

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
() PRÉ-PROJETO	(X) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021/01

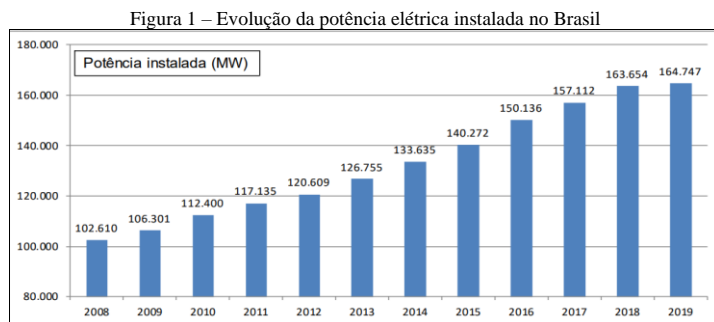
IOT APLICADO NO MONITORAMENTO DO CONSUMO ELÉTRICO DE BAIXA POTÊNCIA

Augusto Henrique da Conceição

Prof. Miguel Alexandre Wisintainer – Orientador(a)

1 INTRODUÇÃO

É evidente a dependência da energia elétrica para a humanidade. Segundo dados do Banco de Informações de Geração (2019 apud AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019, p. 7), no primeiro trimestre de 2019 o Brasil contou com uma potência instalada de aproximadamente 165 mil megawatts (MW). Na Figura 1 – Evolução da potência elétrica instalada no Brasil, é possível visualizar a evolução da potência elétrica instalada no Brasil ao longo da última década. Conforme dados do Programa de Eficiência Energética (2019 apud AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019, p. 58), como consequência dessa crescente quantidade de energia elétrica gerada, os desperdícios energéticos também aumentaram consideravelmente. No entanto, conforme a Assessoria Institucional da Diretoria (2020), no período de 1998 a 2019 foram economizados 63 terawatts-hora (TWh) de energia, equivalentes ao consumo de 32,4 milhões de residências durante o período de um ano, por meio de 4.850 projetos já concluídos.



Fonte: Banco de Informações de Geração (2019).

Segundo a Superintendência de Gestão Tarifária (2021), o valor médio da tarifa elétrica residencial no Brasil, no primeiro trimestre de 2021, foi de R\$ 0,575 por kilowatt-hora (kWh), tendo a região norte a maior média de tarifação do país. De acordo com a Agência Nacional De Energia Elétrica (2019), num período mais recente (2013-2019) houve um salto na variação da tarifação elétrica de 87,2% *versus* uma variação de 47,2% do salário-mínimo.

De acordo com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2017), o uso de Internet of Things (IoT) vem sendo disseminado no Brasil. Estima-se que o impacto econômico anual em 2025 será de 50 a 200 bilhões de dólares. Existe um plano de ação de internet das coisas no Brasil, o qual é responsável por impulsionar o desenvolvimento sustentável da sociedade brasileira, aumentando a competitividade econômica e fortalecendo as cadeias de valores. Segundo o professor Michael Porter (2018? apud ANGELO, 2018, p. 2) da *Harvard Business School*, o IoT é considerado “a mudança mais substancial na produção de bens desde a Segunda Revolução Industrial”.

Diante deste cenário de geração e tarifação elétrica crescente, o presente trabalho busca trazer um protótipo IoT capaz de mensurar de forma automática o consumo elétrico de baixa potência, ou seja, não industrial, de modo a auxiliar o consumidor no controle do consumo elétrico de seus dispositivos e/ou de suas residências de forma prática e transparente.

Comentado [FAP1]: desenvolver

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é disponibilizar um protótipo Internet das Coisas capaz de mensurar o consumo elétrico de equipamentos de baixa potência.

Os objetivos específicos são:

- mensurar a potência elétrica ativa consumida por dispositivos elétricos;
- transmitir as leituras por meio de um barramento de comunicação utilizando o protocolo MQTT via

- Wi-Fi IEEE 802.11;
- c) permitir por meio de um aplicativo móvel a exibição do histórico de consumo e o consumo em tempo real com base nas leituras;
 - d) notificar o usuário quando houver consumo excessivo e/ou consumo em bandeira amarela ou vermelha.

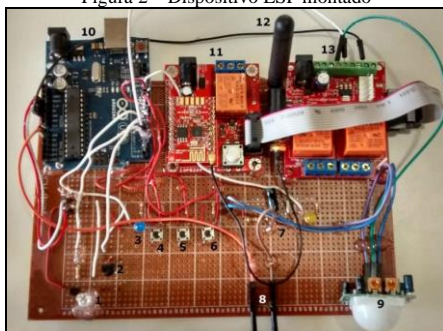
2 TRABALHOS CORRELATOS

Foram elencados três trabalhos correlatos que possuem um contexto parecido com o do trabalho proposto. O primeiro trata-se de um protótipo capaz de desligar um dispositivo elétrico de forma remota por meio da rede Wi-Fi 802.11 (SABEL, 2016). O segundo trabalho propõe uma extensão do protótipo do primeiro correlato, com o intuito de otimizar o uso de energia elétrica dos ares-condicionados e projetores da Universidade Regional de Blumenau (RUTMANN, 2018). O terceiro correlato, por sua vez, é um protótipo que monitora o consumo elétrico de maneira automatizada (SENA, 2018).

2.1 PROTÓTIPO DE UM SISTEMA GERENCIADOR DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS VIA WI-FI PARA ECONOMIA DE ENERGIA

O protótipo proposto por Sabel (2016), ilustrado na Figura 2, tem como objetivo desligar equipamentos elétricos de forma remota via rede Wi-Fi no padrão IEEE 802.11. Para isso, o autor utilizou transmissores infravermelhos, um microcontrolador ESP8266, um microcontrolador Arduino Uno e um sensor de movimento. O processo inicia-se no aprendizado dos comandos infravermelhos do dispositivo alvo por meio de um receptor infravermelho interligado ao Arduino Uno. Após tal mapeamento, o protótipo denominado de dispositivo ESP já é capaz de desligar dispositivos de forma remota (SABEL, 2016).

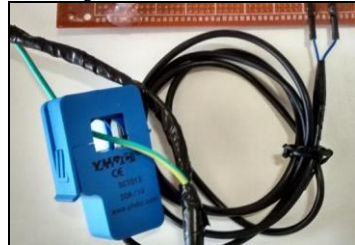
Figura 2 – Dispositivo ESP montado



Fonte: Sabel (2016).

O fluxo de funcionamento ocorre por meio de um sistema gerenciador. Ao abrir uma página Web ocorre a busca de todos os protótipos localizados na Local Area Network (LAN) e posteriormente a conexão em cada um deles via protocolo TCP/IP a fim de obter os parâmetros do sensor de movimento conectado ao Arduino Uno. O objetivo é que ao detectar um longo período sem movimentação no local monitorado, ocorra o desligamento do(s) dispositivo(s) alvo(s) por meio de comandos infravermelhos previamente mapeados. No entanto, antes de realizar o desligamento do dispositivo alvo, é necessário realizar uma validação para verificar se ele ainda está ligado de fato, para isso é utilizado um sensor de corrente conforme a Figura 3 (SABEL, 2016).

Figura 3 – Sensor de corrente



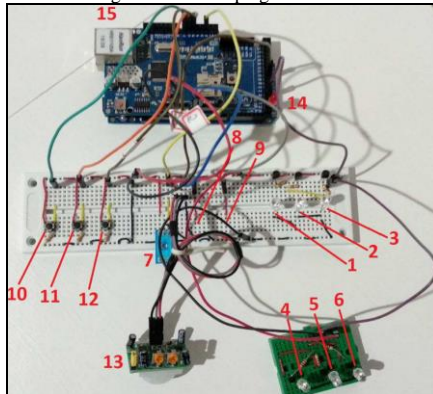
Fonte: Sabel (2016).

