



**XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**  
**DATA: 27 a 30 de novembro de 2012**

**CALIBRAÇÃO DE UM LISÍMETRO DE PESAGEM HIDRÁULICA  
AUTOMATIZADO PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO**

*Antônio Henrique C. do Nascimento; Nadielan da S. Lima; Suzana M. G. L. Montenegro;  
João A. C. de Albuquerque Filho; Ênio F. F. e Silva & Abelardo A. de A. Montenegro*

**João Pessoa - PB**  
**Novembro de 2012**

# INTRODUÇÃO



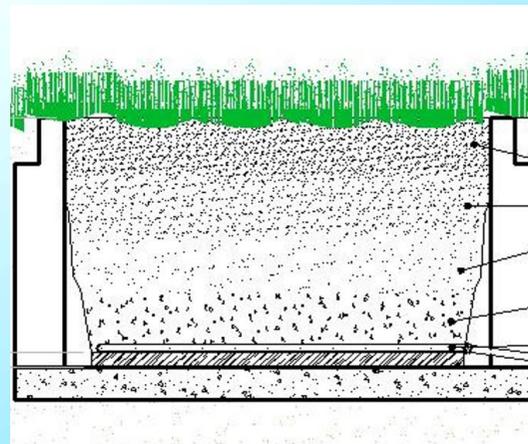
Lisímetros são tanques preenchidos com solo, localizados no campo, de forma a assemelhar-se às condições ambientais.

(ABOUKHALED et al., 1982)



São estruturas especiais em que um volume de solo vegetado é devidamente isolado, a fim de que todas as entradas e saídas de água desse sistema sejam controladas.

(SENTELHAS, 2001)



# INTRODUÇÃO



**Pesáveis:**(Em que a ET é determinada por um mecanismo de pesagem)

Eletrônica  
Hidráulica



**Não-pesáveis:** (Dedução e Subtração das massas de água)

Drenagem

$$ET = P + I - D$$





## Objetivo



Calibrar um lisímetro de pesagem hidráulica, avaliando o desempenho de um sensor eletrônico de pressão hidrostática, para automação de leituras de evapotranspiração.



## Material e métodos

### LOCALIZAÇÃO EXPERIMENTAL:

Departamento de Tecnologia Rural - UFRPE

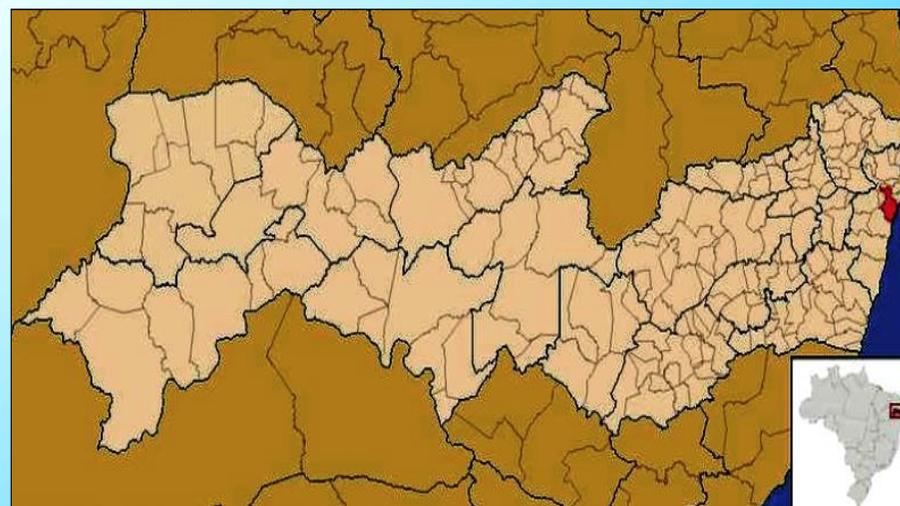
8°01'05" S e 34°56'48" W, altitude de 6,4 m

### CLIMA:

Tropical úmido (Koppen)

Médias anuais: Umidade relativa (79,8%); Precipitação (2417 mm); Temperatura (25,5 °C)

