

## **ENERGYQUALY: COMPUTAÇÃO UBÍQUA EM UMA INFRAESTRUTURA PARA MONITORAMENTO DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA**

*Eduardo Couto Piscoto<sup>1</sup>*

*Centro Universitário Academia - UniAcademia, Juiz de Fora – MG*

*Jacimar Fernandes Tavares<sup>2</sup>*

*Centro Universitário Academia - UniAcademia, Juiz de Fora – MG*

### **RESUMO**

A evolução da tecnologia permitiu que sistemas computacionais pudessem ser embarcados em ambientes, objetos, pessoas e que se comuniquem entre si gerando informações relevantes para seus usuários. A tensão elétrica na fonte energética dos sistemas, por exemplo, pode gerar informação relevante, principalmente para o diagnóstico de falhas. Neste trabalho é apresentado o EnergyQuality: uma infraestrutura que utiliza dados gerados por estrutura de IoT, publicadas via protocolo MQTT para a aplicação a qual trata, armazena e disponibiliza ao usuário através da API Telegram Bot utilizando conceitos de computação ubíqua, viabilizando o monitoramento da tensão e o alerta ao usuário em caso de perda da fonte energética e apoiando diagnósticos de falhas.

**Palavras-chave:** Computação ubíqua, IoT, ESP32, Telegram, Python

### **ABSTRACT**

*The evolution of technology allowed computer systems to be embedded in environments, objects, people and to communicate with each other, generating*

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia de Software do Centro Universitário Academia – UniAcademia.  
e-mail: eduardo.ciscoto@gmail.com

<sup>2</sup> Docente do curso de Engenharia de software do Centro Universitário Academia – UniAcademia.  
e-mail: jacimar.tavares@uniacademia.edu.br

*relevant information for their users. The electrical voltage in the energy source of the systems, for example, can generate relevant information, mainly for fault diagnosis. In this work, EnergyQualy is presented: an infrastructure that uses data generated by an IoT structure, published via MQTT protocol for the application that treats, stores and makes it available to the user through the Telegram Bot API using ubiquitous computing concepts, enabling voltage monitoring and alerting the user in case of loss of energy source and supporting fault diagnosis.*

**Keywords:** *Ubiquitous Computing, IoT, ESP32, Telegram, Python*

## **1. INTRODUÇÃO**

As últimas décadas foram palco de evolução no cenário tecnológico: tanto em *hardware* quanto em *software*, viabilizando que a computação também evoluísse (ALBERTIN, 2017). Dispositivos computacionais estão cada vez menores e com poder de processamento cada vez maior, o que permite que ambientes, equipamentos, objetos e até pessoas estejam conectados, podendo ser monitorados através de dispositivos computacionais embarcados que podem se comunicar com outros dispositivos, através de protocolos específicos, gerando informações relevantes às partes interessadas (LACERDA, 2015). Nesse contexto, tem-se o conceito de IoT (do inglês, *Internet of Things* – Internet das Coisas). Além disso, a computação tornou-se presente no dia a dia das pessoas e sem, necessariamente, que elas tomem conhecimento disto (WEISER, 1991). O que denominamos computação ubíqua.

Para este trabalho, foi celebrada parceria com uma empresa do ramo de transporte vertical (que mantém equipamentos popularmente conhecidos como elevadores – domésticos, de serviço e de carga), responsável pela manutenção de mais de mil equipamentos entre junho de 2021 e maio de 2022 somente na cidade de Juiz de Fora. De acordo com a empresa, um em cada dez atendimentos de chamados na cidade é devido a perda de fonte energética nos equipamentos ou seus componentes. Essa perda de fonte energética contempla oscilação fora da amplitude

de funcionamento dos equipamentos, falhas ou desligamentos inesperados e mostram-se mais frequentes em algumas regiões que em outras.

De um lado há clientes insatisfeitos pelas constantes paradas dos equipamentos e do outro lado empresas que, apesar de possuírem um diagnóstico reportado pelo próprio equipamento como código de erro, não conseguem aferir as condições no momento que a falha é apresentada.

O **problema** abordado neste trabalho é: como utilizar a computação ubíqua para averiguar a oscilação e o impacto da interrupção do fornecimento de energia em equipamentos de transporte vertical. O foco de execução da experimentação deste trabalho está nos equipamentos que se encontram em um dos clientes da empresa parceira e que serão tratados como equipamentos monitorados a partir de agora. A localidade onde esse cliente se encontra sofre com constantes oscilações no fornecimento de energia e, nos últimos 12 meses, mais de 20% dos chamados atendidos foram relacionados à perda da fonte energética dos equipamentos monitorados.

Este trabalho tem como **objetivo** apresentar conceitos sobre computação ubíqua, bem como a inter-relação com computação pervasiva e computação móvel. Nesse sentido foi construída uma solução, a EnergyQuality, focada no auxílio do monitoramento do fornecimento de energia elétrica. Com ela foi possível tratar diretamente as informações que são geradas através da análise da tensão elétrica na fonte energética de equipamentos de transporte vertical.

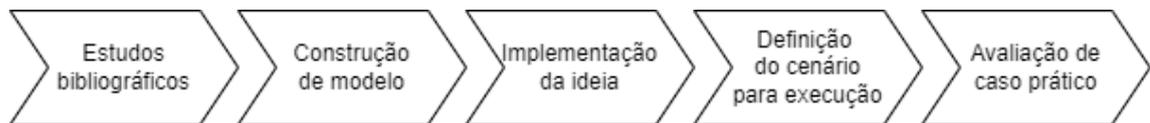
A **solução** desenvolvida neste trabalho utiliza conceitos de computação ubíqua para monitorar o fornecimento de energia elétrica na fonte energética de um equipamento, com o intuito de observar se um determinado equipamento está servido de tensão adequada. Foram utilizados objetos do escopo IoT para aferir a tensão elétrica na fonte energética dentro do conceito de computação pervasiva, e criado o energyQualityBot, uma tecnologia de *bot* (abreviação de robô, do inglês *robot*, que são sistemas que executam automaticamente tarefas repetitivas e pré-definidas) no Telegram<sup>3</sup>, o que disponibilizará as informações ao usuário, independentemente de onde ele esteja, contemplando o conceito de computação móvel.

