

Filômetro 2.0: estudo de caso de um sistema para monitoramento de filas

Marcos César Da Rocha Seruffo
Universidade Federal do Pará
marcos.seruffo@gmail.com

Victor Rodrigo Nunes Lopes e Silva
Universidade Federal do Pará
viclopes2621@gmail.com

Akbar de Almeida
Universidade Federal do Pará
akbar63@gmail.com

Lucas Cardoso Rodrigues
Universidade Federal do Pará
lucascardoso0051@gmail.com

Resumo

Com o contexto de Internet das Coisas (IoT), onde se apresentam diversas oportunidades para a coleta, análise e transmissão de dados que posteriormente são transformados em informações e conhecimento, busca-se a criação de sistemas capazes de monitorar atividades cotidianas. Este artigo apresenta o Filômetro 2.0, um sistema para monitoramento de filas que foi desenvolvido e validado em um restaurante universitário no norte do Brasil. O objetivo do estudo é de criar um sistema que exibe em tempo real o tamanho da fila do Restaurante, podendo ser acessado pelos usuários através do site ou via aplicativo mobile, para então conduzir-se a análise do impacto na experiência do consumidor final, para que os dados coletados possam utilizados na gestão da informação e permitam uma maior sustentabilidade do restaurante, com a diminuição do desperdício de comida.

Palavras-Chave: Internet das coisas, arduino, monitoramento e restaurante.

Abstract

Within the Internet of Things (IoT) concept, where multiple opportunities for collection, analysis and transmission of data which later on are transformed into information and

knowledge, the creation of systems capable of monitoring everyday activities is sought. This article presents Filômetro 2.0, a system for queue monitoring that was developed and validated in an university restaurant in the north of Brazil. The study's objective is to create a system that shows in real time the waiting line size, being accessed by the users through the site or through a mobile application, then conducting an analysis of the impact on the end consumer's experience, so that collected data can be used in managing the information and allow a greater sustainability of the restaurant, with the decrease of food waste.

Keywords: internet of things, restaurant, consumer satisfaction, sustainability

1.INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos nas mais diversas áreas, promove a diminuição dos preços e a miniaturização de dispositivos, possibilitaram o desenvolvimento de sistemas embarcados de pequeno porte, baixo consumo de energia, multifuncionais e facilmente manipuláveis. Além disso, favorece a ampliação da IoT, propondo conectar diversos objetos do cotidiano à Internet, assim realizando a automação de vários processos. A utilização de sensores e circuitos integrados é comum, devido a diversos fatores, entre estes: a versatilidade, a fácil aquisição e fácil manejo, facilitando a etapa de prototipagem, para validação da proposta.

Notoriamente houve um aumento em anos recentes no uso de microcontroladores em propostas relacionadas a monitoramento e controle de processos devido à grande versatilidade e fácil aquisição destes componentes (A. V. DESHMUKH, 2005).

A eficiência energética e a diversidade em componentes fazem com que os microcontroladores sejam centrais para diversas aplicações industriais/residenciais e de consumo sensível de energia. Além disso, a capacidade de personalização é um dos principais motivos para o crescimento de sua demanda no mercado em anos recentes (W. FU ,2016).

Existem diversos exemplos de aplicabilidade destas técnicas para melhoria da qualidade de vida da população, tais como: monitoramento de vagas em estacionamentos, de objetos em uma cadeia de produção industrial, ou o comportamento de uma fila de usuários.

A análise do comportamento da fila de usuários, através das técnicas de monitoramento associadas a IoT, beneficia tanto usuários quanto gestores, com informações em tempo real da fila e geração de dados para diversos fins, como a predição de consumidores em determinado horário, a sustentabilidade do restaurante, e acima de tudo, a satisfação do consumidor.

Em qualquer negócio, um dos fatores determinantes para definir o sucesso do mesmo é o fator qualidade de atendimento. Nesse contexto, a espera em filas acaba sendo um fator de grande impacto. A coleta de dados acerca do comprimento da fila em diferentes horários pode ajudar no planejamento e conseqüentemente na melhoria do atendimento, visto que a simples informação de que um consumidor deve esperar uma quantidade de minutos para ser atendido impacta na satisfação. Além disso, diferentes horários possuem diferentes impactos na qualidade perceptível ao consumidor, visto que certos horários exigem maior urgência quanto ao atendimento (M. M. Davis; T. E. Vollman, 1990).

