

## Protótipo automatizado de baixo custo para um sistema de gerenciamento de dados em uma indústria manufatureira

João Sady dos Santos Neto (IFPR) [joao.sady.neto@gmail.com](mailto:joao.sady.neto@gmail.com)

Leandro Roberto Baran (IFPR) [leandro.baran@ifpr.edu.br](mailto:leandro.baran@ifpr.edu.br)

Wilson Simões da Silva (IFPR) [taguswil@gmail.com](mailto:taguswil@gmail.com)

Gilson Braga Oliveira (IFPR) [gilson.braga@hotmail.com](mailto:gilson.braga@hotmail.com)

### Resumo:

Devido a crescente digitalização presente nas indústrias, novas tendências de mercado começam a emergir compondo assim um novo cenário chamado de indústria 4.0. Neste novo cenário marcado pela conectividade é possível integrar maquinários de forma eficiente e inteligente, espelhando os dados gerados por estes sistemas complexos na nuvem. Porém estes sistemas ainda são muito caros e complexos, se tornando na maioria das vezes inacessíveis em aplicações menores ou para indústrias de menor porte. Nesse contexto, este artigo apresenta uma alternativa de baixo custo, com a utilização de componentes eletrônicos e plataformas de arquitetura aberta, no desenvolvimento um sistema de medição e gerenciamento de dados de uma serraria de pequeno porte. O protótipo desenvolvido consiste de um sistema eletrônico microcontrolado que realiza medições de diâmetro de toras do processo de produção, processa estes dados e os envia via rede para um banco de dados em um servidor, responsável pela análise, tratamento, estratificação e registro dessas informações, que serão acessadas pelo site hospedeiro do sistema que estará disposto ao acessar remotamente a nuvem gerada pelo servidor. O protótipo desenvolvido apresenta-se como uma solução viável para o gerenciamento de dados de um processo industrial, com custo reduzido devido a utilização de tecnologias abertas e softwares *open-source*, além de apresentar-se como alternativa para aplicações na indústria 4.0, devido a maleabilidade desta solução que se pode ser adaptada segundo as necessidades e características de cada aplicação.

**Palavras chave:** Indústria 4.0, código aberto, gerenciamento de dados, protótipo.

## Low-cost automated prototype for a data management system in a manufacturing industry

### Abstract

Due to the increasing digitalization present in the industries new market trends begin to emerge thus composing a new scenario called industry 4.0. In this new scenario marked by connectivity, it is possible to integrate machinery efficiently and intelligently, mirroring the data generated by these complex systems in the cloud. However, these systems are still very expensive and complex, becoming in most cases inaccessible in smaller applications or for smaller industries. In this context, this article presents a low-cost alternative, using electronic components and open architecture platforms, in developing a measurement and data management system for a small timber industry. The prototype developed consists of a microcontrolled electronic system that performs measurements of the diameter of the wooden logs of the production process, processes this data and sends them via network to a database in a server, responsible for the analysis, treatment, stratification and registration of this information, which will be accessed by the system host site that will be willing to remotely access the cloud generated by the server. The developed prototype presents itself as a viable solution for the management of data of an industrial process, with reduced cost due to the use of open technologies and open-source software, besides presenting itself as alternative for applications in the industry 4.0, due to malleability of this solution that can be adapted according to the needs and characteristics of each application.

**Key-words:** Industry 4.0, open source, data management, prototype.

## 1. Introdução

Graças às novas tecnologias a forma como vemos o setor industrial está em transição, tecnologias que antes eram vistas como ficção hoje já estão presentes no chão de fábrica promovendo uma evolução nos processos automatizados. Sistemas eletrônicos que realizam diversas funções separadamente poderão interagir entre si e com outros equipamentos através da integração e comunicação em rede, digitalizando desde pequenas tarefas simples até grandes processos e operações. O setor industrial sofrerá inúmeras mudanças nos próximos anos, como por exemplo, a possibilidade de deslocar a operação de plantas, localizadas em áreas remotas, para escritórios em centros urbanos, com acompanhamento em tempo real de todas as atividades e processos.

Com uma tendência crescente de digitalização das informações, acredita-se que os dados do setor industrial estarão espalhados na nuvem de forma que possam ser acessados à distância por todos os usuários necessários, como já ocorre com outros sistemas informatizados. Há ainda a proposta de softwares integrados, que serão responsáveis pela conexão entre as máquinas e influenciarão a produção. Os sistemas inteligentes poderão perceber quando um de seus componentes vai quebrar ou ainda fazer previsões de erros e avarias, para que então um gestor possa realocar recursos de manutenção para o maquinário de forma antecipada.

Nesse contexto, pode-se afirmar que o setor de manufatura está orientado para esse cenário de mudanças tecnológicas denominada de Indústria 4.0, uma tendência que digitaliza o setor industrial, transformando-as em “fábricas inteligentes”. Isso torna a indústria um ambiente capaz de tomar decisões diversos cenários, utilizando a tecnologia para aumentar a produtividade, diminuir os custos de manutenção, reduzir o consumo de energia e aumentar a eficiência do processo (KORTUEM, 2010).