---

<sup>3</sup> Aplicativo de mensagens instantâneas baseado na nuvem. Disponível para smartphones, tablets, computadores e aplicação web. Disponível em <https://web.telegram.org/>.

A **metodologia** aplicada no projeto e representada na Figura 1, consiste em investigação bibliográfica sobre os assuntos abordados no trabalho, incluindo análise e estudo de textos que exploram os temas objetos deste trabalho. Na sequência, utilizando equipamentos eletrônicos e infraestrutura de IoT, foi construído o modelo (protótipo) que faz a leitura da tensão elétrica na fonte energética de um determinado equipamento e disponibiliza as informações geradas periodicamente na Internet. Como continuidade, foi proposta e desenvolvida uma solução que acessa os dados publicados, trabalha-os e os disponibiliza às partes interessadas através de dispositivos móveis conectados à Internet. O cenário escolhido para experimentação da solução contempla os equipamentos da empresa parceira operando em um de seus clientes em Juiz de Fora.

**Figura 1:** Metodologia deste estudo.



Fonte: DO AUTOR.

Este trabalho está organizado nas seguintes seções: na seção 2 encontra-se o referencial teórico, onde são apresentados todos os temas condizentes à solução proposta; na seção 3 estão descritos os trabalhos relacionados aos assuntos abordados neste estudo; a seção 4 é destinada ao desenvolvimento deste trabalho; já na seção 5 encontram-se os resultados obtidos; na seção 6, estão as considerações finais e trabalhos futuros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. IOT

A Internet, popularmente conhecida como *web*, é a infraestrutura pública global de redes de computadores interconectados e que utilizam de protocolos para se comunicarem entre si, trocando dados e informações. De acordo com KUROSE & ROSS (2007), os dois protocolos mais importantes da internet são o TCP (*Transmission Control Protocol* – Protocolo de Controle de Transmissão) e o IP

(*Internet Protocol* – Protocolo da Internet): “...conhecidos coletivamente como TCP/IP.”

O termo “*Internet of Things*” foi inicialmente usado por Kevin Ashton, cofundador do *Auto-ID Center* do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), em 1999, onde a ideia original era utilizar sensores de RFID (*Radio Frequency Identification* – Identificação por Radiofrequência) em objetos para conectá-los à Internet com o intuito de observar, identificar e compreender o mundo sem as limitações e imprecisões do ser-humano (ASHTON, 2009).

Evoluindo no conceito, LACERDA (2015) propõe que IoT é caracterizada por se conectar e interagir com pessoas e objetos em ecossistemas conectados à internet acessados de qualquer lugar, em qualquer momento e a partir de quaisquer dispositivos, utilizando-se de aplicações dinâmicas e adaptadas às demandas dos usuários. DAVIS (2008) denomina este momento como web 4.0, análoga a “web ubíqua” ou “Internet das Coisas” marcado pela conexão de coisas e pessoas.

Comumente, a web se torna cada vez mais pervasiva enquanto aplicação, o que requer definições e utilização de padrões e protocolos de comunicação que visam facilitar e reduzir custos de desenvolvimento dada a ampla variedade de dispositivos, sensores, pessoas e ambientes conectados, seja no trabalho, em casa ou em movimento (W3C, 2020). Estima-se que a quantidade de dispositivos IoT conectados possa chegar a 22 bilhões em 2025 (ORACLE, 2021).

Para o desenvolvimento da solução fruto deste trabalho, a Internet viabiliza a comunicação entre todas as partes integrantes do projeto: infraestrutura de monitoramento do fornecimento de energia elétrica, servidores e usuários da aplicação. O conceito de IoT é visível em toda a concepção do projeto, desde os componentes presentes na captação dos dados, na disponibilização da informação, no protocolo de comunicação utilizado e referenciado na próxima seção deste artigo.

## 2.2. PROTOCOLO MQTT

O protocolo MQTT foi utilizado para disponibilizar os dados gerados a partir da fonte energética dos equipamentos monitorados, independentemente do local, para o

sistema que os trataria e os armazenaria. Optou-se pela utilização desse protocolo devido às suas características, abaixo descritas, aderentes à solução.

O protocolo MQTT possui arquitetura do tipo publicação e assinatura (*publish-subscribers*) onde há um dispositivo responsável pelas publicações (*publish*) de informações no servidor (*broker*), o qual opera como intermediário, tendo conhecimento dos clientes (*subscribers*) interessados nas informações, transmitindo as informações recebidas (DA CONCEIÇÃO, 2018).

Considerando as características apresentadas, além de sua robustez, por exigir pouco da conexão com a internet, potencial de escalabilidade da solução e simplicidade para implementação, o protocolo MQTT demonstrou-se eficaz na realidade da solução, viabilizando a disponibilização dos dados originados na unidade de monitoramento e publicação até o recebimento por parte do servidor da aplicação onde, posteriormente, dará prosseguimento com as tratativas devidas.

