

Plataforma IoT para a Indústria 4.0 utilizando Web Services REST com Java

Lucas Marques¹, Prof. Me. Fabrício G. Henrique² Prof^a. Dra. Anna P. Z. China³

¹Faculdade de Tecnologia de FATEC Ribeirão Preto (FATEC)
Ribeirão Preto, SP – Brasil

² Faculdade de Tecnologia de FATEC Ribeirão Preto (FATEC)
Ribeirão Preto, SP – Brasil

³ Faculdade de Tecnologia de FATEC Ribeirão Preto (FATEC)
Ribeirão Preto, SP – Brasil

lucasmqs@hotmail.com, fabricio.henrique@fatec.sp.gov.br e
apzchina@gmail.com

Resumo. *O objetivo desse trabalho é propor uma solução técnica, a nível de protótipo para desenvolvimento de uma plataforma IoT, que tem como propósito atender às demandas da Indústria 4.0. A Indústria 4.0 é fortemente apoiada pela integração de sensores e atuadores (dispositivos do mundo físico) com sistemas da tecnologia da informação TI (ambiente virtual), formando sistemas complexos, os ciber physical systems (CPS), para tanto torna-se imprescindível a implementação de uma solução de conectividade que permita a integração (comunicação) entre esses dois ambientes. Para alcançar esses objetivos, foram desenvolvidos um protótipo de Web Services REST (utilizando Java) e um protótipo de um Smart Gateway (utilizando o Arduino), que trabalham em conjunto para atender essas especificações.*

Abstract. *The objective of this work is to propose a technical solution, at the prototype level for the development of an IoT platform, which aims to meet the demands of Industry 4.0. The Industry 4.0 is strongly supported by the integration of sensors and actuators (devices from the physical world) with IT information technology systems (virtual environment), forming complex systems, the cyber physical systems (CPS), for which it is essential to implement a connectivity solution that allows integration (communication) between these two environments. To achieve these objectives, a prototype of REST Web Services (using Java) and a prototype of a Smart Gateway (using Arduino) were developed, which work together to meet these specifications.*

1. Smart Environments – Introdução

A integração entre sensores, atuadores e Internet, formam a base tecnológica para o conceito de ambientes inteligentes, do inglês *Smart Environments*, Gubbi et al (2013).

Fundamentalmente, a principal característica dos *Smart Environments* é a capacidade de permitir o monitoramento e ou controle de dispositivos remotamente, Vermesan and Friess (2013).

Desta forma, os *smart environments* são ambientes dotados de conectividade e são considerados fundamentais, pois permitem a integração do mundo físico ao mundo da informação (mundo virtual), Bartolini (2010).

As informações geradas nesses ambientes normalmente são compartilhadas entre diversas plataformas e aplicativos, que permitem o monitoramento e controle remoto de determinados dispositivos, ambientes ou processos, Gubbi et al (2013).

2. Internet das Coisas - IoT

A Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things*, é um dos tópicos emergentes nos últimos anos em termos de consequências técnicas, sociais e financeiras. Fundamentalmente, a Internet das coisas baseia-se em dispositivos que podem ser detectados ou controlados remotamente através da “Internet”, Peng et al (2019).

2.1. Visão da Internet das Coisas – IoT

O principal objetivo da Internet das Coisas é permitir que os objetos sejam conectados a qualquer momento, em qualquer lugar, com tudo e qualquer pessoa, idealmente, usando qualquer caminho de rede disponível, Vermesan and Friess (2014).

Ela se tornou um termo popular para descrever cenários em que a conectividade com a Internet e a capacidade de computação se estendem a uma variedade de objetos, dispositivos, sensores e itens do nosso dia a dia, Mala (2020).

Com base nessa perspectiva criam-se inúmeras possibilidades de interação direta entre o mundo físico com o mundo virtual que colaboram para redução das atividades humanas, para o aumento da precisão, da eficácia e do retorno financeiro dos produtos e serviços ofertados, Peng et al (2019).

A Internet das Coisas é uma nova revolução da Internet, na qual os objetos podem interagir entre si. Eles se comunicam, se reconhecem, e podem acessar informações que foram agregadas por outros objetos ou funcionalidades disponibilizadas por serviços e aplicações complexas de *Cloud Computing*, como *Big Data* e *Artificial Intelligence AI*, Vermesan and Friess (2013).