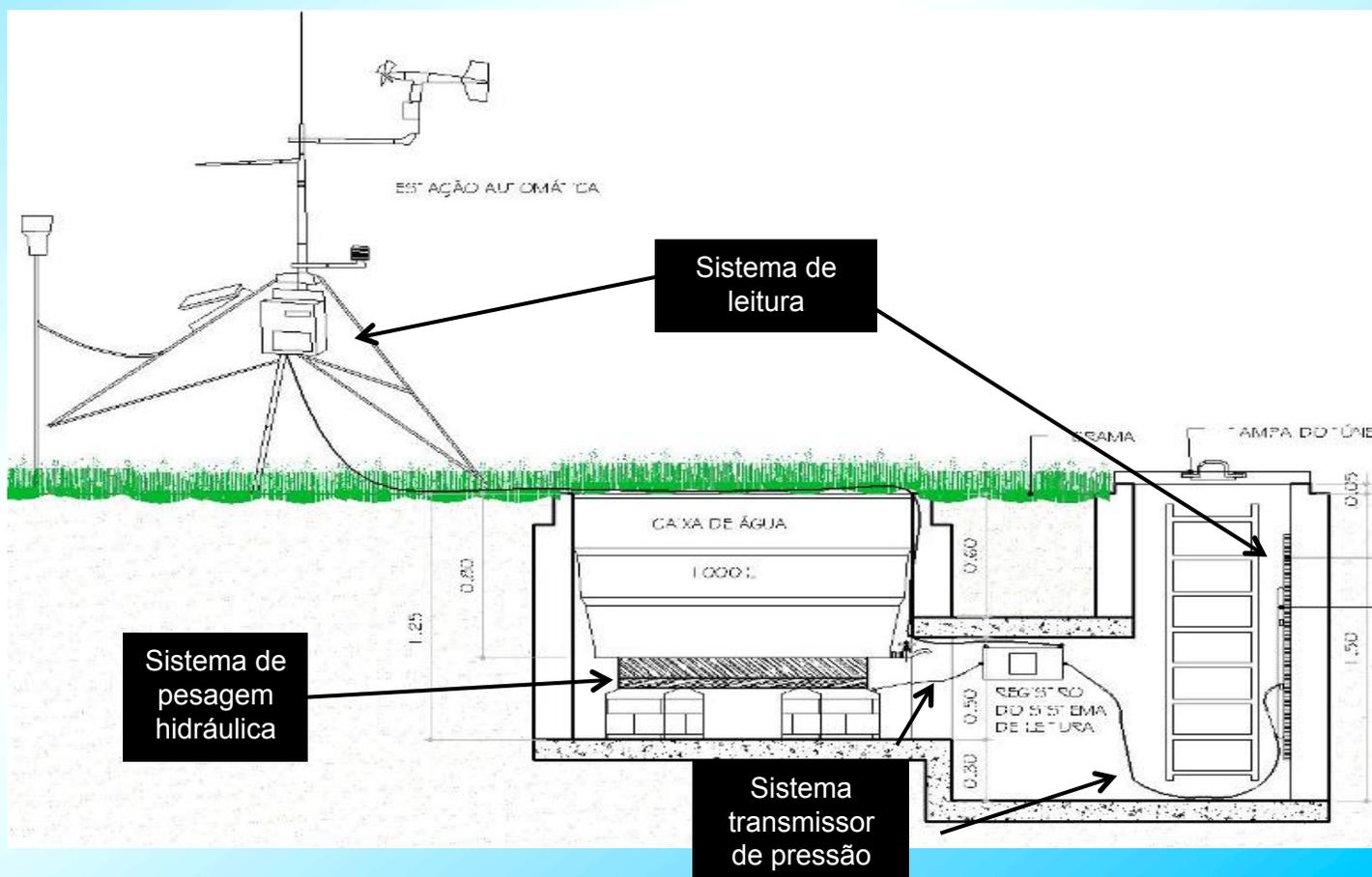
(INMET, 2009)



# LISÍMETRO DE PESAGEM HIDRÁULICA



O lisímetro de pesagem hidráulica foi composto dos seguintes componentes:





## Material e métodos

### Sistema de pesagem hidráulica

Três células de carga hidráulica de butil-propileno, reforçado com tecido de nylon (Spirafat 4" x 0,95 m)  
Preenchidas com água fervida e tratada com  $\text{CuSO}_4$ .  
Vedadas nas extremidades por Presilhas ( $\frac{3}{4}$ " x 0,22 m)





