

PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DA IOT À SALA DE AULA COM GERENCIAMENTO POR FOG

LEONARDO DE SOUZA PIGATTO

Bacharel em Sistemas de Informação
Antonio Meneghetti Faculdade (AMF) - 0000-0002-0556-0440
leonardo.pigatto@hotmail.com

FELIPE BECKER NUNES

Doutor em Informática na Educação
Antonio Meneghetti Faculdade (AMF) - 0000-0001-8431-7416
nunesfb@gmail.com

PRISCILA CADORIN NICOLETE

Doutoranda em Informática na Educação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - 0000-0002-4185-6417
priscilanicolete@hotmail.com

RESUMO

Objetivo: O presente trabalho busca propor uma solução inerente ao âmbito educacional, com foco sobre os temas de Smart Classroom e Fog Computing, com objetivo de elaborar um método de gestão mais ágil no controle de assiduidade dos alunos.

Design/Metodologia/Abordagem: Foi projetada uma plataforma composta por um protótipo de baixo custo e open source e um Sistema Web que tem como função gerenciar os dados recebidos no protótipo, sendo testada dentro de uma Instituição, com intuito de realizar uma coleta de dados através da validação da presença dos alunos e um questionário passado aos mesmos ao final dos testes.

Resultados: O protótipo foi implementado com sucesso, coletando as digitais e validando as presenças dos alunos com êxito, e conjuntamente, através do questionário, foi obtido uma percepção positiva dos participantes quanto a viabilidade e eficiência do sistema proposto. Com isso, foi iniciado uma nova fase, da qual está sendo acrescentado técnicas de Fog ao projeto inicial, no intuito de promover principalmente um processamento e comunicação mais ágil no ambiente de sala de aula.

Limitações da pesquisa (se aplicável): Algumas limitações foram encontradas principalmente durante a fase de interconexão/comunicação do Protótipo com o Sistema, mas brevemente contornadas, obtendo assim, o andamento no desenvolvimento do trabalho sem grandes percalços.

Originalidade/valor: Se demonstra muito importante sua implementação dentro das instituições de ensino justamente por sanar questões essenciais nos processos de gestão pedagógica/administrativa, como evasão de discentes, ineficiências no controle de frequência por parte da docência, controle no acesso dos discentes nas suas respectivas disciplinas (salas), entre outros aspectos.

Palavras-chave: Smart Classroom. Fog Computing. Controle de Assiduidade. Método de gestão.

ABSTRACT

Goal: *The present work seeks to propose a solution inherent to the educational field, focusing on the themes of Smart Classroom and Fog Computing, aiming to elaborate a more agile management method in the attendance control of the students.*

Design / Methodology / Approach: *The present work seeks to propose a solution inherent to the educational field, focusing on the themes of Smart Classroom and Fog Computing, aiming to elaborate a more agile management method in the attendance control of the students of an Educational Institution.*

Results: *The prototype was successfully implemented, collecting the fingerprints and validating the students' successful attendance, and together, through the questionnaire, a positive perception of the participants regarding the viability and efficiency of the proposed system was obtained. With this, a new phase has begun, which is adding Fog techniques to the initial project, with a view to promoting more agile processing and communication in the classroom environment.*

Limitations of the research (if applicable): *Some limitations were found mainly during the interconnection/communication phase of the prototype with the system, but briefly circumvented, thus obtaining progress in the development of work without major mishaps.*

Originality / value: *Its implementation within educational institutions is shown to be very important precisely because it addresses essential issues in the pedagogical / administrative management processes, such as student dropout, inefficiencies in the attendance control by*

the teacher, control in the access of students in their respective disciplines (classrooms), among other things.

Keywords: *Smart classroom. Fog Computing. Attendance Control. Management method.*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, na área de Tecnologia da Informação (TI), observa-se cada vez mais a utilização de programas, serviços e arquivos remotos, através da Internet. Também é possível visualizar que os dispositivos móveis e sensores se tornaram poderosos equipamentos, onde diariamente podemos nos beneficiar da utilização desses instrumentos. Contudo, a integração desses elementos para beneficiar simultaneamente diferentes setores da sociedade demanda grandes desafios, como parte do termo chamado Internet das Coisas, também conhecido como *Internet of Things*, do acrônimo IoT (ATZORI, 2010).

O conceito de IoT não se trata somente de uma nova tecnologia, mas de uma nova fronteira em que a internet está se aprofundando. Isso é resultado do avanço tecnológico que vem ocorrendo continuamente, especialmente da miniaturização eletrônica e dos diversos protocolos de comunicação (HINER, 2013). Assim, essa nova forma de utilização da Internet visa interligar aparelhos de uso cotidiano, sendo possível realizar uma comunicação constante entre coisas/objetos/aparelhos, possibilitando uma maior automatização do nosso dia-a-dia.

Esse conceito traz também o incremento de inteligência em diversos setores da economia: logística, saúde, indústria, entre outros, como o setor da Educação, que é foco no desenvolvimento deste trabalho. Dentro de instituições de ensino, tecnologias de IoT podem criar ambientes totalmente interativos, através de seus locais internos, como laboratórios, salas de aula, onde constantemente há necessidade de atualizar suas informações, mantendo alunos e colaboradores da instituição a par quanto a diversos aspectos, como horários, trocas de disciplinas e professores, condicionamento do ambiente, entre outros. Essa solução seria sanada através da implementação e utilização do conceito de IoT, onde a “sala” comunicaria essas informações aos alunos (MELO, 2016).

Diante disso, novas formas de acesso foram adicionadas a IoT, visando viabilizar de uma maneira mais acessível o uso da rede: RFID (*Radio-Frequency Identification*), WSS (*Wireless Signal Solutions*), rede de sensores, etc. Essas variadas formas de uso de rede,

geralmente estão atreladas à determinados processos, como de automação residencial, onde pode ser aplicado também em sala de aula (*Smart Classroom*) para realizar o controle de iluminação, de temperatura, de acesso e até da frequência dos discentes.

Podemos encarar *Smart Classroom* como uma tecnologia que visa principalmente aumentar a eficiência no processo de ensino-aprendizagem num ambiente de sala de aula. Com seus diversos objetos, dispositivos nela que se comunicariam entre si, com essa interação seria possível tornar a sala de aula um ambiente mais agradável e interativo (SILVA et al. 2017).

