

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**EFEITO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE  
IRRIGAÇÃO SOB A CULTURA DA SOJA (*Glycine  
max* (L.) Merrill) NA REGIÃO DE SANTIAGO, RS.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Ana Carla dos Santos Gomes**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2007**

**EFEITO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO  
SOB A CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) NA  
REGIÃO DE SANTIAGO, RS.**

**por**

**Ana Carla dos Santos Gomes**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia de Água e Solos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau  
**Mestre em Engenharia Agrícola**

**Orientador: Prof. Dr. Adroaldo Dias Robaina**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2007**

Gomes, Ana Carla dos Santos, 1972-

G633e

Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) na região de Santiago, RS / por Ana Carla dos Santos Gomes ; orientador Adroaldo Dias Robaina. – Santa Maria, 2007.

132 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais , Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2007.

1. Engenharia agrícola 2. *Glycine max* 3. Soja  
4. Componente de produção 5. Estratégia de irrigação I. Robaina, Adroaldo Dias, orient. III  
Título

CDU: 635.655

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora , abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**EFEITO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO SOB  
A CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) NA REGIÃO DE  
SANTIAGO, RS.**

elaborada por  
**Ana Carla dos Santos Gomes**

como requisito parcial para a obtenção de grau de  
**Mestre em Engenharia Agrícola**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

Adroaldo Dias Robaina, Dr, (UFSM)  
(Presidente / Orientador)

---

Marcia Xavier Peiter, Dra, (UFSM)

---

Rudiney Soares Pereira, Dr, (UFSM)

Santa Maria, 16 de fevereiro de 2007.

## **OFEREÇO**

Aos meus queridos pais Antonio Carlos e Ana Maria,  
que me ensinaram através de suas vivências os melhores  
exemplos para vencer as incertezas da vida e confiar no futuro.

## **DEDICO**

Ao meu marido Sandro, por estar sempre ao meu lado, pelo carinho e paciência a  
mim dedicados ao longo desta caminhada. A você meu amor meu profundo e  
sincero agradecimento.

Aos meus amados filhos Gustavo e Beatriz, pelo estímulo, carinho e compreensão  
nas horas em que estive ausente.

## **MINHA HOMENAGEM**

A memória da minha cunhada e afilhada Cíntia Madeira Cardinal

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que nos ilumina e nos encoraja a superar momentos difíceis.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) pela oportunidade oferecida.

Ao Prof. Adroaldo Dias Robaina pela oportunidade, orientação, dedicação, paciência, amizade e principalmente pela grande contribuição na minha formação científica, meu respeito e admiração.

A Prof<sup>a</sup> Marcia Xavier Peiter, pelos valiosos ensinamentos desde a graduação, pelo carinho, amizade, paciência, e auxílio na realização deste trabalho.

Aos professores do PPGEA pelos ensinamentos.

Ao meu marido Sandro Madeira Cardinal e a sua mãe Tânia de Bem Madeira, pela área experimental e auxílio durante a realização do trabalho de campo.

Aos acadêmicos do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus Santiago: Leonardo Calegari, Cleiton Ramão, Fátima Cibele Soares, e Karine Lançanova pelo incansável auxílio durante o experimento de campo.

Aos funcionários da Fazenda Liberdade: Derli, José, Vilmar, Adão, Rejane e Melania, pelo constante apoio na realização do experimento de campo e coleta de dados meteorológicos.

À URI Campus Santiago, pela disponibilidade dos laboratórios durante a realização deste trabalho.

Ao meu marido Sandro Cardinal, pelo incentivo, carinho e compreensão para que este sonho se tornasse possível.

Aos meus pais, Antônio Carlos e Ana Maria pelo amor, apoio, incentivo e dedicação em todos os momentos da minha vida.

Aos meus irmãos Eduardo e Fábio, as minhas cunhadas Lorença e Mileni e aos meus sobrinhos João Pedro, Carlos Eduardo e Geovana, pelo carinho e presença nesta caminhada e por formarmos uma família feliz.

A minha sogra e amiga Tânia pelo incentivo e pela dedicação e amor que teve com a nossa Beatriz nas horas em que precisei estudar.

Á toda minha família, tios, primos e em especial a minha avó Olga pela força e incentivo.

A Vera e ao Círio, minha família em Santa Maria, que com tanto carinho me acolheram, meu sincero agradecimento.

A Noemi, que com tanto amor cuidou da minha filha e tanto me ajudou durante esta caminhada.

Aos colegas e amigos do PPGEA, em especial à minha grande amiga Ana Rita Costenaro Parizi, presente em todos os momentos; Leonir Ühde, Adriana Biassus, Alexandro Vielmo, Ricardo Shons, David da Rosa e Vanessa Fontana pela amizade e contribuição.

À Tatiane Bernardon e Marcelo Calgaro pela contribuição, amizade e carinho.

Aos amigos do Laboratório de Geomática.

Á todos os meus amigos, pelo carinho, amizade, força e presença.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, em especial a Ercelino Martin Bevilaqua pela cordialidade e disposição.

Ao bibliotecário Luiz Marchiotti Fernandes pela ajuda e solicitude.

Á Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

Enfim a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

"Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável (...) para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do Espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer"

(Mensagem de Einstein a estudantes de Princeton, EUA)

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Santa Maria

### **EFEITO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO SOB A CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) NA REGIÃO DE SANTIAGO, RS.**

Autor: Ana Carla dos Santos Gomes  
Orientador: Adroaldo Dias Robaina  
Santa Maria, 16 de fevereiro de 2007.

Dentre os fatores de produção, a água é o que mais limita os rendimentos das plantas cultivadas, principalmente em regiões onde ocorre distribuição irregular da precipitação pluvial. Nesses casos a irrigação suplementar é um dos principais instrumentos capazes de maximizar a produção, propiciando um maior número de safras durante o ano. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento da cultura da soja, obtendo parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produção sob diferentes estratégias de irrigação e verificar a estratégia de irrigação que resulte na maior produtividade. O experimento foi conduzido em área experimental da Fazenda Liberdade, situada no município de Santiago - RS, no ano agrícola de 2005/2006. Utilizaram-se as cultivares de soja transgênicas 8100 e Anta. O manejo da irrigação baseou-se no turno de rega prefixado, com intervalo de 7 dias. As lâminas de irrigação aplicadas ao longo do ciclo vital das culturas foram efetuadas com base nos dados de evapotranspiração medidos em Mini-Tanque evaporimétrico, sendo de 60%, 80%, 100% e 120% do valor da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Foram medidos os parâmetros de crescimento e desenvolvimento, tais como, índice de área foliar (IAF) e altura de plantas em períodos quinzenais; e superfície coberta em períodos decendiais. Na colheita foram determinados os componentes de produtividade. Verificou-se também a eficiência do uso da água (EUA). Os resultados foram submetidos à análise da variância e o Teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro. As médias foram comparadas entre si pelo Teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Os resultados mostraram que não ocorreram diferenças estatisticamente significativas nos parâmetros de crescimento e desenvolvimento para ambas as cultivares; ocorreram diferenças estatisticamente significativas para a maioria dos componentes de produtividade da cultivar Anta; para a cultivar 8100 as diferenças foram menos evidenciadas. As cultivares submetidas à estratégia de irrigação de 60% da ET<sub>o</sub> apresentam maior expansão foliar. As cultivares apresentaram IAF superior as cultivares de soja brasileiras. A maior produção de grãos para a cultivar 8100 foi obtida na estratégia de irrigação de 60%, para a cultivar Anta ocorreu na estratégia de irrigação de 80%. As duas cultivares apresentaram maiores valores de EUA na estratégia de irrigação de 80%. O uso da irrigação suplementar na cultura da soja aumenta a produtividade de grãos na região fronteira-oeste do Estado do Rio Grande do Sul, para as condições, características do período e fatores considerados.

**Palavras-Chave:** soja, componentes de produção, estratégias de irrigação

## ABSTRACT

Master's Dissertation  
Agricultural Engineering Postgraduation Program  
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

### THE EFFECT OF DIFFERENT IRRIGATION STRATEGIES UNDER SOYBEAN CULTIVATION (*GLYCINE MAX (L.) MERRIL*) IN THE AREA OF SANTIAGO, RS.

Author: Ana Carla dos Santos Gomes  
Advisor: Adroaldo Dias Robaina  
Santa Maria, February 16<sup>th</sup>, 2007

Among the different production's factors, water is what most limits the productivity of the cultivated plants, especially in regions where the irregular distribution of pluvial precipitation is present. In these cases, the supplemental irrigation is one of the major devices, which is capable of maximizing production, appeasing a larger number of crops throughout the year. The present work had as purpose to evaluate the behavior of soybean culture, acquiring growth, development and production parameters under different irrigation strategies, and to verify which strategy has a better result when larger productivity is concerned. The experiment was conducted in an experimental area at Fazenda Liberdade, located in the municipal district of Santiago – RS, in the agricultural year of 2005/2006. The soybean cultivars *8100* and *Anta* were used in this experiment. The irrigation handling was based on a watering shift settled beforehand among a 7-day recess. The irrigation blades that were applied alongside the cultivation vital cycle were based on the evapotranspiration data measured in an evaporimetric Mini- Tank, being of 60%, 80%, 100% and 120% of the reference evapotranspiration value (ET<sub>o</sub>). The growth and development parameters were measured, such as, the leaf area index (LAI) and the plants' heights in fortnightly periods; and the covered surface in every ten days. The productivity components were determined in the harvest. It was also verified the efficiency of the water usage (USA). The results were submitted to variation analysis and the F test in a 5% error probability level. The average results were compared among themselves using the Tuckey Test in a 5% error probability level. The results showed that no statistically significant differences occurred in the growth and development parameters for both cultivars; there were statistically significant differences with most of the productivity components of the *Anta* cultivar; as for the *8100* cultivar, the differences were less evident. The cultivars submitted to the ET<sub>o</sub>'s 60% irrigation strategy presented a bigger leaf expansion. They presented a LAI superior to the Brazilian soybean manures. The largest grain production for the *8100* cultivar was obtained under the irrigation strategy of 60%; as for the *Anta* cultivar, it occurred under the irrigation strategy of 80%. Both types presented bigger values in the USA under the irrigation strategy of 80%. The use of additional irrigation in the soybean cultivation increases the grain productivity in the west-border region in the state of Rio Grande do Sul, for the conditions, considered characteristics of the period and factors.

**Keywords:** soybean; production components; irrigation strategies.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Produção total de soja no Brasil e no Estado do Rio Grande do Sul, de 1990 a 2003. Valores em mil toneladas (IBGE, 2005).....	19
FIGURA 02 – Representação esquemática dos componentes do balanço de água no solo.....	39
FIGURA 03 – Vista da área de instalação do experimento. Santiago, RS, 2005.....	44
FIGURA 04 – Trincheira para coleta de amostras utilizadas na determinação das características físicas do solo com detalhe do coletor de amostras. Santiago, RS, 2005.....	46
FIGURA 05 – Coleta de amostras para determinação das características químicas do solo. Santiago, RS, 2005.....	47
FIGURA 06 – Estação climatológica automática. Santiago, RS, 2005.....	48
FIGURA 07 – Croqui da área experimental – Fazenda Liberdade.....	50
FIGURA 08 – Mini-Tanque de evaporação. Santiago, RS, 2005.....	51
FIGURA 09 – Parcelas experimentais localizadas na área experimental. Santiago, RS, 2005.....	52
FIGURA 10 – Mesa utilizada na determinação da superfície coberta pelas plantas em períodos decendiais. Santiago, RS, 2006.....	54
FIGURA 11 – Índice de área foliar ( $m^2.m^{-2}$ ) médio durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.....	62
FIGURA 12 – Índice de área foliar ( $m^2.m^{-2}$ ) médio relacionado com a soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.....	63
FIGURA 13 -Índice de área foliar ( $m^2.m^{-2}$ ) médio dos quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.....	65

FIGURA 14 – Índice de área foliar ( $m^2.m^{-2}$ ) médio relacionado com a soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.....	66
FIGURA 15 – Superfície coberta média durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.....	68
FIGURA 16 – Determinação da superfície coberta nas plantas de soja aos 85 DAE. Santiago, RS, 2006.....	69
FIGURA 17 – Superfície coberta média em função da soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.....	70
FIGURA 18 – Superfície coberta média durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.....	71
FIGURA 19 – Superfície coberta média em função da soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.....	72
FIGURA 20 – Altura de plantas (cm) média de quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.....	74
FIGURA 21 – Altura de plantas (cm) média de quatro tratamentos relacionada com a soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.....	75
FIGURA 22 – Altura das plantas de soja, cultivar Anta aos 130 DAE. Santiago, RS, 2006.....	76
FIGURA 23 – Altura de plantas (cm) média para quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.....	77
FIGURA 24 – Altura de plantas (cm) média para o quatro tratamentos relacionada com a soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.....	78
FIGURA 25 – Produção de grãos ( $kg.ha^{-1}$ ) com relação ao total de água aplicado (mm) para a cultivar de soja 8100.....	84
FIGURA 26 – Produção de grãos ( $kg.ha^{-1}$ ) com relação ao total de água aplicado (mm) para a cultivar de soja Anta.....	90

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Descrição de alguns componentes seguidos das características da cultivar 8100.....	49
TABELA 02 – Descrição de alguns componentes seguidos das características da cultivar Anta.....	49
TABELA 03 – Características físicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta – Valores médios para três repetições.....	57
TABELA 04 – Características físicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta – Valores médios para três repetições.....	57
TABELA 05 – Características físicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta – Valores médios para três repetições.....	58
TABELA 06 – Características químicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta – Valores médios para três repetições.....	58
TABELA 07 – Valores médios do índice de área foliar ( $m^2.m^{-2}$ ) em quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.....	60
TABELA 08 – Valores médios do índice de área foliar ( $m^2.m^{-2}$ ) em quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.....	64
TABELA 09 – Superfície coberta em quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.....	67
TABELA 10 – Superfície coberta em quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.....	70

TABELA 11 – Valores médios da altura (cm) da cultivar de soja 8100 submetida a quatro estratégias de irrigação durante seu ciclo vital de desenvolvimento.....	73
TABELA 12 – Valores médios da altura (cm) da cultivar de soja Anta submetida a quatro estratégias de irrigação durante seu ciclo de desenvolvimento.....	76
TABELA 13 – Valores médios de número de plantas.m <sup>-2</sup> (NPL), número de vagens.planta <sup>-1</sup> (NVP), número de grãos.vagem <sup>-1</sup> (NGR) e massa seca do grão (PMG) para a cultivar de soja 8100 aos 156 DAE.....	79
TABELA 14 – Valores médios de massa seca dos grãos.planta <sup>-1</sup> (PPGRAO), massa seca do colmo.planta <sup>-1</sup> (PPC), massa seca das vagens.planta <sup>-1</sup> (PPVG), matéria seca total (PPTOTAL) e índice de colheita (IC) em cada estratégia de irrigação para a cultivar de soja 8100 aos 156 DAE.....	80
TABELA 15 – Valores de número de irrigações, lâmina média aplicada.irrigação <sup>-1</sup> (mm), irrigação total (mm), precipitação pluvial (mm) e total de água aplicado (irrigação + precipitação) (mm) ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100 para quatro tratamentos de irrigação.....	81
TABELA 16 – Produção (kg.ha <sup>-1</sup> ) de matéria seca, produção de grãos e eficiência de uso da água (EUA) em cada estratégia de irrigação para a cultivar de soja 8100.....	82
TABELA 17 – Valores médios de número de plantas.m <sup>-2</sup> (NPL), número de vagens.planta <sup>-1</sup> (NVP), número de grãos.vagem <sup>-1</sup> (NGR) e massa seca do grão (PMG) para a cultivar de soja Anta aos 163 DAE.....	85
TABELA 18 – ‘Valores médios da massa seca dos grãos.planta <sup>-1</sup> (PPGRAO), massa seca do colmo.planta <sup>-1</sup> (PPC), massa seca das vagens.planta <sup>-1</sup> (PPVG), matéria seca total (PPTOTAL) e índice de colheita (IC) em cada estratégia de irrigação para a cultivar se soja Anta aos 163 DAE.....	87
TABELA 19 – Valores de número de irrigações, lâmina média aplicada.irrigação <sup>-1</sup> (mm), irrigação total (mm), precipitação pluvial (mm) e total de água aplicado (irrigação + precipitação) (mm) ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta para quatro tratamentos de irrigação.....	88
TABELA 20 – Produção (kg.ha <sup>-1</sup> ) de matéria seca, produção de grãos e eficiência de uso da água (EUA) em cada estratégia de irrigação para a cultivar de soja Anta.....	89

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 A cultura da soja.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Características fisiológicas da soja.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Características do crescimento e desenvolvimento da soja.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4 Componentes de produção.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5 O clima e desenvolvimento das culturas.....</b>	<b>28</b>
<b>2.6 A agricultura irrigada.....</b>	<b>30</b>
<b>2.7 Manejo da irrigação.....</b>	<b>32</b>
2.7.1 Momento da irrigação (Quando irrigar?).....	33
2.7.2 Quantidade da irrigação (Quanto irrigar?).....	35
2.7.3 Balanço Hídrico.....	37
2.7.4 Modelos Micrometeorológicos.....	39
<b>2.8 Necessidades hídricas da cultura da soja.....</b>	<b>41</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>44</b>
<b>3.1 Local e época da realização do experimento.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2 Obtenção de dados básicos.....</b>	<b>45</b>
3.2.1 Solo.....	45
3.2.1.1 Caracterização física.....	45
3.2.1.2 Caracterização química.....	46
3.2.2 Elementos Agrometeorológicos.....	47
<b>3.3 Implantação e condução do Experimento.....</b>	<b>48</b>
3.3.1 Semeadura.....	48
3.3.2 Descrição das cultivares utilizadas.....	49
3.3.2.1 Cultivar 8100.....	49
3.3.2.2 Cultivar Anta.....	49
3.3.3 Área Experimental.....	49
3.3.4 Irrigação.....	51
3.3.5 Tratos culturais.....	52
3.3.6 Parâmetros de crescimento e desenvolvimento da planta.....	52

3.3.6.1 Índice de área foliar.....	52
3.3.6.2 Altura de plantas.....	53
3.3.6.3 Superfície Coberta.....	53
3.3.6.4 Componentes de produção de grãos e matéria seca total.....	54
3.3.6.4.1 Cultura da soja.....	54
3.3.6.5 Soma Térmica.....	55
<b>3.4 Análise Estatística.....</b>	<b>56</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>4.1 Características Físicas dos Solos.....</b>	<b>57</b>
<b>4.2 Características Químicas dos Solos.....</b>	<b>58</b>
<b>4.3 Cultivares de soja 8100 e Anta.....</b>	<b>59</b>
4.3.1 Parâmetros de crescimento e desenvolvimento.....	59
4.3.1.1 Índice de área foliar.....	59
4.3.1.2 Superfície coberta.....	67
4.3.1.3 Altura de plantas.....	72
<b>4.4 Componentes de produção, matéria seca total, índice de colheita e produtividade.....</b>	<b>78</b>
4.4.1 Cultivar de soja 8100.....	78
4.4.2 Cultivar de soja Anta.....	85
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>91</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>126</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill), constitui-se em um dos principais cultivos da agricultura mundial e brasileira, devido ao seu potencial produtivo e a sua composição química e valor nutritivo, que lhe confere multiplicidade de aplicações na alimentação humana e/ou animal, com relevante papel sócio econômico, além de se constituir em matéria prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais.

Atualmente, no Estado do Rio Grande do Sul a soja é a cultura que detém a maior área de plantio. Na safra 2003/2004 foram colhidos cerca de 3,965 milhões de hectares com uma produção de 5,502 milhões de toneladas de grãos (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2005). No entanto, o rendimento de grãos dessa cultura apresenta grandes oscilações entre locais e anos, sendo a distribuição irregular da precipitação pluvial, principalmente durante o período de primavera-verão, a principal responsável pela redução no rendimento da soja neste Estado.

Através de estudos já comprovados, pode-se afirmar que: (i) a deficiência hídrica causa redução no rendimento da soja (CONFALONE e DUJMOVICH, 1999); (ii) é freqüente a ocorrência de deficiência hídrica durante o período crítico de desenvolvimento da soja (MATZENAUER et al. 2003); (iii) pode-se esperar redução de rendimento de grãos de soja em nove a cada vinte safras (MATZENAUER et al. 2003) e (iv) na produção de soja a precipitação natural não atende a demanda potencial de água em todas as regiões do Estado do Rio Grande do Sul (MOTA et al. 1996).

A irrigação constitui uma alternativa para a melhoria do rendimento de grande parte das culturas e quando utilizada deve priorizar a adoção de procedimentos para seu controle, dentro de um critério racional. Este consiste em medir ou avaliar a quantidade de água do solo no decorrer do tempo, de forma a proporcionar a cultura, condições de disponibilidade hídrica, determinando o momento que deve ser efetuada a irrigação e a quantidade de água que deve ser aplicada.

Cabe ressaltar, que a fronteira-oeste do Estado do Rio Grande do Sul, apresenta a possibilidade de utilizar a contribuição natural das chuvas na dotação de projetos de irrigação, sendo a irrigação suplementar um dos principais instrumentos

capazes de maximizar a produção, propiciando um maior número de safras durante o ano.

Nesta região o método de irrigação por inundação para a cultura do arroz é o mais utilizado, porém, a técnica de irrigação pressurizada mostra níveis de eficiência do uso da água (EUA) superiores aos demais sistemas, variando, segundo Bernardo et al., (2006), de 70 a 80%, além de adaptarem-se a quase todos os tipos de cultura.

Enquanto a irrigação conduz a níveis de rendimentos altos e estáveis, os benefícios econômicos desta prática têm que ser estabelecidos principalmente para regiões úmidas, como é o caso do Rio Grande do Sul, devido ao alto custo do equipamento e operação do sistema de irrigação. Isto poderá ser feito comparando os lucros líquidos entre tratamentos com a cultura irrigada e não irrigada.

Tal situação motivou a realização deste trabalho, cujos objetivos consistiram em avaliar o comportamento da cultura da soja, obtendo parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produção sob diferentes estratégias de irrigação e verificar a estratégia de irrigação que resulte na maior produtividade fornecendo a região de Santiago, RS dados para a utilização da técnica de irrigação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

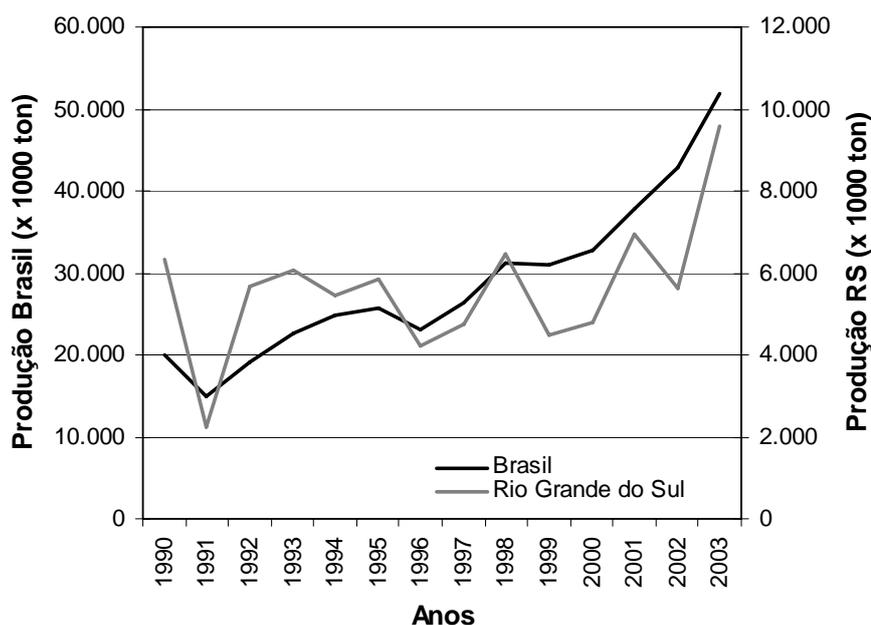
### 2.1 A Cultura da Soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta originária da China, inicialmente rasteira e cultivada nas margens de rios, domesticada e introduzida provavelmente no período de 1500 e 1027 a.C. Três mil anos depois a soja se espalhou pela Ásia, onde começou a ser utilizada como alimento. Foi no início do século XX que passou a ser cultivada comercialmente nos Estados Unidos. A partir de então, houve um rápido crescimento na produção, com o desenvolvimento das primeiras variedades cultivadas comerciais (MELO, 2005), sendo atualmente a mais importante oleaginosa cultivada no mundo (BLACK, 2002).

