



## MANEJO DA IRRIGAÇÃO DO COQUEIRO NORDESTE PARAENSE E ILHA DO MARAJÓ PARTE I

### USO DO TENSÍÔMETRO

#### 1. Objetivos:

Monitoramento diário das condições de umidade na região das raízes do coqueiro anão, a partir da medição da tensão da água no solo, possibilitando o manejo adequado da irrigação, fornecendo água no momento oportuno e na quantidade suficiente para satisfazer as necessidades hídricas do vegetal

#### 2. Justificativas à irrigação do coqueiro em solos paraenses:

##### 2.1. Influência da Água sobre o Coqueiro:

O coqueiro (*Cocos nucifera*, L) requer precipitação anual elevada e bem distribuída ao longo dos meses. A variação dos níveis de umidade do solo é causa de baixa produtividade. Frémond (1975) considera o regime ideal caracterizado por precipitações de 1560 mm/ano, com médias mensais de 130 mm.

##### 2.2. Escassez de Água no Solo

Child (1974) afirma que período de 3 meses com precipitações inferiores a 50mm é prejudicial ao coqueiro, interferindo no número e tamanho dos frutos e na quantidade de copra, com a produção recuperada somente 2 anos após o período de estiagem. Este fato pode ser explicado considerando que o desenvolvimento da inflorescência inicia-se 16 meses antes da espata abrir e déficits hídricos acentuados podem ocasionar a morte do ponto de seu crescimento, causando o abortamento das flores afetando a produção de frutos.

Frémond et al.(1966), relacionam o menor número de flores femininas em determinada época do ano, as condições desfavoráveis de umidade do solo nos meses que ocorre sua diferenciação.

Menon & Pandalai (1984), observaram que as raízes do coqueiro ao encontrar uma camada endurecida de solo, achatam-se e tornam-se rugosas em virtude de suas tentativas de penetração. Nogueira et al (1998), identificaram na região dos tabuleiros costeiros que a mudanças de consistência dos solos, friável quando úmida e dura quando seca, é causa de deformações nas raízes das plantas.

Pesquisas realizadas pelo IRHO (1976) concluíram que a irrigação adequada favorece o desenvolvimento e a produtividade do coqueiro, bem como contribui para sua precocidade

##### 2.3. Excesso de água no solo

Coomans (1975) encontrou correlação positiva entre quantidade de chuva e a produção, entretanto ressalta que, em excesso pode ser prejudicial às plantas.

Passos & Silva (1990), estudando o comportamento dos estômatos do coqueiro, observam que nos dias chuvosos a redução da radiação solar pela nebulosidade diminui a condutância estomática, devendo interferir no processo fotossintético e de transpiração, além dos inconvenientes ocasionados pelo encharcamento do solo.



Bastos, T.(1972) estudando clima da Amazônia brasileira concluiu que os valores de horas possíveis de insolação durante o período chuvoso, atingem apenas 35% do montante das horas que poderiam ocorrer, mostrando assim o elevado grau de nebulosidade na região.

Ohler (1984), afirma que a inundação reduz drasticamente o número de raízes, por causa da falta de oxigênio. Estagnações temporárias de duração inferior a 48 horas não causam danos as raízes, entretanto àquelas que ficam submersas por longo tempo podem morrer.

Em condições de solo saturado, em áreas de cotas mais baixas na fazenda São João (Salvaterra/PA), as raízes dos coqueiros emergiram e desenvolveram-se acima do solo. Nesses locais as plantas, apresentavam folhas mais curtas e bastante cloróticas, recuperando-se no período de estiagem. A produtividade foi afetada.

Yusuf & Varadan (1993), citados por Nogueira et al, creditam a redução do suprimento de nutrientes às plantas ao mau funcionamento das raízes em solos encharcados.

### **3. Possibilidades de Expansão da Cultura do Coqueiro Anão:**

No Pará a distribuição uniforme de chuvas ao longo do ano restringe-se a menos de 5% de seu território, limitando-se ao entorno da capital, em um raio aproximado de 60 km. Nas demais microrregiões, o déficit hídrico tem sido a causa principal do baixo rendimento da lavoura, exigindo irrigação suplementar.