2.2. IOT - Áreas de aplicação e perspectivas futuras

As aplicações potenciais IoT abrangem uma grande variedade de ambientes / espaços inteligentes, em diversos domínios da sociedade, Vermesan and Friess (2014).

Além disso, atualmente, os desenvolvimentos combinados em *Artificial Intelligence AI* e IoT favorecem a implementação de algoritmos sofisticados como *machine learning* e *deep learning*, que são utilizados em conjunto, para análise de dados brutos e extração de conhecimento para tomada de decisão, Vermesan and Joël (2019).

As perspectivas para o futuro são o surgimento de uma rede de objetos interconectados, que permitem a criação de novas plataformas para o crescimento econômico e possibilitam o surgimento de diversos “*Smart Environments*” dentre eles: “*Smart Cities*”, “*Smart Home*”, “*Smart Factory*” entre outros, Vermesan and Friess (2014).

3. Indústria 4.0 - Introdução

O conceito da Indústria 4.0 foi apresentado inicialmente numa palestra em 2011 na Feira de Tecnologia em Hannover, na Alemanha, como uma estratégia do governo alemão para ofuscar a crescente concorrência do exterior e para diferenciar as indústrias da União Europeia e da Alemanha dos demais mercados internacionais. Em 2013 ainda na Feira de Tecnologia em Hannover, foi apresentado um protótipo do que seria a Indústria 4.0, Morrar et al (2017).

Pela proposta inicial do modelo proposto pelo governo alemão, com o uso do monitoramento inteligente nos processos de produção, as fábricas inteligentes do inglês, *Smart Factories*, conectariam suas máquinas e sistemas para conseguirem uma maior autonomia dos processos de produção e conseguirem uma melhor capacidade do gerenciamento da produção minimizando as falhas em seus processos de produção além de permitirem uma maior flexibilidade para que os processos de produção, pudessem se adaptar mais facilmente às condições reais de produção como por exemplo atender rapidamente ao aumento de demanda de um determinado produto ou ainda atender uma eventual falha de suprimento de matéria prima, Morrar et al (2017).

3.1. A expansão da Indústria 4.0 ao redor do Mundo

Nos últimos anos, o debate sobre a Indústria 4.0 e seu impacto global cresceram rapidamente, impulsionados devido às intensas discussões sobre digitalização, Internet das coisas e sistemas inteligentes, Morrar et al (2017).

Associados a isso, os desafios econômicos dos últimos anos estão obrigando as empresas a melhorarem sua agilidade e capacidade de resposta, além da necessidade de melhorarem a capacidade de gerenciamento de toda a cadeia de suprimentos, a fim de aumentarem sua competitividade e superarem os desafios do mercado concorrente, Ustundag and Cevikcan (2017).

Para atender essas demandas, cada vez mais a Indústria 4.0 tem atraído atenção e conquistado mais espaço das empresas de manufatura, que buscam o apoio das tecnologias físicas e virtuais para dar suporte às suas operações e modelos de negócio, Ustundag and Cevikcan (2017).

3.2. Base tecnológica da Indústria 4.0

Fundamentalmente, a combinação de hardware e software e um sistema interconectado constituem a base tecnológica da indústria 4.0, Kuric et al (2018).

Do ponto de vista conceitual, os sensores estabelecem os princípios básicos pelos quais os objetos inteligentes sejam capazes de: ser identificáveis, se comunicar e interagir entre si, e com outras entidades em rede, Ustundag and Cevikcan (2017).

3.3. A Indústria 4.0 – Conceito Atual

Atualmente, a Indústria 4.0 pode ser compreendida a partir de uma abordagem totalmente nova que tem como objetivo a integração dos sistemas de TI com sistemas físicos para obter um sistema ciber-físico transformando o mundo real numa realidade virtual, Morrar et al (2017).

Desta forma, a Indústria 4.0 é promovida pela combinação de inúmeras tecnologias físicas e digitais, como sensores, sistemas embarcados, computação em nuvem e Internet das

Coisas (IoT), Robótica, Big Data, Realidade Aumentada, Cloud Computing, Inteligência artificial, entre outras. Essas tecnologias formam os principais pilares de sustentação da Indústria 4.0, Ustundag and Cevikcan (2017).