### 2.3. COMPUTAÇÃO MÓVEL

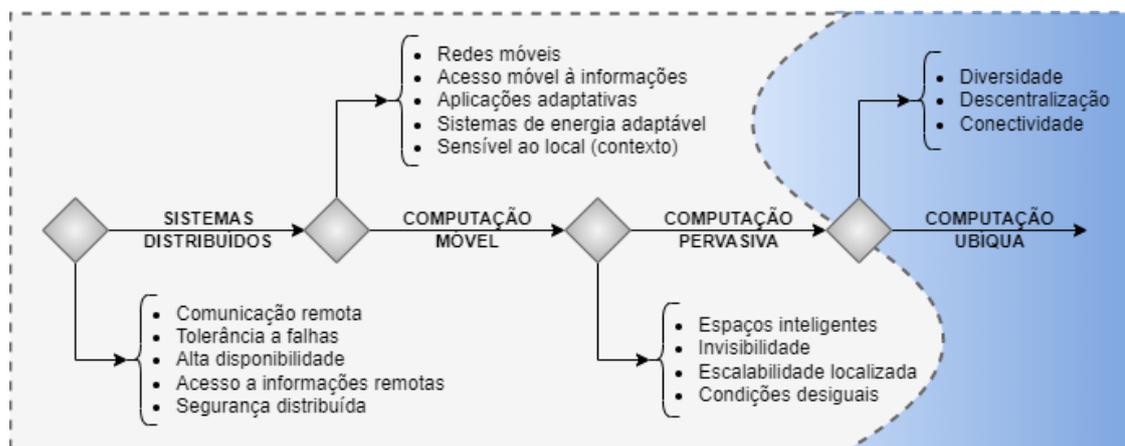
FIGUEIREDO & NAKAMURA (2003) interpretam a computação móvel como um novo paradigma computacional sob a perspectiva do processamento, mobilidade e comunicação sem fio, além do questionamento de como disponibilizar a informação em qualquer lugar e a qualquer momento. Serviços que um computador ofereceria, estão disponíveis ao usuário, independentemente de sua localização (DE ARAÚJO, 2003). Os smartphones utilizados hoje em dia são ótimos exemplos de dispositivos que realizam tarefas computacionais, independentes ou associadas a serviços existentes nas redes, enquanto seus usuários estão em movimento.

A Figura 2 descreve os relacionamentos lógicos entre as áreas de pesquisa abordadas neste trabalho. À medida que se move da esquerda para a direita, novos problemas são encontrados e a solução dos problemas anteriores vai se tornando consideravelmente mais complexa. A primeira parte (em cinza) adaptada de SATYANARAYANAN (2001) e a segunda parte (em azul) ampliado a partir do estudo de DE ARAUJO (2003).

Parte da solução desenvolvida para este trabalho, a disponibilização das informações processadas a partir da unidade de monitoramento ao usuário

interessado, foi desenvolvida considerando os conceitos de computação móvel que consistem em dar acesso à informação a qualquer lugar e a qualquer momento. Essa característica foi viabilizada através da implementação do energyQualyBot que está disponível para qualquer pessoa que o acesse a partir do mensageiro Telegram.

**Figura 2:** Taxonomia dos problemas em sistemas computacionais.



Fonte: DO AUTOR.

## 2.4. COMPUTAÇÃO PERVASIVA

A computação pervasiva é dinâmica e utiliza o sensoriamento de contexto para adaptar-se às necessidades de sua aplicação. Nas palavras de HORVÁTH & VROOM (2015): “...a computação está (invisivelmente) embutida em tudo, em uma conectividade abrangente, (...) uma nova relação entre pessoas, informação e recursos computacionais”. Aderente ao conceito proposto por SATYANARAYANAN (2001) que caracteriza a tecnologia como “graciosamente integrada aos usuários e que desaparece” e já previa a necessidade de oferecer suporte à mobilidade, senão “um usuário estará ciente da tecnologia por sua ausência quando ele se mover”.

Sob a perspectiva da informação, RESMINI & ROSATI (2011) propõe que a arquitetura de informação pervasiva compreende o design de ecossistemas de informação em ecologias ubíquas, com espaços estendidos de informações e passíveis de interação com entidades digitais ou físicas, conectando pessoas, informações e processos de toda parte. São arquiteturas da informação pervasiva.

Da teoria para a prática, observa-se tanto o conceito de computação pervasiva, através do aparato de IoT utilizado como “unidade de monitoramento” (escalável)

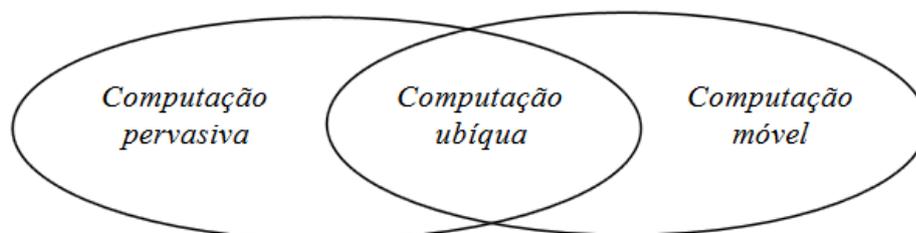
utilizado nos equipamentos monitorados, quanto de arquitetura de informação pervasiva, na geração de dados podendo ser feita a partir de diversos equipamentos simultaneamente. Tal infraestrutura pode ser replicada em quantos lugares forem necessários, com o intuito de monitorar a fonte energética de equipamentos e posteriores processamentos desses dados.

## 2.5. COMPUTAÇÃO UBÍQUA

Em (WEISER, 1991) é apresentado ao mundo o conceito computação ubíqua, onde vislumbrava um mundo com a computação integrada ao ambiente por meio de dispositivos de microprocessamento minúsculos e de baixo custo. Ele projetava ubíquo não somente como “em todo lugar”, mas, também, “em todas as coisas”. Onde a interação entre objetos e pessoas ocorreria de forma natural, fluida e sem que elas percebessem o processamento envolvido, desaparecendo ou ficando em segundo plano. Posteriormente, denominada de “tecnologia calma”.

Trata-se de embarcar processamento de informações e comunicação em rede em quaisquer objetos e ambientes, continuamente provendo serviços, informação e comunicação. “Termo usado quando a ênfase é colocada sobre a oportunidade de uso de vários dispositivos computacionais de qualquer lugar, a qualquer tempo e em qualquer forma, também itinerantemente” (HORVÁTH & VROOM, 2015). Considerado o oposto de realidade virtual por WEISER & BROWN (1996) que imerge as pessoas em seu mundo, enquanto a computação ubíqua força o computador a viver no mundo real.

**Figura 3:** Relação entre Computação Ubíqua, Pervasiva e Móvel.



Fonte: DE ARAUJO (2003).

Considerando todos os conceitos apresentados até então, este trabalho tratará a computação ubíqua como sendo a união entre a computação pervasiva, tendo em vista a arquitetura de informação pervasiva embutida no local de interesse e que será apresentada na seção 4, desenvolvimento do trabalho, e a computação móvel, representada pela disponibilização da informação ao usuário a partir de um dispositivo conectado à internet em qualquer lugar. Essa relação é ilustrada na Figura 3.

