



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS - CCE

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ELTT 314 – INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA

Trabalho de Instrumentação – ELTT 314

Medição de pH e umidade

Igor Mothé (93525)

Lucas Elias (93521)

1. Introdução

Desde o início da humanidade, o homem sempre teve a necessidade de comparação, ter algo como referência para poder executar alguma ação. Milhões de anos atrás, essa necessidade de comparação contribuía para a caça e sobrevivência, determinando algumas noções como distância, umidade, velocidade, altitude, temperatura e entre outras grandezas que possam ser medidas. Com o avanço do tempo, algumas tecnologias foram criadas afim de facilitar e dar conforto a vivência humana no mundo. Hoje em dia temos diversos tipos de equipamentos que medem inúmeras grandezas físicas, entre eles estão os medidores de pH e umidade, que vão ser abordados neste trabalho.

2. Medição de PH

2.1 Contextualização sobre o pH

Primeiramente, devemos compreender o que é o termo ‘pH’. O termo ‘p’ é o símbolo matemático para logaritmo negativo, e ‘H’, o símbolo do elemento químico hidrogênio. Quando falamos sobre a característica pH, estamos fazendo referência ao potencial hidrogeniônico de uma solução específica, ou seja, a quantidade de H^+ ou H_3O^+ que estão dispostas na solução.

Dessa forma, definiu-se que toda substância capaz de se ionizar e produzir íons hidrônio em meio aquoso é um ácido. Assim, a sigla pH serve como referencia para a determinação do nível de acidez no meio trabalhado.

Os valores que usamos para fazer a medição do pH, tem como referencia a constante de ionização (K_w) da água, em uma temperatura de $25^\circ C$, que é igual a 10^{-14} . Nessa condição, as concentrações dos íons produzidos pela água são iguais, ou seja, 10^{-7} . Determinando assim o pH 7 da água, nessa condição de temperatura especificada.

Portanto, se temos uma concentração de $H^+ > OH^-$, a solução se caracteriza por uma solução ácida. Se temos uma concentração de $H^+ < OH^-$, a solução se caracteriza por uma solução básica. E por fim, se temos uma concentração de $H^+ = OH^-$, a solução se caracteriza por uma solução neutra.

2.2 Medidores de pH

O pH pode ser medido de duas formas, por indicadores e medidores. Os indicadores não são exatos, e servem principalmente para titulação das soluções (ácido ou básico). Dessa forma, o indicador é imerso na solução e apresenta uma cor especificada pelo fabricante, de acordo coma solução. Assim, basta só comparar a cor apresentada com

as cores presentes na tabela de Cor x pH do fabricante, e determinar se a solução é ácida ou básica. Como é o caso dos indicadores listados na figura abaixo.

| Indicador | Coloração em meio ácido | Coloração em meio básico |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| Tornassol | Vermelha | Azul |
| Fenolftaleína | Incolor | Rosa |
| Alaranjado de metila | Vermelha | Amarela |
| Azul de timol | Amarela | Azul |

Figura 1. Característica dos indicadores mais comuns.

Medições mais exatas são obtidas usando um medidor de pH. O sistema de medição consiste de três partes: um eletrodo de medição de pH, um eletrodo de referência e um medidor de alta impedância de entrada. O eletrodo de pH pode ser considerado como se fosse uma bateria, com uma tensão que varia conforme o pH da solução medida. O eletrodo que mede o pH é um bulbo de vidro sensível a íons de hidrogênio, com uma saída em milivolts que varia conforme as alterações na concentração relativa de íons de hidrogênio dentro e fora do bulbo. A saída do eletrodo de referência não varia com a atividade dos íons de hidrogênio. O eletrodo de pH possui uma resistência interna muito alta, o que dificulta a medição da variação da tensão com o pH. Portanto, a impedância da entrada do medidor de pH e as resistências de dispersão são fatores importantes. Basicamente, o medidor de pH é um amplificador de alta impedância que mede com exatidão tensões mínimas do eletrodo e exibe os resultados diretamente em unidades de pH em um display analógico ou digital.

Mesmo que seja uma técnica mais avançada de medição, o eletrodo de pH, que compõe o equipamento, não atualizou nos últimos 60 anos, e a sua fabricação e modelo continuam os mesmos. Sabendo disso, temos que as espessuras do vidro afetam os resultados apresentados, pois a sua espessura determina a sua resistência. Dessa forma, temos faixas de erros de acordo com cada eletrodo produzido.