Observando o comportamento de pomares de coco anão durante o período de estiagem, em 2001 e 2002, no Município de Capanema (150 km de Belém), registraram-se déficits moderados nos meses de agosto e setembro, que provocaram a paralisação do crescimento das plantas mais jovens, queda das flores e de frutos e secamento rápido das folhas mais velhas. A intensificação das retiradas de água pelas plantas sem a devida reposição, fez dos meses subseqüentes, outubro, novembro e dezembro, os mais críticos à lavoura, provocando clorose generalizada, curvamento e posterior quebra das folhas. Em cultivos jovens, o índice de mortalidade foi bastante elevado e, nas áreas em produção, a falta de chuva provocou a queda de frutos, secamento precoce das folhas mais velhas, aumento no tempo de emissão de folhas novas, redução do número e do tamanho dos frutos nos cachos

### **4. Estimativa da Demanda de Água:**

No Brasil, de modo geral, tem-se utilizado, para determinação da quantidade de água exigida pelo coqueiro adulto, o fator de cultivo (Kc) igual a 0,80. Os resultados obtidos, segundo Nogueira et al (1998), têm sido satisfatórios, mesmo baseados em experimentos conduzidos principalmente no Nordeste. Esta dificuldade pode ser superada com monitoramento por tensiometria da umidade do solo, possibilitando realizar os ajustes necessários das quantidades de água aplicada.

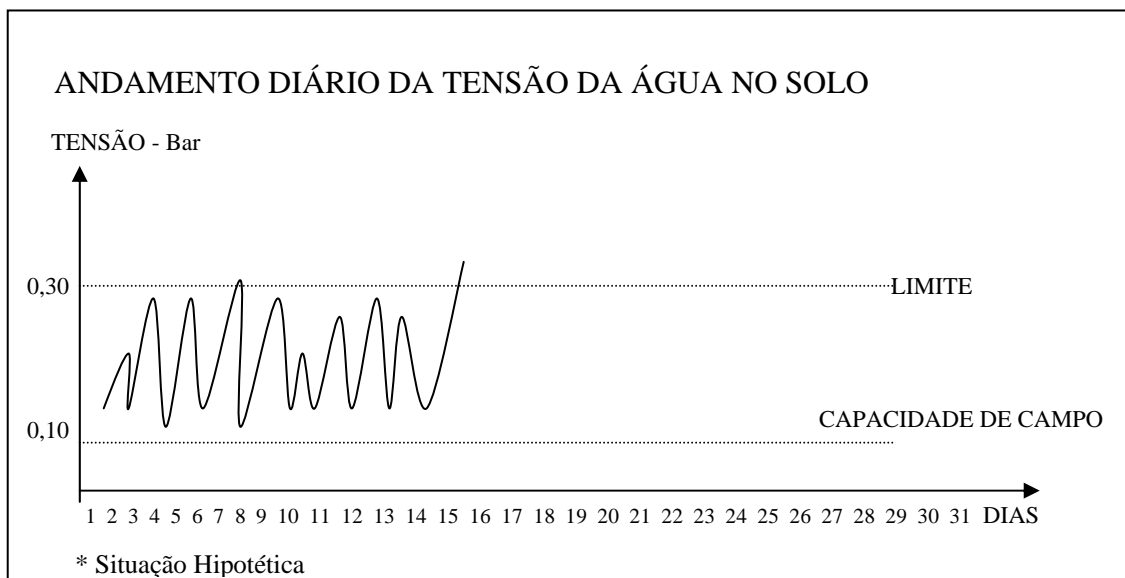
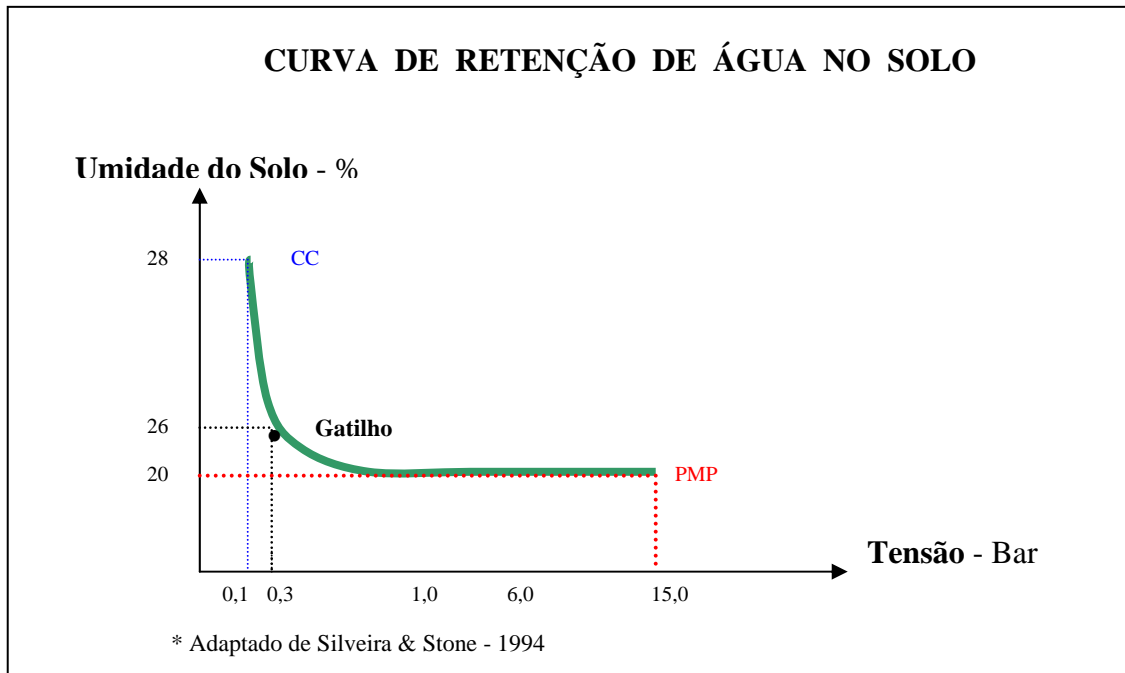
### **5. Metodologia para uso do tensiômetro:**