Segundo o autor, o protótipo obteve êxito ao desligar dispositivos elétricos via comandos infravermelhos de forma remota através da rede Wi-Fi 802.11. De acordo com o autor, os testes demonstraram não só que o protótipo funciona, mas também que ele poderia ser utilizado para controlar diversos dispositivos elétricos em grandes espaços (SABEL, 2016).

2.2 PROTÓTIPO DE UM DISPOSITIVO GERENCIADOR DE EQUIPAMENTOS VIA ETHERNET PARA ECONOMIA DE ENERGIA

O protótipo da Figura 4, proposto por Ruttman (2018) tem como objetivo estender as funcionalidades do protótipo desenvolvido por Sabel (2016). Foi utilizado um microcontrolador Arduino Mega em conjunto com um Ethernet Shield, visto que a comunicação foi alterada de rede Wi-Fi padrão IEEE 802.11 para a rede via cabo no padrão IEEE 802.3. Para verificar se o dispositivo ainda está ligado foi utilizado um Light Dependent Resistor (LDR) ao invés de um sensor de corrente. Segundo o autor, o público-alvo do projeto seria a Universidade Regional de Blumenau (FURB), a qual segundo o autor possui problemas de desperdício energético por meio dos ares-condicionados e projetores ligados em salas vazias (RUTTMANN, 2018).

Figura 4 – Protótipo gerenciador



Fonte: Ruttman (2018).

Segundo Ruttman (2018), a mudança do meio de comunicação foi feita para facilitar a integração do protótipo na infraestrutura do campus da FURB. O desligamento dos ares-condicionados e projetores dá-se por meio de comandos infravermelhos, os quais já foram mapeados no início do processo. Para detectar se os dispositivos ainda estão ligados foi utilizado um LDR, conforme a Figura 5. De acordo com Júnior (2013), o LDR varia a sua resistência elétrica proporcionalmente à quantidade de luz incidente sobre ele, permitindo saber se há ou não uma fonte de luz no local onde o sensor foi instalado.

Figura 5 – Sensor em um projetor



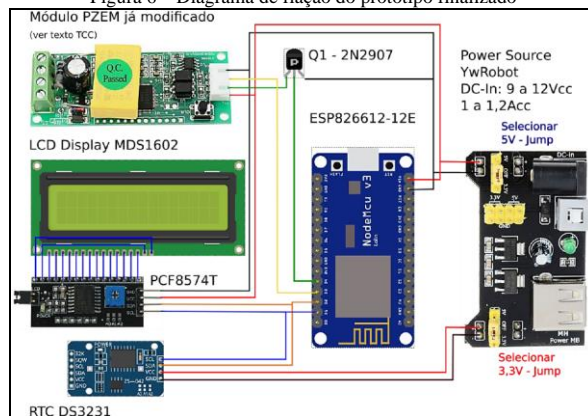
Fonte: Ruttman (2018).

Conforme Ruttman (2018), o objetivo do protótipo foi atendido adequadamente e o seu custo de implantação facilmente se justificaria com a redução dos custos em vigias, os quais são responsáveis por visitar todas as salas após as aulas. Além dessa redução, existe a potencial redução no custo com energia elétrica, principalmente se for aplicado em todo o campus da FURB (RUTTMANN, 2018).

2.3 MEDIDOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA COM ACESSO LOCAL E REMOTO USANDO PLATAFORMA ESP8266

O protótipo da Figura 6, proposto por Sena (2018) tem como objetivo mensurar a tensão e a corrente de sinais elétricos e disponibilizar tais informações ao usuário pela internet. Para isso, foi utilizado um microcontrolador ESP8266 (NodeMCU v3, Lolin) com comunicação Wi-Fi no padrão IEEE 802.11 e um módulo responsável por mensurar os sinais elétricos, denominado PZEM-004T. O projeto possui também um display LCD que exibe as informações mensuradas em tempo real (SENA, 2018).

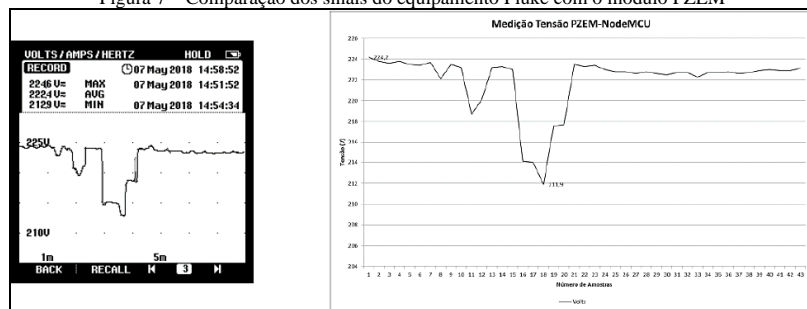
Figura 6 – Diagrama de fiação do protótipo finalizado



Fonte: Sena (2018).

Segundo o autor, para evidenciar a precisão do módulo PZEM-004T foi utilizado um equipamento homologado da marca Fluke, denominado de Analisador de Qualidade de Energia. Na Figura 7 é feita uma comparação das leituras do equipamento homologado com os sinais mensurados pelo módulo PZEM-004T. Para apresentar os dados ao usuário foi utilizado um painel digital com componentes denominados de *widgets* dentro da plataforma Blynk, os quais exibem em tempo real as grandezas lidas pelo protótipo (SENA, 2018).

Figura 7 – Comparação dos sinais do equipamento Fluke com o módulo PZEM



Fonte: Sena (2018).

Conforme Sena (2018), todos os ensaios foram realizados com o equipamento Fluke, os quais também demonstraram dados consistentes. De acordo com o autor, houve a necessidade de utilizar uma fonte de energia com duas tensões de saída devido à diferença de alimentação do módulo PZEM-004T e do ESP8266. Sena (2018) salienta que o protótipo poderia ser facilmente adaptado de modo a ser utilizado para aplicações em campo que não exijam resultados homologados.

3 PROPOSTA DO PROTÓTIPO

Nesta seção será abordada a justificativa do protótipo, um quadro comparativo dos trabalhos correlatos e quais os requisitos funcionais e não funcionais previstos, bem como a metodologia e o cronograma que serão utilizados ao longo do desenvolvimento do protótipo.

3.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com o Programa de Eficiência Energética (2019 apud AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019, p. 58), o consumo energético vem crescendo ao longo das décadas e por consequência os desperdícios energéticos também. Os consumidores ficam à mercê dos relatórios disponibilizados por suas concessionárias elétricas, sem saberem de fato o que mais está consumindo energia em suas residências ou até mesmo em quais momentos do dia ocorre o maior consumo. Além disso, existe a prática da tarifação em bandeira amarela ou vermelha, onde são feitas cobranças adicionais. O presente projeto tem como objetivo auxiliar o consumidor a minimizar tais desperdícios energéticos, monitorando o consumo elétrico de seus dispositivos e/ou residenciais, gerando alertas em caso de consumo excessivo e/ou em regime de tarifação especial.

Os sensores encontrados no mercado costumam ser simples e muitas vezes não armazenam e nem fornecem os dados, apenas os exibe em um display. Existem ainda protótipos projetados para realizarem funções pré-determinadas a fim de otimizar o uso enérgico, como por exemplo os trabalhos correlatos apresentados no Quadro 1 de Sabel (2016) e Ruttman (2018).

