

## EVAPOTRANSPIRAÇÃO RELATIVA LIMITANTE AOS RENDIMENTOS DE SOJA

José Renato Bouças Farias<sup>1</sup>, Norman Neumaier<sup>1</sup>, Alexandre Lima Nepomuceno<sup>1</sup>

**ABSTRACT** - Water availability fluctuation is the main cause of variability in soybean yields observed from one year to another in the various Brazilian producing areas. Also, water availability is the main limiting factor for obtaining near potential yields. By applying the same bases and methodologies used in the soybean agroclimatic zoning we tried to quantify the relationships between yield and water supply through water indexes generated as a function of the SARRA water balance model outputs. Data from experiments conducted at Embrapa Soybean, in Londrina-PR, during 1991/1992 to 1999/2000 seasons, involving several cultivars and levels of water availability were used. The mean ISNA (ETr/ETm) values for the entire soybean cycle were not good indicators of grain yields. Better correlation between yield and crop water condition was found with values of ISNA for drought most critical phases (R1-R6) and with the product of this by mean ISNA for the entire cycle. For R1-R6 the inflection of the adjusted curve indicates a sharp decrease in soybean yields for ISNA values smaller than 0.65.

### INTRODUÇÃO

Existe, atualmente, um vasto conhecimento para o cultivo da soja, resultando em elevado grau de tecnificação da maioria das lavouras brasileiras. Apesar disto, a disponibilidade hídrica ainda é a maior causa de variabilidade dos rendimentos de grãos observados de um ano para outro nas diversas regiões produtoras brasileiras. Também é o principal fator limitante à obtenção de rendimentos próximos ao potencial produtivo da espécie (Farias, 2004). Para exemplificar, somente na safra 2003/2004, deixou-se de colher nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul cerca de 7 (sete) milhões de toneladas de soja, perfazendo um prejuízo aproximado de 1,3 bilhões de dólares. Ou seja, somente nesses Estados a seca foi responsável por cerca de 70% das perdas totais de grãos de soja verificadas em todo o Brasil na safra 2003/2004. Pelas informações disponíveis até o presente momento (março de 2005), vislumbra-se um cenário ainda mais drástico para a safra 2004/2005, com perdas mais significativas, inclusive em outros Estados, como Goiás, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e São Paulo. As implicações são enormes uma vez que não somente produtores, mas toda a sociedade, são afetados.

O aumento de eficiência no uso de recursos e de insumos, a melhora qualitativa dos produtos agrícolas e a preservação dos recursos naturais são desafios da moderna agricultura. Ferramentas que venham auxiliar a tomada de decisão são fundamentais para superar esses desafios e obter produtos competitivos e ambientalmente sustentáveis (Farias et al., 2001).

Com os trabalhos de zoneamento agroclimático, estruturou-se uma grande rede de agrometeorologia no Brasil, formando uma poderosa base de dados que pode ser usada para estudos visando impactos de possíveis cenários climáticos futuros, em trabalhos de monitoramento e previsão de safras em tempo real e em várias outras linhas de

pesquisa. Desta forma, utilizando-se as mesmas bases e metodologias empregadas no zoneamento agroclimático da soja, procurou-se quantificar as relações existentes entre rendimentos de grãos e atendimento das necessidades de água da cultura, através do emprego de índices hídricos gerados a partir das saídas do modelo de balanço hídrico SARRA.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com base em dados obtidos em experimentos conduzidos na Embrapa Soja, situada em Londrina-PR, durante as safras de 1991/1992 a 1999/2000, envolvendo diversas cultivares de soja, submetidas a diferentes níveis de disponibilidade hídrica (normal – N Irrigado; Irrigado; com déficit hídrico durante fase vegetativa – DH Veg; e déficit hídrico durante fase reprodutiva – DH Rep).