No Brasil, durante muitas décadas a soja foi cultivada em caráter experimental, destacando-se as semeaduras realizadas em 1914 pela Escola Superior de Agronomia e Veterinária, da Universidade Técnica do Rio Grande do Sul, e em 1921, na Estação Experimental de Agricultura e Criação, em Santa Rosa, RS. A utilização da soja na alimentação de suínos como fonte de proteína, e como adubação verde, na rotação de culturas com o trigo, foi decisiva na consolidação da cultura no Estado do Rio Grande do Sul (CARUSO, 1997).

A grande expansão da soja no Brasil aconteceu a partir dos anos 70, com o interesse crescente da indústria de óleo e a demanda do mercado internacional. O interesse do governo brasileiro pela expansão na produção da soja para atender à indústria fez com que a cultura ganhasse cada vez mais incentivos oficiais. Diversas estradas, ferrovias e hidrovias foram instaladas e portos foram modernizados para o escoamento da produção.

Na Figura 1 são apresentados os valores da produção total da soja no Brasil e no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1999 a 2003, mostrando o incremento ocorrido na produção de grãos desta cultura nos últimos anos.



**Figura 01** – Produção total de soja no Brasil e no Estado do Rio Grande do Sul, de 1990 a 2003. Valores em mil toneladas (IBGE, 2005).

Hoje a soja é um dos principais produtos de exportação do Brasil. No Rio Grande do Sul a soja é a principal cultura agrícola, com a maior área de plantio, em torno de 3 milhões de hectares, sendo cultivada em 32 microrregiões geográficas (MELO, 2005), respondendo por aproximadamente 20% da produção de grãos do Estado. Isto se deve, principalmente, ao seu potencial produtivo, sua composição química e seu valor nutritivo, além de ser matéria prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais. A proteína de soja é muito utilizada na ração animal e o óleo na alimentação humana, aumentando sua participação na obtenção de outros produtos como adubo, revestimento, papel, tinta e combustível (biodiesel). A soja oferece proteção a terra, durante o ciclo vegetativo, com sua massa verde cobrindo toda a superfície, e ainda, por ser uma leguminosa, tem alta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por simbiose, raramente havendo a necessidade de suplementação de nitrogênio por adubação (REICHARDT, 1990).

A produção de soja tem sido crescente e isto é demonstrado pela boa tecnologia aplicada a cultura, pelo emprego de materiais genéticos de bom potencial produtivo e pela crescente profissionalização dos produtores rurais. A área colhida de soja no Estado do Rio Grande do Sul na safra de 2005 (3.965.250 ha) obteve um incremento de 3,08% e 10,41% em relação à safra de 2004 e 2003 (3.846.955 ha),

respectivamente, representando um acréscimo real de 373.780 ha colhidos em 2005 (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2005).

As variações em produção e produtividade são determinadas por microclimas, solos e diversidade de sistemas tecnológicos empregados (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2005).

## **2.2 Características fisiológicas da soja**

A soja é um vegetal herbáceo e anual. Pertence à família das Leguminosas, subfamília das Papilionáceas e à tribo das Faseoláceas (PIMENTEL, 1990). Tem raízes do tipo pivotante (um eixo vertical principal), de onde partem as raízes secundárias que se ramificam, formando um sistema radicular axial, fasciculado (em cabeleira). O caule é do tipo herbáceo, ereto, revestido de pêlos podendo a altura variar de 0,5 a 1,5 m. As folhas são de três tipos: cotiledonares ou primordiais (são as primeiras a emergir por ocasião da germinação); simples (duas folhas de lâminas simples e opostas surgem após as primordiais) e, as compostas trifolioladas (são as que apresentam duas estípulas em sua base e estipelas na base dos folíolos). As folhas são do tipo alternadas, de pecíolos grandes, medindo de 7 a 15 cm de comprimento (PIMENTEL, 1990; SANTOS, 1995).

A flor é completa ou perfeita, ou seja, possui perianto (cálice e corola) e órgãos sexuais (androceu e gineceu) é, portanto, hermafrodita ou andrógina, esse tipo de flor favorece a autofecundação ou autogamia. Seu tamanho varia entre 3 e 10 mm. As inflorescências nascem nas axilas das folhas ou, às vezes, no ápice das ramificações do caule. São do tipo recemosas (semelhantes a cachos). O fruto é do tipo vagem, normalmente pendentes, e em número de uma a cinco por pedúnculo. O tamanho, a cor e a forma das sementes são características peculiares a cada cultivar. A cor pode ser amarela, castanha, verde, preta ou bicolor, e o número de sementes por fruto varia de um a cinco, sendo, em geral, duas ou três (SANTOS, 1995).

### 2.3 Características do crescimento e desenvolvimento da soja

O crescimento das plantas depende da conversão da energia luminosa e energia química, cuja intensidade é proporcional à interceptação capturada da luz pelo dossel da cultura (SILVA et al., 2005). Pereira e Machado (1987) consideram que a análise de crescimento é tida como método-padrão para se medir a produtividade biológica de uma cultura, permitindo o estudo de diferentes cultivares de uma determinada cultura em seu ambiente de produção.

Como o crescimento é avaliado por meio de variações em tamanho, de algum aspecto da planta, geralmente morfológico, isso evidencia que a análise de crescimento está baseada no fato que 90% em média da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética, sendo que esta passa a ser componente fisiológico de maior importância neste tipo de estudo (BENINCASA, 1988).

Uma das maneiras de avaliar-se o desenvolvimento da soja é através do índice de área foliar (IAF). Segundo Koller et al. (1970) e Lucchesi (1987), a capacidade fotossintética de uma planta depende da interceptação da radiação solar que por sua vez se relaciona com o IAF. O aumento do IAF eleva o nível de interceptação da luz incidente, proporcionando um aumento de produção de biomassa. Esta produção de biomassa aumenta até um valor de IAF crítico, onde o auto-sombreamento das folhas faz com que a taxa fotossintética média por unidade de área decresça, podendo causar redução na produtividade devido ao desvio de fotoassimilados de outras folhas para a respiração de massa foliar excedente.

O valor correspondente a 95% de absorção da radiação incidente é chamado IAF "crítico", índice esse dependente da intensidade luminosa e também do número de plantas por área, ou seja, da densidade das plantas na fileira e da distância entre as fileiras (BARNI e BERGAMASCHI, 1981).

Müller (1981) estudando sobre o valor de IAF crítico para a soja, encontrou uma grande variação nos valores citados nos trabalhos consultados (entre 2,5 e 9,0). O IAF crítico sofre influências da densidade de fluxo e assim, a combinação de um elevado valor de IAF e a alta luminosidade é benéfica, mas se nestas condições a luminosidade for baixa, o efeito pode ser negativo. Este autor ressaltou ainda que para elevadas produtividades, é importante que as plantas alcancem o mais rápido

possível o valor de IAF crítico durante a fase vegetativa inicial, no entanto, sem ultrapassar logo este valor.

Pissaia (1989) e Costa (1991), concluíram que o IAF excessivo pode ser prejudicial, tendo em vista dificultar a penetração de luz às camadas inferiores, gerando, como consequência, menor atividade fotossintética nestas folhas, com diminuição da produção de fotossintatos. Gassen (2001) relata que em condições com um elevado IAF é desejável o desfolhamento, para permitir a penetração de luz no dossel e garantir o desenvolvimento de legumes na parte basal e mediana da planta promovendo maior produção de grãos.

A reduzida penetração de luz nos estratos inferiores da comunidade de plantas se constitui num fator limitante à obtenção de alto rendimento (HICKS et al., 1969). Considerando que a maior interceptação de luz pela soja ocorre entre 15 e 30 cm do topo da cultura (SHAW & WEBER, 1967), conseqüentemente pouca luz atinge os estratos inferiores da comunidade. Com isso as folhas da porção inferior das plantas não atingem seu potencial fotossintético (JOHNSON et al., 1969), acarretando menor assimilação de CO<sub>2</sub>.

Marchezan e Costa (1983) sugerem que a maior penetração de radiação luminosa no perfil da planta pode ser obtida pelo melhoramento genético ou por meio de práticas de manejo que propiciem tal objetivo. Uma prática que poderia ser adotada é o arranjo de plantas (SILVA et al., 1995). Trabalhos realizados por Board & Harville (1992) e Board et al. (1992), com espaçamentos reduzidos entre fileiras em soja, apresentaram incremento na interceptação de luz e melhor utilização da radiação incidente, os quais poderiam ser os principais fatores responsáveis pela obtenção de maiores rendimentos em espaçamentos menores.

A soja tem um crescimento inicial lento, que dura até a queda dos cotilédones. Em seguida, o IAF normalmente aumenta linearmente até o final do florescimento, atingindo valores entre 5,0 e 8,0. O valor do IAF decresce situando-se entre 4,0 e 6,0 próximo a maturidade fisiológica, a partir da qual observa-se um rápido amarelecimento da parte aérea das plantas, seguido de abscisão foliar (KOLLER et al., 1970).

Scott & Batchelor (1979) obtiveram maior taxa de crescimento da cultura no início do estágio reprodutivo da cultura da soja. Os valores de taxa de crescimento relativo, taxa assimilatória líquida e razão de área foliar foram maiores no início do período vegetativo e decresceram com o decorrer do ciclo.

Board & Harville (1996) verificaram que a maior taxa de crescimento da cultura ocorreu entre as fases fenológicas reprodutivas R1 e R5, devido ao aumento no índice de área foliar. Constataram também, que a maior interceptação da radiação luminosa foi no final do período vegetativo, favorecendo a taxa de produção de massa da matéria seca em etapa seguinte e que a produtividade foi correlacionada com a taxa de crescimento da cultura.

A altura de plantas é um parâmetro de crescimento das culturas. De acordo com Heiffig (2002), se obtém medindo a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal. Rodrigues (2001) em pesquisa com a cultivar de soja FT-Abyara, de ciclo semitardio/tardio, com a aplicação de diferentes lâminas críticas de irrigação de 15, 30, 45 e 60 mm, obteve altura de plantas final de 98,5, 91,9, 91,4 e 96,4 cm, respectivamente. Similarmente, Kuss (2006) em experimento com cultivar de soja convencional Coodetec 205 de ciclo tardio, obteve altura de planta de 103,66, 109,03 e 112,60 para plantas não irrigadas, irrigadas durante todo o ciclo e plantas com irrigação apenas nos períodos críticos, respectivamente.

Segundo Heiffig (2002), a competição intraespecífica das plantas de soja pelos fatores do ambiente irá determinar maior ou menor porte da planta, maior ou menor número de ramificações, fatores estes inversamente proporcionais. Sob maiores densidades de plantas na linha, há uma menor disponibilidade de produtos da fotossíntese para o crescimento vegetativo, com menor formação de ramos, sendo os fotoassimilados destinados ao crescimento das plantas em altura.

De forma geral o ciclo longo e a estatura elevada da planta de soja correlacionam-se positivamente com a produção de grãos (DYBING, 1994), pois tem relação com a maior quantidade de massa seca produzida, uma vez que a produção de fitomassa anterior a floração representa reserva potencial da planta para investir na formação de estruturas reprodutivas.

Em um estudo com diferentes cultivares de soja, Ibarra (1990) constatou que acúmulo máximo de massa total ocorreu no estágio R7, envolvendo a parte vegetativa e reprodutiva, mesmo com acentuada perda de biomassa seca da parte vegetativa, devido à queda de folhas senescentes e à translocação dos nutrientes destas para as vagens e sementes.

Peixoto (1999) obteve o máximo acúmulo da massa da matéria seca em três cultivares de soja, estudando três densidades e três épocas de semeadura, no

estádio de maturação fisiológica que ocorreu entre 84 e 112 dias após a emergência para a maioria dos cultivares, nas condições de Piracicaba, SP.

Hanway & Weber (1971), registraram a maior acumulação de massa total entre o florescimento pleno e o final de formação de grãos, alcançando entre 88 e 149 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, com diferenças significativas entre cultivares.

Em um estudo de três anos com a cultura de soja, Henderson & Kamprath (1970) obtiveram de 7,6 a 12,4 t.ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca da parte aérea. Os autores constataram o aumento progressivo da fitomassa aérea pela soja, atingindo o máximo na fase de início da formação de grãos, alcançando a 339 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de fitomassa seca.

O trabalho de Bataglia et al. (1976) mostrou que o acúmulo máximo de matéria seca pela planta ocorreu na fase inicial da formação das vagens, coincidindo com o ponto de maior desenvolvimento da parte vegetativa (folhas, caules e raízes). Após essa fase, ocorreu uma elevação da matéria seca na parte reprodutiva (vagens), principalmente pelos grãos.

A associação do acúmulo de matéria seca com a escala fenológica da cultura da soja, permite a melhor observação do desempenho da planta. Francisco (2002) avaliou o efeito da antecipação da adubação da cultura da soja no acúmulo de matéria seca. Segundo o autor a matéria seca das folhas apresenta acúmulo gradual, com ponto de máximo no estágio reprodutivo R5, decaindo posteriormente, em função da queda acentuada das folhas ocorrida no final do ciclo, chegando a reduzir em 137% a sua massa em relação ao ponto de maior acúmulo. O caule atinge 48% de sua massa final no estágio R2, atingindo o ponto de maior acúmulo no estágio R5, com massa de 0,220 kg. m<sup>2</sup>, mantendo certa estabilidade até o final do ciclo. As raízes também apresentaram ponto de maior acúmulo de matéria seca no estágio R5, com massa de 0,077 kg. m<sup>2</sup>, tendo ocorrido intenso ganho de massa nos estádios iniciais de desenvolvimento.

## **2.4 Componentes de produção**

O conhecimento da relação entre características de crescimento e desenvolvimento da planta com os componentes do rendimento dos genótipos é

determinante para a definição de um tipo de planta mais produtiva (NAVARRO JÚNIOR e COSTA, 2002). Os três principais componentes do rendimento, em soja, são: número de legumes por unidade de área, número de grãos por legume e peso médio dos grãos.

O número de legumes por unidade de área é determinado pelo balanço entre a produção de flores por planta e a proporção destas que se desenvolvem até legumes. Por sua vez, o número de flores por planta, é determinado pelo número de flores por nó e pelo número de nós por planta (JIANG & EGLI, 1993).

De acordo com Heiffig (2002), o número de legumes por planta é o componente do rendimento de grãos que mais sofre influência da população de plantas, e varia inversamente ao aumento ou redução da população (PEIXOTO et al., 2000).

O número de grãos por legume é fortemente influenciado pelo fato de que a maioria das cultivares modernas são selecionadas para formar três óvulos por legume (MCBLAIN & HUME, 1981). Segundo Heiffig (2002), o número de grãos por legume é uma característica tipicamente genética e que não sofre influências de tratamentos. Este autor não encontrou diferenças significativas para este componente testando populações de plantas.

O peso médio de grãos é geneticamente determinado (PANDEY & TORRIE, 1973), mas influenciado pelo ambiente. A falta de água durante o enchimento de grãos limita o rendimento da soja (ASHLEY & ETHRIDGE, 1978; WRIGHT et al., 1984), principalmente pela redução no tamanho e peso do grão (SIONIT & KRAMER, 1977; WESTGATE et al., 1989; SALINAS et al., 1996).

De acordo com Herbert & Litchfield (1982), o número de legumes por planta e de grãos por legume são os dois componentes mais importantes do rendimento de grãos em soja, em razão da redução do número de grãos ser apenas parcialmente compensada pelo incremento no tamanho dos mesmos.

A produtividade da cultura é definida pela interação entre a planta, o ambiente e o manejo. Altos rendimentos somente são obtidos quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estágios de crescimento da soja (GILIOLI et al., 1995).

Rambo et al. (2002) em trabalho com rendimento de grãos em dois regimes hídricos, para a cultivar de soja BRS 137, em Eldorado do Sul, RS, obtiveram uma produtividade de 5530 kg.ha<sup>-1</sup> e 4898 kg.ha<sup>-1</sup>, para tratamento irrigado e não irrigado,

respectivamente. Testando diferentes populações de plantas encontraram maior peso de grãos para espaçamentos de 20 cm na população de 20 plantas.m<sup>-2</sup>, com massa de 100 grãos de 18,4 g, número de grãos por legume de 2,20 e 1329 legumes férteis.m<sup>-2</sup>, valores estes para a planta inteira. Para estes autores, as reduções no espaçamento entre linhas e na população de plantas aumentam a contribuição dos estratos médio e inferior do dossel para o rendimento de grãos.

Pandey et al. (1984), em um experimento com soja submetida a vários regimes de irrigação, verificaram um decréscimo de 52% no número de vagem de soja entre os tratamentos que receberam a menor e a maior quantidade de água. O número de vagens/m<sup>2</sup> aumentou linearmente com a quantidade de água aplicada.

Confalone & Dujmovich (1999), testando a influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja obtiveram em experimento conduzido na Argentina, com a cultivar de soja Asgrow 4656, rendimento de grãos de 5123 Kg.ha<sup>-1</sup>, peso de 1000 grãos de 185 g e número de grãos por legume de 2,36, para o tratamento II (irrigado por todo o período). No tratamento NI (seca entre os estádios reprodutivos R1 e R4) a maior produção de legumes em relação ao IN (seca entre os estádios reprodutivos R4 e R6) foi devido à nova emissão de flores nas plantas do mesmo NI e à queda de legumes em IN, no subperíodo R4.

Maehler et al. (2003), avaliando o potencial de rendimento da soja, encontraram massa de grãos de 17,1 g e 13,8 g para plantas com e sem irrigação, respectivamente. As plantas que receberam irrigação produziram grãos mais pesados. Tal diferença foi observada em grãos provenientes de legumes contendo um, dois e três grãos.

Navarro Júnior e Costa (2002), analisando a contribuição relativa dos componentes de rendimento para produção de grãos em cultivares de soja, Eldorado do Sul, RS, obtiveram para a cultivar FT-2003 produção de grãos da planta inteira de 18,02 g.planta<sup>-1</sup>, número de ramos igual a 5,1, comprimento dos ramos de 20,9 cm, 120 flores produzidas (R2), 86 legumes produzidos (R5), 54 legumes fixados (R8), o número de nós férteis na planta inteira foi de 24, o número de legumes por planta com três grãos foi de 21, e peso de 100 grãos 15,42 g; para a cultivar OCEPAR 14 produção de grãos da planta inteira 11,00 g.planta<sup>-1</sup>, número de ramos igual a 4,0, comprimento dos ramos de 32,5 cm, 144 flores produzidas (R2), 58 legumes produzidos (R5), 40 legumes fixados (R8), o número de nós férteis na planta inteira foi de 22, o número de legumes por planta com três grãos foi de 9 e

peso de 100 grãos 14,68 g; para a cultivar RS 7-Jacuí produção de grãos da planta inteira de  $14,82\text{g.planta}^{-1}$ , número de ramos igual a 2,7, comprimento dos ramos de 32,9 cm, produção e fixação de flores e legumes na planta de 156, 75, 46 para 156 flores produzidas (R2), 75 legumes produzidos (R5), 46 legumes fixados (R8), o número de nós férteis na planta inteira foi de 18, o número de legumes por planta com três grãos foi de 14 e peso de 100 grãos 16,78 g.

Os resultados obtidos por Navarro Júnior e Costa (2002), demonstram que a importância relativa de cada componente do rendimento variou conforme a cultivar. As diferenças observadas entre as cultivares, quanto à produção de grãos por planta, sugerem que determinados componentes tenham maior importância para a elevada produção que outros.

Segundo Marchezan & Costa (1983), para a obtenção de rendimentos elevados seria importante selecionar cultivares com maior capacidade de fixação de legumes. Entretanto, alto potencial de rendimento na floração, representado pela produção de grande número de flores, não necessariamente identifica uma cultivar eficiente na fixação de estruturas reprodutivas resultando em rendimento de grãos elevado (NAVARRO JUNIOR, 1998).

As plantas de soja perdem grande quantidade de estruturas reprodutivas, tendo sido relatados extremos entre 27% e 84% de perda (HEITHOLT et al., 1986; SHARMA et al., 1990; JIANG & EGLI, 1993). Embora as cultivares de soja produzam grande número de flores por inflorescência, o número de legumes produzidos (flores fixadas) é relativamente pequeno. No entanto, flores que surgem nas diferentes posições do racemo não exibem a mesma tendência para abscisão. As flores na posição distal do racemo são muito mais propensas à abscisão do que as flores da posição proximal (WIEBOLD, 1990). Wiebold & Panciera (1990) citaram que a probabilidade de abscisão das estruturas surgidas na posição proximal do racemo é freqüentemente menor que 10%, enquanto nas estruturas na posição distal é de 50% ou mais.

O entendimento do papel do número de flores e da porcentagem de aborto e queda das estruturas reprodutivas (flores, legumes e grãos) é importante para a compreensão de como a planta estabelece sua produção final (JIANG & EGLI, 1993).

As características morfofisiológicas, tais como número de ramos por planta, comprimento de ramos e número de nós férteis, têm relação com o potencial

produtivo da planta, uma vez que representam maior superfície fotossintetizante e também potencialmente produtiva por meio do número de locais para surgimento de flores. Por outro lado, o número e comprimento de ramos podem também representar demanda adicional que desvia os fotoassimilados que, de outra forma, seriam aproveitados na fixação e na produção de estruturas reprodutivas (NAVARRO JÚNIOR e COSTA, 2002).

## **2.5 O clima e desenvolvimento das culturas**

O clima pode ser considerado um regulador da produção agrícola. Os parâmetros climáticos exercem influência em todos os estágios dos processos agrícolas, desde o preparo da terra, semeadura, crescimento das plantas e colheita até o armazenamento, transporte e comercialização (AYOADE, 1986).

Para Dallacort et al. (2005), dados climáticos disponíveis e confiáveis, obtidos através de estações meteorológicas, são fundamentais em uma eficaz previsão do desenvolvimento, do crescimento e da produção das culturas agrícolas. As estações meteorológicas automáticas têm sido utilizadas para medir e registrar os parâmetros meteorológicos, a nível de superfície, de forma precisa e acurada, em intervalo de tempo programável, eliminando com isto, erros humanos na leitura de sensores, erros de digitação, perdas de dados, possuindo também, sincronismo de leitura entre vários instrumentos e freqüência de leitura com intervalos precisos (FARIA, 1998). Esse sistema automatizado tem sido utilizado para monitorar o controle de irrigação em diferentes culturas (FERNANDES et al., 1995).

A análise de registros históricos de dados climáticos permite prever a precipitação e estimar a evapotranspiração que, juntamente com a capacidade de retenção de água no solo, torna possível estimar-se o balanço de água na zona radicular das culturas e as demandas totais (do ciclo) e diárias de irrigação suplementar real necessária, segundo a época de plantio da cultura (FARIA et al., 2002).

O rendimento máximo de uma cultura é determinado, principalmente, por suas características genéticas e por uma boa adaptação do cultivo ao ambiente predominante. Dentre os elementos do clima, os que mais afetam o comportamento

e o desenvolvimento da cultura da soja são a temperatura, o fotoperíodo e a disponibilidade de água (FARIAS, 1994).

Para Schöffel e Volpe (2002), a temperatura é uma das variáveis meteorológicas mais importantes afetando não apenas o acúmulo de fitomassa como também, a duração dos vários estádios de desenvolvimento da espécie, uma vez que, para completar cada subperíodo de desenvolvimento, as plantas necessitam um determinado acúmulo térmico. A temperatura do ar tem influência sobre a taxa de crescimento e floração, onde a indução floral é inibida com temperatura média inferior a 17°C e flores e vagens são abortadas com temperatura média acima de 38°C. A temperatura do ar para o bom desenvolvimento da soja deve variar entre 20°C e 30°C (FARIAS et al., 2000).

