

CONTROLE DE ESTOQUE ATRAVÉS DE PRATELEIRA AUTOMATIZADA UTILIZANDO O CONCEITO DA INTERNET DAS COISAS

Moacir Turella, Felipe Sampaio

moacir_t@hotmail.com, felipe.sampaio@farroupilha.ifrs.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
Campus Farroupilha
Farroupilha - RS - Brasil

***Abstract.** This work presents a proposal of a stock control system, called automated shelf, through a mechanism with microcontroller in according to Internet of things concept. The control process has as basic objective to inform the available quantity of each existing item in the company, whether raw material or merchandise. The methodology adopted is based on a microcontroller-controlled system that communicates directly with the main supplier, through a Web application, thus guaranteeing the necessary inventory.*

***Resumo.** Este trabalho traz uma proposta de um sistema de controle de estoque, chamado de prateleira automatizada, através de um mecanismo com microcontrolador utilizando o conceito de Internet das Coisas. O processo de controle tem como objetivo básico informar a quantidade disponível de cada item existente na empresa seja matéria-prima ou produto. A metodologia adotada é baseada em um sistema controlado por microcontrolador, que se comunica diretamente com o principal fornecedor por meio de uma aplicação Web, assim garantindo o estoque necessário.*

***Palavras-chave:** Controle de Estoque; Gestão; Sistema de gerenciamento; Internet das Coisas.*

1. Introdução

Ter o controle da entrada e estoque de matéria prima é uma função muito importante dentro de uma empresa. O bom andamento da produção está relacionado ao controle de estoque, pois sem matéria prima a linha de produção parar de produzir.

Uma das consequências da falta de controle está no fato de não ser possível checar se o consumo efetivo dos materiais se está de acordo com a sua real necessidade. Desta forma dificulta no momento da compra, onde é importante comprar somente a quantidade necessária para conseguir manter mais capital de giro no caixa da empresa. O estoque de alguns itens, por exemplo, pode estar superdimensionado, isso significa ter mais material em estoque do que o necessário para sua produção final, o que gera capital parado. Por outro lado, a falta de matéria prima no estoque, pode ter como consequência a parada na produção ou nas vendas, e a diminuição da produtividade. Considerando estas questões, verifica-se a necessidade de um controle constante da

quantidade de produtos em estoque, de forma a otimizar os fluxos de compra da empresa, minimizando as perdas e aumentando a produtividade da mesma.

Quando o controle de estoque fica somente na mão dos colaboradores da empresa, abre uma brecha para falhas, além de lhes tomar um tempo que poderia ser direcionado a outras tarefas. Direcionando esta tarefa diretamente aos fornecedores, é possível delegar funções a terceiros que conhecem mais sobre o produto e que tem como prática do seu dia a dia controlar estoques. Além disso, a informatização deste controle também é um aspecto extremamente importante, uma vez que os fornecedores poderão ter acesso às informações de forma mais rápida e direta. Nesta perspectiva, o uso de novas tecnologias para auxiliar nesta tarefa de controle de estoque tem o potencial de otimizar e facilitar este processo.

Uma tendência tecnológica que se adapta a esta problemática é a Internet das Coisas (DE LUCA, 2017), visto que se refere à possibilidade de se ter processamento embarcado e conexão com a rede em qualquer objeto. Considerando o contexto deste trabalho, a Internet das Coisas pode possibilitar o acesso remoto de fornecedores aos 'objetos' onde os insumos fornecidos pelo mesmo estão armazenados.

Um tipo de sistema que já existe no mercado para o controle de estoque utiliza a tecnologia *Radio Frequency Identification* (RFID) (GONSALES, 2017). Este sistema funciona através de chips RFID, os quais são fixados juntamente com a mercadoria e possuem uma identificação única. Através de um leitor é possível rapidamente identificar todo o estoque presente na empresa. Os sistemas baseados em etiquetas do tipo RFID são mais apropriados para o controle e rastreabilidade de insumos de grande porte. Para insumos de menor porte, como parafusos, se torna inviável o uso deste tipo de tecnologia. O presente trabalho explora o controle de insumos de pequeno porte que são estocados de forma agrupada em prateleiras em um almoxarifado.

Outro tipo de sistema que é menos comum consiste em instalar uma câmera de acesso remoto, focando nos locais onde os insumos são armazenados. Desta forma, é possível visualmente identificar quando o estoque está chegando ao final (AVANTIA, 2019). Sistemas de controle de estoque por câmeras possuem desvantagens em relação ao custo para implementação e para a aquisição de componentes. Para tornar este tipo de sistema autônomo na detecção do nível dos estoques, o processamento das imagens obtidas pelas câmeras acarreta no uso de plataformas de processamento mais poderosas, consequentemente mais onerosas financeiramente. O presente trabalho aposta no uso de sensores e de plataformas de desenvolvimento de baixo custo, tornando a implantação do sistema viável mesmo para empresas de pequeno porte.

Considerando o que foi discutido anteriormente, o objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de controle automatizado de estoque de baixo custo e de fácil implantação, que tenha a capacidade de verificar periodicamente o nível de estoque de um determinado componente, garantindo assim a reposição adequada ao estoque e o fluxo de produção de determinada linha de montagem.