Dentro deste contexto, surge o conceito de Computação em Nuvem, que visa realizar a transição com *IoT*, seu estudo envolve um conjunto de novas questões e desafios, requerendo grandes esforços de investigação (AAZAM, 2014). Com isso, torna-se necessário uma otimização e utilização do conceito de “nuvem”, provendo conteúdo aos seus usuários através de uma plataforma *IoT* densa e geograficamente bem distribuída, assim tendo de suportar o modelo *Everything-as-a-Service* (XaaS) (DUAN, 2015), onde o usuário pode acessar os dados a partir de qualquer dispositivo, em qualquer lugar, a qualquer momento.

Portanto, esses sistemas e aplicações introduzem novas demandas funcionais em computação e redes que a “nuvem” sozinha não poderá atender. Assim, a nuvem está muito longe dos dispositivos para satisfazer requisitos de latência e, é muito centralizada para lidar com heterogeneidade e diversidade contextual em uma área local, também é muito custoso carregar todos os dados de sensores individuais para a nuvem (STOJMENOVIC et al. 2015).

A partir disso, surge a *Fog Computing*, uma extensão não trivial da Computação em Nuvem, a qual possibilita uma série de novos serviços e aplicações que não são completamente compatíveis com a arquitetura em nuvem. Sendo definida como uma arquitetura de rede que se utiliza de uma vasta colaboração de seus usuários finais, através de celulares, computadores, ou dispositivos de borda próximos do usuário, como conversores digitais para TV e *gateways* domésticos, assim podendo entregar uma quantidade substancial de recursos como armazenamento, comunicação e medidas de controle, configuração e gestão de rede (BONOMI et al. 2012).

Através disso tudo, evita-se que um grande volume de tráfego seja direcionado exclusivamente para a nuvem, prevenindo um possível colapso da rede. Essa arquitetura distribuída ainda abre diversos desafios, incluindo segurança e privacidade, que são preocupações cada vez maiores na internet (HAJIBABA, GORGIN, 2014).

Inerente a uma instituição de ensino, o protótipo de automação da assiduidade dos discentes fortalece o uso de uma plataforma de prototipagem eletrônica de baixo custo, e uma possível resolução do problema identificado, atendendo a uma questão muito emblemática ao Setor Pedagógico de uma Instituição, que seria a gestão da assiduidade dos alunos (COSTA et al. 2015), no sentido de atacar um ponto de evasão escolar. É sobre os contextos abordados acima que esse projeto se concentra, com o objetivo geral de realizar a automação do controle de assiduidade dos discentes inerentes a uma Instituição de Ensino. Neste contexto, com o intuito de validar o protótipo construído neste trabalho foram realizadas atividades de testagem e análise das circunstâncias obtidas com estes procedimentos em diferentes disciplinas de uma instituição de ensino.

2. DESENVOLVIMENTO

Nesta seção são apresentadas pesquisas relacionadas ao tema proposto neste trabalho, destacando suas similaridades e diferenças. No trabalho apresentado por Al Faruque et al (2015) é proposta a construção de um sistema para realizar o gerenciamento do consumo de energia de uma *Smart Home*, definindo as arquiteturas de *hardware* e *software* para tornar isso possível.

Dentro da arquitetura de hardware existem cinco elementos: Roteadores (para dar suporte à conectividade); *Gateway* (para estabelecer a compatibilidade de conexão, *bluetooth*, *ethernet*, entre outros); Sensores que monitoram o ambiente (temporizador, luminosidade, etc.); Atuadores (sistema atua nos dispositivos conforme mudanças no ambiente); *Computing* (dispositivos os quais armazenam, processam e analisam os dados no sistema). Por sua vez a arquitetura de software utiliza um sistema operacional, TinyOS, sistema flexível principalmente na implementação de sensores.

Um estudo de caso para demonstração dos benefícios da IoT por meio da criação de um laboratório virtual online é proposto no trabalho de Cornel (2015). O desenvolvimento desse laboratório é realizado utilizando a plataforma de desenvolvimento de baixo custo Arduino, juntamente com *web service* gratuito Xively, visando medir a temperatura de um ambiente. Segundo o autor, a Internet das Coisas tem a capacidade de fornecer ensino à distância mesmo para especializações técnicas a partir da criação desses laboratórios.

Utilizando o Xively Web Service, produto de IoT, os autores criaram uma conta e adicionaram uma plataforma física como o dispositivo, serviço Web lhes ofereceu um ID de alimentação e uma chave de API, que fazia a comunicação com a plataforma apresentada, os autores também apresentam um gráfico com valores de temperatura, exibido dentro da plataforma Web no navegador, esses dados são atualizados em tempo real, com o intervalo de comunicação sendo definido no código do Arduino. O sistema é uma solução eficiente e robusta e de custo muito baixo, podendo ser utilizada por qualquer equipe desenvolvimento em instituições de ensino em todo mundo.

O artigo de Raval et al. (2018) apresenta um protótipo de *Smart Classroom* usando novas tecnologias, como *IoT*, *Fog Computing* e *Cloud Computing* para assim atender a demanda por dispositivos inteligentes, mas tendo como principal obstáculo o alto preço. Com isso, o trabalho tem como objetivo melhorar o padrão de vida em residências, salas de aula, escritórios com instalações de trabalho recentemente melhoradas, onde todo o sistema será automático e estará sob o controle do usuário através de seu smartphone ou computador, mas o custo será ficar dentro de um orçamento mais baixo, para melhor alcance do público de menor renda.

No trabalho de Fischer et al. (2018) os autores propõem a construção de uma arquitetura que minimize a latência na utilização de banda de rede, para assim facilitar o processo de ensino- aprendizagem num ambiente educacional. Com isso os autores apresentam dois cenários de aplicação, um cenário de *Smart Classroom* utilizando *Fog*, e outro apenas utilizando *Cloud*. Assim os autores chegam ao resultado de que através da utilização de *Fog* o tempo de resposta das comunicações é 20% maior comparado com o cenário o qual utiliza apenas *Cloud*, chegando à conclusão de que a utilização de *Fog* proporciona um ambiente com maior usabilidade, tendo como trabalhos futuros a busca de uma implementação na parte de segurança e gerenciamento dentro da *Fog*.