## Material e métodos



### Sistema de pesagem hidráulica

Três perfis metálicos em forma de "U" com largura de 0,15 m, abas de 0,05 m e comprimento de 0,65 m;

Estrado em forma de triângulo equilátero (similar de Silva (2005) e Oliveira (2007)),





## Material e métodos

### Sistema transmissor de pressão

Inserido em uma das extremidades de cada mangueira Spirafat;

Conexões tipo "engate rápido" com mangueira de nylon rígida





## Material e métodos



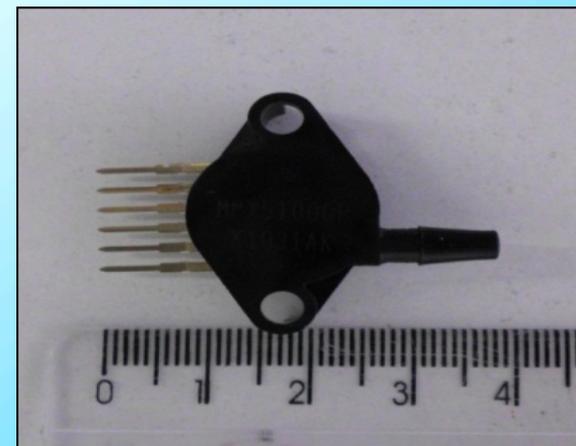
### Sistema de leitura

Composto por dois sistemas independentes:

1. Manômetro com pistão de mercúrio
2. Sensor de pressão hidrostática



Manômetro



Sensor de pressão



## Material e métodos

### Sistema de leitura

**Manômetro com pistão de mercúrio**  
Similar ao utilizado por Santos (2004) e Oliveira (2007)  
Inclinação de  $30^\circ$



Manômetro



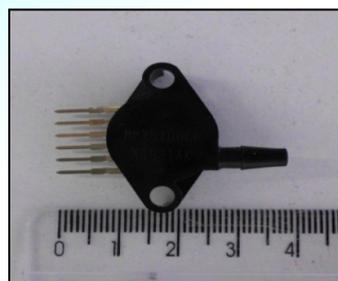
Régua de leitura (mm)



## Material e métodos

### Sistema de leitura

**Sensor de pressão hidrostática**  
Modelo MPX5100-GP da Motorola  
Sensibilidade de 0,01 mV e capacidade de até 10 m.c.a.  
Registro no datalogger, modelo CR1000 (Campbell Scientific)



Sensor de pressão



Sensor acoplado ao registro



Registro no Datalogger



## Material e métodos



### Determinação do volume ideal do fluido nas células hidráulicas

Busca pela superfície de contato mais constante possível entre os travesséis e a base

Retiradas sucessivas de volumes iguais (100 mL)  
(SILVA, 2000)



Volume inicial de  
20 L



Retiradas iguais de  
100 mL





## Material e métodos



O processo de calibração foi dividido em duas etapas:  
Centro do lisímetro



Carregamento e descarregamento  
50 sacos de brita nº 1 com peso equivalente de 1,32 kg  
ou 1 mm  
Total de 66,36 kg ou 50 mm de equivalente de água.





## Material e métodos



### Nos quadrantes do lisímetro

25 sacos de brita de 1,32 kg ou 1 mm, totalizando 33,18 kg ou 25 mm de equivalente de água, com intuito de verificar a estabilidade do equipamento pelo ERMP;



