



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

## **Cultura do girassol cultivado em lisímetro de pesagem eletrônica sob ambiente protegido<sup>1</sup>**



*Fernando Rodrigues Cabral Filho<sup>2</sup>; Alisson Macendo Amaral<sup>3</sup>; Marconi Batista Teixeira<sup>4</sup>; Frederico Antônio Loureiro Soares<sup>4</sup>; Lucas Melo Vellame<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 23 a 28 ago. 2015

<sup>2</sup> Graduando em Agronomia, IF Goiano - Campus Rio Verde, GO, fernandorcfilho10@gmail.com

<sup>3</sup> Professor efetivo, IFNMG, Campus Arinos, Arinos, MG

<sup>4</sup> Professor Doutor, IFGoiano - Campus Rio Verde, GO

<sup>5</sup> Professor Doutor, UFRB. Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Cruz das Almas, BA

**RESUMO:** O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma das oleaginosas que possui destaque no cenário agrícola nacional capaz de suprir parte da demanda bioenergética do país. Objetivando definir a configuração usada em lisímetros de pesagem que possui a maior acurácia, e aplicá-la no manejo da irrigação com água de condutividade elétrica alterada associada a níveis de adubação nitrogenada, o presente estudo foi dividido em dois experimentos. No primeiro experimento foram testados quatro sistemas de medição (SM1, SM2, SM3 e SM4) nos lisímetros de pesagem eletrônica. Determinou-se os erros máximo absoluto, histerese, linearidade, repetitividade, e a incerteza de medição. No segundo experimento, analisado em esquema fatorial 4x2x2 com três repetições, sendo quatro reposições hídricas (25, 50, 75 e 100%); dois tipos de condutividade elétrica da água de irrigação (0,6 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>) e dois níveis de adubação nitrogenada (100 e 200%). A reposição hídrica foi manejada através de lisímetros de pesagem, com as especificações do SM1. Foram analisados o diâmetro interno de capítulo aos 70 e 90 DAS; a massa seca de capítulo, o peso e número total de aquênios aos 90 DAS. Observou-se no primeiro experimento que o SM1 reportou os menores erros e incertezas, sendo considerado o de maior acurácia, cujas incertezas foram mais expressivas na incerteza geral dos sistemas de medição que a influência da temperatura do ar. No segundo experimento todas as variáveis cujo teste F se mostrou significativo, o aumento da reposição hídrica favoreceu acréscimos lineares, enquanto os aumentos da condutividade elétrica da água e da dose de nitrogênio favoreceram reduções.

**PALAVRAS-CHAVES:** *Helianthus annuus* L, manejo da irrigação, cálculo de incerteza

### **SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) GROWN IN ELECTRONIC WEIGHING LYSIMETER UNDER PROTECTED ENVIRONMENT**

**ABSTRACT:** The sunflower (*Helianthus annuus* L.) is one of the oil that has featured in national agricultural scenario able to cover part of bioenergy demand of the country. Aiming to define the configuration used in weighing lysimeters that has the highest accuracy and apply it in the management of irrigation with altered electrical conductivity of water associated with levels of nitrogen fertilization, the present study was divided into two experiments. In the first experiment were tested four measuring systems (MS1, MS2, MS3 and MS4) in columns at the electronic weighing lysimeter. It was determined the absolute maximum error, hysteresis, linearity, repeatability and the measurement uncertainty. In the second experiment, analyzed in a 4x2x2 factorial scheme with three replications, four water replacement (25, 50, 75 and 100%); two types of electrical conductivity of irrigation water (0.6 and 3.0 dS m<sup>-1</sup>) and two levels of nitrogen fertilization (100 and 200%). The water replacement was managed through the weighing lysimeters with MS1 specifications. Was analyzed the internal diameter of chapter to 70 and 90 DAS; dry mass chapter, the weight and total number of achenes at 90 DAS. It was observed in the first experiment that the MS1 reported the smallest errors and uncertainties being considered the most accurate, whose uncertainties were more expressive in the general uncertainty of the measurement systems that the influence of air temperature. In the second experiment, all variables whose F test was



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

significant, increased water replacement favored linearly additions, while increases the electrical conductivity of water and nitrogen levels favored reductions.

**KEYWORDS:** *Helianthus annuus* L, irrigation management, uncertainty calculation

## INTRODUÇÃO

Dentre as diversas culturas oleaginosas exploradas no país o girassol (*Helianthus annuus* L.) tem ganhado destaque no cenário agrícola nacional por possuir características agrônômicas capazes de suprir parte da demanda bioenergética atual, como por exemplo adaptabilidade a diversas condições edafoclimáticas (SANTOS JÚNIOR et al., 2011).