O presente trabalho possui diversas similaridades com os conceitos apresentados acima, principalmente quanto a criação de soluções e ambientes inteligentes através da usabilidade de tecnologias *IoT*. Quanto a algumas diferenças, é possível expor que o foco desse trabalho está na questão do controle de assiduidade dos discentes, onde utilizamos o método de impressão digital no controle, através de um módulo *Wi-Fi* acoplado a uma placa Arduino Uno, que repassa as informações a um sistema Web e insere os dados referentes a assiduidade dos alunos em um banco de dados MySQL, assim possibilitando um maior controle quanto a presença real dos alunos em sala de aula. Mas é possível ressaltar que

através da implementação de *Fog* que vem como foco posterior desse trabalho, espera-se que consigamos trazer um ambiente que permita acoplar diversos métodos de ensino-aprendizagem inerentes a uma *Smart Classroom*.

2.1 IOT E SMART CLASSROOM

IoT é uma tecnologia descrita em Atzori (2010) como um mundo repleto de objetos inteligentes e conectados, que participam do cotidiano das pessoas muitas vezes sem serem percebidos. Neste cenário, são capazes de interagir com o ambiente, trocar informações, monitorar processos, coletar estados, analisar dados, obedecer a comandos e executar ações de forma coordenada e proativa para atender as finalidades de seus usuários. Esses equipamentos irão compor sistemas inteligentes, integrando bilhões de dispositivos e provendo soluções e análises para valorizar soluções fim a fim dos clientes.

Quanto às aplicações de Internet das Coisas, são inúmeras e diversas, e estão diretamente presentes no dia a dia das pessoas, das empresas, sociedade como um todo, transformando o mundo em *smart world* (FREITAS DIAS, 2016). Esse mundo permite que a computação de torne “invisível” aos olhos do usuário, por meio da relação entre homem e máquina, tornando um mundo mais eficiente e eficaz, interligando bens de consumo, indústria, segurança, educação, entre outros setores.

Pelo lado dos desenvolvedores dessas aplicações, há uma multiplicação de novas soluções, e novas expressões podem ser citadas: *smart buildings*, *smart cities*, *smart transport*, *smart energy*, entre outras (FACCIONE FILHO, 2016). Essas soluções são apenas a superfície do que está sendo preparado para um futuro próximo, e o design de produtos digitais e de plataformas IoT deverá se ajustar a esses novos paradigmas.

Através da utilização da tecnologia de *IoT*, o aumento da eficiência no processo de tarefas cotidianas inerentes a uma sala de aula, como presença automática de alunos em sala, assim como uma experiência de aprendizado mais personalizada (etiquetas RFID, *QR Code*, entre outros), até mesmo com um integrador de dados obtidos por sensores para tomada de decisões. Podendo haver a implementação e utilização de diversos outros métodos que podem ser empregados nesses ambientes.

Há um crescente investimento em cidades inteligentes (*Smart Cities*), assim como seus subjacentes, como *Smart Classroom*, com isso há um constante esforço para serem criadas novas tecnologias que tenham como objetivo melhorar a qualidade de vida das

pessoas. Essas tecnologias de *IoT* podem ser utilizadas principalmente em ambientes de sala de aula no aumento da eficiência no processo de ensino-aprendizagem (BATISTA, PEREIRA, 2015).

Diversos objetos dentro destes ambientes podem ter dispositivos embarcados que trocam diversas informações entre si, como lousas que interagem com dispositivos controlados pelo professor ou pelos alunos, essas lousas podem estar conectadas com outras instituições de ensino, para uma colaboração entre as mesmas, com isso, cria-se um ambiente de *Smart Classroom* (SILVA et al. 2017).

O aumento da eficiência operacional em qualquer ambiente educacional poderia ser feito através de uma rede de objetos físicos conectados na sala de aula, como lousas eletrônicas, sensores de temperatura e luminosidade, sensores de presença, entre outros objetos, possibilitando assim uma aula mais dinâmica e efetiva, sendo que os usuários desses ambientes poderiam não se preocupar com tarefas corriqueiras, como dar presença na chamada, ligar ar condicionado ou luz, etc.

2.2 CLOUD E FOG COMPUTING

O termo *Cloud Computing* é definido como um modelo que permite um acesso conveniente, onipresente e sob demanda a um *pool* compartilhado de recursos computacionais configuráveis (como rede, servidores, armazenamento, aplicações, serviços) que podem ser rapidamente providenciados e lançados com um mínimo de esforço de gerência ou interação com o provedor de serviços (MELL, GRANCE, 2011). Este conceito é capaz de suportar o crescente processamento de dados que a Internet gerou todos esses anos, principalmente após o acesso à rede ter sido facilitado em todo o mundo.

Mas com um vasto aumento no número de equipamentos e soluções inteligentes, novas tecnologias acabam surgindo para suportarem esse enorme crescimento, uma delas é a *Fog Computing*, um conceito emergente o qual propõe permitir um processamento de dados diretamente em nós na borda de rede, sem a necessidade de que o processamento seja enviado diretamente à uma nuvem computacional. Segundo Bonomi et al. (2012) este modelo tem como ideia geral que qualquer dispositivo móvel possa ser visto como um potencial nó de processamento e armazenamento, sendo esse processamento a ser realizado de forma distribuída e virtualizada entre todos estes dispositivos, assim também é referido como computação de borda.

Um exemplo mais simples de se compreender é exposto por Alrawais et al. (2017) e representa muito bem o conceito de *Fog Computing*, onde a nuvem está lá em cima no céu em algum ponto remoto, e o nevoeiro (*Fog*) está próximo do chão, ou seja, próximo de onde as coisas estão sendo coletadas. Portanto, entende-se que se a *Fog Computing* acontece próximo da coleta, onde não há um desgaste da comunicação com sua latência, pois são muitos dispositivos conectados ao mesmo tempo e transferindo dados.

De acordo com Dastjerdi e Rajkumar (2016), o poder de processamento disposto pela *Fog* de modo geral é menor que o da *Cloud*, isso intercorre, segundo eles, pelo fato da *Fog* ser uma extensão e não a substituição da *Cloud*. Os pesquisadores também apontam que a utilização de *Fog* favorece a utilização de componentes heterogêneos, em grande número, localizados na borda da rede, e que essa “extensão” é responsável pelo pré-processamento das informações, otimizando significativamente a transmissão dos dados para a *Cloud*, e com isso favorecendo mais ainda a escalabilidade e operacionalidade das aplicações da IoT.

Como está descrito no trabalho de Schenfeld (2017), o qual apresenta uma arquitetura *Fog*, onde é criada uma plataforma virtual que fornece serviços de processamento e de armazenamento entre a nuvem e os dispositivos. Em outras palavras, cria uma camada federada, isto é, a união de diversas funcionalidades que formam uma camada virtual em ambiente descentralizado e mais próximo dos dispositivos de borda, reduzindo a latência na rede e largura de banda, solucionando quase todos os problemas encontrados em *cloud computing*.

