

## DEFICIT DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO RELATIVA E RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO NO CERRADO DO SUL MARANHENSE

ADERSON SOARES DE ANDRADE JÚNIOR<sup>1</sup>, EDSON ALVES BASTOS<sup>2</sup>, MILTON JOSÉ CARDOSO<sup>2</sup>, VALDENIR QUEIROZ RIBEIRO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Pesquisador A, Embrapa Meio-Norte, Bolsista PQ-CNPq, Caixa Postal 1, CEP 64.006-220, Teresina, PI. Fone: (86) 3225 1141. E.mail: aderson@cpamn.embrapa.br; <sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia  
02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

**RESUMO:** O estudo das relações envolvendo o déficit de evapotranspiração representa uma forma eficiente de prognosticar o potencial produtivo da cultura, em uma determinada região e época de semeadura. Este trabalho teve como objetivo avaliar as relações entre o rendimento de grãos e a evapotranspiração relativa da cultura do milho, quando cultivado em diferentes épocas de semeadura, na região dos cerrados do Sul do Maranhão. Os dados de rendimento de grãos e componentes de produção foram oriundos de um ensaio de épocas de semeadura conduzido, sob regime de sequeiro, no ano agrícola de 2005/2006, em São Raimundo das Mangabeiras, MA. Foram avaliadas quatro épocas de semeadura (5/12/2005; 23/12/2005; 10/01/2006 e 27/01/2006) e seis cultivares de milho (BRS 1001, BRS 2020, BRS 3003, Caatingueiro, Sertanejo e CPATC 5). O monitoramento climático da cultura foi efetuado por uma estação agrometeorológica automática. O balanço hídrico diário da cultura seguiu a metodologia de Thornthwaite & Mather. Os índices de evapotranspiração relativa (ETr/ETc) e rendimento relativo de grãos (Yr/Ym), para cada fase de desenvolvimento da cultura, foram submetidos à análise de regressão linear. Os resultados mostram que o rendimento de grãos do milho pode ser prognosticado usando-se o déficit de evapotranspiração relativa, nas suas diferentes fases de desenvolvimento. O período entre o início do pendoamento e a maturação fisiológica é o mais crítico à deficiência hídrica e que define o potencial produtivo da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*, deficiência hídrica, balanço hídrico.

## RELATIVE EVAPOTRANSPIRATION DEFICIT AND CORN GRAIN YIELD IN THE SOUTHERN SAVANNA OF MARANHÃO STATE, BRAZIL

**ABSTRACT:** The study of the relationships between relative evapotranspiration deficit and crop yield represents a method to predict the production potential of the crop, in determined region and sowing date. This work explores the relationships between the corn grain yield and the relative evapotranspiration deficit for crops growth, at different sowing dates, in southern savanna of Maranhão State, Brazil. Corn grain yield and production components were obtained from a sowing date experiments, under a non-irrigated regime, at 2005/2006 agricultural season, in São Raimundo das Mangabeiras city. Four sowing times (12.05.2005; 12.23.2005; 01.01.2006 and 01.27.2006) and six corn cultivates (BRS 1001, BRS 2020, BRS 3003, Caatingueiro, Sertanejo and CPATC 5) were evaluated. The climatic data were obtained by an automatic weather station. The daily water balance of the corn crop followed the Thornthwaite & Mather method. The evapotranspiration deficit (ETr/ETc) and corn grain yield (Yr/Ym), for each corn growth stage, were submitted to the regression analysis. Results indicated that corn grain yield can be predicted using the evapotranspiration deficit, at different growth stages. The period from flowering to the physiological maturation is the most critical to water deficiency and it defines the production potential of the corn crop.