A proposta deste artigo é baseada na plataforma Arduino para monitorar o comprimento de uma fila de consumidores, além de gravar e expor os dados obtidos através de um banco de dados e uma API. As vantagens e desvantagens do *framework* usado, com a arquitetura Arduino, o banco de dados noSQL MongoDB e a abordagem de JavaScript no lado do servidor, Node.JS.

Este trabalho se organiza da seguinte forma: Na Seção 2 são apresentados projetos que realizam experimentos de monitoramento e sensoriamento, utilizando técnicas comuns ao meio de IoT; conceitos, aplicações e dispositivos de hardware que serão utilizados no projeto e uma solução baseada em técnicas da IoT, versátil e de baixo custo, utilizando sensores para monitorar o comportamento de uma fila de usuários. Na Seção 3, é exibido um estudo de caso na qual a solução proposta é aplicada no monitoramento da fila formada pelos consumidores do Restaurante Universitário (RU) de uma Universidade no Norte do Brasil. Outrossim, é apresentada uma indicação de como o monitoramento pode auxiliar na redução do desperdício de comida, colaborando com o desenvolvimento sustentável. Ao fim, a Seção 4 expõe possíveis melhorias no projeto e as considerações finais.

2. Revisão da Literatura

A IoT consiste em fornecer a capacidade de humanos e computadores interagirem com diversas coisas, incluindo sensores, atuadores, serviços e quaisquer outros objetos conectados à Internet (Ngu, 2016). Qualquer entidade na terra, tais quais mercadorias, edifícios, dispositivos, veículos, plantas, animais e até mesmo seres humanos podem ser consideradas “coisas” na IoT (Al-Fuqaha, 2015).

Segundo Chernyshev (2018), o objetivo da IoT é construir um ambiente inteligente utilizando tudo que tenha capacidade sensorial e/ou de comunicação ao seu redor para gerar dados de maneira autônoma e transmiti-los via Internet para que haja a tomada de decisões.

A novidade não é a tecnologia, mas a sua gestão tecnológica, que expande a magnitude que a Internet está alcançando. Isso é resultado dos avanços dos sistemas de informação, principalmente a miniaturização de componentes eletrônicos e do desenvolvimento de diversos protocolos de comunicação mais eficientes (VERMESAN; FRIESS, 2014).

Além disso, diversos trabalhos empregam técnicas de IoT com objetivos sustentáveis, como o proposto por A. Pal e K. Kant (2018) em que, utilizando diversos tipos de sensores e interligando-o a vários outros receptores/emissores, como rádios, controladores, e utilizando-se do armazenamento em nuvem, é possível o aperfeiçoamento do monitoramento de condições de armazenamento de comida, dessa forma melhorando a qualidade do produto final, a eficiência na logística, e diminuindo o desperdício.

É muito comum a utilização de diversos tipos de microcontroladores nestas aplicações, pois são de fácil prototipação. Em diversas áreas, o uso de microcontroladores vem se intensificando, como por exemplo o trabalho proposto por Gockceli (2017) de um sistema de alerta para evacuação de emergência. Este sistema utiliza o microcontrolador Arduino Uno, o módulo de radiofrequência RFM23B, o módulo Bluetooth HC-05 e o sensor de temperatura LM35. Os sensores são monitorados de forma contínua, e caso os valores registrados saiam do alcance pré-estabelecido como seguro, o alarme é acionado e o sistema toma medidas de segurança que auxiliam na evacuação de emergência.

Alvarez-Campana (2017) propõe um protótipo de *Smart Cities*, uma cidade ligada de forma intrínseca aos paradigmas da IoT, prestando serviços que poderiam ser expandidos para uma aplicação real em uma *smart city* ao se experimentar no CEI Moncloa, então se utilizando de sensores para monitorar o fluxo de pessoas e do clima, coletando diversos dados que podem ser úteis em outras aplicações multidisciplinares, como o tempo de estadia em locais relevantes, lugares com maior trânsito de pessoas, níveis de barulho ou umidade, entre outras.

