

Proposta de ambientes inteligentes IoT sob a ótica da eficiência energética

Larissa Souto Del Rio¹, João Octávio Barros Silva², Marcelo da Silva de Azevedo², Éder Paulo Pereira², Ivania Aline Fischer², Roseclea Duarte Medina²

¹Colégio Técnico Industrial - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

²Centro de Tecnologia - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Caixa Postal 5082– 97.105-900 – Santa Maria – RS – Brazil

larissa@redes.ufsm.br, {jbarros, mdazevedo, epereira, ifischer, rose}@inf.ufsm.br

Abstract. *The Internet of Things (IoT) has many applications in many different areas, such as smart homes and environments, intelligent vehicles, forming an omnipresent and context sensitive network. Among these applications this article focuses on the educational context, having the initial proposal of its use under the perspective of the energy efficiency that the Internet of Things can offer. For this a hypothetical scenario is developed analyzing the energy savings where it has shown promising results even more when viewed within educational institutions that have few financial conditions.*

Resumo. *A Internet das Coisas (IoT) possui muitas aplicações nas mais diversas áreas, como casas e ambientes inteligentes, veículos inteligentes, formando uma rede onipresente e sensível ao contexto. Dentre essas aplicações esse artigo tem o enfoque no contexto educacional, tendo a proposta inicial do seu uso sob a perspectiva da eficiência energética que a Internet das Coisas pode oferecer. Para isso, desenvolveu-se um cenário hipotético, analisando o consumo de energia com e sem a adoção da IoT, onde o mesmo demonstrou resultados promissores ainda mais quando visto dentro de instituições de ensino que possuem poucas condições financeiras.*

1. Introdução

A IoT (*Internet of Things* – Internet das Coisas) é uma tecnologia que, por ser recente e diversa, possui inúmeras definições, dentre elas, este artigo cita-a como um conjunto de dispositivos e protocolos que estão interligados através de uma rede local ou global e que interagem com o meio físico. A IoT de maneira geral pode ser vista como a criadora de um ambiente inteligente em um espaço dinâmico que detecta mudanças ambientais locais e toma ações corretivas, caso sejam necessárias, de forma ubíqua. Dentro dessa concepção, a implementação de sensores e dispositivos eletrônicos que interajam com o meio físico se faz presente juntamente a um controle com poder de processamento e comunicação que possa tomar tais ações [Minerva et al. 2015].

Atualmente, nota-se um crescente desenvolvimento de aplicações e usos da IoT voltados muitas vezes à automatização e melhoria de processos e organizações, alguns que, com contínuo aprimoramento, mostrar-se-ão indissociáveis com essa tecnologia, e.g. educação, cidades inteligentes, trânsito urbano e rodoviário, redes de energia integradas, estudo do efeito estufa, hospitais, saúde e gerenciamento industrial, dentre outros [Rajguru et al. 2015]. Na área educacional percebe-se um uso em menor escala desta tecnologia mas que possui o potencial de ser transformada de maneira radical,

constituindo um novo paradigma de ensino com uma sala de aula integrada [Aldowah et al. 2017].

Um dos problemas que pode-se resolver ou, ao menos, mitigar com essa tecnologia, é o elevado consumo energético que ocorre quando o usuário de uma sala deixa de utilizá-la com equipamentos elétricos, e.g. iluminação e climatização, ligados. Isso gera gastos institucionais desnecessários que poderiam ser utilizados para, dentre outras coisas, aquisição de materiais e melhorias para a comunidade acadêmica. O custo deste desperdício vai além do consumo energético; atualmente requer-se que funcionários manualmente verifiquem a existência de salas com luzes, projetores e aparelhos de ar-condicionado ligados sem necessidade, acarretando em um gasto maior com recursos humanos.

