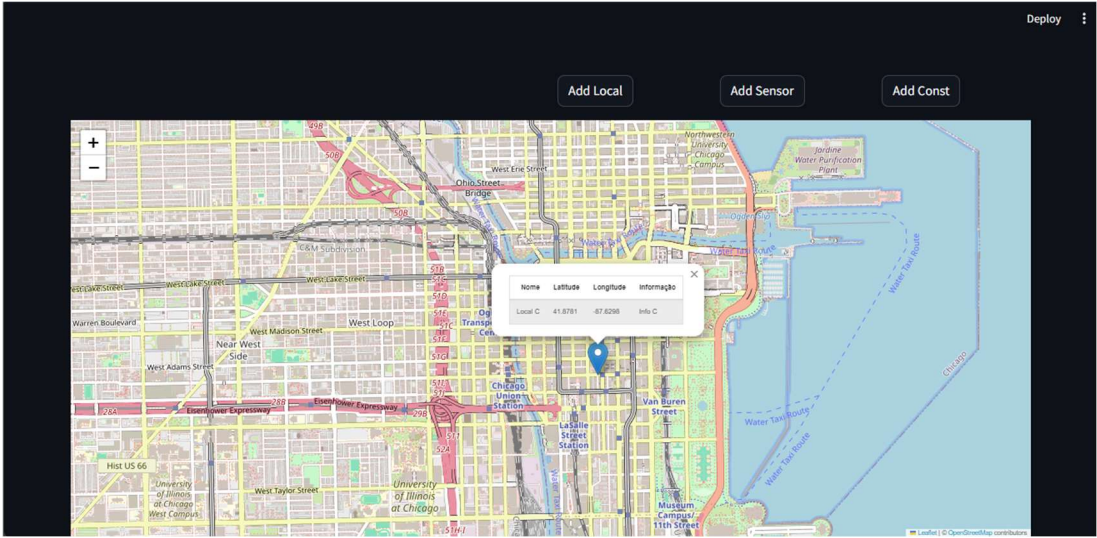
6.5 Visão geral da ferramenta

Como se trata de um *software* com a finalidade de monitorar, a interface deve ser simples, e apresenta as informações de forma ampla sem gerar poluição na tela, o aprendizado da ferramenta é intuitivo para que o usuário se sinta a vontade ao utilizar, O aplicativo conta somente com duas telas e muitos *pop-up*, para evitar que o cliente fique fora muito tempo da tela de monitoramento, mantendo a sua atenção principalmente nos sensores instalados.

A primeira tela é a principal, nela é apresentado a visualização dos locais que está sendo realizado o monitoramento de rede elétrica, aqui é possível ver qual foi o último valor enviado pelo sensor, além de ter a opções para criar um local de monitoramento, inserir sensor em um local de monitoramento e abrir o historio de

leituras de local de monitoramento, abertos com os três botões no canto superior direito acima do mapa.

Figura 1: Tela inicial do software



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A segunda tela é um local onde se visualizar o historio dos dados que já foram armazenados pelo programa, nela tem uma grande tabela e os campos de dados coletados de cada sensor. Conforme podemos visualizar no campo superior esquerdo fica o botão para retornar a página principal.

Figura 2: Tela de histórico das leituras dos instrumentos

The screenshot shows a web application interface with a dark theme. At the top right, there is a 'Deploy' button and a menu icon. Below these is a title 'Leituras de Sensores de Corrente Elétrica' and a 'Voltar' button. The main area is a table with 8 columns and 10 rows of data. The columns are: 'Temperatura Sensor 1 (°C)', 'Leitura Sensor 1 (mV)', 'Temperatura Sensor 2 (°C)', 'Leitura Sensor 2 (mV)', 'Temperatura Sensor 3 (°C)', 'Leitura Sensor 3 (mV)', 'Temperatura Sensor 4 (°C)', and 'Leitura Sensor 4 (mV)'. The data rows show numerical values for each sensor reading.

