

SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO DA HORTA IOT MAUÁ

Matheus Camargo Teixeira ¹; Alessandra Dutra Coelho ²; Wânderson de Oliveira Assis ²;
Fernando de Almeida Martins ³

¹ Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM-CEUN-IMT);

² Professor da Escola de Engenharia Mauá (EEM-CEUN-IMT);

³ Engenheiro do Centro de Pesquisas (CP-CEUN-IMT).

Resumo. *Este trabalho visa em estudar o monitoramento e o comportamento da soja em uma plantação a fim de desenvolver tecnologias que possibilitem o cultivo otimizado da mesma, além de documentar e produzir, de forma didática, informações e dados gerados por sensores que produzirão uma interface gráfica para melhor entendimento de um problema ou rendimento da plantação. Para a definição das tecnologias de monitoramento foi necessário estudar as fases de desenvolvimento da soja, a fim de analisar quais parâmetros são importantes a se controlar, dando ênfase no controle de umidade do solo. Para a interface gráfica, foi necessário coletar e estudar os dados dos sensores da plantação os quais são enviados utilizando a tecnologia LoRaWAN e o protocolo MQTT, passando por um processo de filtração e por fim, visualização da informação desejada.*

Introdução

Com a Quarta Revolução Industrial, a disponibilidade e acessibilidade de tecnologias para o desenvolvimento e automação de diversos processos diários se tornou algo essencial para a indústria dinâmica atual. Com isso, essas tecnologias se tornaram primordiais para o desenvolvimento humano - entre elas, principalmente, a indústria agrônômica.

A agronomia é um dos principais alvos do avanço tecnológico, sobretudo para a dilatação dos meios de produção e da qualidade dos recursos plantados. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a utilização dessas tecnologias para a agricultura de precisão possibilitou um crescimento de 123% da produção de soja entre os anos de 2017 e 2006, cerca de 3,4 toneladas a mais, que representa 30% da produção de 2006. É evidente que tais estudos são prioridades para essa área, entretanto, ainda há espaço para diversos aprendizados e aprimoramentos a serem feitos nesse campo, principalmente quanto ao seu fator de sustentabilidade e otimização de água para um uso mais preciso e sob demanda para a plantação.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Fundo das Nações Unidas para Agropecuária (FAO), 81% da água utilizada no Brasil é destinada à produção agrícola e pecuária, e aproximadamente, metade desse montante é jogado fora. Um dos motivos se trata do controle pouco preciso do recurso hídrico em lavouras e plantações, que utiliza uma quantidade fixa de água para toda a plantação. Isto gera um problema pois, como há diversas variáveis que controlam o rendimento e as necessidades de cada planta, muitas vezes a quantidade hídrica utilizada não acaba não sendo a ideal ou mais sustentável.

Além das tecnologias presentes para a observação da plantação, é necessário discutir também sobre o planejamento necessário para uma visualização prática e rápida dos dados coletados. Em meio a quantidade de informações produzidas, o estudo da ciência dos dados analisa métodos de filtragem de dados, mostrando apenas aquilo que desejamos e consideramos serem úteis para a interpretação do problema estudado. Uma prática muito utilizada são as criações de *dashboards*, que utilizam bastante de recursos visuais para um entendimento dinâmico de informações que são muitas vezes coletadas em grandes quantidades.

O objetivo desse projeto se trata do estudo do comportamento da soja para seu monitoramento preciso na horta presente no Instituto Mauá de Tecnologia (IMT), a fim de criar tecnologias e soluções que possibilitem um rendimento maior da plantação. Será apresentado

também, de forma didática e intuitiva, uma introdução ao processo da comunicação e tráfego dos dados do sensor de umidade instalado, até a interface gráfica, e uma série de instruções de como realizar esse processo de forma rápida e eficaz.

Material e Métodos

Primeiramente foi necessário escolher qual seria o fruto a ser plantado e estudado na horta. Chegou-se à conclusão que seria cultivado a soja, devido a seu grande valor econômico nacional e internacional. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), essa *commodity* é o maior produto exportado pelo Brasil, gerando 74,1 milhões de toneladas exportadas do país em 2019, com um faturamento de US\$ 26,1 bilhões.