Nesse cenário será comum o uso de equipamentos e máquinas conectadas em rede e disponibilizando informações em um ambiente virtual, denominado de sistemas ciber-físicos, do inglês *Cyber-Physical System* (CPS). Um sistema ciber-físico é composto por elementos computacionais colaborativos com o intuito de controlar entidades físicas. Os CPS enfatizam o papel das ligações entre os elementos computacionais e elementos físicos (KAGERMANN 2013). Por exemplo, os sensores, os transmissores, os computadores e o sistema de planejamento produtivo todos conectado à rede se comunicando entre si de modo autônomo e integrado, com intuito de possibilitar uma maior integração entre os colaboradores e as máquinas através de um ambiente virtual (BRETTEL, 2014).

Contudo, devido ao volume grande de dados de máquinas e equipamentos que integram uma linha de produção, as soluções da área de Tecnologia da Informação (TI) para um processo industrial acabam sendo muito robustas e caras, o que as torna inviáveis principalmente para indústrias de menor porte. Pequenas indústrias não terão fôlego para acompanhar financeiramente as inovações, fazendo com que estas resistam à instalação de um CPS devido aos altos custos envolvidos. Com isso, surge o desafio de criar soluções tecnológicas de baixo custo no gerenciamento e transmissão de dados de equipamentos industriais com plataformas mais acessíveis.

Portanto, torna-se relevante pesquisar e desenvolver soluções tecnológicas de baixo custo para atender as pequenas indústrias, levando-se em conta o acelerado desenvolvimento tecnológico e suas implicações para os processos fabris. Para tal, a relevância deste trabalho está no desenvolvimento de um protótipo automatizado, que usará plataformas de código aberto para realizar o controle de dados de uma parte do processo de uma indústria de manufatura de

pequeno porte, utilizando o conceito CPS e conceitos de indústria 4.0, tais como *data science*, *cloud computing* e *machine learning*. O trabalho pretende apresentar a prototipagem com plataformas de código aberto utilizando o conceito CPS e aplicações de indústria 4.0, como uma alternativa viável para a concepção de soluções inteligentes em processos industriais.

## 2. Fundamentação Teórica

A indústria de manufatura tem como sua principal característica a transformação de matérias-primas em produtos finais produzidos em grande escala, normalmente seguindo um padrão fixo de produção. Nesse tipo de sistema é comum o uso de maquinários pesados que desempenhem funções específicas dentro da linha de produção. Devido a isso é de suma importância à precisão nos sistemas de medição e padronização de produtos, isso garante um produto de qualidade sem aumento dos custos variáveis, relacionados com matéria-prima e garantem que os produtos estão sendo produzidos conforme a especificação exigida pelos clientes.

Flath e Stein (2018) citam que na última década, a indústria de manufatura sofreu uma enorme transformação devido a sua digitalização, a conectividade sem fio, sensores inteligentes e armazenamento de dados, o que abriu o caminho para uma nova infraestrutura industrial. Essa nova infraestrutura traz acesso a um grande número de dados de processo, que vai desde o *status* da produção até os dados de monitoramento das condições de máquinas. Porém, criar banco de dados com informações do processo, cada vez maiores, só contribuirá quando essa tecnologia for utilizada com uma série de ferramentas que combinem métodos de aprendizado de máquina e sistemas de informações de negócios para orientar o desenvolvimento de soluções de análise preditiva, assim essa nova infraestrutura industrial agregará valor as indústrias de manufatura.

Syam e Sharma (2018) ressaltam que enquanto a tecnologia informacional tradicional ajudava no processamento de comunicações e dados, a tomada de decisões era humana. Na chamada quarta revolução industrial as tecnologias emergentes, permitirão que os computadores também tomem decisões apropriadas de forma confiável, funcionalidade que acarretará profundas implicações para as funções pessoais e gerenciais. Para que isso aconteça de forma positiva será necessária à evolução de sistemas ciber-físicos, a internet das coisas (IoT) e aprendizado profundo de máquina (*machine learning*).

Porém é importante ressaltar que para o cenário mencionado anteriormente acontecer, será de suma importância a constante evolução, redução de custos e acesso dessas tecnologias, tanto na parte de aplicação de conceitos emergentes para análise inteligente de dados em software, quanto na parte de hardware. Pois as soluções encontradas no mercado atual que utilizam esse tipo de tecnologia ainda são muito caras e robustas não atendendo assim as necessidades e demandas de indústrias mais antigas e das de menor porte.