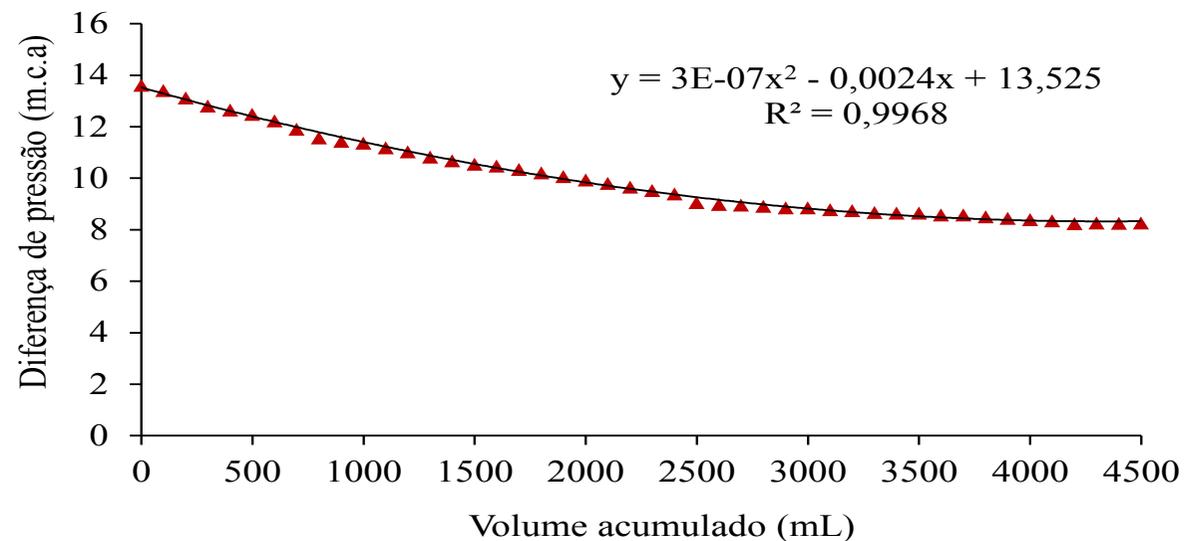
# RESULTADOS E DISCUSSÃO



## VOLUME IDEAL DO FLUIDO NOS TRAVESSEIROS HIDRÁULICOS

Houve uma redução na pressão de 5,3 m.c.a.;

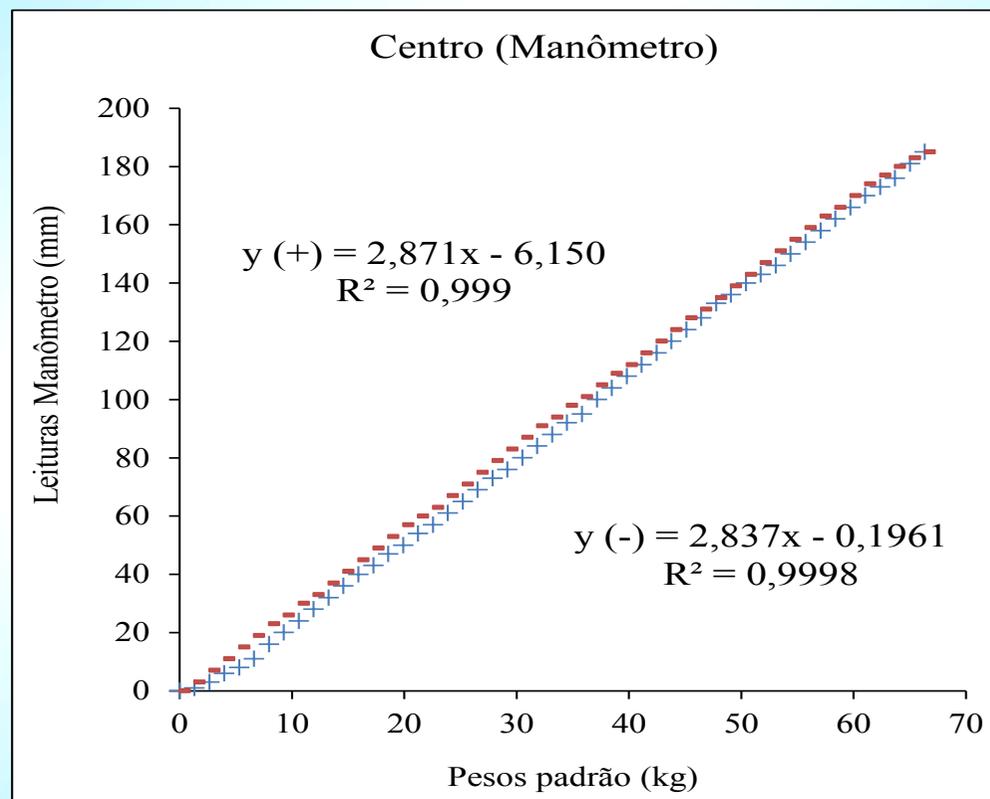
O volume final nos travesseiros hidráulicos foi de 15,5 litros;