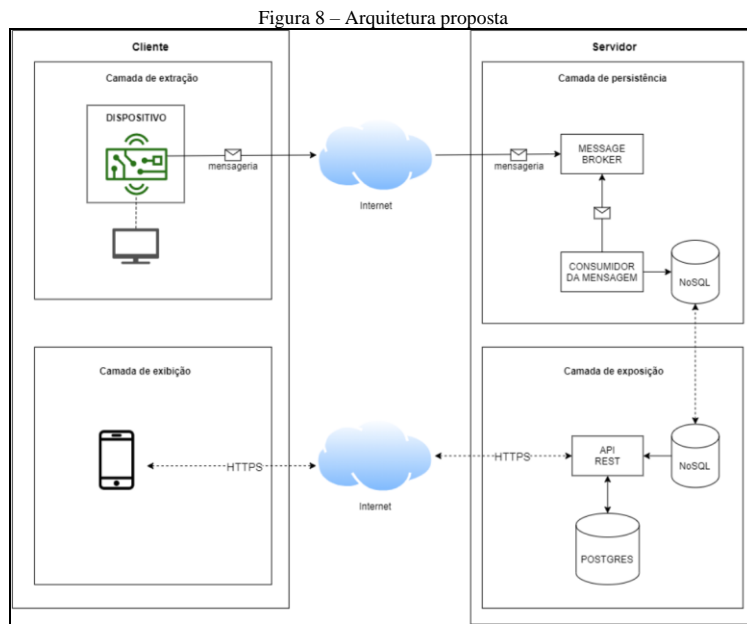
Comentado [FAP2]: dados de histórico

Quadro 1 – Comparativo dos trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos	Sabel (2016)	Ruttman (2018)	Sena (2018)
Características			
Comunicação infravermelho	Sim	Sim	Não
Padrão IEEE 802.11	Sim	Não	Sim
Padrão IEEE 802.3	Não	Sim	Não
Sensor LDR	Não	Sim	Não
Sensor de presença	Sim	Sim	Não
Sensor de corrente	Sim	Não	Sim
Sensor de tensão	Não	Não	Sim
Informações na nuvem	Sim	Sim	Sim
Protocolo MQTT	Não	Não	Sim
Microcontrolador	ESP8266	Arduino Mega	ESP8266

Fonte: elaborado pelo autor.

A arquitetura proposta no projeto segue o modelo da Figura 8, que tem como diferencial dos demais correlatos do Quadro 1 um servidor próprio com persistência em banco de dados não relacional e um aplicativo móvel customizado. O protótipo proposto por Sena (2018) visa tal otimização por meio de leituras constantes do consumo de dispositivos elétricos, onde o grande diferencial do protótipo de Sena (2018) para o presente trabalho é em relação à apresentação dos dados. Será desenvolvido um aplicativo móvel próprio ao invés da utilização da plataforma Blynk, a qual segundo Sena (2018) possui certas limitações. Além disso, será utilizado o microcontrolador ESP32, sucessor do microcontrolador ESP8266.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Os requisitos funcionais (RF) são:

- mensurar a corrente elétrica;
- mensurar a tensão elétrica;
- calcular a potência elétrica ativa por meio das duas grandezas mensuradas;
- notificar o usuário em caso de consumo elétrico excessivo;
- gerar relatórios de consumo por período;
- gerar projeções de consumo;
- permitir a gestão dos sensores.

Os requisitos não funcionais (RNF) são:

- a apresentação dos dados será feita por meio de um aplicativo móvel desenvolvido na plataforma Ionic;
- o microcontrolador utilizará a plataforma nanoFramework;
- os dados extraídos serão persistidos em uma base de dados não relacional;
- o módulo responsável por mensurar as grandezas elétricas será o PZEM-004T;
- o microcontrolador será o ESP32.

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico: realizar o levantamento bibliográfico dos módulos eletrônicos envolvidos no projeto bem como da plataforma Ionic;
- refinamento dos requisitos: refinar os requisitos de modo a avaliar se existem outras funcionalidades essenciais a serem desenvolvidas;
- especificação do projeto: elaborar os protótipos de tela do aplicativo móvel com o software Balsamiq Mockups, modelar os bancos de dados, os fluxogramas e os casos de uso na plataforma Draw.io e desenhar o esquema elétrico no software Fritzing;
- implementação dos serviços expostos: desenvolver os serviços responsáveis por manter/expor as informações no banco de dados;
- implementação da camada de extração: desenvolver o sistema responsável por mensurar e transmitir os dados do dispositivo elétrico a ser monitorado;
- implementação do aplicativo móvel: desenvolver um aplicativo móvel capaz de consumir os serviços expostos e apresentar os dados ao usuário;
- testes integrados: realizar o teste do protótipo desde a camada de extração à camada de exibição.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 – Cronograma

etapas / quinzenas	2021							
	ago.		set.		out.		nov.	
	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico								
refinamento dos requisitos								
especificação do projeto								
implementação dos serviços expostos								
implementação da camada de extração								
implementação do aplicativo móvel								
testes integrados								

Fonte: elaborado pelo autor.

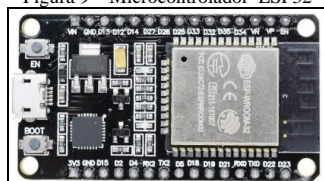
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção é feita uma introdução em relação a série de microcontroladores ESP32, do módulo genérico de leitura de grandezas elétricas PZEM-004T e do framework de desenvolvimento de aplicativos móveis Ionic.

4.1 ESP32

A série de microcontroladores de baixo custo ESP32, ilustrada na Figura 9, é essencial para projetos IoT. Possui um sistema integrado com antena, amplificação e filtragem de sinal Wi-Fi padrão IEEE 802.11 e Bluetooth. Além disso, o microcontrolador possui uma CPU dual core com arquitetura de 32 bits e um clock de até 240MHz aliados à 520 KB de SRAM e 448KB de ROM. A pinagem consiste em 34 pinos General Purpose Input/Output (GPIO), dos quais 7 podem ser utilizados como conversores de sinais analógicos/digitais. O primeiro ESP32 foi desenvolvido em Xangai em 2016 pela empresa Espressif Systems (ESPRESSIF, 2016).

Figura 9 – Microcontrolador ESP32



Fonte: Kolban (2018).

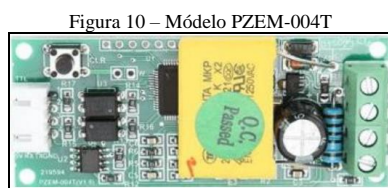
A quantidade de bibliotecas disponíveis para o módulo ESP32 e a facilidade da utilização delas, além da comunicação sem fio integrada são certamente pontos de destaque dentre as demais soluções disponíveis no mercado de microcontroladores. O desenvolvimento é compatível com C/C++ através do Software Development Kit (SDK) fornecido pela desenvolvedora do módulo, por meio da plataforma Arduino IDE ou ainda por meio do nanoFramework, que possibilita a utilização de .NET C# no módulo ESP32.

Comentado [FAP3]: 802.11

O microcontrolador opera tipicamente com correntes de 80mA, podendo chegar a até 500mA, já a tensão nominal varia de 3V a 3.6V. As dimensões do módulo são 18.00mm × 25.50mm × 3.10mm, a faixa de temperatura recomendada varia de -40°C a 85°C. O Wi-Fi IEEE 802.1 opera nos padrões b/g/n e pode alcançar uma taxa de transmissão de até 150Mbps (ESPRESSIF, 2016).

4.2 PZEM-004T

O módulo genérico PZEM-004T ilustrado na Figura 10 é produzido pela fabricante chinesa Peacefair é um *System-on-a-Chip* (SoC), ou em tradução literal: sistema em um chip. Em um único módulo é possível mensurar a tensão, corrente e potência elétrica ativa consumida por dispositivos elétricos de tensão e corrente alternada. A corrente é mensurada de forma não invasiva por meio de um sensor de campos magnéticos presente no módulo, já a tensão é obtida ligando-se o módulo diretamente à fonte de energia (INNOVATORS, 2019).



Fonte: INNOVATORS (2019).

A integração com o módulo é feita por meio de comunicação serial Transistor-Transistor-Logic (TTL) via protocolo Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART) com uma taxa de transmissão de 9600 bps. O módulo possui duas versões, a versão 10A que é capaz de mensurar correntes de 0.01A a 10A e a versão 100A que suporta correntes de 0.02A a 100A. Em ambas as versões a tensão mensurada pode variar de 80V a 260V com uma frequência de 45Hz a 65Hz (INNOVATORS, 2019).

