

Smart irrigation: a proposal for environmental theme insertion in municipal schools

Leandro da Silva Camargo
Programa de Pós-graduação em
Computação Aplicada
Universidade Federal do Pampa e
Embrapa Pecuária Sul
Bagé-RS, Brasil
leandrocamargo@ifsul.edu.br

Marcel da Silva Camargo
Programa de Pós-graduação em
Computação Aplicada
Universidade Federal do Pampa e
Embrapa Pecuária Sul
Bagé-RS, Brasil
marcel@sigasistemas.com.br

Sandro da Silva Camargo
Programa de Pós-graduação em
Computação Aplicada
Universidade Federal do Pampa e
Embrapa Pecuária Sul
Bagé-RS, Brasil
sandro.camargo@unipampa.edu.

Abstract - Environmental concerns are increasingly present in people's daily lives. Several initiatives around the world have sought environmental discussions promote early stages of formal education. In this sense, the present project describes a proposal of environmental theme insertion in municipal schools of Bagé-RS city, Brazil. The proposal involves a network deployment low-cost, open source electronic sensors based on Arduino technology, and system development for collecting, storing and analyzing indicators in a short time the environmental parameters monitoring such as temperature, humidity, luminosity and soil moisture, which will be stored in a NoSQL database on raspberry server. The proposal objective is allow the conscious natural resources use, main one is water, which is lacking in the region, as well as inputs application optimize in cultivated gardens, with crop yields improving. As an expected result, the solution use can bring students closer nature and serve as a didactic tool in an interdisciplinary perspective.

Keywords - Sensors, Data Collection, Monitoring, Water Efficiency

I. INTRODUÇÃO

A cidade de Bagé está localizada no sul do Estado do Rio Grande do Sul, na fronteira com o Uruguai. Em maio de 2015, algumas escolas municipais de Bagé foram contempladas com o Projeto Horta Escolar, cuja finalidade é intervir na cultura alimentar e nutricional dos educandos na faixa etária de 7 a 14 anos, promovendo, desta forma, a educação integral de crianças e jovens de escolas e comunidades do seu entorno. Adicionalmente, procurava-se prover, por meio das hortas escolares, uma alimentação nutritiva, saudável e ambientalmente sustentável, além de apresentar essa temática de forma transversal na prática pedagógica destes educandários. Este projeto foi executado com recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, em parceria com o Fundo das Nações Unidas para a Agricultura e Nutrição. Contudo, o município de Bagé sofre com a irregularidade na distribuição das chuvas, com a baixa capacidade dos reservatórios naturais e baixa disponibilidade de água subterrânea. Neste viés, o uso de sensores para monitorar e garantir o fornecimento de água imediata para a planta, de forma autônoma, dependendo dos valores de umidade e a aplicação otimizada de insumos pode garantir a manutenção das hortas escolares.

Com o suporte de um sistema de monitoramento dos parâmetros ambientais, como a temperatura, a pressão e a umidade do ar e do solo, há possibilidade de incremento na produtividade e na qualidade dos alimentos gerados nas hortas escolares. Além disso, o sistema de monitoramento

em imediato pode ser aplicado à agricultura em uma escala mais ampla. Este estudo pretende construir uma rede de sensores que coletam os dados do ambiente, com suporte de uma camada de persistência dos valores coletados em uma estrutura de banco de dados e, ainda, o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis que permita o tratamento, a visualização e a análise dos valores presentes neste repositório.

O sistema deverá disponibilizar as leituras obtidas pelos sensores, em um curto espaço de tempo, referentes às condições ambientais, incentivando atividades e práticas voltadas à educação ambiental dos alunos das séries iniciais, os quais poderão acompanhar as reações do ambiente a cada interação com o cenário monitorado.

O trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2, são apresentados os trabalhos correlatos aos conceitos e ferramentas abordados neste artigo. Na seção 3, são revisados alguns conceitos para nortear o desenvolvimento deste trabalho. A seção 4 trata da metodologia adotada neste trabalho para atingir os resultados propostos. A seção 5 apresenta alguns resultados obtidos com o estudo, bem como, a análise dos dados capturados e trabalhos correlatos. Por último, na seção 6, as considerações parciais do estudo e das ferramentas desenvolvidas até o momento.

