

# PANORAMA DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

## ÁGUA

Prof. Dr. Patricia Angélica Alves Marques

ESALQ/USP

[paamarques@usp.br](mailto:paamarques@usp.br)

# Panorama agropecuária Brasil

- “Nos últimos 40 anos a produção agropecuária brasileira se desenvolveu de tal forma que o Brasil será o grande fornecedor de alimentos do futuro.
- Temos, hoje, uma agricultura adaptada às regiões tropicais e uma legião de produtores rurais conscientes de suas responsabilidades com o meio ambiente aliadas à produção de alimentos. Essas pessoas compõem o setor produtivo mais moderno do mundo, que vem transformando a economia brasileira.
- Produzindo cada vez mais, o Agro brasileiro reduziu drasticamente o preço da alimentação, melhorando a saúde e qualidade de vida da população urbana, liberando seu poder de compra para bens produzidos pela indústria e pelo setor de serviços.
- Produzindo excedentes cada vez maiores, o agro expandiu suas vendas para o mundo, conquistou novos mercados, gerando superávits cambiais que libertam a economia brasileira.”

Panorama do Agro |  
Confederação da Agricultura e  
Pecuária do Brasil (CNA)  
([cnabrasil.org.br](http://cnabrasil.org.br))

# Agência Nacional de Águas declara situação crítica de escassez hídrica em áreas de cinco estados

Decisão atinge Região Hidrográfica do Paraná, que abrange MG, GO, MS, SP e PR. Declaração abre caminho para medidas contra escassez de água devido ao período seco.

Por Pedro Henrique Gomes e Ana Paula Castro, G1 e TV Globo — Brasília

01/06/2021 22h20 · Atualizado há um mês



01/06/2021 22h20 · Atualizado há um mês

Por Pedro Henrique Gomes e Ana Paula Castro, G1 e TV Globo — Brasília





## Secas na América do Sul podem aumentar até o fim do século, sugere estudo

12 de julho de 2021



**Elton Alisson | Agência FAPESP** – Se as emissões de gases de efeito estufa (GEE) continuarem no patamar atual, a temperatura média na América do Sul pode subir até 4 °C até o fim do século, em um cenário mais pessimista, tornando os eventos climáticos extremos – como secas, inundações e incêndios florestais – mais frequentes e intensos na região.

As projeções foram feitas no âmbito de um estudo internacional, com a participação de pesquisadores brasileiros.

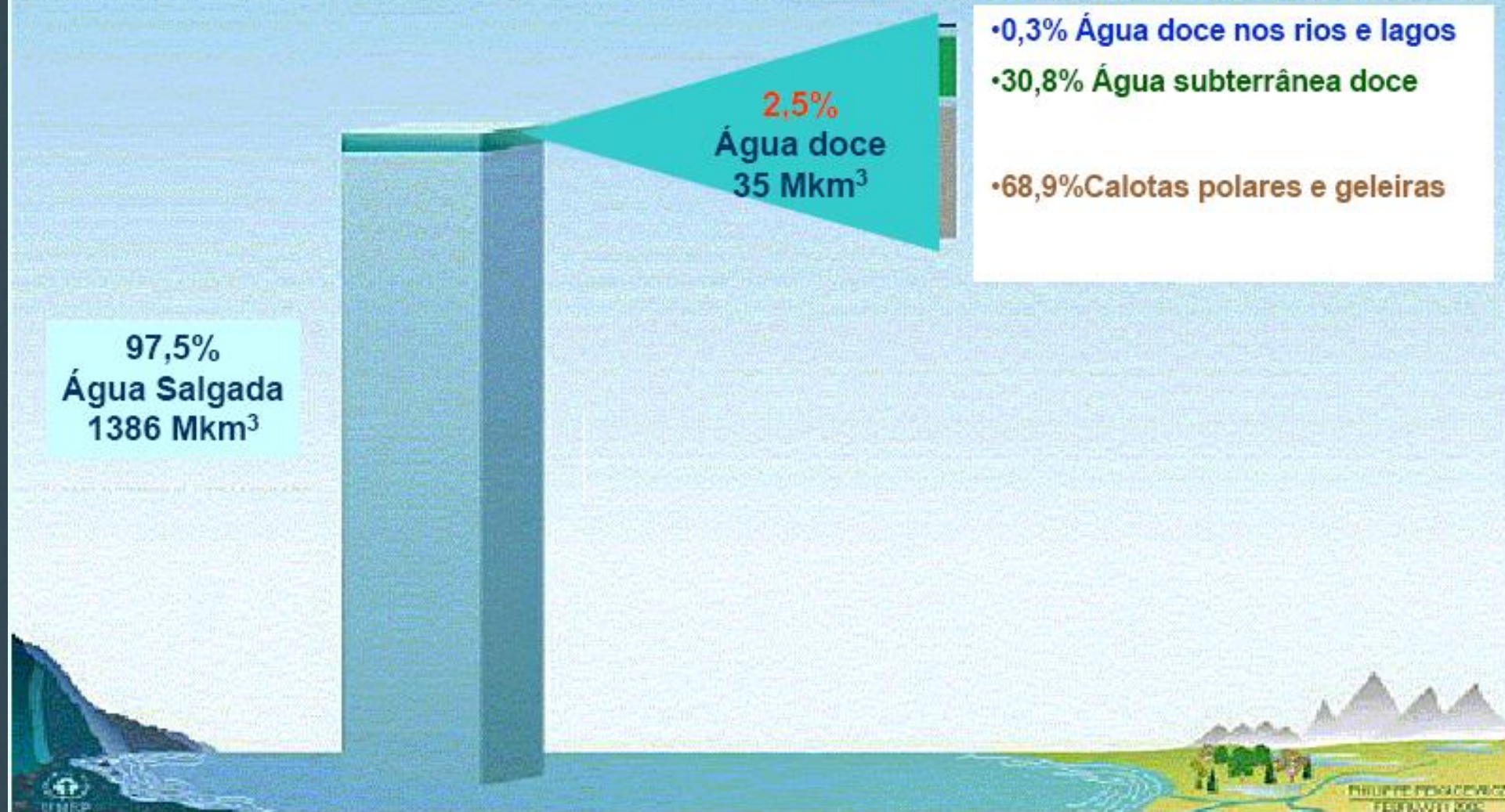
Os resultados do trabalho, apoiado pela FAPESP por meio de um [Projeto Temático](#) ligado ao [Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas](#), foram [publicados](#) na revista *Earth Systems and Environment*.