Assim, os trabalhos supracitados são exemplos de que a interdisciplinaridade está vigente na área foco deste artigo. Além disso, promove a sustentabilidade, usufruindo de microcontroladores para compor tecnologias sociais, que auxiliam no dia-a-dia da população.

Diante ao exposto, é conhecido que há muito tempo bancos de dados relacionais são utilizados para armazenar dados estruturados. Dessa forma, estes são subdivididos em grupos, definidos como tabelas. Cada tabela armazena unidades bem definidas de dados em termos de tipo, tamanho e outros fatores que a restringem. Cada unidade de dados forma uma coluna e cada unidade desse grupo uma linha, podendo as colunas manterem relações entre si mesmas, formando a natureza relacional destes bancos. Visto que a consistência é um dos fatores críticos, a escalabilidade horizontal torna-se uma tarefa desafiadora.

Com o advento de aplicações WEB cada vez mais robustas e o advento da IoT com seu imenso fluxo de dados, surgiu a necessidade de se investigar novos meios de armazenar dados. Uma das soluções para este problema foram os bancos de dados NoSQL (*Not only SQL*), principalmente para a problemática em específico de armazenar dados não estruturados. O NoSQL oferece flexibilidade para vários tipos de dados, como os estruturados, semiestruturados, ou mesmo não estruturados (Lomotey; Deters, 2014)

Desenvolvendo uma API própria que serve como ligação entre as camadas física e lógica do sistema, de maneira que é possível implementá-la de diferentes formas dependendo das necessidades. Sendo assim, este trabalho utiliza o NoSQL para a montagem do sistema proposto, aliado à API mencionada, visando o aperfeiçoamento do sistema de monitoramento de filas intitulado Filômetro, que encontra-se na sua versão 2.0.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do Filômetro 2.0 foi utilizado um conjunto de ferramentas de hardware e software que serão apresentadas nesta seção. Quanto ao hardware do experimento, optou-se pelo Arduino, uma plataforma aberta baseada em uma placa simples de entrada e saída de dados (I/O) que traz alguns diferenciais quanto aos seus concorrentes, como o fato de ser multiplataforma, poder ser usado com o USB sem a necessidade de uma porta serial, seu tamanho pequeno e baixo custo, entre outros, como o fato de que foi originalmente concebido e projetado para ajudar na criação de protótipos com componentes eletrônicos em ambientes educacionais, buscando trazer um elemento de hardware para o ensino em todos os níveis de conhecimento computacional e ciência da computação, além de poder ser utilizado em aplicações de larga escala e uso industrial (Nayyar, 2014).

Tendo isto em vista, é compreensível a razão pela qual a plataforma Arduino se dissemina rapidamente entre *hobbyistas*, estudantes, hackers e entusiastas no

geral, gerando uma comunidade de usuários dispostos a contribuir entre si, gerando conhecimento e transformando-a em uma ferramenta de criação e desenvolvimento. De acordo com Molina-Cantero (2018), o Arduino é a plataforma de maior utilização entre desenvolvedores atualmente.

Ressalta-se o uso de Arduino em trabalhos como o de Baloch e Jo (2017) em que se foi proposto um sistema de monitoramento de baixo custo avançado e eficiente para monitorar o riacho Jungnangcheon em Seoul, na Coreia do Sul, e analisar parâmetros físico-químicos, como Temperatura, Oxigênio Dissolvido (DO), e parâmetros de pH. Foi-se utilizado a análise em “cluster”, comum em ciência de dados, além de Módulos Sensoriais para Arduino (ASM), posicionando uma cobertura de aço que impedia o contato de água com o microcontrolador. Um sensor de temperatura, de DO, e um medidor de pH, que emitiam dados ao Arduino, que utilizava o Bluetooth Shield para realizar a comunicação com uma antena bluetooth, que então realiza a comunicação com o servidor.