Uma relação de imersão e mobilidade entre computação móvel, ubíqua e pervasiva é proposta por RODOVALHO & MORAES (2017) onde sistemas tradicionais de computação possuem baixo grau de imersão computacional e baixo grau de mobilidade, computação pervasiva possui alto grau de imersão computacional e baixo grau de mobilidade, computação móvel possui baixo grau de imersão computacional e alto grau de mobilidade e computação ubíqua com algo grau de imersão computacional e alto grau de mobilidade. Condizente às características de computação ubíqua e classificada como tal, a solução desenvolvida neste trabalho pode ser imersa em quaisquer lugares ou objetos e pode estar disponível em quaisquer dispositivos conectados à Internet.

### **3. TRABALHOS RELACIONADOS**

Em BRAGA et. al. (2017), os autores desenvolveram o CREat Data Center (GDC), que se trata de um sistema de monitoramento térmico e do fornecimento de energia elétrica, em tempo real, de ambientes de centros de dados utilizando-se de tecnologias de IoT integrados a kits Arduino. “A ideia principal é utilizar os dados gerados pelos sensores para definir um *status* para o ambiente e gerar notificações para o administrador do sistema” (Braga et. al., 2017). O sistema utilizou de Computação em Nuvem para disponibilizar os dados e geraram uma aplicação móvel para apresentar as informações, focando que fosse de fácil utilização e intuitiva para os usuários.

Visando aliar controle e eficiência energética, LIMA et. al. (2020) propõem um sistema flexível de monitoramento do consumo energético residencial em tempo real, apresentando ao usuário informações específicas por eletrodoméstico. O sistema, intitulado como ResEnControl, aborda tema semelhante, sendo desenvolvido

utilizando-se da linguagem Python para tratamento das informações, utilizou-se de microcontroladores ESP32 com os sensores de corrente e tensão simulados e uma aplicação *web* para disponibilizar as informações aos usuários.

**Figura 4:** Comparativo com os trabalhos relacionados.

<b>PROJETO</b>	<b>APLICAÇÃO</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>ALERTAS</b>	<b>MICROCON-TROLADOR</b>
CREat	Móvel	Monitoramento de <i>data centers</i>	Não	Arduino
ResEnControl	Web	Monitoramento residencial	Não	ESP32
EnergyQualy	Bot no Telegram	Monitoramento genérico	Sim	ESP32

Fonte: DO AUTOR.

Os trabalhos relacionados nesta seção e comparados na Figura 4, assemelham-se no objetivo de monitorar o fornecimento de energia elétrica com conceitos implícitos de computação ubíqua e utilizando de componentes de IoT, seja um equipamento ou um ambiente, gerando informações úteis e até notificações para o usuário. O produto deste estudo se destaca através sua interface de usuário que é um aplicativo mensageiro amplamente difundido no mundo, ser uma solução de baixíssimo custo, comparada com dispositivos do mercado e de evolução colaborativa pois é de código aberto.

#### **4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

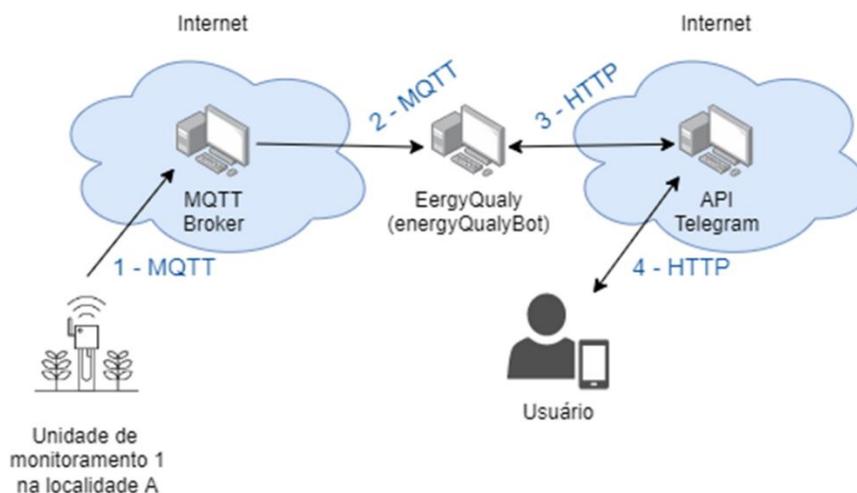
Devido à frequente oscilação e constantes quedas no fornecimento de energia elétrica, mesmo os equipamentos monitorados que possuem grande amplitude de tensão de trabalho sofrem com essa realidade: podem ocorrer falhas no funcionamento, danos em componentes eletrônicos, encurtamento considerável de sua vida útil e até provocar acidentes.

De acordo com a empresa parceira, ainda que equipamentos mais modernos possuam alguma “inteligência”, bloqueando o seu uso durante momentos de crise, capacidade de se recuperarem de falhas, autodiagnóstico de falhas e até poderem se comunicarem com a central da empresa, antecipando o acionamento de assistência técnica, quando o gatilho do erro está relacionado à perda de fonte energética, não é possível associar as falhas a uma determinada amplitude de tensão. Essa situação

impede que a empresa aponte detalhadamente a origem das recorrentes falhas autodiagnosticadas como “problema relacionado a energia” ao cliente que, por sua vez, não tem embasamento para reclamar por melhorias na qualidade do serviço oferecido pelas concessionárias de energia.

Ilustrada na Figura 5, a infraestrutura da solução desenvolvida que combina *software* desenvolvido pelo autor, *broker* que é uma solução de terceiros e *hardware* montado também pelo autor, intitulada como EnergyQualy, acessível através do **energyQualyBot**, disponível no endereço **<http://t.me/energyQualyBot>** e apresentada a seguir é genérica quanto a sua aplicação e visa monitorar a tensão presente na fonte energética de qualquer tipo de equipamento eletroeletrônico, não depende de soluções de mercado e é de baixo custo para construção. Como **estudo de caso**, entre os meses de abril e maio deste ano, foi feito o monitoramento dos equipamentos da empresa parceira em um de seus clientes reais onde, nos últimos 12 meses, 23% dos atendimentos foram relacionados a perda de fonte energética, contra 18% na região do bairro e ainda mais distante do proporcional da cidade que foi de 10%.