O sistema desenvolvido, chamado de prateleira automatizada, é composto por uma estrutura metálica, onde os componentes ficam armazenados. A prateleira possui sensores de carga que medem continuamente o peso dos componentes armazenados. Um microcontrolador é responsável por ler as informações dos sensores de carga e prover uma interface Web para a visualização do estoque de cada insumo. Uma

aplicação Web central possibilita o acesso remoto do fornecedor ao estoque de cada um dos produtos armazenados. O fornecedor, por sua vez, tendo a informação atualizada sobre a quantidade no estoque, pode fazer o trabalho de reposição. A proposta deste sistema é controlar o estoque de pequenos componentes, mas sem a necessidade de monitorá-los individualmente. Por exemplo, em uma empresa que monta máquinas, é possível controlar o estoque de parafusos, onde são usados centenas dos mesmos diariamente, mas sem a necessidade de monitorar cada parafuso individualmente. As estruturas física e lógica da prateleira foram organizadas em módulos (andares), os quais podem ser facilmente acoplados, provendo fácil escalabilidade ao projeto. A relação entre cliente fornecedor pode ser aberta, mas uma forma de aproveitar bem esta relação seria quando o próprio fornecedor faz este controle e mantém o estoque na prateleira e a empresa só pagaria pelo que usa do estoque.

2. Referencial Teórico

Esta seção apresenta os conceitos fundamentais envolvidos neste trabalho. Inicialmente, definições importantes sobre controle de estoque, bem como a importância e os principais objetivos deste gerenciamento serão apresentados. Além disso, o conceito de Internet das Coisas será discutido, visto que este trabalho se relaciona de forma direta com esta tendência tecnológica.

2.1. Controle de Estoque

Estoque é toda e qualquer quantidade de mercadorias ou bens armazenados, com características próprias e que atende às necessidades da empresa de acordo com seu ramo de atividade (MOURA, 2004).

Aumentar os conhecimentos em relação ao conceito de estoque e suas classificações é uma etapa fundamental para promover uma administração bem sucedida de seus produtos armazenados e garantir assim o sucesso da empresa. Nesse sentido, optar por informatizar o processo não só facilita o gerenciamento e rastreamento dos itens como também aumenta a acuracidade das informações, contribuindo para um controle mais confiável de seu estoque (MOURA, 2004).

Acuracidade do estoque é um indicador de qualidade e confiabilidade de informações constantes nos sistemas de controle e gestão de estoques em relação à existência física dos produtos controlados. Quando essa informação está incoerente com o saldo real, diz-se então, que este estoque não é confiável, logo não possui acuracidade (MOURA, 2004).

Essa falta de confiabilidade afeta os diversos níveis da organização, desde a gerência até o chão de fábrica, e pode levar a decisões equivocadas por parte de seus gestores relacionadas a área de planejamento e controle de estoques, podendo ocasionar até mesmo a falta do produto para o cliente (MOURA, 2004).

Seguindo nesse contexto, a chegada da globalização trouxe consigo uma competitividade extremamente perversa, exigindo das empresas maior criatividade para prosperar no mercado. Com isso, as empresas estão buscando minimizar cada vez mais seus custos operacionais, trabalhando com menores investimentos em ativo circulante e com estoques cada vez mais enxutos (DIAS, 2010).

Essa mudança de paradigma vem se tornando um verdadeiro desafio para os gestores, justificando a necessidade de se ter um extremo cuidado com as informações relativas ao estoque, para que os saldos exibidos através de seus sistemas estejam em perfeita sintonia com os saldos físicos existentes nos depósitos (DIAS, 2010).

2.1.1. A Importância dos Estoques

Geralmente, os estoques representam um dos investimentos mais elevados no que tange a estrutura de capital de giro de uma empresa. Em função disso, o estoque é talvez a parte mais importante no contexto geral da organização. Portanto, quando o empresário for realizar as compras para suprir a necessidade de sua empresa, é necessário que se faça uma análise criteriosa de compra, para evitar que o entusiasmo do momento não vire problemas no futuro (BALLOU, 2006).

Nesse ponto de vista, o empresário deve estar atento à realidade de sua empresa e procurar trabalhar com a quantidade de estoque que mais se adequa à necessidade dela. Em função dessa importância e empenhado em garantir a rentabilidade do capital aplicado, é necessário que se estabeleça níveis de estoque para cada item. Isso ajuda a evitar o investimento desnecessário, mantendo o fluxo normal das transações relativas ao estoque (BALLOU, 2006).

Garantir a velocidade na reposição do estoque é maximizar a capacidade de previsão na demanda, visando garantir a satisfação do cliente com disponibilidade suficiente de produtos na loja, evitando sempre o acúmulo de produtos que podem resultar em consequências negativas como custos indevidos para manutenção e armazenagem dos mesmos (DIAS, 2010).

2.1.2. Custos dos Estoques

O estoque é indispensável para ter um bom funcionamento no processo de fabricação na produção e nas vendas, porém ele tem um custo. Custo esse que se divide em vários componentes e, podendo impactar em várias áreas da empresa. Por exemplo, na área financeira os estoques são considerados capital imobilizado na forma de materiais (MOURA, 2004).