Se as emissões de gases de efeito estufa continuarem no patamar atual, temperatura média tende a subir até 4 °C em algumas regiões. Nesse cenário, os extremos climáticos se tornarão mais intensos e frequentes, indicam projeções feitas com os novos modelos climáticos do IPCC (foto: Fernando Frazão/Agência Brasil)



- A água está presente em 71% da superfície do planeta



Fonte: Adaptado Tundisi, 2003

## Brasil: o mito da abundância

Ricardo Novaes, especialista em Recursos Hídricos do WWF-Brasil:

“As gerações mais antigas foram criadas com o mito do país riquíssimo em água, que água seria um problema crônico, histórico, só no Nordeste, no semiárido. Obviamente, desde 2013, na primeira crise que a gente teve, o apagão, que na verdade foi um “secão”, porque não foi resultado só de uma questão elétrica, ficou claro que o Sudeste e o Centro-Oeste têm problemas concretos, intensificados nos últimos dois anos, de disponibilidade de água”,

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-10/agua-no-brasil-da-abundancia-escassez>



Brasil possui uma boa quantidade de água: cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta.

Mal distribuída.

- A região Norte → ≈ 80% da quantidade de água disponível, apenas 5% da população brasileira.
- Regiões próximas aos Oceano Atlântico → mais de 45% da população, menos de 3% dos recursos hídricos do país.

A Agência Nacional de Águas (ANA):

- Levantamento de dados fundamentais para a gestão das águas e podem ser acessadas por qualquer cidadão brasileiro que tenha interesse em saber as condições das águas no território nacional.
- volume das águas superficiais e subterrâneas, capacidade de armazenamento de reservatórios e as precipitações de chuvas.

## → USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA NA AGRICULTURA

- 2050: estimativa pela ONU de 9 bilhões de pessoas → Segurança alimentar?
- Aumento de produção → mínimo em 60%
- Aumento consumo urbano de água
  
- Agricultores terão a responsabilidade de produzir mais utilizando profissionais técnicos, ferramentas e estratégias

Elevar a produção de alimentos não deve focar apenas na adoção de tecnologias, mas também estar relacionada com o dever perante o compromisso social de aumentar a oferta de alimentos de forma sustentável.





## **Definição de irrigação**

Aplicação artificial de água às plantas, visando suprir a falta, insuficiência ou má distribuição das chuvas.

# Lei nº 9.433/1997



- ✓ *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos*
- ✓ *Cria o SNGRH (Conselho Nacional, Estadual, Comitês de Bacias, Agências de Águas, ANA)*
- ✓ *Institui cinco instrumentos de gestão para atingir os objetivos da PNRH:*
  - ✓ *Outorga*
  - ✓ *Cobrança*
  - ✓ *Plano de Recursos Hídricos*
  - ✓ *Enquadramento dos corpos d'água em classes de uso preponderante*
  - ✓ *Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos*




## A outorga

- autorização para uso da água, seja para captação ou lançamento de efluentes
- objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.
- Por meio da outorga, busca-se assegurar o uso racional dos recursos hídricos e a compatibilização dos usos múltiplos.
- A outorga é concedida pelo órgão gestor de recursos hídricos em função do domínio das águas.
- Nas águas de domínio da União, como em rios que atravessam mais de um Estado (ex.: rio São Francisco), a competência para a emissão é da ANA.
- Em rios de domínios dos Estados e do Distrito Federal, como em rios que nascem e desaguam no mesmo Estado, a autoridade é do respectivo órgão gestor estadual e distrital.
- As águas subterrâneas são de domínio estadual.

## USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS

### Usos previstos na legislação

- Abastecimento humano;
- Dessedentação de animais;
- **Irrigação;** →
- Abastecimento industrial;
- Hidroeletricidade;
- Navegação;
- Recreação e turismo;
- Pesca e aqüicultura;
- Controle de cheias;
- Diluição/transporte de efluentes.