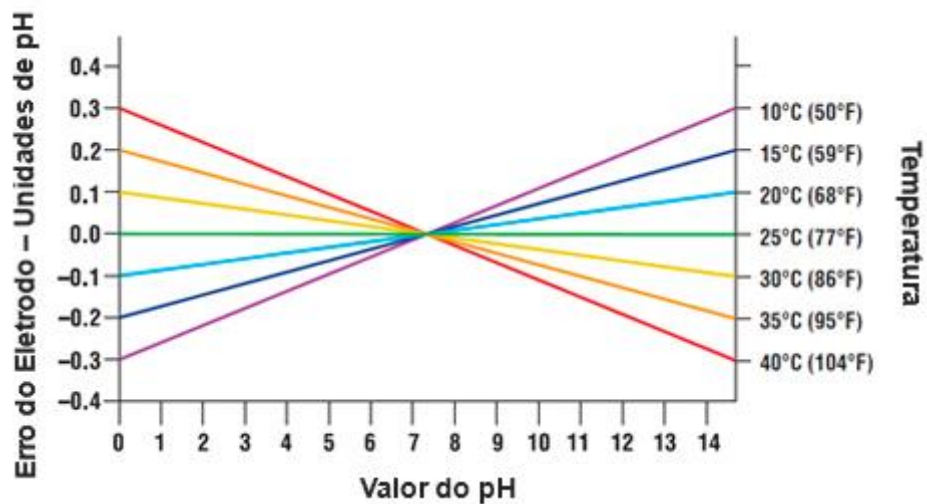


Figura 2. Erros do eletrodo - Unidade de pH

Tendo em vista os dados da figura acima, existem compensações de temperatura dentro no instrumento, afim de reduzir os possíveis erros de medição do pH. A compensação pode ser manual ou automática. Na compensação manual, é necessária uma medição de temperatura separada e o controle de compensação manual do medidor de pH pode ser ajustado com o valor aproximado da temperatura. Na compensação automática (ATC), o sinal de uma sonda de temperatura separada é transmitido para o medidor, de modo que seja possível determinar com precisão o valor do pH da amostra naquela temperatura.

Podemos citar 2 medidores disponíveis no mercado, os medidores de pH portátil e os medidores de pH de bancada.

. Medidores de pH portátil

Estes medidores de pH oferecem total funcionalidade em um tamanho portátil para uso em laboratório ou campo. Dentre os recursos disponíveis, estão incluídos a fixação de leitura de dados, seleção de °C ou °F, desligamento automático, indicação de sobrecarga e compensação manual ou automática de temperatura, além de outros.



Figura 3. Exemplo de medidor portátil de pH

. Medidores de pH de bancada

Geralmente, os medidores de pH de bancada são ideias para aplicações laboratoriais, industriais e processos de fabricação. Os modelos oferecem medição de mV, íons e temperatura, com opções que vão desde as mais econômicas às mais sofisticadas para medições de baixa tolerância.



Figura 4. Exemplo de medidor de pH de bancada

2.3 Efeitos da temperatura no pH

A temperatura terá um efeito mensurável, apesar de fraco, no pH das soluções. Tomando por exemplo a água pura que possui um pH de exatamente 7 apenas a 25°C, ou 77 graus Fahrenheit. Conforme a temperatura da água aumenta, o pH diminui. A 60 °C (140 graus Fahrenheit), a água pura registra um valor de pH de 6,96. Em outras palavras, a mudança é bastante sutil e não pode ser medida com técnicas de medida mais rudimentares, como as tiras de pH.

O motivo pelo qual a temperatura afeta o pH da água por exemplo, é que as moléculas tendem a ser quebradas em seus constituintes, hidrogênio e oxigênio, conforme o aquecimento acontece. Com o aumento da temperatura, uma proporção maior de moléculas de água quebra, produzindo mais hidrogênio, o que leva a uma diminuição do pH da água.

2.4 Desafio das aplicações e medições do pH

- Frequentemente, a instrumentação é a fonte de distúrbios nos sistemas de pH, causados por repetibilidade, erro, ruído de medição ou histerese da válvula.
- Limpeza incorreta dos sensores de vidro. Muitas das vezes a limpeza não é feita com materiais adequados, o que pode causar a geração de uma carga estática na superfície do sensor, interferindo assim na leitura do valor de pH.
- Erros de calibração, já que é um equipamento que depende de precisão para seu funcionamento correto. E geralmente com valores na unidade de 10^{-3} .
- Nível baixo de eletrólito nos eletrodos. O fluxo de eletrólito da junção de referência permite a conclusão da célula de medição. Isso permite tirar o valor de mV do eletrodo de pH e convertê-lo em um valor de pH adequado. Se não for reabastecido de tempos em tempos, as medições de pH podem ser afetadas.
- Uso de algum eletrodo antigo ou vencido. Assim como qualquer equipamento que deteriora com o tempo, medida que os eletrodos envelhecem, a porção de detecção do vidro se romperá e se tornará menos responsiva do que quando era nova. Eventualmente, o eletrodo deixará de responder adequadamente às mudanças no pH.
- Armazenamento incorreto dos sensores. Como por exemplo o armazenamento dos eletrodos seco, o que faz com o eletrodo perca sua sensibilidade e faça com sua leitura dos valores de pH seja mais lenta ou até incorretas. E também o armazenamento em soluções não indicadas para tal. Como o armazenamento em água deionizada, que com o tempo, faz com que os íons presente no eletrodo, os deixará, tornando-o inútil, além de degradar o vidro mais rápido que o normal.