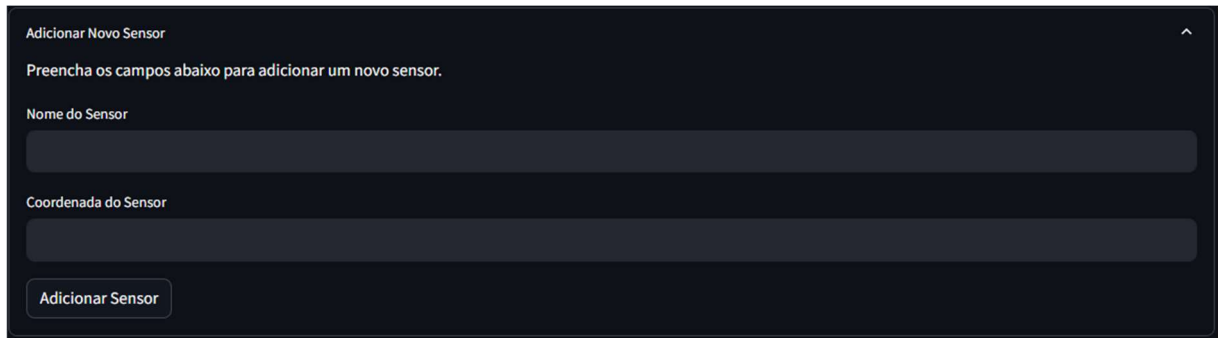
	Temperatura Sensor 1 (°C)	Leitura Sensor 1 (mV)	Temperatura Sensor 2 (°C)	Leitura Sensor 2 (mV)	Temperatura Sensor 3 (°C)	Leitura Sensor 3 (mV)	Temperatura Sensor 4 (°C)
0	26.6204	524.8357	23.0746	493.0868	21.6154	532.3844	28.0584
1	29.6564	488.2932	20.8039	578.9606	23.4539	538.3717	26.6563
2	22.6041	476.8291	24.0717	476.7135	19.4683	512.0981	19.019
3	31.7812	471.8856	24.6399	449.3584	30.0177	515.7124	26.8082
4	26.807	573.2824	32.6902	488.7112	24.8209	503.3764	32.8232
5	29.1095	505.5461	25.4352	442.4503	23.505	518.7849	25.4588
6	23.9016	469.9147	26.7856	592.6139	32.3895	499.3251	22.4086
7	22.4912	438.9578	29.577	510.4432	26.6438	402.0165	22.3512
8	25.4854	536.9233	29.8432	508.5684	21.4897	494.2176	23.3617
9	17.6824	464.0078	26.4806	476.9681	26.3053	552.8561	25.0256

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Retornado a página principal temos o modal que possibilita que o usuário crie um local de monitoramento, com isso ele deve atribuir um nome ao local no campo

nome, após ele deve preencher campo das coordenadas e então aperta o botão criar, que irá inserir um novo local no mapa, esses locais servem para agrupar os sensores que estão sendo monitorados.

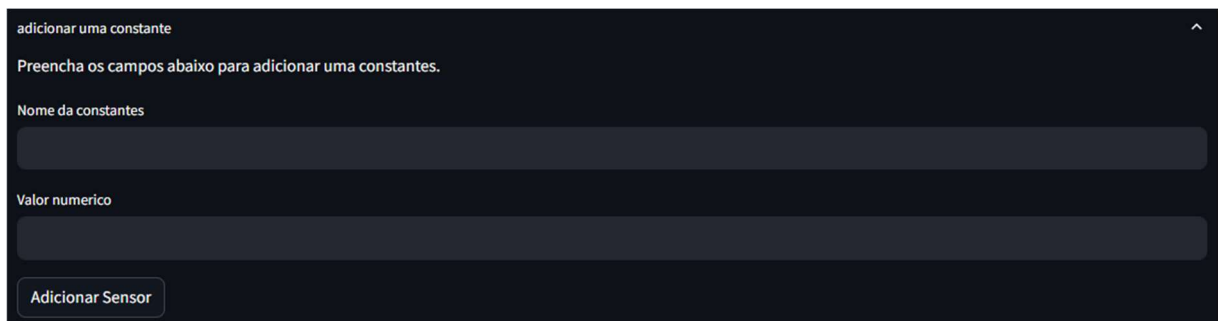
Figura 3: Tela de inserir um local para monitoramento

A imagem mostra uma interface de usuário com o título "Adicionar Novo Sensor" no topo. Abaixo do título, há uma instrução: "Preencha os campos abaixo para adicionar um novo sensor." Seguem dois campos de entrada: "Nome do Sensor" e "Coordenada do Sensor". Ambos os campos são representados por barras cinzas vazias. No canto inferior esquerdo, há um botão com o texto "Adicionar Sensor".