Existem vários métodos que relacionam o grau de desenvolvimento de uma cultura com a temperatura do ar, sendo o mais empregado o das unidades térmicas ou graus-dia. O conceito de graus-dia pressupõe a existência de temperaturas base mínima e máxima; sendo a temperatura ambiente menor ou maior, respectivamente, a planta não se desenvolve, ou se desenvolve a taxas reduzidas. Cada espécie vegetal ou cultivar possui uma temperatura-base, que pode variar em função da fase fenológica da planta, sendo comum, no entanto, a adoção de um valor médio único para todo o ciclo da cultura, por ser mais fácil sua aplicação (CAMARGO, 1984).

A temperatura acima da qual a cultura da soja tem condições de armazenar fotossintatos, conhecida como temperatura-base ( $T_b$ ) é 15°C, segundo estudos realizados por Brow e Chapman, citados por Pascale (1969), e de 14°C em trabalho conduzido por Camargo et al. (1987). Berlato e Gonçalves (1978), utilizando 15°C como temperatura-base da cultura da soja, determinaram que as exigências médias de soma térmica para maturação variam de 1158°C.dia a 1293°C.dia, dependendo da cultivar.

Outro elemento que influencia o desenvolvimento da soja, na passagem do período vegetativo para o período reprodutivo é o fotoperíodo. A soja é uma planta de dias curtos (PDC), ou seja, floresce quando o comprimento dos dias é inferior a um certo valor, chamado fotoperíodo crítico. Na realidade a soja necessita de certo número de horas de escuro, pois é a radiação solar excessiva que retarda este processo. As cultivares de soja foram adaptados através de melhoramento genético, aos diferentes regimes fotoperiódicos existentes no País. Assim, problemas no

florescimento podem ocorrer, caso uma cultivar seja utilizada fora da região recomendada (SCHNEIDER et al., 1988; CÂMARA, 1998; FARIAS et al., 2000).

De acordo com Shibles (1975 *apud* FAGERIA, 1989) o fotoperíodo crítico é de aproximadamente 13 horas, para os genótipos adaptados às regiões tropicais. Pascale (1986) enfatiza que quanto maior é o fotoperíodo mais dias são necessários para a soja atingir o estágio de floração e um fotoperíodo maior de 16 horas inibe a floração e a frutificação. Atualmente, este conceito está mudando um pouco, pois certos cultivares de soja têm uma fase juvenil depois da emergência quando é especialmente sensível à temperatura e insensível a duração do dia (HODGES e FRENCH, 1985). Cultivares com a característica de período juvenil longo tem maior adaptabilidade a locais (latitudes) e a épocas de semeadura do que cultivares sem esta característica.

## **2.6 A agricultura irrigada**

A irrigação das culturas agrícolas consiste no suprimento de água as plantas na quantidade necessária e no momento adequado para se obter, economicamente, a produção ótima e a melhor qualidade do produto. Segundo Gonzaga Neto (2000), proporcionando um incremento médio de produtividade, da ordem de 200%.

De acordo com Christofidis (2002) a importância da agricultura irrigada pode ser vista pelos dados da superfície agrícola mundial, colhida no ano de 2000, correspondendo a uma área da ordem de 1,5 bilhões de hectares. Desta área, cerca de 275 milhões estavam sob irrigação. A superfície produtiva agrícola sob sequeiro, em torno de 1,225 bilhões de hectares, foi responsável por 58% do total colhido, enquanto a superfície agrícola irrigada, corresponde a 18% da área total sob produção agrícola, possibilitou cerca de 42% do total colhido.

O Brasil tem cerca de 29,6 milhões de hectares de solos aptos para irrigação, enquanto cerca de apenas 3 milhões de hectares são atualmente irrigados (ano 2000), o que corresponde a pouco mais de 10% do potencial (FREITAS, 2003).

Considerando-se as diferenças sócio-econômicas regionais, os recursos naturais e as condições edafoclimáticas, a distribuição das áreas irrigadas no Brasil ocorre de forma desigual, e daí os métodos e/ou sistemas de irrigação utilizados, os

quais dependem, dentre outros fatores, do nível tecnológico compatível e acessível ao produtor. Há que se considerar, ainda, a dimensão do território brasileiro, com suas adversidades mais distintas como clima, solo e recursos hídricos, levando ao desenvolvimento da agricultura irrigada segundo as capacidades regionais; é o caso, por exemplo, da cultura arrozeira irrigada na região Sul, grãos e cereais nas regiões Sudeste e Centro-Oeste e, ultimamente, crescimento da fruticultura irrigada na região Nordeste (PAZ et al., 2000).

A irrigação justifica-se como recurso tecnológico indispensável ao aumento da produtividade das culturas em regiões onde a insuficiência ou má distribuição das chuvas inviabiliza a exploração agrícola. De acordo com Berlato (1992), a precipitação pluvial no Rio Grande do Sul é bem distribuída nas quatro estações do ano; entretanto, a alta demanda evaporativa nos meses de dezembro a fevereiro faz com que a precipitação pluvial no período de primavera-verão, seja, em geral, insuficiente para atender as exigências hídricas das culturas, principalmente no sul do Estado.

O consumo crescente da água em razão do aumento populacional exige procedimentos para sua racionalização, principalmente no uso agrícola (FERNANDES & TURCO, 2003). Por esta razão é de fundamental importância considerar a ocorrência de precipitações pluviais durante o ciclo das culturas. Conseqüentemente, as irrigações suplementam a deficiência de precipitação ou a má distribuição desta.

De acordo com Paz et al. (2000), para uma produção sempre crescente de alimentos, a alternativa está na produção agrícola sob irrigação, que tem possibilitado um número maior de safras por ano, principalmente em países do hemisfério sul. Para a cultura da soja, vários pesquisadores (FERNANDES & TURCO, 2003; RAMBO et al., 2002; FERNANDES et al., 1996; FONTANA et al., 1992; PANDEY et al., 1984) encontraram aumento na produtividade com o incremento da lâmina de água aplicada. Maehler et al. (2003) obtiveram produtividade média de 5.189 kg.ha<sup>-1</sup> com irrigação, e 3.440 kg.ha<sup>-1</sup>, sem irrigação.

O uso eficiente da água na agricultura irrigada é essencial, face à escassez dos recursos hídricos e ao elevado custo dos insumos, o que torna importante a utilização de metodologias apropriadas para o planejamento e administração da irrigação, por que fica cada vez mais evidenciada a necessidade da combinação correta dos diversos fatores que possibilitem a determinação do volume de água a

ser aplicado ao solo em cada irrigação, com base no conhecimento da demanda atmosférica (MOREIRA, 1993).

## **2.7 Manejo da irrigação**

A quantidade de água necessária para determinada cultura é um dado básico que deve ser conhecido para se planejar e praticar um manejo adequado de qualquer projeto de irrigação. Avaliando-se a necessidade de água dos cultivos, em termos médios, é possível verificar-se que, para produzir uma tonelada de grãos são utilizadas mil toneladas de água, sem se considerar a ineficiência dos métodos e sistemas de irrigação e o seu manejo inadequado (PAZ et al., 2000).

Segundo Fernandez & Turco (2003), a irrigação para dar resultados positivos deve ser bem quantificada, pois aplicações de lâminas de água insuficientes repõem a água apenas nas camadas superficiais do solo, não umedecendo toda a zona das raízes. Por isso elas se tornam superficiais e incapazes de explorar o volume de solo disponível. Em consequência diminui consideravelmente a reserva hídrica útil do solo, prejudicando as plantas, desperdiçando recursos valiosos e aumentando os custos da água aplicada.

Irrigações excessivas acarretam perda de água e nutrientes, pela percolação abaixo da zona das raízes, além de favorecer a proliferação de microorganismos patogênicos. Em casos de solos mal drenados, com impedimentos a percolação, o solo ficará saturado prejudicando as raízes que poderão parecer por falta de arejamento (FERNANDEZ & TURCO, 2003).

O correto manejo da irrigação, para obtenção de produtividade viável economicamente, seria aquele em que se aplica água no solo, no momento oportuno e em quantidades suficientes para suprir as necessidades hídricas da cultura, sem falta ou desperdício de energia. Para que isso ocorra, há a necessidade do uso de métodos de campo que determinem, direta ou indiretamente, a disponibilidade de água no solo para uma determinada cultura (VILLA NOVA, 1991).

Para Bernardo et al., (2006) o ponto chave do manejo da irrigação é decidir quando irrigar e quanto de água aplicar. A quantidade de água a ser aplicada é normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, podendo ser

estimada através de medidas de solo, planta ou elementos climáticos que possam ser relacionados à demanda evaporativa da atmosfera. Dentro destas categorias, o manejo baseado na evapotranspiração ou por meio da tensão de água no solo são bastante citados e utilizados (SAAD & SCALOPPI, 1988; FRIZZONE, 1991; SOUZA et al., 1997; FIETZ et al., 1999; SOARES et al., 2001; FERNANDES & TURCO, 2003; SILVA et al., 2005; ALVES JÚNIOR, 2006; LIMA et al., 2006).

De acordo com Hernandez (1994), existem várias metodologias e critérios para estabelecer programas de irrigação, que vão desde simples manejos baseados em turnos de rega fixo ou variável até complexos esquemas de integração do sistema solo-água-planta-atmosfera através de controle estado-tempo real (PROTOPAPAS E GEORGAKAKOS, 1990).

Para Frizzone (1991) as técnicas de controle de irrigação podem ser classificadas em: (i) teor e tensão de água no solo (atributos físicos e hídricos do solo); (ii) fisiologia das plantas; (iii) balanço hídrico na zona radicular e, (iv) através de modelos micrometeorológicos. Alves Júnior (2006) destaca que entre os métodos de manejo de irrigação disponíveis, os mais usados baseiam-se em: (i) turno de rega calculado; (ii) medidas de teor ou estado energético da água no solo; (iii) balanço hídrico diário na zona radicular e (iv) instrumentos de evaporação.

### 2.7.1 Momento da irrigação (Quando irrigar?)

Grande parte do sucesso de um programa de irrigação depende da identificação do momento adequado da irrigação (quando irrigar?). Esta identificação pode ser feita através do elemento de projeto chamado turno de rega, que é o intervalo entre duas irrigações consecutivas.

De acordo com Bernardo et al. (2006) o turno de rega pode ser prefixado ou variável. O turno de rega prefixado deve ser definido de modo que atenda somente a 70 a 80% da demanda evapotranspirométrica no período de maior demanda, assim, antes deste período, a irrigação reporá ao solo toda a umidade consumida no intervalo entre cada duas irrigações, mantendo assim todo o perfil do solo com a máxima disponibilidade de água. No período de maior demanda evapotranpirométrica, já que o sistema não terá capacidade de suprir toda a água necessária, a planta completará suas necessidades absorvendo a água das camadas mais profundas ou das precipitações pluviométricas que porventura caírem

nesta época; a lâmina real a ser aplicada por irrigação deverá ser igual ao somatório, no período, da  $ET_c$  para os sistemas com irrigação total, ou igual ao somatório, no período, da  $ET_c$  menos a precipitação efetiva para os sistemas com irrigação suplementar.

Para os autores, o turno de rega variável permite adequar à irrigação às diferentes fases do desenvolvimento vegetativo da cultura, bem como a variação da demanda evapotranspirométrica ao longo do ciclo da cultura. Para esse caso podem-se usar recursos como: medição da deficiência de água nas plantas, determinação da umidade do solo e balanço de água no solo. Para a maioria das culturas, é comum usar a média entre o teor de umidade equivalente à “capacidade de campo” e o teor de umidade equivalente ao ponto de murchamento, sendo o correto que este valor seja determinado por meio de pesquisa, para cada cultura em cada tipo de solo da região. Ainda, quando a decisão de irrigar é baseada no teor de umidade do solo, tem-se de definir “a priori”, qual nível de umidade no solo indicará quando irrigar. Esse nível deve ser definido em função da cultura, do órgão a ser colhido, da localização geográfica da área do projeto e das características de retenção de água no solo.

A determinação do potencial matricial da água ou tensão da água no solo proporciona um meio de indicar quando irrigar e quanto de água aplicar ao solo (CARY & FISHER, 1983) e para determinar o fluxo de água no solo e a sua disponibilidade para as plantas (REECE, 1996).

Segundo Reichardt (1990), a água deve ser aplicada quando o potencial ainda está suficientemente alto a ponto de não expor a planta a uma carência que afete o seu desenvolvimento e para que o solo tenha uma condutividade hidráulica, capaz de atender a demanda atmosférica. Afirma que a maioria das plantas tem seu desempenho afetado quando o potencial matricial atinge valores menores que  $-5$  atm e recomenda que não se deva deixar que estes valores atinjam  $-3$  atm. Estes são, no entanto, números genéricos e cada cultura têm suas especificidades.

Conforme Pires et al. (2001) existem vários métodos e instrumentos que podem ser utilizados nas determinações e estimativas para avaliação da água no solo. O método gravimétrico determina diretamente o volume de água do solo que está contido na amostra, por isso é considerado padrão e utilizado na aferição de outros métodos. Dentre os diversos métodos existentes destacam-se o uso de tensiômetros, sensores eletrométricos e por dissipação térmica, sonda de nêutrons,

sonda enviroscan, TDR (reflectometria no domínio do tempo), tomografia computadorizada, atenuação de raios gama, dentre outros.

Para os autores, o tensiômetro tem obtido bons resultados no manejo das irrigações, sendo utilizado em várias culturas e locais. Trata-se de um equipamento simples, econômico e não necessita de calibração. Consiste de uma cápsula porosa conectada por um tubo a um manômetro onde a tensão é lida. Segundo Klar (1991), as leituras no tensiômetro são confiáveis até valores de tensão em torno de 0,75 bar.

Dentro dos sensores eletrométricos, o aparelho de Boyoucos possui uma cápsula de gesso que mantém o equilíbrio com a tensão de água do solo, variando a resistência elétrica entre dois eletrodos. O aparelho de Colman possui o mesmo princípio, porém usa cápsula de vidro e mede a temperatura para realizar a correção do valor de tensão (BERNARDO et al., 2006).

A utilização do TDR na determinação da umidade volumétrica do solo apresenta muitas vantagens, pois é uma técnica não destrutiva, não utiliza radiação ionizante, apresenta alta exatidão nas medições, é portátil e as medições podem ser feitas de forma automática, em condições de laboratório ou de campo, em qualquer direção no perfil do solo e no tempo real, entretanto, apresenta um custo elevado e necessidade de calibração específica para cada tipo de solo (GOMIDE, 1998).

Os aparelhos raios gama e sonda de nêutrons são relativamente caros e sofisticados, podendo causar danos à saúde se usados de forma inadequada, limitando com isto, sua aplicação mais ampla.

Para o manejo das irrigações via solo os sensores devem ser instalados no mínimo em duas profundidades distintas, na metade e no limite da profundidade efetiva das raízes (PIRES et al., 2001).

### 2.7.2 Quantidade da irrigação (Quanto irrigar?)

O quanto de água aplicar é normalmente calculado com base na quantidade de água consumida pela cultura, dividida pela eficiência de irrigação. A quantidade de água consumida pela cultura pode ser estimada por meio da evapotranspiração real ou por meio da variação do teor de água no solo. Sendo que a quantidade de água a ser aplicada por irrigação tem de ser compatível com a capacidade de retenção de água na zona radicular da cultura (BERNARDO et al., 2006).

De acordo com Reichardt (1990) os sistemas de irrigação são normalmente dimensionados para atender as necessidades de água da cultura durante os períodos de máximo uso consuntivo de água. Fora destes períodos, se os sistemas operarem em sua capacidade de projeto, um excesso de água será perdido por drenagem profunda, levando consigo nutrientes para fora da zona radicular.

Conforme Bernardo et al. (2006) a frequência da irrigação requerida para uma cultura, sob determinado clima, depende grandemente da quantidade de água que pode ser armazenada no solo, após uma irrigação. Para tanto, faz-se necessário caracterizar a água quantitativamente, para fins de estudo de sua disponibilidade, para as plantas, durante a sua movimentação pelo solo.

O conceito de água disponível à planta, segundo Garden (1960), diz respeito à interação entre três fatores principais: (i) o tipo de planta, incluindo as condições físicas da planta, estágio de maturidade, distribuição das raízes, entre outras características; (ii) o gradiente do potencial hidráulico existente na interface raiz-água no solo; e (iii) a condutividade hidráulica no solo.

Bernardo et al. (2006) utiliza o conceito de água disponível como critério para caracterizar o solo, quanto à capacidade de armazenar água. Em solos profundos e com grande capacidade de retenção de água, pode ser possível cultivar vegetais de sistema radicular bem desenvolvido, sem irrigação ou chuva adicional, desde que o solo seja bem umedecido até uma profundidade considerável, por época de plantio. Se a capacidade de retenção de um solo for pequena, por ser o solo raso ou de textura grossa, freqüentes irrigações serão necessárias.

A água disponível às plantas, classicamente definida como uma característica estática, representa a quantidade de água que um solo poderia reter ou armazenar entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), equivalendo a tensões de 1/3 e 15 atm, é considerada água disponível as plantas (BERNARDO et al., 2006).

Hillel (1970) define capacidade de campo como "o teor de água remanescente na zona de drenagem, depois de ter o escoamento se tornado igual a zero". Para Jong (2000) a definição da capacidade de campo (CC) é de grande utilidade, por indicar o limite superior aproximado de quantidade da água disponível para as plantas, não existindo ainda um outro conceito alternativo desse limite superior que substitua o conceito da capacidade de campo. A umidade da capacidade de campo é normalmente associada a uma determinada tensão da água no solo, sendo

comumente adotado, 0,033 MPa e 0,01 MPa para solos argilosos e arenosos, respectivamente (REICHARDT e TIMM, 2004).

Para Andrade Júnior (2001) nas regiões áridas e semi-áridas, a limitação da água deve ser particularmente considerada no planejamento da irrigação, uma vez que é necessário a otimização dos recursos hídricos disponíveis visando à maximização da receita líquida por unidade de volume de água aplicado. Quando a água constitui fator limitante à produção agrícola, a utilização de irrigação com déficit permite maior retorno econômico do que a irrigação completa (ENGLISH, 1990). A definição de um intervalo de manejo de irrigação a partir de uma função de produção conhecida permite a utilização racional da irrigação com déficit.

A distribuição da água e a manutenção de níveis ótimos de umidade no solo durante todo o ciclo da cultura, reduzem as perdas de água por drenagem e os períodos de estresse hídrico da cultura, o que aumenta a eficiência do uso da água (EUA). Isto pode ser atingido com aplicações de água com maior frequência e em pequenas quantidades (SOUSA et al., 1998).

### 2.7.3 Balanço Hídrico

Define-se o balanço hídrico de uma cultura, de acordo com Libardi (2000), como a contabilização das entradas e saídas de água num dado volume de solo, durante um certo período de tempo. Considerando que, o volume de solo depende da cultura em estudo e, assim, considera-se como limite superior deste volume a superfície do solo e como limite inferior, a profundidade do sistema radicular da cultura.

A equação que representa matematicamente o balanço hídrico de uma cultura é dada por:

$$\Delta h = P + I \pm D - ET \pm R \dots\dots\dots[1.0]$$

onde:  $\Delta h$  é a variação da armazenagem de água;  $P$  é a precipitação;  $I$  é a irrigação;  $D$  é a drenagem interna;  $ET$  é a evapotranspiração e  $R$  é o deflúvio superficial.

Ainda, para uma descrição quantitativa da variação do conteúdo da água no solo utiliza-se universalmente a equação da conservação de massa, expressa em Rose (1966), por:

$$AS = P + I - R - (ES + TR) \pm Qz \dots\dots\dots[1.1]$$

na qual, segundo Ferraz (1972), a variação da quantidade de água (AS) em um solo cultivado, é determinada pela soma algébrica das quantidades recebidas nos processos de precipitação (P), de irrigação (I) e ascensão capilar (+Qz) e perdas nos processos de escoamento superficial (R), evaporação do solo (ES), extração de água pelas raízes das plantas ou transpiração real (TR) e drenagem profunda (-Qz).

As componentes do balanço hídrico são expressas em dimensões lineares (L), normalmente em milímetros (mm) de água, e estão representadas esquematicamente na Figura 02.

A variação do conteúdo da água no solo, durante um intervalo de tempo dt, em um volume de solo, compreendido entre os planos horizontais Z<sub>0</sub> e Z<sub>1</sub>, pode ser determinado integrando-se as variações de umidade (dθ) em relação à profundidade e ao tempo:

$$AS = \int_{t_1}^{t_2} \int_{z_0}^{z_1} (d\theta / dt) * dz * dt \dots\dots\dots[1.2]$$

onde: θ é o conteúdo em volume de água no solo (umidade volumétrica), t o tempo, z a profundidade e os subscritos 0 e 1, representam a superfície do solo e a profundidade do solo considerada para o balanço hídrico, respectivamente.

Os componentes P, I, R e ES são governados pelas condições da atmosfera e parcialmente pelas condições da superfície do solo.

As componentes ± Qz, que não ocorrem simultaneamente, são determinadas pelas características internas do solo e pelo contorno inferior do volume de solo.

A componente TR é regida pelas condições da atmosfera, capacidade da planta na extração da água e condições físicas e hidráulicas do solo.

De acordo com Marouelli (1993) os modelos de balanço de água no solo podem ser estruturados através de programas computacionais e trazer informações de ganho, perda e armazenamento de água no solo, sendo de grande utilidade para determinação da irrigação.

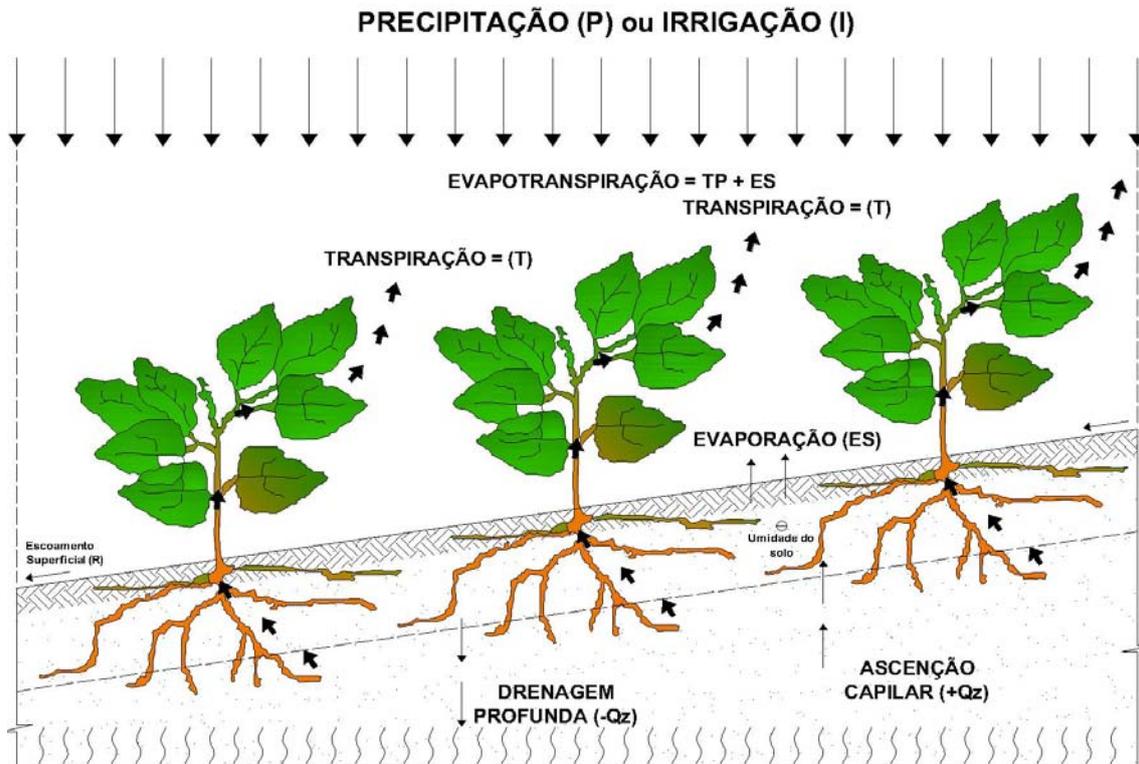


FIGURA 02 – Representação esquemática dos componentes do balanço de água no solo.