# RESULTADOS E DISCUSSÃO



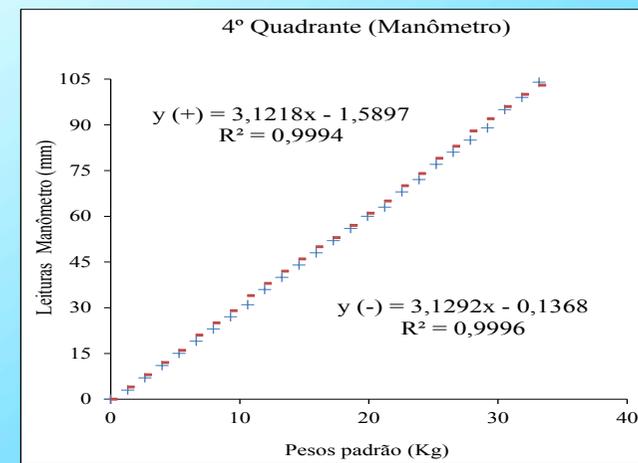
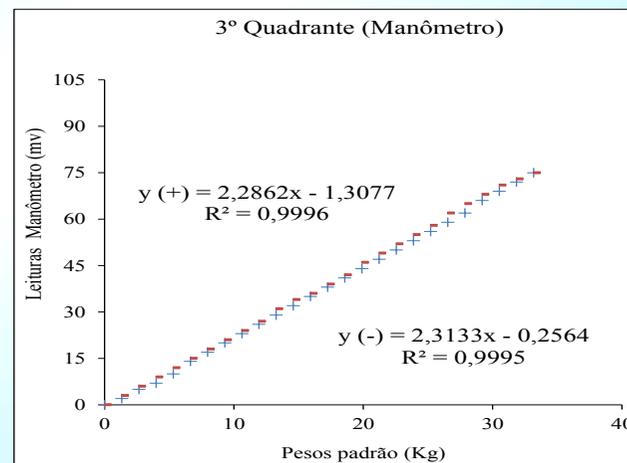
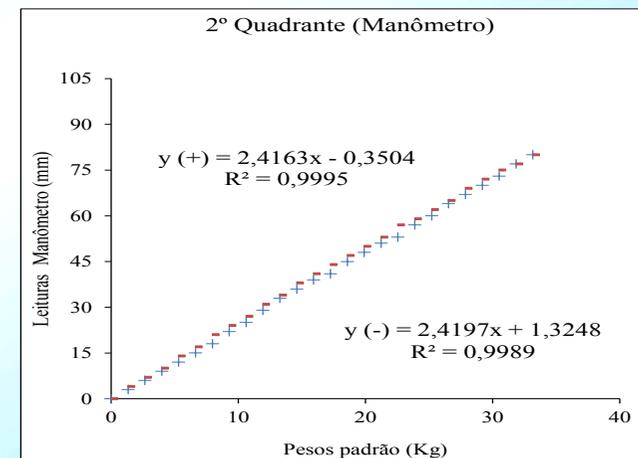
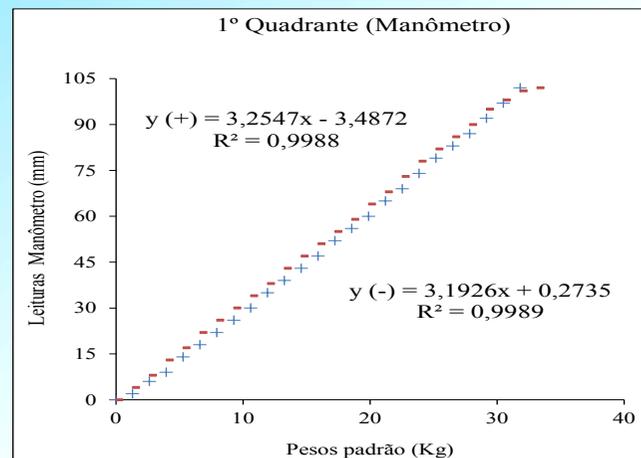
## COEFICIENTE DE CALIBRAÇÃO