Foco sempre será a agricultura irrigada!!!!



# **O DESEMPENHO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO É FUNÇÃO DE COMO A ÁGUA ESTÁ SENDO APLICADA, DO SEU DESTINO E DA SUA UTILIZAÇÃO PELA PLANTA.**

A partição física da água aplicada em um campo cultivado é representada pelo balanço hídrico, contabilizando as entradas e saídas de água num dado volume de solo, durante um intervalo de tempo.

O volume de solo considerado depende da cultura em estudo, pois ele deve englobar seu sistema radicular.

Assim é que se considera como limite superior a superfície do solo e como limite inferior a profundidade do sistema radicular da cultura.

A partição da água aplicada por irrigação quanto à possibilidade de RECUPERAÇÃO para uso é feito da seguinte forma:

**Uso consuntivo** (irrecuperável)

**Uso não consuntivo** (pode ser reutilizada na própria área, ou em outra área de jusante na bacia hidrográfica ou retornar à fonte)



**Uso consuntivo** – é a quantidade total de água absorvida pelas plantas para transpiração e constituição dos tecidos, mais a evaporação da água do solo e da água interceptada pela vegetação. Assim, toda água em trânsito para a atmosfera, pelos processos de evaporação e transpiração (ET) ou que permanece nos tecidos das plantas e nos produtos colhidos (água de constituição) é irrecuperável e se denomina uso consuntivo. Alguns usos consuntivos são:

- Evapotranspiração das culturas
- Evapotranspiração das ervas daninhas
- Evaporação da água aspergida pelos aspersores
- Evaporação de reservatórios
- Evaporação do solo úmido
- Água exportada com o produto, etc

**Uso não consuntivo** – É a água que, de alguma forma, transita para fora da área de cultivo, mas não se perde para a atmosfera na forma de vapor. A água de uso não consuntivo pode ser reutilizada na própria área, ou em outra área de jusante na bacia hidrográfica ou retornar à fonte. Está relacionada com a água que drena abaixo da zona radicular, a água que escoam superficialmente e a que infiltra nos canais. Alguns usos não consuntivos são:

- Água para lixiviação de sais no perfil do solo
- Percolação profunda em excesso
- Escoamento superficial
- Infiltração em canais e vazamento em tubulações, etc.

A partição da água aplicada por irrigação quanto aos BENEFÍCIOS AGRONÔMICOS é feita como segue:

**Usos benéficos:** A água consumida para a produção das culturas

**Usos não benéficos:** Uso não benéfico refere-se à fração da água aplicada que não tem objetivo agronômico.



**Usos benéficos:** A água consumida para a produção das culturas.

Assim, a água consumida para atingir um determinado objetivo agrônômico é considerada água benéfica. São exemplos:

- água consumida no processo de evapotranspiração,
- água utilizada para lixiviação do excesso de sais do solo,
- controle climático,
- preparação do leito de semeadura para germinação das sementes,
- umedecimento do solo com o objetivo de quebrar a crosta superficial e facilitar a emergência das plântulas.

**Usos não benéficos:** Uso não benéfico refere-se à fração da água aplicada que não tem objetivo agrônômico. São exemplos:

- excesso de percolação profunda em relação à necessária para remoção de sais;
- evapotranspiração de plantas daninhas,
- evaporação desnecessária da água na superfície de solo úmido de áreas vizinhas à área cultivada,
- deriva pelo vento além dos limites da área cultivada.
- área irrigada com excesso de água e percolação; todo excesso além da necessidade de irrigação é considerado uso não benéfico.

# INDICADORES DE DESEMPENHO DA IRRIGAÇÃO

|                  | Uso consuntivo                 | Uso não consuntivo                |           |      |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------|------|
| Uso benéfico     | – Evapotranspiração da cultura | – Lâmina de lixiviação            | (EI)%     | 100% |
| Uso não benéfico | – Evaporação                   | – Percolação profunda<br>– Runoff | (100-EI)% |      |



# ESTRATÉGIAS PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO

---

Irrigação total da irrigação

---

Irrigação complementar

---

Irrigação com déficit

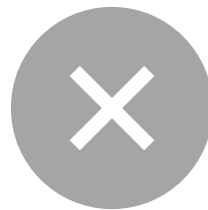
---

Irrigação de “salvação”

# Vantagens da irrigação



INCORPORAÇÃO DE ÁREAS IMPRODUTIVAS A PRODUÇÃO AGRÍCOLA.



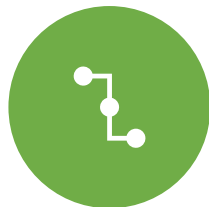
GARANTIA DE PRODUÇÃO → DEFICIÊNCIAS HÍDRICAS.



COLHEITA NA ENTRESSAFRA.



PERMITE MAIS DE UMA SAFRA POR ANO.



PERMITE A FERTIRRIGAÇÃO.



GERAÇÃO DE EMPREGOS.



MELHOR QUALIDADE DA PRODUÇÃO.