#### 2.7.4 Modelos Micrometeorológicos

A quantidade de água evaporada pelo solo e transpirada pela planta é determinada, principalmente, pela disponibilidade de energia e de água (MATZENAUER, 1999).

A evaporação da água das células dos vegetais pode ser atribuída, em grande parte, a água que penetra na planta através das raízes e desloca-se até as folhas e a outros órgãos da planta, a qual é liberada para o meio ambiente através de estômatos ou da superfície cuticular. O processo de evaporação de água realizado através da planta é chamado de transpiração. Quando ocorre simultaneamente a evaporação da água do solo ou de superfícies livres de água e a transpiração da planta o processo passa a ser denominado de evapotranspiração. Portanto, o termo evapotranspiração é usado para descrever o processo total de transferência de água de solos com vegetação para a atmosfera (ROSENBERG et al, 1974).

Doorenbos e Pruitt (1977) definiram evapotranspiração de referência (Eto) como aquela que ocorre em uma extensa área de grama com altura de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água. As necessidades hídricas da cultura são expressas em termos de evapotranspiração em mm/dia ou mm/período.

As técnicas de controle da irrigação, que utilizam modelos micrometeorológicos, baseiam-se na estimativa da evapotranspiração de referência. Segundo Pereira et al. (1997), estes métodos podem ser classificados da seguinte forma: (i) empíricos: tanque Classe "A", Thornthwaite, Camargo, Makking, Radiação Solar, Jensen-Haise, Linacre, Hargreaves-Samani e Blane-Criddle; (ii) balanço de energia: Razão de Bowen e Priestley-Taylor; (iii) aerodinâmico: Correlação dos Turbilhões; (iv) combinados: Penman, Slatyer & Mc Ilroy; Penman simplificado e Penman Monteith.

Uma forma indireta de medir a evapotranspiração é o uso de tanques de evaporação. Dentre os tanques utilizados, o tanque Classe "A" é o mais comum, sendo também o mais recomendado em trabalhos de pesquisa devido a sua precisão, porém apresenta desvantagens como o custo relativamente alto para pequenas propriedades. Outros tanques podem ser usados, desde que sejam obtidos os coeficientes respectivos para as culturas envolvidas. Costa (2004) em pesquisa com o desenvolvimento e calibração de um mini-tanque de evaporimétrico conclui que o Mini-Tanque foi capaz de estimar de forma razoável a evapotranspiração de referência, sendo mais confiáveis as médias do período de 10 dias. O mini-tanque apresenta como vantagens facilidade de manuseio e baixo custo ao produtor.

A urgência de implementação de novas estratégias de manejo de água às culturas, evidencia a demanda de modelos em linguagem computacional simples e acessível aos potenciais usuários da irrigação. A automação é uma ferramenta que contribui, sobremaneira, na tomada de decisão da programação das irrigações em condições de campo, em tempo quase que real estimulando, assim, o uso de microcomputadores e softwares no dimensionamento da reposição da água transferida pelas plantas no processo de evapotranspiração (GOMIDE, 1998).

## 2.8 Necessidades hídricas da cultura da soja

A água constitui aproximadamente 90% do peso da planta, atuando em, praticamente, todos os processos fisiológicos e bioquímicos. Desempenha a função de solvente, através do qual gases, minerais e outros solutos entram nas células e movem-se pela planta. Tem, ainda, papel importante na regulação térmica da planta, agindo tanto no resfriamento como na manutenção e distribuição do calor (KUDREV, 1994).

A soja tem dois períodos críticos bem definidos com relação à falta de água: da semente à emergência e no enchimento de grãos (estádios R5 e R6). Durante a germinação, tanto o excesso quanto a falta de água são prejudiciais ao desenvolvimento da cultura. Neste período, excessos hídricos são mais limitantes que déficits (SALINAS et al., 1989).

A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar boa germinação. Nessa fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder a 85% do total máximo de água disponível e nem ser inferior a 50%. Esse seria o nível de esgotamento permissível para o manejo da irrigação em condições médias de evapotranspiração (5 a 6 mm dia<sup>-1</sup>) (DOORENBOS & KASSAM, 1994; TECNOLOGIAS, 2003).

Quando o déficit hídrico ocorre nos primeiros estádios de desenvolvimento vegetativo, a soja recupera-se melhor do que outras culturas (DOSS & THURLOW, 1974), já que pode tolerar curtos períodos de déficit, pois tem sistema radicular profundo e período de florescimento, relativamente longo (MOTA, 1983).

Vários estudos comprovam que o período reprodutivo da soja é o mais sensível à falta de água. No entanto, não há consenso entre os autores quanto ao(s) estágio(s) mais crítico(s) à baixa umidade do solo. A necessidade de água na soja aumenta de acordo com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo no florescimento-enchimento de grãos (7 a 8 mm.dia<sup>-1</sup>) e decresce depois desse estágio. Déficits hídricos expressivos durante esses estádios provocam alterações fisiológicas na planta, causando a queda prematura de folhas e flores e abortamento de vagens e também reduz a produtividade de grãos (BERLATO et al., 1987; EMBRAPA, 2000).

Doorenbos & Kassam (1994) consideram que os períodos de florescimento e de formação da colheita da soja são os mais sensíveis ao déficit hídrico, particularmente a última parte do período de florescimento e o período de desenvolvimento da vagem.

De acordo com Neumaier et al. (2000) a ocorrência de estresse hídrico em todo o subperíodo de início de enchimento de grãos e início do estágio de grãos verdes, pode reduzir drasticamente o período de rendimento da soja, pois quase metade dos nutrientes necessários ao enchimento de grãos provém do solo e da fixação biológica de nitrogênio. Segundo esses autores, durante a fase de enchimento de grãos a ocorrência de deficiências hídricas, acompanhadas de altas temperaturas, pode causar enrugamento dos grãos de cultivares sensíveis, reduzindo o rendimento e a qualidade da soja.

A chuva é a principal fonte de água para a maioria da produção de soja no mundo, visto que somente uma pequena parcela dos produtores utiliza irrigação com o objetivo de suprir a demanda nos períodos críticos (FARIAS, 1994). Para alcançar o máximo rendimento, um adequado suprimento de água deve estar disponível durante o período da semeadura ao completo desenvolvimento através de chuvas freqüentes, irrigações ou mesmo armazenamento de água no solo.

Na produção de soja, como qualquer outra cultura, Mota et al. (1996) indicaram que a disponibilidade de água é o principal fator limitante ao rendimento de soja e que a precipitação natural não atende a demanda potencial de água para essa cultura, em todas as regiões do estado do Rio Grande do Sul.

A necessidade total de água na cultura da soja para obter alta produtividade é de 450 a 850 mm por ciclo, dependendo do clima e da duração do período de crescimento (DOORENBOS & KASSAM, 1979; REICHARDT, 1990).

Mota & Agendes (1989), em estudo realizado na região das Missões, RS com a cultura da soja encontraram necessidades anuais de irrigação suplementar variando entre 224,2 e 396,8 mm. Segundo os autores, o consumo hídrico foi de 731,6 mm e 689,5 mm no ciclo para semeaduras de outubro e novembro, respectivamente, constatando que semeaduras em outubro acarretam maior necessidade hídrica.

Rodrigues (1990) estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre o rendimento da soja verificou que a produção de grãos aumentou com o aumento da lâmina de água total aplicada e que os maiores rendimentos, isto é, 2.619,1

kg.ha<sup>-1</sup>, 2.595,6 kg.ha<sup>-1</sup> e 2.973,7 kg.ha<sup>-1</sup>, foram obtidos com níveis de 409,4 mm, 518,5 mm e 591,9 mm de água aplicada, respectivamente.

Assim, a lâmina total de água necessária por uma cultura durante seu ciclo deve atender as exigências hídricas das plantas em todos os sub-períodos do ciclo de desenvolvimento. Deve-se ressaltar que as necessidades hídricas das plantas variam de um período para outro, aumentando desde a emergência das plântulas, com valores muito baixos, até o ponto de máxima área foliar onde se observa a maior evapotranspiração (KUSS, 2006).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Local e época da realização do experimento

O trabalho foi desenvolvido em área do município de Santiago, Estado do Rio Grande do Sul. O campo experimental localiza-se junto a Fazenda Liberdade, 4º distrito Tupantuba, estrada Chica Correia, pertencente ao Sr. Sandro Madeira Cardinal.

O município de Santiago apresenta coordenadas geográficas 29°09'50" de latitude sul e 54°51'32" de longitude oeste (Praça Manoel Viana, localizada no centro do município). O local se encontra a 439 m acima do nível do mar, apresentando clima predominante subtropical úmido, com temperaturas variando entre 13 e 21°C, com média térmica de 17,9°C, ventos predominantes na direção leste com velocidades médias entre 25 e 30 km/h e precipitação pluviométrica de 1.919 mm.ano<sup>-1</sup> (GOMES, 2004).

A Figura 03 mostra área onde foi instalado o experimento.



**Figura 03:** Vista da área de instalação do experimento. Santiago, RS, 2005.

O experimento foi realizado no ano agrícola 2005/2006, abrangendo o período de setembro/2005 a abril/2006.

## **3.2 Obtenção de dados básicos**

### **3.2.1 Solo**

O solo utilizado para a pesquisa é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta (EMBRAPA, 1999).

De acordo com Embrapa (2005) são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura. A matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Apresentam saturação por bases baixa ( $V < 50\%$ ) e teores de  $Fe_2O_3$  (pelo  $H_2SO_4$ ) de 18% a  $< 36\%$  na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.

#### **3.2.1.1 Caracterização física**

As amostras para a determinação das características físicas do solo foram retiradas em uma trincheira aberta na área experimental.

Para a caracterização física do solo no qual o experimento foi conduzido, foram coletadas amostras nas profundidades de 20 a 120 cm, em intervalos de 20 cm e em número de três por profundidade, as quais foram analisadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da UFSM. Em cada um dos pontos de amostragem foram coletadas amostras deformadas para a determinação da densidade de partícula, e as amostras indeformadas para determinação da densidade do solo, microporosidade, porosidade total e curva característica de água no solo.

Para determinação da densidade de partícula foi utilizado o método do balão volumétrico. Para a densidade do solo as amostras foram coletadas em anel de 6x3 cm ( $84,82 \text{ cm}^3$  de volume) e determinadas pelo método do anel volumétrico. Anéis de mesmo volume foram usados para determinação da microporosidade, porosidade

total e curva característica de água no solo. As amostras de solo indeformadas foram saturadas, pesadas e colocadas em mesa de tensão à -6 kPa durante 72 horas, para determinação da microporosidade. Posteriormente as amostras foram secadas em estufa por 24 horas e pesadas, para determinar a umidade. A porosidade total foi obtida pela umidade de saturação. A macroporosidade foi calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. Para a curva característica de água no solo, as amostras foram saturadas por 48 horas e submetidas aos potenciais de -1 e -6 kPa em mesa de tensão, -33 e -100 kPa em panela de pressão, e -500 e -1500 kPa no medidor de potencial WP4.

A Figura 04 mostra a abertura da trincheira com detalhe do coletor de amostras para a determinação das características físicas do solo.



**Figura 04:** Trincheira para coleta de amostras utilizadas na determinação das características físicas do solo com detalhe do coletor de amostras. Santiago, RS, 2005.

### 3.2.1.2 Caracterização química

As amostras para a determinação das características químicas foram retiradas em profundidades de 10 cm e 30 cm da área experimental.

As análises foram efetuadas com amostras deformadas de solo (Figura 05). A adubação do solo foi feita com base nos resultados da análise química do solo processada no Laboratório Central de Análises de Solos do Departamento de Solos da UFSM, vinculado a ROLAS, e a recomendação foi obtida da Comissão Química e

Fertilidade do Solo RS/SC (2004) para a cultura da soja. Como os teores de fósforo estavam baixos optou-se por colocar  $240 \text{ kg.ha}^{-1}$  da fórmula 00-25-20 na linha de semeadura.

A Figura 05 mostra a coleta de amostras para determinação das características químicas do solo.



**Figura 05:** Coleta de amostras para determinação das características químicas do solo. Santiago, RS, 2005.

### 3.2.2 Elementos Agrometeorológicos

Os dados relativos às condições climáticas foram obtidos em estação climatológica automática modelo SMR 300 da Micrometros, localizada a 100 m da área experimental, aproximadamente (Figura 06)

Os elementos agrometeorológicos determinados diariamente foram à precipitação pluvial (mm), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), umidade relativa do ar (%), radiação solar ( $\text{w.m}^{-2}$ ), fotoperíodo (horas) e velocidade do vento ( $\text{m.s}^{-1}$ ) (Apêndices I, II, II, IV, V, VI). Para este trabalho foram utilizados os elementos precipitação pluvial (mm) e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

A Figura 06 mostra a estação climatológica automática.



Figura 06: Estação Climatológica Automática. Santiago, RS, 2005.

### 3.3 Implantação e condução do Experimento

#### 3.3.1 Semeadura

Inicialmente a área foi preparada com a aplicação de herbicida em pré-plantio Glifosato na dosagem de  $1,5 \text{ l.ha}^{-1}$ . A semeadura foi realizada no dia 31 de outubro de 2005 no Sistema de Plantio Direto sobre palhada de aveia. Foram utilizadas as cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) transgênicas 8100 (ciclo médio) e Anta (ciclo semi-tardio). Na semeadura utilizou-se uma semeadora de oito linhas, marca Metasa, com espaçamento de 0,45 m entre linhas, totalizando 18 plantas.metro linear<sup>-1</sup>. As sementes foram tratadas com fungicida sistêmico e de contato para tratamento de sementes Derosal Plus<sup>®</sup> (Carbendazin + Tiram), na dosagem de  $3 \text{ ml.kg}^{-1}$  de semente. Quarenta dias após a semeadura foi aplicado herbicida em pós-plantio pré-emergência Glifosato na dosagem de  $1,5 \text{ l.ha}^{-1}$ . A emergência das plantas ocorreu aos sete dias após a semeadura para as duas cultivares, quando, aproximadamente, 50% das plântulas haviam emergido.

### 3.3.2 Descrição das cultivares utilizadas

#### 3.3.2.1 Cultivar 8100

A Tabela 01 apresenta a descrição de alguns componentes seguidos das características da cultivar 8100.

**Tabela 01:** Descrição de alguns componentes seguidos das características da cultivar 8100.

<b>Descrição</b>	<b>Característica</b>
Hábito de crescimento	Determinado
Dias a floração	83
Dias a maturação	181
Cor da pubescência	Cinza
Cor da flor	Violeta
Potencial de rendimento	Altíssimo
Altura de planta (cm)	120
Tipo de planta	Alta medianamente ramificada
Peso de mil sementes (g)	160

Fonte: Inta Sementes

#### 3.3.2.2 Cultivar Anta

A Tabela 02 apresenta a descrição de alguns componentes seguidos das características da cultivar Anta.

**Tabela 02:** Descrição de alguns componentes seguidos das características da cultivar Anta.

<b>Descrição</b>	<b>Característica</b>
Hábito de crescimento	Semideterminado
Dias a floração	61
Dias a maturação	128
Cor da flor	Branca
Potencial de rendimento	Alto
Altura média de inserção da 1ª vagem (cm)	15
Altura de planta (cm)	100
Peso de mil sementes (g)	140

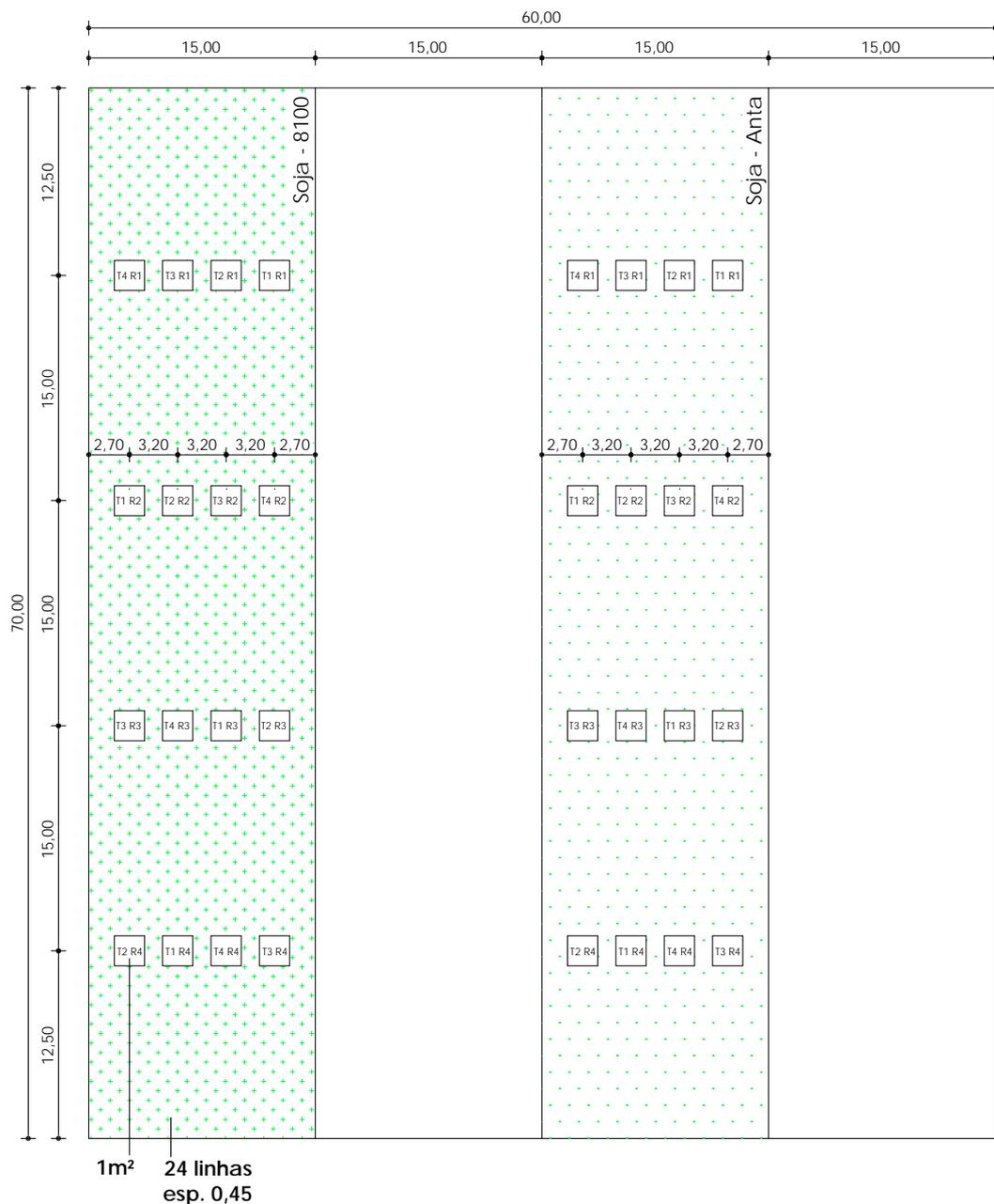
Fonte: Relmó Sementes

### 3.3.3 Área Experimental

A área utilizada para instalação do experimento foi de 70 x 15 m, para cada cultivar.

Em cada cultivar foram colocadas armações de madeira de  $1\text{m}^2$  sobre as plantas, as quais foram chamadas de parcelas experimentais ou tratamentos. Utilizaram-se quatro repetições por tratamento, totalizando 16 parcelas experimentais para cada cultivar.

No momento da marcação das parcelas experimentais foi realizado um sorteio de localização das mesmas, para que estas fossem distribuídas de maneira aleatória. A Figura 07 mostra o croqui de instalação do experimento mostrando a distribuição das parcelas experimentais.



**Figura 07:** Croqui da área experimental – Fazenda Liberdade.

### 3.3.4 Irrigação

O manejo da irrigação utilizado baseou-se no turno de rega prefixado, com intervalo de 7 dias entre as irrigações quando não ocorria precipitação pluviométrica. As lâminas de irrigação aplicadas ao longo do ciclo vital das cultivares foram efetuadas com base nos dados de evapotranspiração, medidos no Mini-Tanque evaporimétrico (COSTA, 2004) localizado aproximadamente a 200 metros da área experimental (Figura 08).



**Figura 08:** Mini-Tanque de Evaporação. Santiago, RS, 2005.

Nas 16 parcelas experimentais de cada cultivar foram testadas quatro estratégias de irrigação (tratamentos), sendo, 60%, 80%, 100% e 120% do valor da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>).

As irrigações foram feitas manualmente nas plantas localizadas nas parcelas experimentais (Figura 09).



**Figura 09:** Parcelas experimentais localizadas na área experimental. Santiago, RS, 2005.

### 3.3.5 Tratos culturais

Os tratos culturais foram realizados de forma homogênea em todos os tratamentos, com o objetivo de manter todo o experimento sem interferência de plantas daninhas, pragas e doenças. Quando necessária a utilização de defensivos agrícolas, os mesmos foram aplicados com pulverizador de barra marca Jacto Condor com capacidade de volume de 600 l de calda ou com pulverizador costal manual com capacidade de volume de 20 l.

Os produtos utilizados para o controle de pragas foram: o inseticida e acaricida sistêmico de contato e ingestão do grupo químico organofosfatado Tameron<sup>®</sup> BR (Metamidofós) na dosagem de 600 ml.ha<sup>-1</sup> (duas aplicações: 25/11/2005 e 21/03/2006), o inseticida do grupo químico Comanch (Cipermetrina 250 CE) na dosagem de 60 ml.ha<sup>-1</sup> (duas aplicações: 12/12/2005 e 18/01/2006). Para o controle de doenças foi utilizado o fungicida sistêmico Derosal + Folicur (Carbendazin + Tecubendazoli) na dosagem de 500 ml.ha<sup>-1</sup> e 250 ml.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

### 3.3.6 Parâmetros de crescimento e desenvolvimento da planta

#### 3.3.6.1 Índice de área foliar

As determinações de área foliar tiveram início aos 12 e aos 13 DAE para as cultivares de soja 8100 e Anta, respectivamente. As determinações foram realizadas

nas parcelas experimentais de cada cultivar, utilizando-se um total de cinco plantas.parcela<sup>-1</sup>.

A área foliar das plantas foi calculada através do produto das medidas de comprimento e maior largura de cada folha, multiplicada pelo coeficiente de 0,75 (STICKLER et al., 1961). As medidas foram feitas em nove folhas.planta<sup>-1</sup>, sendo três folhas na parte de baixo da planta, três folhas na parte intermediária e três folhas na parte de cima da planta.

A estimativa do índice de área foliar foi determinada através da média do comprimento das folhas (comp. médio), média da largura das folhas (lar. média), fator de correção de 0,75, número de folhas (n. folhas) e número de plantas.m<sup>-2</sup>, sendo:

$$IAF = \frac{((comp.médio \times lar.média) \times 0.75 \times n.folhas \times n.plantas / m^2)}{10000} \dots\dots\dots[2.0]$$

### 3.3.6.2 Altura de plantas

Juntamente com as medidas de comprimento e largura de folhas realizaram-se as medidas de altura de plantas (cm). Essas foram feitas medindo-se a distância vertical entre a superfície do solo e o ponto de inserção da última folha utilizando-se trena graduada, obtendo-se assim a altura média por planta, de acordo com Sá et al. (2002), citado por Bernardon (2005).

### 3.3.6.3 Superfície Coberta

Para as cultivares de soja realizou-se a determinação da superfície coberta pelas plantas conforme metodologia usada por Robaina (1992). Iniciou-se as determinações aos 57 DAE em períodos decendiais nas 16 parcelas experimentais, utilizando-se uma mesa retangular (80 x 60 cm) com a parte horizontal de vidro transparente marcado com quadrículas de 1 cm<sup>2</sup> e tendo os pés ajustáveis, de modo que a parte horizontal ficasse acima das plantas (Figura 10).