**KEYWORDS:** *Zea Mays*, water deficit, water balance.

**INTRODUÇÃO:** A cultura do milho constitui-se na segunda maior produtora de grãos na região dos cerrados do Sul Maranhense, perdendo em importância apenas para a soja. A cultura ocupou, na safra 2005/2006, uma área plantada de 364.120 ha, com uma produção de 421.935 t e rendimento médio de 1.168 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2007). A produtividade de grãos é resultante do uso adequado de insumos tecnológicos de produção e de condições ambientais determinadas por fatores climáticos, durante o ciclo cultural (ASSIS et al., 2006). Dentre os elementos climáticos, a temperatura, a radiação solar e a precipitação são os que mais influenciam a variabilidade da produção de grãos (FANCELLI & DOURADO NETO, 2003). O estudo das relações entre esses elementos climáticos, realizado através do balanço hídrico da cultura, representa uma forma eficiente de prognosticar o seu potencial produtivo, em uma determinada região e época de semeadura. Alguns estudos foram conduzidos com o intuito de inferir-se a produção de grãos da cultura em função do déficit de evapotranspiração relativa (MATZENAUER et al., 1982; MEDEIROS et al., 1991; MATZENAUER et al., 1995; AFFHOLDER et al., 1997; BERGAMASCHI et al., 2006). Entretanto, há uma carência de estudos dessa natureza efetuados na região dos cerrados do Sul do Maranhão. Por isso, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar as relações entre o rendimento de grãos e o déficit de evapotranspiração relativa da cultura do milho, quando cultivado em diferentes épocas de semeadura, como subsídio para o planejamento racional do seu cultivo, sob regime de sequeiro, nos cerrados do Sul Maranhense.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os dados de rendimento de grãos e componentes de produção foram oriundos de um ensaio de épocas de semeadura conduzido, sob regime de sequeiro, no ano agrícola de 2005/2006, no município de São Raimundo das Mangabeiras, localizado na região dos cerrados do Sul Maranhense, cujas coordenadas geográficas, determinada por GPS, são: 06°49' S, 45°24' W e altitude de 475 m. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas constaram de quatro épocas de semeadura (5/12/2005; 23/12/2005; 10/01/2006 e 27/01/2006) e as subparcelas de seis cultivares de milho (BRS 1001, BRS 2020, BRS 3003, Caatingueiro, Sertanejo e CPATC 5). As parcelas experimentais foram constituídas de quatro fileiras de 5,0m de comprimento, espaçadas de 0,80 m e, 0,25 m entre covas, nas fileiras. Foram colocadas duas sementes por cova, deixando-se uma planta por cova, após o desbaste. As adubações foram realizadas de acordo com as recomendações dos resultados das análises de solo e da exigência da cultura. O monitoramento climático da cultura foi efetuado por uma estação agrometeorológica automática instalada ao lado da área experimental. O balanço hídrico diário da cultura, para uma capacidade de água disponível no solo de 60 mm, na fase de máximo desenvolvimento radicular, foi efetuado segundo a metodologia de Thornthwaite & Mather (1957) (PEREIRA et al., 1997). Os déficits de evapotranspiração relativa (ET<sub>r</sub>/ET<sub>c</sub>) e rendimentos relativos de grãos (Y<sub>r</sub>/Y<sub>m</sub>), para cada fase de desenvolvimento das cultivares (híbridos e variedades), foram submetidos à análise de regressão linear. Assumiu-se como rendimento máximo (Y<sub>m</sub>) o maior valor de produtividade de grãos obtido no ensaio, para cada grupo de cultivares (híbridos e variedades).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O balanço hídrico diário da cultura mostrou variações acentuadas no armazenamento de água no solo (Figura 1), em cada uma das épocas de semeadura avaliadas, provocando variabilidade no déficit de evapotranspiração relativa (ET<sub>r</sub>/ET<sub>c</sub>) e no desempenho produtivo das cultivares. Os híbridos, na primeira (7299 kg ha<sup>-1</sup>) e segunda (6962 kg ha<sup>-1</sup>) época de semeadura, produziram mais grãos em relação às variedades (5236 kg ha<sup>-1</sup> e 5368 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) (Tabela 1), sendo que o peso de grãos por espiga, o número de grãos m<sup>-2</sup> e a produção de grãos por planta foram os componentes que mais contribuíram para esse comportamento (CARDOSO et al., 2006). Na