Esses problemas podem ser tratados de forma menos trabalhosa adotando-se o uso de sensores para automatizar o processo (sensores de presença, luminosidade e temperatura). A adoção de outros dispositivos mais sofisticados como fechaduras eletrônicas, apesar de possível, irá aumentar significativamente o custo de implementação e torna o controle complexo. Para tanto, esse artigo propõe o uso da Internet das Coisas em salas de aula para diminuir o consumo de energia desnecessário, sendo o fato comprovado com a análise de casos de uso onde é adotado o conceito de *Fog Computing* como meio facilitador de gerenciamento com o enfoque no menor uso da largura de banda de rede.

2. Referencial Teórico

O objetivo desta seção é contextualizar sobre as definições de inúmeros assuntos, com o intuito de esclarecer os mesmos para o maior entendimento do artigo, apresentado nas seguintes subseções.

2.1. Internet of Things

A Internet das Coisas (IoT) é uma rede de objetos físicos dedicados, dotados de tecnologias embarcadas para comunicar e sentir ou interagir com o ambiente externo. A conexão de ativos, pessoas e processos permite a captura de dados com os quais as organizações podem deduzir comportamentos e tomar decisões preventivas, aumentar ou transformar processos ou negócios [Hung 2017]. Trata-se de um paradigma onde objetos ou “coisas” do mundo real podem comunicar-se para compartilhar dados e serviços através da Internet. O termo surgiu a partir da evolução e integração de tecnologias importantes, como a Internet, interfaces e protocolos de comunicação sem fio, sensores e atuadores [Junior et al. 2017].

A interconexão dos dispositivos IoT tem fomentado o desenvolvimento de um vasto número de aplicações em diferentes domínios como automação residencial, automação industrial, gerenciamento de tráfego, assistência a idosos, redes elétricas inteligentes (Smart Grids), saúde e muitos outros [Junior et al. 2017]. Os dispositivos atuam capturando dados dos mais variados contextos, e.g. o ambiente em que estamos, sobre nosso corpo, sobre nossa casa, nosso carro, entre outros. Ainda, os dados são submetidos para um sistema central onde é realizado o processamento dos mesmos para então gerar informações relevantes.

2.2. Ambientes Inteligentes

O conceito de um ambiente inteligente, idealizado há várias décadas, tornou-se uma realidade na qual os computadores são indispensáveis e fundamentais, integrados ao dia a dia da pessoa comum, por vezes, de forma imperceptível. Um ambiente que dispõe de IoT torna-se, portanto, inteligente, possuindo uma série de sensores para monitorar alterações no ambiente e executar decisões como acionar luzes e emitir alertas. Portanto esse entrelace com a IoT visa proporcionar interação e conforto ao usuário, com a automação de um conjunto de atividades do cotidiano.

O modelo de ambiente inteligente pode ser direcionado para Cidades Inteligentes (do inglês Smart Cities) no qual semáforos tornam-se automatizados, alertas de congestionamentos e acidentes são emitidos, avisos sobre o nível de poluição são gerados e outros fatos são monitorados por dispositivos que compartilham informação e executam ações dinamicamente. Com isso diminui-se os problemas comuns do meio urbano e há aumento de eficiência na gestão da cidade.

2.3. Eficiência Energética

A busca por uma maior eficiência energética, através da substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes ou LED, aparelhos de ar condicionado antigos por produtos mais modernos, e muitas outras atitudes, visam a redução de custos operacionais de domicílios e instituições e um menor impacto ambiental sempre que possível. De forma geral, uma maior eficiência energética significa a realização da mesma tarefa com redução do uso de energia elétrica para sua realização [Moreno et al. 2014].

O gasto de energia é um dos fatores mais impactantes quando menciona-se a evolução da tecnologia, em especial a Internet das Coisas. Procurando minimizar esse problema, várias iniciativas foram tomadas para diminuir o gasto energético; uma delas é deixar sensores em standby para desligar lâmpadas e ar-condicionados com salas vazias de forma autônoma. Na literatura encontra-se cálculos de consumo de energia que podem ser utilizados para verificação do gasto ou economia da mesma em ambientes IoT. Sua definição é a seguinte:

$$C = ((P/1000) \times (t)) \text{ KWh/h}^*$$

*C= consumo P= potência em watt t= tempo em número de horas

Um exemplo de aplicação do mesmo pode ser um ar condicionado de 12000 BTUs ligado por oito horas, onde obtém-se um consumo de 11,2kW/h. O consumo de uma lâmpada de 60 watts ligada por oito horas é de 0,48kW/h.