Por outro lado, se ter estoque acaba se tornando uma vantagem no ponto de visto de consumo, assim terá uma garantia que não perderá vendas ou clientes por falta de produtos. Na área da produção também se torna necessário ter estoques de materiais para fabricação de produtos, mesmo que esse estoque seja pequeno, mas que sirva para suprir situações inesperadas (GONÇALVES, 2010).

Por outro lado, a armazenagem de produtos nos estoques também gera custos como ter espaço físico, condições apropriadas de armazenagem, movimentações internas, perdas e extravios (DIAS, 2010).

Existem contradições em adquirir estoques: de um lado, argumentam a necessidade quanto a existência de estoques de matéria-prima destinada à produção e de produtos acabados; por outro lado, existem argumentos que jugam desnecessário a existência dos mesmos. A justificativa no setor de vendas é que precisa ter um alto nível de estoque para atender aos clientes na quantidade certa no tempo necessário. Já no

setor de armazenagem, o desejo é a redução dos estoques, assim o espaço físico seria menor e com isso o custo em manter um estoque diminuiria (GONÇALVES, 2010).

No setor de compras, há o desejo em grandes aquisições de materiais, justificando que assim teria um maior ganho nas negociações com os fornecedores. Só que o setor financeiro defende que o melhor é diminuir os estoques, com isso diminuiria os custos e assim a empresa não correria o risco de ter que captar recursos no mercado para pagar suas dívidas (GONÇALVES, 2010).

Para produção obter grandes estoques significa evitar paralisações na linha de produção, permitindo, assim, produzir em grandes escalas. Na controladoria, o pensamento é que com grandes estoques aumentaria o risco de perdas, o congestionamento nas linhas de produção e os custos de armazenagem e movimentação (GONÇALVES, 2010).

2.1.3. Objetivos dos Estoques

Estabelecer os níveis de armazenamento de mercadorias e definir sua localização, é apenas parte do problema a ser resolvido. Para tornar o objetivo mais amplo e transparente devem-se incluir o custo do pedido e o custo de manutenção desse estoque, visando assim encontrar um plano de suprimento que diminua o máximo possível o custo total (DIAS, 2010).

Pode-se ter como exemplo a seguinte situação: Quanto maior for a quantidade estocada, maiores serão os custos para manter esse estoque e quanto maior o estoque, maior será também o custo de sua manutenção. Em contrapartida, os custos administrativos poderão ser menores em caso de solicitações de compra com maiores quantidades (MOURA, 2004).

2.2. Internet das Coisas

Internet das Coisas é o modo como os objetos físicos estão conectados e se comunicando entre si e com o usuário, através de sensores inteligentes e softwares que transmitem dados para uma rede. Como se fosse um grande sistema nervoso que possibilita a troca de informações entre dois ou mais pontos. O resultado disso é um planeta mais inteligente e responsivo.

Desde um relógio ou uma geladeira, até carros, máquinas, computadores e smartphones. Com o avanço da tecnologia de fabricação dos elementos de processamento embarcados, qualquer utensílio pode, teoricamente, entrar para o mundo da Internet das Coisas. Esta interação entre os objetos traz ao usuário um maior conforto, produtividade, informação e praticidade em geral, e seus usos podem abranger monitoramento de saúde, fornecimento de informação em tempo real sobre o trânsito da cidade ou o número de vagas disponíveis em um estacionamento e em que direção elas estão, até recomendação de atividades, lembretes, ou conteúdo em seus dispositivos conectados (SANCHES, 2018).

Coisas do cotidiano se tornam inteligentes e têm suas funções ampliadas por cruzamento de dados. É o que acontece quando um assistente virtual cruza dados dos seus dispositivos conectados para te informar, mesmo que você não tenha pedido.

O assistente conhece sua rotina, e dado o horário, dia da semana, sua localização por GPS conexão (ou não) ao Wi-fi de casa, a conexão ao *bluetooth* do carro no momento específico, e ao fato de que esse cenário se repetiu muitas vezes, ele aprendeu que é muito provável que você esteja indo para o trabalho de carro e te informa quanto tempo você vai demorar para fazê-lo (PROOF, 2019).

Neste trabalho o conceito de internet das coisas é explorado de tal forma que, os sensores que medem constantemente a quantidade de componentes no estoque, estão conectados a um microcontrolador. Este, por sua vez, possui acesso à internet por meio de uma conexão sem fio e permite o acesso dos dados em qualquer lugar do mundo.

3. Metodologia

Esta seção apresenta as metodologias utilizadas para a implementação do sistema, desde as ferramentas de software, linguagens de programação, até componentes eletrônicos e as interconexões entre eles. Para a parte mecânica foi utilizado um ambiente de software para projeto e design da prateleira proposta por este trabalho. Na parte eletrônica, microcontroladores, módulos e células de carga foram utilizados, para garantir o sistema de medição de peso. A interação do usuário com a prateleira automatizada é dada por uma aplicação Web, com linguagens específicas.

