

## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO PARA MONITORAMENTO DO TEOR DE ÁGUA E TEMPERATURA DO SOLO

Igor da Silva Dantas, Wagner Henrique Moreira e Fernando Rodrigues da Conceição

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Nova Andradina-MS

igor.dantas@novaandradina.org, wagner.moreira@ifms.edu.br e fernando.conceicao@ifms.edu.br

### Resumo

A avaliação dos atributos do solo é fundamental para a realização de manejo buscando oferecer a cultura a melhor condição possível. Parâmetros como o teor de água do solo interferem diretamente no equilíbrio físico e nas reações químicas do solo. Este estudo teve como objetivo desenvolver um sistema de monitoramento do teor de água e temperatura do solo baseado na plataforma de prototipação Arduino. Inicialmente, foi obtida a curva de calibração dos sensores de umidade. Os testes foram realizados em laboratórios com Higrômetro (LM393), com sensor de umidade e temperatura (DTH22), sensor de temperatura à prova d'água (Ds18b20) e sensor de temperatura infravermelho (MLX90614). Os resultados obtidos através da calibração foram significativos estatisticamente, no entanto a campo o contexto se mostrou diferente, não permitindo a utilização da equação de calibração ajustada aos dados e indicando a necessidade de aprofundar os estudos.

**Palavras-chave:** Teor de água. Temperatura. Monitoramento

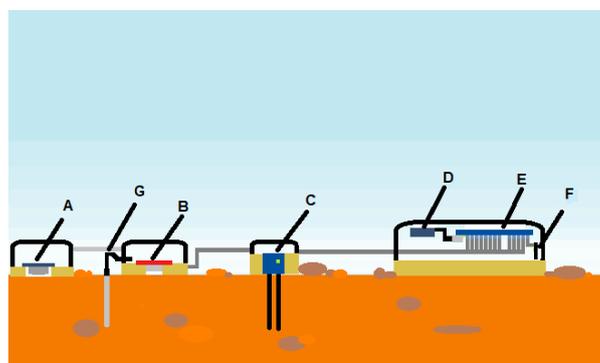
### Metodologia e desenvolvimento

O experimento visou o desenvolvimento de um sistema de automatizado para as leituras de teor de água e temperatura do solo. Para isso, foi dividido em: produção do protótipo; teste e calibração do protótipo em laboratório; e, utilização do protótipo para coleta de dados à campo e comparação com a metodologia tradicional de determinação do teor de água no solo (método gravimétrico).

Para obtenção do protótipo (Figura 1), foram utilizados os sensores: higrômetro (LM393), sensor de umidade e temperatura (DTH22), sensor de temperatura à prova d'água (DS18B20) e sensor de temperatura infravermelho (MLX90614). Os sensores foram conectados na placa microcontroladora Arduino nas respectivas portas de comunicação e alimentação e em seguida o código de comunicação dos sensores foi desenvolvido no IDE do Arduino.

A calibração dos sensores foi realizada no laboratório de solo do Instituto federal de Mato Grosso do Sul *campus* Nova Andradina. O higrômetro foi calibrado através de leituras com o sensor e comparação com a determinação do teor de água do solo pelo método gravimétrico. O método gravimétrico consistiu na

obtenção de amostra de solo indeformada, em que houve aferição quanto à massa com solo úmido e solo seco para determinação do teor de água do solo conforme Blake e Hartge (1986).



**Figura 1.** Componentes do protótipo: A sensor de temperatura infravermelho (MLX90614); B. sensor de umidade e temperatura (DTH22); C. Higrômetro (LM393); D. case de bateria 9 volts; E. placa Arduino UNO; F. modulo bluetooth arduino; G. sensor de temperatura à prova d'água (Ds18b20).

Em seguida os dados obtidos foram utilizados para elaboração de uma curva de calibração, em que foi realizado ajuste de equações aos dados a  $p < 0,05$ , utilizando o programa estatístico SAS University Edition (Der e Everitt, 2015). Foram ajustadas equações para os modelos: linear, exponencial, logarítmico e polinomial. O teor de água obtido pela calibração foi comparado então com o medido na amostra. O sensor infravermelho MLX90614 vem com calibração de fábrica para uma larga faixa de temperatura, de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $115\text{ }^{\circ}\text{C}$  para temperaturas de objetos e de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  para temperaturas ambientes (USINAINFO, 2018).

Para analisar a eficiência da calibração, foram realizados testes a campo visando comparar os resultados obtidos em laboratório, com as obtidas a campo. Para isso, foram realizadas leituras a campo com o protótipo, convertidas a teores de água com base nas equações de calibração e estes valores foram comparados com os obtidos pelo método gravimétrico, no mesmo local de leitura com o higrômetro. Os sensores de temperatura não passaram por um processo de calibração, haja vista que o sensor infravermelho apresenta calibração que provém da fábrica.