Na proposta de Idrees, Zhou e Zheng (2018) foi desenvolvido um sistema capaz de monitorar a qualidade do ar de um ambiente no qual os dados obtidos pelos locais de teste foram suficientes para realizar a conscientização dos habitantes do local dos males que o ar poluído causa. Estes são exemplos de como a plataforma Arduino é utilizada para solução de problemas nas mais diversas áreas.

Devido às vantagens apresentadas e de acordo com a escala desta proposta, o hardware Arduino, de modelo Uno, foi escolhido para ser o microcontrolador que realizaria a coleta de dados. Da mesma forma, outros microcontroladores seriam capazes de realizar a mesma tarefa, como no sistema de previsão de chuvas torrenciais de Z. Xu (2016) que utiliza o Raspberry Pi.

A arquitetura do artigo supracitado é composta de sensores que captam dados e enviam através de uma rede local para um raspberry pi no qual processa a probabilidade de ocorrer chuvas fortes e envia localmente para o usuário em um sistema web. Ao passo de que os mesmos dados são enviados para o servidor fazer cálculos mais aprofundados sobre a previsão do tempo, tendo vantagem de ter lançado um aviso prévio em casos acentuados de chuva.

Com a função de realizar a conexão do Arduino à Internet de maneira fácil, foi-se utilizado o Arduino Ethernet Shield, formando a interface com a qual a prancha do Arduino e o cabo de rede RJ45 se comunicam. Para a utilização do *Shield*, porém, foi necessário o Arduino board que é operante em 5 Volts.

O Shield possui também uma Ethernet Controller baseada no chip Ethernet Wiznet W5100 cujo buffer interno é de 16k, velocidade de conexão de 10/100 Mb e por meio de porta SPI contém outro canal de conexão. Além disso, fez-se necessário a acoplagem de um sensor de presença, o tipo escolhido foi o ultrassônico modelo HC-SR04 que é capaz de medir distâncias de 2cm a 4m com precisão. Este módulo possui um circuito emissor e receptor integrados e 4 pinos (VCC, Trigger, ECHO, GND).

Para realizar a medição foi necessário alimentar o módulo e posicionar o pino “Trigger” em nível alto (HIGH) por mais de 10µs. Dessa forma, o sensor emite uma onda ultrassônica que rebate em um obstáculo, retornando em direção ao módulo (Ativando o pino “ECHO”). A distância pode ser calculada através do tempo em que o pino “ECHO” permaneceu em nível alto, e é dado pela Eq. 1.

$$D = (ECHO_{pinhigh} \times V_{som}) \div 2 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde D é a distância em metros, $ECHO_{pinhigh}$ é o tempo que o pino "ECHO" passa ligado e V_{som} é a velocidade do som em m/s.

Tendo sido satisfeita a montagem do hardware para o monitoramento, se fez necessário um levantamento bibliográfico para definir quais softwares poderiam ser utilizados no experimento. Dessa forma, foi considerado o MongoDB, desenvolvido pela 10gen. É um banco de dados NoSQL orientado a documentos que oferece alto desempenho e escalabilidade, com a estrutura projetada independentemente como uma unidade de documento para que não se necessite realizar a definição de esquema. (Y. Kang, 2016)

Seu diferencial, além do fato de possuir código aberto, é de lidar com os documentos usando JSON, de modo que as aplicações podem utilizar os dados de forma mais natural, realizando a organização em hierarquias complexas mas mantendo a capacidade de indexação.

Considerando a proposta arquitetural e a natureza deste artigo, os autores optaram pela implementação de uma API em Node.JS, uma plataforma de software projetada para rodar em cima do motor JavaScript V8 do Google Chrome para construir aplicações em rede altamente escaláveis sem esforço. Node.JS usa um modelo de entrada e saída direcionado a eventos e não-bloqueante que o torna leve e eficiente, ideal para o uso em aplicações com intenso fluxo de dados em tempo real que rodam em múltiplos dispositivos. A arquitetura do Node.js facilita o uso de uma linguagem funcional e altamente expressiva para a programação de servidores, sem sacrificar o desempenho e sem sair do habitual (S. TILKOV; S. VINOSKI, 2010).