Para o desenvolvimento do projeto mecânico foi utilizada a ferramenta Solidworks (SOLIDWORKS CORPORATION, 2019). Através dele foi possível realizar o dimensionamento, estruturação e design do produto físico. Esta etapa foi fundamental para definir a estruturação mecânica da prateleira, sua organização e o design do produto final. A prateleira pode ser utilizada individualmente (único módulo), possibilitando que ela fique muito próxima do funcionário, podendo ficar até mesmo em sua bancada. Contudo, o projeto mecânico permite o acoplamento para montagem de vários módulos, possibilitando a economia de espaço dentro da fábrica. Os resultado final do projeto mecânico realizado pode ser encontrado na Seção 4.1.

O gerenciamento lógico do sistema embarcado é realizado por microcontroladores ESP8266 NodeMCU, o qual possui conexão à internet utilizando o padrão IEEE 802.11 (conexão sem fio – WiFi). Este microcontrolador é conectado a sensores de peso, por meio de uma placa conversora HX711 que serve para amplificar o sinal dos sensores e permitir que os dados possam ser lidos de forma satisfatória pelo microcontrolador. O microcontrolador, por sua vez, faz a análise dos valores lidos e os disponibiliza através de uma aplicação Web (protocolo HTTP). Desta forma, o fornecedor pode visualizar a situação do estoque através de um acesso remoto pela internet por meio de diferentes dispositivos clientes: computador Desktop, dispositivos móveis como *tablets* e *smartphones*. Todo este conjunto garante o controle do estoque através da análise do peso de cada grupo de insumos.

O **ESP8266 NodeMCU** é um microchip Wi-Fi de baixo custo com pilha TCP/IP completa e capacidade de microcontrolador produzido pela fabricante chinesa Espressif Systems, de Xangai (EINSTRONIC, 2017). O módulo WiFi ESP8266 possui internamente um microcontrolador de 32bits, rodando a 80MHz e memória para cache, o que melhora a performance dos sistemas/circuitos reduzindo a necessidade de grande quantidade de memória dos microcontroladores. A Figura 1 apresenta a imagem do componente. Neste módulo estão disponíveis 16 pinos de entrada e saída para uso em

aplicações em geral (*General Purpose Input/Output* - GPIO) que podem ser usados para controlar dispositivos externos diretamente pelo módulo (Pinos GPIO0 até GPIO15 na Figura 1).

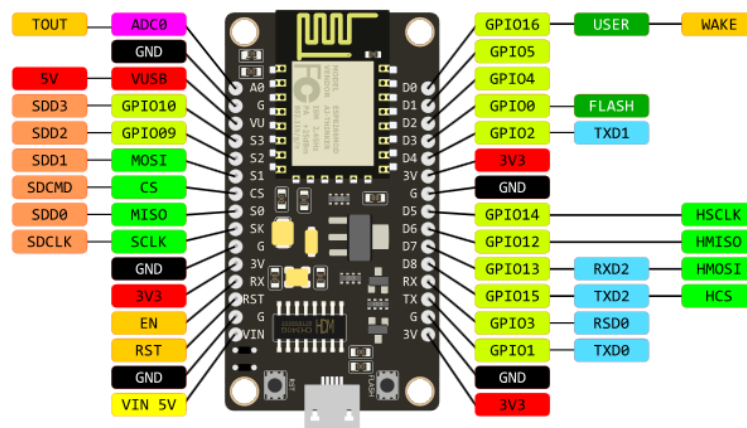


Figura 1. Microcontrolador ESP8266 NodeMCU.

De forma a viabilizar a comunicação do sinal lido pelos sensores para uma leitura apropriada por parte do microcontrolador, o **Módulo Conversor HX711** (AVIA SEMICONDUCTOR, 2019) foi utilizado. Sua principal finalidade é a de realizar a conversão das alterações de valor da resistência dos sensores de uma balança em dados digitais, por meio do circuito conversor analógico-digital (*analog-digital converter* – ADC) de 24-bit. Além disso, como os sensores de peso instalados nas balanças não oferecem dados com grande precisão é necessário o uso de um conversor HX711, que também funciona como um amplificador de sinal para oferecer dados mais exatos. Seu princípio de funcionamento se baseia na conversão das mudanças medidas em alteração do valor de resistência, através do circuito de conversão em potência elétrica. Para comunicação com o computador utiliza o padrão TTL 232.

Os sensores utilizados para a pesagem dos insumos são as **Células de Carga**, a qual suporta medições de até 50 Kg. Este é um sensor de carga de meia-ponte, muito utilizado em balanças. Quando a meia-ponte é esticada, ela envia um sinal através de um de seus terminais. É possível a utilização de vários sensores de carga simultaneamente para aumentar a capacidade. Ilustrações do módulo conversor HX711 e das células de carga utilizadas neste trabalho podem ser visualizadas juntamente com a descrição do protótipo desenvolvido (Seção 4.2).

As rotinas para coleta dos dados oriundos dos sensores, bem como a organização dos mesmos e disponibilização de uma aplicação Web para a visualização por parte dos fornecedores, são executadas pelos microcontroladores. Foi utilizada a linguagem de programação C/C++, tendo como ambiente de desenvolvimento a ferramenta Arduino IDE (ARDUINO, 2019).

