

Controle de Acesso a Múltiplos Ambientes com Internet das Coisas

Letícia da Silva Mota¹, Elloá B. Guedes¹

¹Laboratório de Sistemas Inteligentes
Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes
Escola Superior de Tecnologia
Universidade do Estado do Amazonas
Av. Darcy Vargas, 1200, Manaus, AM

{ldsm.eng, ebgcosta}@uea.edu.br

Abstract. *Aiming at collaborating with the development of Internet of Things solutions, this paper presents a project for access control, scheduling and punctuality record for multiple environments. The solution proposed is composed by a hardware and software project design for smart objects, an orchestrator for remote communication and by an administrative panel for data management. The results obtained validate this solution implementation, which brings together technologies such as RFID, MQTT communication, NodeMCU and Arduino platforms, Python programming language and Web2py framework, and stands out among analogous solutions for being open-source and scalable.*

Resumo. *Visando colaborar para o desenvolvimento de soluções de Internet das Coisas, este trabalho apresenta uma proposta de solução para controle de acesso, agendamento e registro de pontualidade em múltiplos ambientes. Para tanto, integra o projeto de hardware e software dos objetos que irão compor a solução, a concepção de um orquestrador para comunicação remota e a existência de um painel administrativo para gerência dos dados. Os resultados obtidos validam a implementação da solução proposta, a qual congrega tecnologias como RFID, comunicação via MQTT, plataformas NodeMCU e Arduino, linguagem de programação Python e framework Web2py, e que destaca-se em relação à soluções análogas na literatura por ser aberta e escalável.*

1. Introdução

A *Internet das Coisas* (IoT, do inglês *Internet of Things*) está mudando a forma como as pessoas vivem e representa um dos maiores desafios a serem enfrentados pela indústria [Schwartz 2016]. Ela não diz respeito apenas a manter dispositivos conectados à Internet, mas de fazer objetos antes inertes tornarem-se “inteligentes”, dando-lhes habilidades para sentir, comunicar e responder [Javed 2016]. Tão grande será a demanda por soluções desta natureza que analistas prevêem que no ano de 2020 haverá mais de 50 bilhões de dispositivos conectados e a receita total de IoT facilmente irá ultrapassar US\$ 1.5 trilhão [Javed 2016].

De maneira geral, as soluções atuais de IoT têm se concentrado em propor dispositivos de baixo custo que coletam grandes quantidades de dados, interagem uns com os outros e tiram proveito de serviços e de armazenamento em nuvem. Desenvolvedores de

todo o mundo têm trabalhado em projetos que transformam objetos cotidianos em dispositivos inteligentes, com sensores e atuadores [Schwartz 2016]. Considerando o grande potencial de soluções a serem desenvolvidas neste domínio, é natural questionar-se sobre objetos do dia a dia que poderiam ser melhorados com IoT, diminuindo esforços, riscos e custos ao passo que geram ganhos de tempo e de informações, por exemplo.

No escopo deste trabalho abordou-se o desenvolvimento de uma solução baseada em IoT para resolver o problema de controle de acesso a múltiplos ambientes. Em um cenário deste tipo, há diversos ambientes cujo acesso é restrito à determinados usuários mediante agendamento prévio e a pontualidade dos mesmos precisa ser monitorada. Embora seja um problema relativamente comum, a motivação para este desenvolvimento partiu de necessidade típica das instituições de ensino no que tange à liberação das salas de aula para uso docente, em que há comumente um agendamento semestral fixo conhecido por docentes e discentes, mas que demanda um funcionário específico por turno para garantir o acesso aos espaços, o que gera sobrecarga e pode resultar em eventuais atrasos nos horários de pico.