Com a escolha do fruto, foi preciso estudar de forma aprofundada seu desenvolvimento e características para a formulação de ideias que possam ajudar em seu rendimento durante a colheita. O desenvolvimento da soja é majoritariamente separado em duas fases, o vegetal (V) e o reprodutivo (R) (Fehr e Caviness, 1977). A primeira é caracterizada pela germinação e crescimento das folhas e raízes, enquanto a segunda fase representa a formação e amadurecimento de seus órgãos e de seu fruto. No estágio vegetativo, a planta passa pelo processo da formação de cotilédones, chamada de fase vegetativa de emergência (VE) seguida da abertura dos mesmos, chamada de fase vegetativa dos cotilédones (VC). Após isso, as fases do processo vegetativo são numeradas de acordo com o desenvolvimento de suas folhas trifoliadas. A fase V1 por exemplo, representa o desenvolvimento da primeira folha trifoliada, a fase V2 o desenvolvimento da segunda folha trifoliada, e assim por diante. O fim do estágio vegetativo pode variar dependendo do tipo de soja e de suas condições de plantio.

A fase reprodutiva é comumente numerada em 8 etapas. A fase R1 e R2 descreve o florescimento da soja, que começa a desenvolver a sua vagem (fruto da soja) nas fases R3 e R4. As fases R5 e R6 focam no desenvolvimento dos grãos presentes na vagem, e nas fases R7 e R8 ocorre a maturação da planta e alteração na cor da vagem, que estará então pronta para a colheita.

Tendo explicado os estágios de desenvolvimento da soja, é necessário agora estudar sobre a sua fisionomia e como isso pode influenciar na tecnologia necessária para a implementação da horta inteligente. Uma das características importantes da soja é a quantidade ideal de água por estágio que deverá ser irrigada tanto nas fases vegetativas (Tabela 1) quanto nas reprodutivas (Tabela 2). Com isso, poderemos traçar uma curva ideal de irrigação durante o desenvolvimento da soja (Figura 1).

Tabela 1 – Milímetros de água por dia recomendada na fase vegetativa

Estágios	VE	VC	V1	V2	V3	V4	V5	Vn
mmDia ⁻¹	0,8	0,9	0,9	0,9	1,5	0,9	3,5	4,5

Tabela 2 - Milímetros de água por dia recomendada na fase reprodutiva

Estágios	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
mmDia ⁻¹	6,2	6,9	7,2	7,3	7,5	7,4	6,2	3,2

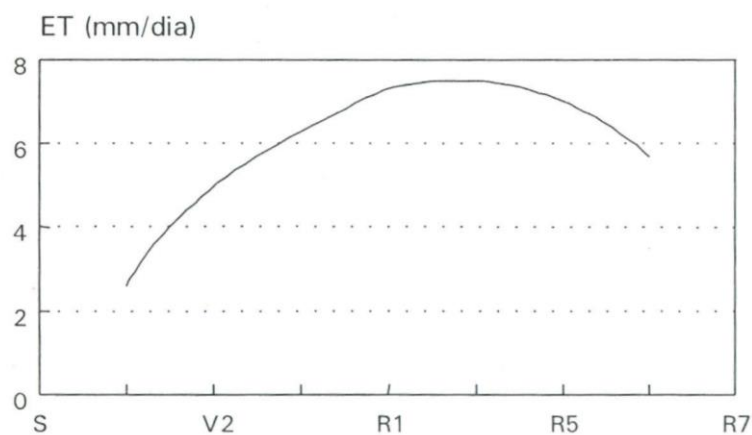


Figura 1- Quantidade de água recomendada por estágio (Neumaier et al, 2013)

Além disso, há também alguns fatores importantes para se prestar atenção a fim de criar um ambiente de crescimento ideal para a soja. O fotoperiodismo se trata do comportamento da planta mediante a uma quantidade contínua de luminosidade. A soja se trata de uma planta de dia curto, com fotoperíodo crítico de 13 horas, ou seja, é recomendado uma quantidade de horas contínuas de luz que não ultrapasse o valor crítico (Bergamaschi, 2004). Valores acima desse, podem comprometer com o crescimento dos frutos da planta. Também é recomendado que o momento de ausência de luz necessário para a soja seja contínua e ininterrupta. Esse ponto é importante pois o local da horta pode ser alvo de iluminações fora do seu cronograma biológico (postes de luz, faróis de carros, entre outros), e isto pode desacelerar o crescimento da planta e afetar a qualidade das vagens (Rodrigues, et al, 2001).

A raiz da soja é um órgão importante a ser estudado, visto a sua importância para a irrigação do sistema, sendo dividida em raízes laterais e axiais. A raiz lateral cresce em paralelo ao plano do solo, sendo presente até os 15 centímetros da raiz axial, servindo como captadora de água e minérios, mas de forma pouco eficaz, comparada à raiz pivotante. A raiz pivotante (ou axial) é a raiz principal da planta, na qual maior parte dos recursos serão captados e armazenados por ela. Seu tamanho varia bastante, com uma média entre cerca de, aproximadamente, 50 a 75 centímetros quando totalmente desenvolvida. Durante o desenvolvimento do embrião da semente, o desenvolvimento da raiz principal é o primeiro a ocorrer, crescendo certa de 2 a 5 centímetros de largura por dia.