3. Medição de umidade

3.1 Contextualização

A umidade pode ser entendida como sendo um dos elementos que formam o clima de uma dada região. Essas grandezas meteorológicas são responsáveis por comunicar ao meio atmosférico suas propriedades físicas.

No contexto da agricultura de precisão, o teor de umidade se torna extremamente relevante para as tomadas de decisão, desde saber o momento ideal para a colheita do milho por exemplo, ou, saber o momento de iniciar e encerrar todo o processo de irrigação de determinado plantio.

Nesse sentido, com o Agro 4.0 que vêm se tornando realidade no Brasil, as tomadas de decisões são cada vez mais automatizadas, sendo o teor de umidade uma das principais variáveis do processo, com isso, a necessidade de medições cada vez mais precisas e instantâneas impulsionam o uso de redes de sensores de umidade.

Graças à evolução no campo das redes de sensores, a agricultura de precisão começou a alavancar o seu crescimento, já que permitem um acompanhamento em tempo real, proporcionando, por exemplo, mecanismos para a execução e testes em variadas operações. A irrigação é uma técnica que se baseia no monitoramento contínuo da umidade do solo e exige decisões diárias. A importância das Redes de Sensores sem Fio (RSSF) surge neste contexto, devido à sua capacidade para automatizar determinadas funções na agricultura, especialmente nos sistemas de irrigação. Através de suas particularidades, a RSSF é capaz de monitorar os sistemas de controle de parâmetros físicos como umidade, temperatura e pressão.

3.2 Medidor de umidade

A invenção do primeiro sensor de umidade foi atribuída a Leonardo da Vinci. Seu projeto consistia em uma balança onde em um dos seus lados havia uma bucha de algodão contrabalanceada com um peso. Quando o algodão absorvia o vapor da água do meio um desequilíbrio acontecia e a medida da umidade era feita. Algumas fontes, entretanto, atribuem à construção dessa balança higrométrica ao cardeal Nicholas de Cusa por volta do ano de 1450. A umidade é extremamente variável e determinar seu valor em um único local não é suficiente para o adequado desenvolvimento da cultura. Atualmente, o mercado disponibiliza diversos tipos de sensores para a obtenção da umidade do solo.

Primeiramente, temos duas diferenciações, os destrutivos e não destrutivos. O que muda entre os dois é a forma com que será medido. Os primeiros geralmente vêm com eletrodos, ou seja, agulhas, acoplados em sua carcaça. Esses pinos servirão para perfurar o material para que a o teor seja medido.

Os não destrutivos podem ser fabricados com sensores que funcionam diretamente pelo contato, somente encostando no material. Também podem ser encontrados medidores maiores, em que uma amostra é inserida dentro do equipamento para a medição.

Além disso, há a diferença entre medidores analógicos e digitais. Os digitais, como o próprio nome já diz, mostram instantaneamente o valor em um display. Com ele, basta uma rápida observação para mensurar a umidade e facilmente encontrar o resultado.

Os analógicos, por sua vez, funcionam tão bem quanto um medidor digital, porém seu leitor se assemelha a um relógio. Dessa forma, a possibilidade de erros na leitura tende a ser maior, já que exige uma aferição mais rigorosa do mostrador.

Outras características podem variar entre os diversos modelos, como a densidade do material a ser medido, a porcentagem de umidade que pode ser mensurada, além de haver os sensores capacitivos e resistivos:

3.2.1 Resistivos

Em relação aos medidores resistivos, a resistência elétrica é medida colocando uma diferença de potencial entre eles e medindo a corrente resultante. No caso da umidade, sendo a água uma condutora, a resistência diminui conforme há o aumento de água, o que significa um maior teor de umidade no material. Porém, alguns materiais normalmente variam o teor de umidade do meio da peça em relação à superfície, com o centro mais úmido. Então possivelmente vários testes deverão ser feitos para que a medição seja conclusiva.

3.2.2 Capacitivos

Os medidores de sensor capacitivo ou reativo são conhecidos por evitar a corrosão, o que faz com que tenham uma vida útil maior em comparação aos resistivos. Eles são compostos de sensores metálicos que são encostados no material que se deseja medir a umidade, por isso são chamados de medidores de contato.