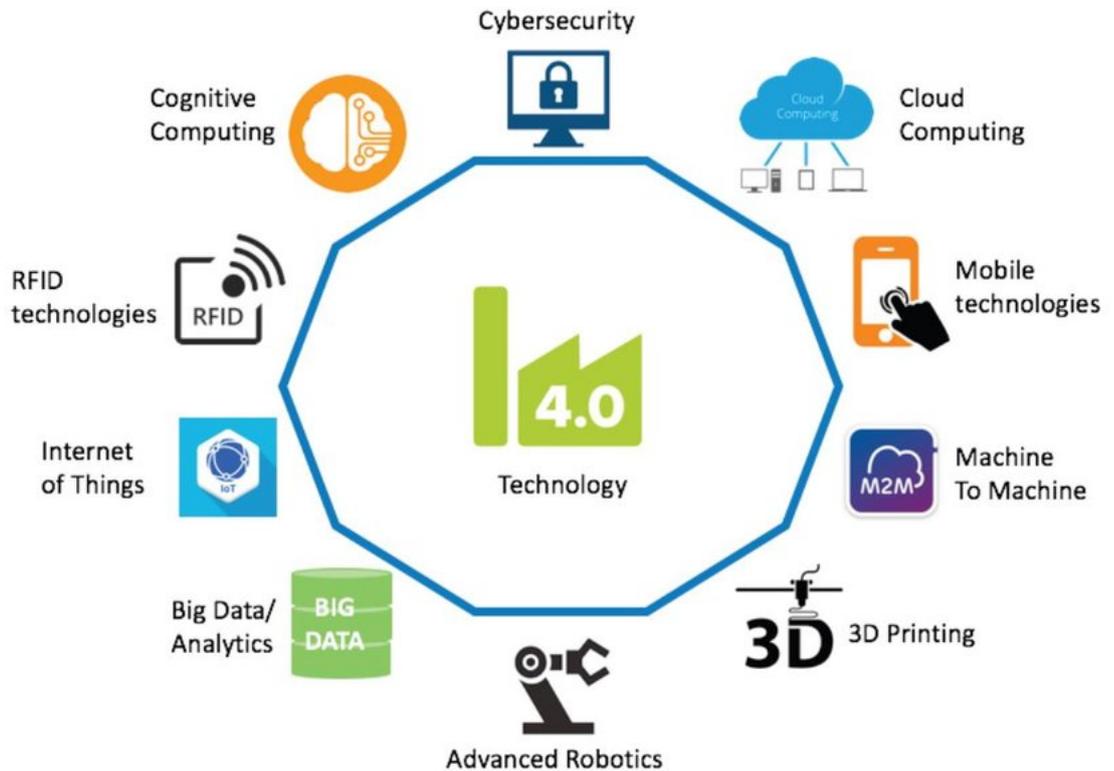


Figura 1. Pilares de sustentação da Indústria 4.0, Ustundag and Cevikcan (2017)

A adoção dessas tecnologias é fundamental para o desenvolvimento de processos de fabricação mais inteligentes, que incluem dispositivos, máquinas, módulos de produção e produtos capazes de trocar informações de forma independente, Morrar et al (2017).

3.4. A Integração de Sistemas Ciber Físicos na Indústria 4.0

Os sistemas ciber-físicos constituem um ambiente complexo totalmente integrados, baseado em computador, que acima de tudo, fornecem algoritmos (sistemas) e ferramentas de apoio para tomadas de decisão e controle, que em conjunto promovem o ambiente de produção inteligente e permitem a implantação de sistemas de manufatura mais flexíveis e adaptáveis, Ustundag and Cevikcan (2017).

Aliados a isso, a evolução da inteligência artificial (IA), com algoritmos cada vez mais sofisticados como *self learning*, *deep learning* e *machine learning*, estão se tornando uma realidade, e é cada vez mais frequente a utilização desses recursos pela Indústria 4.0, Ahlborn et al (2019).

A tendência atual da Indústria 4.0 é alcançar o grau máximo de automação, produzindo produtos e serviços inteligentes que se ajustam mais facilmente às necessidades individuais dos consumidores, e sobretudo operando de uma forma mais autônoma e com menor intervenção humana, Kuric et al (2018).