Fog é descrita como um paradigma inovador que realiza computação distribuída, serviços de rede e armazenamento, além da comunicação entre a *Cloud* até os dispositivos ao longo da borda de rede. Tal comunicação amplia as operações e serviços ligados à *cloud computing*, permitindo assim uma nova gama de aplicativos, tendo também como principal função filtrar e agregar dados para as *Clouds* e aplicar inteligência lógica a dispositivos finais (OSANAIYE et al. 2017).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho é caracterizado pela pesquisa qualitativa, que baseia-se na observação cuidadosa dos ambientes onde o sistema está sendo ou será utilizado, do entendimento das várias perspectivas dos usuários ou potenciais usuários do sistema

(WAINER, 2007). O experimento foi realizado dentro de uma Instituição de Ensino Superior, no curso de Sistemas de Informação, em duas disciplinas, somando um total de 18 participantes.

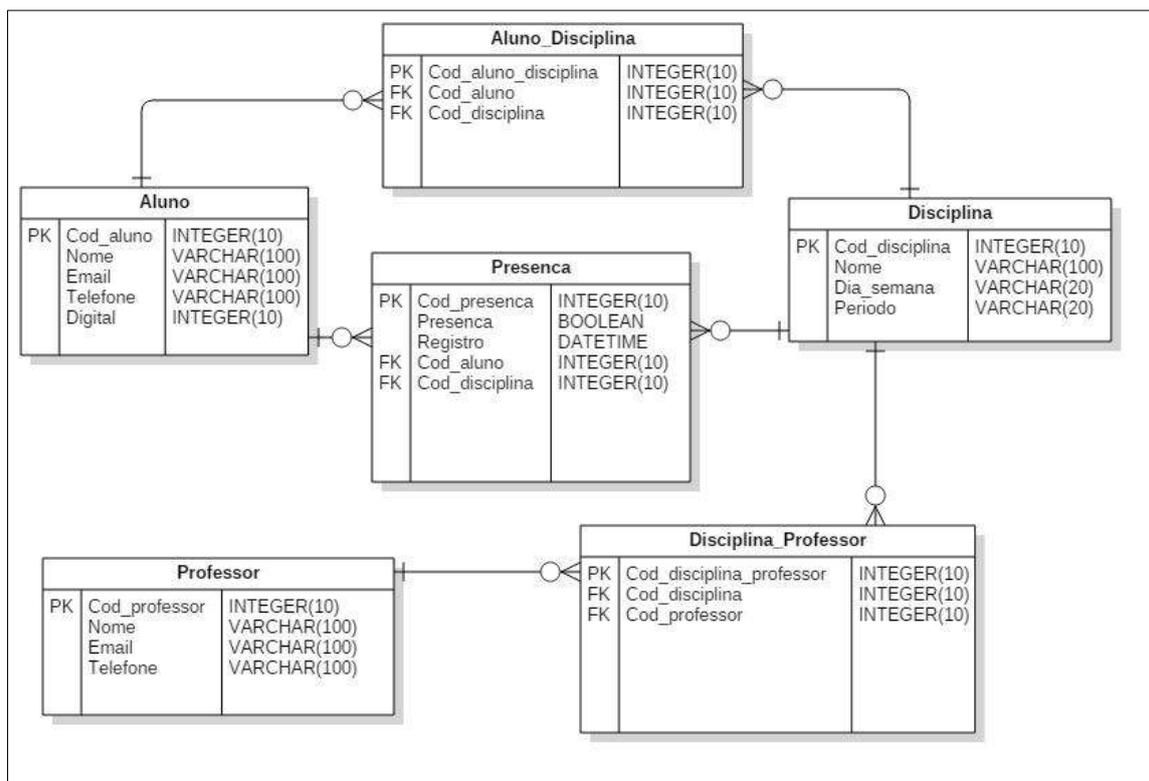
Os participantes foram caracterizados como um grupo de estudantes com idade média entre 18 e 22 anos da área de informática, em que parte do grupo se encontrava no quarto semestre da faculdade e os demais eram formandos. Eles não tinham conhecimentos sobre as áreas de interesse abordadas neste artigo, tendo um primeiro contato no experimento realizado.

Como instrumentos de coleta de dados, foi aplicado um questionário para averiguar suas impressões perante ao projeto proposto, se o usuário já obtinha conhecimentos das tecnologias utilizadas e se ele já havia utilizado alguma, sendo o questionário aplicado a cada um dos participantes após a realização dos testes em sala de aula. Além disso, foram realizadas conversações com os participantes envolvidos, no intuito de complementar as análises sobre o experimento conduzido.

A proposta do protótipo para controle de assiduidade dos discentes consiste na utilização de equipamentos de baixo custo, para efetuar o registro da presença dos alunos, sendo utilizado um microcontrolador Arduino Uno, acoplado com Shields, como a placa Wi-Fi ESP8266, um sensor de leitura biométrica de impressão digital (*fingerprint*), e um display LCD 16x2 *backlight*, o qual expõe na tela se a presença do aluno foi validada. Este protótipo se comunica diretamente com um sistema web dentro de um servidor na nuvem para envio e retorno das requisições realizadas.

O sistema Web foi construído utilizando os recursos do HTML 5, CSS 3, Bootstrap e a linguagem de programação PHP 7.1, tendo como base um conjunto de páginas que permite o cadastramento e listagem dos docentes, alunos, disciplinas e a presença dos discentes nestas. Na figura 1, expressa abaixo, é demonstrado todos os relacionamentos existentes no sistema.

Figura 1 - Modelo racional do projeto



Fonte: autores

No modelo acima é possível observar todos os relacionamentos entre as entidades que existem dentro do sistema, com todos os dados e valores armazenados em suas respectivas tabelas. Em cada tabela existe uma chave primária, que através das relações com outras tabelas acabam criando chaves estrangeiras, um exemplo é a tabela Aluno_Disciplina, criada para associar os alunos as suas respectivas disciplinas, também é possível observar que a relação entre a tabela aluno e disciplina acaba gerando outra tabela, a tabela Presença, que tem como principal função armazenar a presença dos alunos. A relação entre professor e disciplina também acaba gerando a criação de outra tabela, a Disciplina_Professor, com justificativa de que uma disciplina poderá ser ministrada por mais de um professor, e um professor poderá estar cadastrado em mais de uma disciplina.