II. TRABALHOS CORRELATOS

A escolha da aplicação deste trabalho em escolas municipais é reforçada pela iniciativa similar adotada pela Holanda, onde, todos os anos, de 6000 a 7000 crianças com idades entre 9 e 10 anos frequentam um programa numa horta escolar perto da sua escola [1]. O programa foi desenvolvido pelo Centro de Natureza e Educação Ambiental de Amsterdã como parte de uma iniciativa para tornar as aulas de Natureza e Meio Ambiente mais práticas.

Um importante conceito foi desenvolvido em Amsterdã, onde, no início do ano letivo, que coincide com o início do verão, as crianças recebem aulas teóricas onde aprendem os fundamentos da jardinagem [2]. No final do verão, eles começam a frequentar os jardins da escola por uma hora e meia a cada semana. Cada criança recebe um lote de terra com plantas pré-cultivadas para cuidar [2].

No encerramento do ano letivo, as crianças colhem as plantas de algumas hortas e conseguem cozinhar pratos com as frutas e verduras colhidas. As crianças têm um objetivo ao jardinar: garantir que suas plantas cresçam bem e deem frutos. Para realizar essa tarefa, eles precisam saber como

cuidar adequadamente de suas plantas. Ao fornecer feedback à criança durante o processo de crescimento da planta, a criança tem mais informações sobre seu comportamento e sabe o que ele tem a mudar sobre suas ações para cuidar melhor dela [1].

Um desafio importante para este trabalho está na necessidade de garantir a persistência dos dados. Para tal, a definição do banco de dados que será adotado é fundamental. Pesquisas anteriores mostraram que os bancos de dados que utilizam a abordagem *Not Only SQL* (NoSQL) são capazes de processar entradas e saídas maciça de dados não estruturados de forma eficiente, além da facilidade em adicionar servidores à medida que o número de sensores ou clientes aumenta [2]. Além disso, devido à natureza imperfeita do dispositivo de detecção e à fragilidade da rede, alguns dos dados coletados podem estar incompletos, criando dados de detecção de valores discrepantes [3]. Ou seja, um banco de dados convencional, estruturado, pode não suportar essa variabilidade dos parâmetros coletados pelos sensores.

Também é finalidade deste sistema prover a irrigação em volumes e intervalos ajustados às condições do ambiente, tornando o sistema mais eficiente e evitando o desperdício de água. Os resultados obtidos com relação à umidade do solo após aplicar uma abordagem de Estratégia Direcionada por Prioridade, a qual reduziu o desperdício da água e garantiu a umidade adequada do solo conforme a cultura [4].

A instalação de uma rede de sensores viabiliza a detecção da umidade do solo e a captura dos valores destes nós sensores [5]. Dentre esses valores, o sistema detecta onde a umidade é menor que o limite definido. Esta abordagem visa a utilização otimizada da água pelo sistema, frente a abordagem manual, pois se um agricultor estiver irrigando toda uma área cultivada na fazenda duas vezes por dia, então pode haver um grande desperdício de água. O que foi sugerido neste trabalho é que, através do sistema de irrigação automatizada, é possível controlar o uso desnecessário de recursos naturais.

Em outro trabalho correlato, foi proposta uma rede sem fio distribuída de sensores de umidade e temperatura do solo, colocados na zona radicular das plantas. A unidade de gateway, baseada em microcontrolador, gerencia as informações do sensor, aciona os atuadores e transmite dados para um aplicativo da web. Um algoritmo foi desenvolvido com valores limiares de parâmetros que foram programados no gateway para controlar a quantidade de água [6].