Os testes de campo foram realizados no município de Nova Andradina - MS, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) - câmpus Nova Andradina. Na fazenda Santa Bárbara, que apresenta um terreno com declividade de 3% e relevo plano a suave ondulado. De acordo com Santos et al. (2013) o solo identificado na fazenda é o Latossolo Vermelho. O clima da região apresenta precipitação pluvial e temperatura média entre 1500 – 1700 mm e 20 – 22°C, respectivamente (AMORE, 2009).

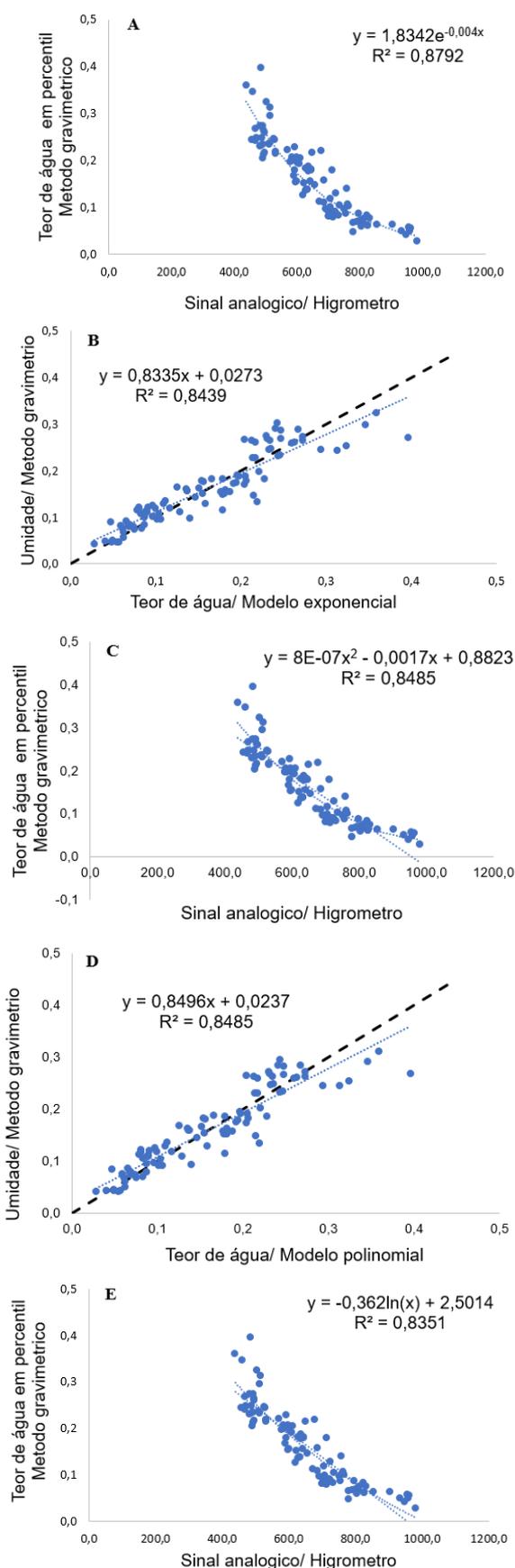
### Resultados e Considerações Finais

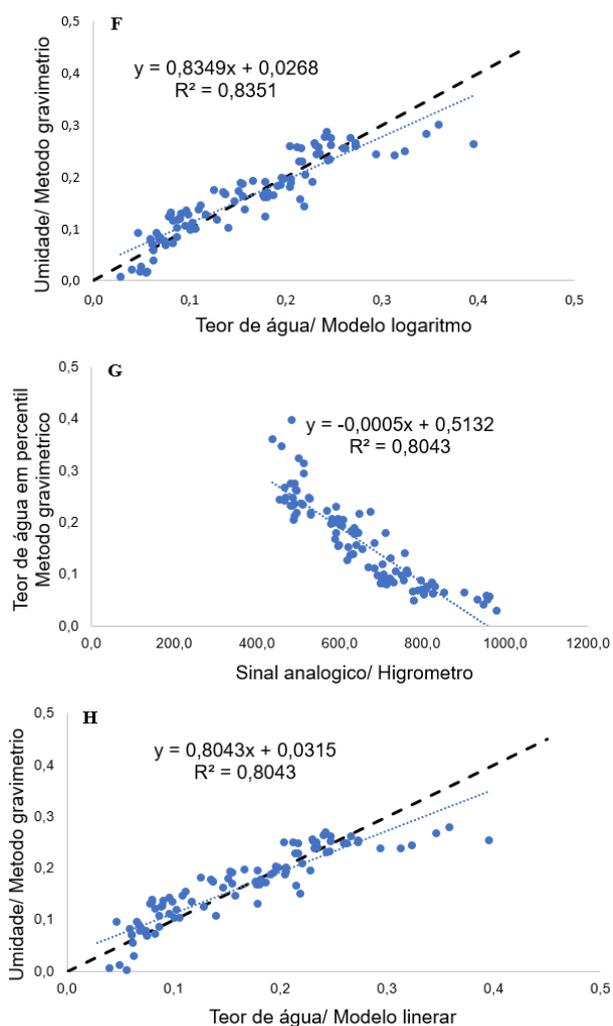
As etapas de calibração do higrômetro mostraram-se eficientes, visto que os dados obtidos através das leituras em cilindros apresentaram uma boa correlação com a umidade obtida pelo método gravimétrico. Com isso foi gerado uma curva a partir dos dados e realizado uma análise regressiva, uma vez que a análise regressiva vai examinar as relações entre as variáveis dependentes e as variáveis independente (RODRIGUES, 2015).