2.4. Fog Computing

Vista como extensão de uma *Cloud* para a borda da rede [Cisco 2014], a *Fog*, além de auxiliar no processamento de dados, possui armazenamento e processamento disponível próximo aos sensores e atuadores para respostas rápidas das solicitações sem a necessidade de enviar dados à *Cloud* para isso. Ou seja, processamento e armazenamento locais com baixa latência, consequentemente, com menos gastos com largura de banda para a internet.

Em contraste à *Cloud*, uma *Fog* tem a ideia de ser descentralizada [Aazam 2014]; por exemplo, a existência de várias *Fogs* distribuídas por centros de pesquisa em um campus inteligente de uma universidade. Em essência ela trabalha com dados de IoT localmente, fazendo uso de dispositivos de borda próximos aos usuários para obter armazenamento, comunicação, controle, configuração e gerenciamento do ambiente [Dastjerdi 2016].

3. Trabalhos Relacionados

Neste capítulo estão descritos alguns dos trabalhos existentes na literatura que têm como foco a eficiência energética com a utilização da IoT.

Em Soares et al. (2016) é proposto um sistema denominado *Smart Place*. Esse sistema tem como objetivo principal gerenciar de forma automática lâmpadas e aparelhos de ar condicionado de determinadas salas, com o intuito de minimizar o consumo e desperdício de energia elétrica. O sistema sabe quando acionar ou desligar determinado equipamento baseado em leituras feitas por sensores de temperatura e presença. Além disso possui uma interface web de gerenciamento que pode ser acessada por três perfis de usuário diferentes, cada qual com permissões específicas. Outra função da interface é fazer uma consulta aos agendamentos das salas, na qual faz-se a verificação de se a sala não vai ser usada em breve, tomando a decisão de desligar ou não os equipamentos.

No trabalho intitulado “*Effective Power Utilization and Conservation in Smart Homes Using IoT*” [JeyaPadmini et al. 2015], os autores desenvolveram uma aplicação baseada em IoT com o objetivo de minimizar o consumo de energia em uma residência e, também, diminuir o número de sensores utilizados nesse processo. Segundo os autores, os sensores baseiam-se na mudança de determinado ambiente (presença ou não de pessoas), ao invés de levar em conta o comportamento e atividades realizadas pelas pessoas. Para isso, o protótipo desenvolvido conta com uma câmera treinada para reconhecer padrões, atividades e atuar sobre elas. Como exemplo é citado pessoas estudando ou conversando em uma sala de estar; esta atividade deve ter como ação o acionamento das luzes da sala e também de um ventilador. Esse uso inteligente e automático dos equipamentos da casa traz uma economia significativa do consumo de energia elétrica.

A proposta apresentada em Sabel et. al. (2017) assemelha-se ao primeiro trabalho apresentado nesta sessão. O objetivo consiste em desligar os equipamentos de uma sala de aula quando não há ocupantes na mesma, utilizando para isso sensores de presença. A aplicação também conta com uma interface web, seu diferencial está no fato de que a própria interface que envia os comandos para acionar os equipamentos. A “decisão” da interface também baseia-se em configurações realizadas previamente pelo administrador do sistema. Na interface de gerenciamento é possível cadastrar todos os equipamentos existentes na sala de aula, além de determinar o tempo (em minutos) de quando será feito o desligamento automático, após ser detectado que não há mais pessoas no ambiente.