Para Chang et al., (2017) ainda é relativamente baixo nível de inteligência na instalação de redes wireless e que em alguns casos ainda é predominante à leitura manual de dispositivos industriais em campo. Isso acontece porque na maioria dos cenários considerados, no status atual do ambiente de produção industrial a grande maioria dos protocolos de comunicação dos dispositivos de campo não é uniforme e os dispositivos antigos ainda não possuem interfaces unificadas, pois isto requer muita mão de obra e dinheiro. Portanto, há uma necessidade urgente de um tipo de adaptador de serviço de rede industrial para que suporte uma variedade de interfaces de protocolo de comunicação e que interaja de forma inteligente com os equipamentos em campo, para formar uma rede unificada de diferentes dispositivos industriais.

Outra dificuldade encontrada em indústrias é que tradicionalmente, os sistemas de monitoramento industrial funcionam *offline* ou usam redes com fio para transmitir as informações para uma estação central. Nesses sistemas de monitoramento baseados em redes com fio, o processo de instalação de cabos e sensores geralmente são mais caros do que os próprios sensores. Além disso, esta abordagem tem flexibilidade limitada, o que torna o processo de instalação e manutenção da rede mais difícil e dispendiosa (QUEIROZ et al., 2017). Uma alternativa para instalar sistemas que apresentam menor custo é a uso de redes sem fio, que têm vantagens significativas, incluindo alta flexibilidade, fácil configurabilidade, fácil instalação e manutenção.

Gholami, Taboun e Brennan (2017) apontam que o fenômeno emergente de objetos cotidianos conectados à internet, conhecido como a internet das coisas (IoT), apresenta inúmeras aplicações potenciais desses dispositivos e seus serviços associados que variam entre eletrônicos de consumo, industriais e de manufatura, militares e de vigilância, e médicos e reabilitação. Entretanto, os principais desafios com dispositivos e serviços na IoT é sua interoperabilidade, mais especificamente, a capacidade de comunicação universal entre si.

Para enfrentar este desafio uma solução seria utilizar a *World Wide Web* como plataforma de dispositivos inteligentes: “*Web of things*” (WoT), onde *web* remete à ideia de que todas as coisas podem ser acessadas através de tecnologias web. Um exemplo de aplicação desta tecnologia é o Protocolo de Transferência de Hipertexto (HTTP) em rede de sensores sem fio *Wireless Sensor Network* (WSN), na qual a integração dá aos sistemas de informação heterogêneos a capacidade de colaborar e fornecer serviços comuns.

Todas estas tecnologias geram a necessidade de sistemas de produção flexíveis e escaláveis, capazes de trabalhar com flutuações ágeis, alta variabilidade de produto a um custo razoável, com reatividade em tempo real. Neste sentido, faz-se necessário o desenvolvimento e implementação de ferramentas e métodos para obter colaboração flexível, reconfigurável, escalável e interoperável via rede entre distribuições descentralizadas e distribuídas por dispositivos e sistemas.

Perante o exposto, os sistemas ciberfísicos, do inglês *Cyber-Physical Systems* (CPS) tem se tornado uma tendência de negócios, mais precisamente a sua aplicabilidade no domínio industrial - consequentemente denominada Sistemas Cibernéticos Físicos Industriais (ICPS). Estes sistemas visam implementar e avaliar abordagens de engenharia adequadas para a realização do CPS, aprimorando e desenvolvendo as bases tecnológicas necessárias para facilitar a realização das tendências tratadas na automação industrial, bem como em outros domínios emergentes, como redes inteligentes, edifícios inteligentes, transporte inteligente, saúde inteligente e, particularmente, na manufatura inteligente.

Para possibilitar esse cenário é de fundamental importância o investimento por parte das indústrias no desenvolvimento de dispositivos inteligentes capazes de se conectar à rede sem fio, para a criação de um sistema ciber-físico industrial. Farooq et al., (2018) apresentam o processo de projeto de um Circuito Integrado de Aplicação Específica (ASIC) leva cerca de dois a três anos para representar o primeiro protótipo, exigindo centenas de milhares de dólares em investimento. Isso demonstra que para sanar a necessidade futura na criação destes dispositivos será de suma importância uma maior aceitação e uso de plataformas de código “*Open Source*” para desenvolvimento de dispositivos industriais inteligentes, devido ao pouco investimento necessário, a flexibilidade dessas plataformas e a reconfigurabilidade.

Também se faz necessário um grande investimento por parte dos desenvolvedores e empresas na utilização de técnicas inteligentes como *Business Data Science*, campo que explora

a análise, preparação e interpretação grandes quantidades de dados, com objetivo de gerar conhecimento para tomada de decisões e previsões de cenários. A utilização do Data Science agrega como benefício: permitir que as empresas colecionem e analisem dados sobre suas operações de negócios, estratégias, produção e desempenho geral; melhorar seus serviços, operações, estratégias e desempenho de negócios com base nas saídas de análise; otimizar a qualidade de sua modelagem preditiva, para que os tomadores de decisão possam planejar estratégias adequadas para suas empresas (NEWMAN et al.; 2016)

Contudo, devido ao volume grande de dados de máquinas e equipamentos que integram uma linha de produção, as soluções da área de Tecnologia da Informação (TI) para um processo industrial acabam sendo muito robustas e caras, o que as torna inviáveis principalmente para indústrias de menor porte. Pequenas indústrias não terão fôlego para acompanhar financeiramente as inovações, fazendo com que estas resistam à instalação de um CPS devido aos altos custos envolvidos. Com isso, surge o desafio de criar soluções tecnológicas de baixo custo no gerenciamento e transmissão de dados de equipamentos industriais com plataformas mais acessíveis.