Na solução concebida para este problema, objeto deste artigo, considerou-se um projeto integrado de hardware e software para os objetos inteligentes, os quais atuarão na leitura de cartões RFID para identificação dos usuários, consulta remota via Wi-Fi às regras de agendamento, liberação do acesso ao ambiente juntamente com a ativação de um dispositivo interno e interação com os usuários mediante um *display*, que exhibe mensagens relativas ao acesso solicitado. Além disto, estes objetos também podem ser utilizados para associar novos usuários aos seus respectivos cartões. O projeto deste objeto é de baixo custo e utiliza tecnologias como MQTT, RFID, NodeMCU, dentre outras. Um painel administrativo composto por uma aplicação web desenvolvida em Python permite o gerenciamento das informações sobre o acesso, dispondo também de relatórios de pontualidade. É importante ressaltar que todos estes elementos aqui propostos são *open source*, permitindo a reprodução gratuita em outros contextos, e facilitando adaptações que se fizerem necessárias.

Para apresentar a solução proposta, este trabalho está organizado como segue. Os trabalhos relacionados na literatura que descrevem soluções IoT para controle de acesso são apresentados na Seção 2. Em seguida, a solução proposta e o detalhamento das tecnologias envolvidas e sua integração encontra-se descrito na Seção 3. Os resultados obtidos deste projeto, incluindo protótipos e softwares elaborados, são apresentados na Seção 4. Por fim, as considerações finais e perspectivas de trabalhos futuros são detalhados na Seção 5.

2. Trabalhos Relacionados

Soluções de controle de acesso com IoT e RFID¹ já são presentes na literatura, enfatizando não apenas o monitoramento e controle de acesso por meio de objetos inteligentes, mas também colaborando para soluções mais otimizadas e autônomas. Algumas destas soluções são descritas e discutidas a seguir.

O trabalho de Araújo e outros [Araújo et al. 2016] apresenta um sistema de monitoramento de tags RFID cujos dados cadastrados e informações persistidas encontram-se em um banco de dados online. Em termos de hardware, o objeto inteligente proposto é

¹RFID, do inglês, *Radio-Frequency IDentification*

composto por um microcontrolador da família PIC, display LCD, leitor RFID, *buzzer* e relé, além de software embarcado Linux baseado em Raspberry Pi para controle lógico de suas funcionalidades. O objeto inteligente proposto é capaz de cadastrar cartões RFID e exibir respostas aos usuários previamente habilitados. Os autores evidenciaram como resultados positivos o monitoramento das tags e a responsividade do sistema ao usuário, além de estratégias adotadas para contornar problemas de conexão com a internet, evitando fragilidades ao sistema.

De maneira análoga, a solução de Teixeira propõe um sistema de controle de fluxo de pessoas com RFID para fins de registro de ponto de colaboradores de uma empresa, incluindo a geração de relatórios [Teixeira 2011]. As funcionalidades desta solução foram divididas em dois softwares desenvolvidos, sendo um para monitoramento de informações adquiridas pelo leitor RFID e tratamento destas para persistência em banco de dados; e outro que permite a interação do usuário com o sistema, para gerenciamento e acesso direto ao conteúdo do banco de dados. Nestes softwares, a linguagem Java e plugins compatíveis foram utilizados, sendo produzida uma aplicação Desktop para o software de gerenciamento.

O projeto de Fonseca e outros, por sua vez, levou em conta a proposição de um sistema de controle de acesso motivado pela necessidade de segurança no acesso a determinadas áreas de uma empresa ou residência [Fonseca et al. 2017]. Estes autores efetuaram a implementação de um protótipo avaliado como eficaz e de baixo custo utilizando a plataforma de desenvolvimento Arduino. O hardware do objeto inteligente contempla RFID, fechadura elétrica, módulos relé e Ethernet, permitindo a comunicação cliente-servidor via TCP/IP. Um software web em PHP realiza o cadastro dos cartões RFID e permite o gerenciamento dos usuários.

O sistema de reserva de salas e controle de entrada e saída proposto por Almeida et al. aborda o desenvolvimento de um projeto IoT que utiliza identificadores RFID/NFC (*Near Field Communication*) para o controle de acesso a ambientes [de Almeida et al. 2018]. O projeto proposto é baseado em um módulo Arduino, um módulo para leitura RFID e NFC e um sistema de transmissão de dados. Um *web service* valida as solicitações previamente cadastradas. O projeto em questão enfatiza as regras de negócio estabelecidas na aplicação Web onde são definidas as restrições para agendamento de salas.