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O próximo modal permite a criação de valores constantes no projeto, para poder ser utilizado em futuros cálculos matemáticos que o usuário possa precisa nós seus sensores.

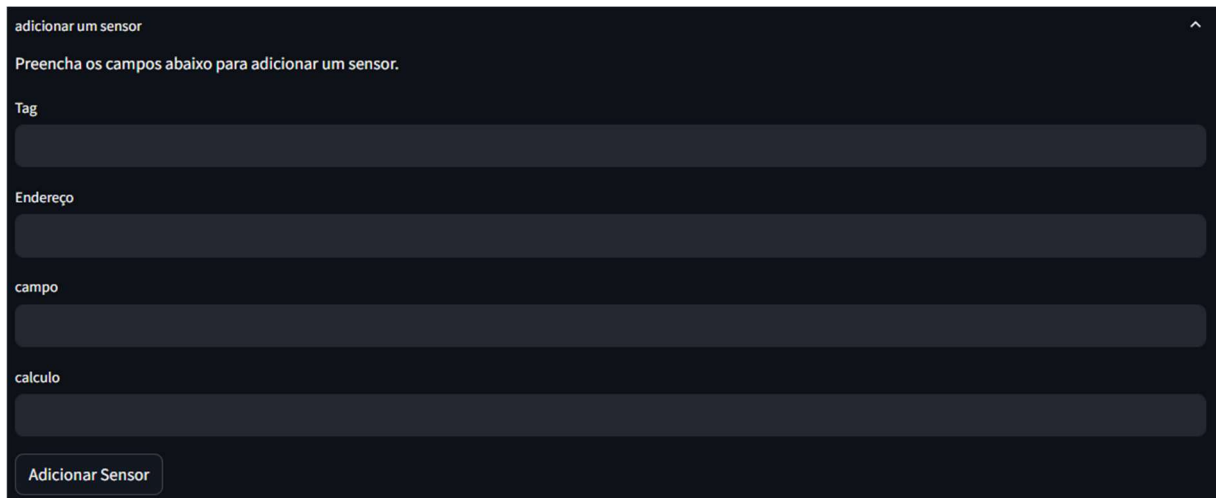
Figura 4: Tela de inserir uma constante

A imagem mostra uma interface de usuário com o título "adicionar uma constante" no topo. Abaixo do título, há uma instrução: "Preencha os campos abaixo para adicionar uma constantes." Seguem dois campos de entrada: "Nome da constantes" e "Valor numerico". Ambos os campos são representados por barras cinzas vazias. No canto inferior esquerdo, há um botão com o texto "Adicionar Sensor".

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Por fim o modal que define os sensores que cada local de monitoramento pode ter, ele permite você apontar onde estão os dados e quais campos esse arquivo tem, assim ele define esses dados e permite você aplicar alguma expressão algébrica a eles, inserindo a notação matemática no campo formula, caso o campo fique em branco o *software* entende que você não que alteara a informação recebida, o que pode ser útil em sensores que o *datalogger* já forneça os dados processado.

Figura 5: Tela de inserir uma constante



The image shows a web form with a dark background. At the top, it says 'adicionar um sensor' with a small upward arrow icon. Below that is the instruction 'Preencha os campos abaixo para adicionar um sensor.' There are four input fields, each with a label to its left: 'Tag', 'Endereço', 'campo', and 'calculo'. At the bottom left of the form is a button labeled 'Adicionar Sensor'.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

6.6 Testes e resultados

Dentro das diversas etapas do desenvolvimento umas das mais complexas são os testes, nessa etapa deve-se avaliar se o software está executando cada função corretamente, pois a responsabilidade de uma aplicação de monitoramento é de extrema importância, segundo Delamaro (2016, p. 1):

A atividade de teste é complexa. São diversos os fatores que podem colaborar para a ocorrência de erros. Por exemplo, a utilização de um algoritmo incorreto para computar o valor das mensalidades a serem pagas para um empréstimo ou a não utilização de uma política de segurança em alguma funcionalidade do software são dois tipos distintos de engano e, de certa forma, encontram-se em níveis diferentes de abstração. O primeiro tipo de erro provavelmente está confinado a uma função ou rotina que implementa de forma incorreta uma dada funcionalidade. No segundo caso, mesmo que exista uma certa política de segurança implementada de maneira correta, é preciso verificar se todos os pontos nos quais essa política deveria ser aplicada fazem-no de maneira correta.