Sugere-se monitorar o nível de umidade do solo, em pelo menos duas profundidades, de 20 a 30 cm e de 50 a 60 cm. Usar duas ou mais baterias de tensiômetros, preferencialmente com manômetro de mercúrio. Estabelecer como faixa ideal para solos arenosos as tensões de 0,15 a 0,25 bar, para os de textura média 0,25 a 0,35 bar e para os argilosos 0,35 a 0,50 bar. Para converter as medições da coluna de mercúrio (cmHg) em tensão da água no solo



expressa em bar, utiliza-se a equação desenvolvida no “Padrão de Leitura” ou através do *software Amazônia Irrigação*.

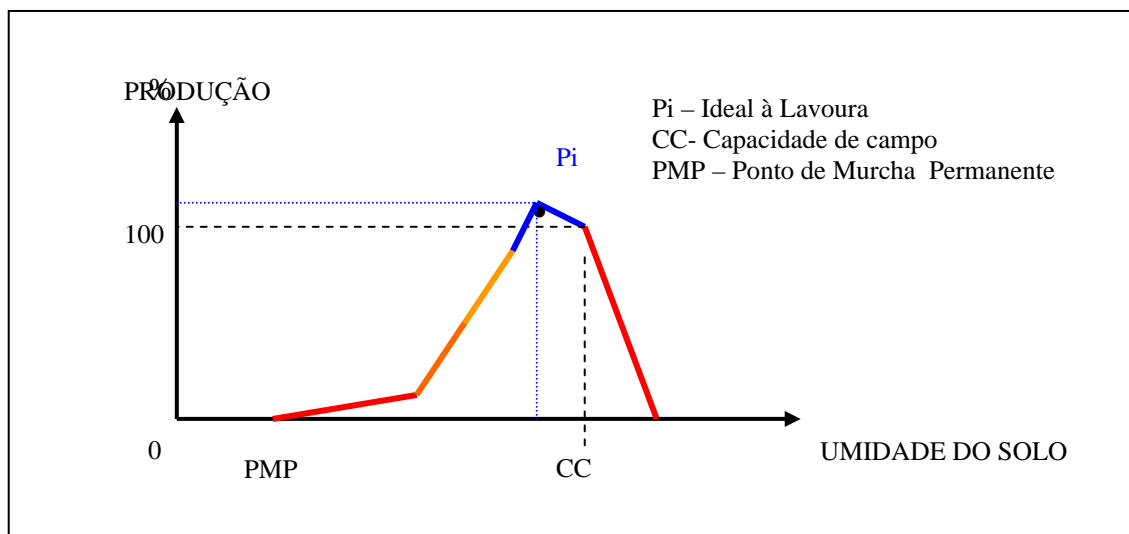
As tensões registradas correspondem ao conteúdo de água disponível no solo, possíveis de serem aferidos com auxílio da curva de retenção hídrica determinada em laboratório. Silveira & Stone (1994) consideram que a curva de retenção hídrica facilita a estimativa da disponibilidade de água no solo para as plantas, na profundidade desejada, permitindo monitoramento da quantidade armazenada, máxima (capacidade de campo), mínima (ponto de murcha permanente) ou em qualquer ponto da curva.





O gráfico do andamento diário da tensão da água no solo deve flutuar entre a capacidade de campo e o limite estabelecido para a lavoura, que neste exemplo é de 0,10 e 0,30 bar, respectivamente. Esse tipo de manejo tem como característica a alta frequência de reposição de água no solo, garantido por intervalos entre regas de 24 ou 48 horas.

A água disponível as plantas situa-se entre o ponto de murcha permanente e a capacidade de campo, entretanto as melhores respostas à produção são obtidas quando a umidade do solo é mantida sempre próxima à CC. Nesta situação, a força de atração das moléculas de água pela pelas partículas do solo (baixa tensão da água no solo) facilita a retirada do líquido pelos vegetais com gasto mínimo de energia. Ao se distanciar desse ponto, embora as plantas ainda consigam absorver água, o esforço dispendido proporciona reduções consideráveis no crescimento e na produção.



O ajuste da lâmina de irrigação a partir da leitura do tensiômetro é bastante simples. Em condições de campo, quando a tensão máxima diária ultrapassa o limite preestabelecido para cultura, deve-se aumentar o tempo de rega. Por outro lado, quando a máxima se mantém muito próximo à capacidade de campo e a mínima indica excesso de umidade no solo, o tempo de irrigação deverá sofrer redução. Essas intervenções são facilitadas nos sistemas automatizados.

Nos cultivos paraenses monitorados, após alguns ajustes no início da irrigação, não se observou grande variação durante o período de estiagem, apesar da necessidade de pequeno acréscimo na lâmina bruta a partir de setembro na Fazenda São João - Ilha do Marajó, fato relacionados à ação de ventos de maior intensidade vindos do mar, típicos daquela microrregião, na época, em que a nebulosidade, a umidade relativa do ar e a possibilidade de chuvas, são menores. Neste ambiente, o suprimento adequado de água é a “chave” para obtenção de expressivos rendimentos nos coqueirais.



Para estimar a quantidade de água de irrigação, recorre-se a curva de retenção hídrica e a leitura da tensão no reinício da rega. Silveira & Stone (1994), propõem os seguintes cálculos:

a) Estimativa da Lâmina Líquida para Irrigação:

$$LL = (CC - MI) \cdot Pc$$

Onde,

LL – Lâmina Líquida, em mm

CC – Capacidade de Campo, em  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$  de solo

MI – Volume de água na tensão observada antes do reinício da irrigação, em  $\text{cm}^3$  de água

Pc - Profundidade do solo desejada, em cm

A lâmina líquida –LL, corresponde ao déficit de água existente no solo no momento do reinício da rega.