As bibliotecas importadas no desenvolvimento das rotinas executadas pelos dos microcontroladores foram: `ESP8266WiFi.h`, utilizada para que toda a parte de conexão WIFI funcionasse perfeitamente (GROKHOTKOV, 2017), e `HX711.h`, sendo usada para garantir toda a parte de conversação entre o módulo dos sensores de carga e o microcontrolador (RUSSEL, 2015).

A aplicação Web foi desenvolvida utilizando as linguagens HTML e CSS. A interface provida pela aplicação é utilizada para o gerenciamento acessível por diferentes dispositivos, sendo possível verificar os dados atualizados do estoque. Pensando na usabilidade da aplicação a partir de dispositivos móveis (como *tablets* e *smartphones*), o layout da aplicação foi desenvolvido de modo a prover responsividade aos diferentes tamanho da tela dos dispositivos. A interface da aplicação é de essencial importância para garantir que o fornecedor receba as informações de forma simples e de fácil interpretação. Através de seu dispositivo móvel, por exemplo, ele poderá identificar a situação real do estoque de seu cliente e tomar decisões através destas informações.

4. Desenvolvimento do Sistema

Esta seção apresenta o resultado do desenvolvimento do sistema, o qual envolve: **projeto mecânico da prateleira (Seção 4.1)**, o qual envolve o layout de cada um dos módulos individuais e o acoplamento dos mesmos para o suporte a um maior número de insumos; **construção do protótipo embarcado (Seção 4.2)**, detalhando como foi desenvolvido, destacando as ligações realizadas entre os diferentes componentes; **implementação da aplicação web descentralizada (Seção 4.3)**, a qual se baseia em um servidor Web (gerenciador central) que provê uma interface para o acesso aos diferentes módulos da prateleira.

A Figura 2 apresenta o diagrama geral da prateleira automatizada desenvolvida neste trabalho. É possível observar a organização dos módulos individuais, como estão distribuídos os sensores de carga (SC na Figura 2), juntamente com os conversores ADC, microcontroladores, sistema gerenciador e interface Web. Neste diagrama também é possível observar o funcionamento do sistema quando mais de um módulo é acoplado, compondo uma prateleira que suporta mais tipos de insumos. Os sensores de carga medem o peso dos componentes de cada caixa, transmitem a informação ao modulo conversor HX711, que converte os valores para que o microcontrolador ESP8266 NodeMCU consiga receber e interpretar estas informações. Outro aspecto importante é a organização descentralizada da aplicação Web dentro do sistema desenvolvido. O gerenciador central é responsável por prover o acesso inicial da aplicação, enquanto que cada microcontrolador hospedará uma interface para a visualização do estoque de cada insumo presente nas caixas de seu módulo individual.

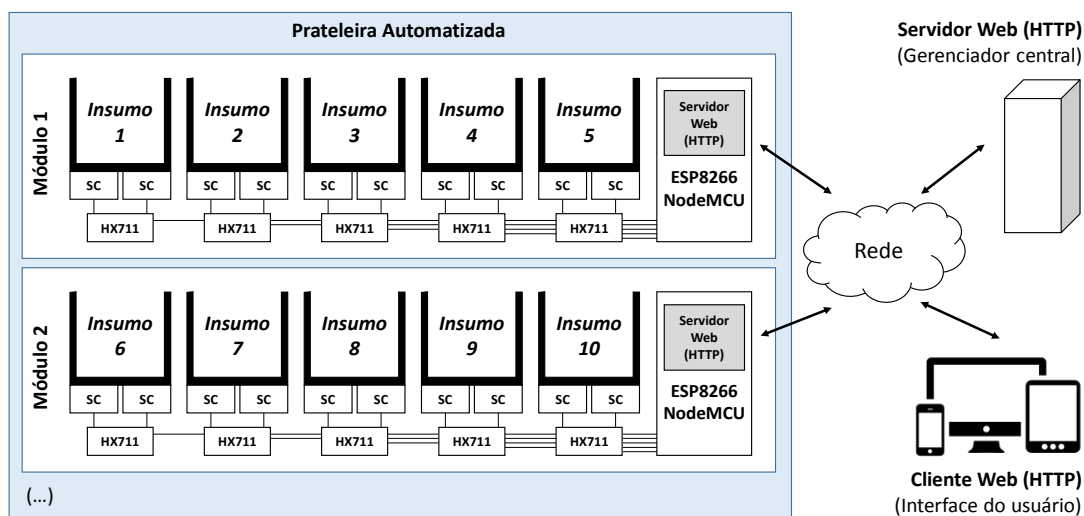


Figura 2. Diagrama geral da prateleira automatizada desenvolvida neste trabalho.

4.1. Desenvolvimento do Projeto Mecânico

O sistema mecânico consiste em uma prateleira com várias caixas, conforme apresentado na Figura 3, onde é possível estocar um determinado insumo. Cada caixa possui identificado o tipo de insumo que se estoca ali, sendo constituída por uma estrutura robusta. Na parte de baixo de cada caixa estão localizados os dois sensores de peso que irão controlar a quantidade de insumos. Sua estrutura é basicamente de tubos de Aço 1020, Chapas de Aços 1020, e caixas de plástico acopladas. É possível também observar que na Figura 3a é apresentada a estrutura de um módulo individual, o qual pode ser colocado inclusive sobre a bancada do próprio montador ou, até mesmo, na linha de montagem.