AUMENTO DA PRODUTIVIDADE

## Mundo

325 milhões ha irrigados

17% área agrícola mundial

20% produção agrícola

## Brasil

8,2 milhões ha irrigados

5% da área agrícola

8% da produção agrícola

14% do valor econômico da  
produção agrícola nacional.





# Limitações da irrigação



ALTO CONSUMO DE  
ÁGUA → MANEJO  
DA IRRIGAÇÃO.



ALTO CUSTO DE  
IMPLANTAÇÃO.



FALTA DE MÃO-DE-  
OBRA  
ESPECIALIZADA.



SALINIZAÇÃO DE  
SOLOS



IMPACTOS  
AMBIENTAIS.



DISPONIBILIDADE  
HÍDRICA.

# MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO



Via planta



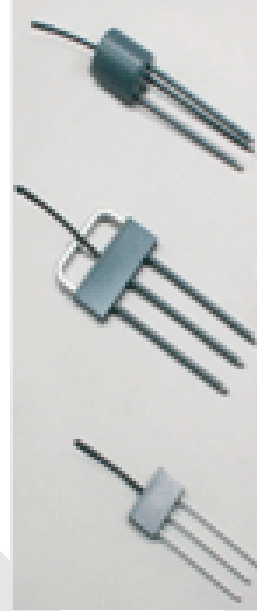
Via clima



Via solo



# TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo)





# Time-Domain Reflectometry (TDR)

- ▶ Medição da constante dielétrica do solo (Pulso elétrico propagado ao longo de uma sonda inserida no solo na qual acontece a reflexão do pulso).
- ▶ Não destrutiva.
- ▶ Calibração.
- ▶ Preciso.
- ▶ Efeitos da salinidade do solo.



# TDR

- ▶ A constante dielétrica é a capacidade de um material não condutor em transmitir ondas ou pulsos eletromagnéticos de alta frequência.
- ▶ solo seco → 5    Ar → 1    Água → 80
- ▶ Pequenas mudanças no conteúdo de água do solo podem ter grande influência na capacitância.

**MONITORAMENTO DO TEOR DE ÁGUA NO SOLO EM TEMPO REAL COM AS TÉCNICAS DE TDR E FDR:**

**<https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1603/1515>**

# TDR



# Instalação da sonda TDR



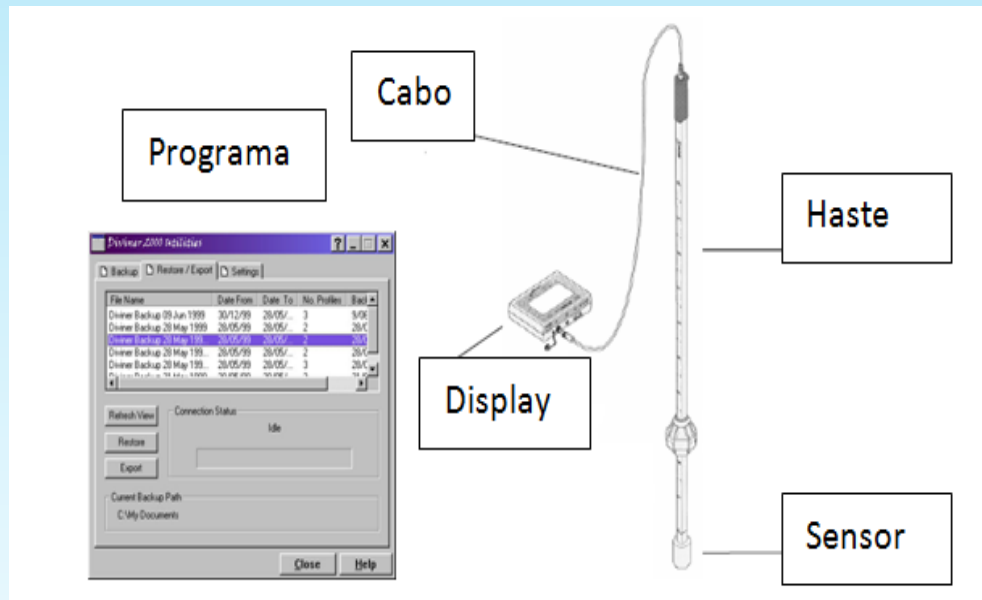


# Sonda FDR modelo DIVINER

Capacitância elétrica para medir a umidade do solo, onde é criado um campo elétrico de alta frequência ao redor de cada sensor, partindo do tubo de acesso e penetrando pelo solo.

O instrumento FDR têm maior flexibilidade do que os equipamentos do tipo TDR no que se refere à forma e frequência de operação dos mesmos, admitindo a construção de sondas multisensores. Pode coletar e estocar informações de até 99 perfis do solo.

# Sonda FDR modelo DIVINER



<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/118884/1/CircularTecnica-109-Onde-posicionar-sensores.pdf>

[http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/10775/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Calibra%C3%A7%C3%A3o%20de%20sensores%20de%20capacit%C3%A2ncia%20%28FDR%29%20para%20estimativa%20da%20umidade%20em%20diferentes%20solos.pdf](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/10775/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Calibra%C3%A7%C3%A3o%20de%20sensores%20de%20capacit%C3%A2ncia%20%28FDR%29%20para%20estimativa%20da%20umidade%20em%20diferentes%20solos.pdf)



Silva, 2005

# Bloco de Gesso

- blocos de resistência elétrica: elementos porosos com eletrodos inseridos.
- Apresenta a vantagem de ser um sensor de baixo custo, ser de fácil fabricação e possuir uma ampla faixa de resposta (50 a 1500 kPa). No entanto, a deterioração da resposta no tempo, e a necessidade de calibração individualizada dos sensores são suas desvantagens.