**Figura 5:** Infraestrutura da solução desenvolvida - EnergyQualy.

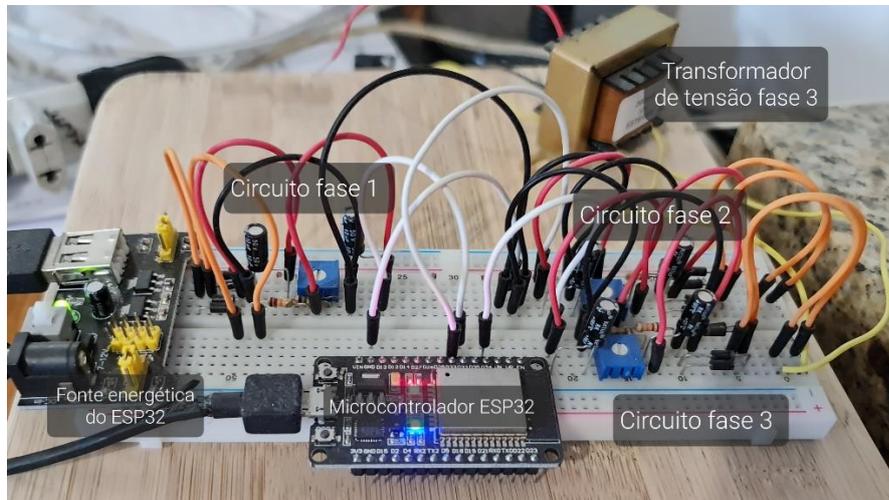


Fonte: DO AUTOR.

Inicialmente visou-se relacionar as falhas associadas à perda de fonte energética dos equipamentos com o valor da tensão no momento da falha e se de fato extrapola a amplitude de trabalho dos equipamentos utilizando a EnergyQualy. Na prática, sempre que houvesse variação maior ou menor que 5% no valor da tensão na fonte energética, um alerta era enviado ao usuário através do energyQualyBot contendo os valores da tensão atual e anterior. Assim, gerando registros de oscilações

de grandezas a serem consideradas para servir de apoio no detalhamento dos diagnósticos relacionados à perda de fonte energética.

**Figura 6:** Unidade de monitoramento trifásica (protótipo).



Fonte: DO AUTOR.

A infraestrutura da EnergyQualy é composta por uma unidade de monitoramento de tensão, um servidor (*broker*) MQTT e um servidor de aplicação. Objetivando viabilizar o acesso às informações originadas a partir de um local distante geograficamente e, a partir de quaisquer locais e dispositivos, tornando fácil o acesso e considerando a premissa de computação ubíqua, a infraestrutura é constituída e melhor descrita utilizando-se de três contextos:

1. **Unidade(s) de monitoramento** – arquitetura de dados pervasiva e escalável utilizando equipamentos de IoT (*hardware* montado pelo autor) e registrado na Figura 6:
  - a. Circuito elétrico composto por um transformador de tensão (127V para 12V), ponte retificadora formada por 4 diodos 1N4001, resistor de 12k $\Omega$ , resistor de 150k $\Omega$ , resistor trimpot (ajustável) de 10k $\Omega$  e 2 capacitores de 10 $\mu$ F x 50V (capacitores de uso opcionais, apenas para amortecimento de oscilação de valores de tensão), onde ocorre o tratamento da tensão obtida na fonte energética (127V) para a tensão aceita pelo microcontrolador de 1,65V (metade de 3,3V – tensão máxima – devido à necessidade de computarmos oscilações ascendentes e descendentes);

- b. Microcontrolador ESP32<sup>4</sup>, que efetua a leitura da tensão recebida do circuito através de uma de suas portas analógicas, converte para o valor adequado e disponibiliza este dado através de publicação MQTT na internet;
2. **Broker MQTT** (solução de terceiros):
- a. Broker MQTT que recebe as publicações das unidades de monitoramento e as disponibiliza para a aplicação cliente que as esteja assinando;
3. **Aplicação EnergyQualy** (*software* desenvolvido pelo autor):
- a. Python 3<sup>5</sup> foi utilizada para desenvolver a solução por ser uma linguagem orientada a objetos, funcional e de alto nível;
  - b. Recepção dos dados publicados a partir das unidades de monitoramento através de protocolo MQTT;
  - c. Tratamento e armazenamento dos dados em um banco de dados relacional de código aberto, o PostgreSQL<sup>6</sup>;
  - d. Disponibilização dos dados através de um bot no Telegram com o apoio da biblioteca python-telegram-bot<sup>7</sup> que fornece uma interface assíncrona com o Telegram Bot API<sup>8</sup>;
  - e. Acesso às informações fornecidos pela aplicação, a partir de qualquer lugar, por meio de comandos enviados ao energyQualyBot através do Telegram;

A infraestrutura do projeto ilustra na Figura 7 uma ou mais unidades de monitoramento fazem a leitura da tensão na fonte energética do equipamento de interesse, monitorando o fornecimento em seus respectivos locais e publicando estas leituras através de protocolo MQTT. Já a informação é acessada via dispositivos os quais estejam conectados à internet e, conseqüentemente, à aplicação onde os dados são armazenados, tratados e disponibilizados aos usuários.