Quadro 3 – Protocolo de comunicação

Função	Comando	Exemplo de resposta
Mensurar tensão (V)	B0 C0 A8 01 01 00 1A	A0 00 E6 02 00 00 88
Mensurar corrente (A)	B1 C0 A8 01 01 00 1B	A1 00 11 20 00 00 D2
Mensurar potência ativa (W)	B2 C0 A8 01 01 00 1C	A2 08 98 00 00 00 42
Mensurar energia consumida (kWh)	B3 C0 A8 01 01 00 1D	A3 01 86 9f 00 00 C9

Fonte: elaborado pelo autor.

O Quadro 3 exemplifica o protocolo de comunicação com o PZEM-004T. Todos os comandos são compostos por 7 pares hexadecimais. O primeiro par representa o cabeçalho, os próximos cinco pares o endereço de comunicação e o último par a soma. As respostas também possuem 7 pares hexadecimais, o primeiro representa o cabeçalho, os próximos cinco pares representam a grandeza mensurada e o último par a soma (INNOVATORS, 2019).

4.3 IONIC FRAMEWORK

O Ionic é um framework Web de código livre que possibilita a criação de aplicativos móveis híbridos para Android e iOS com aparência e experiência semelhantes aos aplicativos nativos. O framework foi lançado em 2012 e conta com um conjunto de componentes visuais e plugins que utilizam serviços do sistema operacional para acessarem recursos nativos do smartphone. (IONICFRAMEWORK, 2020).

Segundo a Ionic (2021), já existem mais de cinco milhões de desenvolvedores em mais de 200 países e mais de quatro mil clientes que utilizam o framework, como por exemplo o Burger King, BMW, EA e Mastercard. Conforme a Ionic (2021), o Ionic Framework é considerado a principal plataforma para desenvolvimento de aplicativos móveis híbridos do mercado (IONIC, 2021).

Figura 11 – Ecossistema do Ionic Framework



Fonte: IONICFRAMEWORK (2020).

A filosofia de desenvolvimento com o Ionic Framework consiste em *web-first*. A Figura 11 ilustra o ecossistema do Ionic Framework, onde fica evidente o uso de um componente do tipo *Web View* do smartphone, podendo este utilizar o Capacitor ou Apache Cordova. Devido a essa dependência, aplicativos complexos costumam ter problemas de performance, no entanto é também graças a essa dependência que o framework permite a criação de aplicativos híbridos. Segundo Matt Kremer (2020), aplicativos híbridos diminuem o tempo de colocação no mercado devido ao fato de ser necessário desenvolver um único aplicativo, o qual será utilizado tanto para Android quanto para IOS (IONIC, 2021).

Comentado [FAP4]: a

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório Gerencial**. [S.l.], [2019]. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+-+1%C2%BA+trimestre+de+2019/b860054f-79ec-6608-951a-fb2288701434>>. Acesso em: 20 mar. 2021. 71 p.
- ANGELO, Maurício. **A onda da IoT no mar brasileiro**. [S.l.], [2018]. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15541/1/A%20onda%20da%20IoT%20no%20mar%20brasileiro%20HSM%20n.126%20fev%202018.PDF>>. Acesso em: 20 ago. 2021. 4 p.
- ASSESSORIA INSTITUCIONAL DA DIRETORIA. **Programas de inovação e eficiência da ANEEL completam 20 anos com mais de R\$ 13,5 bi investidos**. [S.l.], [2020]. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/programas-de-inovacao-e-eficiencia-da-aneel-completam-20-anos-com-mais-de-r-13-5-bi-investidos/656877>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Produto 8: Relatório do Plano de Ação**. [S.l.], [2017]. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/269bc780-8cdb-4b9b-a297-53955103d4c5/relatorio-final-plano-de-acao-produto-8-alterado.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m0jDUok>>. Acesso em: 20 ago. 2021. 65 p.
- ESPRESSIF. **ESP32 Datasheet**. [S.l.], [2016?]. Disponível em: <https://athoselectronics.com/wp-content/uploads/2019/09/Datasheet_ESP8266_esp32_en.pdf>. Acesso em: 20 março 2021. 43 p.
- INNOVATORS. **AC Digital Multifunction Meter using PZEM-004T**. [S.l.], [2019]. Disponível em: <<https://innovators.guru.com/wp-content/uploads/2019/06/PZEM-004T-V3.0-Datasheet-User-Manual.pdf>>. Acesso em: 25 março 2021. 7 p.
- IONICFRAMEWORK. **The dev-friendly app platform for building cross-platform apps with one codebase, for any device, with the web**. [S.l.], [2020]. Disponível em: <<https://ionicframework.com/what-is-ionic>>. Acesso em: 07 abril 2021.
- IONIC. **Company**. [S.l.], [2021]. Disponível em: <<https://ionic.io/about>>. Acesso em: 07 abril 2021.
- JÚNIOR, José et al. **LDR E Sensores De Luz Ambiente: Funcionamento E Aplicações**. 2013. Relatório de pesquisa, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa.
- KREMER, Matt. **The ROI of Hybrid vs. Native**. [S.l.], [2020]. Disponível em: <<https://ionic.io/resources/articles/roi-hybrid-vs-native>>. Acesso em: 25 maio 2021.
- KOLBAN, Neil. **Kolban's book on ESP32**. [S.l.], 2018.

RUTTMANN, Marlon. **Protótipo De Um Dispositivo Gerenciador De Equipamentos Via Ethernet Para Economia De Energia**. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

SABEL, Gustavo. **Protótipo De Um Sistema Gerenciador De Equipamentos Eletrônicos Via Wi-Fi Para Economia De Energia**. 2016. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

SENA, Gerson. **Medidor De Consumo De Energia Elétrica Com Acesso Local E Remoto Usando Plataforma Esp8266**. 2018. 133 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pampa, Alegrete.

SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO TARIFÁRIA. **Ranking das Tarifas**. [S.l.], [2021]. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ASSINATURAS

(Atenção: todas as folhas devem estar rubricadas)

Assinatura do(a) Aluno(a): _____

Assinatura do(a) Orientador(a): _____

Assinatura do(a) Coorientador(a) (se houver): _____

Observações do orientador em relação a itens não atendidos do pré-projeto (se houver):

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR TCC I

Acadêmico(a): _____

Avaliador(a): _____

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado? O problema está claramente formulado?			
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado? Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?			
	3. JUSTIFICATIVA São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta? São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?			
	4. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC? Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados?			
	5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?			
	6. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica? A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?			
ASPECTOS METODOLÓGICOS	7. ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DO TEXTO A organização e apresentação dos capítulos, seções, subseções e parágrafos estão de acordo com o modelo estabelecido?			
	8. ILUSTRAÇÕES (figuras, quadros, tabelas) As ilustrações são legíveis e obedecem às normas da ABNT?			
	9. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES As referências obedecem às normas da ABNT? As citações obedecem às normas da ABNT?			
	Todos os documentos citados foram referenciados e vice-versa, isto é, as citações e referências são consistentes?			