terceira e quarta épocas de semeadura, os híbridos, com 4682 kg ha<sup>-1</sup> e 3613 kg ha<sup>-1</sup>, e as variedades, com 4478 kg ha<sup>-1</sup> e 3688 kg ha<sup>-1</sup>, igualaram-se em termos de rendimento de grãos (P>0,05). Provavelmente, os estresses hídricos ocorridos, durante as fases de floração e enchimento de espiga (Figura 1), principalmente, na terceira e quarta épocas de semeadura, foram os responsáveis principais por estes decréscimos (FORSTHOFER et al., 2002; CARDOSO et al., 2003; CARDOSO et al., 2006). Os maiores valores de ETr/ETc foram observados nas fases III (IP-IP30), IV (IP30-MF) e VI (IP-MF), notadamente, nos híbridos, resultado das relações hídricas satisfatórias do balanço hídrico diário, devido à manutenção de níveis adequados de armazenamento de água no solo (Figura 1), justificando os elevados valores de rendimento de grãos. Houve decréscimo nos valores de ETr/ETc à medida que as datas de semeadura avançaram de 05/12 a 27/01, o que levou a um decréscimo no potencial produtivo da cultura nessa mesma ordem (Tabela 1). Esse comportamento evidencia que o desempenho produtivo da cultura é reflexo da manutenção de um adequado balanço hídrico no solo, quando cultivada no mês de dezembro. As equações de regressão polinomial apresentaram elevados valores de coeficiente de correlação (r<sup>2</sup>) (Tabela 2), indicando que as mesmas podem ser utilizadas para prognosticar o potencial produtivo da cultura na região, com base apenas no déficit de evapotranspiração relativa, nas suas diferentes fases de desenvolvimento. Tanto para os híbridos como para as variedades, nas fases IP30 – MF e IP – IP30 foram observados os maiores valores de r<sup>2</sup> (Tabela 2), sugerindo que nesses períodos a cultura apresenta maior sensibilidade à deficiência hídrica, comprometendo de forma decisiva a produção de grãos (MATZENAUER et al., 1995; BERGAMASCHI et al., 2006). A elevada sensibilidade do milho ao déficit hídrico no período IP30 – MF se deve aos processos fisiológicos relacionados à formação do zigoto e ao desenvolvimento inicial dos grãos (BERGAMASCHI et al., 2006). Segundo BERGAMASCHI et al. (2004), o estresse hídrico causa impacto no rendimento de grãos, durante este período, por afetar o número de espigas por planta e o número de grãos por espiga. Os modelos ajustados demonstram que o grau de dependência é menor (r<sup>2</sup> menor), quando se consideram as fases iniciais (EM – EM30 e EM30 – IP) e todo o ciclo.

**CONCLUSÕES:** Nos cerrados do Sul Maranhense, o rendimento de grãos do milho pode ser prognosticado usando-se o déficit de evapotranspiração relativa, nas suas diferentes fases de desenvolvimento. O período entre o início do pendoamento e a maturação fisiológica é o mais crítico à deficiência hídrica e que define o potencial produtivo da cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFHOLDER, F.; RODRIGUES, G.C.; ASSAD, E.D. Modelo agroclimático para avaliação do comportamento do milho na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.10, p.993-1002, 1997.

ASSIS, J.P.; DOURADO NETO, D.; NASS, L.L.; MANFRON, P.A.; BONNECARRÈRE, R.A.G.; MARTIN, T.N. Simulação estocástica de atributos do clima e da produtividade potencial de milho utilizando-se distribuição triangular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.539-543, 2006.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I.; MÜLLER, A.G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A.O.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P.G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.2, p.243-249, 2006.

CARDOSO, M.J.; CARVALHO, H.W.L.; BASTOS, E.A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; SOUZA, E.M. Rendimento de grãos secos de cultivares de milho relacionado a estresse hídrico no Sudoeste piauiense. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, Goiânia. **Anais**. Goiânia: SBEA/Embrapa/UFG, 2003 (CD ROOM).

CARDOSO, M.J.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; BASTOS, E.A.; RIBEIRO, V.Q. Rendimento de grãos de milho relacionado à época de plantio nos Cerrados do Sul Maranhense. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 26, Belo Horizonte, 2006. **Anais**. Sete Lagoas: ABMS / Embrapa Milho e Sorgo, 2006 (CD-ROM).

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Milho: estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba: ESALQ / USP / LPV, 2003. 208p.

FORSTHOFER, E.I.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.; TEICHMANN, L.OL.; SUHRE, E. Fenologia, crescimento e desenvolvimento de híbridos de milho em três épocas de semeadura. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 24, Florianópolis, 2002. **Anais**. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa/EPAGRI, 2002 (CD-ROM).