Figura 1. Visão da formação do vetor de sensores ultrassom

Fonte: Elaborado pelo autor

Visando o design e as configurações do experimento, a proposta consistiu na instalação de sensores (HC-SR04 – ultrassom) igualmente espaçados, de modo que os sensores compõem um vetor capaz de estimar o comprimento da fila. Como visualizado na Figura 1, os sensores detectam a presença de pessoas abaixo, e a união da informação dos sensores retorna um valor aproximado do tamanho da fila para o usuário.

Os sensores foram ligados à um gateway de coleta de dados (Arduino) que através de uma interface Shield Ethernet irá se conectar com um servidor central de processamento (API em Node.JS) para gravação no banco de dados (MongoDB) e também disponibilizar os dados para consumo por parte da aplicação cliente. A Figura 2 mostra um resumo gráfico do fluxo de trabalho.

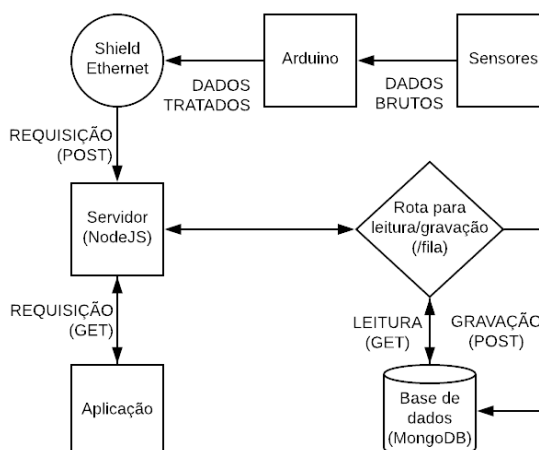


Figura 2. Fluxograma

Fonte: Elaborada pelo autor

Na Figura 2 é possível notar de forma simplificada a lógica a qual o programa segue, descrevendo-se o fluxo de dados que se forma para que estes sejam acessíveis ao usuário, além de também serem depositados no banco. É necessário ressaltar que o Arduino por si só não funciona como um gateway, sendo este papel desempenhado pelo Shield Ethernet, que possui uma biblioteca bem documentada e consolidada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho propõe o Filômetro 2.0, um sistema para monitoramento de filas que foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa deste trabalho e posteriormente validado em um *testbed* montado em um RU. O processamento e armazenamento das informações coletadas foram feitas em um servidor em nuvem, de modo que possa se adequar em diferentes cenários, independente da implementação do lado da aplicação cliente.

Levando em consideração a necessidade de uma fácil implementação do lado servidor, podendo ser configurada em workstations, na nuvem ou até mesmo num computador de baixo custo (Raspberry PI, por exemplo) a tecnologia escolhida para servir de interface para a parte física e lógica do projeto (API) foi Node.JS, por sua natureza assíncrona (ideal para trabalhar com a WEB), curva de aprendizado, vasta documentação e grande modularidade, garantindo bons níveis de escalabilidade a médio e longo prazo.

Visando validar o Filômetro 2.0, um cenário de testes foi montado na passarela que dá acesso a unidade do RU da Universidade deste estudo de caso. O pé-direito da passarela é de 3m, a instalação dos sensores foi feita na parte superior da mesma, utilizando a própria estrutura metálica de sustentação para fixar os sensores de ultrassom, como observado na Figura 3.



Figura 3. Instalação do sensor na parte superior da passarela

Fonte: Elaborada pelo autor

Os sensores foram instalados igualmente espaçados por 5 metros (distância entre os pilares da passarela). O primeiro sensor marca o início da fila fora da unidade do RU e o quinto registra vinte metros de comprimento de fila sob a passarela.

Com os dados é possível analisar o **Comprimento da fila x Hora da coleta** (Figura 4), onde nota-se que antes das 12h há maior variação do comprimento da fila do que após esse horário. Um dos motivos constatados é o horário de saída das aulas dos discentes, entre 12h e 12h50.