**Figura10:** Mesa utilizada na determinação da superfície coberta pelas plantas em períodos decendiais. Santiago, RS, 2006.

A superfície ocupada por cada planta era delineada sobre a mesa com caneta. Pelo somatório do número de quadrículas no interior das superfícies demarcadas foi estimada a superfície coberta pelas plantas em relação à área da mesa.

#### 3.3.6.4 Componentes de produção de grãos e matéria seca total

##### 3.3.6.4.1 Cultura da Soja

Para esta determinação foram obtidas 10 plantas de cada parcela experimental, e 20 plantas testemunhas, colhidas aleatoriamente no experimento, as quais não foram submetidas a estratégias de irrigação. Estas plantas foram colhidas 156 e 163 DAE para as cultivares de soja 8100 e Anta, respectivamente.

As plantas foram arrancadas e separadas em colmo e vagens. A seguir, foram colocadas em envelopes de papel identificadas e secadas em estufa a 60°C até o peso constante (48 horas) para determinação da massa seca em estufa.

Após a retirada da estufa determinou-se o peso da matéria seca do colmo e das vagens, as quais foram debulhadas e realizou-se a contagem do número de

grãos por vagem, peso médio do grão e da vagem (sem grãos). Foi determinado o número de plantas por parcela experimental e o número de vagens por planta.

A estimativa da produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) foi utilizada com os componentes de produção, da seguinte forma:

$$\text{Produção} = 10 \cdot \frac{n^{\circ} \text{ plantas}}{\text{m}^2} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ vagens}}{\text{planta}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ grãos}}{\text{vagem}} \cdot \text{massa seca média do grão (g)} \cdot 1,13 \dots\dots [3.0]$$

O número 10 utilizado na fórmula transforma  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$  em  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Com os valores de massa seca total e massa seca dos grãos, obteve-se o índice de colheita, o qual refere-se à fração de massa seca do órgão de interesse (neste caso os grãos) colhido em relação a massa seca total, a qual é obtida em relação aos dados experimentais.

### 3.3.6.5 Soma Térmica

Foram realizados os cálculos de soma térmica para a cultura da soja, considerando a temperatura base de  $14^{\circ}\text{C}$  de acordo com Camargo et al (1987).

A expressão utilizada para esta determinação foi:

$$ST = \sum_{l=1}^n T_{\text{méd.}} - T_{\text{base}} \dots\dots\dots [4.0]$$

em que:

ST: soma térmica acumulada no período ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$  acumulados);

n: número de dias;

T<sub>méd</sub>: temperatura média diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ );

T<sub>base</sub>: temperatura base da cultura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Os resultados de soma térmica obtidos foram relacionados com os parâmetros de crescimento e desenvolvimento da planta.

### **3.4 Análise Estatística**

Para interpretação dos resultados realizou-se a análise da variância usando-se o Teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro para interpretação do nível de significância. As médias foram comparadas entre si pelo Teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características Físicas dos Solos

Os resultados das características físicas do solo são apresentados nas Tabelas 03, 04 e 05, que mostra ser um solo de classe textural predominante franco argiloso, com densidade média do solo de 1,39, densidade média de partícula de 2,62 e porosidade total média de 46,76%. Pode-se observar que se trata de um perfil uniforme quanto às características físicas determinadas.

**Tabela 03** – Características físicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta – Valores médios para três repetições.

Prof. (cm)	Granulometria (%)			
	Areia Grossa (2-0,2mm)	Areia Fina (0,2-0,05mm)	Silte (0,05-0,002mm)	Argila <0,002mm
0 - 20	32,37	17,43	25,63	24,60
20 - 40	29,47	16,30	24,47	29,77
40 - 60	27,90	12,47	21,57	34,77
60 - 80	24,70	13,27	22,27	39,77
80 - 100	18,37	13,10	20,10	48,40
100 - 120	19,40	12,13	19,83	48,60
<b>Média</b>	25,37	14,12	22,31	37,65
<b>Desvio Padrão</b>	5,61	2,20	2,34	9,80

**Tabela 04** – Características físicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta – Valores médios para três repetições.

Prof.(cm)	Classe Textural	Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )		
		Solo	Partícula	Porosidade
0 - 20	Franco Argilo Arenoso	1,55	2,60	40,44
20 - 40	Franco Argiloso	1,39	2,60	46,49
40 - 60	Franco Argiloso	1,34	2,63	48,96
60 - 80	Franco Argiloso	1,35	2,62	48,35
80 - 100	Argila	1,33	2,63	49,55
<b>Média</b>		1,39	2,62	46,76
<b>Desvio Padrão</b>		0,09	0,02	3,71

**Tabela 05** – Características físicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta – Valores médios para três repetições.

Prof.(cm)	Umidade Volumétrica (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )						
	Satur.	1 (-kPa)	6 (-kPa)	33 (-kPa)	10 (-kPa)	500 (-kPa)	500 (-kPa)
0 - 20	0,42	0,39	0,34	0,29	0,28	0,19	0,16
20 - 40	0,47	0,40	0,34	0,30	0,28	0,20	0,17
40 - 60	0,50	0,44	0,36	0,30	0,28	0,19	0,17
60 - 80	0,51	0,44	0,37	0,31	0,29	0,22	0,21
80 - 100	0,51	0,45	0,39	0,34	0,32	0,23	0,21
<b>Média</b>	0,48	0,42	0,36	0,31	0,29	0,21	0,18
<b>Desvio Padrão</b>	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

#### 4.2 Características Químicas dos Solos

Os resultados das características químicas do solo são apresentados na Tabela 06.

**Tabela 06** – Características químicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta – Valores médios para três repetições.

Prof. (cm)	pH	M.O	Teor Trocável em g/100 g Terra							Saturação		Argila	
	H <sub>2</sub> O (1:1)	%	CTC	K mg/dm <sup>3</sup>	Ca	Mg	Al	H + Al	Índice SMP	P mg/dm <sup>3</sup>	Al	V%	%
0-10	5,7	2,2	9,7	268	4,4	1,6	0	2,8	6,4	7,6	0	70	34
0-10	5,5	2,2	9,2	92	4,1	1,4	0	3,5	6,2	4,5	0	62	29
0-10	5,3	1,7	9,7	108	4,3	1,6	0,4	3,5	6,2	3,7	6	64	34
0-30	4,9	1,6	9,7	140	3,2	1,2	1,3	4,9	5,9	2,2	21	49	40
0-30	4,9	1,3	9,5	24	2,9	1,0	1,5	5,5	5,8	1,5	27	42	40
0-30	4,6	1,4	11,4	36	2,8	0,8	1,9	7,7	5,5	2,2	34	32	40

Na Tabela 06 estão os resultados das características químicas do solo. Pode-se observar que o pH é médio nas duas primeiras repetições de 0-10 cm (valores de 5,5-6,0), sendo que na terceira repetição encontra-se baixo (valores de 5,1-5,4) e posteriormente é muito baixo (valores menores que 5,0). A matéria orgânica é baixa em todas as repetições (apresenta valores menores que 2,5), sendo este parâmetro indicador de disponibilidade de nitrogênio. A CTC classifica-se como média (valores

de 5,1-15,0), com teores de argila baixo e muito baixo nas duas primeiras repetições e nas demais, respectivamente, assim como os teores de fósforo (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

Os teores de potássio são muito altos na primeira repetição de 0-10 cm e na primeira repetição de 0-30 cm (valores maiores que 20), altos na segunda e terceira repetições (valores de 61-120) e baixos nas duas últimas repetições de 0-30 cm (valores de 21-40) (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

Quanto aos teores de cálcio a interpretação é de alto para as profundidades de 0-10 cm (valores de 2,1-4,0) e médio para as profundidades de 0-30 cm. O magnésio é alto nas profundidades de 0-10 cm e na primeira repetição de 0-30 cm (valores maiores que 1,0) e médio para as duas últimas repetições de 0-30 cm (valores de 0,6-1,0) (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

### **4.3 Cultivares de soja 8100 e Anta**

A cultivar 8100 teve emergência determinada no 7º (sétimo) dia após a semeadura (07 de novembro de 2005), seu ciclo foi de 156 dias (colhido em 12 de abril de 2006).

A cultivar Anta teve emergência determinada no 7º (sétimo) dia após a semeadura (07 de novembro de 2005), seu ciclo foi de 163 dias (colhido em 19 de abril de 2006).

A seguir são apresentados e discutidos os parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produção da cultura da soja analisadas.

#### **4.3.1 Parâmetros de crescimento e desenvolvimento**

##### **4.3.1.1 Índice de área foliar**

O IAF avalia a capacidade com que as partes aéreas do vegetal (área foliar) ocupam a área de solo disponível (LUCCHESI, 1987) e interceptam a radiação solar. No que se refere à captura de radiação, o período crítico para as culturas é quando

o dossel ainda não está totalmente fechado, ou seja, IAF < 3,0 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup> (CONFALONE et al., 1998).

A Tabela 07 apresenta os valores experimentais médios dos quatro tratamentos obtidos na determinação do índice de área foliar (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) para a cultivar de soja 8100.

Tabela 07 - Valores médios do índice de área foliar (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) em quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.

DAE	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	MÉDIA	D.P
12	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04	0,01
26	0,27	0,25	0,40	0,26	0,29	0,07
40	1,38	1,34	2,15	1,66	1,63	0,37
58	6,17	7,07	9,50	5,40	7,04	1,78
73	12,90	10,28	12,25	12,20	11,91	1,13
88	12,53	9,13	12,58	8,12	10,59	2,31
101	13,09	10,94	13,04	9,52	11,65	1,74
117	6,44	6,29	9,45	4,47	6,66	2,06
130	9,88	5,09	4,07	4,47	5,88	2,70

DAE = dias após a emergência

TRAT 1 = estratégia de irrigação com 60% da ETo

TRAT 2 = estratégia de irrigação com 80% da ETo

TRAT 3 = estratégia de irrigação com 100% da ETo

TRAT 4 = estratégia de irrigação com 120% da ETo

D.P = desvio padrão

Através da Tabela 07, pode-se observar que o tratamento 1 apresentou o máximo IAF de 13,09 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>. O menor IAF deste período foi observado no tratamento 4 com 9,52 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>, que foi o tratamento com maior lâmina de água aplicado. Este fato explica que o excesso hídrico na soja causa reduções no seu crescimento (SALINAS et al., 1989; SCHÖFFEL et al., 2001).

Rodrigues (2001) obteve em condições irrigadas valores máximos de IAF de 7,13, 7,57, 6,26 e 6,67 aos 76 DAE, para as plantas submetidas aos tratamentos com lâmina crítica de irrigação de 15, 30, 45 e 60 mm, respectivamente.

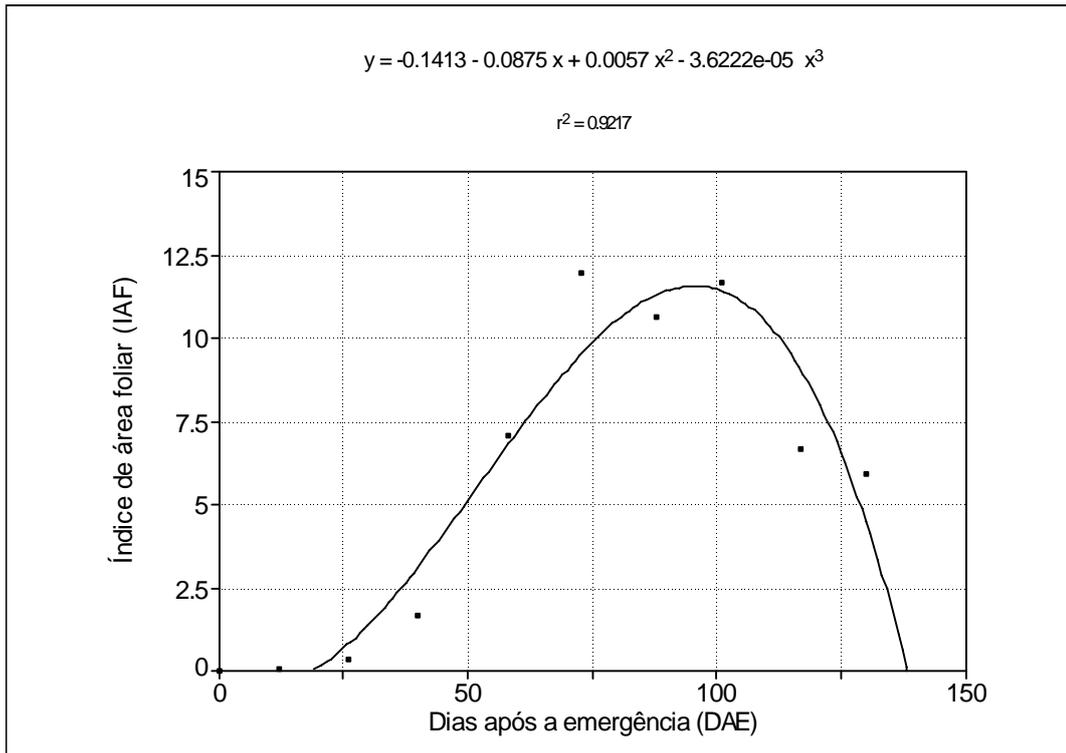
Kuss (2006) encontrou os maiores índices de área foliar nas plantas irrigadas todo o ciclo (7,58 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) e nos períodos críticos (6,76 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>). Nas plantas não irrigadas, o índice de área foliar decresceu 25% em relação às plantas irrigadas em todo o ciclo, para a cultivar de soja Coodetec 205.

Os resultados obtidos mostram que o índice de área foliar aumentou exponencialmente entre o florescimento pleno (R2) e a formação completa das vagens (R4). Porras et al. (1997) obtiveram máximo IAF no estágio fenológico correspondente à formação das vagens (R3). Pimentel (1988) salienta que no estágio R4 há necessidade das cultivares demandarem maiores produções de carboidratos nas folhas para posterior translocação até as regiões de consumo (vagens). Desta forma, possivelmente, a maioria das cultivares no estágio R4 apresentam aumento da sua área foliar e conseqüentemente a taxa fotossintética para suprir a demanda das vagens. Da mesma forma, Peixoto (1998) verificou que em geral, o IAF aumenta linearmente após o período de crescimento inicial até a formação completa das vagens (R4).

Os resultados de IAF encontrados neste trabalho foram superiores a maioria dos valores encontrados na literatura. De acordo com Destro et al. (2001) os materiais genéticos em processo de melhoramento são cultivados em uma ampla gama de condições ambientais. Essa mudança no desempenho relativo dos genótipos em diferentes ambientes é denominada interação genótipo x ambiente.

Realizou-se a análise estatística para os valores médios das nove medidas de índice de área foliar (repetições) de cada tratamento, onde constatou-se através da análise da variância que não ocorreu diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos (Anexo VII). Obteve-se então a média dos quatro tratamentos para representar o comportamento do índice de área foliar durante o ciclo de desenvolvimento da cultura.

Na Figura 11 pode-se visualizar a evolução temporal do índice de área foliar ( $m^2.m^{-2}$ ) médio dos quatro tratamentos para a cultivar de soja 8100 durante seu ciclo de desenvolvimento.



**Figura 11:** Índice de área foliar (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) médio durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.

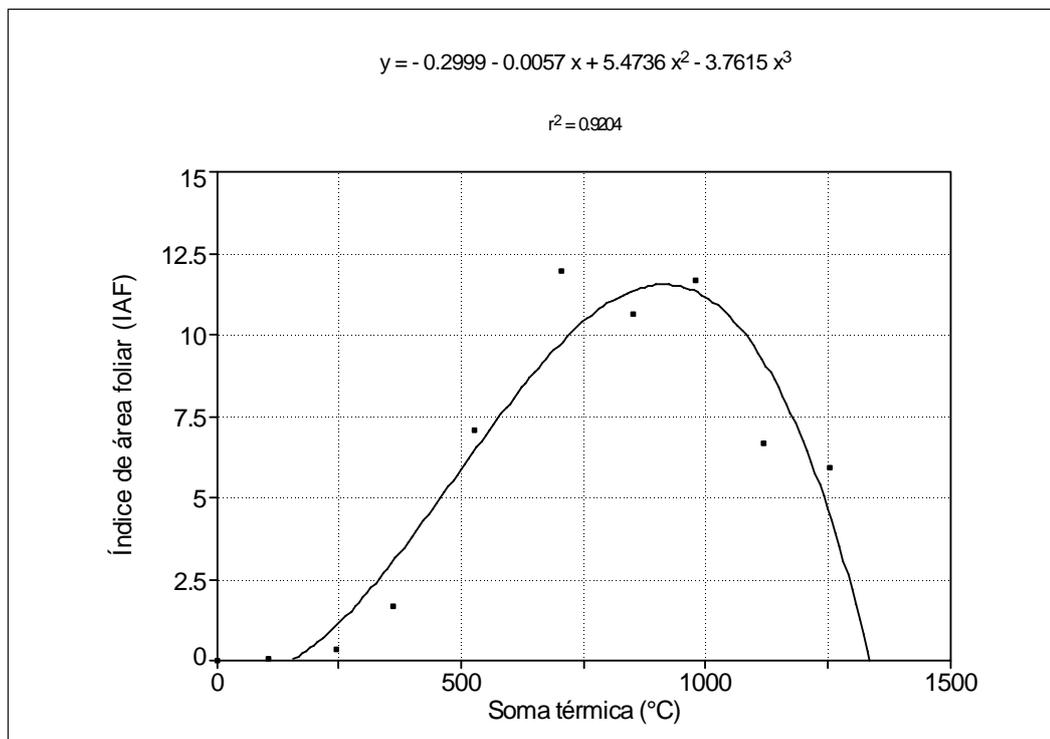
Verifica-se que o índice de área foliar (IAF) cresceu até aproximadamente os 101 dias após a emergência (DAE). Neste período foram obtidos os máximos valores de IAF para todos os tratamentos. Após os 117 DAE observou-se decréscimo do IAF, coincidindo com o período de enchimento de grãos (Anexo XXX), início do amarelecimento da parte aérea das plantas e queda de folhas. O IAF decresceu próximo à maturação fisiológica, estando à média dos tratamentos entre 5,88 e 6,66. Estes valores estão de acordo com os citados por Koller et al. (1970), que indica IAF próximo à maturação fisiológica entre 5,0 e 6,0. Fontana et al. (1992) encontrou declínio de IAF aos 80 DAE para a cultivar Bragg, em condições irrigadas e não irrigadas.

França et al. (1999) citados por Schöffel e Volpe (2002) demonstraram que as estimativas do IAF máximo de uma variedade de milho híbrido foram atingidas com 1.187 graus-dia (GD) em condições de plantas irrigadas, enquanto que em condições não irrigadas o IAF máximo só foi atingido com o acúmulo de 1.296 GD e, mesmo assim, o valor obtido (3,4) foi inferior ao da condição irrigada (5,5). Dessa forma, além da deficiência hídrica ter reduzido o IAF, houve maior exigência térmica para a ocorrência do IAF máximo. Com esses resultados, para a cultura sem déficit

hídrico, os autores concluíram que a produção de MS e de IAF podem ser estimadas a partir de modelos de relação com a temperatura média do ar através dos GD acumulados.

Com base nesta premissa, realizou-se o cálculo da soma térmica da cultura, considerando a temperatura basal para a cultura da soja de 14°C (CAMARGO et al., 1987). Os resultados da soma térmica acumulada para a cultura da soja encontram-se nos Anexos I, II, III, IV, V e VI.

A Figura 12 mostra a relação entre o índice de área foliar médio em função dos resultados obtidos de soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.



**Figura 12:** Índice de área foliar ( $m^2 \cdot m^{-2}$ ) médio relacionado com a soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.

Observa-se que a curva que melhor se ajustou aos dados resultou em uma equação de terceiro grau com coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9204$ ) indicando que a curva obtida explica satisfatoriamente a evolução do IAF. Para a cultivar de soja 8100, o IAF apresentou um crescimento inicial lento até aproximadamente 300°C.dia acumulados e, em seguida foi crescente, em torno de 1000°C.dia

acumulados, até um máximo acúmulo de soma térmica, vindo a declinar até a senescência das folhas.

A Tabela 08 apresenta os valores experimentais médios de quatro tratamentos obtidos para determinação do índice de área foliar da cultivar de soja Anta no decorrer de seu desenvolvimento.

Tabela 08 - Valores médios do índice de área foliar ( $m^2.m^{-2}$ ) em quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.

<b>DAE</b>	<b>TRAT 1</b>	<b>TRAT 2</b>	<b>TRAT 3</b>	<b>TRAT 4</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>D.P</b>
<b>12</b>	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,01
<b>26</b>	0,27	0,38	0,32	0,34	0,33	0,05
<b>40</b>	1,63	1,43	1,88	1,08	1,51	0,34
<b>58</b>	3,68	5,05	5,24	3,81	4,45	0,82
<b>73</b>	7,38	12,03	9,00	10,32	9,68	1,97
<b>88</b>	7,24	9,01	11,05	7,73	8,76	1,70
<b>101</b>	12,01	11,08	10,21	8,63	10,48	1,43
<b>117</b>	7,24	9,01	11,05	7,73	8,76	1,70
<b>130</b>	4,45	3,42	3,39	3,91	3,79	0,50

DAE = dias após a emergência

TRAT 1 = estratégia de irrigação com 60% da ETo

TRAT 2 = estratégia de irrigação com 80% da ETo

TRAT 3 = estratégia de irrigação com 100% da ETo

TRAT 4 = estratégia de irrigação com 120% da ETo

D.P = desvio padrão

Pode-se observar na Tabela 08 que não ocorreu grande variabilidade entre os tratamentos, os quais apresentaram valores médios semelhantes. O maior IAF observado aos 101 DAE foi no tratamento 1 com o valor de  $12,01 m^2.m^{-2}$ , sendo que o menor IAF deste período foi  $8,63 m^2.m^{-2}$  para o tratamento 4.

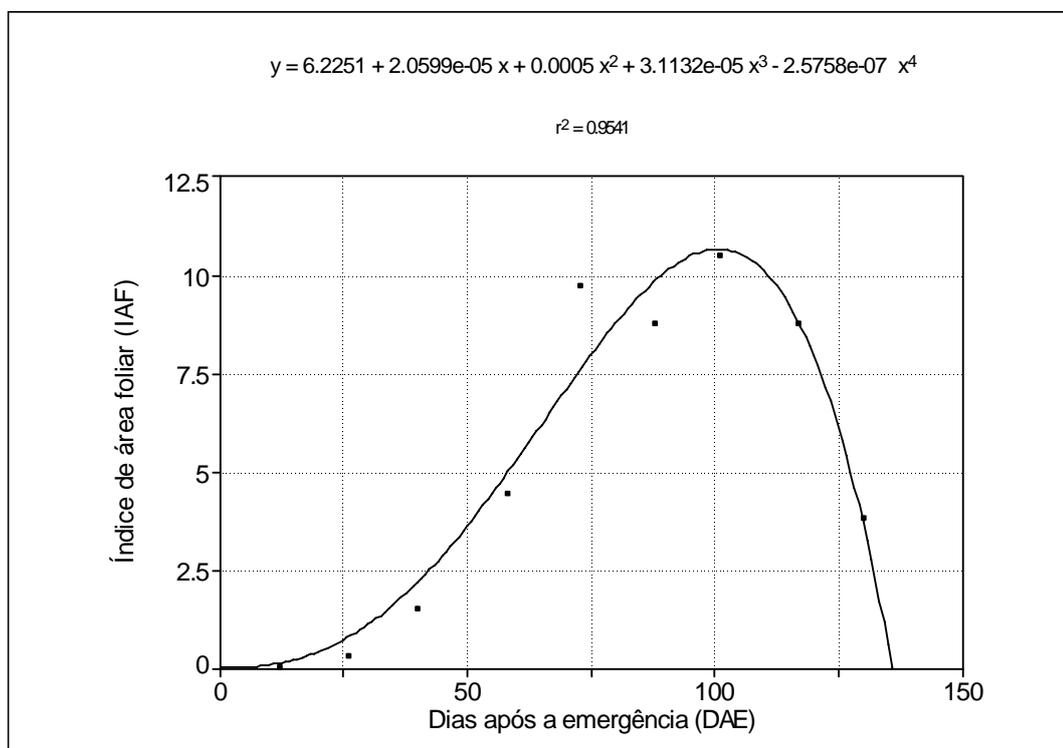
Kolchinski et al. (2005) estudando o vigor das sementes de soja obteve valores de IAF de 1,28 e 2,0 para sementes de baixo e alto vigor, respectivamente aos 30 DAE. Na floração as combinações de sementes de alto vigor atingiram valores de IAF entre 6,0 e 13,0. Estes resultados foram obtidos pela utilização de sementes com 95% de germinação e 94% de emergência. Estes resultados foram similares aos resultados encontrados neste trabalho para as duas cultivares de soja.