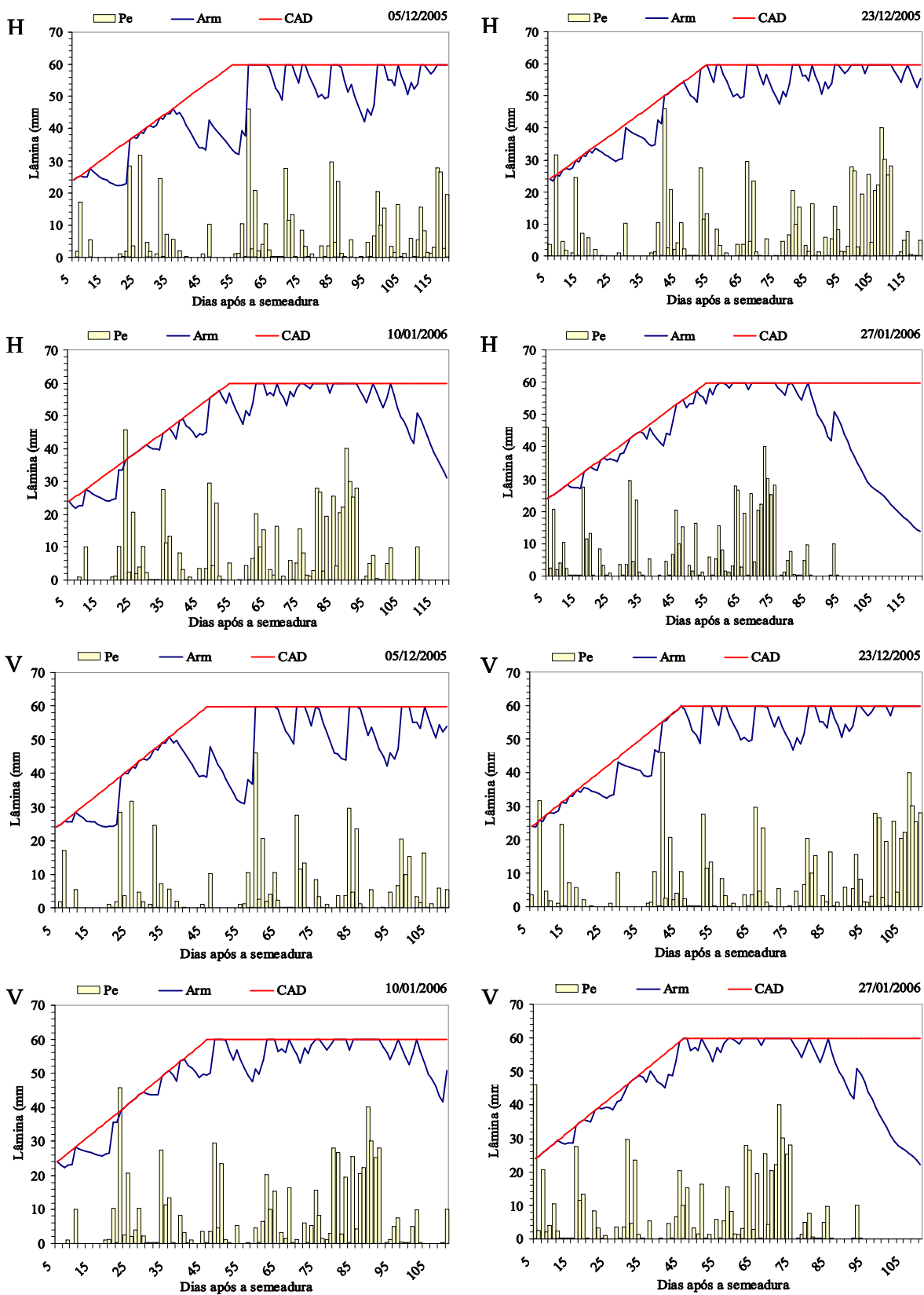
IBGE – Estatística da produção agrícola: janeiro de 2007. Rio de Janeiro: CEPAGRO, 28p. 2007.

MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S.L.; BERGAMASCHI, H. Relações entre evapotranspiração do milho (*Zea mays* L.), radiação global e saldo de radiação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.2, p.1051-1056, 1982.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; RIBOLDI, J. Modelos agrometeorológicos para a estimativa do rendimento de milho, em função da disponibilidade hídrica no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.1, n.2, p.225-241, 1995.