(a)



(b)

Figura 3. Imagem da estrutura mecânica (a) do módulo individual e (b) da prateleira com múltiplos módulos acoplados.

Na Figura 3b tem-se a estrutura completa da prateleira desenvolvida neste trabalho com diferentes módulos individuais acoplados um sobre o outro, explorando o aproveitamento do espaço na altura da fábrica. Com esta opção de acoplamento de módulos é possível criar um ponto de estoque para grandes quantidades e variedades de materiais em um único ponto da fábrica, ou seja, manter os materiais estocados em uma única localização aproveitando o espaço da altura da fábrica. Ao contrário do módulo individual, que visa manter certos materiais muito próximos ao montador, evitando assim que ele se desloque até o estoque principal.

4.2. Desenvolvimento do Protótipo Embarcado

A Figura 4 mostra o esquema de ligação entre os sensores de carga, os módulos conversores e o microcontrolador. Este esquemático simboliza a ligação de uma das caixas do módulo individual (que irá estocar um determinado tipo de insumo). Desta forma, os componentes e as interconexões representados neste esquemático devem ser repetidos para cada caixa dentro do módulo individual da prateleira.

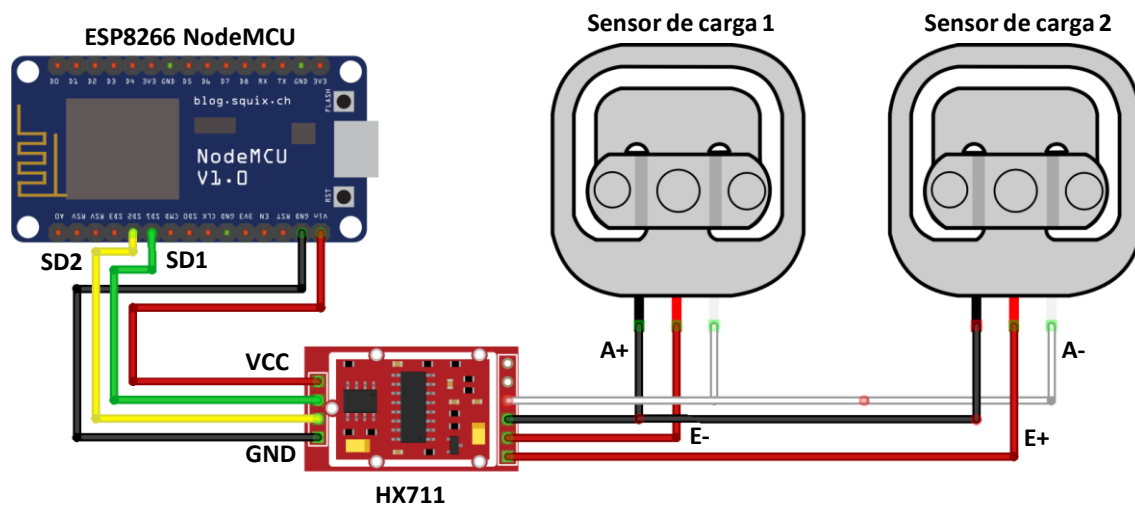


Figura 4. Ligações do módulo conversor HX711 aos dois sensores de carga, além das conexões com o controlador ESP 8266 NodeMCU.

O módulo conversor HX711 é responsável pela interface entre os sensores de carga e o microcontrolador NodeMCU. Na Tabela 1 estão descritas as funções de cada um dos pinos utilizados do conversor HX711.

Tabela 1– Lista com os pinos utilizados do conversor HX711.

Ligação/Pino	Descrição
E+	pino de alimentação da célula
E-	pino de alimentação da célula
A+	signal de saída da célula de carga

A-	sinal de saída da célula de carga
VCC	alimentação positiva
GND	alimentação negativa
DOUT	comunicação digital com o módulo NodeMCU
SCK	comunicação digital com o módulo NodeMCU

Importante destacar que, para a ligação dos sensores de carga representada no esquemático da Figura 5, foram utilizados dois pinos de entrada e saída do microcontrolador: os pinos SD1 e SD2. A prateleira automatizada desenvolvida neste trabalho considera que cinco diferentes módulos conversores HX711 podem ser considerados de forma simultânea em um mesmo microcontrolador. Para cada conversor, dois sensores de carga são acoplados, permitindo a medição de até 100Kg para cada insumo monitorado. Para a ligação dos outros quatro módulos HX711, os seguintes pares de pinos podem ser utilizados (ver os pinos de GPIO do microcontrolador NodeMCU apresentados na Figura 1): D0 (GPIO16) e D1 (GPIO5); D2 (GPIO4) e D3 (GPIO0); D4 (GPIO2) e D5 (GPIO14); e D6 (GPIO12) e D7 (GPIO13).

Após as definições da estrutura mecânica da prateleira e das ligações entre os componentes eletrônicos, bem como após a implementação das rotinas para coleta dos pesos de cada par de células de carga, foi construído um protótipo físico para demonstração do funcionamento da prateleira.