Para recarregar o solo, isto é, repor a quantidade de água necessária ao retorno à capacidade de campo, deve-se considerar além da lâmina líquida, a eficiência do sistema de irrigação, definindo assim o volume real de reposição ou Lâmina Bruta.

$$LB = LL \cdot 100/Ei$$

Onde,

LB – Lâmina Bruta, em mm

Ei = Eficiência do Sistema

Microaspersão – 85%

Gotejamento - 90%

## Exemplo 01

Tomando por base a curva de retenção hídrica anteriormente representada.

**Capacidade de Campo** = 0,1 bar correspondendo a  $0,28 \text{ cm}^3$  de água/ $\text{cm}^3$  de solo

**MI (Momento da Irrigação)** = 0,30 bar, correspondendo a  $0,26 \text{ cm}^3$  de água/ $\text{cm}^3$  de solo

**Profundidade efetiva das raízes** = 30 a 50 cm (coqueiro)

LÂMINA LÍQUIDA:

$$LL = (0,28 - 0,26) \cdot 50$$

$$LL = 1 \text{ cm ou } 10 \text{ mm}$$

LÂMINA BRUTA:

$$LB = 10 \cdot 100 / 85$$

$$LB = 11,76 \text{ mm}$$

A microirrigação por ser pontual, isto é, por não atingir a área total do cultivo, merece cuidados especiais para o cálculo do tempo de rega, necessário ao suprimento da Lâmina Bruta.



## PROCEDIMENTOS

Área de Influência do microaspersor (compatível com a área ocupada pelas raízes)

Raio molhado = 2 m

Área molhada = 12,56 m<sup>2</sup>

Vazão do Microaspersor Selecionado = 50 litros/hora

Intensidade de Precipitação – IP:

IP = 50 / 12,56

**IP = 3,98 l/m<sup>2</sup>/h ou mm/hora**

Tempo de Rega:

T = LB / IP

**T = 2,96 horas ≅ 3 horas**

Apesar da grande concentração das raízes nos primeiros 50 cm de profundidade do solo e sua maior dispersão em torno da planta, em um raio de 2,0 metros, a maioria dos autores consideram o tensiômetro localizado até 30 cm, como referencial para decisão sobre a lâmina de irrigação. Provavelmente, este fato decorra, de ser a camada mais superficial do solo a primeira a sofrer os efeitos, da evaporação, da percolação por ação da gravidade e das retiradas pelas raízes das plantas (cultivadas e daninhas). Entretanto o monitoramento de profundidades maiores, permite análises mais precisas das demandas das plantas cultivadas, pois alta frequência de irrigação com lâminas hipoteticamente pequenas ou insuficientes, podem manter as leituras em níveis razoáveis na superfície, mas como nesse ponto a água é totalmente consumida, não permite a recarrega integral da camada de solo que comporta o restante das raízes das plantas. Neste caso, a tensão da água do solo em nível de 50 cm, atinge valores indesejáveis. Este fato pode ser observado na planilha “Movimento Diário da Tensão da Água no Solo – Fazenda Ipê Amarelo”, que no início do mês de janeiro de 2003, o tensiômetro localizado a 30 cm de profundidade registrava flutuação entre 0,10 a 0,25 bar, enquanto que o outro instalado a 50 cm indicava tensões acima de 0,60 bar. Mesmo considerando a variação de textura entre os horizontes, com conteúdo maior de argila no mais profundo, havia um déficit acumulado que indicava claramente a necessidade de aumento da lâmina de irrigação, situação superada pela elevação do tempo de rega.

Fatores ligados à eficiência do sistema e a economia de água, captado pela tensiometria, dizem respeito à escolha dos emissores, pois em muitos projetos estimam-se volumes de água a repor por planta corretamente, entretanto utilizam microaspersores com bocais de maior vazão com a intenção de reduzir o tempo de fornecimento dessa lâmina, sem levar em consideração o aumento do raio molhado, a área de dispersão do sistema radicular e a intensidade de precipitação (diretamente proporcional à vazão, mas inversamente a área efetivamente irrigada), pode-se exemplificar:

### Situação A

LB = 11,76 mm

Vazão do Emissor = 100 l/h

Raio alcance = 4 m

Área Molhada = 50,24 m<sup>2</sup>

TV. 14 de Abril, 772, CEP: 66060-460, Bairro: São Braz Tel/ Fax: 3236-4177

E-mail: [amazôniairrigacao@yahoo.com.br](mailto:amazôniairrigacao@yahoo.com.br) Site: [www.amazoniairrigacao.com.br](http://www.amazoniairrigacao.com.br)

CNPJ: 04.022.855/ 0001-74 Inscr. Est.: 15.213.217-1

Belém - PA



Intensidade de Precipitação -  $IP = 100 / 50,24$  **IP = 1,99 mm/h**  
Tempo de Rega =  $11,76 / 1,99 = 5,9$  horas

Em se tratando de coqueiro, onde a maioria do sistema radicular concentra-se a 2 metros do estipe, o alcance maior do emissor provocaria desperdício de água. São necessárias 5,9 horas de funcionamento do sistema para que o solo nessa grande área retorne a sua capacidade de campo.

### Situação B

LB = 11,76 mm

Vazão do Emissor = 50 l/h

Raio de alcance = 2 metros

Área Molhada = 12,56 m<sup>2</sup>

IP =  $50 / 12,56 = 3,98$  mm/h

Tempo de Rega =  $11,76 / 3,98 = 2,95$  horas

Neste caso, atingir-se-ia somente o solo na área de influência do sistema radicular do coqueiro, fazendo-o retornar a sua capacidade de campo com um volume de água próximo a 150 litros. Enquanto que na situação anterior (A), essa quantidade atingiria 590 litros.

### 6- PADRÃO DE LEITURA:

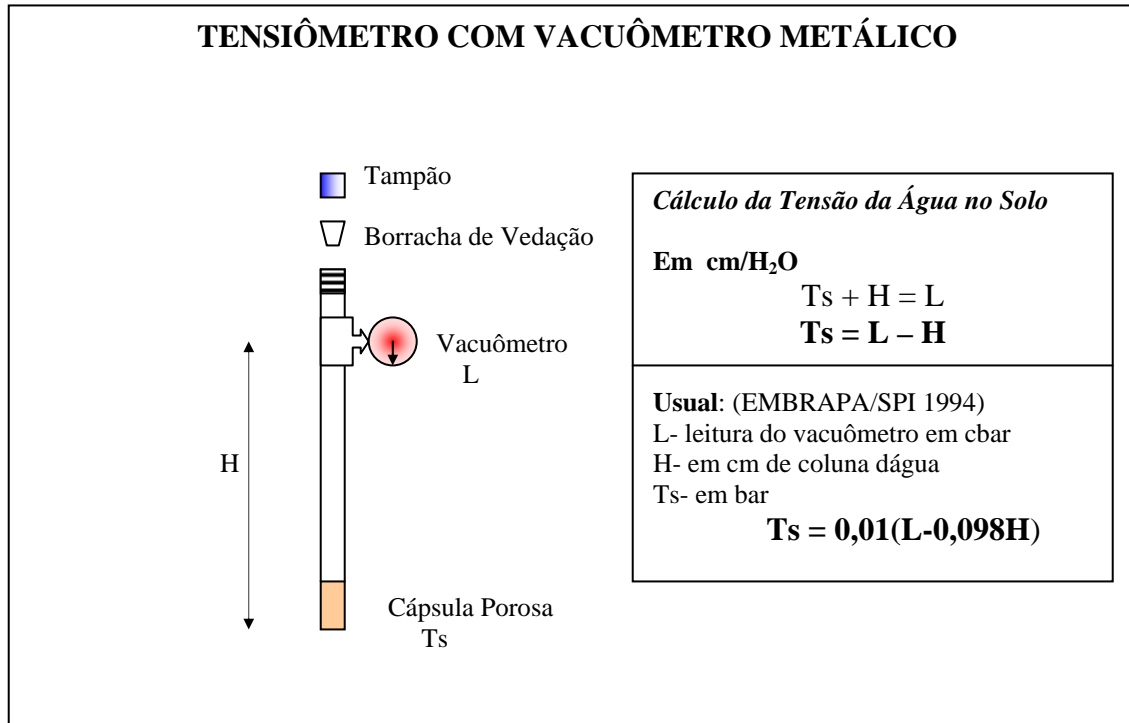
Diz respeito ao critério de uso do tensiômetro e a interpretação das leituras.