Uma importante solução de software é a de entregar uma experiência de gamificação aos estudantes, pois uma planta física, assim como um *Tamagotchi*, contém um conjunto de fatores básicos que determinam sua condição de crescimento. Dentre esses fatores, podem ser citados: a quantidade de luz solar que recebe, a umidade do solo e a temperatura do ambiente [7]. A condição da planta pode ser monitorada, medindo esses três fatores com sensores adequados. Os sensores estão imersos no solo ao redor da planta e enviam os dados para um aplicativo móvel. O dispositivo envia os dados para a nuvem e compara com os valores preferidos para o crescimento ideal da planta. Dependendo da quantidade de luz, água ou calor ou frio que a planta recebe, o avatar exibe a emoção adequada reproduzindo a condição da planta [7].

III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. Aprendizagem Ativa

Os alunos da geração do milênio, nascidos entre 1982 e 2002, referidos como "nativos digitais", foram expostos à tecnologia da informação desde muito jovens [8]. O acesso da geração do milênio à tecnologia, informação e mídia digital é maior que o de qualquer geração anterior. A tecnologia, com a qual os nativos digitais amadureceram, induziu os estudantes de hoje a pensarem e processarem informações de maneira fundamentalmente diferente de seus antecessores [8].

Não são as capacidades de atenção dos alunos que mudaram, mas sim sua tolerância e necessidades [9]. Essa característica realmente valida a urgência de adotar métodos alternativos de instrução, e muitos professores estão incorporando estratégias ativas de aprendizado como uma maneira melhor de envolver esses alunos [9].

A aprendizagem ativa pode ser definida de forma mais ampla como qualquer método instrucional que envolva os alunos no processo de aprendizagem [10]. Essa definição é ampla o suficiente para incluir muitas atividades tradicionais em sala de aula, como palestras (desde que os alunos estejam refletindo, fazendo anotações ou fazendo perguntas). A importância dessas teorias de aprendizagem, centradas no aluno, para a sala de aula invertida não pode ser subestimada. A sala de aula invertida é composta de dois componentes: um componente que requer interação humana, que são as atividades em sala de aula, e um segundo componente que é automatizado através do uso de tecnologias computacionais [10]. A disponibilidade e disseminação de tecnologias baseadas na internet das coisas tornam a pesquisa na sala de aula invertida, tanto oportuna quanto economicamente viável.

B. Internet das Coisas

Hoje, a Internet tornou-se onipresente, atingiu quase todos os cantos do mundo e está afetando a vida humana de maneiras inimagináveis e a conectividade está ainda mais abrangente, pois existe uma grande variedade de aparelhos conectados à web, este fenômeno é chamado de "Internet das Coisas". Este termo foi definido por diferentes autores de várias maneiras diferentes, contudo, duas das definições mais populares serão apresentadas a seguir.

A Internet das Coisas pode ser definida como simplesmente uma interação entre os mundos físico e digital [11]. O mundo digital interage com o mundo físico usando uma infinidade de sensores e atuadores. Outra definição para a Internet de "Coisas" sugere como um paradigma no qual as capacidades de computação e de rede estão embutidas em qualquer tipo de objeto concebível [12].

Os recursos oferecidos pelos dispositivos e computação onipresentes geralmente são utilizados para consultar o estado do objeto e alterar seu estado, se possível. No senso comum, a Internet das Coisas refere-se a um novo tipo de abordagem computacional, onde quase todos os dispositivos e aparelhos estão conectados a uma rede.

O uso de sensores na Internet de Coisas aumentou significativamente devido ao baixo custo, tamanho reduzido, consumo eficiente de energia e facilidade de uso. Os sensores da Internet de Coisas normalmente coletam uma quantidade enorme de dados e os envia para um servidor

remoto. Os dados coletados pelos sensores devem ser analisados e apresentados para diferentes fins.

Várias arquiteturas na Internet de Coisas foram aplicadas em muitas áreas diferentes e demonstraram o potencial da Internet de Coisas para melhorar a qualidade de vida de nossa sociedade [13]. Estas aplicações baseadas na Internet de Coisas requerem um ou mais sensores para coletar dados do meio ambiente.

