

Proposta de integração da IoT à sala de aula com gerenciamento por Fog

Leonardo de Souza Pigatto¹, Felipe Becker Nunes², Priscila Cadorin Nicolete²

Antonio Meneghetti Faculdade (AMF)¹, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)²

e-mail: leonardo.pigatto@hotmail.com, nunesfb@gmail.com, priscilanicolete@hotmail.com

Resumo. Dentro de um ambiente educacional diversas soluções inteligentes podem ser empregadas através da utilização de dispositivos de Internet das Coisas (*IoT*), principalmente no contexto de sala de aula inteligente. Juntamente a isso, surge um novo conceito chamado *Fog Computing*, justamente para sustentar a mobilidade de serviços e aplicações tecnológicas, mantendo assim um serviço que ofereça baixa latência para aplicações. Desta forma, o presente trabalho busca propor uma solução inerente ao âmbito educacional, com foco sobre os temas de *Smart Classroom* e *Fog Computing*, buscando-se propor um método de gestão mais ágil no controle de assiduidade dos alunos de uma Instituição de Ensino. Através desse objetivo, foi projetada uma plataforma composta por um protótipo de baixo custo e *open source*, sendo ela testada dentro de uma Instituição de Ensino, tendo como intuito a realização de uma coleta de dados através da validação da presença dos alunos e um questionário passado aos mesmos no final dos todos os testes, tendo como sucesso essa primeira fase, com uma percepção positiva quanto a viabilidade e eficiência da implantação dessa solução, passamos para a nova fase de construção, que seria a implementação da tecnologia de *Fog Computing* dentro do projeto.

Palavras Chave: *IoT*, *Fog Computing*, *Smart Classroom*, Controle de Assiduidade, soluções inteligentes.

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, principalmente dentro de um contexto educacional, que é o foco desse trabalho. 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).

Um ambiente conectado e acessível, onde as informações são atualizadas constantemente, essa é uma abordagem cada vez mais presente no conceito de *IoT*. Dentro de instituições de ensino, com seus locais, como laboratórios, salas de aula, onde constantemente tendem atualizar suas informações referentes a esses locais, é um problema que pode ser resolvido com o conceito de *IoT*, onde a “sala” comunicaria essas informações aos alunos (MELO, 2016).

Diante disso, novas formas de acesso foram adicionadas à *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.

Assim podemos encarar *Smart Classroom* como uma tecnologia que visa principalmente aumentar a eficiência no processo de ensino-aprendizagem num ambiente de sala de aula. Tendo 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

a Internet das Coisas, onde seu estudo envolve um conjunto de novas questões e desafios, requerendo grandes esforços de investigação (AAZAM, 2014). Se tornando necessário otimizar e implantar o conceito de nuvem para prover conteúdo aos usuários através de uma plataforma *IoT* densa e geograficamente distribuída. As soluções em nuvem para Internet das Coisas terão que 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*, que é 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.

Podendo assim ser definido como uma arquitetura de rede que usa uma multidão de colaboração de usuários finais, tais como celulares ou computadores, ou dispositivos de borda perto do usuário, como conversores digitais para TV e *gateways* domésticos, para entregar uma quantidade substancial de recursos como armazenamento, comunicação e medidas de controle, configuração e gestão da rede (BONOMI *et al.* 2012). Atualmente há uma grande quantidade de dispositivos conectados à internet, e a tendência é que esse número aumente exponencialmente ao longo dos próximos anos em virtude da chegada da Internet das Coisas, da rápida inovação de dispositivos e protocolos e do contínuo barateamento de custos computacionais (Cisco VNI, 2015).

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.

Trabalhos Relacionados

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.

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, eficiente 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 num contexto educacional. Quanto à 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 uma gestão no controle de assiduidade dos discentes de uma instituição. 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*.

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.

Em Gubbi *et al.* (2013) é apresentada uma definição unificadora baseada na interconexão de dispositivos embarcados com sensores e atuadores sobre um quadro operacional comum para permitir o desenvolvimento de aplicações inovadoras. Essa abordagem facilita o compartilhamento de informações entre plataformas através de uma estrutura integrada em Nuvem.

Quanto as 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.

Dentro da educação, nos dias atuais nos deparamos com uma crescente transformação no modelo padrão de ensino em diversos países, deixando de ser um modelo tradicional baseado somente em aulas expositivas. Atualmente, é mais pertinente a adoção de um modelo de ensino heterogêneo, colaborativo, personalizado, entre outras características, criando um ambiente denominado *Smart Classroom*.

Através da utilização da tecnologia *IoT*, o aumento da eficiência no processo de ensino- aprendizagem pode ser criado na automatização das tarefas cotidianas inerentes a uma sala de aula (presença automática de alunos em sala), em uma experiência de aprendizado mais personalizada (etiquetas RFID, QR Code, etc.), ou como um integrador de dados obtidos por sensores para tomada de decisões, entre outros métodos.

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 e 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, possibilitando que professores tenham o controle desses objetos e que possam realizar intervenções quando necessário, tornando assim uma aula mais dinâmica e efetiva.

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.

Para Veras (2012), a *Cloud Computing* veio com o principal intuito de substituir ativos de TI por funcionalidades e serviços disponíveis do tipo *pay-per-use*. O autor afirma que essas funcionalidades e serviços, são desenvolvidos utilizando novas tecnologias como a virtualização, arquiteturas de aplicação e infraestrutura orientada a serviços por tecnologias e protocolos que são baseados na Internet como meio de reduzir custos referentes a *software* e *hardware*.

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*, é que 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.

Assim 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 (ou *edge devices*), reduzindo a latência na rede e largura de banda, solucionando quase todos os problemas encontrados em *cloud computing*.