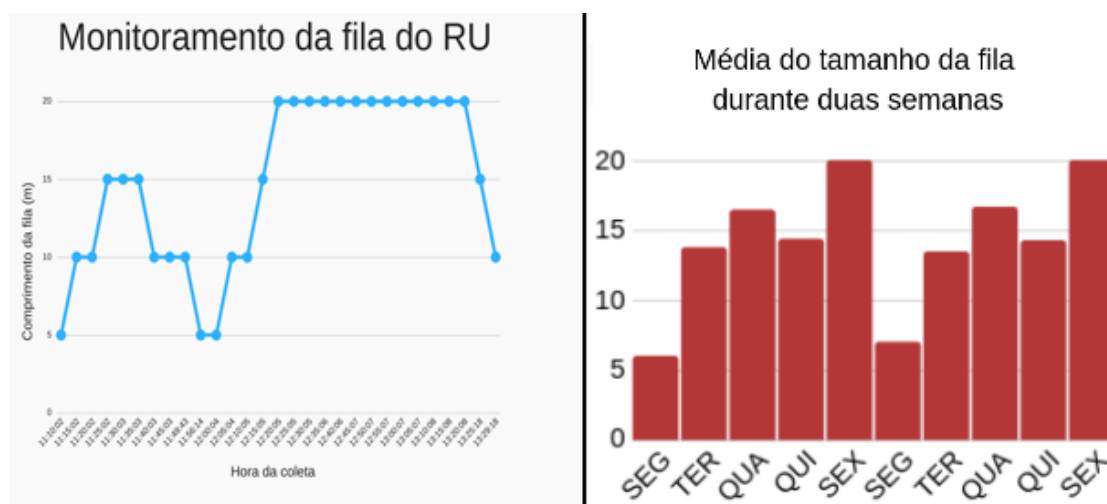


Figura 4. Tamanho da fila no decorrer do tempo do teste

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 4 apresenta ainda a média do tamanho da fila durante duas semanas de monitoramento. É possível observar que a variação da fila não é tão expressiva em diversos dias, de terça-feira a quarta-feira, entretanto, em dias como as segundas-feiras a fila foi menor, por conta da opção do cardápio, que não agrada diversos estudantes, e em dias como as sextas-feiras, a média é mais alta, devido ao cardápio oferecer feijoada, prato muito apreciado pelos estudantes. Vale ressaltar o restaurante não funciona aos finais de semana, por isso estes dias não foram levados em

consideração.

Ademais, foram desenvolvidas aplicações web e mobile com objetivo de criar um sistema capaz de mostrar, em tempo real, o tamanho da fila do RU, podendo ser acessado pelos usuários através do site do RU, para conhecimento do tempo estimado de espera. O sistema foi desenvolvido com o objetivo de que deve ser facilmente acessível e compreendido, com a interface clara e direta para quaisquer usuários, um grande problema no método de avaliação de qualidade de software pela ISO 9126, como exposto por L. Carloni (2018). A Figura 5 mostra as telas das aplicações desenvolvidas, web e mobile, respectivamente, onde pode-se notar as funções disponibilizadas pelo aplicativo.



Figura 5. Telas das versões Desktop e Mobile para visualização do sistema de monitoramento

Fonte: Elaborada pelo autor

Dessa forma, destaca-se como vantagem o fato do sistema auxiliar na tomada de decisão do discente, para decidir se o mesmo irá ou não naquele momento para a fila. Visando avaliar a eficiência do aplicativo, durante o períodos de duas semanas, dez voluntários foram monitorados (no que se refere ao tempo de espera na fila) com e sem uso do aplicativo para deslocamento ao RU, sendo o resultado mostrado na Figura 6.