Em razão desse fato foram praticadas duas técnicas de teste, os testes funcionais que segundo Delamaro (2016, p. 1) “Nessa técnica os detalhes de implementação não são considerados e o software é avaliado segundo o ponto de vista do usuário”, ou seja, passamos para aplicação dados fictícios como se fosse um cliente, assim verificando se todas as entradas e saídas de dados estão funcionando conforme o planejado.

Outra técnica de teste utilizada foi a de teste Web, por mais que *framework* evite o trabalho com *HyperText Markup Language* (HTML) e Javascript, ainda assim está sendo executada no navegador o que precisa de teste diferente, conforme citado por Delamaro (2016, p. 228):

O teste de aplicações Web, apesar de possuir semelhanças com o teste de aplicações tradicionais desktop e cliente-servidor, é uma tarefa complexa, porque apresenta algumas dificuldades adicionais inerentes às próprias características dessas aplicações, que são dinâmicas e heterogêneas.

Em virtude do *framework* um dos principais testes web utilizado foi o de sessão, semelhante ao teste funcional ele aplicar entradas de dados como cliente, porém focando em verificar se a aplicação está respondendo aos múltiplos estados, sem que haja vazamento de valores entre os usuários, essa etapa é importante, pois a aplicação tem um funcionamento baseado no estado.

6.6.1 Cenário de testes

O primeiro teste realizado foi o de comunicação FTP, para isso foi gerado um arquivo *comma-separated-values* (CSV) com um padrão semelhante gerados por *dataloggers*, então foi executado um servidor FTP em um smartphone para simular uma comunicação entre o *software* e dispositivo. Após a comunicação ter sido estabelecida é realizado um teste, para verificar se a aplicação está observando os eventos do arquivo, o que deve atualizar o banco de dados, para isso o arquivo recebe uma pequena alteração e então o *software* dispara que dispara a funcionalidade. Uma falha detectada nessa etapa é o limite de diretório que o Python consegue acessar, como ele usar a funcionalidade do sistema operacional para acessar os arquivos, ele limita o uso de no máximo 255 caracteres de diretório, com isso, podem ser gerados alguns erros caso o FTP não esteja configurado corretamente.

A próxima funcionalidade a ser testada é visualização dos dados, esse teste se parece com o realizado na funcionalidade do FTP, onde foi aplicado dados fictícios que ao serem alterados devem ser atualizados na tela, assim a função realiza o mesmo passo do FTP, a mudança é que ele vai realizar uma transformação nas informações para ficarem no padrão necessário, assim sendo imprimida na tela os valores de leitura.

A próxima funcionalidade a ser testada é a da linguagem de expressão matemática, implementada dentro do *software* para que o usuário realize os cálculos conforme a demanda do seu sensor, para isso foi executando uma operação utilizando todas as notações possíveis dentro do escopo, ou seja, foi utilizado as operações de adição, subtração, multiplicação, divisão, uso de parentes para definir relevância de precedência e a de criação de constates para serem utilizado como valor fixos em expressões algébricas. Um aqui produzindo erros foi com valores não numéricos e não notadas pela linguagem, pois ele poderia causar algum tido de erro na memória do servidor e fazer a aplicação parar, para isso foi adicionado uma validação de dados para verificar se os dados eram válidos, ou se a constantes citadas existiam nos estados da aplicação.

Uma possível falha que a aplicação pode apresentar é a de performance, por mais que o código esteja otimizado, ainda existem limitações no próprio *framework* da *Streamlit*, ainda assim nos teste de performance onde no *Python* foi adicionando a função *time* da linguagem, com a intenção de ver quanto tempo o interpretado do *Python* gasta ao longo da aplicação, ou seja, cada vez que uma linha de funcionalidade é ativado ela passa em *time* e marca o tempo, permitindo calcular a diferença entre um marcado e outro.