Apesar das características de resistência e adaptabilidade do girassol, diversos estudos ressaltam que seu desenvolvimento é influenciado pela variação de água no solo, caracterizando sensibilidade dessa cultura ao regime hídrico imposto.

Para suprir a demanda hídrica de uma cultura é necessário que se conheça o momento e a quantidade corretos da aplicação de água aos cultivos. A lâmina aplicada via sistema de irrigação é definida pelo conhecimento da evapotranspiração de água pelas culturas, sendo que vários métodos são usados em diversos estudos objetivando a quantificação do processo de evapotranspiração.

No entanto, aquele considerado o de maior acurácia e referência na calibração dos outros métodos já citados são os lisímetros de pesagem, cujo sistema de medição é baseado em células de carga, que possuem vantagens como automação, armazenamento e coleta de dados em curtos períodos de tempo (VELLAME et al., 2012).

Conforme o exposto, objetivou-se com esse trabalho definir a configuração de um lisímetro de pesagem eletrônica que possua os menores erros associados no processo de medição e aplicá-lo no manejo da reposição hídrica com água de diferentes condutividades elétricas na cultura do girassol associado a adubação nitrogenada.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em ambiente protegido localizado no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Brasil. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso analisado em esquema fatorial 4x2x2 com três repetições, considerando quatro reposições hídricas (RH) iguais a 25, 50, 75 e 100% da capacidade de água disponível no solo, duas condutividades elétricas da água de irrigação (CEa) referentes a 0,6 e 3,0 dS m<sup>-1</sup> e duas doses de adubação nitrogenada (DN) iguais a 100 e 200% da dose recomendada.

Foram analisadas o diâmetro interno de capítulo aos 70 e 90 DAS; a massa seca de capítulo, o peso e número total de aquênios, o peso e número de aquênios granados e não granados aos 90 DAS.

Utilizou-se quatro lisímetros de pesagem eletrônica, sendo que possuem sistemas de medição distintos (S1, S2, S3 e S4) para avaliação da acurácia dos mesmos. Em todos os sistemas de medição de massa, adotou-se o procedimento de calibração, que constituiu de ciclos de carregamento e descarregamento de massas-referência. Determinou-se os erros máximo absoluto, histerese, linearidade, repetitividade, e a incerteza de medição.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os erros dos sistemas de medição (SM) foram dispostos na Tabela 1, em ordem crescente de valores de erro máximo absoluto (EMA), parâmetro este que serviu de comparação para os sistemas de medição (SM's). Verifica-se que a repetitividade foi o parâmetro que influenciou de forma significativa a acurácia de todos os sistemas de medição na ordem de 0,07; 0,262; 0,375 e 1,196 kg para os sistemas de medição 1, 3, 2 e 4. Os erros de histerese e linearidade podem ser desconsiderados para os SM's 1, 2 e 3 pois representam uma variação pequena em percentual da medição, ao contrário do SM 4 cuja linearidade representa 0,95 mm.

De acordo com Vellame et al. (2011) o erro de repetitividade representa o erro aleatório e interfere de forma mais significativa na acurácia dos instrumentos, uma vez que não pode ser compensado por meio de uma equação de calibração.

Considerando os valores de EMA dos sistemas de medição, observa-se que os sistemas que apresentaram o melhor e pior desempenho foram o 1 e 4, respectivamente. Somente a configuração do SM4 com as 3 células ligadas diretamente ao datalogger apresentaram incerteza fora da faixa esperada (5 a 15%) para lisímetros de pesagem de acordo com os valores apresentados por (ALLEN et al., 2011).

**Tabela 1.** Erros máximo absoluto (EMA), de histerese, de linearidade e repetitividade em quilogramas (Kg) e percentual da medição (%M) dos sistemas de medição

SM	EMA		Histerese		Linearidade		Repetitividade	
	Kg	% M	Kg	% M	Kg	% M	Kg	% M
1	0,080	0,020	0,020	0,005	0,014	0,004	0,070	0,020
3	0,180	0,050	0,037	0,010	0,052	0,010	0,262	0,070
2	0,244	0,06	0,045	0,011	0,014	0,004	0,375	0,109
4	0,932	0,230	0,112	0,029	0,367	0,069	1,196	0,337

Apesar da configuração do SM3 por 6 fios, as incertezas combinadas resultaram em desempenho apenas ligeiramente melhor que o SM2 de 4 fios. A incerteza combinada na medição do datalogger na configuração 6 fios é de 0,104% e na configuração 4 fios é de 0,085%. A incerteza observada foi de 0,348 mm de evapotranspiração ou 6,96 % para o SM2 e de 0,356 mm ou 7,12% para o SM3, ambos para um ET de 5 mm dia<sup>-1</sup> (Tabela 2).