3.5. Os principais objetivos da Indústria 4.0

Independentemente das tecnologias adotadas, o principal objetivo da Indústria 4.0 é aumentar a eficiência, aumentar a disponibilidade dos recursos para aumentar a produtividade e o poder competitivo das empresas, Ustundag and Cevikcan (2017).

3.6. Os Impactos da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 representa uma enorme mudança conceitual para as empresas e já é considerada a quarta revolução industrial emergente, promovendo mudanças rápidas e inovações disruptivas que abrangem a manufatura digital, comunicação em rede, tecnologias da informação e automação, bem como muitas outras áreas relevantes, Morrar et al (2017).

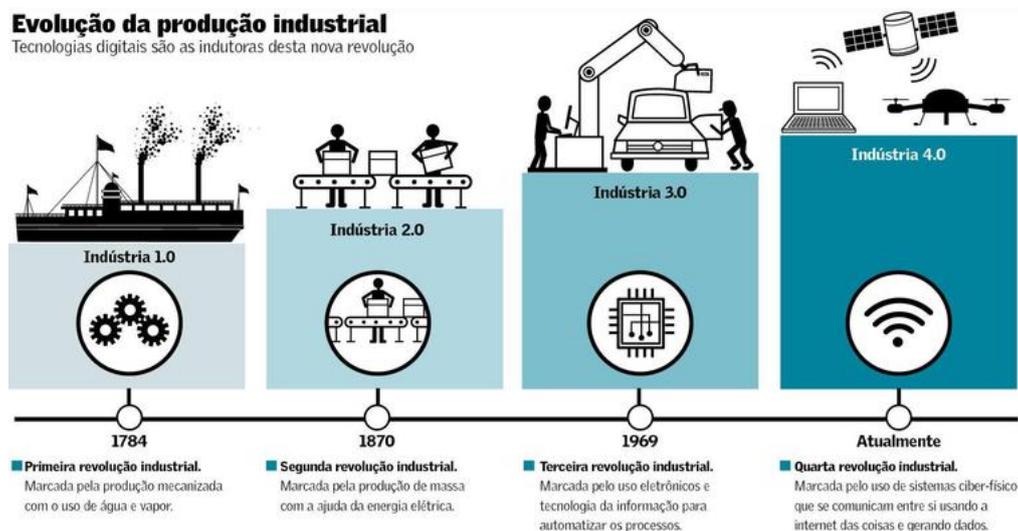


Figura 2. Indústria 4.0: A quarta revolução industrial, Morrar et al (2017)

4. Arquitetura IoT para ambientes 4.0

De um modo geral, a arquitetura de implementação mais comum para soluções de IoT possui três camadas: Dispositivos de campo, Dispositivos / gateways inteligentes e Plataformas IoT, <https://iot.eclipse.org/community/resources/white-papers/industry40/>.

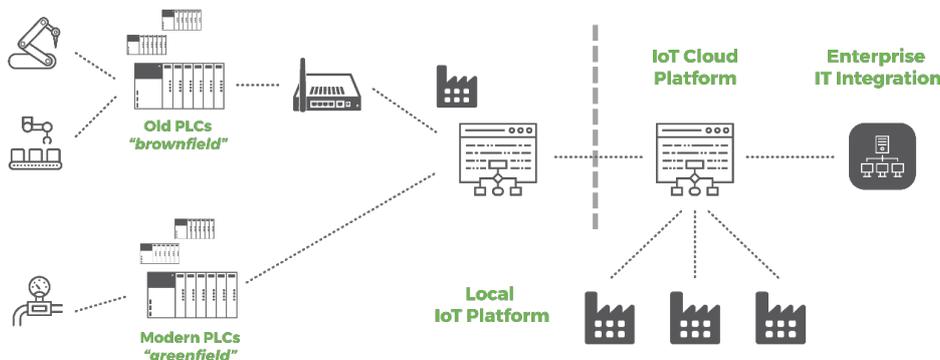


Figura 3. Plataforma IoT para Indústria 4.0 (baseada em Web Services)
fonte: eclipseiot

5. Web Services - Introdução

Os *Web Services* são módulos de software fracamente acoplados, que encapsulam funcionalidades discretas e são distribuídos e acessíveis por meio de programação através de protocolos padrão da Internet, Rodríguez et al, (2003).