De maneira geral, as soluções propostas fazem uso de cartões RFID para identificação dos usuários, mas diferem no que diz respeito ao modo que estes cartões são cadastrados e também no tocante aos demais componentes do projeto de hardware, gerenciamento de dados e protocolos de comunicação. Neste último ponto, em especial, não argumenta-se tecnicamente a respeito dos protocolos de comunicação escolhidos, mostrando uma adequação com as limitações e desafios envolvidos em cenários IoT. Por fim, em todos os trabalhos considerados percebe-se uma carência no detalhamento acerca do suporte à múltiplos objetos de maneira simultânea.

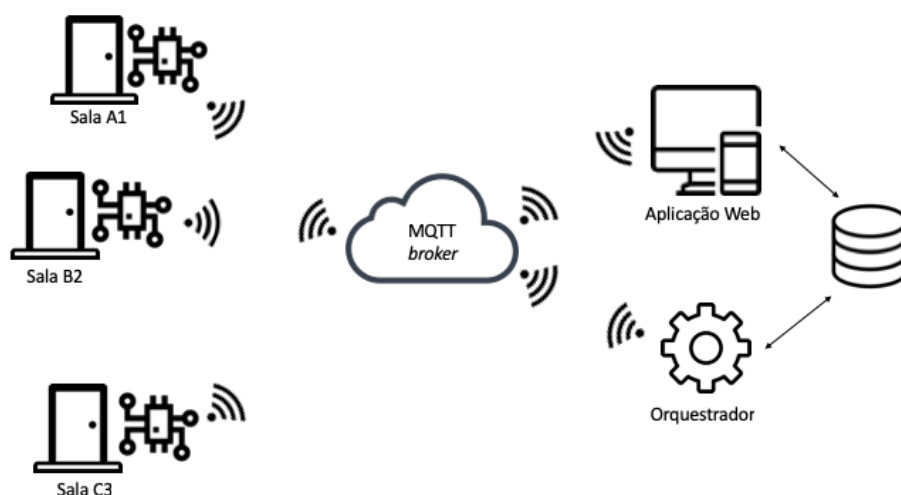
3. Solução Proposta

Na concepção do controle de acesso a múltiplos ambientes aqui apresentado, considerou-se um cenário em que há um usuário Administrador que tem soberania para gerir usuários, ambientes e agendamentos. Cada usuário possui um cartão RFID que garante o acesso

a determinado ambiente previamente agendado a ele, mas somente no horário que lhe foi reservado. Cada ambiente, por sua vez, possui um objeto inteligente que controla o seu acesso, composto por um leitor de cartões RFID, um *display* para visualização de informações, e um módulo relé de dois canais, capaz de acionar a fechadura e também um dispositivo interno ao ambiente, tal como um ar-condicionado ou *datashow*.

O painel administrativo consiste de uma aplicação web que permite o gerenciamento dos usuários e das regras de acesso, armazenando as informações em um banco de dados. Os objetos inteligentes, por sua vez, recebem informações desta aplicação e produzem dados para a mesma comunicando-se via tópicos da arquitetura *publish/subscribe* do protocolo MQTT, conforme mostrado na Figura 1. O protocolo MQTT foi escolhido para este contexto por realizar troca de mensagens leves e por ser tolerante à falhas, características de domínios comuns em soluções de IoT [Hillar 2017].

Figura 1: Ideia geral da solução proposta.