Os testes de funcionalidades foram realizados todos os cadastros de informações possíveis no programa, no caso foi criado um local de monitoramento fictício com um posicionamento, sensores fictícios para este local e cálculos fictícios para serem salvos também, além de constantes. O teste em questão validou a persistência do banco de dados estava funcionando conforme as regras de negócio do programa.

O teste realizado, voltado para a área de segurança, foi o das validações dos campos de dados, pois caso um tipo de dados não processável pela linguagem seja enviado ao programa, ele pode travar o processo, o que consequentemente fará com que a aplicação caia. Outro cuidado nesse seguimento é verificar comandos de banco de dados, pois caso um comanda seja enviado por campo de entrada ele pode acabar sendo processado o que pode permitir vazamento de informação, esse tipo de ataque ficou conhecido como *sql injector* e pode ser replicado para alguns bancos de dados no-sql. Por fim, o último teste realizado foi o de números máximo de dados, para evitar que cargas de dados demasiadamente grandes fossem enviados a aplicação, o que poderia causar algum tipo de erro e para o programa.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos fatos citados no presente trabalho, percebe-se que existe uma crescente demanda por eficiência energética na sociedade, o presente trabalho teve como o objetivo principal desenvolver uma aplicação que conseguisse monitorar o consumo energético, auxiliando usuários a implementar soluções voltadas para a redução de consumo. Durante a fase teste o *software* apresentou eficiência em realizar as funcionalidades proposta além de pouco tempo de processamento, inovando no quesito adaptabilidade, pois permite que os usuários consigam colocar em seus projetos de monitoramento, qualquer expressão matemática conforme os sensores utilizados.

Para concluir, algumas melhorias futuras podem ser implementadas na aplicação, como um sistema de controle de autenticação para os usuários, pois por se tratar de um protótipo não foi utilizado nenhum tipo de controle para usuários. Outra funcionalidade seria a implementação de comunicação em diversos protocolos de comunicação, incluindo protocolos industriais, para garantir uma compatibilidade com maior número de tecnologia no mercado.

A criação de um sistema para monitoramento de consumo elétrico é de importância fundamental para diversos setores da sociedade, desempenhando um papel crucial na promoção de eficiência energética, sustentabilidade ambiental, inovação tecnológica e educação. Eficiência Energética é uma das principais preocupações em um mundo onde os recursos são finitos e a demanda por energia continua a crescer. Sistemas de monitoramento de consumo elétrico permitem a identificação de padrões de uso, desperdícios e áreas onde a eficiência pode ser melhorada. Com dados precisos e em tempo real, consumidores e empresas podem tomar decisões informadas para otimizar o uso da eletricidade, reduzir custos e minimizar desperdícios.

O desenvolvimento de sistemas de monitoramento de consumo elétrico está ligado à inovação tecnológica. A criação e a implementação desses sistemas exigem o uso de tecnologias avançadas, como sensores inteligentes, Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial e big data. Este campo de estudo promove a pesquisa e o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas, impulsionando o progresso em várias disciplinas e criando oportunidades para avanços significativos no setor de energia.

O estudo e a criação de sistemas para monitoramento de consumo elétrico representam uma rica área de investigação que oferece contribuições significativas para a academia. Ao promover a interdisciplinaridade, impulsionar a inovação tecnológica, fomentar a sustentabilidade, formar profissionais competentes, gerar publicações e influenciar políticas públicas, esta área de estudo desempenha um papel crucial na evolução do conhecimento e na preparação das futuras gerações para os desafios do século XXI.

Com acesso a dados detalhados sobre seu consumo de energia, os consumidores ganham poder para controlar melhor seu uso de eletricidade. Isso não apenas ajuda a reduzir custos, mas também aumenta a consciência sobre o impacto ambiental de suas ações. Consumidores informados são mais propensos a adotar comportamentos sustentáveis, investir em aparelhos eficientes e apoiar políticas de energia limpa.

Para a sociedade trazem uma miríade de benefícios que vão além da simples economia de energia. Eles promovem a sustentabilidade ambiental, empoderam consumidores, estimulam a inovação tecnológica, garantem segurança energética, educam a população, promovem justiça social, auxiliam no planejamento urbano e informam políticas públicas. Estas contribuições são essenciais para a construção de uma sociedade mais eficiente, justa e sustentável, onde o uso consciente de recursos energéticos é uma prioridade compartilhada por todos.