Através disso a *Fog* é descrita como um paradigma inovador que realiza computação distribuída, serviços de rede e armazenamento, além da comunicação entre a *Cloud* (nuvem) 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 como principal função filtrar e agregar dados para as *Clouds* e aplicar inteligência lógica a dispositivos finais (OSANAIYE et al. 2017).

Metodologia

O presente trabalho é caracterizado pela utilização da modalidade quase-experimental, sendo definida por Rockers et al. (2015) como o processo que estima o tamanho do efeito causal, usando variações

exógenas na exposição de interesses, que não são controladas diretamente pelo pesquisador. Também é adotada a pesquisa qualitativa, que se baseia 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 que são 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. 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 *Fritzing*⁷, 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 1 demonstra o aspecto inicial do protótipo real desenvolvido para os testes.

⁷ ¹ *Fritzing*. Disponível em: <http://fritzing.org/home/>

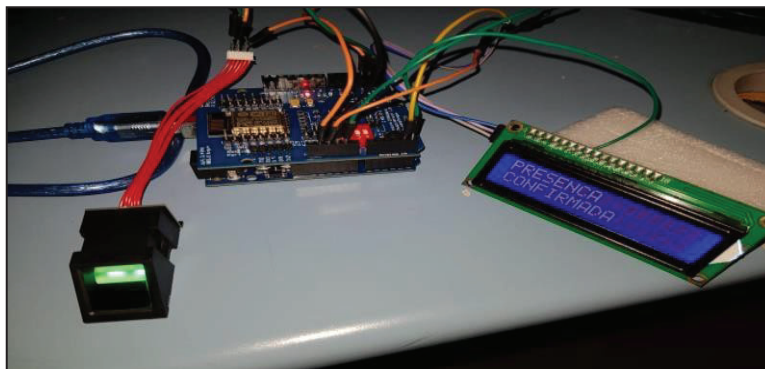


Figura 1: Protótipo real desenvolvido. Fonte: autores

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 WiFi 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 ele, 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.

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*. Sabe-se que a frequência acadêmica em cursos presenciais, em qualquer nível de ensino, é obrigatória e de suma importância para o processo de ensino- aprendizagem. De acordo com a Lei nº 9.394 (BRASIL, 1996), os alunos matriculados em uma disciplina presencial devem possuir frequência mínima para a aprovação de 75% sobre o total de aulas ministradas e demais atividades acadêmicas.

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 2 é demonstrado os registros gravados no banco de dados referentes ao cadastramento das presenças dos alunos.

	codigo_presenca	codigo_digital	codigo_disciplina	presenca	registro
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	81	12	8	1	08/11/2018 19:37:14
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	80	66	8	1	08/11/2018 19:10:10
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	79	1	8	1	08/11/2018 19:09:58
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	78	7	8	1	08/11/2018 18:57:00
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	77	20	7	1	06/11/2018 19:33:28
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	73	18	7	1	06/11/2018 19:29:18
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	74	10	7	1	06/11/2018 19:30:28
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	75	3	7	1	06/11/2018 19:30:44
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	76	13	7	1	06/11/2018 19:31:14
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	82	126	8	1	08/11/2018 19:38:17
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	72	17	7	1	06/11/2018 19:28:47
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	70	9	7	1	06/11/2018 19:26:50
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	71	11	7	1	06/11/2018 19:28:15
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	83	99	8	1	08/11/2018 19:39:08
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	84	27	8	1	08/11/2018 19:40:16
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	85	100	8	1	08/11/2018 19:40:55
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	86	86	8	1	08/11/2018 19:45:02
☐ Editar ☐ Copiar ☐ Apagar	87	4	8	1	08/11/2018 19:46:32

Figura 2: Registro das presenças no BD. Fonte: autores

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.

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 à 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 a 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, que permite a implementação em *hardware* de dispositivo altamente restringido e em redes de largura de 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*. Com isso, posteriormente busca-se aprimorar a arquitetura que visa melhorar tais processos de instituições de ensino.

Conclusão

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, p. 414–419, 2014.
- AL FARUQUE, M; VATANPARVAR, K. Energy Management-as-a-Service Over Fog Computing. Platform, IEEE Internet of Things Journal, v. 3, n. 2, p. 161-169, 2015.
- ALRAWAIS, A.; ALHOTHAILY, A.; HU, C.; CHENG, X. Fog Computing for the Internet of Things: Security and Privacy Issues. IEEE Internet Computing, v. 21, n. 2, p. 34-42, 2017.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010

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*, p. 1-10, 2015.

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*, p. 13–16, 2012.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 11/11/2018.

CISCO VNI. Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2014 U2019. [S.l.], 2015. Disponível em: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html. Acesso em: 23/05/2018

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*, v. 1, n. 2, p. 1-16, 2015.

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*, v. 16, n. 2, p. 1-10, 2018.

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

GUBBI, J., BUYYA, R., MARUSSIC, S., and PALANISWAMI, M. Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. *Future Generation Computer Systems*, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013.

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: 26/05/2018

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*, p. 1-55, 2016.

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

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*, v. 7, p. 363-366, 2018.

ROCKERS, P.C.; RØTTINGEN, J.A.; SDEMILT, I.; TUGWELL, P.; BÄRNIGHAUSEN, T. Inclusion of quasi-experimental studies in systematic reviews of health systems research. *Health Policy*, v. 119, n. 4, p. 511-521, 2015.

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

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*, v. 28, n. 10, 2015.

VERAS, M. Datacenter: componente central da infraestrutura de TI. Rio de Janeiro: Brasport, p. 1-376, 2009.

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