Os valores de evapotranspiração real (ETr) e máxima (ETm) e a relação entre eles (evapotranspiração relativa ou índice de satisfação das necessidades de água - ISNA) da cultura da soja, foram obtidos pelo modelo de simulação do balanço hídrico da cultura (SARRA - Systeme d'analyse regionale des risques agroclimatiques) (CIRAD, 1995), para cada fase de desenvolvimento da cultura e para todo o ciclo, em função da época de semeadura em cada safra. Trabalhou-se com uma capacidade de água disponível no solo (CAD) de 75mm. A duração dos ciclos e das fases fenológicas, os coeficientes de cultura (Kc) e a evapotranspiração potencial foram padrões e iguais para todas as cultivares e safras, empregando-se os mesmos valores daqueles utilizados nos trabalhos de zoneamento agroclimático da cultura da soja (Farias et al., 2001). Buscando maior precisão e confiabilidade, além do ISNA, foram avaliados outros índices para a estimativa do rendimento de grãos. Esses índices consideram, não somente as relações hídricas durante a fase mais crítica à cultura, mas, também, o balanço de água ao longo de todo o ciclo e em diferentes fases do desenvolvimento da planta. Como fase crítica à falta de água, considerou-se o período compreendido entre os estádios de desenvolvimento R1 (início da floração) e R6 (grão verde ou vagem cheia). O rendimento relativo de grãos foi obtido dividindo o valor observado pelo máximo rendimento verificado em todo o conjunto de dados. A quebra no rendimento de grãos, pode ser facilmente obtida diminuindo-se o rendimento relativo de 100.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentada a distribuição do rendimento de grãos de cultivares de soja em função dos valores de ISNA obtidos para todo o ciclo da cultura. Em alguns momentos, a relação entre as variáveis não se apresenta de forma tão clara, existindo uma faixa de valores de ISNA (de 0,62 a 0,65) com rendimento de grãos variando de 651 a 3117 Kg/ha (Figura 1). Provavelmente, isso ocorra em função da

<sup>1</sup> Embrapa Soja, Caixa Postal 231, 86.001-970, Londrina-PR. E-Mail: jrenato@cnpso.embrapa.br.

grande variabilidade dos regimes hídricos observados, ao longo do ciclo, nas diferentes safras, independentemente do tratamento de disponibilidade hídrica aplicado.

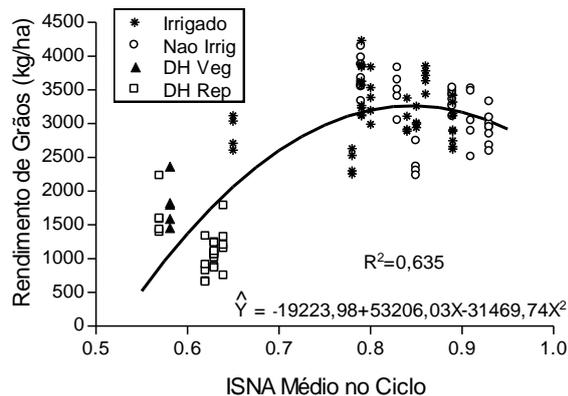


Figura 1. Rendimento de grãos de soja em função da ET relativa (ISNA) média de todo o ciclo da cultura, em diferentes níveis de disponibilidade hídrica.

A relação entre rendimento relativo de grãos de soja e a condição hídrica da cultura, expressa pelos valores de ISNA ( $ET_r/ET_m$ ) na fase mais crítica à falta de água ( $R_1-R_6$ ), é apresentada na Figura 2. Observa-se maior rendimento relativo em função do incremento dos valores de ISNA. Porém, a resposta não é linear, havendo um momento a partir do qual incrementos no ISNA reduzem o rendimento. Sendo esta a fase de desenvolvimento da cultura mais crítica à falta de água, diferenças do suprimento hídrico nesta fase significarão respostas distintas da cultura com relação à produtividade. Pela inflexão da curva ajustada, verifica-se quebra acentuada do rendimento de grãos para valores de ISNA em R1-R6 abaixo de 0,65. Menores rendimentos de grãos, foram obtidos com valores de ISNA ao redor de 0,2. Valores de ISNA superiores a 0,8 provocaram redução do rendimento de grãos, o que pode indicar excesso hídrico à cultura.