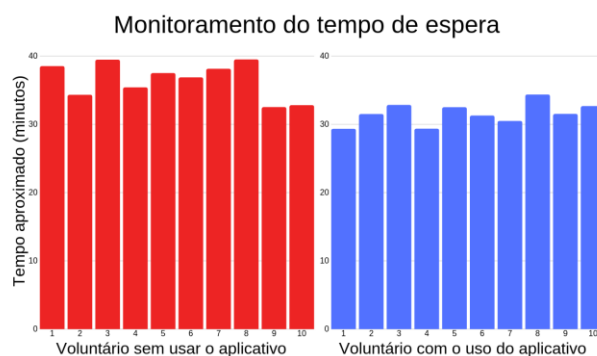


Figura 6. Monitoramento do tempo médio de tempo de espera de 10 usuários

Fonte: Elaborada pelo autor

Sem o uso do aplicativo, a média geral do tempo de espera dos dez voluntários foi de aproximadamente 37 minutos, tempo que pode até mesmo dobrar durante

outros períodos do ano. Entretanto, utilizando o aplicativo, esse tempo médio geral de espera diminuiu para 31 minutos. Isso mostra uma diminuição de aproximadamente 16% do tempo de espera do aluno na fila, pelo fato dos voluntários terem a opção de ir para a fila no momento que o aplicativo indica que a mesma está menor, infelizmente, nem todos alunos tem flexibilidade de horário para almoço, como o caso do voluntário 10.

Destaca-se como desvantagem do projeto a necessidade de rigurosidade para a instalação dos sensores pois, para assegurar a integridade, foi necessário investir em caixas de proteção para cada sensor, bem como para toda a fiação de interligação dos mesmos, para resguardá-los de furtos e da ação de fatores naturais da região amazônica. Todavia, a arquitetura relativamente simples do circuito usado, é uma vantagem pois, é possível identificar problemas nos sensores de forma rápida, visto que cada sensor tem sua porta digital no Arduino.

Durante os testes, verificou-se que em algumas situações os usuários na fila formavam uma “roda” de conversa bem abaixo do sensor, logo, o mesmo não captava a presença de uma pessoa abaixo dele devido ao vazio no meio da “roda”. Posteriormente, essa anomalia foi corrigida através de um tratamento de erro no código da aplicação.

O monitoramento constante da fila e o armazenamento desses dados podem ser usados ainda para diversas soluções sustentáveis pois, os dados gerados pelo monitoramento, quando analisados, podem identificar padrões de comportamento mesmo em condições adversas, como durante as férias e feriados, os quais podem ser usados para otimizar o cardápio do RU, este que se adequaria ao gosto dos alunos e poderia prever de forma mais eficiente a quantidade de comida que deve ser preparada, dessa forma diminuindo o desperdício de alimentos.

4.CONCLUSÕES

Esse artigo apresentou o Filômetro 2.0, uma proposta de solução de filas baseada em conceitos de IOT e de sistemas embarcados, com uma arquitetura que pode ser aplicada em diversos ambientes. O projeto buscou a implementação simplificada e eficiente e fomentou o aprendizado dos membros através da pesquisa em diversas áreas exploradas, a exemplo de redes de computadores, segurança, sistemas embarcados e IoT.

Os testes realizados revelaram a grande importância de um tratamento de erros estável, pois devido a movimentação, os usuários podem parar em pontos cegos dos sensores, gerando inconsistências na medição. Além disso, como possível trabalho futuro, pode-se apontar um sistema para contar o número de usuários, ratificando a vazão da fila observada e realizando a coleta dados para pesquisa e predição da administração do restaurante.

Pretende-se aprimorar o projeto por meio da instalação de uma câmera, na entrada do restaurante, que irá fazer o reconhecimento do número de pessoas na fila, dessa forma, além de calcular o tamanho da fila, o sistema de terá uma precisão maior na estimativa de tempo de espera.

O projeto objetiva o melhoramento da experiência dos alunos no ambiente acadêmico, esses, ao economizar tempo que antes era gasto na fila, terão mais tempo

para investir em outras atividades dentro do ambiente da Universidade, assim vivenciando-a de forma mais ativa. Portanto, o sistema de monitoramento proposto busca fornecer informações sobre a extensão da fila e auxiliar na tomada de decisão do usuário, ao empregar o método descrito neste artigo.