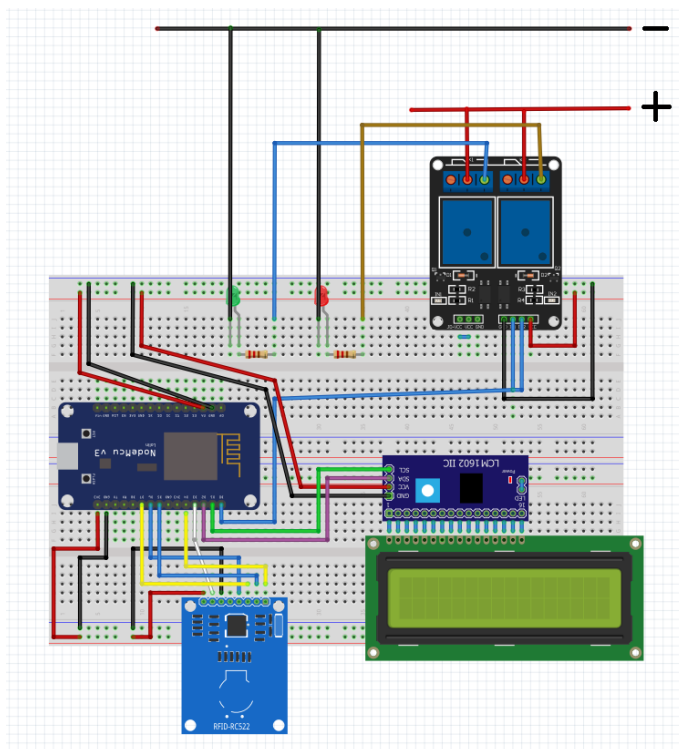


Nesta solução, os objetos inteligentes também são utilizados para associarem cartões RFID aos usuários, evitando custos com cadastradoras específicas para este fim. Em tal caso, o Administrador, via painel administrativo, seleciona o usuário e também o objeto inteligente ao qual este deve se dirigir para leitura do novo cartão. As informações são adquiridas pelo objeto inteligente selecionado e então passam a compor o banco de dados do sistema de controle de acesso, sendo essa facilidade na agregação de dados um fator determinante na escolha de cartões RFID como chaves pessoais para o controle de acesso.

No tocante ao objeto inteligente, articulou-se um projeto de *hardware* e *software* para o mesmo, almejando uma solução de baixo custo, aberta e facilmente reproduzível, uma vez que abrange a possibilidade de coexistência de múltiplos objetos inteligentes. Em termos de *hardware*, considerou-se a utilização da plataforma NodeMCU, pois trata-se de um microcontrolador composto por portas seriais e por um módulo Wi-Fi [EINSTRONIC 2017], permitindo uma fácil comunicação via MQTT. Dispõe também de um *display* LCD de 16×2 caracteres, de um módulo relé de dois canais, sendo um para acionamento da fechadura e outro para o dispositivo interno, e ainda de um leitor de

cartões RFID. O diagrama esquemático destes componentes e suas conexões encontra-se ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Diagrama esquemático do projeto de hardware do objeto inteligente. Os símbolos + e – denotam os polos do circuito elétrico que alimentam a fechadura e o dispositivo interno, ambos abstraídos por LEDs.



O projeto de software para o objeto inteligente foi elaborado com a utilização do ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do Arduino, dada sua compatibilidade com a plataforma NodeMCU e com os demais elementos físicos presentes na solução. A IDE do Arduino permite a utilização de bibliotecas que tratam as características específicas dos módulos presentes no objeto, tornando a interação entre eles mais fácil e transparente ao programador. Além do controle de seus módulos internos, o objeto inteligente comunica-se com os demais componentes da solução para executar determinadas funcionalidades, a exemplo de associar cartões a usuários e a confirmação de agendamentos. Estas comunicações são realizadas por meio de trocas de mensagens baseadas na arquitetura *publish/subscribe*.

A arquitetura da solução proposta faz uso do protocolo de comunicação MQTT, cujas mensagens são organizadas por tópicos de recebimento e/ou envio. Os tópicos tornam-se caminhos pelos quais as mensagens devem percorrer e, por esse motivo, a definição de um padrão de tópicos é de fundamental importância para que a comunicação via MQTT seja eficaz. Assim, cada objeto inteligente deve possuir seus tópicos de entrada e saída de dados definidos em seu software embarcado e também na base de dados do sistema, de maneira a assegurar o correto envio de dados de um ponto a outro da comunicação.

Por fim, identificou-se a necessidade de separar a entrada/saída de dados do objeto inteligente de seu processamento, visando maior agilidade nas respostas produzidas.