Brandelero et al. (2002), observando o desempenho de nove cultivares de soja quanto ao índice de área foliar, que foram ajustados no tempo pela função polinomial exponencial, verificaram que todas apresentaram tendência parabólica, constataram também que a taxa de crescimento da cultura é menor nos períodos

iniciais, passando por um período de crescimento até um máximo e decrescendo em seguida, tendendo para uma parábola, semelhante aos encontrados neste trabalho.

Os dados da Tabela 08 quando submetidos à análise estatística, não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos na análise da variância (Anexo VIII).

Na Figura 13 pode-se visualizar o índice de área foliar ( $\text{m}^2\text{m}^{-2}$ ) médio dos quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.



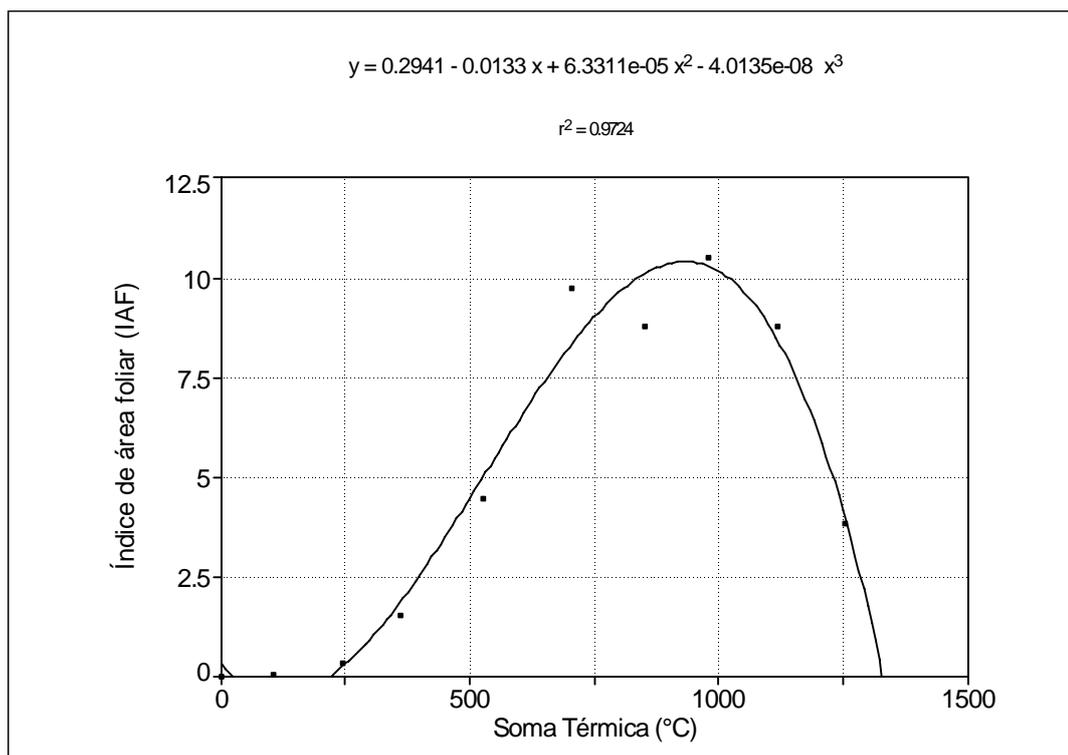
**Figura 13:** Índice de área foliar ( $\text{m}^2\text{m}^{-2}$ ) médio dos quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.

Observa-se que o aumento do índice de área foliar da cultivar de soja Anta ocorreu até aproximadamente os 101 dias após a emergência (DAE), após ter atingido a maior média de  $10,48 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ . Após esta fase, próximo aos 117 DAE ocorreu um decréscimo devido à senescência e a queda de folhas, entre os estádios R4 e R5 (Anexo XXX).

Brandelero et al. (2002) obtiveram o máximo IAF aos 60 DAE para nove cultivares de soja e o IAF começou a decrescer aos 70 DAE. Rodrigues (2001) observou reduções de IAF 80 DAE para cultivar FT-Abyara (ciclo de 152 dias)

semeada no mês de novembro, na região de Santa Maria, RS. A cultivar Anta apresentou máximo IAF aos 101 dias (ciclo de 163 dias), este fato pode ser explicado por serem cultivares transgênicas, originárias da Argentina. No Brasil apresentam crescimento e desenvolvimento diferenciado, possivelmente em razão das condições ambientais (fotoperíodo e temperatura) e diferenças de altitude e latitude. Neste trabalho o ciclo desta cultivar ultrapassou o limite de duração que segundo a Relmó Sementes é de 128 dias.

Da mesma maneira relacionou-se o índice de área foliar médio dos tratamentos em função dos resultados obtidos de soma térmica, utilizando a temperatura base de 14°C (CAMARGO et al., 1987). A Figura 14 mostra essa relação durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.



**Figura 14:** Índice de área foliar ( $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ) médio relacionado com a soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.

Através da Figura 14, observa-se que os dados se ajustaram a uma equação de terceiro grau, com um coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9724$ ), considerado alto. Isto indica que a curva obtida explica satisfatoriamente a evolução do IAF. O IAF apresentou crescimento ascendente até aproximadamente  $1000^{\circ}\text{C} \cdot \text{dia}$

acumulados, com valor de  $10,48 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ , em seguida declinando até a senescência das folhas.

#### 4.3.1.2 Superfície coberta

Segundo Robaina (1992) uma justificativa para determinação da superfície coberta, seria a possibilidade de estimar o índice de área foliar indiretamente através da determinação da superfície coberta em diferentes épocas, por este parâmetro ser mais fácil de avaliar no campo em culturas de baixo porte.

Lamengo et al. (2005) avaliando a influência das características de quatro cultivares de soja sob competição ou não com outros dois cultivares de soja, simulando espécies daninhas, durante a fase vegetativa de crescimento, determinou a cobertura foliar do solo de modo visual (utilizando escala percentual de zero a 100 por dois avaliadores), fotográfico (foi fotografada uma área de  $0,4 \text{ m}^2$  em cada unidade experimental, as fotos foram digitalizadas e estimou-se a participação da área ocupada pelo dossel do cultivar em relação à área total amostrada com o auxílio do programa Sigma Scan) e misto (foram atribuídas notas visuais às fotos obtidas no método fotográfico).

Realizou-se a determinação da superfície coberta durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da soja com início aos 56 dias após a emergência (DAE). Os valores médios experimentais obtidos na determinação da superfície coberta da cultivar de soja 8100 para quatro tratamentos são apresentados na Tabela 09.

**Tabela 09** – Superfície coberta em quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.

DAE	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	MÉDIA	D.P
56	0,980	0,986	0,987	0,989	0,986	0,004
66	0,997	0,995	0,989	0,991	0,993	0,004
74	0,999	0,998	0,996	0,996	0,998	0,001
85	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	0,000

DAE = dias após a emergência

TRAT 1 = estratégia de irrigação com 60% da ETo

TRAT 2 = estratégia de irrigação com 80% da ETo

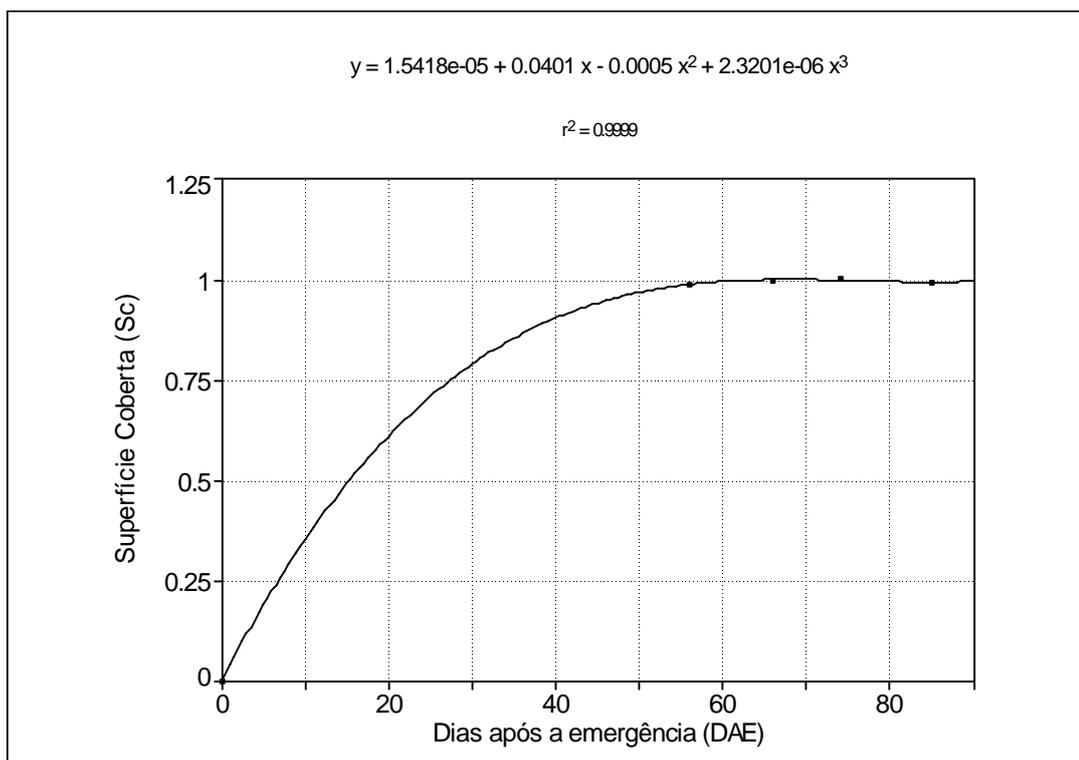
TRAT 3 = estratégia de irrigação com 100% da ETo

TRAT 4 = estratégia de irrigação com 120% da ETo

D.P = desvio padrão

Conforme a Tabela 09 observa-se que a superfície coberta aos 74 DAE apresentou maior valor no tratamento 1, sendo este o que mais rapidamente apresentou o fechamento total do dossel vegetativo. Este valor coincide com o IAF, que também foi maior para o tratamento 1, como visto na Tabela 07.

Realizou-se a análise estatística para os valores médios das quatro repetições de cada tratamento, onde constatou-se através da análise da variância que não ocorreu diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos (Anexo IX). Desta forma fez-se a média dos quatro tratamentos para representar o comportamento da superfície coberta durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100, como mostra a Figura 15.



**Figura 15:** Superfície coberta média durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.

Pode-se observar que a superfície coberta cresceu até aproximadamente os 74 dias após a emergência (DAE), mantendo-se estável até os 90 DAE. Após esse período, em razão da alta estatura das plantas de soja (altura média de 131,70 cm), não foi possível continuar analisando este parâmetro. Desta maneira, quando teve

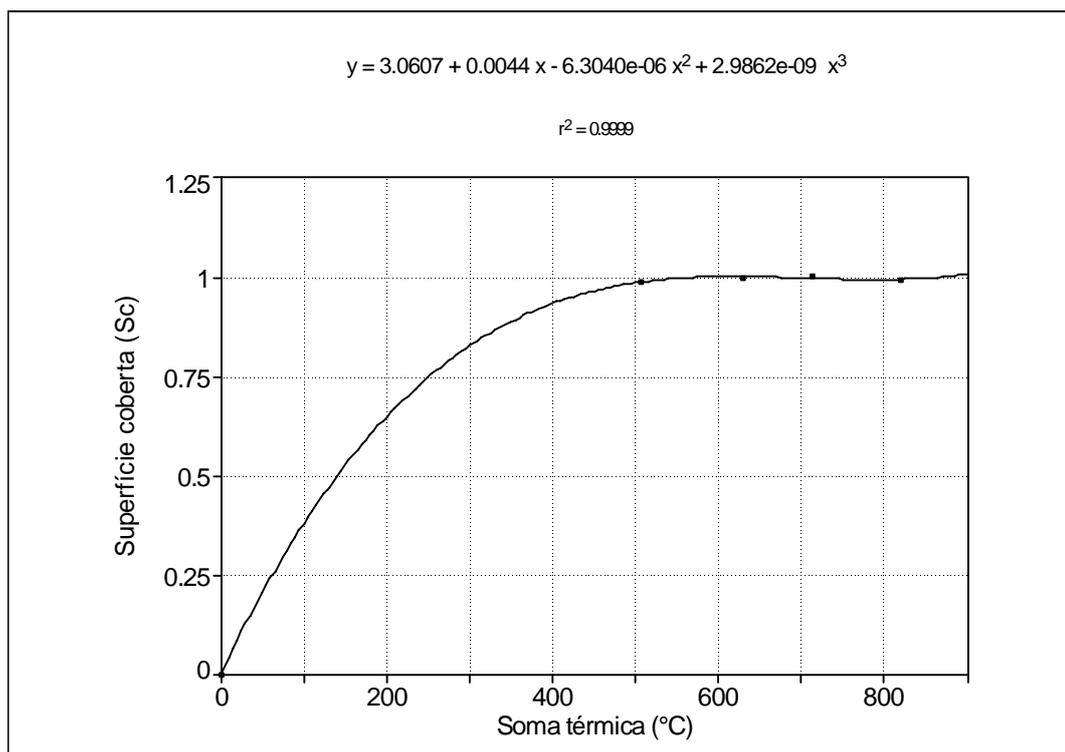
início o processo de queda de folhas (124 DAE), a área coberta não foi medida para evitar a quebra e o acamamento das plantas, uma vez que a mesa possui 0,80 m de altura. Por isso, com base nas dificuldades encontradas para realização desta técnica nas fases finais da cultura, não se recomenda sua utilização para verificação da superfície coberta em plantas de grande porte tais como as cultivares em avaliação. Modificações tais como alteração na altura da mesa podem ser testadas em trabalhos futuros. A Figura 16 mostra a altura das plantas em relação à mesa aos 85 DAE.



**Figura 16.** Determinação da superfície coberta nas plantas de soja aos 85 DAE. Santiago, RS, 2006.

A Figura 17 mostra a relação entre a superfície coberta média e os valores de soma térmica acumulada durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.

Alguns autores obtiveram resultados satisfatórios relacionando a cobertura vegetal, duração do ciclo das culturas ou estádios de desenvolvimento com a soma térmica. Medeiros et al. (2000) em pesquisas com crescimento vegetativo do feijão relacionado com a soma térmica, obtiveram fechamento completo da cobertura vegetal com 812 e 800°C.dia acumulados para os tratamentos submetidos à irrigação.



**Figura 17:** Superfície coberta média em função da soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.

Através da Figura 17, pode-se observar que a superfície coberta cresceu até aproximadamente 900°C.dia acumulados, apresentando a mesma tendência quando comparada com os DAE.

Os valores médios experimentais obtidos na determinação da superfície coberta da cultivar de soja Anta para quatro tratamentos são apresentados na Tabela 10.

**Tabela 09** – Superfície coberta em quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.

DAE	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	MÉDIA	D.P
56	0,955	0,978	0,954	0,965	0,963	0,011
65	0,989	0,994	0,991	0,990	0,991	0,002
77	0,995	0,978	0,998	1,000	0,993	0,010
86	0,998	1,000	1,000	1,000	0,999	0,001
94	1,000	0,978	1,000	1,000	0,994	0,010

DAE = dias após a emergência

TRAT 1 = estratégia de irrigação com 60% da ETo

TRAT 2 = estratégia de irrigação com 80% da ETo

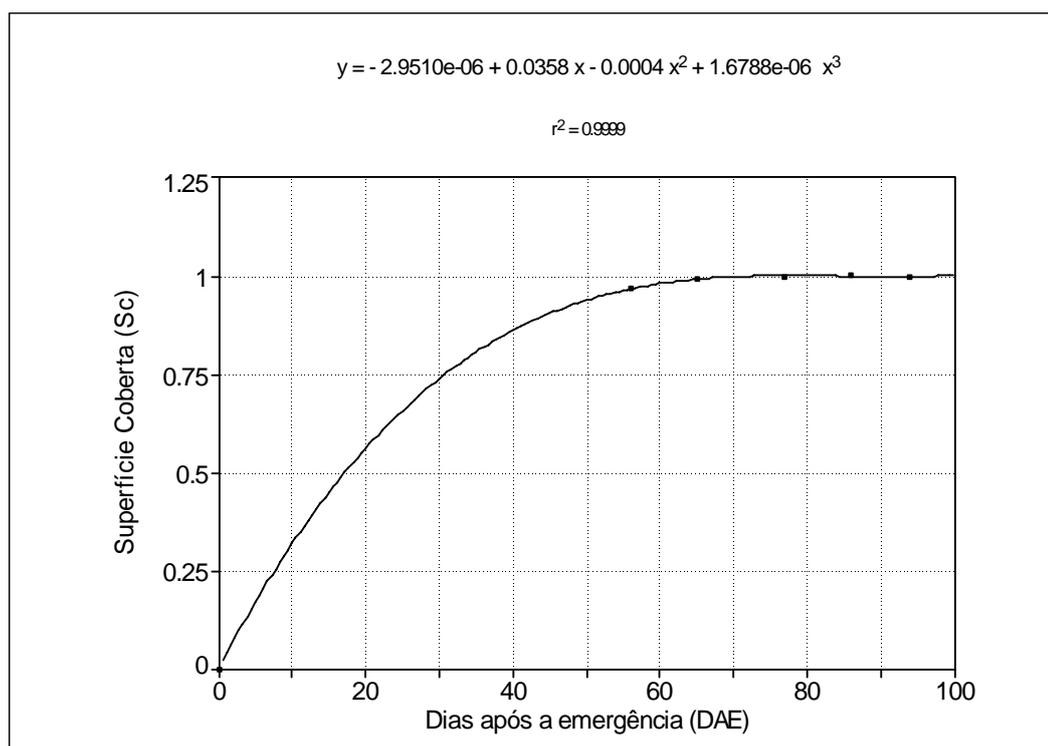
TRAT 3 = estratégia de irrigação com 100% da ETo

TRAT 4 = estratégia de irrigação com 120% da ETo

D.P = desvio padrão

Conforme a Tabela 10 observa-se que a média dos tratamentos aumentou até os 86 DAE. Neste período somente o tratamento 1 não apresentou área totalmente coberta, coincidindo com o IAF, que também foi menor neste tratamento, como visto na Tabela 07.

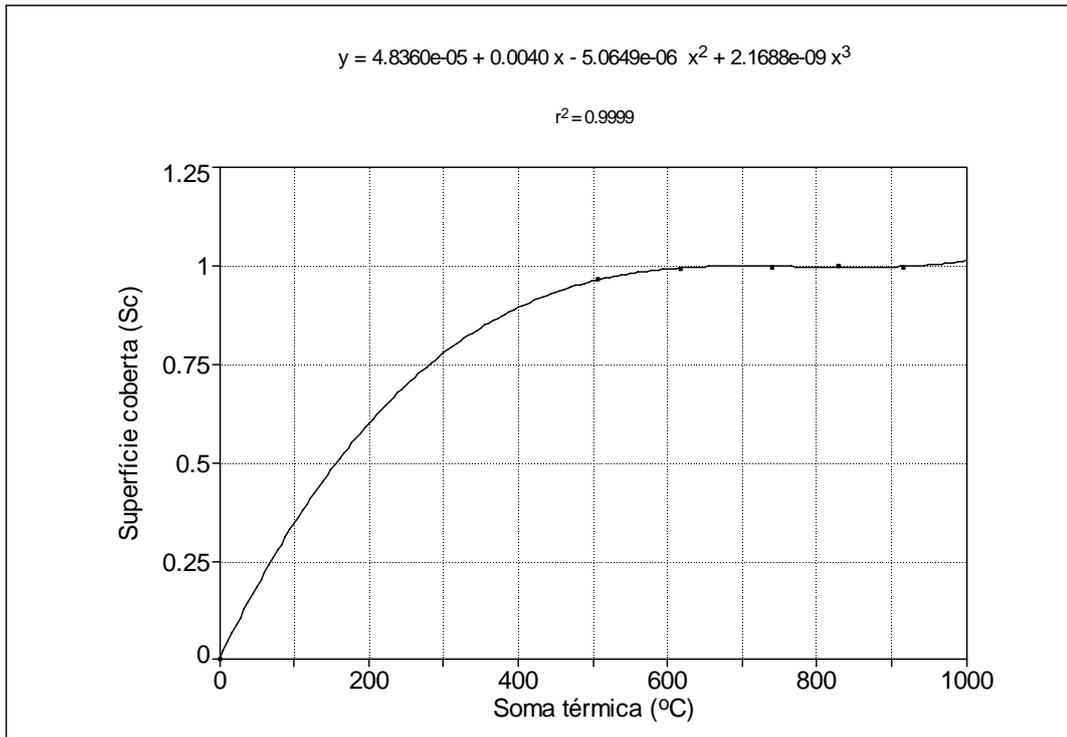
Realizou-se a análise estatística para os valores médios de superfície coberta da cultivar de soja Anta nas quatro repetições de cada tratamento. Constatou-se através da análise da variância que não ocorreu diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos (Anexo X). Desta forma fez-se a média dos quatro tratamentos para representar o comportamento da superfície coberta durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta, como mostra a Figura 18.



**Figura 18:** Superfície coberta média durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.

Na Figura 18 pode-se observar que a superfície coberta cresceu até aproximadamente os 86 DAE, mantendo-se estável até os 100 DAE. Após esse período, este parâmetro não foi mais acompanhado, como já foi dito na Figura 15.

A relação entre a superfície coberta média e os valores de soma térmica acumulada durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta pode ser vista na Figura 19.



**Figura 19:** Superfície coberta média em função da soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.

Da mesma forma quando relacionada com DAE a superfície coberta quando relacionada com soma térmica apresentou a mesma tendência, crescendo até aproximadamente 1000°C.dia acumulados.

#### 4.3.1.3 Altura de plantas

A Tabela 11 apresenta os valores médios das medidas de altura (cm) para a cultivar de soja 8100 no decorrer do seu desenvolvimento para as quatro estratégias de irrigação.

**Tabela 11** – Valores médios da altura (cm) da cultivar de soja 8100 submetida a quatro estratégias de irrigação durante seu ciclo de desenvolvimento.