PARECER – PROFESSOR DE TCC I OU COORDENADOR DE TCC (PREENCHER APENAS NO PROJETO):

O projeto de TCC será reprovado se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos **4 (quatro)** itens dos **ASPECTOS TÉCNICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE; ou
- pelo menos **4 (quatro)** itens dos **ASPECTOS METODOLÓGICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: () APROVADO () REPROVADO

Assinatura: _____ Data: _____

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR AVALIADOR

Acadêmico(a): Augusto Henrique da Conceição _____

Avaliador(a): Francisco Adell Péricas _____

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	1. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X		
	2. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?	X		
	3. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?	X		
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
	4. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?	X		
	5. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?	X		
	6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?	X		
	7. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		

PARECER – PROFESSOR AVALIADOR: (PREENCHER APENAS NO PROJETO)

O projeto de TCC ser deverá ser revisado, isto é, necessita de complementação, se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos 5 (cinco) tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: (X) APROVADO () REPROVADO

Assinatura: Francisco Adell Péricas _____ Data: 13/06/2021 _____

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC	
() PRÉ-PROJETO (X) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021/01

IOT APLICADO NO MONITORAMENTO DO CONSUMO ELÉTRICO DE BAIXA POTÊNCIA

Augusto Henrique da Conceição

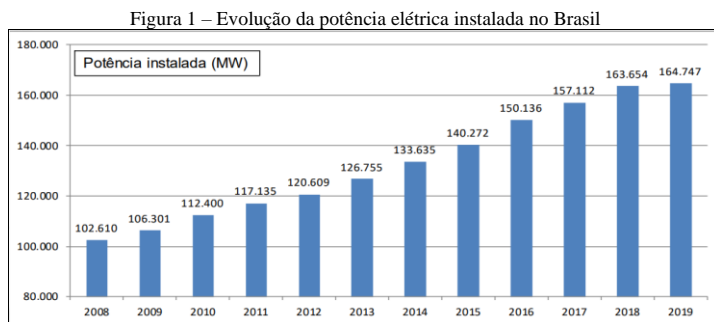
Prof. Miguel Alexandre Wisintainer – Orientador(a)

1 INTRODUÇÃO

É evidente a dependência da energia elétrica para a humanidade. Segundo dados do Banco de Informações de Geração (2019 apud AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019, p. 7), no primeiro trimestre de 2019 o Brasil contou com uma potência instalada de aproximadamente 165 mil megawatts (MW). Na Figura 1 – Evolução da potência elétrica instalada no Brasil é possível visualizar a evolução da potência elétrica instalada no Brasil ao longo da última década. Conforme dados do Programa de Eficiência Energética (2019 apud AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019, p. 58), como consequência dessa crescente quantidade de energia elétrica gerada, os desperdícios energéticos também aumentaram consideravelmente. No entanto, conforme a Assessoria Institucional da Diretoria (2020), no período de 1998 a 2019 foram economizados 63 terawatts-hora (TWh) de energia, equivalentes ao consumo de 32,4 milhões de residências durante o período de um ano, por meio de 4.850 projetos já concluídos.

Comentado [AS1]: O que mais a figura apresenta?

Comentado [AS2]: Rever a redação.



Fonte: Banco de Informações de Geração (2019).

Segundo a Superintendência de Gestão Tarifária (2021), o valor médio da tarifa elétrica residencial no Brasil, no primeiro trimestre de 2021, foi de R\$ 0,575 por kilowatt-hora (kWh), tendo a região norte a maior média de tarifação do país. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2019), num período mais recente (2013-2019), houve um salto na variação da tarifação elétrica de 87,2% versus uma variação de 47,2% do salário-mínimo.

De acordo com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2017), o uso de Internet das Coisas (Internet of Things – IoT) vem sendo disseminado no Brasil. Estima-se que o impacto econômico anual em 2025 será de 50 a 200 bilhões de dólares. Existe um plano de ação de internet-Internet das coisas-Coisas no Brasil, o qual é responsável por impulsionar o desenvolvimento sustentável da sociedade brasileira, aumentando a competitividade econômica e fortalecendo as cadeias de valores. Segundo o professor Michael Porter (2018? apud ANGELO, 2018, p. 2) da *Harvard Business School*, o IoT é considerado “a mudança mais substancial na produção de bens desde a Segunda Revolução Industrial”.

Diante deste cenário de geração e tarifação elétrica crescente, o presente trabalho busca trazer disponibilizar um protótipo IoT capaz de mensurar de forma automática o consumo elétrico de baixa potência, ou seja, não industrial, de modo a auxiliar o consumidor no controle do consumo elétrico de seus dispositivos e/ou de suas residências de forma prática e transparente.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é disponibilizar um protótipo Internet das Coisas capaz de mensurar o consumo elétrico de equipamentos de baixa potência.

Os objetivos específicos são:

- mensurar a potência elétrica ativa consumida por dispositivos elétricos;
- transmitir as leituras por meio de um barramento de comunicação utilizando o protocolo MQTT via

- Wi-Fi IEEE 802.11;
- c) permitir por meio de um aplicativo móvel a exibição do histórico de consumo e o consumo em tempo real com base nas leituras;
- d) notificar o usuário quando houver consumo excessivo e/ou consumo em bandeira amarela ou vermelha.

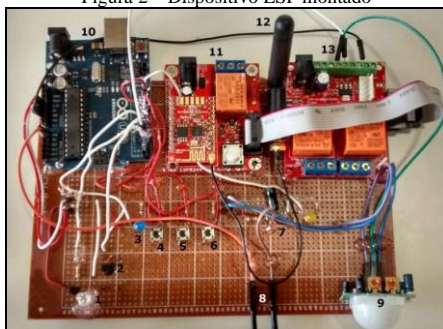
2 TRABALHOS CORRELATOS

Foram elencados três trabalhos correlatos que possuem um contexto parecido com o do trabalho proposto. O primeiro trata-se de um protótipo capaz de desligar um dispositivo elétrico de forma remota por meio da rede Wi-Fi 802.11 (SABEL, 2016). O segundo trabalho propõe uma extensão do protótipo do primeiro correlato, com o intuito de otimizar o uso de energia elétrica dos ares-condicionados e projetores da Universidade Regional de Blumenau (RUTMANN, 2018). O terceiro correlato, por sua vez, é um protótipo que monitora o consumo elétrico de maneira automatizada (SENA, 2018).

2.1 PROTÓTIPO DE UM SISTEMA GERENCIADOR DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS VIA WI-FI PARA ECONOMIA DE ENERGIA

O protótipo proposto por Sabel (2016), ilustrado na Figura 2, tem como objetivo desligar equipamentos elétricos de forma remota via rede Wi-Fi no padrão IEEE 802.11. Para isso, o autor utilizou transmissores infravermelhos, um microcontrolador ESP8266, um microcontrolador Arduino Uno e um sensor de movimento. O processo inicia-se no aprendizado dos comandos infravermelhos do dispositivo alvo por meio de um receptor infravermelho interligado ao Arduino Uno. Após tal mapeamento, o protótipo denominado de dispositivo ESP já é capaz de desligar dispositivos de forma remota (SABEL, 2016).

Figura 2 – Dispositivo ESP montado



Fonte: Sabel (2016).

O fluxo de funcionamento ocorre por meio de um sistema gerenciador. Ao abrir uma página Web ocorre a busca de todos os protótipos localizados na Local Area Network (LAN) e posteriormente a conexão em cada um deles via protocolo TCP/IP a fim de obter os parâmetros do sensor de movimento conectado ao Arduino Uno. O objetivo é que ao detectar um longo período sem movimentação no local monitorado, ocorra o desligamento do(s) dispositivo(s) alvo(s) por meio de comandos infravermelhos previamente mapeados. No entanto, antes de realizar o desligamento do dispositivo alvo, é necessário realizar uma validação para verificar se ele ainda está ligado de fato, e para isso é utilizado um sensor de corrente conforme a Figura 3 (SABEL, 2016).

Comentado [AS3]: Do que?

Figura 3 – Sensor de corrente



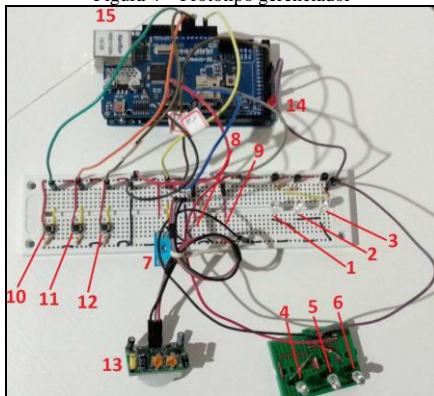
Fonte: Sabel (2016).

Segundo o autor, o protótipo obteve êxito ao desligar dispositivos elétricos via comandos infravermelhos de forma remota através da rede Wi-Fi 802.11. De acordo com o autor, os testes demonstraram não só que o protótipo funciona, mas também que ele poderia ser utilizado para controlar diversos dispositivos elétricos em grandes espaços (SABEL, 2016).