MEDEIROS, S.L.P.; WESTPHALEN, S.L.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Relação entre evapotranspiração e rendimento de grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.1-10, 1991.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, p. 143-164, 1997.



**Figura 1.** Balanço hídrico da cultura do milho (híbridos – H e variedades – V) em cada época de semeadura. São Raimundo das Mangabeiras, MA. Ano agrícola 2005/2006. Pe = precipitação efetiva; Arm = Variação do armazenamento de água no solo e CAD = capacidade de água disponível no solo.

**Tabela 1.** Rendimento de grãos (RG, kg ha<sup>-1</sup>) e relação entre rendimento relativo (Yr/Ym) e evapotranspiração relativa (ETr/ETc), para diferentes fases de desenvolvimento e datas de semeadura do milho. São Raimundo das Mangabeiras, MA. Ano agrícola 2005/2006.

Semeadura	RG (kg ha <sup>-1</sup> )		ETr/ETc						
	Absoluto	Yr/Ym	I	II	III	IV	V	VI	VII
Híbridos (BRS 1001, BRS 2020, BRS 3003)									
05.12.2005	7299,00	0,98	0,671	0,612	0,920	0,955	0,649	0,939	0,817
23.12.2005	6962,00	0,94	0,628	0,839	0,955	0,981	0,707	0,969	0,859
10.01.2006	4682,29	0,63	0,706	0,811	0,969	0,880	0,746	0,921	0,847
27.01.2006	3613,23	0,49	0,826	0,806	0,980	0,589	0,818	0,767	0,788
Variedades (Sertanejo, CPATC 5 e Caatingueiro)									
05.12.2005	5235,63	0,97	0,618	0,689	0,850	0,933	0,636	0,895	0,796
23.12.2005	5367,50	0,99	0,565	0,843	0,954	0,977	0,635	0,966	0,840
10.01.2006	4478,33	0,83	0,727	0,756	0,944	0,958	0,735	0,951	0,869
27.01.2006	3687,60	0,68	0,794	0,704	0,991	0,750	0,772	0,861	0,827

Fases: I – EM-EM30; II – EM30-IP; III – IP-IP30; IV – IP30-MF; V – EM-IP; VI – IP-MF; VII – EM-MF.

**Tabela 2.** Equações de regressão polinomial entre evapotranspiração relativa (ETr/ETc) (variável independente = x) e rendimento relativo de grãos (Yr/Ym) (variável dependente = y) em diferentes fases de desenvolvimento da cultura do milho. São Raimundo das Mangabeiras, MA. Ano agrícola 2005/2006.

Fases	Equações de regressão	r <sup>2</sup>	F
Híbridos (BRS 1001, BRS 2020, BRS 3003)			
EM – EM30	Y = 1,035 X	0,875	21,09*
EM30 – IP	Y = 0,962 X	0,889	24,09**
IP – IP30	Y = 1,023 X	0,966	86,25**
<b>IP30 – MF</b>	<b>Y = 0,902 X</b>	<b>0,982</b>	<b>160,14**</b>
EM – IP	Y = 1,012 X	0,885	23,15*
IP – MF	Y = 0,856 X	0,961	74,46**
EM – MF	Y = 0,921 X	0,939	45,95**
Variedades (Sertanejo, CPATC 5 e Caatingueiro)			
EM – EM30	Y = 1,238 X	0,927	38,31**
EM30 – IP	Y = 1,158 X	0,984	180,69**
IP – IP30	Y = 0,920 X	0,966	86,37**
<b>IP30 – MF</b>	<b>Y = 0,961 X</b>	<b>0,994</b>	<b>512,70**</b>
EM – IP	Y = 1,225 X	0,949	55,71**
IP – MF	Y = 0,947 X	0,986	206,70**
EM – MF	Y = 1,040 X	0,977	125,68**

Fases: I – EM-EM30; II – EM30-IP; III – IP-IP30; IV – IP30-MF; V – EM-IP; VI – IP-MF; VII – EM-MF.

\* - Significativo ao nível 5% de probabilidade e \*\* - Significativo ao nível 1% de probabilidade