<b>DAE</b>	<b>TRAT 1</b>	<b>TRAT 2</b>	<b>TRAT 3</b>	<b>TRAT 4</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>D.P.</b>
<b>12</b>	7,65	7,48	7,80	7,75	7,67	0,14
<b>26</b>	14,93	16,48	16,30	15,75	15,86	0,70
<b>40</b>	32,50	32,40	28,87	29,67	30,86	1,87
<b>58</b>	50,60	56,40	63,60	59,40	57,50	5,47
<b>73</b>	100,00	100,60	103,80	104,00	102,10	2,09
<b>88</b>	121,60	114,20	120,25	114,00	117,51	3,98
<b>101</b>	133,40	129,70	123,50	129,40	129,00	4,09
<b>117</b>	133,80	134,80	126,90	131,30	131,70	3,52
<b>130</b>	135,30	136,20	142,60	133,30	136,85	4,02

DAE = dias após a emergência

TRAT 1 = estratégia de irrigação com 60% da ETo

TRAT 2 = estratégia de irrigação com 80% da ETo

TRAT 3 = estratégia de irrigação com 100% da ETo

TRAT 4 = estratégia de irrigação com 120% da ETo

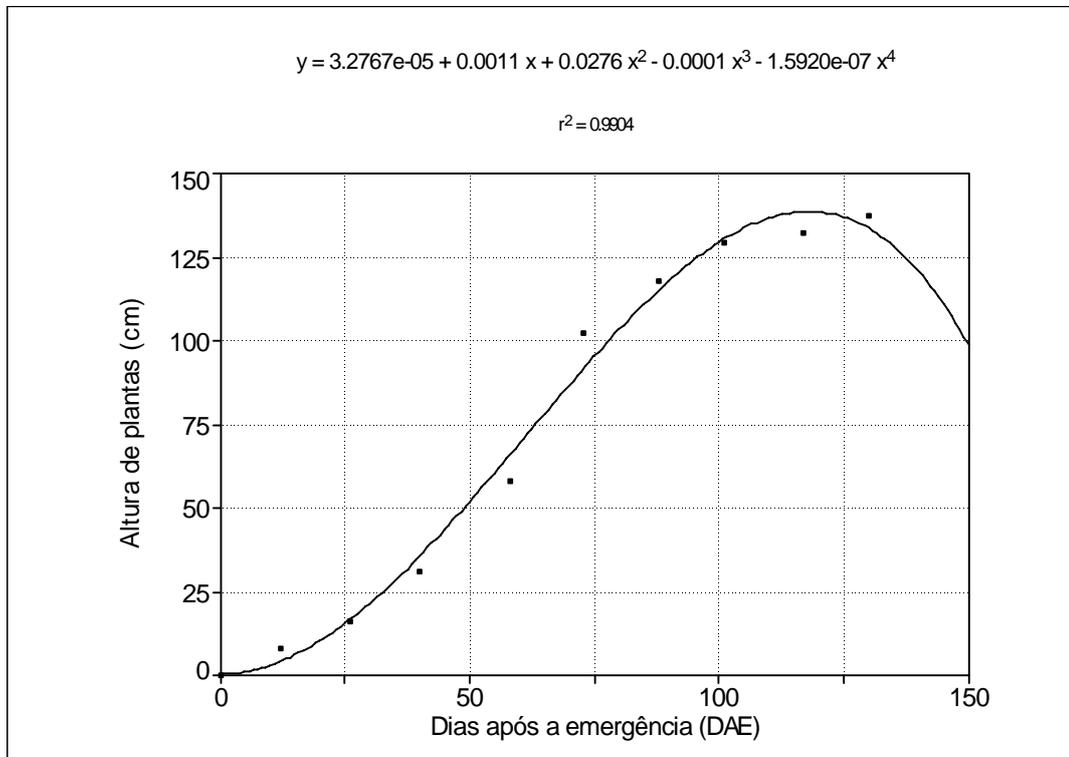
D.P. = Desvio Padrão

A altura máxima ocorreu no tratamento 3, aos 130 DAE com 142,60 cm que também apresentou a maior altura aos 12 DAE com 7,80 cm. A menor altura verificada aos 130 DAE ocorreu no tratamento 4 com 133,30 cm. A altura máxima (142,60 cm) foi superior 18,83% da altura padrão da cultivar (120 cm).

Aos 26 DAE (V2 e V3) (Anexo XXIX) a altura de plantas média dos tratamentos foi de 15,86 cm. Similarmente Lamego et al. (2005) aos 28 dias após a semeadura encontrou altura de plantas de 13,04 cm para a cultivar Fepagro RS-10.

Navarro Júnior e Costa (2002) obtiveram resultados próximos avaliando a contribuição relativa dos componentes de produção para a cultura da soja, com altura plantas em R8 (maturação plena) aos 126 e 134 dias para as cultivares de soja FT-2003 e RS-9 Itaúba, respectivamente de 104 cm.

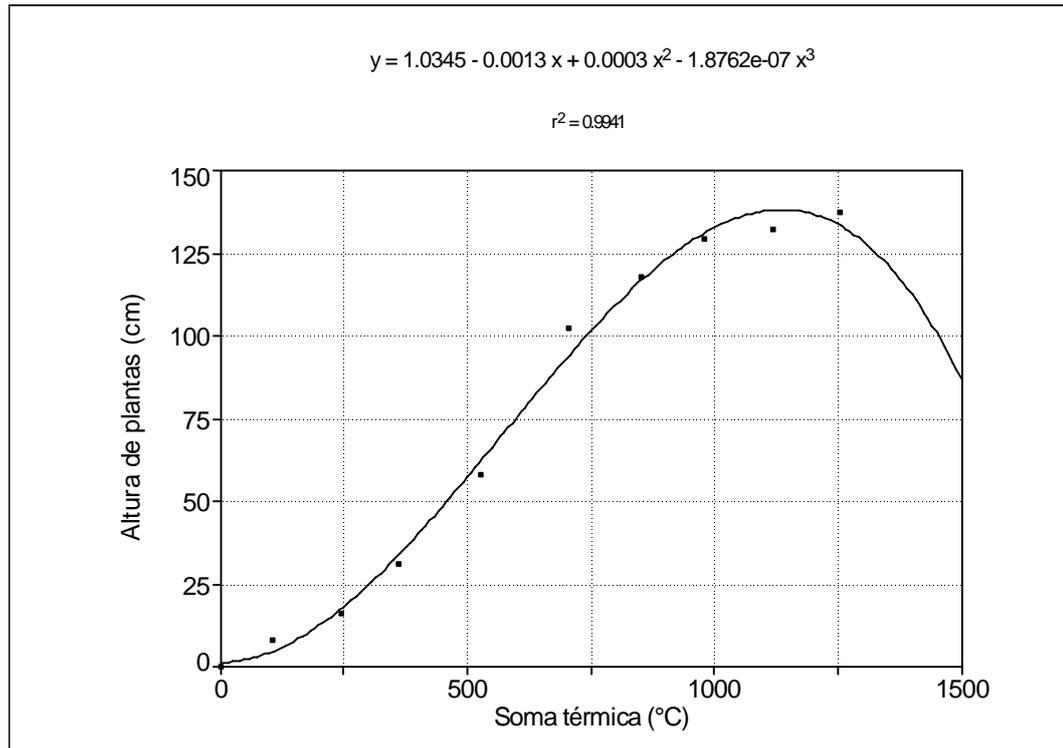
Na análise estatística dos dados da Tabela 11, verificou-se que não ocorreu diferença estatisticamente significativa, através da análise da variância (Anexo XI). A Figura 20 mostra a altura de plantas (cm) média dos quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.



**Figura 20:** Altura de plantas (cm) média de quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.

Observa-se que a altura de plantas apresentou um crescimento acentuado até os 130 DAE, ou seja, entre o início do enchimento de grãos e a granação plena (estádios R5 e R6) (Anexo XXX). Após este período a altura continuou crescendo, mas com tendência a estabilização.

A Figura 21 mostra a altura de plantas (cm) média dos quatro tratamentos em função da soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.



**Figura 21:** Altura de plantas (cm) média de quatro tratamentos relacionada com a soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100.

Através da Figura 21 observa-se que a altura de plantas apresentou um crescimento crescente, próximo aos 1200°C.dia acumulados, após esse período o crescimento apresentou tendência a estabilização quando atingiu 1447,80°C.dia acumulados.

Lamego et al. (2005) em estudo realizado em Porto Alegre, RS, relacionou a altura de plantas com a soma de graus-dia (°C). Obteve para a cultivar de soja CD 205, a altura de plantas de 80 cm com soma térmica em torno de 1500°C.dia acumulados.

A Tabela 12 apresenta os resultados médios de altura de plantas da cultivar de soja Anta no decorrer de seu ciclo vital de desenvolvimento.

**Tabela 12** – Valores médios da altura (cm) da cultivar de soja Anta submetida a quatro estratégias de irrigação durante seu ciclo de desenvolvimento.

DAE	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	MÉDIA	D.P.
12	6,24	6,53	6,08	6,39	6,31	0,19
26	14,83	14,95	14,85	15,28	14,98	0,21
40	23,20	29,20	33,60	23,20	27,30	5,06
58	47,00	53,80	54,10	51,88	51,69	3,28
73	78,60	91,80	78,00	96,20	86,15	9,24
88	113,60	124,00	113,80	120,60	118,00	5,16
101	127,80	138,80	146,60	135,40	137,15	7,80
117	129,80	144,00	149,60	140,80	141,05	8,34
130	132,60	146,20	153,80	156,00	147,15	10,57

DAE = dias após a emergência

TRAT 1 = estratégia de irrigação com 60% da ETo

TRAT 2 = estratégia de irrigação com 80% da ETo

TRAT 3 = estratégia de irrigação com 100% da ETo

TRAT 4 = estratégia de irrigação com 120% da ETo

D.P. = Desvio Padrão

O tratamento 4 apresentou a maior altura, de 156,00 cm aos 130 DAE. Neste mesmo período a menor altura foi observada no tratamento 1 com 132,60 cm. A altura máxima (156,00cm) foi superior 56% da altura padrão da cultivar (100 cm).

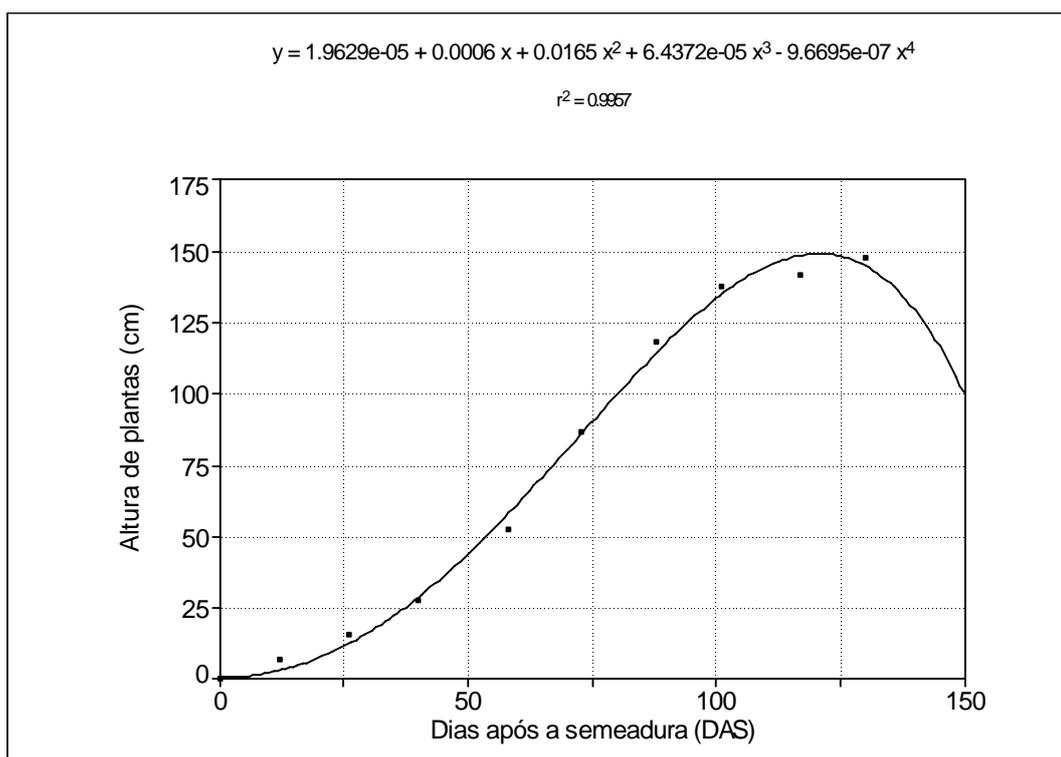
A Figura 22 mostra a altura das plantas de soja da cultivar Anta.



**Figura 22:** Altura das plantas de soja, cultivar Anta. Santiago, RS, 2006.

Rodrigues (2001) em experimento com soja irrigado cultivar FT-Abyara encontrou altura de plantas final de 98,5 cm aos 111 DAE. Kuss (2006) testando populações de plantas e estratégias de irrigação encontrou altura de plantas máxima de 112,60 para a cultivar CD 205 em plantas irrigadas nos períodos críticos. Estes valores são os que mais se aproximam dos valores encontrados neste estudo.

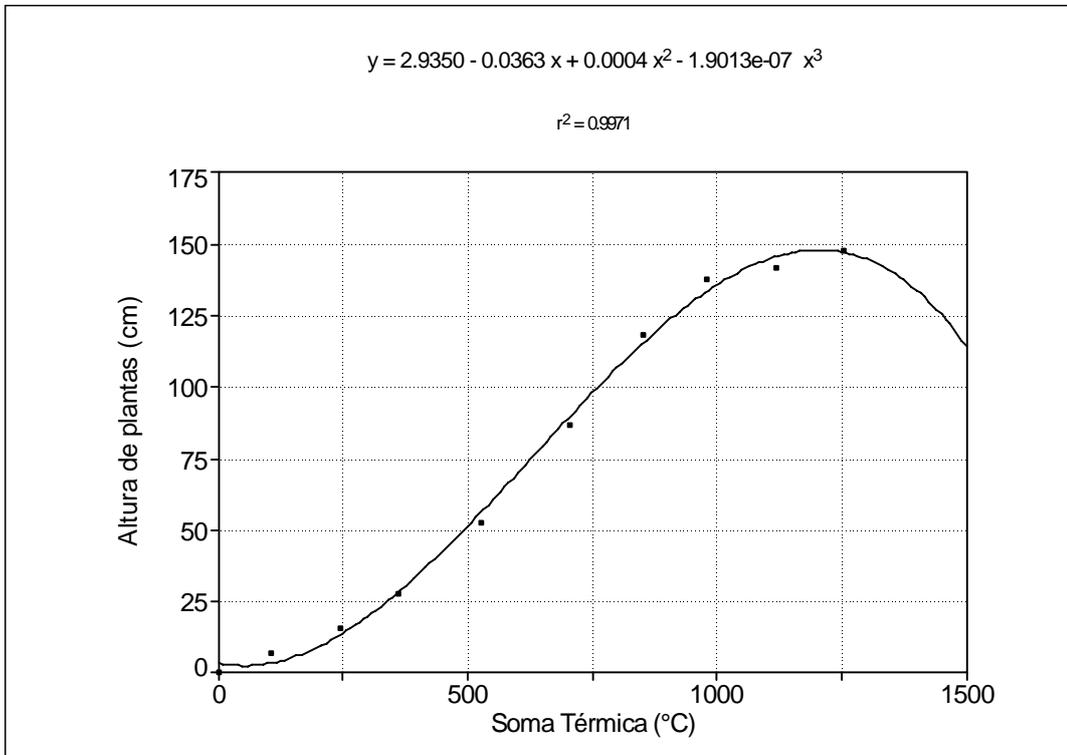
Na análise estatística realizada não ocorreu diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos testados (Anexo XII), sendo assim fez-se a média dos quatro tratamentos. Na Figura 23 pode-se visualizar a altura de plantas (cm) média dos quatro tratamentos para a cultivar de soja Anta.



**Figura 23:** Altura de plantas (cm) média de quatro tratamentos durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.

Através da Figura 23 observa-se que o maior crescimento da altura de plantas foi até 130 dias após a emergência (DAE), aproximadamente, entre o início do enchimento de grãos e a granação plena (estádios R5 e R6) (Anexo XXX).

A Figura 24 mostra a altura de plantas (cm) média dos quatro tratamentos em função da soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.



**Figura 24:** Altura de plantas (cm) média de quatro tratamentos relacionada com a soma térmica durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta.

Através da Figura 24 observa-se que a altura de plantas apresentou um crescimento crescente, próximo aos 1250°C.dia acumulados, até atingir o estágio R6 (granação plena), após esse período ocorreu uma tendência de estabilização verificados em 1463,50°C.dia acumulados, aproximadamente.

#### 4.4 Componentes de produção, matéria seca total, índice de colheita e produtividade

##### 4.4.1 Cultivar de soja 8100

A Tabela 13 apresenta os valores médios dos componentes de produtividade para cada estratégia de irrigação aos 156 DAE com a aplicação da análise da variância (Anexos XIII, XIV, XV e XVI) e o teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

**Tabela 13** – Valores médios de número de plantas.m<sup>-2</sup> (NPL), número de vagens.planta<sup>-1</sup> (NVG), número de grãos.vagem<sup>-1</sup> (NGR) e massa seca do grão (PMG) para a cultivar de soja 8100 aos 156 DAE.

EI	NPL <sup>1</sup>	NVG <sup>2</sup>	NGR <sup>3</sup>	PMG <sup>4</sup>
0%	16,00 ab	73,95 a*	1,90 a	0,10 c
60%	17,00 ab	91,15 a	1,85 a	0,11 a
80%	19,00 ab	80,68 a	1,85 a	0,10 ab
100%	19,75 a	83,83 a	1,85 a	0,10 abc
120%	15,00 b	76,68 a	1,85 a	0,10 abc
<b>Média</b>	16,75	81,26	1,86	0,10
<b>D.P.</b>	1,82	6,69	0,02	0,01

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferenciam pelo teste de Tuckey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

EI = Estratégia de Irrigação

0% = Tratamento 0

60% = Tratamento 1

80% = Tratamento 2

100% = Tratamento 3

120% = Tratamento 4

<sup>1</sup>NPL= Número de Plantas.m<sup>-2</sup>

<sup>2</sup>NVG = Número de Vagens.Planta<sup>-1</sup> (g)

<sup>3</sup>NGR = Número de Grãos.Vagem<sup>-1</sup> (g)

<sup>4</sup>PMG = Massa Seca Média do Grão (g)

<sup>5</sup>D.P. = Desvio Padrão

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 13, verificou-se que o número de vagens.planta<sup>-1</sup> apresentou uma média de 81,26 com o valor máximo de 91,15 para o tratamento 2 e mínimo de 73,95 para o tratamento 0, não apresentando diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos. Resultados semelhantes foram obtidos por Navarro Júnior e Costa (2002), que encontraram média máxima de 86 legumes produzidos em R5 e 54 legumes fixados na planta em (R8) em experimento com soja irrigado e arranjo de plantas para a cultivar FT-2003. Estes resultados também concordam com os obtidos por Rambo et al. (2002) que encontrou 1.329 legumes férteis.m<sup>-2</sup> em um estrato da amostra de 10 plantas para a cultivar BRS 137. Maehler et al. (2003) obtiveram 1.225 e 1.481 legumes férteis.m<sup>-2</sup> em dois regimes hídricos, não irrigado e irrigado, para as cultivares BRS 137 e BRS 138, respectivamente

Quanto ao número de grãos.vagem<sup>-1</sup>, a média obtida foi de 1,86 e peso médio de 0,10 g, sendo inferior ao peso padrão médio do grão desta cultivar que é de 0,16 g. Estes resultados conferem com dados obtidos por Maehler et al (2003) que para o número de grãos.vagem<sup>-1</sup>, da cultivar BRS 138 encontrou resultados aproximados de 1,99 e 2,24 para tratamento não irrigado e irrigado, respectivamente.

A Tabela 14 apresenta os valores médios de matéria seca e índice de colheita para cada estratégia de irrigação aos 156 dias após a emergência (DAE) com a aplicação da análise da variância (Anexos XVII, XVIII, XIX e XX) e o teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

**Tabela 14** – Valores médios de massa seca dos grãos.planta<sup>-1</sup> (PPGRAO), massa seca do colmo.planta<sup>-1</sup> (PPC), massa seca das vagens.planta<sup>-1</sup> (PPVG), massa seca total (PPTOTAL) e índice de colheita (IC) em cada estratégia de irrigação para a cultivar de soja 8100 aos 156 DAE.

EI	PPGRÃO <sup>1</sup>	PPC <sup>2</sup>	PPVG <sup>3</sup>	PPTOTAL <sup>4</sup>	IC <sup>5</sup>
0%	10,40 a*	20,60 a	6,38 a	37,79 a	0,28
60%	14,81 a	23,42 a	7,48 a	45,71 a	0,32
80%	13,53 a	23,40 a	6,58 a	43,51 a	0,31
100%	11,99 a	21,98 a	6,98 a	40,94 a	0,29
120%	12,37 a	20,76 a	5,90 a	39,03 a	0,32
<b>Média</b>	12,61	22,03	6,66	41,39	0,30
<b>D.P.<sup>6</sup></b>	1,66	1,37	0,60	3,24	0,02

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferenciam pelo teste de Tuckey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

El = Estratégia de Irrigação

0% = Tratamento 0

60% = Tratamento 1

80% = Tratamento 2

100% = Tratamento 3

120% = Tratamento 4

<sup>1</sup>PPGRÃO = Massa Seca dos Grãos.Planta<sup>-1</sup> (g)

<sup>2</sup>PPC = Massa Seca do Colmo.Planta<sup>-1</sup> (g)

<sup>3</sup>PPVG = Massa Seca Média das Vagens.Planta<sup>-1</sup> (g)

<sup>4</sup>PPTOTAL = Massa Seca Total da Planta (g)

<sup>5</sup>IC = Relação entre a Massa Seca dos Grãos e a Massa Seca Total da Planta

<sup>7</sup>D.P. = Desvio Padrão

O tratamento 1 atingiu a maior massa seca de grãos por planta com 14,81 g sendo que este tratamento também apresentou a mais elevada massa seca do colmo com 23,42 g e atingiu a maior massa seca total de 45,71 g.

O índice de colheita apresentou uma média de 0,30. De acordo com Colasante (1980), o índice de colheita da soja varia de 0,43 a 0,50, dependendo da

cultivar plantada. Pedro Júnior et al. (1985) verificaram índices de colheita de 0,40 a 0,50 para a cultura da soja. Segundo Brandelero et al. (2002) comparando cultivares de soja Curió e Tucano, observaram que apesar de ambos apresentarem os valores similares de massa da matéria seca total acumulada, seus índices de colheita são bem diferentes, sendo 0,50 para 'Curió' e 0,34 para 'Tucano'. Esse comportamento, segundo Colasante (1980), mostra que iguais acúmulos da massa da matéria seca total na planta, não resultam em aumentos proporcionais no índice de colheita, e conseqüentemente, no rendimento final de grãos.

Os tratamentos 1 e 4 apresentaram os maiores valores de IC (0,32), coincidindo com os menores valores de massa seca total obtida dos tratamentos irrigados.

A Tabela 15 apresenta o número de irrigações, lâmina média aplicada (mm), irrigação total (mm), precipitação pluvial (mm) e total de água aplicado (irrigação + precipitação) (mm) ao longo do ciclo vital da cultivar de soja 8100 para quatro tratamentos de irrigação.

**Tabela 15** – Valores de número de irrigações, lâmina média aplicada (mm), irrigação total (mm), precipitação pluvial (mm) e total de água aplicado (irrigação + precipitação) (mm) ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja 8100 para quatro tratamentos de irrigação.

El	Nº de irrigações	Lâmina média aplicada (mm)	Irrigação total (mm)	Precipitação pluvial (mm)	Total de água aplicado (mm)
0%	0	0	0	640	640,0
60%	5	9,3	46,4	640	686,4
80%	5	11,0	55,2	640	695,2
100%	5	12,8	64,0	640	704,0
120%	5	14,5	73,0	640	713,0
<b>Média</b>	5	11,9	47,7	640	687,7

El = Estratégia de Irrigação

0% = Tratamento 0

60% = Tratamento 1

80% = Tratamento 2

100% = Tratamento 3

120% = Tratamento 4

Através da Tabela 15 pode-se observar que foram realizadas cinco irrigações em cada tratamento, a lâmina média aplicada foi de 11,9 mm e a irrigação total média foi de 47,7 mm. A precipitação pluvial durante o ciclo vital da cultivar de soja

8100 foi de 640 mm com um total de água aplicado médio, ou seja, irrigação mais precipitação pluviométrica de 687,70 mm.

A Tabela 16 traz a produção ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de matéria seca e grãos acompanhados da eficiência de uso da água (EUA) em cada estratégia de irrigação para a cultivar de soja 8100.

**Tabela 16** – Produção ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de matéria seca e grãos e eficiência de uso da água (EUA) em cada estratégia de irrigação para a cultivar de soja 8100.