Todos os trabalhos apresentados possuem propostas promissoras quanto à eficiência energética. Por serem baseados em aplicações de IoT possuem um baixo custo e são bastante viáveis de serem implementados em ambientes reais. Porém, o presente artigo preocupa-se com a contabilização da economia de energia, onde um

cenário hipotético é criado e mensurada a sua efetiva diminuição do consumo de energia elétrica. Dessa forma, a proposta de uma aplicação composta pelo *hardware* (sensores e circuitos de baixo custo) e também por uma interface de monitoramento (*Fog*) é o foco do trabalho, mas além disso traz o cálculo da economia real trazida pelo uso da IoT em salas de prédios públicos, por exemplo.

4. Proposta

O presente artigo propõe uma solução para o desperdício excessivo de energia elétrica em salas de ambientes públicos através do monitoramento por sensores e atuação no desligamento de equipamentos fora de uso. Atualmente a realidade dos ambientes educacionais, em especial em instituições de ensino superior, é de possuir salas de aula dentro do modelo clássico, em que não há nenhum tipo de monitoramento eletrônico do consumo de energia nem um método automatizado de redução deste consumo, apoiando-se fortemente no trabalho manual de desligamento dos dispositivos finais.

Um novo modelo de sala deve ser criado, no qual há um ou mais métodos de controle da luminosidade e temperatura do ambiente, bem como que haja a presença de sensores e atuadores que interajam com potenciais fontes de consumo de energia, na expectativa de controlá-las. Neste novo modelo implementa-se uma série de sensores e atuadores eletrônicos ligados a um intermediário, chamado *Fog Computing*. Ela monitora os sensores, toma decisões baseadas em políticas de redução de consumo e comunica os dados a um agente central que pode gerar relatórios de economia e guardar tabelas com dados para auxiliar em uma posterior análise.

4.1. Cenário Hipotético

Para este trabalho, assume-se que nas salas de aulas há necessariamente: um aparelho climatizador com potência de 18000 Btus e 8 lâmpadas fluorescentes de 23 Watts.

A Tabela 1 nos mostra o consumo médio de tais equipamentos. Em vista que existem salas de aula com laboratórios que são dotadas de muitos outros equipamentos que consomem energia elétrica, para fins de padronização assume-se a existência destes dois tipos de aparelhos eletrônicos acima citados. Observando-se os dados da tabela, conclui-se que uma sala de aula, utilizada por 8 horas diárias, apenas nos dias úteis de um mês comercial (20 dias), tem um custo médio mensal de R\$ 140,80, utilizando a bandeira verde de energia, o que é ilustrado na Situação 2 da Figura 2. Ora, simulando para um valor de 100 salas de aula em um campus, multiplicando-se por 12 meses, o custo anual de energia elétrica somente em salas de aula será o de R\$ 168.960,00.

Tabela 1: Consumo médio da sala de aula em uma hora

Item	Consumo Watt/Hora	Valor em R\$ (valor do kw/h = R\$ 0,46)
Climatizador 18000 BTU	1753	R\$ 0,81
8 lâmpadas fluorescentes 20 Watts	160	R\$ 0,07
Total	1913	R\$ 0,88

Caso o climatizador seja deixado em funcionamento em uma sexta-feira à tarde e o mesmo permaneça ligado durante o final de semana inteiro, ocupando as horas de sexta, das 18:00 até as 23:59, mais as 48 horas do final de semana que não precisam ser gastos, gerando então no total, 54 horas de atividade sem necessidade de ter o aparelho ligado. O custo deste esquecimento seria de R\$ 47,52 reais, ou seja, 33,75% do valor do custo mensal da respectiva sala de aula. Se o aparelho for esquecido uma noite ligado, das 18:00 horas até as 7:00 horas do outro dia, temos um intervalo de 13 horas a mais, portanto, um custo de R\$ 11,44 reais.