[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fflabdegaragem.com%2Fmain%2Findex%2Fdetail%3Fid%3D6223006%3Acomment%3A683092%26&psig=AOvVaw1KulvefLNVFbDSrRglLecl&ust=1620755472430000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCPIPjOXWv\\_ACFQAAAAAdAAAAABAK](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fflabdegaragem.com%2Fmain%2Findex%2Fdetail%3Fid%3D6223006%3Acomment%3A683092%26&psig=AOvVaw1KulvefLNVFbDSrRglLecl&ust=1620755472430000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCPIPjOXWv_ACFQAAAAAdAAAAABAK)



# TRACON - Watermark

Dispositivo de detecção de resistência elétrica utilizado para medir a tensão da água no solo.

Uma corrente é aplicada ao sensor para obter um valor de resistência e correlacionada à tensão da água no solo.

Sensor permanente, colocado no solo para ser monitorado



WATERMARK Sensors



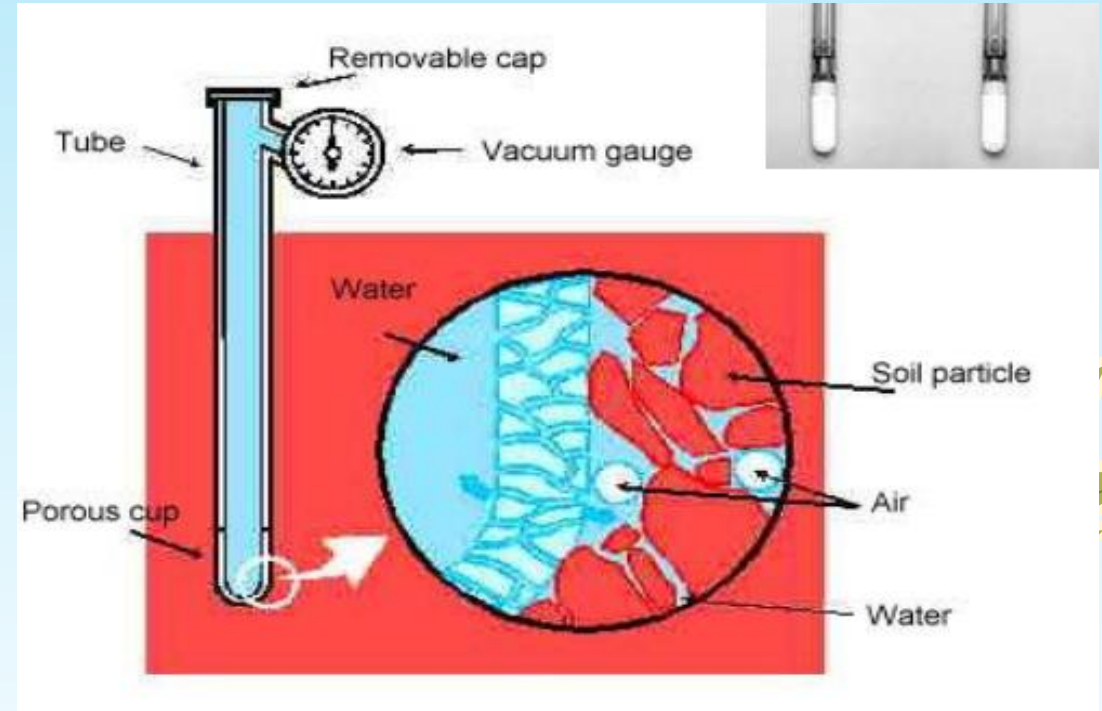
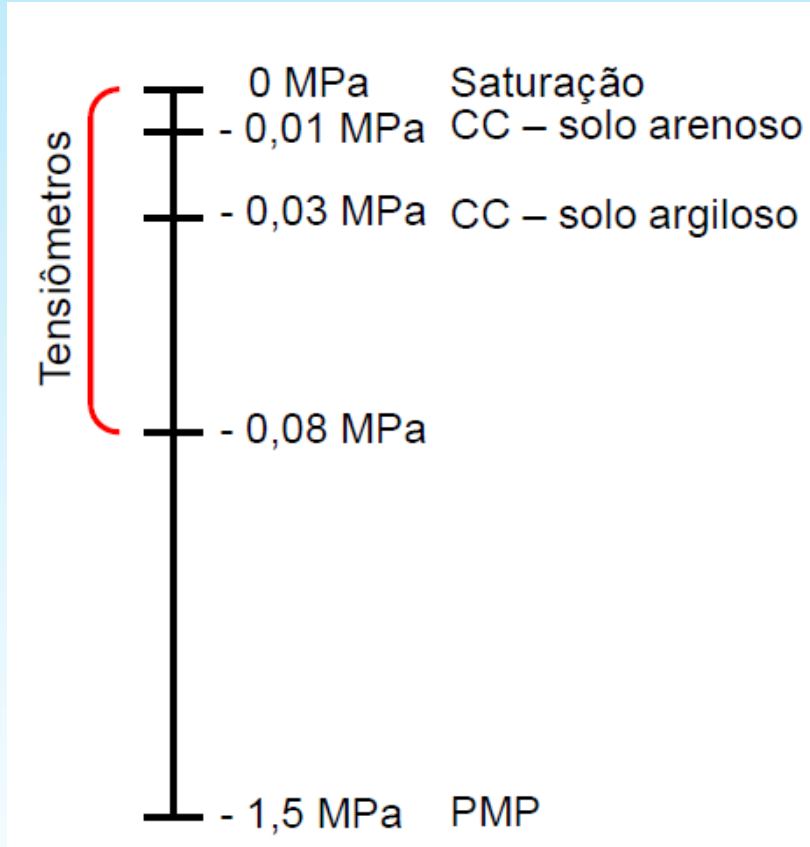
# Tensiômetro