2.2 PROTÓTIPO DE UM DISPOSITIVO GERENCIADOR DE EQUIPAMENTOS VIA ETHERNET PARA ECONOMIA DE ENERGIA

O protótipo da Figura 4, proposto por Ruttman (2018) tem como objetivo estender as funcionalidades do protótipo desenvolvido por Sabel (2016). Foi utilizado um microcontrolador Arduino Mega em conjunto com um Ethernet Shield, visto que a comunicação foi alterada de rede Wi-Fi padrão IEEE 802.11 para a rede via cabo no padrão IEEE 802.3. Para verificar se o dispositivo ainda está ligado foi utilizado um Light Dependent Resistor (LDR) ao invés de um sensor de corrente. Segundo o autor, o público-alvo do projeto seria a Universidade Regional de Blumenau (FURB), a qual segundo o autor possui problemas de desperdício energético por meio dos ares-condicionados e projetores ligados em salas vazias (RUTTMANN, 2018).

Figura 4 – Protótipo gerenciador



Fonte: Ruttman (2018).

Segundo Ruttman (2018), a mudança do meio de comunicação foi feita para facilitar a integração do protótipo na infraestrutura do campus da FURB. O desligamento dos ares-condicionados e projetores dá-se por meio de comandos infravermelhos, os quais já foram mapeados no início do processo. Para detectar se os dispositivos ainda estão ligados foi utilizado um LDR, conforme a Figura 5. De acordo com Júnior (2013), o LDR varia a sua resistência elétrica proporcionalmente à quantidade de luz incidente sobre ele, permitindo saber se há ou não uma fonte de luz no local onde o sensor foi instalado.

Figura 5 – Sensor em um projetor



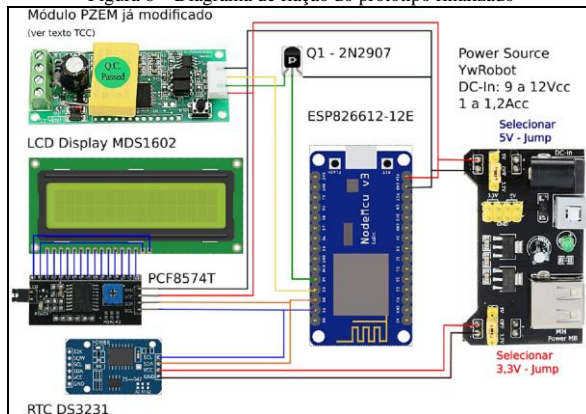
Fonte: Ruttman (2018).

Conforme Ruttman (2018), o objetivo do protótipo foi atendido adequadamente e o seu custo de implantação facilmente se justificaria com a redução dos custos em vigias, os quais são responsáveis por visitar todas as salas após as aulas. Além dessa redução, existe a potencial redução no custo com energia elétrica, principalmente se for aplicado em todo o campus da FURB (RUTTMANN, 2018).

2.3 MEDIDOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA COM ACESSO LOCAL E REMOTO USANDO PLATAFORMA ESP8266

O protótipo da Figura 6, proposto por Sena (2018), tem como objetivo mensurar a tensão e a corrente de sinais elétricos e disponibilizar tais informações ao usuário pela internet. Para isso, foi utilizado um microcontrolador ESP8266 (NodeMCU v3, Lolin) com comunicação Wi-Fi no padrão IEEE 802.11 e um módulo responsável por mensurar os sinais elétricos, denominado PZEM-004T. O projeto possui também um display LCD que exibe as informações mensuradas em tempo real (SENA, 2018).

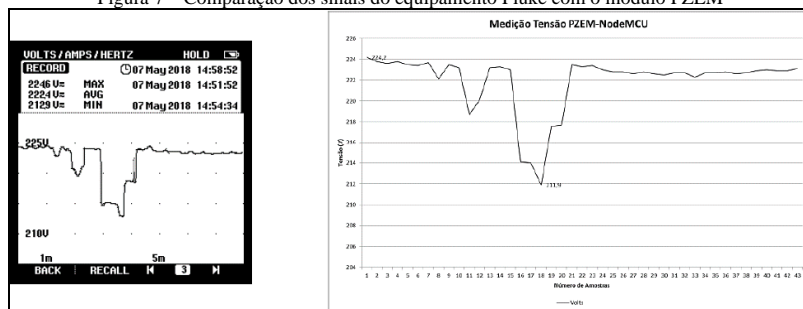
Figura 6 – Diagrama de fiação do protótipo finalizado



Fonte: Sena (2018).

Segundo o autor, para evidenciar a precisão do módulo PZEM-004T foi utilizado um equipamento homologado da marca Fluke, denominado de Analisador de Qualidade de Energia. Na Figura 7 é feita uma comparação das leituras do equipamento homologado com os sinais mensurados pelo módulo PZEM-004T. Para apresentar os dados ao usuário foi utilizado um painel digital com componentes denominados de *widgets* dentro da plataforma Blynk, os quais exibem em tempo real as grandezas lidas pelo protótipo (SENA, 2018).

Figura 7 – Comparação dos sinais do equipamento Fluke com o módulo PZEM



Fonte: Sena (2018).

Conforme Sena (2018), todos os ensaios foram realizados com o equipamento Fluke, os quais também demonstraram dados consistentes. De acordo com o autor, houve a necessidade de utilizar uma fonte de energia com duas tensões de saída devido à diferença de alimentação do módulo PZEM-004T e do ESP8266. Sena (2018) salienta que o protótipo poderia ser facilmente adaptado de modo a ser utilizado para aplicações em campo que não exijam resultados homologados.

3 PROPOSTA DO PROTÓTIPO

Nesta seção será abordada a justificativa do protótipo, um quadro comparativo dos trabalhos correlatos e quais os requisitos funcionais e não funcionais previstos, bem como a metodologia e o cronograma que serão utilizados ao longo do desenvolvimento do protótipo.

3.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com o Programa de Eficiência Energética (2019 apud AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019, p. 58), o consumo energético vem crescendo ao longo das décadas e por consequência os desperdícios energéticos também. Os consumidores ficam à mercê dos relatórios disponibilizados por suas concessionárias elétricas, sem saberem de fato o que mais está consumindo energia em suas residências ou até mesmo em quais momentos do dia ocorre o maior consumo. Além disso, existe a prática da tarifação em bandeira amarela ou vermelha, onde são feitas cobranças adicionais. O presente projeto tem como objetivo auxiliar o consumidor a minimizar tais desperdícios energéticos, monitorando o consumo elétrico de seus dispositivos e/ou residenciais, gerando alertas em caso de consumo excessivo e/ou em regime de tarifação especial.

Os sensores encontrados no mercado costumam ser simples e muitas vezes não armazenam e nem fornecem os dados, apenas os exibe em um display. Existem ainda protótipos projetados para realizarem funções pré-determinadas a fim de otimizar o uso energético, como por exemplo os trabalhos correlatos apresentados no Quadro 1 de Sabel (2016) e Ruttman (2018).

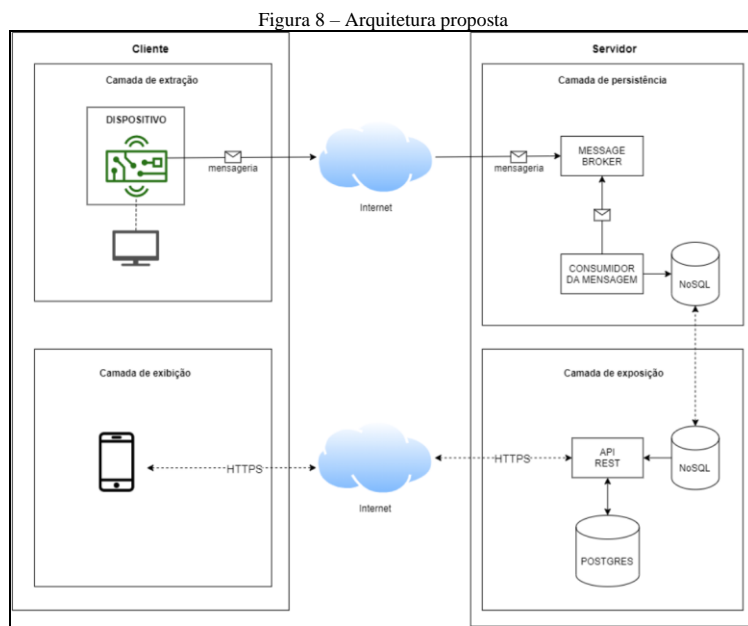
Quadro 1 – Comparativo dos trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos	Sabel (2016)	Ruttman (2018)	Sena (2018)
Características			
Comunicação infravermelho	Sim	Sim	Não
Padrão IEEE 802.11	Sim	Não	Sim
Padrão IEEE 802.3	Não	Sim	Não
Sensor LDR	Não	Sim	Não
Sensor de presença	Sim	Sim	Não
Sensor de corrente	Sim	Não	Sim
Sensor de tensão	Não	Não	Sim
Informações na nuvem	Sim	Sim	Sim
Protocolo MQTT	Não	Não	Sim
Microcontrolador	ESP8266	Arduino Mega	ESP8266

Fonte: elaborado pelo autor.