Todas as ferramentas e tecnologias utilizadas neste projeto são de código aberto e estão disponíveis na internet. O código-fonte da solução desenvolvida está

---

<sup>4</sup> <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

<sup>5</sup> <https://www.python.org/>

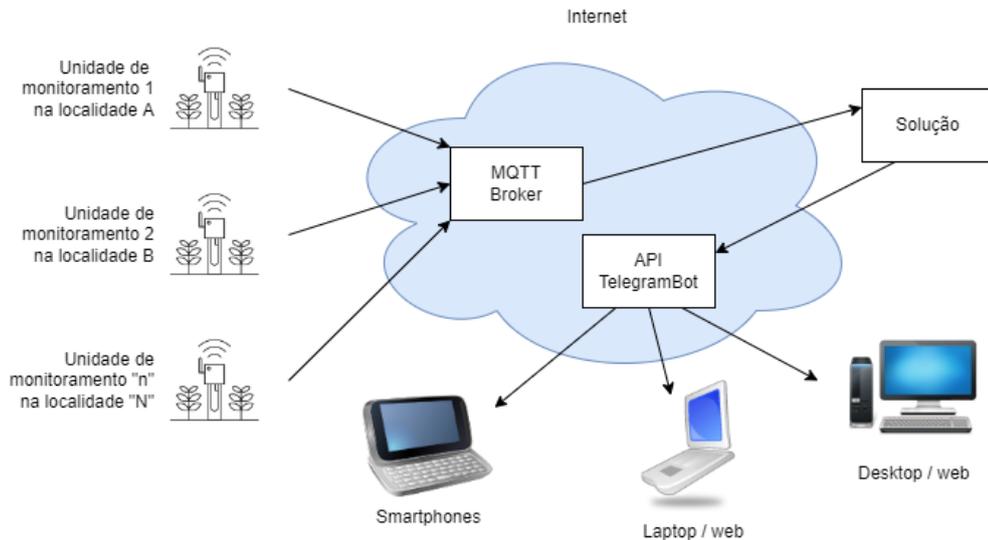
<sup>6</sup> <https://www.postgresql.org/>

<sup>7</sup> <https://github.com/python-telegram-bot/python-telegram-bot>

<sup>8</sup> <https://core.telegram.org/bots/api>

publicada na plataforma GitHub, podendo ser encontrada pelo nome **EnergyQuality** ou no endereço <https://github.com/duCiscoto/energyQuality>, bem como os descritivos da infraestrutura, circuito elétrico, microcontrolador, broker, *bot* Telegram, passo-a-passo da montagem e configuração das partes.

**Figura 7:** Infraestrutura da solução.



Fonte: DO AUTOR.

#### 4.1. CRIAÇÃO, PROCESSAMENTO E PUBLICAÇÃO DOS DADOS

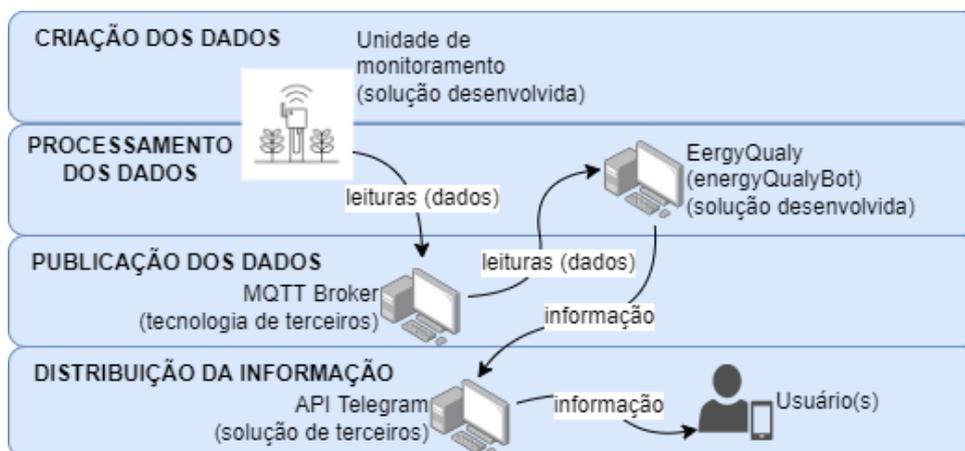
Para realizar a publicação, ou seja, a disponibilização dos dados gerados a partir da unidade de monitoramento, esta necessita de conexão com a internet que, neste caso, foi viabilizada através de uma rede Wi-Fi. Conectada à Internet, é estabelecida a conexão com o *broker* MQTT, onde podem ocorrer as publicações.

Para a publicação dos dados acontecer, cada unidade de monitoramento é configurada para publicar em um tópico específico. Essa configuração viabiliza a escalabilidade do projeto e o acesso à informação de várias fontes pelo usuário. Como os dados trafegados não foram considerados sigilosos, não foram utilizadas proteções como criptografia dos dados ou controle de acesso às publicações.

Devido à baixa oscilação dos valores de tensão nas medições, foi definido um atraso de um segundo entre cada publicação. Ou seja, são feitas publicações a cada segundo com os dados lidos a partir da unidade de monitoramento.

Por sua vez, conectada ao broker e assinando o tópico específico das publicações da unidade de monitoramento de tensão também concebida para esse trabalho, a solução desenvolvida passa a receber as publicações com os dados e os armazena no banco de dados. O fluxo completo é representado na Figura 8.

**Figura 8:** Da criação dos dados à distribuição da informação.

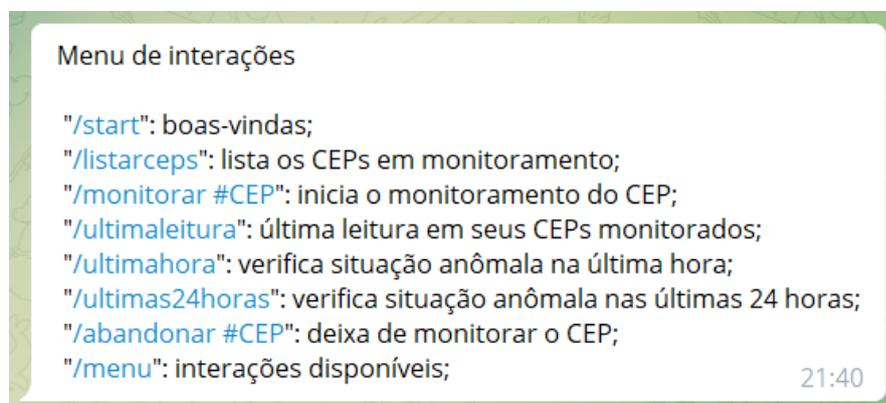


Fonte: DO AUTOR.