### 3. Metodologia

A proposta deste trabalho é uma solução para uma indústria manufatureira da região dos Campos Gerais, utilizando tendências de mercado como *Iot (Internet of things)*, tópicos de ciências de dados e desenvolvimento de software com código aberto. Com intuito de desenvolver um sistema, apresentado na figura 1, para coleta de dados físicos de produção, trata-los, armazená-los e enviá-los para um banco de dados em um servidor para que este possa processar e analisar os dados fornecidos por meio de algoritmos de aprendizado e análise de dados.

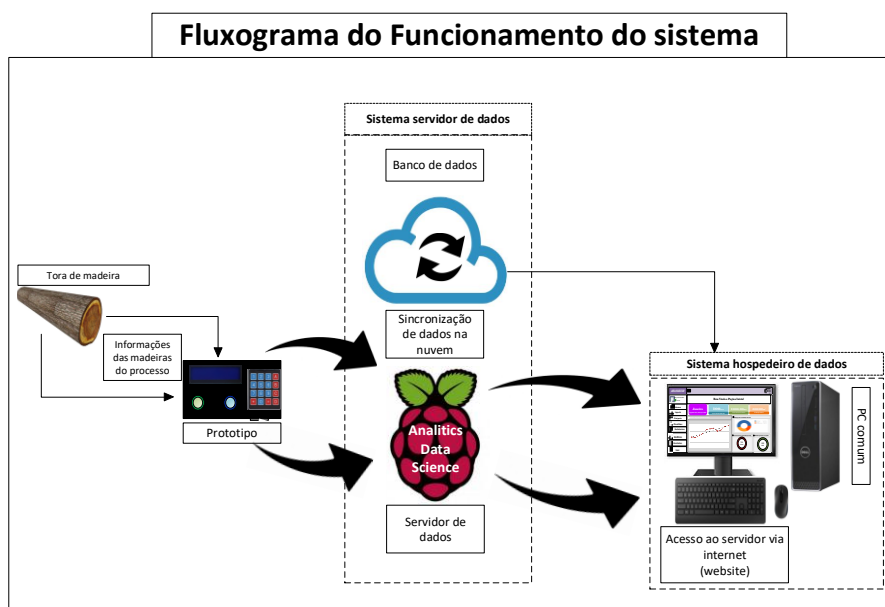


Figura 1 – Fluxograma do funcionamento do sistema

Para implementação do sistema foi escolhida uma indústria madeireira da região, por se tratar de uma manufatura de pequeno porte, onde a grande parte das medições e estatísticas de produção ainda são feitas de forma manual, ideal para comprovarmos a proposta da possibilidade de desenvolver uma tecnologia industrial de qualidade utilizando alternativas de

código aberto e tendências de mercado como indústria 4.0, aliado a um baixo investimento em seu desenvolvimento.

Para desenvolver esse sistema primeiramente fizemos uma revisão da literatura para levantar as soluções já ofertadas que utilizam dos mesmos princípios, ao fazer isto notamos a escassez de soluções de baixo custo em plataformas de código aberto para problemas industriais. A partir disto então começamos a levantar os componentes necessários para a prototipagem do sistema, sendo estes microcontroladores, antenas *wireless*, módulos periféricos, botões, um display e um microcomputador de baixo custo.

Após a seleção prévia dos materiais e componentes foram desenvolvidos o projeto eletrônico e a modelagem estrutural do protótipo. A última etapa consistiu do implementação e comissionamento do protótipo, com elaboração da eletrônica conectando todos os componentes, a programação do microcontrolador escolhido para criar um *firmware* funcional para o sistema. Observou-se que para uma melhor eficiência do sistema era necessário a divisão do protótipo inicial em dois circuitos, para assim transforma-los nas placas de circuito impresso apresentadas no capítulo 4 deste artigo.

#### **4. Desenvolvimento do Protótipo**

O protótipo será constituído de duas partes principais: o sistema de medição que fica instalado no campo e efetua as medições do diâmetro das toras, realiza o tratamento, processamento e envio dos dados via rede *wireless*. Esta medida é fundamental para calcular o rendimento da produção, pois além da variação natural no diâmetro de cada tora, a mesma é descascada e cortada em um comprimento padrão, o que torna fundamental medir com precisão seu diâmetro para obter a produtividade total da linha em  $m^3$ . A segunda parte deste sistema é o servidor que estará conectado com uma nuvem, onde as informações ficarão armazenadas. Nela também as medidas enviadas pelo protótipo serão processadas e por meio de algoritmos internos gerarão gráficos e análises de produção em tempo real. Além disso devido a tecnologia *Iot* utilizada para o envio das medições em tempo real, o sistema poderá ser acessado através de um site hospedeiro na *web*, com possibilidade de visualização dos gráficos, relatórios de produção e históricos armazenados no banco de dados.