Portanto, pode-se observar que, em uma única sala de aula, com um final de semana com climatizador ligado, mais uma noite no meio da semana, o custo mensal dessa mesma sala atinge o valor médio de R\$ 199,76 reais (Situação sem IoT da Figura 2), ou seja, 141,9% do custo médio, o que leva a um alto custo anual. Caso todas as salas ao menos uma vez sejam esquecidas com os mesmos aparelhos eletrônicos ligados, o valor é de R\$ 239.712,00, ou seja, R\$ 70.752,00 que são desperdiçados com energia anualmente. É óbvio que, nessa simulação, utilizou-se dados conservadores; acredita-se que, em um cenário real, estes números possam ser muito maiores, de salas de aula até o número de equipamentos que são deixados ligados, mesmo em modo *standby*.

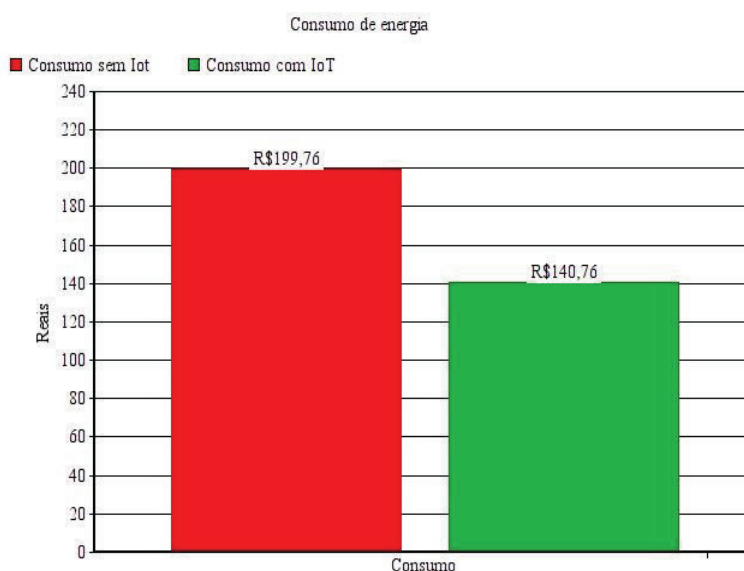


Figura 1. Comparativo com e sem o auxílio da IoT

Observa-se que, com o auxílio da IoT, bem como das salas de aula inteligentes, pode-se reduzir o valor gasto desnecessariamente. A *Fog Computing* vem agregar na solução, pois como na IoT tem-se milhares de sensores e atuadores que capturam dados do ambiente e reportam-os para uma unidade central, a qual processa e toma as decisões baseadas em políticas pré-definidas, a *Fog* irá diminuir o tempo de resposta e o consumo de *link* de internet, pois as decisões serão tomadas mais perto dos sensores, sem a necessidade de envio de dados para a *cloud*, conforme mostra a Figura 2.