**Tabela 2.** Incerteza em quilo, em percentual da leitura e unidade de evapotranspiração e incerteza teórica em unidade de evapotranspiração para os sistemas de medição

Sistema de medição	Incerteza		Incerteza	Incerteza
	(Kg)	(% leitura)	(mm)	teórica (mm)
1	0,037	0,010	0,096	0,013
2	0,134	0,050	0,348	1,102
3	0,137	0,034	0,356	1,350
4	0,747	0,220	1,840	1,909

O SM4 foi aquele que apresentou o pior desempenho entre os quatro com desvios próximos a 1,0 Kg. Apesar de ser menos eficiente na compensação da temperatura que o SM3 esse sistema de medição dedicado a medidas de massa apresentou menores incertezas na medição. A incerteza observada foi de 0,096 mm de evapotranspiração ou 1,92 % para uma ET de 5 mm dia<sup>-1</sup>.

Com base nessa discussão é possível afirmar que o SM1, mesmo com uma calibração geral, foi aquele que apresentou os menores erros e incertezas e, portanto, a melhor acurácia entre os SM's

testados. Após análise dos sistemas de medição, todos os quatro lisímetros foram configurados de acordo com SM1 e submetidos ao processo de calibração descrito.

Na Tabela 3, observam-se o erro máximo absoluto e a Incerteza associada ao processo de calibração de todos os 4 lisímetros ligados ao módulo indicador e registro de informação pelo datalogger (SM1).

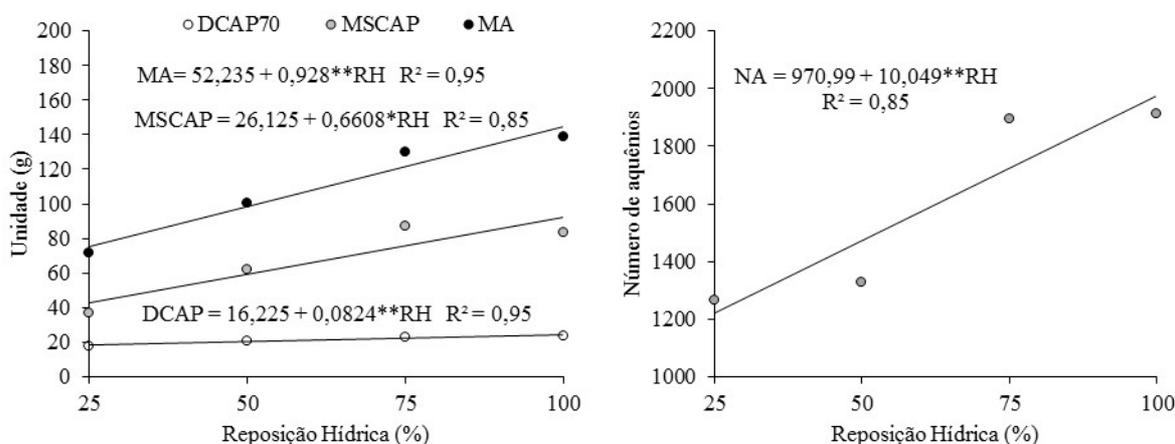
**Tabela 3.** Erro máximo absoluto e incerteza em quilo e percentual da medição nos quatro lisímetros

	Lisímetro 1		Lisímetro 2		Lisímetro 3		Lisímetro 4	
	Kg	% da medição						
Erro máximo absoluto	0,150	0,030	0,080	0,020	0,080	0,020	0,200	0,045
Incerteza	0,075	0,017	0,016	0,004	0,037	0,010	0,118	0,026

Considerando o erro máximo absoluto (EMA) todos os lisímetros, à exceção do 4, estão em conformidade com a portaria INMETRO nº 236/1994 que estabelece como EMA permitido para um sistema de medição Classe III de 0,075 Kg. Entretanto, em condições de operação em campo um lisímetro de pesagem não atenderia a essa normativa pois diversos fatores como manuseio de massas de referência e temperatura do ar influenciam nos erros de medição, diferentemente de um sistema de medição sujeito a calibração em ambiente controlado.

Pela faixa de incertezas esperadas na literatura segundo Allen et al. (2011) que é de 5 a 15% e tomando como exemplo uma evapotranspiração diária de 5,0 mm dia<sup>-1</sup> as incertezas seriam de 3,89; 0,82; 1,92 e 6,13% para L1, L2, L3 e L4 respectivamente, ou seja, os lisímetros L1, L2 e L3 estão abaixo e L4 dentro da faixa de erros esperada o que os tornam aptos para quantificação do consumo hídrico de uma cultura, bem como auxiliar em estratégias de manejo da irrigação.