C. Sensores baseados no microcontrolador Arduino

Entre as principais tecnologias voltadas para este contexto de sensores para o monitoramento ambiental, destaca-se a utilização do Arduino. O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open source*, que permite, por exemplo, sensoriar com baixo custo financeiro as características do mundo físico, tais como temperatura, umidade, som e movimento [14].

Deste modo, características como autonomia e proatividade, fazem com que a utilização de agentes inteligentes se torne uma necessidade ou solução apropriada para o gerenciamento deste tipo de sistemas. Um agente inteligente é uma entidade autônoma que percebe seu ambiente através de sensores e age sobre o mesmo utilizando atuadores [15]. Diante desta perspectiva, o presente trabalho visa conceber um sistema, apresentado na fig. 1, baseado na plataforma Arduino para o monitoramento de alguns parâmetros ambientais nas hortas escolares do município de Bagé-RS.

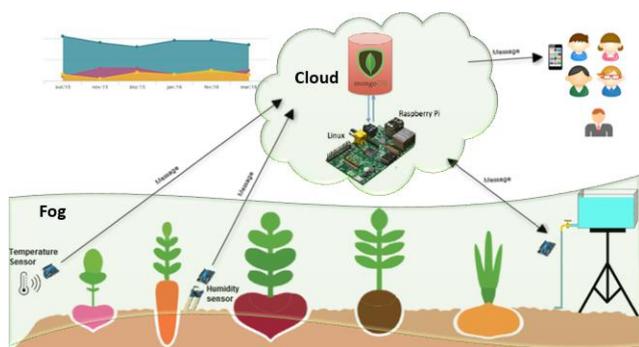


Fig. 1. Esquema do sistema de monitoramento e controle de hortas escolares.

D. Arquitetura Híbrida do Sistema

O sistema proposto possui dois níveis de interação, uma camada de névoa (*fog*), local, tendo o Arduino como um concentrador que recebe os dados de vários sensores. Nesta camada ocorre um pré-processamento e tratamento de inconsistências, evitando o tráfego de mensagens sem valor armazenado ou com discrepância.

A *Fog Computing* pode ser definido como uma arquitetura de rede, que usa um ou uma multidão de colaboração de usuários finais, tais como celulares, computadores, ou outros dispositivos de borda. São dispositivos mais próximos à interação com o usuário, para entregar uma quantidade substancial de recursos como armazenamento, processamento, comunicação e medidas de controle e gestão de rede [16].

Essa definição difere do conceito de Computação em Nuvem, onde o processamento e armazenamento de dados é feito principalmente em data centers remotos, onde as conexões e tráfego são encaminhados através de infraestruturas maiores, como as redes de *backbone* para a comunicação, e onde o controle é feito principalmente por *gateways* de rede [17].

A segunda camada do sistema proposto está na nuvem (*cloud computing*), demandando um volume menor de interações diretas com o usuário final, contudo, com fluxos frequentes de envio de requisições para inserções de documentos, através de mensagens. Neste nível o Raspberry assume o papel de servidor de banco de dados. Este dispositivo é um microcontrolador de placa unificada, do tamanho de um cartão de crédito, desenvolvido no Reino Unido pela Raspberry Pi Foundation com a intenção de promover o ensino da informática básica nas escolas. O Raspberry Pi em sua terceira versão, utilizada neste trabalho, possui um processador Broadcom BCM-2837 ARM Cortex – A53 de 1.2GHz 64 bits Quad Core, que inclui uma GPU Videocore IV de 400 MHz, e 1 Gigabyte de memória RAM, WiFi 802.11 b/g/n de 2.4GHz e Bluetooth 4.1 (BCM 434380). Ele não inclui um disco rígido interno ou uma unidade de estado sólido (SSD), mas usa um cartão SD para inicializar e gravar dados.

A Computação em Nuvem permite várias facilidades, funciona como uma forma centralizada, contudo além do custo de comunicação dos dados também apresenta um custo de latência. Caso o data center não esteja próximo dos utilizadores, aplicações sensíveis a atrasos perdem desempenho no modelo de computação em nuvem. Neste sentido, a *Fog* estende e complementa a nuvem, funcionando na borda da rede e nos usuários finais.