Entretanto para obter uma tecnologia eficaz e funcional é necessário primeiro desenvolver um protótipo funcional que demonstre os princípios de funcionamento e de operação. O protótipo desenvolvido, apresentado na figura 2, demonstra o princípio de funcionamento da estratificação das medições que serão efetuados em campo. Constituído de um sistema de medição com um pistão acionado por um motor de corrente contínua de 12V, com um encoder acoplado ao acionamento por correias, o que possibilita medir o diâmetro do objeto através do posicionamento do motor. O protótipo apresenta uma interface homem máquina (IHM) que é responsável pela interação do sistema com o operador, bem como pelo envio de dados para o servidor.

Para integração dos sistemas foi desenvolvida uma estrutura de divisão em dois circuitos eletrônicos que se conectam e trabalham em conjunto. O circuito 01 (figura 3) é o responsável pela lógica de funcionamento pistão e sistema de medição, e o circuito 2 (figura 4) é responsável pela execução das medições e interface do sistema.

### MAQUETE ELETRÔNICA DO PROTÓTIPO PROJETADO

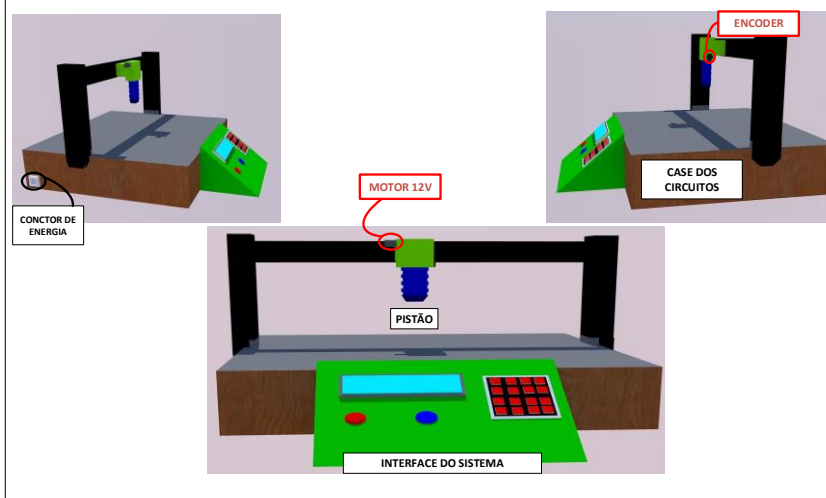


Figura 2 – Design do protótipo inicial

### PLACA DO CIRCUITO 1 (PISTÃO)

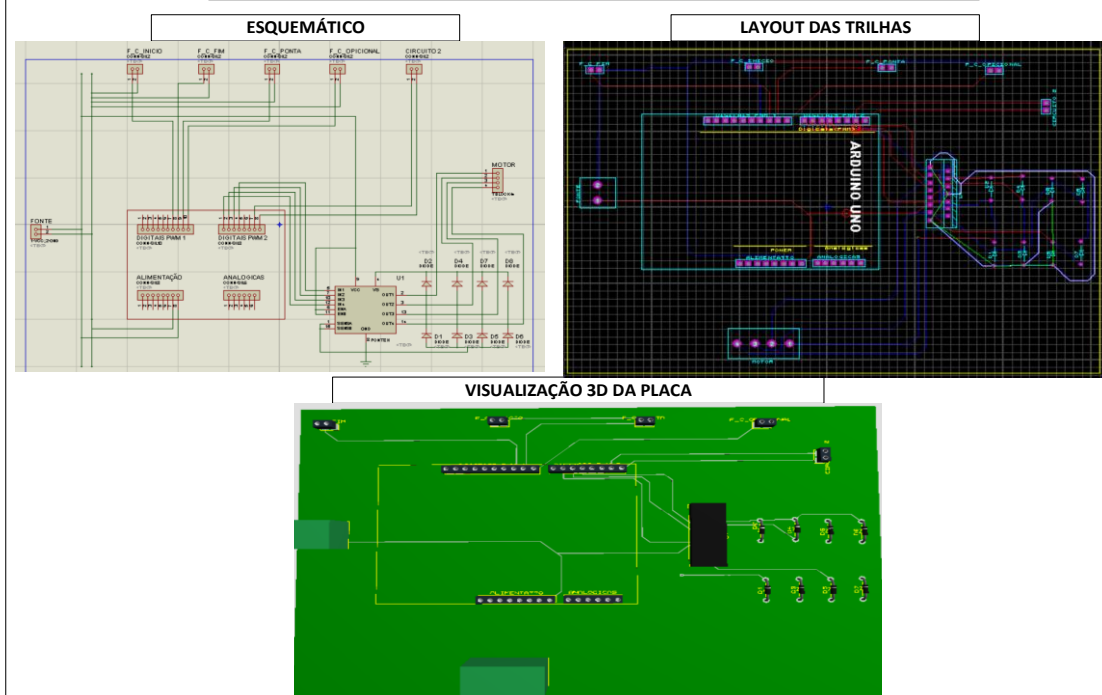


Figura 3 – Design da PCI do circuito 1

Os circuitos foram implementados em uma placa de circuito impresso (PCI), para controlar uma lógica específica do sistema através de um microcontrolador de código aberto. No circuito 01, a PCI do controla o movimento do motor DC do pistão através da informação de 03 sensores de posição, sendo que dois deles se localizam no interior do sistema do pistão e um deles se localiza no atuador da parte móvel e indica quando há ou não uma superfície cilíndrica na base do sistema. Quando há sinal em algum dos sensores, a lógica de programação