# RESULTADOS E DISCUSSÃO



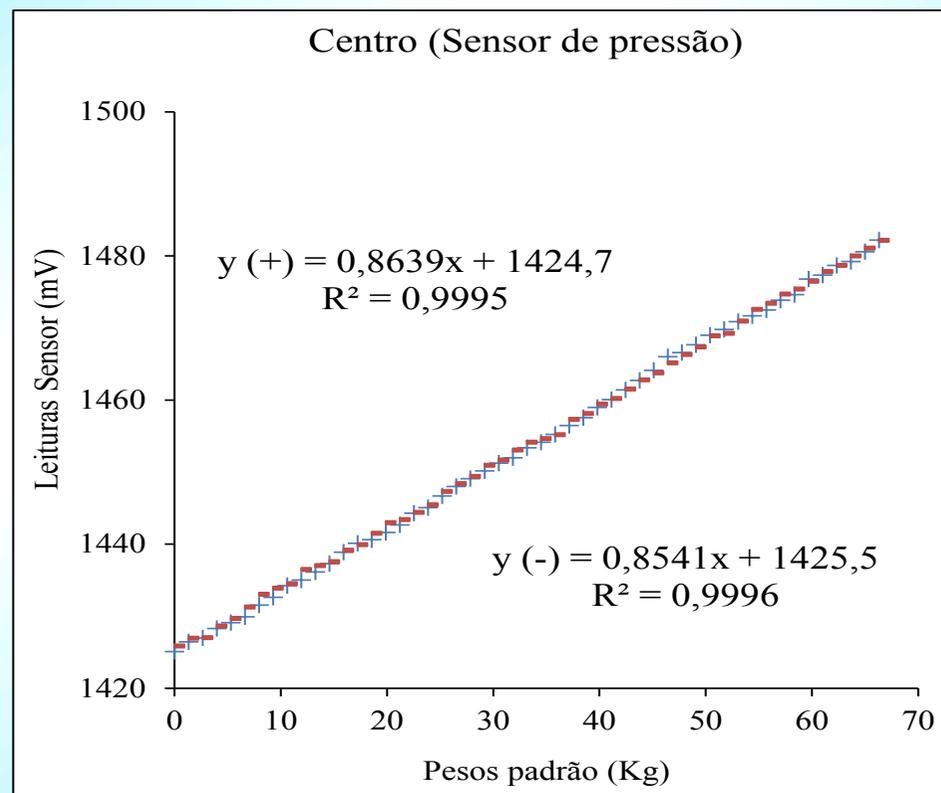
## COEFICIENTE DE CALIBRAÇÃO



# RESULTADOS E DISCUSSÃO



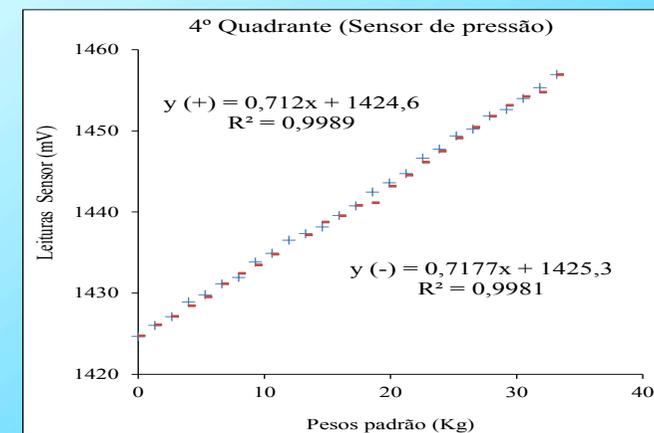
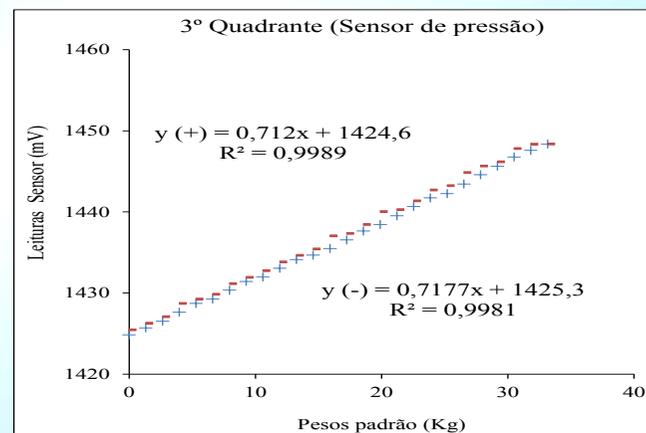
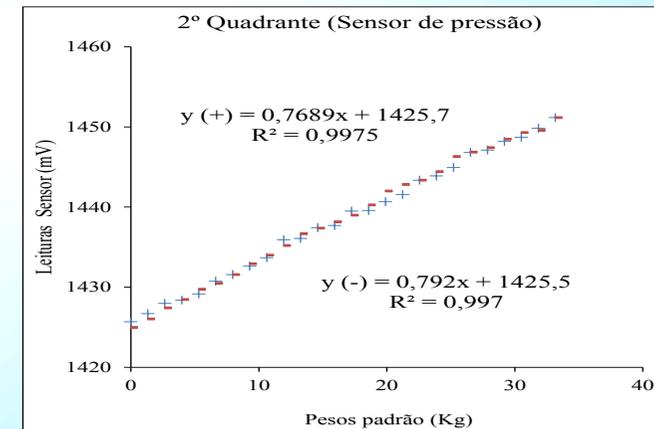
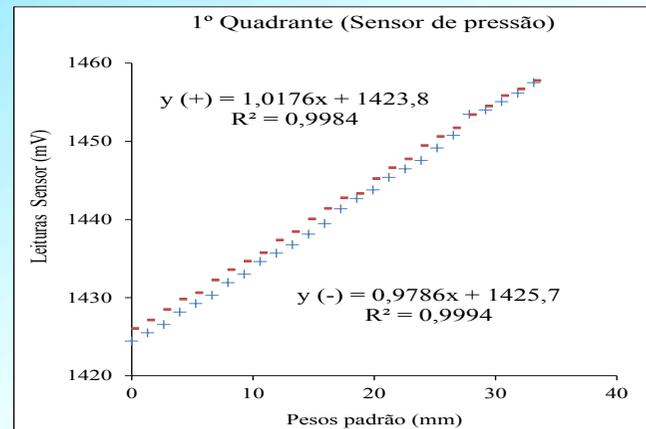
## COEFICIENTE DE CALIBRAÇÃO