REFERÊNCIAS

- A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, M. Ayyash, "**Internet of Things: A survey on enabling technologies protocols and applications**", IEEE Commun. Surveys Tuts., vol. 17, no. 4, pp. 2347-2376, 4th Quart. 2015.
- A. H. Ngu, M. Gutierrez, V. Metsis, S. Nepal and Q. Z. Sheng, "**IOT Middleware: A Survey on Issues and Enabling Technologies**," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 4, no. 1, pp. 1-20, Feb. 2017.
- A. Nayyar, V. Puri, "**A review of Arduino board's, Lilypad's & Arduino shields**," *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, 2016, pp. 1485-1492.
- A. Pal and K. Kant, "**IOT-Based Sensing and Communications Infrastructure for the Fresh Food Supply Chain**," in *Computer*, vol. 51, no. 2, pp. 76-80, February 2018.
- A. V. Deshmukh, "**Microcontrolers: theory and applications**," p.4, McGraw Hill Education India Pvt Ltd, 2011. ISBN 978-0070585959.
- B. Jo, Z. Baloch, "**Internet of Things-Based Arduino Intelligent Monitoring and Cluster Analysis of Seasonal Variation in Physicochemical Parameters of Jungnangcheon, an Urban Stream**," in MDPI Water Journal, vol. 9, no. 3, 2017. ISSN 2073-4441.
- Idrees, Z.; Zou, Z.; Zheng, L. Edge "**Computing Based IOT Architecture for Low Cost Air Pollution Monitoring Systems: A Comprehensive System Analysis, Design Considerations & Development**," *Journal of Sensors* 2018, 18, 3021
- L. Meira, D. Pires, "**Qualidade de software na visão do usuário: um estudo com aplicativos que apoiam corrida de rua**," in *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica*, vol. 9, no. 3, 2018. ISSN 2237-0072.
- M. Alvarez-Campana, G. Lopez, E. Vázquez, V. A. Villagrà and J. Berrocal, "**Smart CEI Moncloa: An IoT-based Platform for People Flow and Environmental Monitoring on a Smart University Campus**," in MDPI Sensors Journal, vol. 17, no. 12, 2017. ISSN 1424-8220.
- M. Chernyshev, Z. Baig, O. Bello and S. Zeadally, "**Internet of Things (IOT): Research, Simulators, and Testbeds**," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 3, pp. 1637-1647, June 2018.
- M. M. Davis, T. E. Vollmann, "**A framework for relating waiting time and customer satisfaction in a service operation**," in *Journal of Services Marketing*, 1990. ISSN 0887-6045.
- Molina-Cantero, A. J.; Castro-García, J. A.; Lebrato-Vázquez, C.; Gómez-González, I.M.; Merino-Monge, M. "**Real-Time Processing Library for Open-Source Hardware Biomedical Sensors**," *Sensors* 2018, 18, 1033.
- R. K. Lomotey, R Deters, "**Data Mining from Document - Append NoSQL**", *Int. Jounrla of Services Computing*, vol. 2, no. 2, 2014, ISSN 2330-4472.

S. Tilkov and S. Vinoski, "**Node.js: Using JavaScript to Build High-Performance Network Programs**," in IEEE Internet Computing, vol. 14, no. 6, pp. 80-83, Nov.-Dec. 2010.

Vermesan, O. and Friess, P. (2014). "**Internet of things-from research and innovation to market deployment**," volume 29. River Publishers Aalborg.

W. Fu, S. T. Tan, M. Radhakrishnan, R. Byrd and A. A. Fayed, "**A DCM-Only Buck Regulator With Hysteretic-Assisted Adaptive Minimum-On-Time Control for Low-Power Microcontrollers**," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 31, no. 1, pp. 418-429, Jan. 2016.

Xu, Z., Pu, F., Fang, X., and Fu, J. (2016). "**Raspberry pi based intelligent wireless sensor node for localized torrential rain monitoring**." Journal of Sensors, 2016.

Y. Kang, I. Park, J. Rhee and Y. Lee, "**MongoDB-Based Repository Design for IOT-Generated RFID/Sensor Big Data**," in IEEE Sensors Journal, vol. 16, no. 2, pp. 485-497, Jan.15, 2016.