Desta maneira, projetou-se um orquestrador de dados, um software com função de servidor e que atua como *event listener* aguardando mensagens do objeto inteligente para manipulação de informações do banco de dados do sistema e efetivação de suas funcionalidades.

Considerando esta proposta de solução, a seção a seguir descreve os resultados obtidos da implementação da mesma, como um protótipo do projeto apresentado, visando validar os componentes e colaborar na avaliação desta solução.

4. Resultados e Discussão

Para permitir a co-existência de diversos objetos inteligentes em um único cenário é essencial que se defina um padrão de troca de mensagens MQTT que deve ser obedecido, evitando conflitos no fluxo de mensagens destinadas à diferentes destinatários. Uma vez que cada objeto refere-se à um ambiente, determinou-se que o nome deste objeto é igual ao nome do ambiente a que se refere. Assim, o padrão dos tópicos dos objetos fica definido como sendo: `tipoDeTopico/nomeObjeto/funcao`, em que o `tipoDeTopico` pode ser de entrada ou saída. Tópicos de entrada possuem funcionalidades do tipo `associarTagUser`, `associarTagMaster` e `validarAgendamento`, enquanto os tópicos de saída possuem funcionalidades de `salvarTagUser`, `salvarTagMaster` e `consultarAgendamento`.

Para consolidar um protótipo do objeto inteligente anteriormente apresentado, respeitando o diagrama da Figura 2, foram avaliados diferentes componentes levando em conta suas funcionalidades disponíveis, requisitos do projeto e seu custo associado. Como resultado, produziu-se um custo estimado para construção de cada objeto inteligente, que é detalhado na Tabela 1, juntamente com a especificação e quantidade dos itens que o integram.

Tabela 1: Custo total dos componentes para implementação de um protótipo do objeto inteligente. Estes preços foram praticados em Manaus no mês de Setembro de 2018.

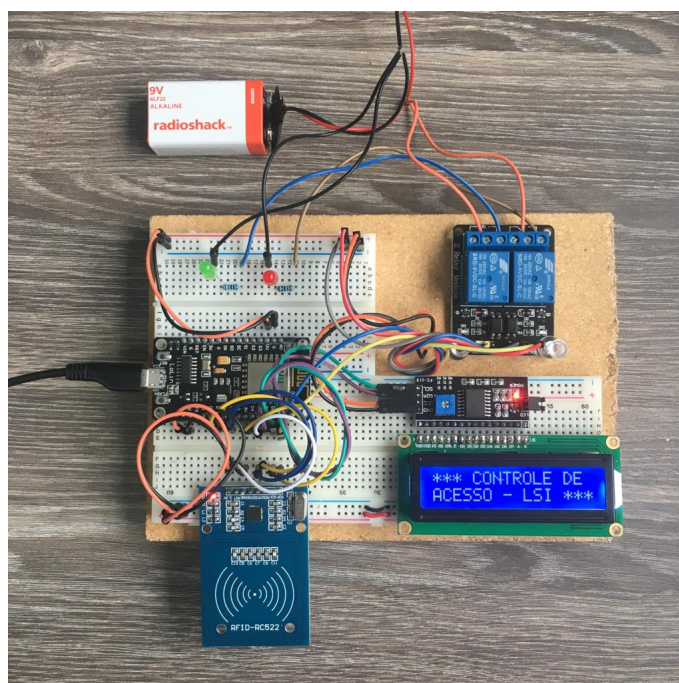
Quantidade	Descrição do Componente	Custo (R\$)
1	Microcontrolador NodeMCU	50,00
1	Display LCD 16 × 2	24,00
1	Módulo serial I2C para LCD 16 × 2	15,00
1	Módulo RFID MFRC-522	28,00
1	Módulo relé 2 canais	22,00
1	Protoboard 400 furos	18,00
1	Protoboard 830 furos	25,00
1	Kit Jumpers 60 unidades	21,00
2	LEDs Ultra Brilho 3mm	0,50
2	resistores 220 Ω	0,60
1	Adaptador Tomada Plug Fonte USB	10,00
Custo Total		214,10