do *firmware* interno do circuito reage e comanda o motor por intermédio de uma ponte H l298 (circuito integrado).

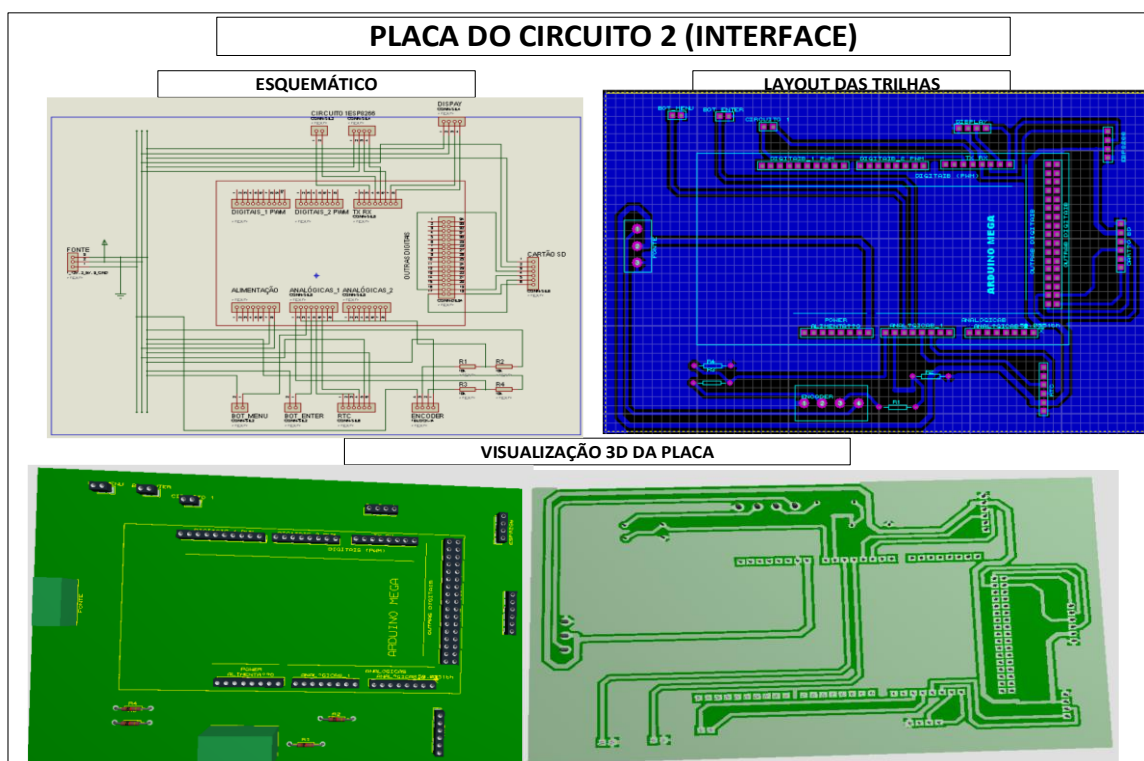


Figura 4 – Design da PCI do circuito 2

A PCI do circuito 2 executa as funcionalidades principais do sistema, visto que é por meio dela que as medições são efetuadas e enviadas para o servidor de dados. O circuito efetua as medições pelo encoder que fica localizado no pistão e transforma o giro do motor em medidas milimétricas conforme o avanço da parte móvel do pistão alcança a peça cilíndrica. Este circuito ainda conta com uma interface com dois botões de controle e um display LCD de 16x2 para que o operador possa interagir com a produção e determinar em que momentos do dia a produção se inicia e termina. Uma antena ESP8266 é responsável pelo envio dos dados armazenados para o servidor.

No quesito segurança dos dados, sabe-se que em indústrias de menor porte os serviços de rede ainda são muito precários, dado que na grande maioria das vezes estas contam apenas com uma rede wireless a qual pode apresentar falhas no envio de sinal. Por este motivo optou-se por gravar os dados das medições simultaneamente em um cartão SD e em endereços de memória EEPROM do microcontrolador, simultaneamente ao envio de dados, para caso ocorra perda de sinal *wireless* no sistema, os dados possam ser recuperados pelo operador e armazenados no servidor.