Esses sensores servem como pólos de um capacitor que aumenta sua capacitância quando colocamos algum tipo de massa dielétrica (isolante) entre seus eletrodos, onde as cargas são armazenadas. A água presente faz com que este dielétrico varie e esta variação é medida e traduzida em umidade relativa. A partir disso, há uma média da umidade da peça. Como o medidor capacitivo atua apenas em contato, ele é menos agressivo ao material.

3.3 – Modelos:

3.3.1 – Sensor de Umidade de Solo de Pequeno Volume

É um sensor que mede precisamente o conteúdo de água em qualquer solo ou meio hidropônico com efeitos mínimos de textura e salinidade. Esse sensor mede o Conteúdo Volumétrico de Água, prático sensor de fácil instalação no campo e também pode ser utilizado em vasos de viveiros.



Figura 5 - Sensores EC-5 Analógico e FC-28 com controlador.

3.3.2 - Sensor de Umidade de Solo de Grande Volume

O sensor 10HS, mostrado na Figura 6, determina Conteúdo Volumétrico de Água (CVA) medindo a constante dielétrica do meio utilizando a tecnologia de domínio de capacitância/frequência. Sua frequência de 70 MHz minimiza os efeitos de textura e salinidade, tornando este sensor preciso em quase todos os solos. As calibrações de fábrica podem ser Sensores Aplicados no Controle da Umidade do Solo para o Cultivo da Cenoura1 Marcel Roberto Osti Corrêa & Evandro L. B. Gomes utilizadas para a maioria dos solos regulares com um extrato de saturação de 10 dS/m. Ele mensura o conteúdo volumétrico de água em amostras maiores de solo. O 10HS tem um volume de influência de 1L. Este sensor de 10 cm de comprimento funciona mais bem instalado no campo.



Figura 6 - Sensor Analógico 10HS DECAGON.

3.3.3 – Sensor de Umidade e Temperatura de solo

O sensor 5TM, mostrado na Figura 7, determina o conteúdo volumétrico de água (CVA) medindo a constante dielétrica do solo (ou outro meio) usando a tecnologia de domínio de capacitância/frequência. O filtro de sinal minimiza os efeitos de salinidade e textura, tornando o 5TM preciso na maioria dos solos e meios hidropônicos. Calibrações de fábrica são inclusas para solos minerais, substratos de vasos, lã de rocha e perlita. Ele obtém dados de temperatura integrados com dados de umidade de solo - no mesmo local e nos mesmos intervalos de medições. Ideal para adicionar temperatura a cada ponto de sua rede.



Figura 7- Sensor Digital 5TM DECAGON.

3.3.4 – Sensor de Umidade, Condutividade Elétrica e temperatura do solo

Todas as três medições (conteúdo volumétrico de água, temperatura e CE) são realizadas independentemente com o Sensor 5TE, que pode ser visto na Figura 8. Determinando o CVA medindo a constante dielétrica do meio usando de tecnologia de domínio capacitância/frequência. O sensor utiliza uma frequência de 70 MHz, o que minimiza os efeitos da salinidade e textura, tornando o 5TE preciso na maioria dos solos. O 5TE mede a temperatura com um termistor onboard, e a condutividade elétrica usando um conjunto de eletrodos de aço inoxidável. O CVA em solos minerais é calculado utilizando-se a Equação de Topp. Temperatura e condutividade elétrica são calibrados de fábrica para todos os tipos de solo. 5TE é um sensor completo de umidade do solo. Mede conteúdo volumétrico de água, temperatura, e condutividade elétrica no solo. Este sensor de 5 cm e três pinos é utilizado somente em solos. Já o sensor GS3 mede conteúdo de água, temperatura e CE independentemente. Sua frequência de 70 MHz minimiza os efeitos de salinidade e textura, tornando-o preciso na maioria dos solos e meios hidropônicos. Agulhas de aço inox têm uma área de superfície estendida para otimizar as medições de CE, enquanto minimiza as perturbações do substrato no ato da inserção. A temperatura é medida com um termistor onboard; e a condutividade elétrica é medida usando-se um conjunto de eletrodos de aço inox



Figura 8-Sensores Digitais 5TE e GS3 DECAGON

4. Conclusão

Neste trabalho foi possível aprender sobre o uso dos medidores de pH e umidade, e as suas histórias de uso, bem como suas vantagens e desvantagens para alguns tipos de aplicação. O uso desses medidores foram de suma importância para a evolução da humanidade, aceleração o processamento de dados que antigamente eram pegos de forma manual e sem exatidão.