Para a realização das conexões dos elementos que compõem o objeto inteligente seguiu-se o diagrama apresentado na Figura 2. Para um controle de alto-nível do objeto,

partiu-se então para o desenvolvimento de seu software embarcado, o qual compreende funcionalidades básicas de inclusão de bibliotecas de controle de módulos, especificação de pinos de comunicação e definição de tópicos de entrada e de saída. Além destes, o software embarcado também possui um *setup* que inicializa os componentes físicos do protótipo e que estabelece conexão com o servidor *broker* MQTT, permitindo a troca de mensagens deste com os demais componentes da solução. Uma vez conectado, o objeto inicializa a interação para leitura de cartões RFID e para validação de agendamentos.

Para validar o projeto do objeto inteligente proposto, partiu-se então para uma prototipação do mesmo, cujo resultado é ilustrado na Figura 3. Neste protótipo os LEDs abstraem a fechadura e o dispositivo interno e a rede elétrica é denotada pela bateria de 9 V.

Figura 3: Protótipo do objeto inteligente para solução de controle de acesso.



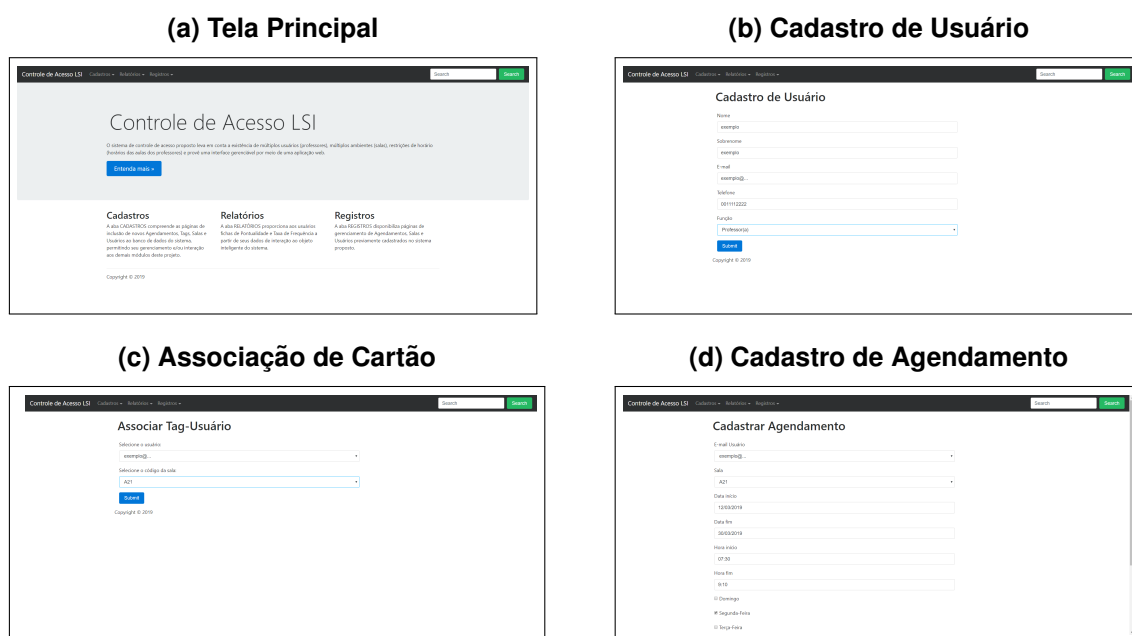
É importante enfatizar que na solução proposta os objetos inteligentes não enviam mensagens diretamente ao painel administrativo. Esta comunicação é feita de maneira indireta por meio de um *orquestrador*, software responsável por implementar o protocolo MQTT, conectar-se ao servidor *broker* e por enviar e receber informações dos objetos, armazenando-as no mesmo banco de dados utilizado pelo painel administrativo. O orquestrador é implementado com a linguagem de programação Python e faz uso das bibliotecas Paho MQTT e SQLite, em que a primeira destina-se ao envio e recebimento das mensagens segundo o protocolo adotado e a segunda realiza consultas e persiste informações no banco de dados da solução.