# RESULTADOS E DISCUSSÃO



## COEFICIENTE DE CALIBRAÇÃO



## RESULTADOS E DISCUSSÃO



As calibrações produziram respostas lineares para todos os quadrantes e centro do lisímetro, sendo encontrados coeficientes de determinação na faixa de 0,999, tanto nas leituras no manômetro quanto no sensor de pressão.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO



Quadrantes do lisímetro	Coefficientes de calibração ( $k$ ) (mm kg <sup>-1</sup> )	Coefficientes de calibração ( $k$ ) (mV kg <sup>-1</sup> )
	Manômetro	Sensor de pressão
1	3,1952	1,0047
2	2,4115	0,7891
3	2,2607	0,7093
4	3,1349	0,9727
Média dos quadrantes	2,7506	0,8690
Centro do lisímetro	2,7882	0,8606
Erro médio posicional	1,34 %	0,97 %

Freitas (1994), Costa (1999), Silva (2000), Santos (2004) e Oliveira (2007) encontraram erro médio posicional de 4%; 3,52%; 2,11%; 3,93% e 2,31 %; respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO



O erro médio posicional no manômetro e no sensor de pressão foi de 1,34 e 0,97 %. Isso reflete em uma baixa tendência ao desequilíbrio das leituras por ocasião de inclinação lateral;

## RESULTADOS E DISCUSSÃO



### RESOLUÇÃO DO LISÍMETRO

É a precisão do instrumento de leitura em detectar a menor lâmina da água adicionada ou retirada.

**No Manômetro de 0,1351 mm de Eto**

Freitas (1994), Costa (1999), Silva (2000), Santos (2004) Silva (2005) e Oliveira (2007), respectivamente de 0,21; 0,29; 0,13; 0,10; 0,24 e 0,15 mm.

**No Sensor de 0,061 mm de Eto**

Similar as resoluções de Bomfim et al. (2004) e Campeche (2002) que foram de 0,18 e 0,04 mm, respectivamente.

## CONCLUSÃO



O sensor de pressão mostrou-se preciso nas leituras de carregamento e descarregamento das lâminas (pesos padrão), quando comparado com o manômetro de coluna de mercúrio, sendo este dispositivo uma forma interessante de se automatizar as leituras provenientes dos travesseiros hidráulicos.

# AGRADECIMENTOS





**OBRIGADO!**

**[tonyagronomia@gmail.com](mailto:tonyagronomia@gmail.com)**