Com o intuito de fornecer um sistema mais responsivo ao usuário, buscando a redução na latência de comunicação com o servidor, com um processamento mais ágil está sendo implementado uma camada intermediária com o uso dos conceitos de *Fog*, por meio de uma placa Raspberry Pi, que será melhor descrita no decorrer dessa seção.

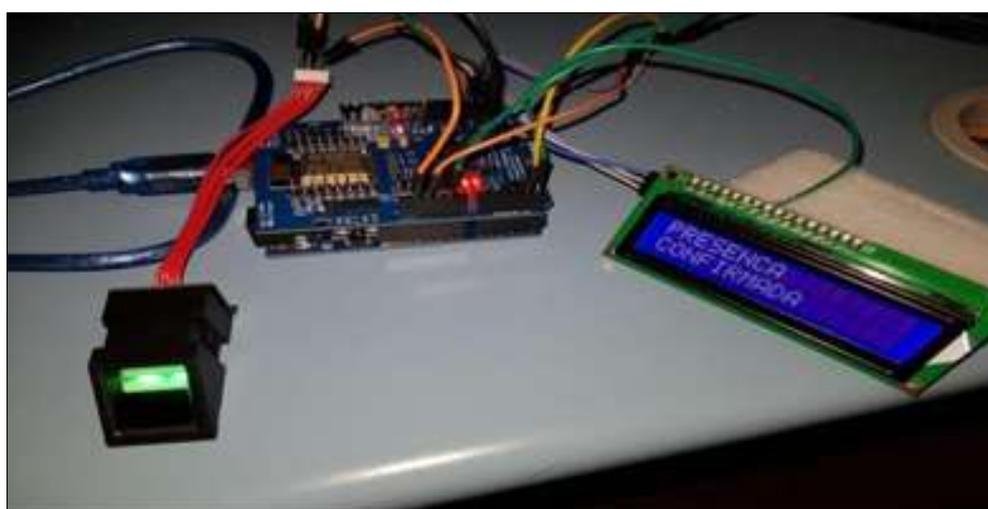
Desta forma, conforme descrito anteriormente, o projeto pode ser dividido em duas fases, em que, a primeira se caracteriza pela construção do protótipo com Arduino e sua

interconexão com um sistema Web em um servidor na nuvem, sendo realizados os testes em um estudo piloto. Posteriormente, a segunda fase do projeto engloba a construção da camada de *Fog Computing* para realizar o gerenciamento das requisições e troca de dados entre o protótipo criado e os serviços executados pelo servidor na nuvem. A fase de construção do protótipo iniciou-se através da utilização microcontrolador Arduino Uno em conjunto com a IDE do Arduino. A fase de integração abrangeu a adição de instrumentos descritos no parágrafo acima, primeiramente, sendo realizada a integração do microcontrolador com o módulo *Fingerprint*.

Após ser realizada essa integração com êxito, foi implementado ao protótipo o display LCD 16x2 *backlight*, o qual tinha o objetivo de apresentar as informações necessárias para guiar o discente na fase de teste do protótipo, o que também ocorreu de forma exitosa. O método que realiza a conexão do protótipo com redes Wi-Fi, para assim possibilitar a conexão com o Sistema Web, é realizado através do módulo *Shield WiFi ESP8266*, o qual possibilita o envio, recebimento e interpretação dos dados recebidos através da serial do Arduino.

Por fim, através da criação de um esquemático construído no Fritzing¹, ferramenta *open source* que auxilia na construção de projetos de hardware eletrônico, onde é criado um design do protótipo, começou-se a construção do protótipo real para os primeiros testes, com a maioria das ferramentas já mencionadas. A Figura 2 demonstra o aspecto inicial do protótipo real desenvolvido para os testes.

Figura 2 - Protótipo real desenvolvido



Fonte: autores

¹ Fritzing. Disponível em: <http://fritzing.org/home/>

Com o protótipo construído, foi realizado um estudo piloto em uma Instituição de Ensino, onde foi realizado o cadastramento das disciplinas dentro do Sistema Web, que será detalhado na próxima subseção, alocando seus respectivos professores, após isso foi solicitado a cada aluno que fizesse o cadastramento de sua digital no sensor biométrico (*Fingerprint*).

Também sendo solicitado que cada aluno fornecesse seus dados para cadastramento no sistema e assim sendo possível alocar os alunos em suas respectivas disciplinas. Após feito o cadastro de todos os alunos da turma foi realizado um novo teste para fazer a leitura da digital de cada aluno, assim podendo ser lançada sua presença dentro do Sistema Web.

Através do método de conexão Wi-Fi, os dados são enviados e recebidos entre o protótipo e o servidor, onde a conexão é feita através do módulo Shield Wi-Fi ESP8266. Com a conexão realizada com sucesso, passa a ser possível através de uma URL, enviar os dados referentes ao aluno que insere sua digital (cadastrada no sistema) no protótipo (*Fingerprint*), que reconhece sua digital e envia a informação de que esse aluno está presente na sala de aula, com registro da data e disciplina em que se encontra esse dia, assim confirmando a presença do mesmo na chamada. Assim que a presença do aluno é confirmada com sucesso, imediatamente as informações referentes a validação da presença, como o código da digital, da disciplina e o registro, são enviadas à base de dados para assim ficarem registradas.

Para a análise dos dados, foi optado por uma análise qualitativa, onde foram analisadas principalmente as funcionalidades do Sistema, como eficiência, forma de interação dos usuários, adaptabilidade dos mesmos perante ao método exposto, como eles viam essa ideia, se era relevante a implantação da arquitetura proposta dentro de uma Instituição de Ensino, sugestões dos alunos para melhoramento do esquemático proposto, tudo isso basicamente integrado a entrevistas e ao questionário.

Tendo a realização de todos os testes, obtendo pleno funcionamento da comunicação do protótipo com o servidor *Cloud*, foi iniciada a segunda fase do projeto com a inserção da camada *Fog*, através de uma placa Raspberry Pi 3 Model B, que faria um pré-processamento dos dados gerados no protótipo antes que fossem enviados para a *Cloud* (Servidor), tendo um esquema mais responsivo para o usuário final. O uso desta placa é justificado pela grande capacidade de hardware e software provida por ela, em que há a possibilidade de instalação do sistema operacional Raspbian, que é baseado em Linux. Com ela, tem-se o objetivo de se habilitar um conjunto de serviços para realizar armazenamento, processamento, comunicação

em rede e tarefas de gerenciamento otimizadas, criando uma infraestrutura que possa suportar um elevado volume de dados.