O painel administrativo, por sua vez, provê uma interação de alto-nível entre o sistema de controle de acesso e o administrador. Neste software encontram-se os procedimentos para cadastro de novos objetos inteligentes dos ambientes controlados, inserção de novos usuários e também para inclusão de agendamentos que darão validade ao acesso. Para implementar o painel administrativo foi utilizado o *framework* Web2py con-

forme o padrão arquitetural *Model-View-Controller*, típico de aplicações *web*. O Web2py mostrou-se eficiente para a implementação necessária, sobretudo no tocante às páginas web, pois permitia uma fácil personalização dos componentes, especialmente com vistas a alcançar melhorias de usabilidade.

Algumas funcionalidades disponíveis no painel administrativo são ilustradas na Figura 4, a qual compreende a tela inicial da aplicação, o cadastro de novos usuários, a associação de um usuário ao seu cartão RFID, que envolve o uso de um objeto inteligente previamente existente, e também o cadastro de um novo agendamento. O cadastro de agendamento, em particular, envolve a seleção de usuário, a escolha de um intervalo de datas e horário, além da determinação de uma periodicidade. Se usado em um ambiente universitário, por exemplo, a periodicidade caracterizar-se-á pelos dias semanais de aula.

Figura 4: Layout de quatro funcionalidades disponíveis no painel administrativo do sistema de controle de acesso.



Uma vez implementados todos os componentes da solução previamente apresentados, colaborando no processo de validação, partiu-se então para uma análise destes resultados em relação aos trabalhos análogos existente na literatura, abordados na Seção 2. Uma síntese desta análise comparativa encontra-se apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Tabela comparativa da solução proposta em relação a outras alternativas existentes.

Projeto	Características			
	Plataforma embarcada	Padrão de comunicação	Gerenciamento de dados Web	Aplicação Web
Solução Proposta	NodeMCU	MQTT	Sim	Sim
[Araújo et al. 2016]	PIC	Serial (Tx de Freq. 9600)	Sim	Não
[Teixeira 2011]	Microcomputador	Serial (RS-232)	Não	Não
[Fonseca et al. 2017]	Arduino	TCP-IP (Ethernet Shield W5100)	Sim	Não
[de Almeida et al. 2018]	Arduino	Web-service	Sim	Sim

Projeto	Características		
	Inspeção visual por LCD	Escalável à múltiplos ambientes	Código aberto para reprodução
Solução Proposta	Sim	Sim	Sim
[Araújo et al. 2016]	Sim	Não especificado	Não
[Teixeira 2011]	Não	Sim	Não
[Fonseca et al. 2017]	Não	Não especificado	Não
[de Almeida et al. 2018]	Não	Sim	Não

No tocante às similaridades entre a solução propostas e os trabalhos já existentes na literatura, menciona-se o uso do Ambiente Arduino e a existência de uma aplicação web para integrar as informações de gerenciamento. Em relação às diferenças, menciona-se o uso do protocolo MQTT, a existência de um orquestrador de dados, a produção de relatórios de pontualidade e maior personalização na criação de agendamentos. Menciona-se ainda a natureza *open-source* do projeto, que permite a sua livre reprodução e modificação.

De maneira geral, ressalta-se que a solução proposta mostra-se especialmente adaptável e escalável em cenários com múltiplos ambientes a serem controlados, utilizando uma comunicação sem fio, arbitrando a comunicação entre elementos do sistema e minimizando as possibilidades de colisão ou perda de mensagens, quer seja pela definição dos tópicos ou pelo padrão MQTT adotado. No âmbito de IoT, além de lidar com o gerenciamento dos ambientes e das regras de acesso, provê uma informação adicional que pode aumentar o apelo pela sua utilização prática: a geração de relatórios de pontualidade. Esta funcionalidade, em especial, não encontra-se presente nas soluções análogas consultadas na literatura.