Com base nos resultados, de acordo com a Figura 1, o modelo ajustado por regressão que melhor define o comportamento das variáveis ora citadas foi o linear que, para diâmetro interno de capítulo (DICAP) aos 70 DAS, promoveu acréscimo de 0,5% por incremento unitário de RH e total de 33% entre a maior e menor RH, ou seja 25 e 100%. Para a massa seca de capítulo (MSCAP) esse aumento foi mais expressivo; totalizando 116% entre os extremos e de 2,53% por aumento unitário da RH.



**Figura 1.** Diâmetro de capítulo aos 70 DAS, matéria seca de capítulo e massa de aquênios (a); e número de aquênios (b) de girassol em função da reposição hídrica

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

Embora os tratamentos de RH tenham favorecido aumento no DICAP aos 70 DAS a maior CEa promoveu a redução de aproximadamente 10,92% (Tabela 4). Esse comportamento sugere que na etapa de formação e maturação fisiológica de aquênios aos 70 DAS o DICAP foi mais sensível aos déficits hídrico e salino, uma vez que aos 90 DAS, não foi observado efeito significativo desses tratamentos.

Em estudos realizados por Maciel et al. (2012) com CEa de 1,51 a 6,19 dS m<sup>-1</sup> e Morais et al. (2011) usando CEa entre 0,55 e 3,53 dS m<sup>-1</sup> estes não verificaram variação no DICAP em momento de colheita considerando, para o DICAP em fase final, tolerante ao estresse salino, o que corrobora com o presente trabalho.

**Tabela 4.** Valores médios de diâmetro de capítulo (DICAP) aos 70 dias após semeadura, massa de aquênios (MA) e número de aquênios (NA) de girassol

Dias após semeadura	DICAP70	MA	NA
	(cm)	(g)	
0,6	22,61a	121,79a	1785,45a
3,0	20,14b	98,69b	1412,66b

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey

A MA e o NA correspondem a duas variáveis produtivas importantes em razão de sua relação com a produção de óleo e comercialização. Nesse estudo, estas responderam linearmente ao fator de RH com incrementos totais de 92 e 61,66% respectivamente. Os maiores valores estimados de MA e NA foram obtidas quando aplicado 100% de RH e equivaleram, respectivamente, a 145,04 g e 1975,89 aquênios, porém, o aumento da CEa resultou em decréscimos de 18,74% na MA e 20,88% no NA.

Travassos et al. (2011) estudaram a produção de aquênios do girassol irrigado com seis níveis de condutividade (0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>) e, conforme as equações de regressão fornecidas no trabalho e calculando as reduções para os níveis de CEa correspondentes a 0,5 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>, verificou-se que as reduções da MA e NA foram de 30 e 25,3% respectivamente, sendo este último próximo ao encontrado no presente trabalho.

## CONCLUSÕES

O sistema de medição 1 apresentou os menores erros de medição e incertezas resultando desempenho superior aos demais diferentemente do sistema de medição 4 que resultou no pior desempenho e elevados desvios ocasionados pelas incertezas de medição e excitação de 3 células individualmente. Apesar da configuração do sistema de medição 3 por 6 fios as incertezas combinadas resultaram em desempenho apenas ligeiramente melhor que o sistema de medição 2 de 4 fios.

Fazem-se necessárias calibrações periódicas a fim de compensar os erros sistemáticos que se acentuam ao longo do tempo de operação. Os lisímetros de pesagem foram efetivos no manejo da irrigação da cultura do girassol.

O aumento da reposição hídrica favoreceu acréscimos lineares, enquanto o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação e da dose de nitrogênio favoreceram reduções. A massa de aquênios e a produção de aquênios por planta sofreram reduções de 18,74 e 20,88% respectivamente quando aplicada água de maior condutividade elétrica.



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; HOWELL, T. A.; JENSEN, M. E. Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management*. v. 98, p. 899 – 920, 2011.

MACIEL, M. P.; SOARES, T. M.; GUEYI, H. R.; REZENDE, E. P. L.; OLIVEIRA, G. X. S. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.16, n.2, p.165–172, 2012.

MORAIS, F. A.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H.; MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 327-336, abr-jun, 2011.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T. Desempenho de cultivares de girassol na microrregião de Campina Grande, PB. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa-PA, v.7, n.2, p.41-47, jun. 2013.

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GUEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S.; DIAS, N. S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2011.

VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; PAZ, V. P. S.; COELHO, E. F. Gradientes térmicos naturais na estimativa do fluxo de seiva pelo método Granier. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 116-122, jan.-mar., 2011.

VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; FRAGA JÚNIOR, E. F. Lisímetro de pesagem e de lençol freático de nível constante para uso em ambiente protegido. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 153-159, jan.- mar., 2012.