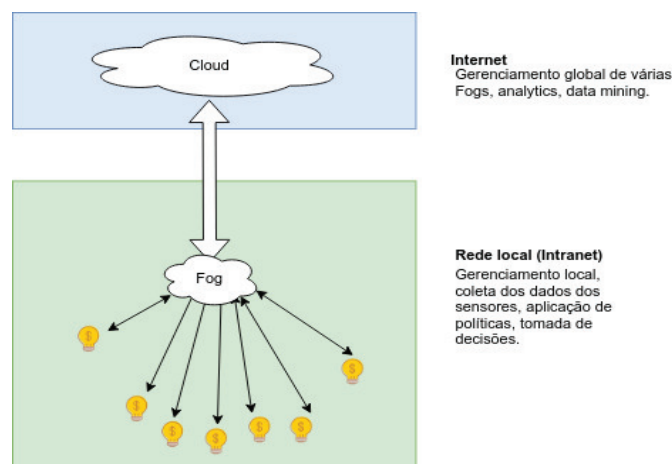


Figura 2. Arquitetura IoT com utilização de Fog Computing

Uma vez que a sala de aula não tem movimentos (sensor de movimento) e, mesmo assim, o climatizador está ligado, bem como as lâmpadas, uma política adequada, previamente definida no sistema da *Fog*, irá tomar a decisão, e consequentemente enviar os respectivos comandos aos aparelhos eletrônicos ligados para que os mesmos sejam desligados, de forma automática, sem intervenção de qualquer pessoa. Ou, ainda, a partir de uma unidade central de monitoramento, um único funcionário poderia observar e desligar tais aparelhos de forma manual, mas remota, apenas utilizando a interface *web* da *Fog Computing*.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste trabalho, nosso principal objetivo foi o de demonstrar que a Internet das Coisas pode ser útil em diversas áreas, uma delas a educação, especificamente em salas de aula, ajudando a diminuir os custos com energia elétrica. Observou-se nesta proposta que em apenas um aparelho de ar condicionado que foi esquecido em um final de semana e em uma noite na semana, aumentou em 41% o custo médio da mesma sala de aula em questão, o que é um valor muito alto. Toda iniciativa para a diminuição de custo nas organizações é bem-vinda, especialmente em órgãos públicos onde esse é pago pelos contribuintes sob a forma de impostos, então a adoção de tecnologias como IoT e *Fog Computing* soma de forma sensível e benéfica à um plano de conscientização do uso energético visando o corte de desperdícios.

Como trabalhos futuros, pretende-se realizar a implementação de um protótipo de sala de aula inteligente para que de fato seja consolidado o que foi apresentado nesta proposta, na forma de materialização do conhecimento em atividades práticas, a fim de comprovar o que está sendo proposto, bem como tirar novas conclusões sobre o tema.

Referências

Aazam, M. and Huh, E. N. (2014). Fog computing and smart gateway based communication for cloud of things. In: Future Internet of Things and Cloud.

- Aldowah, H., Ul Rehman, S., Ghazal, S., Umar, I. N. (2017), "Internet of Things in Higher Education: A Study on Future Learning", Journal of Physics: Conference Series 892, IOP Publishing.
- Cisco (2014). IOx overview. <http://goo.gl/n2mfiw>.
- Dastjerdi, A. V. and Rajkumar, B. (2016). Fog computing: Helping the internet of things realize its potential. In: Computer IEEE Society.
- Hung, M. (2017). Leading the IoT, Gartner Insights on How to Lead in a Connected World. Gartner Research, pages 1-29.
- JeyaPadmini, J., Kashwan, K. R. (2015). Effective power Utilization and Conservation in Smart Homes Using IoT. International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication, pages 195-199.
- Junior, N., Souto, E., Souza, W., Nascimento, R. P. C., and Aschoff, R. (2017). A Visual Approach for the Definition of Behavior in Environments for Internet of Things. Proceedings of the 23rd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, pages 381-388.
- Júnior, P., Brandão, L., Oliveira, R. D., Moreira, R. A., and Siqueira, R. G. (2009). Computação Ubíqua Ciente de Contexto: Desafios e Tendências. 27º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, pages 99-149.
- Minerva, R., Biru, A. and Rotondi, D. (2015) "Towards a Definition of the Internet of Things (IoT)". p. 1-86.
- Moreno, M. V. et al. (2014) "How can We Tackle Energy Efficiency in IoT Based Smart Buildings?". Sensors, 6 (14), p. 9582-9614, Maio 2014.
- Rajguru, S., Kinhekar, S., Pati, S. (2015) "Analysis of Internet of things in a Smart Environment", International Journal of Enhanced Research in Management & Computer Applications, Impact Factor: 1296, Vol. 4 Issue 4, p. 40-43.
- Sabel, G., Wisintainer, M., Mattos, M. M. and Péricas, A. F. (2017). Sistema de Gestão de Energia Elétrica em Salas de Aula de uma Universidade Baseado em IOT. In Revista de Sistemas e Computação, Salvador, v. 7, n. 2, pages 385-405.
- Soares, B., Pereira, J., Alves, G., Alves, M., Maia, M., Cavalcante, E. and Batista, T. (2017). "Um Sistema para Gerenciamento Automático e Eficiência Energética em Prédios Inteligentes".