Além do estudo da planta, foi necessário documentar e monitorar como ocorre o tráfego de dados coletados pelos sensores, até a sua visualização por meio de uma interface gráfica utilizando *dashboards*. As placas utilizadas nos sensores de três níveis possuem a vantagem de necessitar de pouca energia para transmitir os dados, pois a placa LoRa possui um código de *deep sleep*, no qual permanece em modo de baixa tensão por cerca de 8 minutos, para então ser ligada por breves segundos para a transmissão dos dados, para então voltar para seu estado de baixo consumo (Dias, et al, 2019). Com a coleta dos valores captados pelos sensores, foi necessário estabelecer uma comunicação entre eles através do LoRaWAN, que transmitiu essas informações via radiofrequência para a antena presente no Instituto Mauá de Tecnologia. Os dados são então levados até o servidor seguindo o protocolo de Message Queue Telemetry Transport (MQTT). Com os dados presentes no servidor, é necessário passar por um processo de decodificação, filtragem de dados, e criação de um *dashboard* (Figura 2). Esse processo será realizado utilizando o Node-RED (Cao-Hoang e Duy, 2017), uma ferramenta de programação em blocos, que utiliza a linguagem JSON (JavaScript Object Notation - Notação de Objetos JavaScript).

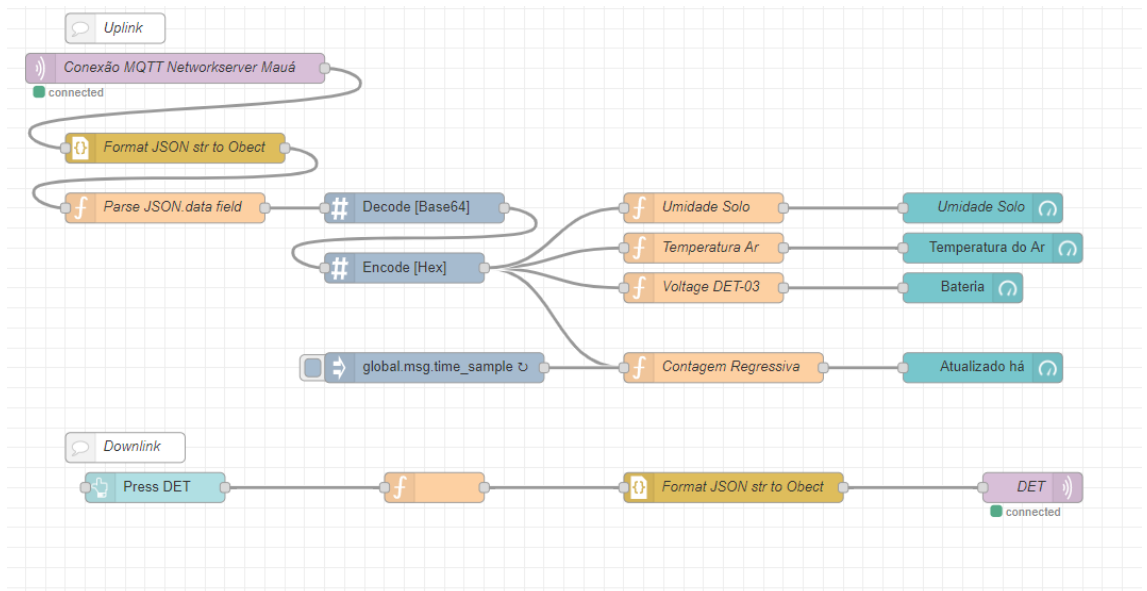


Figura 2 - Código utilizado no Node-RED

Primeiramente, o código do Node-RED precisa ter acesso às informações presentes no servidor, e para isso será necessário estabelecer uma conexão utilizando o bloco “MQTT in”, colocando o nome do usuário e a senha. Após isso, precisa-se converter o formato, pois a informação chega como uma *string* em JSON (Figura 3), e precisa ser convertida para objeto JSON para continuar o processo dos dados. Feito isso, será necessário separar uma informação desse objeto, recolhendo somente os dados referentes ao “*data.payload*”, que é o campo aonde estão as informações dos sensores e da placa.

```
{
  "logs": [
    {
      "created_at": "2020-09-04 06:40:52.973363-03",
      "dev_eui": "0004a30b002338e0",
      "fCnt": 113,
      "fPort": 100,
      "rx_info_set": [
        {
          "mac": "7276ff000b0319d7",
          "rssi": -119,
          "size": 39,
          "time": "2020-09-04T09:40:52Z",
          "channel": 5,
          "loRaSNR": -10.2,
          "rfChain": 1,
          "codeRate": "4/5",
          "dataRate": {
            "bandwidth": 125,
            "modulation": "LORA",
            "spreadFactor": 7,