E. Persistência dos dados

O banco de dados SQL tradicional tem várias limitações no processamento de grandes quantidades de dados não estruturados, e para superar este problema, as tecnologias de banco de dados NoSQL foram desenvolvidas. Neste sentido, o MongoDB pode ser uma boa alternativa, pois é um banco de dados NoSQL de código aberto.

O MongoDB armazena os dados em documentos, que por sua vez são estruturas de dados complexas emparelhadas com chaves. Eles podem conter pares de valores-chave, pares de chaves-matrizes ou documentos aninhados, ao contrário de bancos de dados relacionais que exigem dados estruturados e possuem tabelas fixas. Os documentos binários BSON (*Binary JavaScript Object Notation*) MongoDB permitem uma estrutura mais complexa ao suportar matrizes de valores em que cada disposição em si pode ser composta por múltiplos sub-documentos [18, 19].

Vários estudos avaliaram o desempenho do MongoDB comparando o desempenho de leitura e escrita dos bancos de dados NoSQL com o PostgreSQL para armazenar e consultar dados de sensores [20]. Os resultados mostraram que o MongoDB é a melhor solução para armazenar dados de sensores de tamanho pequeno ou médio. Cassandra é a melhor escolha para dados de sensores grandes. E o PostgreSQL possui melhor capacidade de consulta.

No nível do *fog computing* é realizada uma validação dos parâmetros coletados nos sensores, conforme a definição de intervalo, os dados coletados de umidade, temperatura e luminosidade são transmitidos para o servidor de banco de dados (Raspberry) e o documento armazenado no banco MongoDB juntamente com a data e hora da inserção.

Para visualização dos dados pelos usuários finais do sistema a biblioteca gráfica deveria suportar representações em duas dimensões, incluindo gráficos de linhas, gráficos de barras e gráficos de pizza, ser extensível, fácil de usar e também leve. O intuito é de oferecer o acesso aos dados pela maior gama de dispositivos computacionais, exigindo apenas um navegador para realizar a visualização dos gráficos.

Desta forma, para este trabalho, foi selecionado o Chart.JS, pois esta biblioteca de código aberto usa o elemento de tela HTML5 para plotar gráficos. Oferece seis módulos (bar, pizza, linha, rosca, radar, área polar) que podem ser carregados individualmente para minimizar o tamanho da biblioteca dentro do projeto. Essencialmente, o código carregado é apenas o demandando para cada visualização. Além disso, oferece suporte em todos os navegadores modernos e tem suporte ao mais antigos, como o *Microsoft Internet Explorer* versão 7 e 8.

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema proposto gera um volume considerável de dados em pequenos intervalos de tempo, contudo, a arquitetura do planejada consegue atender as requisições, nos testes realizados, não foram observadas perdas de pacotes, mensagens corrompidas e demora nos tempos de gravação e análise dos dados. A interface como o usuário ficou bastante intuitiva e permite a visualização dos valores com clareza.

O usuário pode acessar o endereço do servidor em qualquer dispositivo computacional que possua um navegador. Na fig. 4 é exibido o *dashboard* (painel de visualização) que está disponível para acompanhamento em tempo real dos parâmetros coletados.



Fig. 4. Dashboard (painel de visualização) contendo os parâmetros coletados pelos sensores e exibidos em tempo real no navegador

Desta forma, para este trabalho, a virtude em adotar a biblioteca Chart.JS está no tamanho demandado, pois consome apenas 11 kb. No dashboard apresentado na fig. 4 os professores poderão demonstrar aos estudantes quais reações ocorrem no ambiente conforme sejam realizadas interações, tais como um sombreamento, a irrigação ou as alterações da temperatura no decorrer do dia.

Outra característica muito importante que é viabilizada com o uso da biblioteca Chart.JS é demonstrada na fig. 5, onde é representada a sua capacidade de ser responsiva, ou seja, os gráficos são redimensionados e visualizados de forma alinhada e proporcional ao tamanho da janela do navegador.