Os *Web Services* facilitam a integração das aplicações de uma empresa, pois permitem a interoperabilidade entre as informações que circulam numa organização nas diferentes aplicações, eles trazem agilidade e segurança para os processos, eficiência na comunicação entre cadeias de produção ou de logística e permitem que as aplicações funcionem em conjunto, usando o princípio do acoplamento flexível para enviar e receber dados, por meio de uma linguagem universal, num formato intermediário como XML, JSON, CSV entre outros, Rodríguez et al, (2003).

6. Web Services REST – *REpresentational State Transfer*

O termo REST foi introduzido 2000 por Roy Fielding em 2000, em sua tese de doutorado e significa *REpresentational State Transfer* e não está vinculado a nenhuma plataforma ou tecnologia específica, Sandoval (2009).

6.1. Fundamentos do REST

O REST é um estilo de arquitetura tipo client / server e foi projetado para usar protocolo de comunicação sem estado, normalmente HTTP. O REST especifica um conjunto de princípios, como a *uniform interface*, que quando aplicada a um *web service* produz propriedades desejáveis, como desempenho, escalabilidade e modificabilidade, que permitem que os serviços funcionem melhor na web, Varanasi and Belida (2015).

No REST, dados e funcionalidade são considerados recursos e são acessados usando URIs (Uniform Resource Identifiers). Os recursos são utilizados usando um conjunto de operações simples e bem definidas. Desta forma, as aplicações *Clients* trocam representações de recursos com os *Servers* utilizando uma interface e protocolo padronizados, Varanasi and Belida (2015).

6.2. Nomenclatura básica – REST

Resources: É a principal abstração utilizada no REST, e é utilizada para representação de qualquer informação que possa ser endereçável, Sandoval (2009).

Representação do Recurso: O REST possui suporte a diferentes tipos de formatos para a representação do estado de um recurso, dentre eles: HTML, JSON, XML entre outros, Sandoval (2009).

URI: É um identificador universal exclusivo que permite a identificação e interação com representações de um determinado recurso em uma rede, usando protocolos específicos, como HTTP, Sandoval (2009).

Protocolo de Comunicação: A Comunicação entre o Client e o Server ocorre por meio de solicitações HTTP, Sandoval (2009).

6.3. Comunicação entre *Client* e *Server* no REST

No REST, a comunicação entre Client e Server ocorre por meio de requisições (*requests* e *responses*) utilizando métodos padrões do protocolo HTTP, Sandoval (2009).

Requests: As requisições são solicitações que ocorre do *client* para o *server* e fazem referência sobre o estado atual, ou alterações no estado de um determinado recurso. O que significa que o servidor não armazena informações sobre o estado do aplicativo, Sandoval (2009).

Responses: São as respostas do *server* à uma determinada requisição de um determinado *client*. A resposta do *server* geralmente envolve a devolução da representação do estado do recurso no momento da requisição e um status de execução, Sandoval (2009).

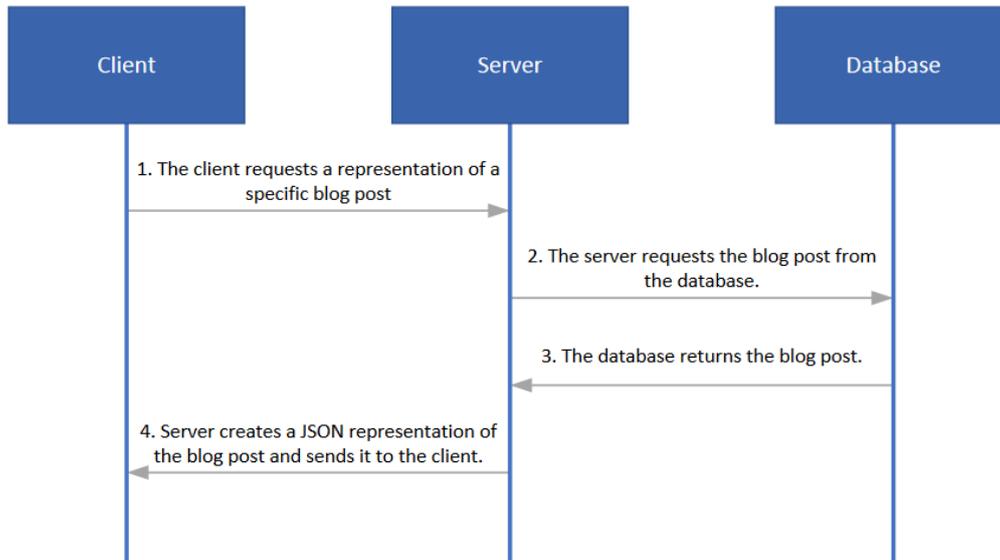


Figura 4. Comunicação entre *Client* / *Server* no REST, Kenneth (2016)