- Tensão da água no solo (Potencial matricial)
- + usado no manejo da irrigação

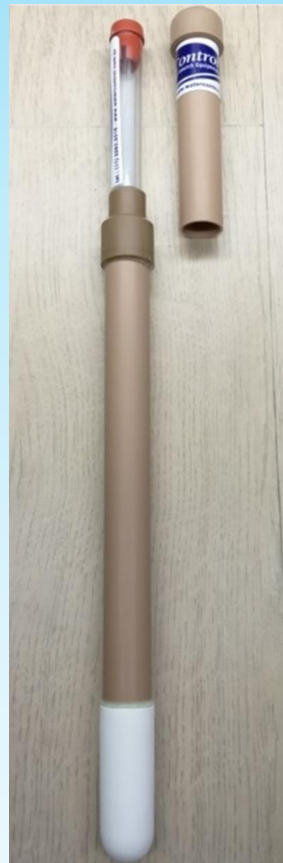
Potencial de água no solo define o estado de energia em que a água se encontra no solo em relação ao potencial padrão

Padrão: água pura isenta de sais, submetida a condições normais de pressão (pressão relativa = 0) e sobre a superfície do solo.

- Amplitude de potencial mátrico de aproximadamente 0 a -80 kPa, além do qual pode romper o contato da água do solo com a água na cápsula do tensiômetro e ocorrer a formação de bolhas de ar no seu interior.
- Solo está saturado, haverá equilíbrio entre a água dentro do tensiômetro e a água do solo → leitura igual à zero.
- Solo não está saturado a água tenderá a se movimentar do tensiômetro para o solo, indicando que o potencial da água dentro do tensiômetro é maior que o potencial da água no solo. Nestas condições o vacuômetro indicará uma subpressão que é a medida direta do potencial hidráulico da água no solo.







Tensiômetros de punção com leitura por tensímetros



# Tensiômetro analógico



# INTERPRETAÇÃO DAS LEITURAS DOS TENSIÔMETROS

## Interpretação geral

- Leituras próximas de 0,8 bar (0,08 MPa) indicam baixo teor de água no solo e leituras menores que 0,1 bar (0,01MPa) indicam solo saturado.
- Leituras entre 0,1 e 0,3 bar indicam umidades próximas da capacidade de campo.
- Leituras entre 0,3 e 0,8 bar indicam o momento de iniciar a irrigação para a maioria das culturas

## Interpretação específica

### Potencial mátrico crítico para produtividade máxima

1 bar = 0,987 atm

| Culturas      | Potencial mátrico crítico (bar) | Culturas    | Potencial mátrico crítico (bar) |
|---------------|---------------------------------|-------------|---------------------------------|
| Repolho       | 0,30-0,50                       | Pimenta     | 0,20-0,40                       |
| Ervilha verde | 0,20-0,30                       | Feijão grão | 0,50-0,75                       |
| Milho verde   | 0,40-0,60                       | Soja        | 0,50-0,80                       |
| Milho grão    | 0,50-0,70                       | Melão       | 0,30-0,50                       |
| Cebola        | 0,40-0,60                       | Citros      | 0,50-0,70                       |
| Batata        | 0,30-0,50                       | Uva         | 0,40-0,60                       |
| Alface        | 0,20-0,30                       | Banana      | 0,30-0,50                       |
| Tomate        | 0,10-0,25                       | Melancia    | 0,30-0,50                       |
| Pimentão      | 0,30-0,50                       | Maçã        | 0,50-0,80                       |



As unidades de medidas utilizadas nos tensiômetros são bastante variadas. Elas podem vir expressas em unidades como kilopascal (kPa), atmosfera (atm), bária (bar), centímetros de água (cmH<sub>2</sub>O), centibária (cbar), centímetros de mercúrio (cmHg), milímetros de mercúrio (mmHg). Essas unidades de pressão podem ser relacionadas entre si utilizando a Tabela 1.