Fig. 5. Apresentação dos gráficos na tela do smartphone para acompanhamento em tempo real das condições do ambiente

Contudo, as interações com o ambiente traduzidas em gráficos, mesmo que acompanhadas em tempo real, talvez não sejam tão motivacionais às crianças, mas conforme apresentado na fig. 6, a proposta realizada por [7] dá um caráter de gamificação e cria um personagem avatar para a planta, algo parecido com o que as crianças estão acostumadas a interagir.



Fig. 6. Exemplo de gamificação onde o avatar exibe a atitude / humor da planta através de expressões faciais e balões de texto. Adaptado de [7]

Ao utilizar o efeito *Tamagotchi* como elemento de gamificação, a aplicação digital pode apresentar os dados que são reunidos de uma forma que a criança está acostumada (através de um personagem do jogo), e acha divertido e interessante. Esse processo incentiva a criança a se envolver mais com ela. Como uma planta física também tem necessidades que determinam quão bem ela vai crescer e como essas necessidades podem ser transferidas para o mundo digital, ela pode ser representada em um aplicativo digital como um avatar. Esta alternativa de jogo interativo pode potencializar a adoção deste trabalho pelos estudantes das séries iniciais e efetivamente contribuir com a formação integral das crianças, cumprindo também com seu papel pedagógico.

VI. CONSIDERAÇÕES

O sistema proposto apresenta algumas virtudes que potencializam sua aplicação como um instrumento de auxílio no uso otimizado da água e no monitoramento da disponibilidade de outros recursos naturais. A solução apresenta um hardware de baixo custo e totalmente *open source*, bem como do lado do software todos os recursos utilizados são de código livre.

Para a análise dos dados o layout do *dashboard* apresenta os dados mais significativos para o monitoramento ambiental

de forma clara e responsiva, possibilitando uma leitura facilitada dos dados, mesmo em dispositivos móveis com telas reduzidas. A biblioteca que constrói o dashboard é componível, carregando apenas os módulos demandados e, conseqüentemente, exigindo baixo poder computacional no lado do cliente, além da portabilidade, pois é compatível com as versões mais antigas do navegador.

Com relação à capacidade pedagógica do sistema, pode contribuir com uma abordagem ativa de ensino e, ainda, complementar a experiência dos estudantes fora do ambiente de sala de aula. Por se tratar de uma ferramenta computacional, tem potencial para instigar a curiosidade dos estudantes e incentivar as interações com a natureza.

Devido a revisão de literatura realizada e da análise dos trabalhos correlatos apresentados, observou-se uma proposta mais interessante para interação com os estudantes, aperfeiçoando a proposta inicial de uma exibição dos valores obtidos no ambiente e projetados através de gráficos, onde foi construído um aplicativo para dispositivos móveis que entregou aspectos de gamificação, algo que está muito mais próximo da realidade das crianças e que pode contribuir ainda mais com a formação ecológica e social dos participantes do projeto. Neste sentido, pretende-se entregar além do monitoramento e da análise dos dados através de um portal, também a construção de um artefato de software que dê uma aparência de jogo para atrair ainda mais a atenção das crianças.