## 4.2. DISTRIBUIÇÃO DA INFORMAÇÃO

Para o desenvolvimento da aplicação EnergyQualy, foram consideradas características de usabilidade, importantes no contexto de computação ubíqua e já mencionadas anteriormente que são: disponibilidade, conveniência e facilidade de uso. Assim, facilitando o acesso e o gerenciamento da informação de interesse do usuário sem demandar tempo significativo para aprender a usar a tecnologia.

**Figura 9:** Menu de comandos do energyQualyBot.



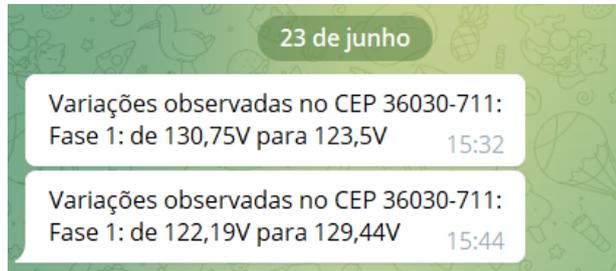
Fonte: DO AUTOR.

Considerando o fato que este trabalho trata da utilização da computação móvel como meio de acesso a informações importantes, dado o contexto da aplicação, optou-se por utilizar o aplicativo Telegram para entregar o conteúdo ao usuário a qualquer hora e a partir de qualquer lugar em seu smartphone, computador ou web.

Para automatizar e facilitar o acesso aos dados, foi criado o *bot* “energyQualyBot” no Telegram. Para interagir com esse *bot*, basta acessá-lo diretamente ou adicioná-lo em um grupo de contatos e as informações serão disponibilizadas à medida que mensagens de comando, referentes à informação solicitada, são enviadas pelo usuário. A figura 9 lista os comandos disponíveis e, “/ultimaleitura”, “/ultimahora” e “/ultimas24horas” retornam a informação referente aos CEPs de interesse e monitorados pelo usuário.

Em caso de falha dos equipamentos monitorados, o técnico terá acesso, além do código de erro gerado pelo próprio equipamento, às informações sobre o estado da fonte energética momentos antes da falha ou se foi registrada, no momento da falha, perda de fonte energética com apoio do energyQualyBot.

**Figura 10:** Mensagens de alerta enviadas ao usuário pelo energyQualyBot.



Fonte: DO AUTOR.

Como funcionalidade de prevenção e ilustrado na Figura 10, o energyQualyBot envia mensagens de alerta aos usuários interessados na unidade monitoramento, como, por exemplo, porteiros de edifícios. Ao receber uma mensagem alertando sobre oscilação considerável de tensão, mesmo que imperceptível a seus olhos, estes colaboradores podem averiguar o correto funcionamento de equipamentos como elevadores, bombas hidráulicas, portões de garagem, entre outros, verificar se houve algum impacto ou dano que careça de auxílio técnico para resolução e podendo agir mais prontamente.

Com o apoio de dados externos ao próprio equipamento, o diagnóstico da falha pode ser mais detalhado, permitindo associar outros tipos de erros à perda de fonte

energética. Dessa forma, viabilizando a apuração do correto funcionamento do equipamento dentro de suas especificações de trabalho e, também, gerando evidências para que os interessados cobrem por melhor qualidade no fornecimento de energia elétrica, sendo esse o problema.

## **5. RESULTADOS**

A computação ubíqua viabilizou a distribuição e o acesso às informações referentes à qualidade da fonte energética nos equipamentos onde a unidade de monitoramento foi instalada, observadas suas características de conceito e de infraestrutura. Com as informações fornecidas pelo energyQualityBot de momentos que antecedem a identificação da falha, a empresa parceira, responsável pela manutenção dos equipamentos monitorados, poderá considerar características da fonte energética dos equipamentos para o diagnóstico das falhas relacionadas com a perda de fonte energética. Dessa forma, também poderá certificar se que as falhas relacionadas à perda de fonte energética de fato são fidedignas ou não.

Considerada a onipresença – característica da computação ubíqua – , verifica-se que este conceito é viável na infraestrutura do monitoramento de equipamentos, onde a computação pervasiva se manifesta, podendo evoluir para a onipresença devido à possibilidade de ser empregada em qualquer lugar ou equipamento onde queiram monitorar sua fonte energética ou a qualidade no fornecimento de energia elétrica.

Dado que o acesso à informação, produto deste trabalho, é viabilizada através de dispositivo conectado à Internet para acesso a partir de qualquer local ou em movimento, sob a perspectiva da computação móvel, também a computação ubíqua se apresenta, conceitualmente, presente no desenvolvimento da solução proposta.

Embora tenham ocorrido atendimentos no cliente, o protótipo tenha sido validado em ambiente controlado de laboratório – além dos testes em equipamentos reais – e se verificar variações de tensão aceitáveis durante o estudo de caso, até o momento da publicação desse trabalho não foram registradas falhas ou emitidos alertas relacionados à perda de fonte energética nos equipamentos monitorados, além

dos emitidos em cenários de teste. Com isso, não foi possível gerar evidências relevantes que comprovem a relação entre as falhas autodiagnosticadas como perda de fonte energética com a qualidade do fornecimento de energia elétrica no local onde os equipamentos se encontram.

O monitoramento dos equipamentos permanecerá ativo por tempo indeterminado objetivando a geração de dados históricos e evidências para embasar cobranças que envolvam melhoria na qualidade do fornecimento de energia elétrica na região onde o cliente se encontra ou melhoria na qualidade da prestação dos serviços de manutenção dos equipamentos pela empresa parceira.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS**

O tema principal deste trabalho, a computação ubíqua, é relativamente novo e é considerado um paradigma computacional por alguns autores, envolvendo uma variedade de conceitos e tecnologias. Para se construir ou projetar aplicações ou, até mesmo, dispositivos considerados ubíquos, deve-se ter clareza quanto às características que o fundamentam.