6.4. Métodos - Verbos

O Protocolo HTTP define métodos, também chamados de verbos, para indicar qual deve ser a ação executada no recurso identificado, pelo servidor; Um dos princípios de uma arquitetura REST é a manipulação dos recursos através desses métodos do protocolo HTTP, Sandoval (2009).

O REST exige que uma solicitação e resposta sejam executadas por meio de quatro operações HTTP: GET, POST, PUT e DELETE, Kenneth (2016).

Tabela 1. Solicitações REST através dos Métodos HTTP,

Task	Method	Path
Create a new customer	POST	/customers
Delete an existing customer	DELETE	/customers/{id}
Get a specific customer	GET	/customers/{id}
Search for customers	GET	/customers
Update an existing customer	PUT	/customers/{id}

Fonte:Kenneth (2016)

7. Desenvolvendo um *Web Services* RESTful com JAX-RS

Basicamente a construção de um *Web Services* REST no Java, pode ser realizada, construindo duas classes Java para cada *resource*. Uma classe para uma representação do recurso, objeto real; e outra classe responsável pela implementação do serviço REST, que é responsável para disponibilização dos métodos de acesso ao *Web Services* às aplicações *Clients*, Burke (2013).

7.1. A Biblioteca Jersey: JAX-RS

O Java possui algumas estruturas nativas disponíveis para implementação de *Web Services* RESTful, entre elas a API Java Jersey desenvolvida pela Sun para RESTful *web services* mais conhecida como JAX-RS, Sandoval (2009).

O JAX-RS é uma das gerações mais recentes de APIs Java que fazem uso de anotações Java para reduzir a necessidade de classes base padrão, implementação de interfaces necessárias e arquivos de configuração. A JAX-RS utiliza anotações que são utilizadas para rotear as solicitações do *Client* para combinar os métodos da classe Java e mapear declarativamente os dados da solicitação para os parâmetros desses métodos, ela também fornece classes e interfaces mais tradicionais para acesso dinâmico a pedidos de dados e para personalização de respostas, Burke (2013).

8. Materiais e Métodos

Para atingir os objetivos propostos, foram construídos dois módulos principais e um módulo de apoio:

Web Services REST: Elemento fundamental na arquitetura do projeto e responsável por fazer a integração entre o lado *server* e o lado *client*, permitindo assim a comunicação com ambientes heterogeneos, como por exemplo o acesso a informações pelo *smart gateway*.

Smart Gateway: Dispositivo com inteligência embarcada (baseado no Arduino Mega 2560), ele possui a habilidade de se comunicar tanto com o ambiente virtual (através do *web services*) quanto com o ambiente real com qualquer dispositivo que tenha suporte para comunicação utilizando um dos protocolos (padrões) normalmente utilizados em ambiente industrial como: RS-232, RS-485, Modbus RTU, CAN, ASI, entre outros. Dessa forma o *smart gateway* se comporta como um interprete: informações recebidas através do *web services* são processadas e redirecionadas ao dispositivo destinatário da

informação. Por outro lado, informações coletadas dos dispositivos físicos são organizadas e enviadas para o mundo virtual através do *web services*.

Modulo de apoio: Dispositivo com inteligência embarcada que permite a simulação do comportamento de um dispositivo do mundo real, com suporte a um protocolo de comunicação industrial, (protocolo utilizado RS-232). Para tanto foi utilizado a placa didática McLab2 do emulador PicSimLab, executando um *firmware* desenvolvido especificamente para essa funcionalidade. O firmware foi desenvolvido em linguagem C compatível com o microcontrolador PIC 16F877A com frequência de clock de 20 MHz, utilizando o ambiente MPLab X IDE em conjunto com o compilador MPLAB XC8.