REFERÊNCIAS

- [1] HERMSEN, S.; RENES, R. *Ontwerpen Voor Gedragsverandering*. Publication Centre of Expertise Creative Industry Utrecht: Utrecht, Dutch. 2014.
- [2] VEEN, J.S.; WAAIJ, B.; MEIJER, R.J. Sensor data storage performance: SQL or NoSQL, Physical or Virtual. In *Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)*, Honolulu, HI, USA, 24–29. pp. 431–438. 2012.
- [3] ZHUANG, Y.; CHEN, L. In-network Outlier Cleaning for Data Collection in Sensor Networks. In *Proceedings of the CleanDB, Workshop VLDB*, Seoul, Korea, 11 September 2006.
- [4] MAHATMA, P. K. V. *Soil testing Analysis*. Rahuri: MPKU Rahuri. 2017.
- [5] SANTOSH D.; RAMESH C. P. Optimum utilization of natural resources for home garden using wireless sensor networks. *Journal of Information and Optimization Sciences*, 38:6, 1077-1085. 2017.
- [6] BENNIS I.; FOUCHA, H.; ZYTOUNE, O.; ABOUTAJDINE, D. Drip Irrigation System using Wireless Sensor Networks. *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems*. ACSIS, Vol. 5. 2015.
- [7] VALPREDA, F.; ZONDA, I. Grüt: A Gardening Sensor Kit for Children. *Sensors* 2016. 16, 231. 2016.
- [8] PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*. 2001.
- [9] PRENSKY, M. *Teaching digital natives: Partnering for real learning*. Newbury Park, CA: Corwin. 2010.
- [10] PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education* Washington, 93:223–232. 2004.
- [11] VERMESAN, O.; FRIESS, P.; GUILLEMIN, P.; GUSMEROLI, S.; SUNDMAEKER, H.; BASSI, A.; JUBERT, I.S.; MAZURA, M.; HARRISON, M.; EISENHAEUER, M.; DOODY, P. Internet of things strategic research roadmap. in *Internet of Things: Global Technological and Societal Trends*, vol. 1. p. 9-52. 2011.
- [12] PENA-LOPEZ I. *Itu Internet Report 2005: The Internet of Things*. 2005.
- [13] SETHI, P.; SARANGI, S.R. *Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications*. *J. Electr. Comput. Eng.* 2017.
- [14] SUNG, W. T.; CHEN, J. H.; HSIAO, C. L.; LIN, J. S. Multi-sensors Data Fusion Based on Arduino Board and XBee Module Technology. *IEE International Symposium Computer, Consumer and Control (IS3C)*. 2014.
- [15] JENNINGS, N. R. An Agent-Based approach for building Complex Software Systems. *Communications of the ACM*, 44, pp. 35-39. 2001.
- [16] BONOMI F.; MILITO R.; NATARAJAN P.; ZHU J. Fog Computing: A Platform for Internet of Things and Analytics. In: Bessis N., Dobre C. (eds) *Big Data and Internet of Things: A Roadmap for Smart Environments*. *Studies in Computational Intelligence*, vol 546. Springer, Cham. 2014.
- [17] ZHU, J.; CHAN, D. S. ; PRABHU, M. S.; NATARAJAN, P. ; HU, H.; BONOMI, F. Improving web sites performance using edge servers in fog computing architecture. In: *Service Oriented System Engineering (SOSE)*, 2013 IEEE 7th International Symposium on. [S.l.: s.n.]. p. 320–323. 2013.
- [18] COPELAND, R. *MongoDB Applied Design Patterns*. O'Reilly Media, Inc.: Sebastopol, CA, USA. 2013.
- [19] CHODOROW, K. *MongoDB: The Definitive Guide*. O'Reilly Media, Inc.: Sebastopol, CA, USA. 2013.
- [20] VEEN, J. S.; WAAIJ, B.; MEIJER, R. J. Sensor data storage performance: SQL or NoSQL, Physical or Virtual. In *Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)*, Honolulu, HI, USA, 24–29. pp. 431–438. 2012.
- [21] NYATI, S.S.; PAWAR, S.; INGLE, R. Performance evaluation of unstructured NoSQL data over distributed framework. In *Proceedings of the 2013 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*, Mysore, India, 22–25. pp. 1623–1627. 2013.
- [22] KANG, Y.S.; PARK, I.H.; RHEE, J.; LEE, Y.H. MongoDB-based repository design for Internet of Coisas-generated RFID/sensor big data. *IEEE Sens.* 16, 485–497. 2015.
- [23] DOWNIE, N. *Chart.js*. Disponível em: <http://www.chartjs.org/>. Acessado em: 15 de abril de 2018.
- [24] EUROPEAN COMMISSION. *A Framework for Indicators for the Economic and Social Dimensions of Sustainable Agriculture and Rural Development*. Agriculture Directorate-General. Disponível em: http://ec.europa.eu/agriculture/publi/reports/sustain/index_en.pdf. Acessado em: 10 de abril de 2018.