5. Considerações Finais

Na perspectiva de contribuir para o desenvolvimento de soluções em IoT que venham a colaborar na mitigação de problemas cotidianos, este trabalho teve por objetivo apresentar uma solução de controle de acesso a múltiplos ambientes. A proposta aqui apresentada contempla três partes principais: o projeto dos objetos inteligentes, a disponibilização de um painel administrativo e ainda a criação de um orquestrador para comunicação entre estas partes. O projeto de hardware e software para o objeto inteligente permite a leitura de cartões RFID do usuário e a consulta a agendamentos previamente criados, liberando ou não o acesso e ainda habilitando um dispositivo interno à sala. A comunicação entre os objetos inteligentes e as regras existentes em uma base de dados é arbitrada por um orquestrador de dados. O painel administrativo, por sua vez, consiste de uma aplicação web desenvolvida em Python, que provê uma interface de alto nível para gerência de usuários, ambientes e regras de acesso.

A solução proposta conjuga uma arquitetura de IoT e contempla a utilização de diversas tecnologias contemporâneas, tais como identificação por cartões RFID, comunicação leve e tolerante à falhas com protocolo MQTT, uso da plataforma *open source* NodeMCU, linguagem de programação Python e plataforma Arduino. Isto favorece a sua disponibilização de maneira aberta e gratuita, caracterizando ainda uma solução de baixo-custo, em que cada objeto inteligente é orçado em torno de R\$214,00 em valores vigentes. A disponibilização dos projetos de hardware e software aqui apresentados colabora também para a livre adaptação em contextos mais específicos. Quando comparada com a literatura, a solução apresentada destaca-se por prover uma comunicação

Wi-Fi, ser escalável a múltiplos ambientes, possuir um painel administrativo e por ser a única livremente disponível.

Em trabalhos futuros, almeja-se realizar melhorias no que diz respeito à usabilidade, especialmente na visualização dos relatórios de pontualidade individuais, com a criação de filtros para as variáveis disponíveis, permitindo, por exemplo, a escolha de um intervalo de datas de interesse. Almeja-se também realizar melhorias na inclusão de agendamentos, especialmente visando uma melhor administração de conflitos.

Agradecimentos

As autoras agradecem o apoio financeiro provido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas mediante Edital PPP N. 04/2017 e as contribuições e sugestões dos Profs. Almir de Olivera e Carlos Maurício.

Referências

- [Araújo et al. 2016] Araújo, P. H. M., Figueiredo, R. P., Dias, D. L., e Juca, S. C. S. (2016). Controle de acesso rfid utilizando o princípio de internet das coisas. Picos, Piauí.
- [de Almeida et al. 2018] de Almeida, I. R., de Souza Carneiro Viana, S. L., Lombra, L. F. D., e Kanashiro, W. E. S. (2018). Sistema para reserva de salas e controle de entrada e saída utilizando tecnologias de comunicação sem fio de curto alcance. In *IX Computer On The Beach*, Florianópolis, SC.
- [EINSTRONIC 2017] EINSTRONIC (2017). Introduction to NodeMCU ESP8266. Disponível em <https://einstronic.com/wp-content/uploads/2017/06/NodeMCU-ESP8266-ESP-12E-Catalogue.pdf>. Acessado em 16 de maio de 2019.
- [Fonseca et al. 2017] Fonseca, J. A., da Silva, L., e dos Santos Moraes, W. (2017). Protótipo de sistema de identificação: Aplicação da plataforma arduino para controle de acesso. Monografia (Bacharel em Sistema de Informação), FAPI(Faculdade de Pindamonhangaba), São Paulo, Brasil.
- [Hillar 2017] Hillar, G. C. (2017). *MQTT Essentials - A Lightweight IoT Protocol*. Packt Publishing, Reino Unido.
- [Javed 2016] Javed, A. (2016). *Building Arduino Projects for the Internet of Things*. Apress, Estados Unidos.
- [Schwartz 2016] Schwartz, M. (2016). *Internet of Things with Arduino*. Packt Publishing, Reino Unido.
- [Teixeira 2011] Teixeira, T. (2011). Controle de fluxo de pessoas usando rfid. Monografia (Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações), IFSC (Instituto Federal de Santa Catarina), Santa Catarina, Brasil.