As figuras 2A e B apresentam, respectivamente as curvas geradas a partir dos dados obtidos através do sistema desenvolvido no presente trabalho e a relação entre teor de água medido por gravimetria e estimado pelo sensor. Os resultados obtidos mostraram que a reta de regressão no modelo exponencial apresenta uma maior acurácia em relação aos modelos linear, logaritmo e polinomial, apresentando um  $R^2$  de 0,8792.

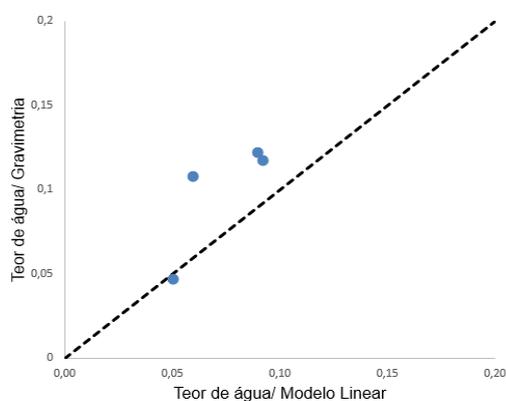
Os resultados obtidos com os outros sensores de temperatura foram correlacionados com os dados do MLX90614, as variações foram mínimas, constatando a eficiência dos mesmos. Os teores de umidade do ar foram determinados pelo DTH22, que apresentou problemas e implantação a campo. Por não ser à prova d'água, o sensor foi a campo de forma oclusa no entanto ou aparição de dados alterados foram constatados, com umidades de aproximadamente 90%. A incidência de chuva durante o período de implantação a campo acarretou oxidações nos pinos do sensor e umidificação interna, sendo os principais fatores das alterações. As leituras obtidas de temperatura apresentaram uma grande relevância, visto que sua precisão pode apresentar variações de 2% a 5% e suas leituras podem variar de -40 °C a 80°C (FREITAS, 2018).

A implantação a campo mostrou que a vasta gama de interferências externas para reduzir a eficiência dos sensores, o deslocamento das partículas de solo na introdução do sensor pode reduzir o contato do sensor com as partículas do solo, as alterações acarretam em leituras com menor correlação. A redistribuição das partículas acarreta em leituras de menor umidade, tendo em vista que o contato do sensor com o solo é maior no cilindro por ser um ambiente fechado, não permitindo o deslocamento das partículas. Tal situação, resultou em sub-estimativa do teor de água do solo pelo sensor (Figura 3).





**Figura 2.** Relação entre dados coletados pelo higrômetro e teor de água determinado na amostra nos modelos: exponencial (A), polinomial (C), logaritmo (E) e regressão (G), e relação entre valor estimado pela equação e medido na amostra para os modelos: exponencial (B), polinomial (D), logaritmo (F) e regressão (H).



**Figura 3.** Valores de teor de água medido pelo método gravimétrico e estimado pela equação de calibração

O modelo que apresentou uma maior correlação nos testes a campo foi o modelo linear.

Com os dados obtidos foi possível obter curvas de calibração com diversos modelos, no entanto os resultados foram inconclusivos, pois a curva não foi eficiente para estimar o teor de água em coleta a campo, por esse motivo, mas estudos de campo são necessário.

### Agradecimentos

Agradeço primeiramente a deus pelo desenvolvimento do projeto.

Ao Instituto Federal de Mato Grosso do Sul campus Nova Andradina, ao seu corpo docente e a direção administrativa que disponibilizam o investimento.

Aos meus orientadores Wagner Henrique Moreira e Fernando Rodrigues da Conceição.

A minha família e a Mariana Carvalho de Souza pelo apoio moral, incentivo e apoio incondicional.

### Referências

AMORE, L. **Cadernos sobre a Criação dos Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Ivinhema e Pardo, Estado do Mato Grosso do Sul.** Brasília: Agência Nacional das Águas, UNESCO, 2009. 21 p.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk Density. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of Soil Analysis I.** Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p.363-375.

DER, G.; EVERITT, B. S. (2015). **Essential Statistics Using SAS** University Edition. SAS Institute.

FREITA, M. **Sensor DHT22.** Disponível em: <[http://cta.if.ufrgs.br/projects/estacao-meteorologica-modular/wiki/Sensor\\_DHT22](http://cta.if.ufrgs.br/projects/estacao-meteorologica-modular/wiki/Sensor_DHT22)>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

RODRIGUES, L. H. **Regressão Linear Simples.** Disponível em: <<https://www.ime.usp.br/~fmachado/MAE229/AULA10.pdf>>. Acesso em: 25 de maio de 2019.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3. Brasília: 2013. 353p.

USINAINFO. **Sensor de temperatura Infravermelho MLX90614.** 2018.