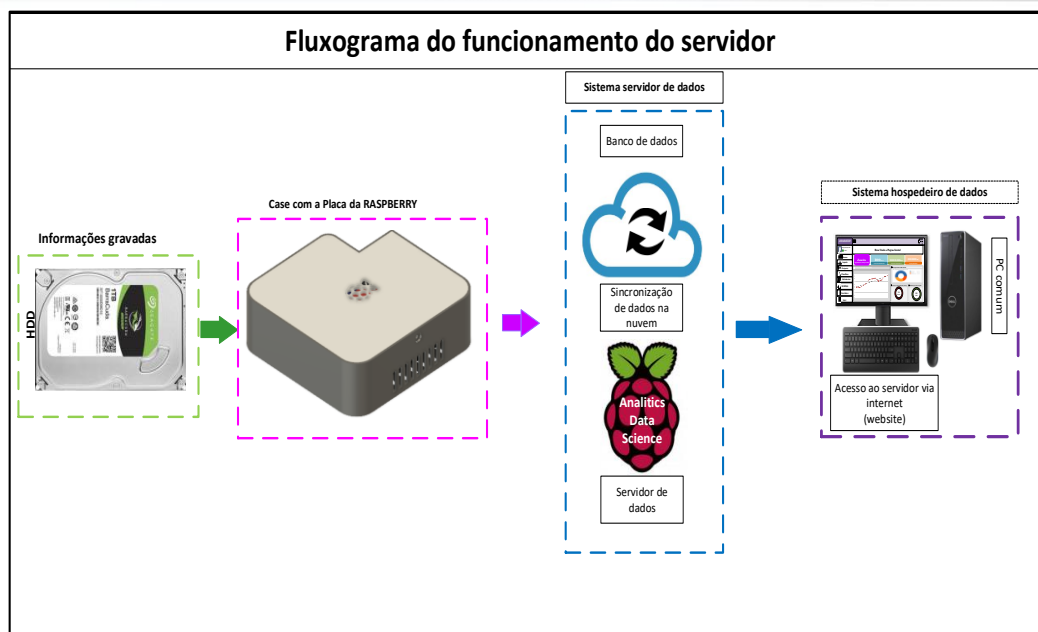


Figura 5 – Fluxograma do funcionamento do servidor

O servidor de dados, apresentado na figura 5, é composto de um microcomputador e um disco rígido HDD rodando um sistema LINUX com o pacote de banco de dados MySQL para armazenar os dados. Tal aparelho conecta-se ao sistema de medição através de um IP estático gerado pelo protótipo que conectará o mesmo com o servidor. Dentro do sistema operacional do servidor foram desenvolvidos algoritmos para a geração de gráficos e estratificação da produção, os quais podem ser acessados pelo site hospedeiro do sistema que estará disposto ao acessar remotamente a nuvem gerada pelo servidor.

## 5. Resultados esperados

O objetivo deste trabalho é apresentar uma alternativa acessível e eficaz para o gerenciamento de dados de um processo industrial de uma indústria regional, utilizando apenas componentes de baixo custo e de tecnologia aberta. O protótipo desenvolvido colabora com a popularização de sistemas de código aberto como uma alternativa para indústrias de pequeno porte, para que estas possam utilizar a um custo menor, tendências tecnológicas de mercado as quais já são realidade em indústrias de grande porte.

O desenvolvimento deste protótipo discute com alguns paradigmas presentes na automatização de processos industriais e na área de TI que defendem a necessidade de sistemas industriais complexos e elaborados para o gerenciamento de dados de processo e de produção, o que muitas vezes encarece os custos destas soluções e as tornam pouco atrativas para indústrias de menor porte, as quais mesmo necessitando de soluções modernas e inteligentes em seus processos relutam em implementá-las devido à falta de orçamento.

As possibilidades apresentadas utilizando sistemas de código aberto, popularmente conhecidos como “Open Source”, na concepção de desta proposta, viabilizam futuras aplicações em ambientes industriais, devido ao baixo custo e inúmeras possibilidades de configuração e programação, o que os tornam ideais para este tipo de projeto. Estes sistemas podem compor alternativas com uma maleabilidade sistemática na construção de seus códigos e até mesmo no *design* destas soluções, uma vez que podem se adaptar as necessidades da

empresa na qual o sistema será instalado.

Por fim, muitas vezes a ideia de se automatizar um processo gera a concepção de que um grande custo será necessário. Contudo na grande maioria das vezes o processo de automação não necessita de uma mudança de maquinários e no *layout* de equipamentos para que estes possam funcionar melhor com as novas tecnologias. Com as alternativas apresentadas neste trabalho é possível realizar a automação das partes mais importantes de um processo de produção, sem precisar de alterações e gastos significativos e obter resultados similares a soluções disponíveis no mercado.