Através dessa implementação, é possível realizar um gerenciamento com a verificação do estado dos nodos de *Fog* como forma de amenizar a perda de dados dos sistemas, para que isso seja possível, é associado o controle de atividades ao monitoramento do uso dos recursos no ambiente da rede. Chegando ao aumento do nível de operabilidade do sistema, cria-se a necessidade do desenvolvimento de um *Middleware*, onde inúmeros aspectos são de suma importância em seu desenvolvimento, como segurança, privacidade, resiliência, etc.

A alocação do gerenciamento de *Fog* é realizada na *Cloud* (Servidor), dessa maneira, a *Cloud* é o componente definido como gerente da rede enquanto as *Fogs* são vistas como os agentes. A *Cloud* é responsável pela verificação do estado de funcionamento dos nodos *Fog*, em um gerenciamento considerado de precisão essa verificação deve ser realizada tanto nos componentes Hardwares, quanto nos de Software (COUTINHO et al. 2016).

O ambiente de desenvolvimento alvo dessa continuidade ainda é o ambiente de *Smart Classroom*, onde foca-se na utilização de métricas reais no desenvolvimento do gerenciamento. Os componentes utilizados nessa sala de aula são: Raspberry Pi 3 Model B (*Fog*), Arduino Uno (coleta de dados), placa Wi-Fi ESP8266 (comunicação com *Cloud* (servidor)) e o sensor biométrico, todos já descritos nesta seção do trabalho.

4. RESULTADOS PARCIAIS

Nesta seção é descrito o processo referente ao cadastramento das presenças dos alunos, evidenciando o quanto os testes foram eficientes nas validações da primeira fase do projeto. Por conseguinte, é realizada uma análise sobre as respostas recebidas através da aplicação do questionário e finalizando com a descrição da segunda fase do projeto, que engloba a implementação da *Fog Computing*.

Como já descrito anteriormente, primeiramente foi solicitado que cada aluno fizesse o cadastramento de sua digital no leitor biométrico, assim podendo ser realizado seu cadastro no sistema, após isso era realizado os testes de inserção da presença do mesmo. Os discentes e docentes participantes foram cadastrados no sistema, em suas respectivas disciplinas, sendo registrada a presença de cada aluno no dia para as disciplinas que em que estavam

matriculados. Houve um total de 100% de sucesso, sendo coletadas todas digitais dos participantes com êxito, assim como a leitura das digitais para lançamento da presença dos alunos no sistema. Na figura 3 é demonstrado os registros gravados no banco de dados referentes ao cadastramento das presenças dos alunos.

Na imagem é possível visualizar que no Banco de Dados é feito o registro através do código da digital dos alunos, registrando também o código da disciplina referente ao dia em que o aluno realizou a presença, e no atributo presença, que é representado em booleano, onde o número 1 representa a presença confirmada do aluno e por fim vem o registro da presença, com a data e hora que é feita sua validação, importante constar que essa pesquisa está sendo realizada em cima do curso de Sistemas de Informação.

Figura 3 - Registro das presenças no BD

		codigo_presenca	codigo_digital	codigo_disciplina	presenca	registro
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	81	12	8	1	08/11/2018 19:37:14
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	80	66	8	1	08/11/2018 19:30:10
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	79	1	8	1	08/11/2018 19:09:58
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	78	7	8	1	08/11/2018 18:57:00
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	77	20	7	1	06/11/2018 19:33:28
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	73	18	7	1	06/11/2018 19:29:18
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	74	10	7	1	06/11/2018 19:30:30
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	75	3	1	1	06/11/2018 19:31:44
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	76	13	7	1	06/11/2018 19:31:14
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	82	126	8	1	08/11/2018 19:38:17
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	72	17	7	1	06/11/2018 19:29:47
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	70	9	7	1	06/11/2018 19:25:50
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	71	11	7	1	06/11/2018 19:28:15
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	81	99	8	1	08/11/2018 19:39:08
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	84	27	8	1	08/11/2018 19:40:16
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	85	100	8	1	08/11/2018 19:40:55
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	86	88	8	1	08/11/2018 19:45:02
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Apagar	87	4	8	1	08/11/2018 19:46:32

Fonte: autores

Na aplicação web, poderá ser consultada a presença dos alunos, só é necessário fornecer o nome do aluno em que se deseja ser consultado e o sistema vai lançar na tela o histórico de presenças do aluno (Figura 4).

Figura 4 - Consulta de presença do aluno

NOME DO ALUNO	DISCIPLINA	PRESENÇA	REGISTRO
Fulano da Silva	Algoritmos	Presença confirmada	08/11/2018 19:00:30
Fulano da Silva	TCC I	Presença confirmada	09/11/2018 19:03:41
Fulano da Silva	poo II	Presença confirmada	10/11/2018 19:04:48

Fonte: autores

Na tela de consulta da presença é constatado o nome do aluno que foi realizada a pesquisa, no exemplo exposto foi utilizado um nome fictício, a disciplina a qual o aluno confirmou sua presença, mostrando se a presença foi confirmada e por fim mostra o registro com a data (dia da disciplina) e o horário que o aluno bateu seu ponto no sistema.

Quanto à análise dos questionários haviam perguntas relacionadas principalmente ao conhecimento dos alunos sobre tecnologias IoT e soluções de baixo custo, assim como perguntas referentes a sua opinião com relação à implantação desse tipo de tecnologia em uma instituição de ensino. Quando se fala na utilização das mesmas, seja em seu trabalho, faculdade, moradia, a maioria dos participantes já se utilizaram dessas soluções de automação/autenticação, mas poucos têm um conhecimento mais aprofundado do funcionamento desses métodos.