            "crcStatus": 1,
            "frequency": 916200000,
            "timestamp": 2998077588
          }
        }
      ],
      "phy_payload": "40e03823008071006488aefa559025f1640b75ed15efb0d3e8a92e07dcc9a1da00e30028433665",
      "data_payload": "0b0005520d00000100e3020172010103050009ffffefffd0c00"
    }
  ]
}
```

Figura 3- Informação coletada pela placa

Com esses dados selecionados, precisa-se agora converter a informação para a base hexadecimal (base utilizada pelo Node-RED). Como o protocolo MQTT envia os dados como base 64, será necessário decodificar os dados e codificá-los novamente, na base apropriada. Com o dado tratado (Figura 4), precisa-se separar as leituras de acordo com suas categorias. O projeto SmartCampus da Mauá possui um protocolo que classifica o que cada informação do “*data.payload*” representa (se é por exemplo, o valor de um sensor de umidade, um sensor de temperatura, ou até mesmo a tensão da bateria). Para a separação dos valores, utiliza-se uma função que “recorta” o objeto JSON (Figura 5), e seleciona apenas as informações específicas que temos interesse de apresentar no dashboard.

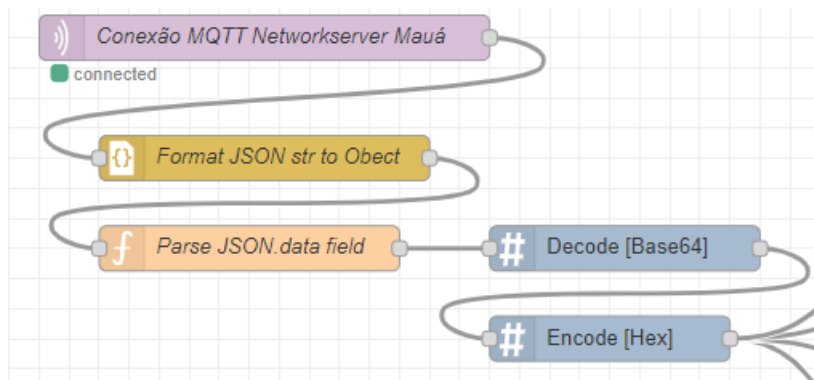


Figura 4- Processo do tratamento dos dados

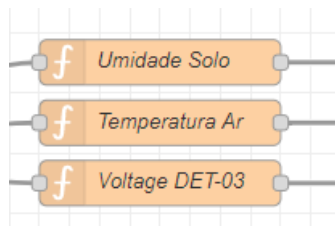


Figura 5 - Separação dos dados seleccionados

Com os dados tratados e seleccionados, precisa-se agora apresentar e visualizar esses valores, de forma prática e evidente. Para isso foi utilizada uma biblioteca do Node-RED especializada em *dashboards*. Nela, podemos utilizar modelos padronizados para o *dashboard* ou programar e personalizar a interface utilizando HTML (Hypertext Markup Language). Com isso feito (Figura 6), resta adicionar uma função que verifica a quanto tempo foi enviada a última informação, após iniciar o código o servidor deve atualizar os dados mostrando no *dashboard* do SmartCampus as alterações feitas. Além de exibir os dados, as informações coletadas são compartilhadas no *ThingSpeak* (serviço de nuvem gratuito para análise de dados), onde pode-se analisar os dados de *IoT* (Internet das coisas) matematicamente utilizando MATLAB.

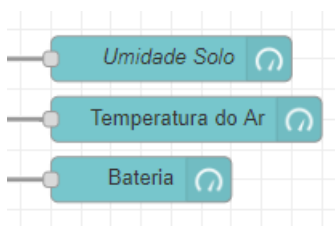


Figura 6 - Criação dos painéis para o dashboard

Um outro passo que precisa ser realizado é a programação do *downlink*, que significa utilizar o servidor para enviar uma informação até a placa. Neste caso será implementada uma função de piscar o LED, a fim de verificar o funcionamento correto da mesma (Figura 7).