## Referências

- AMIN, M. J.; RIZA, N. A.** Machine learning enhanced optical distance sensor. *Optics Communications*, v. 407, n. June 2017, p. 262–270, 2018.
- AUFAURE, M. et al.** *From Business Intelligence to semantic data stream management.* *Future Generation Computer Systems*, v. 63, p. 100–107, 2016.
- BALACHANDRAN, M.** *Challenges Deploying Challenges and and Benefits Benefits of of Deploying Big Data Data Analytics Analytics in in the the Cloud Cloud for for Business Business Intelligence Intelligence Big.* *Procedia Computer Science*, v. 112, p. 1112–1122, 2017.
- BRETTEL, M., FRIEDERICHSEN, N., KELLER, M. and ROSENBERG, M.** *How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective,* *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering* 8(1): 37-44, 2014
- CHANG, K. et al.** *ScienceDirect New Multifunctional Industrial Wireless Network Adapter Assessing the feasibility of using a demand-outdoor temperature.* *Energy Procedia*, v. 118, p. 95–103, 2017.
- FAROOQ, U. et al.** *Microprocessors and Microsystems Novel architectural space exploration environment for multi-FPGA based prototyping systems.* *Microprocessors and Microsystems*, v. 56, n. January 2017, p. 169–183, 2018.
- FLATH, C. M.; STEIN, N.** *Towards a data science toolbox for industrial analytics applications.* *Computers in Industry*, v. 94, p. 16–25, 2018.
- FRAMLING, K.; KUBLER, S.; BUDA, A.** *Universal Messaging Standards for the IoT From a Lifecycle Management Perspective.* *Internet of Things Journal, IEEE*, v. 1, n. 4, p. 319-327, 2014.
- GHOLAMI, M.; TABOUN, M. S.; BRENNAN, R. W.** *A Wireless Intelligent Network for Industrial Control.* *Procedia Manufacturing*, v. 11, n. June, p. 878–888, 2017.
- HASSANI, A.; AYACHI, S.** *A framework for Business Process Data Management based on Big A framework for Business Data Process Data Management based on Big Approach Data Approach.* *Procedia Computer Science*, v. 121, p. 740–747, 2017.
- KAGERMANN, H., WAHLSTER, W. and HELBIG, J.** *Recommendations for implementing the strategic initiative industry 4.0\_final report of the working group industry 4.0,* Office of the Industry-Science Research Alliance Secretariat of the Platform Industrie 4, 2013.
- KORTUEM, G., KAWSAR, F., SUNDRAMOORTHY, V. and FITTON, D.** *Smart objects as building blocks for the internet of things,* *IEEE Internet Computing* 14(1): 44-51, 2010.
- LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H.-A.** *A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems.* *Manufacturing Letters*, v. 3, n. 0, p. 18-23, 1// 2015.
- LIU, S.; TAN, Q.; ZHANG, Y.** *Shaft Diameter Measurement Using Structured Light Vision.* *Sensors (Basel, Switzerland)*, p. 19750–19767, 2015.
- MONTEIRO, T. C.** *Balanço energético do processamento mecânico de toras de eucalyptus.* Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2011.

**NANU, S. et al.** *Automation of a prototype for cutting , sorting and bundling of SRC crops for planting purposes.* Measurement, v. 95, p. 201–209, 2017.

**NEWMAN, R. et al.** *Model and experimental development for Business Data Science.* International Journal of Information Management, v. 36, n. 4, p. 607–617, 2016.

**PISCHING, M. A. et al.** *Service Composition in the Cloud-Based Manufacturing Focused on the Industry 4.0.* In: (Ed.). Technological Innovation for Cloud-Based Engineering Systems: Springer International Publishing, 2015. p.65-72. ISBN 3319167650.

**PODOLAK, I. et al.** *A machine learning approach to synchronization of automata R.* Expert Systems with Applications. v. 97, p. 357–371, 2018.

**QUEIROZ, D. V et al.** *Survey and systematic mapping of industrial Wireless Sensor Networks.* Journal of Network and Computer Applications, v. 97, n. September, p. 96–125, 2017.

**RANGEL, R. et al.** *ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE COMPRAS DE UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA EM BELÉM-PA. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.* Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Bras. Anais...2016

**SUN, Q. et al.** *Shaft diameter measurement using a digital image.* Optics and Lasers in Engineering, v. 55, p. 183–188, 2014.

**SYAM, N.; SHARMA, A.** *Waiting for a sales renaissance in the fourth industrial revolution : Machine learning and arti fi cial intelligence in sales research and practice.* Industrial Marketing Management, v. 69, n. January, p. 135–146, 2018.

**WALTER, A.; KARNOUSKOS, S.; LEITA, P.** *Computers in Industry Industrial automation based on cyber-physical systems technologies : Prototype implementations and challenges.* Computers in Industry, v. 81, p. 11–25, 2016.