**TABELA 1. Fatores para conversão de unidades de medida de tensão.**

|                       |                                  |            |                                   |
|-----------------------|----------------------------------|------------|-----------------------------------|
| 1 atm                 | = 1 bar x 1,0133                 | 1 bar      | = 1 atm x 0,9868                  |
| 1 atm                 | = 1 cm H <sub>2</sub> O x 1033,3 | 1 bar      | = 1 cm H <sub>2</sub> O x 1019,91 |
| 1 atm                 | = 1 cm de Hg x 76                | 1 bar      | = 1 cm Hg x 75,01                 |
| 1 cm H <sub>2</sub> O | = 1 cm de Hg x 0,0736            | 1 cm de Hg | = 1 cm H <sub>2</sub> O x 13,6    |
| 1 cbar                | = 0,01 bar                       | 1 bar      | = 100 cbar                        |
| 1 cbar                | = 1 kPa                          | 1 bar      | = 100 kPa                         |



Se baseiam no balanço hídrico do conjunto solo-planta-atmosfera

## Padrão: Penman-Monteith (FAO)

<http://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>

$$ETP = \frac{0,408 s(Rn-G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T+273}}{s + \gamma(1 + 0,34 U_2)}$$

onde:

Rn é a radiação líquida total diária ( $MJ m^{-2} d^{-1}$ );

G é o fluxo de calor no solo ( $MJ m^{-2} d^{-1}$ );

$\gamma = 0,063 KPa^{\circ}C^{-1}$  é a constante psicrométrica;

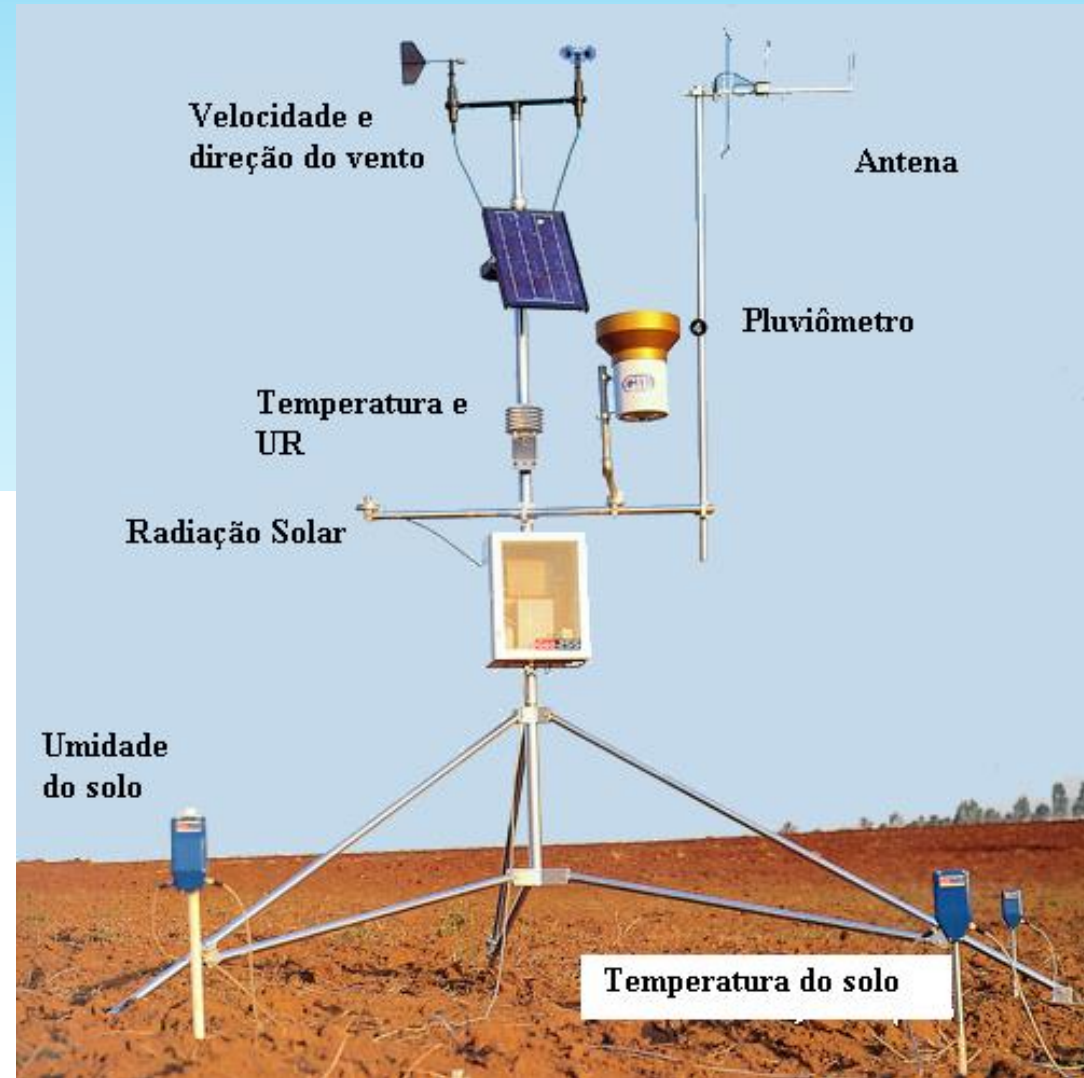
T é a temperatura média do ar ( $^{\circ}C$ );

$U_2$  é a velocidade do vento a 2 metros de altura ( $ms^{-1}$ );

$e_s$  é a pressão de saturação de vapor (kPa);

$e_a$  é a pressão parcial de vapor (kPa);

s é a declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar, em  $KPa^{\circ}C^{-1}$ .