Faria & Costa (1987), citados por Silveira & Stone, consideram que a tensão da água do solo determinada no tensiômetro, está diretamente relacionada com a facilidade ou dificuldade de sua absorção pelas raízes das plantas. Isto porque, para que ocorra absorção, é necessário que as raízes exerçam tensões mais negativas, estabelecendo gradiente favorável ao fluxo.

Para facilitar o entendimento é importante descrever os princípios básicos de funcionamento do aparelho:

O tensiômetro é constituído por um tubo de PVC, de comprimento variável, que possui na extremidade inferior uma cápsula de porcelana porosa e, na superior, uma tampa com borracha de vedação para mantê-lo hermeticamente fechado, logo abaixo, instala-se o vacuômetro ou conecta-se o microtubo do manômetro de mercúrio. Este aparelho é integralmente preenchido com água e, com auxílio de uma pequena bomba, retiram-se bolhas de ar que porventura existam no seu interior

Ao se instalar um tensiômetro há uma tendência de equilíbrio entre a água do solo e a existente no aparelho, pela comunicação mantida através da cápsula porosa, estabelecendo um contínuo. Nesta situação, quando o solo começa a perder água, força a retirada do líquido do interior do tensiômetro, criando um vácuo na sua extremidade superior, imediatamente registrada pelo vacuômetro. Assim, quanto mais seco o solo, maior será o vácuo produzido. Quando ocorre chuva ou irrigação, o movimento da água é inverso, passando do solo para o aparelho, reduzindo o vácuo e, conseqüentemente, os valores da leitura.



A leitura do vacuômetro pode estar expressa em outra unidade de pressão, como; Pascal (Pa), KPa, Atmosfera, cmHg, mmHg, cm/H<sub>2</sub>O, mca, Kg/cm<sup>2</sup>, etc. Para facilitar a conversão, utiliza-se a seguinte relação:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm/Hg} = 76 \text{ cm/Hg} = 1033 \text{ cm/H}_2\text{O} = 1,013 \text{ bar} = 101,3 \text{ Kpa ou cbar.}$$

**Exemplo 01:**

**Calcular a tensão da água no solo:**

Leitura do Vacuômetro (L) = 20 cbar

Comprimento Tensiômetro = 1 metro

Cálculo da tensão, em cm/H<sub>2</sub>O:

- 1) Leitura, L = 20 cbar = 203,95 cm/H<sub>2</sub>O
- 2) Comprimento H = 1 m = 100 cm
- 3) Tensão da água no solo – Ts em cm/H<sub>2</sub>O

$$Ts = L - H$$

$$Ts = 203,95 - 100$$

$$Ts = 103,95 \text{ cm/H}_2\text{O}$$

- 4) Converter a unidade de Tensão para bar:

$$1,013 \text{ bar} = 1033 \text{ cm/H}_2\text{O}$$

Logo,

$$Ts = 103,95 \text{ cm/H}_2\text{O} = 0,102 \text{ bar}$$

Cálculo pela equação padrão – Usual

$$Ts = 0,01(L-0,098H)$$

$$Ts = 0,01(20-0,098.100)$$

$$Ts = 0,102 \text{ bar}$$

Onde,

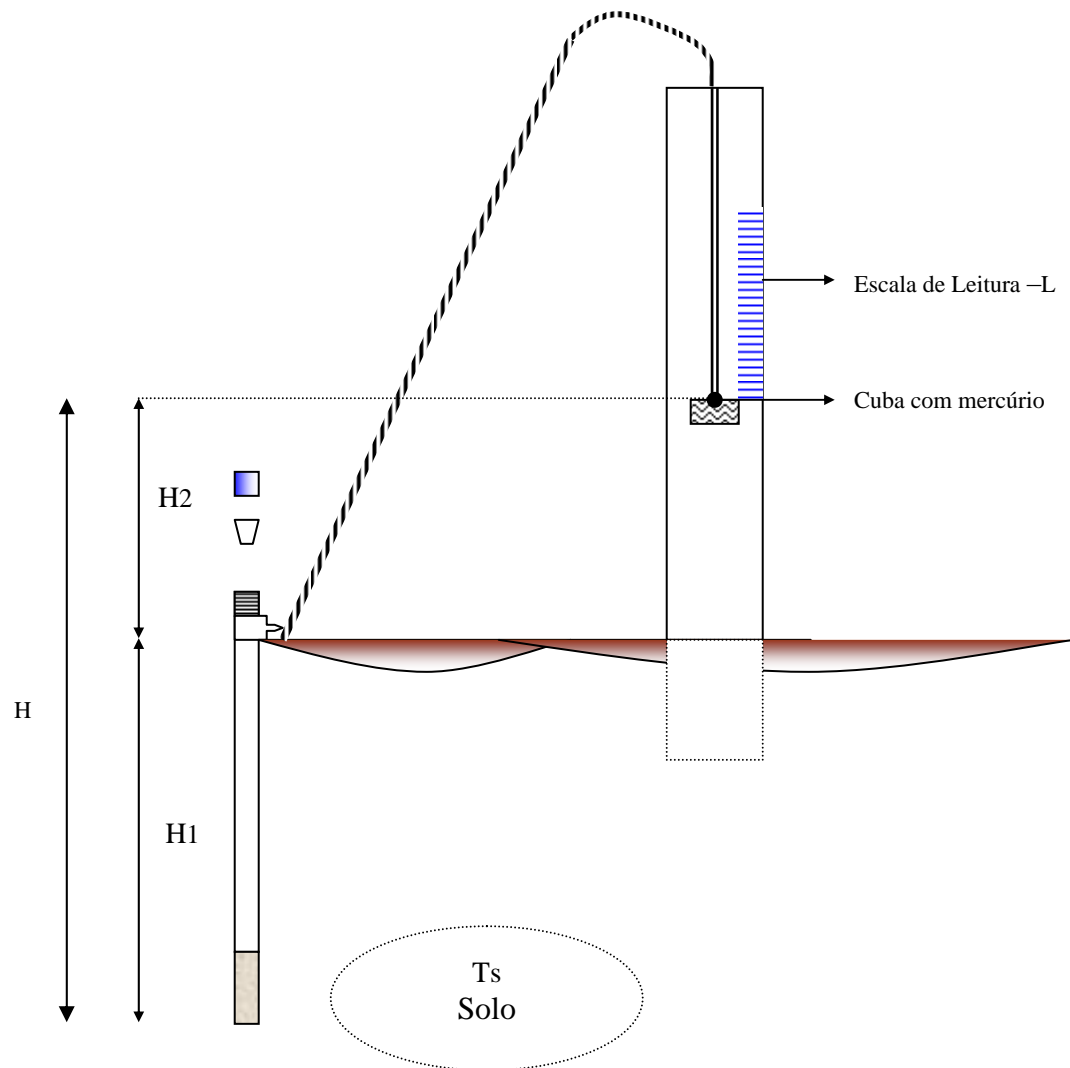
H = cm de coluna d'água (cmH<sub>2</sub>O)

Ts = em bar.





## TENSIÔMETRO COM MANÔMETRO DE MERCÚRIO



Como a tensão é normalmente expressa em bar e  $1,000 \text{ bar} = 1020 \text{ cm/Hg}$   
 $T_s = \frac{12,6 L - (H_1 + H_2)}{1020}$ , em bar.



**Exemplo 02:**

Determinar a Tensão em cmH<sub>2</sub>O e cm/Hg  
Comprimento do Tensiômetro – H1 = 30 cm  
Leitura = 30 cm/Hg  
Altura da cuba de Mercúrio – H2 = 40 cm

**Fórmula Direta – Tensão em bar**

$$Ts = \frac{12,6.L - (H1 + H2)}{1020}$$

Sendo expresso;

H1 e H2 em cmH<sub>2</sub>O

L em cmHg

Ts em bar

$$Ts = 0,3020 \text{ bar}$$