A computação ubíqua, considerando suas especificidades, pode ser um excelente caminho para soluções que envolvem a camada de aplicação, focando em usabilidade, e, também, a camada de infraestrutura com sensores embarcados e geração de informação útil para sistemas inteligentes. Soluções considerando o conceito de computação ubíqua encontram limitação em infraestrutura e conexão.

O curto período de monitoramento não resultou em coincidências de registros de perda de fonte energética com erro no equipamento monitorado e poderia ser maior. Assim, haveria mais tempo para gerar mais dados para análises. Também, o fato de ter sido experimentado o monitoramento apenas em equipamentos de transporte vertical, são exemplos de limitações do trabalho.

Como oportunidades para trabalhos futuros, algumas vertentes de estudos são apresentadas: a evolução da unidade de monitoramento (IoT e computação ubíqua enquanto “tecnologia calma”) através utilização de equipamentos mais precisos e padronizados pelo mercado, além de sua independência energética através de

baterias de *backup* e de conexão com a internet acoplado-se módulos de redes móveis; evolução da aplicação de disponibilização da informação publicada, no que tange a experiência do usuário, e novas funcionalidades que visem apresentar de forma gráfica as informações, a associação de oscilação de tensão com condições meteorológicas, predição de falta de energia a partir da identificação de padrões históricos que precedam a perda da fonte energética; expansão para outras tecnologias, considerando interfaces de acesso textuais, como Whatsapp, Discord e Messenger, além de interfaces via assistentes pessoais como Alexa, Google Assistant, Bixby e Siri, também visuais como Hololens e Google Glass; criação de uma API com padrões de mercado para que outros sistemas possam consumir os dados gerados pelas unidades de monitoramento; entre outras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTIN, ALBERTO L., & ALBERTIN, ROSA M. DE M. **A internet das coisas irá muito além das coisas**. 2017. GV-EXECUTIVO. Disponível em <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/26851/143810.pdf>. Acessado em 18 de junho de 2022.

ANTONELLI, P. **Modelos de computação para a Internet das coisas (IoT)**. Embarcados. (2021). Disponível em <https://www.embarcados.com.br/modelos-de-computacao-para-a-internet-das-coisas-iot/>. Acessado em 18 de março de 2021.

ASHTON, KEVIN. **That 'Internet of Things' Thing**. 22 de junho de 2009. RFID Journal. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>. Acessado em 08 de abril de 2022.

BRAGA, ANTONIO RAFAEL. et. al. **Gerenciamento Térmico e Elétrico de um Centro de Dados utilizando Sensoriamento IoT**. 2017. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO UBÍQUA E PERVASIVA. Disponível em <https://doi.org/10.5753/sbcup.2017.3306>. Acessado em 13 de abril de 2022.

DA CONCEIÇÃO, W. N. E., & DE RESENDE COSTA, R. M. **Análise do Protocolo MQTT para Comunicação IoT através de um Cenário de Comunicação**. Caderno de Estudos em Sistemas de Informação, Juiz de Fora – MG, 2019.

DAVIS, MILLS. **Semantic Wave 2008 Report: Industry Roadmap to Web 3.0 & Multibillion Dollar Market Opportunities**. Executive Summary. Project 10X. Disponível em <http://www.project10x.com>. Acessado em 06 de abril de 2022.

DE ARAUJO, REGINA BORGES. **Computação Ubíqua: Princípios, Tecnologias e Desafios**. XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Natal – RN. 2003.

FIGUEIREDO, C. M., & NAKAMURA, E. **Computação móvel: Novas oportunidades e novos desafios**. T&C Amazônia, 2003.

HORVÁTH, IMRE; VROOM, REGINE W. **Ubiquitous computer aided design: A broken promise or a Sleeping Beauty?** Computer-Aided Design, v. 59, p. 161-175, 2015.

KUROSE, JAMES F., & ROSS, KEITH W., **Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down**. 3ª ed., Pearson Addison Wesley, São Paulo, 2007.

LACERDA, FLÁVIA. **Arquitetura da Informação Pervasiva: projetos de ecossistemas de informação na internet das coisas**. 02 de dezembro de 2015. Disponível em <https://repositorio.unb.br/handle/10482/19646>. Acessado em 26 de maio de 2021.

LIMA, ANDREI DA CUNHA. at. al. **ResEnControl: Um Sistema de Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica Residencial em Tempo Real**. 2020. Ciência e Natura. Disponível em <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/e39-40643>. Acessado em 13 de abril de 2022.

ORACLE. **O Que é Internet of Things (IoT)?** ORACLE. Disponível em <https://www.oracle.com/br/internet-of-things/what-is-iot/>. Acessado em 29 de maio de 2021.

RESMINI, ANDREA & ROSATI, LUCA. **Pervasive information architecture: designing cross-channel user experiences**. Morgan Kaufmann. Boston. 2011.

RODOVALHO, R. M. & MORAES, R. E. G. **Computação Ubíqua e IHC**. 2017. Universidade Federal Fluminense – Polo de Rio das Ostras. Disponível em <https://www.professores.uff.br/screspo/wp-content/uploads/sites/127/2017/09/artigoIHC1.pdf>. Acessado em 10 de abril de 2022.

SATYANARAYANAN, M. **Pervasive computing: vision and challenges**. Agosto de 2001. Carnegie Mellon University. IEEE Personal Communications Conference. <https://ieeexplore.ieee.org/>. Acessado em 26 de maio de 2021.

The Python Package Index (PyPI) (2020) **paho-mqtt 1.5.1**. Disponível em <https://pypi.org/project/paho-mqtt/>. Acessado em 11 de maio de 2021.

W3C. **Ubiquitous Web Domain**. 15 de abril de 2020. Disponível em <https://www.w3.org/UbiWeb/>. Acessado em 05 de abril de 2022.

WEISER, M. **The computer for the 21st Century**. Setembro de 1991. Scientific American, Volume 265, Nº 3, páginas 94-104. Disponível em <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/329124.329126>. Acessado em 11 de abril de 2022.

WEISER, MARK & BROWN, JOHN SEELY. **The Coming Age of Calm Technology**. Xerox PARC (Palo Alto Research Center), 1996.