Posteriormente a isso, foi realizada uma nova pergunta dissertativa solicitando a opinião dos participantes com relação a implantação de um sistema de controle de assiduidade dentro da instituição, e de forma unânime os participantes concordaram que a aplicação de uma solução deste aspecto seria viável e eficaz no controle da frequência dos alunos. Além da aplicação do questionário, ao final dos testes foram realizadas algumas entrevistas com os participantes solicitando algumas percepções sobre o protótipo e Sistema desenvolvidos. No geral, os alunos elogiaram a aplicação da solução, com algumas colocações e sugestões para trabalhos futuros, alguns até expuseram algumas situações já ocorridas dentro da instituição referentes a falhas nos processos da gestão de frequência, citando alguns aspectos falhos

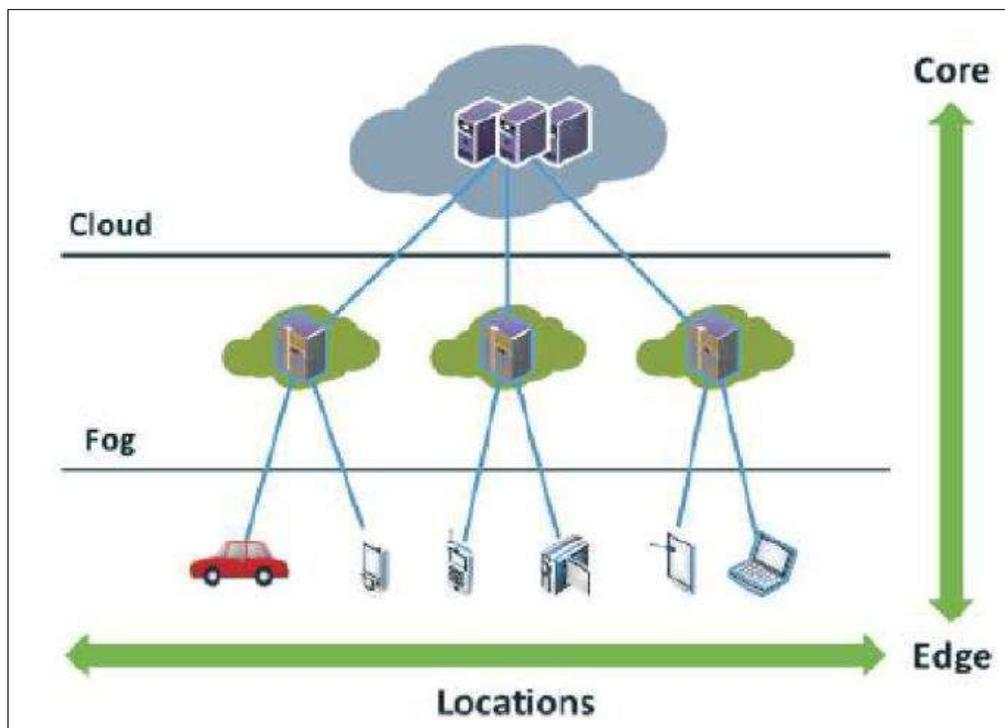
inerentes a esse processo, como chamada oral realizada pela docência, portal da instituição, entre outros.

Quanto à fase atual do projeto, implementação de *Fog* através do Raspberry Pi, está sendo analisado a viabilidade dos protocolos de comunicação existentes, atualmente os testes estão sendo reproduzidos através da utilização do protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), que permite a implementação em hardware de dispositivo altamente restrigido e em redes de largura da banda limitada e de alta latência. Assim como sua flexibilidade quanto ao suporte a diversos cenários de aplicativo para dispositivos e serviços IoT. Em conjunto a isto, estão sendo realizados testes sobre o uso da linguagem de programação Node JS, que é baseada em JavaScript, sendo verificado a viabilidade do seu uso na Raspberry Pi. O objetivo destes testes é efetuar o controle dos dados recebidos do protótipo desenvolvido com Arduino, evitando que os mesmos sejam enviados diretamente para o servidor *Cloud*, servindo como um gerenciador entre ambos, de forma a diminuir o volume de envio de dados e efetuar uma troca menos custosa e com ganho de desempenho nas comunicações.

Na validação do mesmo estão sendo realizados testes de tempo de resposta da comunicação e processamento do *Fingerprint* à *Fog*, assim como o tempo de resposta da comunicação e processamento da *Fog* com a *Cloud*. Para isso, é necessário se realizar um monitoramento mais efetivo nos nodos de *Fog*, nele será aplicado um simulador de ambientes *Fog* (iFogSim²), porém, no decorrer do trabalho mostra-se possível como o ambiente pode ser desenvolvido em um contexto real, utilizando protocolos de gerenciamento SNMP (*Simple Network Management Protocol*), ICMP (*Internet Control Message Protocol*) e MQTT (já descrito na seção). Na figura 5, expressa abaixo, é possível observar como os componentes são distribuídos numa arquitetura com *Fog Computing*.

² iFogSim. Disponível em: <https://github.com/Cloudslab/iFogSim>

Figura 5 - Fog localizada entre a borda e a nuvem



Fonte: STOJMENOVIC *et al.* (2015)

Uma arquitetura semelhante à ilustração poderia ser empregada nesse projeto, só que num ambiente de sala de aula, com os dispositivos inerentes a esse ambiente, como lousas eletrônicas, *notebooks*, *tablets*, que através de sensores e atuadores (alguns já descritos nesse projeto) dispositivos esses que estariam localizados na camada mais baixa. Posteriormente, na camada acima, viria a *Fog*, que representada pelo Raspberry Pi, resultaria numa comunicação mais eficiente, com uma alta redução de latência na comunicação com o servidor Web (camada mais alta da arquitetura), assim como um processamento de dados mais ágil e próximo dos usuários finais (alunos, professores).

Dentro do simulador iFogSim, o monitoramento é identificado como uma nova classe definida de *Management*. A fim de dar uma visão geral do desenvolvimento da mesma é necessário apresentar a estrutura do simulador, que possui um kit de ferramentas de código aberto de alto desempenho para *Cloud Computing*, *Edge Computing* (computação de borda) e IoT, onde é usado para modelar e simular redes de computação de borda para dispositivos IoT e *Fog Computing*. A linguagem de programação do simulador é Java, o qual é baseado em classes sendo a estrutura peculiar disposta pela linguagem.

Em associação ao iFogSim trabalhamos com a biblioteca CloudSim, utilizada para simulação de ambientes baseados em *Cloud* e gerenciamento de recursos, essa camada manipula eventos entre os componentes da *Fog* usando o iFogSim, que possui algumas classes como: dispositivo de *Fog*, sensor, atuador, aplicação, borda de monitoramento, etc.