O estudo e a criação de sistemas para monitoramento de consumo elétrico oferecem uma riqueza de benefícios e oportunidades para os profissionais da área, desde engenheiros e técnicos até gestores de energia e desenvolvedores de *software*. Eles promovem o aprimoramento técnico, a inovação, a gestão eficiente de energia, a conformidade regulatória, o crescimento profissional, a colaboração interdisciplinar, a inovação social e o desenvolvimento de habilidades analíticas. Estes fatores combinados fazem deste campo de estudo uma área vibrante e crucial para o desenvolvimento profissional e a sustentabilidade futura.

Por fim pode ser feito a utilização de tecnologia mais eficientes em termo de performance, em um teste de estresse a aplicação se mostrou pouco resistente quando múltiplos usuários fazem uso de seus recursos. Em resumo, o projeto cumpriu com os objetivos gerais e específicos proposto no trabalho, além de justificar a causa da criação da ferramenta, gerando uma nova solução para a sociedade.

8 REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELLI, Reinaldo; GEDRA, Ricardo L. **Eficiência Energética - Técnicas de Aproveitamento, Gestão de Recursos e Fundamentos**. São Paulo: SRV Editora LTDA, 2015. E-book. ISBN 9788536518404. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536518404/>. Acesso em: 12 mai. 2024.

BORTONI, Edson da Costa; HADDAD, Jamil; NOGUEIRA, Fábio José Horta; NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta; VENTURINI, Osvaldo José; VIANA, Augusto Nelson Carvalho; YAMACHITA, Roberto Akira. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1a. ed. Campinas: Universidade Federal de Itajubá, 2012.

BRACAGIOLI NETO, Alberto; GEHLEN, Ivaldo. **Sistemas De Monitoramento E Avaliação**. In: BRACAGIOLI NETO, Alberto; GEHLEN, Ivaldo. Planejamento e gestão de projetos. Porto Alegre: UFRGS, 2018. p. 53-67. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/181352>. Acesso em: 06 mai. 2024.

Brasil. Decreto nº 20.466, de 01 de outubro de 1931. Estabelece a hora de economia de luz no verão em todo o território brasileiro. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 de outubro de 1931.

Brasil. Decreto nº 41.019, de 26 de fevereiro de 1957. Regulamenta os serviços de energia elétrica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 de fevereiro de 1957.

Ministério de Minas e Energia. **Atlas da Eficiência Energética**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-741/Atlas_Eficiencia_Energetica_Brasil_2022.pdf Acesso em: 20 abr. 2024.

BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew. **A Segunda Era Das Máquinas**. [The Second Machine Age]. Rio de Janeiro: Alta Books, 2014

DELAMARO, Marcio. **Introdução ao Teste de Software**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016. E-book. ISBN 9788595155732. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155732/>. Acesso em: 28 abr. 2024.

ELETROBRAS. **Relatório Anual 2023**. 2023. Disponível em: https://eletrobras.com/pt/Documents/Eletronbras_RA_2023.pdf. Acesso em: 16 fev. 2024.

FILHO, Matheus Teodoro da S. **Fundamentos de Eletricidade**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2007. E-book. ISBN 978-85-216-2444-8. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2444-8/>. Acesso em: 18 mai. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Curso Técnico em Eletrotécnica**. p. 16-31. Disponível em: <https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2011/10/eletrotecnica_medidas_eletricas.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2024

LAKATOS, Eva M. **Metodologia do Trabalho Científico**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021. E-book. ISBN 9788597026559. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597026559/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

LAMBERT, Kenneth A. **Fundamentos de Python: primeiros programas**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2022. E-book. ISBN 9786555584301. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555584301/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

LEDUR, Cleverson L. **Análise e projeto de sistemas**. Porto Alegre: Grupo A, 2018. E-book. ISBN 9788595021792. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595021792/>. Acesso em: 28 abr. 2024.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia Científica: Um Manual para a Realização de Pesquisas em Administração**. Catalão-GO: Biblioteca da UFG, 2011. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 22 de abril de 2024.

PIEDADE, Moisés. **Edison e primeiros medidores de energia**. Abril de 2020. Disponível em: <https://museufaraday.ist.utl.pt/HistTechnology/Edison%20e%20primeiros%20medidores%20de%20energia.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2024.