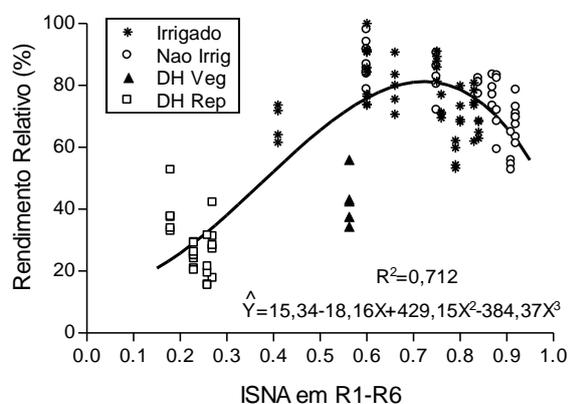


Figura 2. Rendimento relativo de grãos de soja em função da ET relativa (ISNA) observada durante a fase crítica à falta de água (R1-R6), em diferentes níveis de disponibilidade hídrica à cultura.

Porém, restrições hídricas durante outras fases do desenvolvimento da planta podem, em menor intensidade, afetar também o rendimento de grãos. Para contemplar tais efeitos, foram testadas várias combinações de ISNA, encontrados para diferentes fases e para todo o ciclo. Dos índices testados, um dos que mais se ajustou ao conjunto de dados foi:  $IRESP1 = ISNA_c \times ISNA_{Med}$ , onde IRESP é o indicador do rendimento esperado;  $ISNA_c$  o valor de ISNA em R1-R6; e  $ISNA_{Med}$  o valor médio de ISNA para todo o ciclo (Forest e Clopes, 1994). Na Figura 3, são apresentadas a dispersão de pontos e a curva ajustada para o índice IRESP 1.

Estudos mais detalhados, com melhor definição e diferenciação da duração dos estádios de desenvolvimento da cultura, utilizando-se ETP observada durante a estação de crescimento, propiciarão ajustes mais precisos para estimativa do rendimento de grãos a partir da condição hídrica da cultura expressa pelo ISNA.

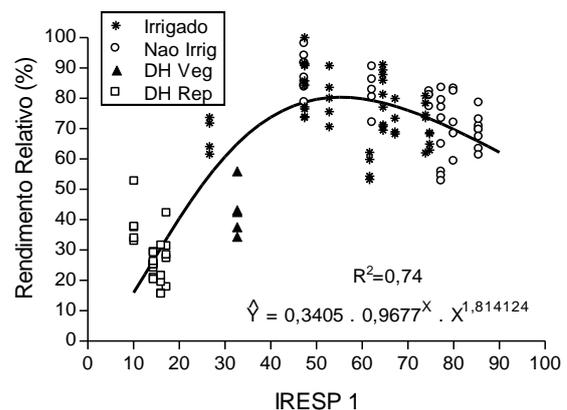


Figura 3. Rendimento relativo de grãos de soja em função do valor de IRESP 1, em diferentes níveis de disponibilidade hídrica à cultura.

## REFERÊNCIAS

- Cirad. SARRA - Guide d'utilisation. CIRAD-CA, Unité de Recherche "Gestion de l'eau", Montpellier, France, 1995. 68p.
- Farias, J.R.B. Environmental limitations to maximum soybean yield. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7, 2004, Foz do Iguassu. Proceedings. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 1287-1295.
- Farias, J.R.B., Assad, E.D., Almeida, I.R., Evangelista, B.A., Lazzarotto, C., Neumaier, N., Nepomuceno, A.L. Caracterização de risco climático nas regiões produtoras de soja no Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.9, n.2, 2001.
- Forest, F.; Clopes, A. Contribution à l'explication de la variabilité du rendement d'une culture de maïs plus ou moins intensifiée à l'aide d'un modèle de bilan hydrique amélioré. In: REYNIERS, F.N.; NETOYO, L. (Eds.). Bilan hydrique agricole et secheresse en Afrique Tropicale. Paris: John Libbey Eurotext, 1994. p.3-15.