O protótipo foi planejado para simular dois módulos de prateleira: o Módulo 1 contendo duas caixas habilitadas e o Módulo 2 contendo apenas uma caixa habilitada. A Figura 5 mostra uma vista superior do protótipo, onde é possível visualizar a parte de componentes eletrônicos à esquerda e 3 morsas mecânicas à direita.

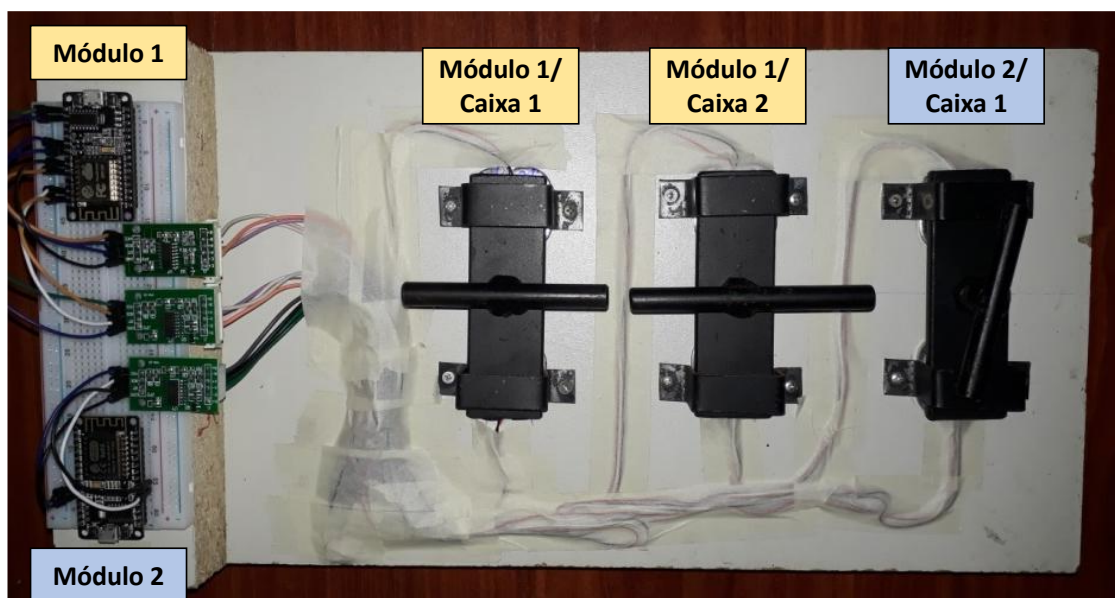


Figura 5. Protótipo físico construído para demonstração do funcionamento da prateleira automatizada simulando o uso de dois módulos individuais.

A Figura 6 destaca o conjunto de morsas sobre os sensores. Este sistema de morsas permite aplicar uma pressão nos sensores, simulando o peso dos componentes, e assim verificar o funcionamento. É possível regular a pressão das morsas manualmente e, dessa forma simular, mais ou menos carga conforme a necessidade.



Figura 6. Sistema de morsas projetado para a aplicação controlada de pressões sobre os sensores de carga.

4.3. Desenvolvimento da Aplicação Web

Uma aplicação Web foi desenvolvida para que os fornecedores possam consultar os níveis de estoque de cada insumo, armazenado nas diferentes caixas dentro de cada módulo da prateleira. A interface inicial da aplicação, acessada a partir do servidor Web central, é apresentada na Figura 7. Esta interface organiza cada módulo individual instalado na prateleira na tela, proporcionando links que irão direcionar o usuário para o detalhamento dos estoques de cada um dos módulos.

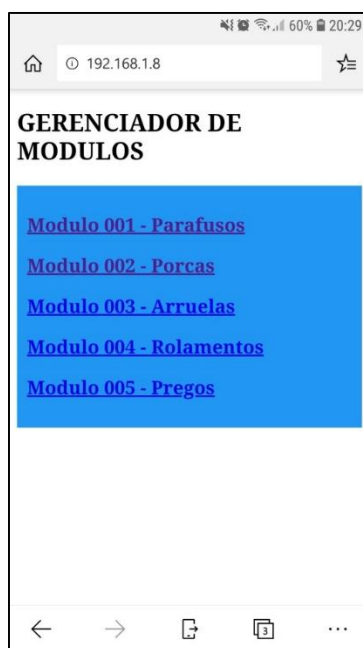


Figura 7. Interface do Gerenciador de Módulos.

Como decisão de projeto, esta interface Web inicial do gerenciador central dos módulos será hospedada em um servidor físico. Esta definição garante maior confiabilidade no acesso inicial da aplicação Web que gerencia os diferentes módulos da prateleira desenvolvida.

A interface Web responsável pelo detalhamento da quantidade em estoque de cada tipo de insumo pode ser observada na Figura 8. Para cada caixa presente no módulo individual da prateleira, é apresentada uma descrição com o tipo de insumo que é armazenado, bem como o estoque atual. É possível realizar a atualização das medições a partir do botão “Atualizar” presente na parte superior da interface. Juntamente com a quantidade em estoque de cada caixa, o sistema emite um alerta quando o estoque está baixo (destaques em vermelho na Figura 8), ressaltando a importância da reposição daquele determinado insumo.