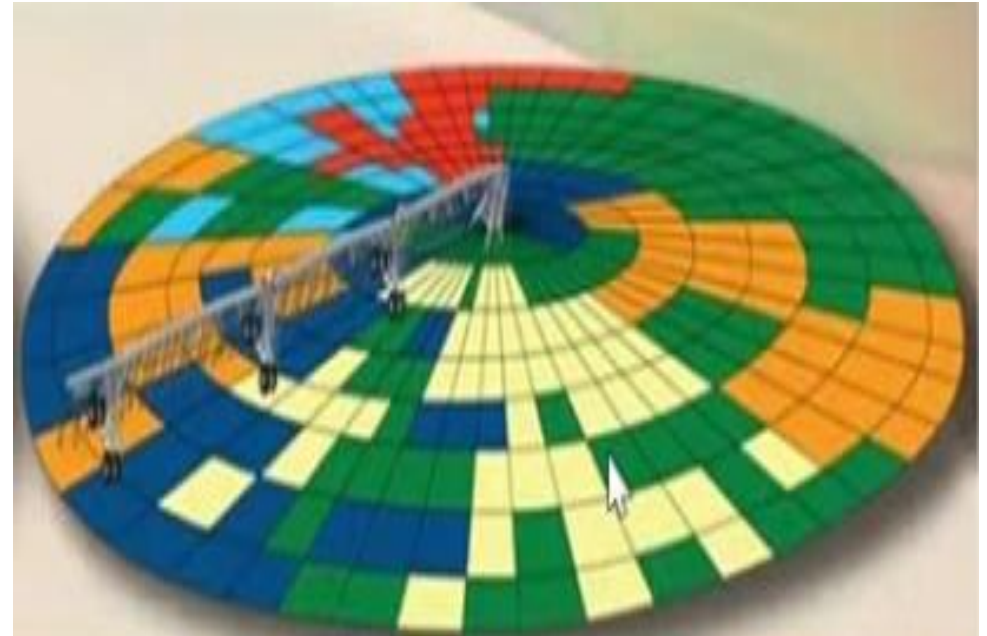
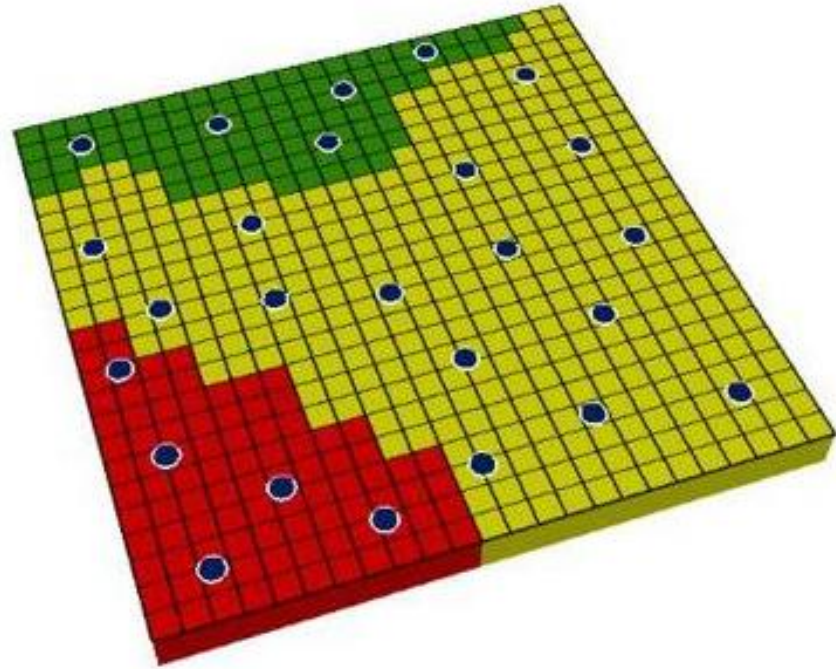


## TANQUE CLASSE A



$$E_{To} = E_{CA} * K_p \text{ (mm)}$$





Prof. Dr. Patricia Angélica Alves Marques ESALQ/USP

# Inteligência artificial

- microcontroladores de baixo consumo energético
- baterias e painéis solares
- algoritmos de inferência das variáveis de medida, de calibração e correção de tais medidas
- aprender e estimar parâmetros a partir de sua base de conhecimento e das condições que o cercam.
- comunicação sem fio





# [ATLAS IRRIGAÇÃO \(snirh.gov.br\)](http://snirh.gov.br)

 ATLAS IRRIGAÇÃO

...



## **ATLAS IRRIGAÇÃO**

Uso da Água na Agricultura Irrigada

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA

Obrigada  
[paamarques@usp.br](mailto:paamarques@usp.br)