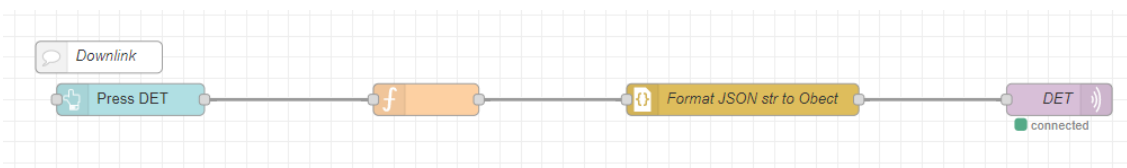


Figura 7 - Código do downlink

Para isso, é necessário adicionar um botão no *dashboard* que, ao ser pressionado, irá realizar uma função que irá mandar um sinal para a placa, que irá acionar o LED por 3 segundos após sair de seu estado de *deep sleep*.

Resultados e Discussão

Tendo realizado o estudo da soja, foi possível criar um dispositivo de monitoração da umidade do solo em três níveis. Com a ajuda do Centro de Pesquisa do Instituto Mauá de Tecnologia, foi projetado um suporte, com três sensores de umidade do solo (higrômetros), e o sensor DHT11 (para a medição da temperatura e umidade do ar), espaçados de acordo com a média do tamanho das raízes estudadas. Os sensores de umidade são resistivos, calculando os valores através da resistência gerada entre seus polos, podendo gerar uma imprecisão nos dados. Com isso, haverá a substituição desse sensor por um de alta precisão, e o escolhido foi o HidroFarm – HFM1010 – ISAF20cm, da marca Falker.

O acompanhamento do desenvolvimento da plantação da soja no primeiro semestre ocorreu somente à distância devido ao COVID-19, mas foi possível detectar o crescimento saudável da planta (Figura 8), sem nenhuma presença de más formações ou doenças. No segundo semestre, porém, foi possível um monitoramento presente e mais preciso da mesma, notando o desenvolvimento da vagem e dos grãos (Figura 9).



Figura 8 - Germinação da soja (Fase VE) em maio



Figura 9 – Desenvolvimento dos grãos da vagem (Fase R6) em novembro

Para a interface gráfica, foi possível acompanhar e monitorar os dados coletados pelas placas produzidas com eficácia. O processo descrito separou as informações referentes à porcentagem de umidade do solo dos sensores de três níveis (Figura 10), sendo atualizadas constantemente a cada 8 minutos.



Figura 10 - Análise dos dados dos sensores de umidade no *dashboard* do *smartcampus*

Conclusões

Em suma, os resultados obtidos demonstram a viabilidade de um sistema inteligente e automático, assim como são uma demonstração prática e intuitiva de como estabelecer uma visualização com os dados transmitidos pelos sensores. Devido ao contexto da pandemia, houve mudanças adaptativas no projeto, atrasando ou impossibilitando certos planejamentos. Para próximos estudos, é recomendando um monitoramento menos tardio da safra de soja, para acompanhar de forma mais precisa a necessidade da planta em cada estágio, além da implementação de outras tecnologias, como a utilização de sensores mais precisos, e de um sistema que evite a absorção de luz na soja acima de seu fotoperíodo crítico.

Referências Bibliográficas

- Bergamaschi, H. (2004) Fotoperíodo. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/files/2014/08/fotoperiodismo.pdf>>. Acesso em: 24 Nov. 2020.
- Dias, B. G. L.; Coelho, A. D.; Martins, F. A.; Pires, R. C. (2019) Monitoramento de Sensores de umidade do Solo com Internet das Coisas (IoT) Aplicado na Agricultura de Precisão. 11º Seminário Mauá de Iniciação Científica
- Cao-Hoang, T.; Duy, C. N. (2017) Environment monitoring system for agricultural application based on wireless sensor network. IEEE Xplore. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7926499/references#references>>. Acesso em: 24 Nov. 2020.
- Fehr, W.R.; Caviness, C.E. (1977) Stages of soybean development. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 11p.
- Neumaier, N; Nepomuceno, A.; Farias, R.; et al. (2013) Estádios De Desenvolvimento Da Cultura De Soja. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/estudios.neumaier_000g4yai9ub02wx5ok0dkla0sd076il2.pdf>. Acesso em: 24 Nov. 2020.
- Rodrigues, O.; Didonet, A.D; Lhamby, J.C.B.; et al. (2001). Quantitative response of soybean flowering to temperature and photoperiod. In R. Battisti et al.