Comentado [AS4]: No texto você falou somente de alguns itens do quadro em relação ao seu trabalho. E os demais?

A arquitetura proposta no projeto segue o modelo da Figura 8, que tem como diferencial dos demais correlatos do Quadro 1 um servidor próprio com persistência em banco de dados não relacional e um aplicativo móvel customizado. O protótipo proposto por Sena (2018) visa tal otimização por meio de leituras constantes do consumo de dispositivos elétricos, onde o grande diferencial do protótipo de Sena (2018) para o presente trabalho é em relação à apresentação dos dados. Será desenvolvido um aplicativo móvel próprio ao invés da utilização da plataforma Blynk, a qual segundo Sena (2018) possui certas limitações. Além disso, será utilizado o microcontrolador ESP32, sucessor do microcontrolador ESP8266.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Os requisitos funcionais (RF) são:

- mensurar a corrente elétrica;
- mensurar a tensão elétrica;
- calcular a potência elétrica ativa por meio das duas grandezas mensuradas;
- notificar o usuário em caso de consumo elétrico excessivo;
- gerar relatórios de consumo por período;
- gerar projeções de consumo;
- permitir a gestão dos sensores.

Os requisitos não funcionais (RNF) são:

- a apresentação dos dados será feita por meio de um aplicativo móvel desenvolvido na plataforma Ionic;
- o microcontrolador utilizará a plataforma nanoFramework;
- os dados extraídos serão persistidos em uma base de dados não relacional;
- o módulo responsável por mensurar as grandezas elétricas será o PZEM-004T;
- o microcontrolador será o ESP32.

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico: realizar o levantamento bibliográfico dos módulos eletrônicos envolvidos no projeto bem como da plataforma Ionic;
- refinamento dos requisitos: refinar os requisitos de modo a avaliar se existem outras funcionalidades essenciais a serem desenvolvidas;
- especificação do projeto: elaborar os protótipos de tela do aplicativo móvel com o software Balsamiq Mockups, modelar os bancos de dados, os fluxogramas e os casos de uso na plataforma Draw.io e desenhar o esquema elétrico no software Fritzing;
- implementação dos serviços expostos: desenvolver os serviços responsáveis por manter/expor as informações no banco de dados;
- implementação da camada de extração: desenvolver o sistema responsável por mensurar e transmitir os dados do dispositivo elétrico a ser monitorado;
- implementação do aplicativo móvel: desenvolver um aplicativo móvel capaz de consumir os serviços expostos e apresentar os dados ao usuário;
- testes integrados: realizar o teste do protótipo desde a camada de extração à camada de exibição.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 – Cronograma

etapas / quinzenas	2021							
	ago.		set.		out.		nov.	
	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico								
refinamento dos requisitos								
especificação do projeto								
implementação dos serviços expostos								
implementação da camada de extração								
implementação do aplicativo móvel								
testes integrados								

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção é feita uma introdução em relação a série de microcontroladores ESP32, do módulo genérico de leitura de grandezas elétricas PZEM-004T e do framework de desenvolvimento de aplicativos móveis Ionic.

4.1 ESP32

A série de microcontroladores de baixo custo ESP32, ilustrada na Figura 9, é essencial para projetos IoT. Possui um sistema integrado com antena, amplificação e filtragem de sinal Wi-Fi padrão IEEE 802.11 e Bluetooth. Além disso, o microcontrolador possui uma CPU dual core com arquitetura de 32 bits e um clock de até 240MHz aliados à 520 KB de SRAM e 448KB de ROM. A pinagem consiste em 34 pinos General Purpose Input/Output (GPIO), dos quais 7 podem ser utilizados como conversores de sinais analógicos/digitais. O primeiro ESP32 foi desenvolvido em Xangai em 2016 pela empresa Espressif Systems (ESPRESSIF, 2016).

Figura 9 – Microcontrolador ESP32



Fonte: Kolban (2018).

A quantidade de bibliotecas disponíveis para o módulo ESP32 e a facilidade da utilização delas, além da comunicação sem fio integrada são certamente pontos de destaque dentre as demais soluções disponíveis no mercado de microcontroladores. O desenvolvimento é compatível com C/C++ através do Software Development Kit (SDK) fornecido pela desenvolvedora do módulo, por meio da plataforma Arduino IDE ou ainda por meio do nanoFramework, que possibilita a utilização de .NET C# no módulo ESP32.

Comentado [AS5]: Não serão estudados também os Microcontroladores?

Comentado [AS6]: Deve ser escrito em linguagem formal.

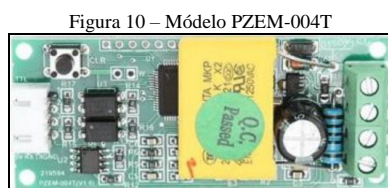
Comentado [AS7]: Fonte?

O microcontrolador opera tipicamente com correntes de 80mA, podendo chegar a até 500mA, já a tensão nominal varia de 3V a 3.6V. As dimensões do módulo são 18.00mm × 25.50mm × 3.10mm, a faixa de temperatura recomendada varia de -40°C a 85°C. O Wi-Fi IEEE 802.11 opera nos padrões b/g/n e pode alcançar uma taxa de transmissão de até 150Mbps (ESPRESSIF, 2016).

Comentado [AS8]: Não se faz parágrafo com uma única frase.

4.2 PZEM-004T

O módulo genérico PZEM-004T, ilustrado na Figura 10, é produzido pela fabricante chinesa Peacefair e é um *System-on-a-Chip* (SoC), ou em tradução literal: sistema em um chip. Em um único módulo é possível mensurar a tensão, corrente e potência elétrica ativa consumida por dispositivos elétricos de tensão e corrente alternada. A corrente é mensurada de forma não invasiva por meio de um sensor de campos magnéticos presente no módulo, já a tensão é obtida ligando-se o módulo diretamente à fonte de energia (INNOVATORS, 2019).



Fonte: INNOVATORS (2019).

A integração com o módulo é feita por meio de comunicação serial Transistor-Transistor-Logic (TTL) via protocolo Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART) com uma taxa de transmissão de 9600 bps. O módulo possui duas versões, a versão 10A que é capaz de mensurar correntes de 0.01A a 10A e a versão 100A que suporta correntes de 0.02A a 100A. Em ambas as versões a tensão mensurada pode variar de 80V a 260V com uma frequência de 45Hz a 65Hz (INNOVATORS, 2019).

Quadro 3 – Protocolo de comunicação

Função	Comando	Exemplo de resposta
Mensurar tensão (V)	B0 C0 A8 01 01 00 1A	A0 00 E6 02 00 00 88
Mensurar corrente (A)	B1 C0 A8 01 01 00 1B	A1 00 11 20 00 00 D2
Mensurar potência ativa (W)	B2 C0 A8 01 01 00 1C	A2 08 98 00 00 00 42
Mensurar energia consumida (kWh)	B3 C0 A8 01 01 00 1D	A3 01 86 9f 00 00 C9

Fonte: elaborado pelo autor.