PINTO, Milton de O. **Energia Elétrica - Geração, Transmissão e Sistemas Interligados**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2013. E-book. ISBN 978-85-216-2526-1. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2526-1/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

PRESSMAN, Roger S.; MAXIM, Bruce R. **Engenharia de software: uma abordagem profissional**. 8. ed. São Paulo: AMGh Editora Ltda, 2016. Disponível em: <https://archive.org/details/pressman-engenharia-de-software-uma-abordagem-profissional-8a/page/n1/mode/2up>. Acesso em: 16 mai. 2024.

RIDLEY, Matt. **O Otimista Racional**. [The Rational Optimist: How Prosperity Evolves]. Rio de Janeiro: Record, 2014.

SBROCCO, José Henrique Teixeira de C.; MACEDO, Paulo Cesar de. **Metodologias Ágeis - Engenharia de Software sob Medida**. São Paulo: SRV Editora LTDA, 2012. E-book. ISBN 9788536519418. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519418/>. Acesso em: 20 mai. 2024.

SILVA, Luiz F C.; RIVA, Aline D.; ROSA, Gabriel A.; *et al.* **Banco de Dados Não Relacional**. Porto Alegre: Grupo A, 2021. E-book. ISBN 9786556901534. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556901534/>. Acesso em: 22 mar. 2024.

SINCLAIR, Bruce. **IoT: como usar a internet das coisas para alavancar seus negócios**. São Paulo: Grupo Autêntica, 2018. E-book. ISBN 9788551303559. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788551303559/>. Acesso em: 23 mai. 2024.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de software**. 9. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2013. Disponível em: <https://www.facom.ufu.br/~william/Disciplinas%202018-2/BSI-GSI030-EngenhariaSoftware/Livro/engenhariaSoftwareSommerville.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2024.

Página de assinaturas

Rhafaël K

Rhafaël Kruger
021.880.342-79
Signatário

Sara C

Sara Carvalho
017.799.872-50
Signatário

Adriano B

Adriano Bollas
669.522.202-91
Signatário

Antonio S

Antonio Silva
032.290.192-88
Signatário

HISTÓRICO

24 jul 2024 19:50:56		Rhafaël Richard Silva Kruger criou este documento. (Email: rhafaël2017@gmail.com, CPF: 021.880.342-79)
24 jul 2024 19:50:58		Rhafaël Richard Silva Kruger (Email: rhafaël2017@gmail.com, CPF: 021.880.342-79) visualizou este documento por meio do IP 170.231.134.185 localizado em Parauapebas - Pará - Brazil
24 jul 2024 19:51:16		Rhafaël Richard Silva Kruger (Email: rhafaël2017@gmail.com, CPF: 021.880.342-79) assinou este documento por meio do IP 170.231.134.185 localizado em Parauapebas - Pará - Brazil
25 jul 2024 08:51:52		Antonio Soares da Silva (Email: ads@fadesa.edu.br, CPF: 032.290.192-88) visualizou este documento por meio do IP 170.239.200.18 localizado em Parauapebas - Pará - Brazil
25 jul 2024 08:52:20		Antonio Soares da Silva (Email: ads@fadesa.edu.br, CPF: 032.290.192-88) assinou este documento por meio do IP 170.239.200.18 localizado em Parauapebas - Pará - Brazil
24 jul 2024 19:53:07		Sara Carvalho (Email: csaradeboracontato@gmail.com, CPF: 017.799.872-50) visualizou este documento por meio do IP 186.232.206.18 localizado em Parauapebas - Pará - Brazil
24 jul 2024 19:53:26		Sara Carvalho (Email: csaradeboracontato@gmail.com, CPF: 017.799.872-50) assinou este documento por meio do IP 186.232.206.18 localizado em Parauapebas - Pará - Brazil
24 jul 2024 20:41:34		Adriano Louzada Bollas (Email: adriano.louzadabollas@gmail.com, CPF: 669.522.202-91) visualizou este documento por meio do IP 200.124.94.204 localizado em Parauapebas - Pará - Brazil



24 jul 2024
20:41:37



Adriano Louzada Bollas (Email: adriano.louzadabollas@gmail.com, CPF: 669.522.202-91) assinou este documento por meio do IP 200.124.94.204 localizado em Parauapebas - Pará - Brazil