9. Ferramentas Utilizadas

Arduino: O Arduino é uma plataforma de código aberto composta por hardware e software muito simples e fácil de usar. Ele pode ler dados de sensores e controlar dispositivos, como luzes, motores, portas da garagem entre outros. O Arduino incentiva a modificação e a reutilização, ele possui uma comunidade forte crescente e atuante, Evans (2011). Ele foi desenvolvido principalmente para fins de prototipagem, Javed (2016).

Arduino Mega: O Arduino modelo Mega 2560 é baseado no microcontrolador ATmega2560, que funciona com uma frequência de clock de 16 MHz. Ele vem equipado com um grande número de periféricos. Dentre eles: 256 KB de memória flash, 54 pinos de entrada / saída digitais, dos quais 15 podem ser utilizados como saída analógica através do uso de PWM e 16 pinos de entrada analógica, Perea (2015).

Eclipse: O Eclipse é um IDE de código fonte aberto, que foi inicialmente construído para o desenvolvimento de programas Java, e se transformou numa plataforma de desenvolvimento usada para criar milhares de ferramentas e plug-ins, para o desenvolvimento de aplicativos em diferentes linguagens de programação, Fain (2015).

O Eclipse possui uma arquitetura expansível através de plugins, que permite o suporte para inúmeras linguagens de programação, além disso ele permite a interação com muitos sistemas externos usados durante o desenvolvimento. Dentre eles SVN, Git, Apache Tomcat, Maven entre outros, Fain (2015).

MPLab X IDE: O MPLAB® X IDE é um ambiente integrado de desenvolvimento para microcontroladores e controladores de sinais digitais, desenvolvido pela Microchip®, ele incorpora poderosas ferramentas que auxiliam o desenvolvedor a aprender, configurar, desenvolver, depurar e qualificar seus projetos, <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/50002027E.pdf>.

Compilador MPLAB XC8: O compilador MPLAB XC8 é um compilador C free ISO C99 otimizado e independente de propriedade intelectual da Microchip®. Ele suporta todos os microcontroladores PIC® e AVR de 8 bits, http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MPLAB_XC8_C_Compiler_User_Guide_for_PIC.pdf.

PicSimLab: O PICSimLab é um emulador em tempo real de placas de desenvolvimento integrada com os depuradores MPLABX / avr-gdb. O PICSimLab suporta alguns microcontroladores PIC e alguns microcontroladores AVR. O PICSimLab possui integração com o MPLABX / Arduino IDE, <https://sourceforge.net/projects/picsim/>.

Proteus: O Software Proteus VSM é uma ferramenta fundamental para estudantes e profissionais criarem, simularem e elaborarem layouts de circuitos (eletro eletrônicos) para aplicações analógicas e digitais, inclusive microcontroladores. Ele é composto por quatro ferramentas: ISIS (Intelligent Schematic input System), utilizado para elaboração de esquemáticos); VSM (Virtual System Modeling), utilizado para modelamento virtual, simulações e animações; PRO-SPICE, utilizando para simulações de instrumentos gráficos; ARES (Advanced Routing and Editing Software) utilizado para elaboração de layout e roteamento avançado de placas de circuitos impressos), Zamboni (2011).

PostgreSQL: O PostgreSQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional de código aberto. Ele enfatiza a extensibilidade, a criatividade e a compatibilidade; Ele é executado na maioria dos sistemas operacionais modernos, incluindo Windows, MAC e Linux. Está em conformidade com o SQL e é compatível com ACID, Juba (2015).

PgAdmin III: O pgAdmin é uma interface gráfica de usuário (GUI) e é uma poderosa ferramenta utilizada para administração e desenvolvimento do banco de dados PostgreSQL, Juba (2015).

Apache Tom Cat: O Tomcat é um servidor web, desenvolvido pela Apache Software Foundation. O Tomcat é um programa que roda no servidor e exibe páginas web em resposta a solicitações de um usuário utilizando um navegador da web. O Tomcat é compatível com as tecnologias Java servlet e JavaServer Pages (JSPs) (além de servir páginas web estáticas e programas CGI externos), (Brittain 2007).

10. Conclusão

O trabalho proposto contemplou o uso de IoT, M2M, Cloud Computing (Web Services REST) que são três dos pilares considerados como fundamentais no contexto da Indústria 4.0; Além disso, foram utilizadas tecnologias sólidas que tem o seu potencial largamente reconhecidos como REST, Java, RS-232 entre outros.