O Quadro 3 exemplifica o protocolo de comunicação com o PZEM-004T. Todos os comandos são compostos por 7 pares hexadecimais. O primeiro par representa o cabeçalho, os próximos cinco pares o endereço de comunicação e o último par a soma. As respostas também possuem 7 pares hexadecimais, o primeiro representa o cabeçalho, os próximos cinco pares representam a grandeza mensurada e o último par a soma (INNOVATORS, 2019).

Comentado [AS9]: Referência no texto da figura ou quadro deve ser antes da sua inserção.

4.3 IONIC FRAMEWORK

O Ionic é um framework Web de código livre que possibilita a criação de aplicativos móveis híbridos para Android e iOS com aparência e experiência semelhantes aos aplicativos nativos. O framework foi lançado em 2012 e conta com um conjunto de componentes visuais e plugins que utilizam serviços do sistema operacional para acessarem recursos nativos do smartphone. (IONICFRAMEWORK, 2020).

Segundo a Ionic (2021), já existem mais de cinco milhões de desenvolvedores em mais de 200 países e mais de quatro mil clientes que utilizam o framework, como por exemplo o Burger King, BMW, EA e Mastercard. Conforme a Ionic (2021), o Ionic Framework é considerado a principal plataforma para desenvolvimento de aplicativos móveis híbridos do mercado (IONIC, 2021).

Figura 11 – Ecossistema do Ionic Framework



Fonte: IONICFRAMEWORK (2020).

A filosofia de desenvolvimento com o Ionic Framework consiste em *web-first*. A Figura 11 ilustra o ecossistema do Ionic Framework, onde fica evidente o uso de um componente do tipo *Web View* do smartphone, podendo este utilizar o Capacitor ou Apache Cordova. Devido a essa dependência, aplicativos complexos costumam ter problemas de performance, no entanto é também graças à essa dependência que o framework permite a criação de aplicativos híbridos. Segundo Matt Kremer (2020), aplicativos híbridos diminuem o tempo de colocação no mercado devido ao fato de ser necessário desenvolver um único aplicativo, o qual será utilizado tanto para Android quanto para IOS (IONIC, 2021).

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório Gerencial**. [S.l.], [2019]. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+-+1%C2%BA+trimestre+de+2019/b860054f-79ec-6608-951a-fb2288701434>>. Acesso em: 20 mar. 2021. 71 p.
- ANGELO, Maurício. **A onda da IoT no mar brasileiro**. [S.l.], [2018]. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15541/1/A%20onda%20da%20IoT%20no%20mar%20brasileiro%20HSM%20n.126%20fev%202018.PDF>>. Acesso em: 20 ago. 2021. 4 p.
- ASSESSORIA INSTITUCIONAL DA DIRETORIA. **Programas de inovação e eficiência da ANEEL completam 20 anos com mais de R\$ 13,5 bi investidos**. [S.l.], [2020]. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/programas-de-inovacao-e-eficiencia-da-aneel-completam-20-anos-com-mais-de-r-13-5-bi-investidos/656877>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Produto 8: Relatório do Plano de Ação**. [S.l.], [2017]. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/269bc780-8cdb-4b9b-a297-53955103d4c5/relatorio-final-plano-de-acao-produto-8-alterado.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m0jDUok>>. Acesso em: 20 ago. 2021. 65 p.
- ESPRESSIF. **ESP32 Datasheet**. [S.l.], [2016?]. Disponível em: <https://athoselectronics.com/wp-content/uploads/2019/09/Datasheet_ESP8266_esp32_en.pdf>. Acesso em: 20 março 2021. 43 p.
- INNOVATORS. **AC Digital Multifunction Meter using PZEM-004T**. [S.l.], [2019]. Disponível em: <<https://innovators-guru.com/wp-content/uploads/2019/06/PZEM-004T-V3.0-Datasheet-User-Manual.pdf>>. Acesso em: 25 março 2021. 7 p.
- IONICFRAMEWORK. **The dev-friendly app platform for building cross-platform apps with one codebase, for any device, with the web**. [S.l.], [2020]. Disponível em: <<https://ionicframework.com/what-is-ionic>>. Acesso em: 07 abril 2021.
- IONIC. **Company**. [S.l.], [2021]. Disponível em: <<https://ionic.io/about>>. Acesso em: 07 abril 2021.
- JÚNIOR, José et al. **LDR E Sensores De de Luz Ambiente: Funcionamento E e Aplicações**. 2013. Relatório de pesquisa, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa.
- KREMER, Matt. **The ROI of Hybrid vs. Native**. [S.l.], [2020]. Disponível em: <<https://ionic.io/resources/articles/roi-hybrid-vs-native>>. Acesso em: 25 maio 2021.
- KOLBAN, Neil. **Kolban's book on ESP32**. [S.l.], 2018.

Comentado [AS10]: Referência no texto da figura ou quadro deve ser antes da sua inserção.

Comentado [AS11]: Não está de acordo com a ABNT

Comentado [AS12]: Confuso.

Comentado [AS13]: Não está de acordo com a norma

Comentado [AS14]: Fora da norma.

RUTTMANN, Marlon. **Protótipo De-de Um-um Dispositivo Gerenciador De-de Equipamentos Via Ethernet Para-para Economia De-de Energia**. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

SABEL, Gustavo. **PrototipoProtótipo De-de Um-um Sistema Gerenciador De-de Equipamentos Eletrônicos Via Wi-Fi Para Economia De-de Energia**. 2016. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

SENA, Gerson. **Medidor De-de Consumo De-de Energia Elétrica Com Acesso Local E-e Remoto Usando Plataforma Esp8266**. 2018. 133 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pampa, Alegrete.

SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO TARIFÁRIA. **Ranking das Tarifas**. [S.l.], [2021]. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ASSINATURAS

(Atenção: todas as folhas devem estar rubricadas)

Assinatura do(a) Aluno(a): _____

Assinatura do(a) Orientador(a): _____

Assinatura do(a) Coorientador(a) (se houver): _____

Observações do orientador em relação a itens não atendidos do pré-projeto (se houver):

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR TCC I

Acadêmico(a): Augusto Henrique da Conceição _____

Avaliador(a): Andreza Sartori _____

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X		
	3. JUSTIFICATIVA São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?		X	
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
	4. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados?	X		
	5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X		
	6. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?		X	
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		
	7. ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DO TEXTO A organização e apresentação dos capítulos, seções, subseções e parágrafos estão de acordo com o modelo estabelecido?	X		
	8. ILUSTRAÇÕES (figuras, quadros, tabelas) As ilustrações são legíveis e obedecem às normas da ABNT?	X		
	9. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES As referências obedecem às normas da ABNT?		X	
As citações obedecem às normas da ABNT?		X		
Todos os documentos citados foram referenciados e vice-versa, isto é, as citações e referências são consistentes?		X		

PARECER – PROFESSOR DE TCC I OU COORDENADOR DE TCC (PREENCHER APENAS NO PROJETO):

O projeto de TCC será reprovado se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos **4 (quatro)** itens dos **ASPECTOS TÉCNICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE; ou
- pelo menos **4 (quatro)** itens dos **ASPECTOS METODOLÓGICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: (x) APROVADO () REPROVADO

Assinatura: _____ Data: 14/06/2021 _____

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR AVALIADOR

Acadêmico(a): Augusto Henrique da Conceição _____

Avaliador(a): Francisco Adell Péricas _____

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	1. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X		
	2. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?	X		
	3. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?	X		
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
	4. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?	X		
	5. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?	X		
	6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?	X		
	7. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		

PARECER – PROFESSOR AVALIADOR: (PREENCHER APENAS NO PROJETO)

O projeto de TCC ser deverá ser revisado, isto é, necessita de complementação, se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos 5 (cinco) tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: (X) APROVADO () REPROVADO

Assinatura: Francisco Adell Péricas _____ Data: 05/05/2021 _____

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.