Através da implementação dessa ferramenta buscamos coletar alguns dados necessários para o aprimoramento da arquitetura projetada inicialmente, como tempo de processamento das informações, agilidade na comunicação com o servidor, otimização de gerenciamento, entre outros dados necessários para o futuro desenvolvimento de um ambiente 100% controlado e responsivo através do gerenciamento por *Fog*. Com tudo isso, posteriormente busca-se aprimorar uma arquitetura que vise melhorar todos os processos inerentes a instituições de ensino através de um gerenciamento otimizado em todas as camadas envolvidas nessa estrutura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado demonstra como contribuição à criação de um sistema de controle de assiduidade dos discentes, assim obtendo uma gestão automatizada dentro da instituição de ensino no monitoramento da frequência dos discentes, com a criação de um método mais dinâmico na detecção da presença dos alunos, envolvendo uma solução de baixo custo e open source.

Se demonstra muito importante sua implementação, não só por uma maior interatividade dos autores com a ferramenta dentro das instituições de ensino, mas também por trazer ganho no controle no gerenciamento da frequência dos alunos, auxiliando em pontos essenciais como o controle de evasão de discentes, ineficiências na chamada oral por parte da docência, controle no acesso dos discentes nas suas respectivas disciplinas (salas), entre outros aspectos.

Com os estudos sobre a implantação da tecnologia de *Fog Computing*, poderemos mensurar a resolução de vários problemas relacionados à segurança, desempenho e outras funcionalidades que existem na comunicação entre dispositivos de IoT e *Cloud Computing*. Além disso, espera-se aumentar o número de funcionalidades do sistema de gerenciamento de assiduidade e implementar novos métodos inerentes a uma *Smart Classroom*, como controle de luminosidade, temperatura, interatividade com lousas eletrônicas, entre outros métodos.

REFERÊNCIAS

- AAZAM, M.; KHAN, I.; ALSAFFAR, A. A.; HUH, E. Cloud of Things: Integrating Internet of Things and Cloud Computing and The Issues Involved. *Applied Sciences and Technology (IBCAST)*, 11th International Bhurban Conference on, 2014. p. 414–419
- AL FARUQUE, M; VATANPARVAR, K. Energy Management-as-a-Service Over Fog Computing. *Platform, IEEE Internet of Things Journal*, 2015. v. 3, n. 2, p. 161-169
- ALRAWAIS, A.; ALHOTHAILY, A.; HU, C.; CHENG, X. Fog Computing for the Internet of Things: Security and Privacy Issues. *IEEE Internet Computing*, 2017. v. 21, n. 2, p. 34-42
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks*, 2010. v. 54, n. 15, p. 2787–2805
- BATISTA, K. M., PEREIRA, A. N. Utilização de ambiente virtual de aprendizagem como recurso pedagógico no processo de aprendizagem no ensino superior. *Congresso Internacional ABED de Educação a Distância 2015*. p. 1-10
- BONOMI, F.; MILITO, R.; ZHU, J.; ADDEPALLI, S. Fog computing and its role in the internet of things. *Proceedings of the First Edition of the MCC Workshop on Mobile Cloud Computing*, 2012. p. 13–16
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 11 nov. 2018
- CORNEL, C. E. The Role of Internet of Things for a Continuous Improvement in Education. *Hyperion Economic Journal*. Bucharest, Romania, p. 24-31. jun. 2015. Disponível em: <https://econpapers.repec.org/article/hypjournal/v_3a3_3ay_3a2015_3ai_3a2_3ap_3a24-31.htm>. Acesso em: 06 out. 2018
- COSTA, M. R.; GUIMARÃES, E. S.; ROCHA, S. M. O. Sobre a infrequência de alunos no ensino médio numa escola pública estaduais do Maranhão. *Revista Ensino e Multidisciplinaridade*, 2015. v. 1, n. 2, p. 1-16
- COUTINHO, A., CARNEIRO, E. O., and GREVE, F. G. P. *Computação em névoa: Conceitos, aplicações e desafios*, 2016. p. 266–315
- DASTJERDI, A. V.; RAJKUMAR, B. Fog computing: Helping the internet of things realize its potential. *Computer*, 2016. p. 112-116
- DUAN, Y. Everything as a Service (XaaS) on the Cloud: Origins, Current and Future Trends. *Cloud Computing (CLOUD)*, IEEE 8th International Conference on, p. 621–628, 2015.
- FISCHER, I. A.; MEDINA, R. D.; DEL RIO, L. S.; NUNES, F. B.; PEREIRA, E. P. Proposta de uma Smart Classroom integrada com uma Fog Computing. *RENOTE*, 2018. v. 16, n. 2, p. 1-10

FACCIONE FILHO, M. Internet das coisas. Unisul Virtual, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319881659_Internet_das_Coisas_Internet_of_Things> Acesso em: 12 jun. 2018

FREITAS DIAS, R. R. Internet das coisas sem mistérios: uma nova inteligência para os negócios. São Paulo: Netpress Books, 2016.

HAJIBABA, M.; GORGIN, S. A review on modern distributed computing paradigms: Cloud Computing, jungle computing and fog computing. CIT. Journal of Computing and Information Technology, v. 22, n. 2, p. 44-53, 2014. Disponível em: <<http://cit.fer.hr/index.php/CIT/article/view/2381/0>>. Acesso em: 01 jun. 2018

HINER, J. The Executive's Guide to the Internet of Things. ZDNet TechRepublic, 2013. Disponível em: <<https://www.zdnet.com/article/the-executives-guide-to-the-internet-of-things-free-ebook/>>. Acesso em: 05 out. 2018

MELL, P.; GRANCE, T. The NIST definition of cloud computing. 2011. Disponível em: <<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-145.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2018

MELO, E. C. Salas de aula inteligentes: utilização de Arduino e Bluetooth low energy como beacons para o mapeamento de salas de aula. Monografia, UFC, 2016. p. 1-55

OSANAIYE, O. et al. From cloud to fog computing: A review and a conceptual live VM migration Framework. IEEE ACCESS, 2017. v. 5, p. 8284-8300

RAVAL, M. P.; PATIL, M. M.; PAWAR, P. S.; GUJAR, A. D. IoT-Fog-Cloud based for Smart

Classroom. International Journal of Scientific Research and Review, 2018. v. 7, p. 363-366

SCHENFELD, M. C. Fog e Edge Computing: Uma arquitetura híbrida em um ambiente de Internet das Coisas. Dissertação de Mestrado, PUCRS, 2017. p. 1-91

SILVA, R. A., et al. Aplicando Internet das Coisas na Educação: Tecnologia, Cenários e Projeções. Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2017.

STOJMENOVIC, I.; WEN, S.; HUANG, X.; LUAN, H. An overview of Fog Computing and its security issues. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2015. v. 28, n. 10

WAINER, J. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. Atualização em informática, 2007. p. 221-262.