O trabalho é bastante promissor, pois vai ao encontro a uma demanda recente em crescente evolução ao redor do mundo, a Indústria 4.0. Além disso, ele estimula o debate sobre o conceito da Indústria 4.0, esses debates são fundamentais para que em médio prazo ocorra uma maior aderência e uma maior difusão deste tema no Brasil, que estimulariam investimentos nessa área e consequentemente implicaria no aumento da demanda de profissionais com domínio dessas tecnologias, principalmente para atender às demandas de indústrias de pequeno e médio porte, uma vez que indústrias de grande porte possuem recursos para importar tais tecnologias de seus países de origem.

Testes realizados em ambiente acadêmico, demonstram que esse trabalho é tecnicamente e economicamente viável para implantação de um protótipo de uma plataforma digital IoT para monitoramento on line, “em tempo real”, de um ambiente inteligente nos moldes da Indústria 4.0. O trabalho contempla ainda o uso de praticamente todas as ferramentas de uso livre, exceto o Proteus, que reduzem consideravelmente os custos de desenvolvimento do projeto, que em conjunto colaboram para a viabilidade técnica e financeira para a implementação do projeto.

11. Referências Bibliográficas

Ahlborn K. et al (2019), “Technology Scenario ‘Artificial Intelligence in Industrie 4.0’” Working Paper Industrie 4.0, Federal Ministry for Economic Publisher, Berlin.

- Bartolini, S. (2010) “Smart Sensors For Interoperable Smart Environment”, Dissertação (Doutorado In Elettronica, Informatica e Delle Telecomunicazioni), Università Di Bologna, Bologna, Italia.
- Brittain, J. and Darwin, Ian F. (2007) “Tomcat: The Definitive Guide”, O'Reilly Media, Inc Publisher.
- Burke, B. (2013), “RESTful Java with JAX-RS 2.0”, O'Reilly Media, Inc. Publisher.
- Eclipseiot disponível em <https://iot.eclipse.org/community/resources/white-papers/industry40/>.
- Evans, B. (2011) “Beginning Arduino Programming: Writing Code for the Most Popular Microcontroller Board in the World”, Apress Publisher.
- Fain, Y. (2015) “Java Programming: 24-Hour Trainer”, John Wiley & Sons Publisher.
- Javed, A. (2016) “Building Arduino Projects for the Internet of Things: Experiments with Real-World”, Apress Publisher.
- Jeya Mala, D. (2018) “Integrating the Internet of Things Into Software Engineering Practices”, IGI Global.
- Juba, S. et al. (2015) “Learning PostgreSQL”, Packt Publishing Ltd Publisher.
- Kenneth, L. (2016) “The Little Book on REST Services”, Copenhagen.
- Kuric, I. et al. (2018) “Application of Artificial Intelligence for the Implementation of Industry 4.0 Concept”, International Scientific Journal Industry 4.0, Year III, Issue 3.
- Morrar, R. et al. (2017) “The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0):A Social Innovation Perspective”, Technology Innovation Management Review, November 2017 (Volume 7, Issue 11).
- Peng, S. et al. (2019) “Principles of Internet of Things (IoT) Ecosystem: Insight Paradigm”, Springer Nature.
- Perea, F. (2015) “Arduino Essentials”, Packt Publishing Ltd Publisher.
- Rodríguez J. et al. (2003) “A Web Services Broker for E-learning”, Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad de Vigo, Vigo, Spain.
- Sandoval, J. (2009) “RESTful Java Web Services: Master Core REST Concepts and Create RESTful Web Services in Java”, Packt Pub. Publisher.
- Ustundag, A. and Cevikcan, E. (2017) “Industry 4.0: Managing The Digital Transformation”, University of Birmingham, Birmingham, UK.
- Varanasi B. and Belida S. (2015) “Spring REST”, Apress Publisher.
- Vermesan, O. and Bacquet, J. (2019) “Next Generation Internet of Things: Distributed Intelligence at the Edge and Human Machine-to-Machine Cooperation”, River Publishers.
- Vermesan, O. and Friess, P. (2013) “Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems”, River Publishers.
- Vermesan, O. and Friess, P. (2014) “Internet of Things Applications: From Research and Innovation to Market Deployment”, River Publishers.

Zamboni, M. (2011) “Apostila Proteus VSM”, Fatec SBC, São Bernardo do Campo.