(a) Layout vertical



(b) Layout horizontal

Figura 8. Interface da aplicação Web desenvolvida para a visualização do estoque dos insumo de cada módulo individual da prateleira.

Importante ressaltar também as especificações de layout realizadas no desenvolvimento da interface Web que dizem respeito à responsividade na exibição das informações. É possível observar esta adaptabilidade às dimensões da tela a partir do layout vertical (Figura 8a), o qual provê melhor usabilidade para dispositivos com visualização no formato retrato; e do layout horizontal (Figura 8b), proporcionando uma organização melhor dos elementos da página quando visualizada a partir telas retangulares no formato paisagem.

5. Conclusões

O objetivo deste trabalho era a reposição de insumos através de controle de estoque automatizado, ou seja, como controlar seu estoque para manter um bom nível, não comprando em excesso e nem parando a produção por falta do mesmo.

Para isso foi criado um projeto integrando toda parte de mecânica, eletrônica e informática. Para realizar testes foi criado um protótipo de simulação com um mecanismo em escala menor.

Através do protótipo é possível simular a adição e remoção de pesos que atuam diretamente sobre os sensores. Assim foi possível perceber que o sistema respondeu de forma positiva, validando o projeto como um todo e seu funcionamento.

Verificando o resultado do teste do protótipo é possível concluir que o sistema atende de forma satisfatória necessidade, conseguindo controlar o nível de estoque necessário para manter o trabalho diário, sem falta nem excesso de insumos assim como

garantindo a comunicação direta e automatizada com o fornecedor. Tendo assim potencial para trabalhos futuros onde poderá ser otimizado com mais funcionalidades.

Se tratando de custos, os gastos com componentes eletrônicos ficam em torno de R\$ 163,00 reais por módulo. Já para a parte de estrutura mecânica, por se tratar de materiais de alta resistência e durabilidade, o custo seria em torno de R\$ 4.500,00 reais por módulo. Este custo pode ser bastante reduzido caso não haja uma demanda pelo estoque de componentes pesados, podendo, assim, ser construído com materiais de menor resistência.

6. Referencias

ARDUINO. **Arduino - Software.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

AVANTIA. **Além da segurança: 4 novas maneiras de utilizar câmeras na sua fábrica.** Disponível em: <<http://www.grupoavantia.com.br/1932-2/>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

AVIA SEMICONDUCTOR. **HX711: 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales.** Disponível em: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf>. 2015.

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

LUCA, C. **É hora de pensar na IoT como ferramenta para aumento da produtividade.** CIO. 19 mar. 2018/. Disponível em: <<https://cio.com.br/e-hora-de-pensar-na-IoT-como-ferramenta-para-aumento-da-productividade/>>.

DIAS, Marco A.P. **Administração de Materiais: uma abordagem logística.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

EINSTRONIC. **Introduction to NodeMCU ESP8266 (devkit v1.0).** Disponível em: <<https://einstronic.com/wp-content/uploads/2017/06/NodeMCU-ESP8266-ESP-12E-Catalogue.pdf>>. jul. 2017.

GIL, Antonio, Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GONÇALVES, Paulo, Sergio. **Administração de materiais: 3 ed.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

GONSALES, Samuel. **Por que etiquetas inteligentes RFID estão revolucionando a gestão de estoques?** Disponível em: <<https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/etiquetas-rfid-revolucionando-gestao-estoques/>>. 23 mar. 2017.

GROKHOTKOV, Ivan. **ESP8266WiFi library: ESP8266 Arduino Core 2.5.2-27-g9f03bbb documentation.** 2017. Disponível em: <<https://arduino-esp8266.readthedocs.io/en/latest/esp8266wifi/readme.html>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

MARTINS, Petrônio G; CAMPOS, Renato, Paulo. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. 3. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 2009.

MOURA, Cassia. **Gestão de estoques**: ação e monitoramento na cadeia de logística integrada. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2004.

PROOF. **Internet das Coisas**: Um Desenho do Futuro. Disponível em: <<https://www.proof.com.br/blog/internet-das-coisas/>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

RUSSEL, S. **Queuetue HX711 Library**: Arduino Libraries. 24 dez. 2015. Disponível em: <<https://www.arduinolibraries.info/libraries/queuetue-hx711-library>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

SANCHES, Walter. **Indústria 4.0 e IoT**: uma transformação muito mais do que digital. CIO. 28 mar. 2018. Disponível em: <<https://cio.com.br/industria-4-0-e-iot-uma-transformacao-muito-mais-do-que-digital/>>.

SERAPIONI, Mauro. Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração. **Ciência e saúde coletiva**, v. 5, n.1, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232000000100016>.

SOLIDWORKS CORPORATION. **Software de projeto CAD 3D**. Disponível em: <<https://www.solidworks.com/pt-br>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

WANKE, Peter. **Gestão de estoques na cadeia de suprimento**: decisões e modelos quantitativos 3 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

VIANA, João José. **Administração de materiais**: um estoque prático. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2002.