EI	Produção ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )		EUA <sup>1</sup>
	Matéria Seca	Grãos	
<b>0%</b>	6046,40	2417,5	0,94
<b>60%</b>	7770,70	3396,0	1,13
<b>80%</b>	8266,90	3337,6	1,19
<b>100%</b>	8085,65	3313,5	1,15
<b>120%</b>	5854,50	2430,8	0,82
<b>Média</b>	6943,77	2979,10	1,05

EI = Estratégia de Irrigação

0% = Tratamento 0

60% = Tratamento 1

80% = Tratamento 2

100% = Tratamento 3

120% = Tratamento 4

$${}^1\text{EUA} = \frac{\text{Matéria seca } (\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1})}{\text{Total de água aplicado } (\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1})}$$

Através da Tabela 16 observa-se que a menor produção de grãos verificada foi de 2417,55  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , que corresponde ao tratamento 0, sem irrigação, somente com a precipitação pluviométrica. A maior produção de grãos foi de 3396,05  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , que corresponde ao tratamento 1 onde foi aplicado 46,40 mm, de irrigação, tendo um total de 686,40 mm de água com a precipitação mais a irrigação.

Este corresponde também ao tratamento com maior IAF conforme mostrado na Tabela 07 e o maior número de vagens por planta conforme Tabela 13. Vários autores relatam que existe uma relação positiva entre o IAF e o rendimento de grãos, Brandelero et al. (2002) verificaram esta relação no período reprodutivo R7 (maturidade fisiológica) e R8 (maturação plena ou maturação de campo), correlacionando-se com cerca de 50% do rendimento de grãos na cultura da soja.

Resultados aproximados de produtividade foram obtidos por Silveira Neto et al. (2005) testando diferentes linhagens de soja em diferentes locais e épocas de semeadura, onde obtiveram para a cultivar FT-2000 produtividade máxima de 2.984,00 kg.ha<sup>-1</sup>. Pode-se citar também que Kuss (2006) através de estudo realizado na região de Santa Maria, RS, que encontrou rendimento máximo testando diferentes estratégias de irrigação e população de plantas para a cultivar de soja CD 205 de 3.397,20 kg.ha<sup>-1</sup> em plantas irrigadas todo ciclo na população de 400.000 plantas.ha<sup>-1</sup>.

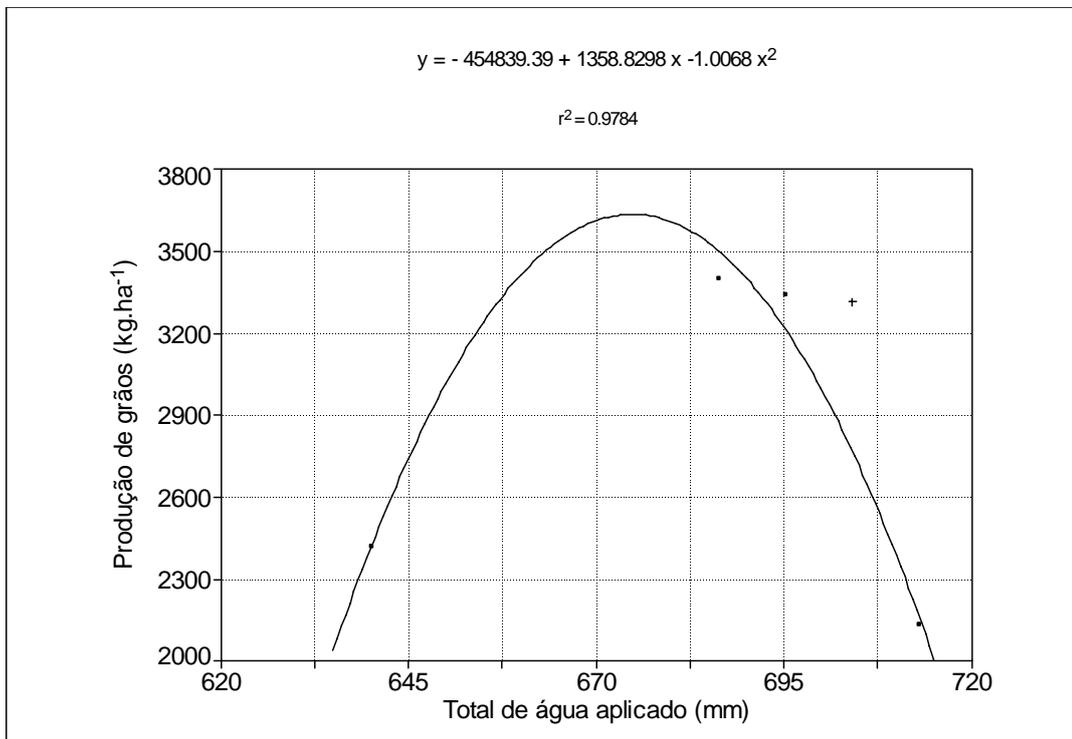
A média de todos os tratamentos de 2.979,10 kg.ha<sup>-1</sup> está acima da média nacional que é de 2.300,00 kg.ha<sup>-1</sup>, da média do estado do Rio Grande do Sul de 2.667,00 kg.ha<sup>-1</sup> e da média do município de Santiago de 2.400,00 kg.ha<sup>-1</sup> para o ano agrícola de 2005 (IBGE, 2006).

A eficiência de uso da água (EUA) apresentou uma média de 1,05 kg.m<sup>-3</sup>, sendo que a maior EUA foi obtida no tratamento 2, com valor de 1,19 kg.m<sup>-3</sup>, não coincidindo com a máxima produção de grãos (tratamento 1). A menor EUA foi obtida no tratamento 4, com 0,82 kg.m<sup>-3</sup>.

Procópio et al. (2002) em trabalho com a análise do crescimento e eficiência do uso da água pelas culturas de soja e do feijão e por plantas daninhas, verificaram que a soja, foi a planta que apresentou na fase vegetativa, o maior valor de eficiência do uso da água (0,168 kg.m<sup>-3</sup>). Também após o florescimento, estes autores observaram que a soja foi a cultura a melhor utilizar a água fornecida alcançando valor máximo de EUA igual a 2,088 kg.m<sup>-3</sup>.

De acordo com Doorenbos & Kassan (1979), a EUA pelas culturas agrícolas depende, sobretudo, das condições físicas do solo, das condições atmosféricas, do estado nutricional das plantas, de fatores fisiológicos, da natureza genética e do seu estágio de desenvolvimento.

A Figura 25 mostra a produção de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) em relação ao total de água aplicado (mm) para a cultivar de soja 8100.



**Figura 25:** Produção de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) com relação ao total de água aplicado (mm) para a cultivar de soja 8100.

De acordo com Figura 25 observa-se o incremento de produção com o aumento da lâmina de água aplicada, isto ocorreu até um total de aproximadamente 695,20 mm, após ocorreu um declínio de produção para um total aplicado de 704,00 mm e 713,00 mm, correspondentes às estratégias de irrigação de 100% e 120% do valor da evapotranspiração.

Fernandes & Turco (2003) observaram em estudo realizado em Jaboticabal, SP, para a cultura da soja que a frequência de irrigação foi mais importante na produtividade de grãos do que a quantidade de lâmina aplicada, para produtividades de  $2.120 \text{ kg.ha}^{-1}$ ,  $1.946 \text{ kg.ha}^{-1}$ ,  $1516 \text{ kg.ha}^{-1}$  e  $474 \text{ kg.ha}^{-1}$  a lâmina total de água aplicada (mm) foi de 325,3, 318,1, 330,1 e 172,9, respectivamente. Estes resultados mostram que não necessariamente a produção aumenta com o acréscimo da lâmina de água aplicada.

#### 4.4.2 Cultivar de soja Anta

A Tabela 17 apresenta os valores médios dos componentes de produtividade para cada estratégia de irrigação aos 163 DAE com a aplicação da análise da variância (Anexos XXI, XXII, XXIII e XXIV) e o teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

**Tabela 17** – Valores médios de número de plantas.m<sup>-2</sup> (NPL), número de vagens.planta<sup>-1</sup> (NVG), número de grãos.vagem<sup>-1</sup> (NGR) e massa seca do grão (PMG) para a cultivar de soja Anta aos 163 DAE.

El	NPL <sup>1</sup>	NVG <sup>2</sup>	NGR <sup>3</sup>	PMG <sup>4</sup>
0%	20,00 a*	40,35 c	2,68 a	0,10 b
60%	17,75 a	63,80 a	2,68 a	0,11 ab
80%	19,75 a	56,20 ab	2,68 a	0,11 a
100%	17,25 a	56,23 ab	2,68 a	0,11 ab
120%	20,50 a	41,26 c	2,68 a	0,11 ab
<b>Média</b>	19,05	51,57	2,68	0,11
<b>D.P.</b>	1,45	10,31	0,00	0,01

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferenciam pelo teste de Tuckey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

El = Estratégia de Irrigação

0% = Tratamento 0

60% = Tratamento 1

80% = Tratamento 2

100% = Tratamento 3

120% = Tratamento 4

<sup>1</sup>NPL= Número de Plantas.m<sup>-2</sup>

<sup>2</sup>NVG = Número de Vagens.Planta<sup>-1</sup> (g)

<sup>3</sup>NGR = Número de Grãos.Vagem<sup>-1</sup> (g)

<sup>4</sup>PMG = Massa Seca Média do Grão (g)

<sup>5</sup>D.P. = Desvio Padrão

Nos resultados da Tabela 17 observa-se que o número de vagens.planta<sup>-1</sup> e a massa seca média do grão apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos.

O número de vagens.planta<sup>-1</sup> apresentou uma média de 51,57 com valor máximo de 63,80 para o tratamento 1 e mínimo de 40,35 para o tratamento 0. Resultados semelhantes foram obtidos por Navarro Júnior e Costa (2002), que encontraram 54, 40, 41, 43, 57, 62 legumes por planta para as cultivares de soja FT-2003, OCEPAR 14, BR 16, RS 7-Jacuí, RS 9-Itaúba e CEP 20 Guajuvira, respectivamente.

Todos os tratamentos apresentaram 2,68 grãos.vagem<sup>-1</sup>, não diferindo estatisticamente entre si. Fontoura (2005) analisando a influência de níveis de desfolhamento e espaçamento sobre as características agrônômicas da soja obteve para a cultivar CEP/CD 41 em Eldorado do Sul, RS, número de grãos por legume de 2,14, 2,13 e 2,11 para o tratamento testemunha, 33% de desfolhamento e 100% de desfolhamento, respectivamente. Maehler et al. (2003) analisando legumes com zero, um, dois, e três grãos das cultivares de soja BRS 137 e BRS 138, em dois regimes hídricos, obtiveram maiores número de grãos para legumes com dois (617 e 706 legumes.m<sup>-2</sup>) e três grãos (467 e 474 legumes.m<sup>-2</sup>). Estes resultados concordam com os resultados obtidos neste trabalho para a cultivar Anta que apresentou maior número de vagens com três grãos.

A massa seca do grão foi máxima nos tratamentos 1, 2, 3 e 4 (tratamentos irrigados) com 0,11 g e mínima no tratamento 0 com 0,10 g. Estes valores estão abaixo do peso médio padrão do grão da cultivar que é de 0,14 g. Fontoura (2005) encontrou resultados similares para peso médio do grão variando de 0,11 a 0,15 para diferentes níveis de desfolhamento. O peso médio de grãos encontrado por Kuss (2006) foram superiores aos encontrados neste trabalho, com valores médios de 0,15 e 0,14 para plantas irrigadas em todo o ciclo e irrigadas nos períodos críticos, respectivamente.

A Tabela 18 apresenta os valores médios de matéria seca e índice de colheita para cada estratégia de irrigação aos 163 dias após a emergência (DAE) com a aplicação da análise da variância (Anexos XXV, XXVI, XXVII e XXVIII) e o teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

**Tabela 18** – Valores médios de massa seca dos grãos.planta<sup>-1</sup> (PPGRAO), massa seca do colmo.planta<sup>-1</sup> (PPC), massa seca das vagens.planta<sup>-1</sup> (PPVG), massa seca total (PPTOTAL) e índice de colheita (IC) em cada estratégia de irrigação para a cultivar de soja Anta aos 163 DAE.

El	PPGRÃO <sup>1</sup>	PPC <sup>2</sup>	PPVG <sup>3</sup>	PPTOTAL <sup>4</sup>	IC <sup>5</sup>
0%	9,77 a*	17,07 b	4,25 b	29,67 c	0,33
60%	14,96 a	21,22 a	7,06 a	43,24 a	0,35
80%	14,31 a	19,93 ab	6,37 ab	40,61 ab	0,35
100%	13,74 a	19,51 ab	5,89 ab	39,14 ab	0,35
120%	9,55 a	15,16 b	4,52 b	28,97 c	0,33
<b>Média</b>	12,47	18,58	5,62	36,32	0,34
<b>D.P.<sup>6</sup></b>	2,60	2,43	1,21	6,57	0,01

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferenciam pelo teste de Tuckey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

El = Estratégia de Irrigação

0% = Tratamento 0

60% = Tratamento 1

80% = Tratamento 2

100% = Tratamento 3

120% = Tratamento 4

<sup>1</sup>PPGRÃO = Massa Seca dos Grãos.Planta<sup>-1</sup> (g)

<sup>2</sup>PPC = Massa Seca do Colmo.Planta<sup>-1</sup> (g)

<sup>3</sup>PPVG = Massa Seca Média das Vagens.Planta<sup>-1</sup> (g)

<sup>4</sup>PPTOTAL = Massa Seca Total da Planta (g)

<sup>5</sup>IC = Relação entre a Massa Seca dos Grãos e a Massa Seca Total da Planta

<sup>7</sup>D.P. = Desvio Padrão

A massa seca dos grãos.planta<sup>-1</sup>, massa seca do colmo.planta<sup>-1</sup>, massa seca média das vagens.planta<sup>-1</sup> e massa seca total apresentaram valores máximos para o tratamento 1, com médias de 14,96 g; 21,22 g, 7,06 g e 43,24 g, respectivamente.

Os resultados obtidos acima apresentam algumas semelhanças com dados obtidos por Maehler et al. (2003) e Navarro Júnior e Costa (2002).

O índice de colheita médio encontrado foi 0,34. Confalone & Dujmovich (1999) obtiveram valores de índice de colheita de 0,38, 0,40 e 0,45, para tratamentos irrigado, seca entre os estádios R1 e R4 e seca entre os estádios R4 e R6, respectivamente. Consideraram 0,45 um valor elevado e atribuíram isto a falta de água neste período, sobre a produção de matéria seca vegetativa.

A Tabela 19 apresenta o número de irrigações, lâmina média aplicada (mm), irrigação total (mm), precipitação pluvial (mm) e total de água aplicado (irrigação + precipitação) (mm) ao longo do ciclo vital da cultivar de soja Anta para quatro tratamentos de irrigação.

**Tabela 19** – Valores de número de irrigações, lâmina média aplicada (mm), irrigação total (mm), precipitação pluvial (mm) e total de água aplicado (irrigação + precipitação) (mm) ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultivar de soja Anta para quatro tratamentos de irrigação.

El	Nº de irrigações	Lâmina média aplicada (mm)	Irrigação Total (mm)	Precipitação Pluvial (mm)	Total de água aplicado (mm)
<b>0%</b>	0	0	0	678	678,0
<b>60%</b>	5	9,3	46,4	678	724,4
<b>80%</b>	5	11,0	55,2	678	733,2
<b>100%</b>	5	12,8	64,0	678	742,0
<b>120%</b>	5	14,5	73,0	678	751,0
<b>Média</b>	5	11,9	47,7	678	725,70

El = Estratégia de Irrigação

0% = Tratamento 0

60% = Tratamento 1

80% = Tratamento 2

100% = Tratamento 3

120% = Tratamento 4

Através da Tabela 19 pode-se observar que foram realizadas cinco irrigações em cada tratamento, a lâmina média aplicada foi de 11,9 mm e a irrigação total média foi de 47,7 mm. A precipitação pluvial durante o ciclo vital da cultivar de soja Anta foi de 678 mm com um total de água aplicado médio, ou seja, irrigação mais precipitação pluviométrica de 725,70 mm.

A Tabela 20 apresenta a produção ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de matéria seca e grãos acompanhados da eficiência de uso da água (EUA) em cada estratégia de irrigação para a cultivar de soja Anta.

**Tabela 20** – Produção ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) de matéria seca, produção de grãos e eficiência de uso da água (EUA) em cada estratégia de irrigação para a cultivar de soja Anta.

EI	Produção ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )		EUA <sup>1</sup>
	Matéria Seca	Grãos	
<b>0%</b>	5934,00	2378,40	0,87
<b>60%</b>	7675,10	3720,40	1,06
<b>80%</b>	8020,48	3772,10	1,09
<b>100%</b>	6751,65	3200,50	0,91
<b>120%</b>	5866,43	2759,10	0,78
<b>Média</b>	6849,53	3166,10	0,94

EI = Estratégia de Irrigação

0% = Tratamento 0

60% = Tratamento 1

80% = Tratamento 2

100% = Tratamento 3

120% = Tratamento 4

$${}^1\text{EUA} = \frac{\text{Matéria seca } (\text{kg.ha}^{-1})}{\text{Total de água aplicado } (\text{m}^3.\text{ha}^{-1})}$$

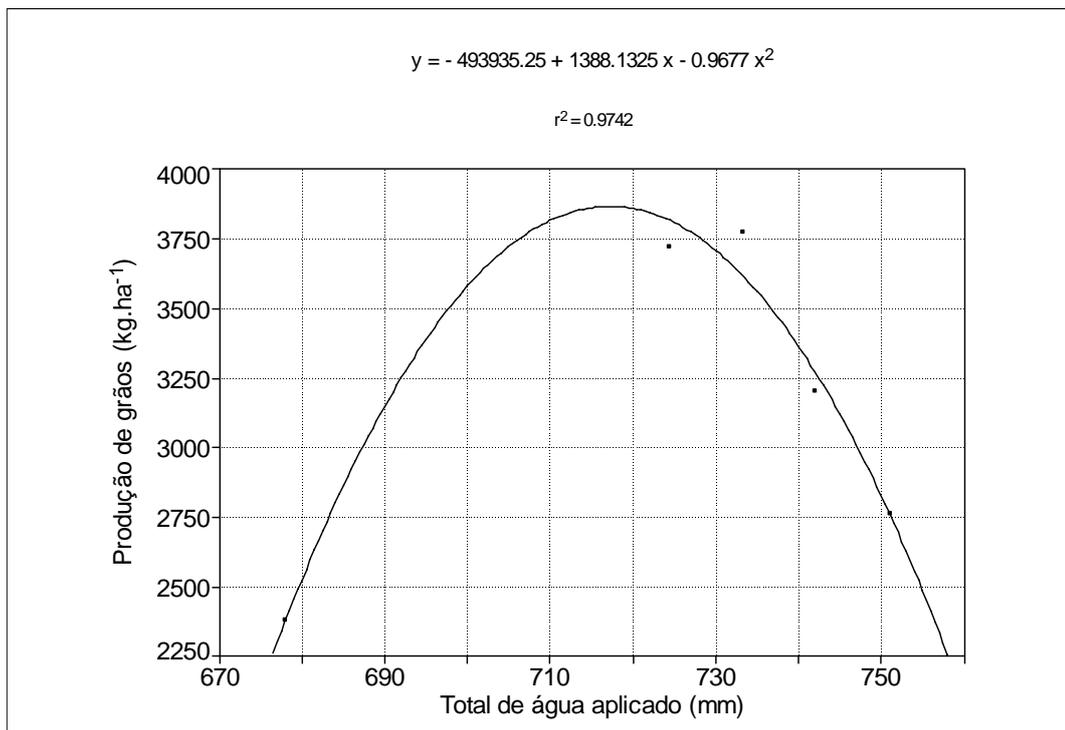
Através dos dados apresentados na Tabela 20, observa-se que a menor produção de grãos verificada foi de  $2378,40 \text{ kg.ha}^{-1}$ , que corresponde ao tratamento 0, sem irrigação, somente com a precipitação pluviométrica. A maior produção de grãos foi de  $3.772,40 \text{ kg.ha}^{-1}$ , que corresponde ao tratamento 3 onde foi aplicado  $64,0 \text{ mm}$  de irrigação, tendo um total de  $742,0 \text{ mm}$  de água com a precipitação mais a irrigação. Resultados semelhantes foram obtidos por Kuss (2006) em trabalho com soja irrigada no município de Santa Maria, RS, onde obteve para a cultivar de CD 205 produtividade máxima de  $3.397,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ , para uma população de  $400.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$ . Fontoura (2005), encontrou rendimento de grãos para a cultivar de soja CEP/CD 41 de  $3790 \text{ kg.ha}^{-1}$  para espaçamento de  $40 \text{ cm}$ , no município de Eldorado do Sul, RS

A média de todos os tratamentos de  $3166,10 \text{ kg.ha}^{-1}$  está muito acima da média nacional que é de  $2.300,00 \text{ kg.ha}^{-1}$ , da média do estado do Rio Grande do Sul de  $2.667,00 \text{ kg.ha}^{-1}$  e da média do município de Santiago de  $2.400,00 \text{ kg.ha}^{-1}$  para o ano agrícola de 2005 (IBGE, 2006).

A eficiência de uso da água (EUA) apresentou uma média de  $0,94 \text{ kg.m}^{-3}$ , sendo que a maior EUA foi obtida no tratamento 2, com valor de  $1,09 \text{ kg.m}^{-3}$ , coincidindo com a máxima produção. A menor EUA foi obtida no tratamento 4, com  $0,78 \text{ kg.m}^{-3}$ .

Os valores de EUA encontrados para as plantas de soja estão de acordo com os observados por Costa et al. (1999) que, encontraram valores de EUA variando de  $0,43 \text{ kg.m}^{-3}$  até  $2,35 \text{ kg.m}^{-3}$ , respectivamente para a fase vegetativa e após o florescimento.

A Figura 26 mostra a produção de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) em relação ao total de água aplicado (mm) para a cultivar de soja Anta.



**Figura 26:** Produção de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) com relação ao total de água aplicado (mm) para a cultivar de soja Anta.

De acordo com a Figura 26 observa-se que o acréscimo de produção não é linear com o incremento de lâmina de água aplicada. Conforme o experimento realizado a maior produção foi com a lâmina de 80% da ETo, sendo que a partir desta lâmina verificou-se menores produções, seguindo a mesma eficiência de uso da água. Este fato mostra que o controle da lâmina de água aplicada é importante no manejo da agricultura irrigada, pois tanto o excesso como a falta, causa redução no rendimento de grãos das culturas.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia utilizada para a realização deste trabalho, nas condições climáticas em que o experimento foi conduzido pode-se concluir que:

1) As cultivares de soja 8100 e Anta submetidas à estratégia de irrigação de 60% apresentaram maior expansão foliar em comparação às plantas submetidas às estratégias de 80%, 100% e 120% do valor da evapotranspiração do mini-tanque evaporimétrico. Os valores de índice de área foliar observados nas plantas de soja analisadas neste estudo foram superiores aos valores encontrados nas cultivares de soja brasileiras;

2) A cultivar 8100 respondeu a maior altura de plantas na estratégia de 100%, coincidindo também com o menor IAF. Para a cultivar Anta a estratégia de 120% respondeu a maior altura de plantas, seguida da estratégia de 100% que apresentou o menor IAF;

3) A produção de grãos da cultivar 8100 apresentou melhor desempenho na estratégia de irrigação de 60% e a matéria seca total na estratégia de 80%. A maior produção de grãos e matéria seca total para a cultivar Anta foi obtida na estratégia de irrigação de 80%. A cultivar Anta apresentou produção de grãos e matéria seca total superior a cultivar 8100;

4) Para a cultivar 8100 a estratégia de 80% apresentou a maior eficiência do uso da água, não coincidindo com a maior produção de grãos (estratégia 60%). Já o valor obtido de eficiência do uso da água para a cultivar Anta concordou com a maior produtividade obtida na melhor estratégia de irrigação (estratégia 80%);

5) Através destes resultados fica comprovado que o uso de irrigação suplementar na cultura da soja aumenta a produtividade de grãos na região fronteira-oeste do Estado do Rio Grande do Sul, para as condições, características do período e fatores considerados.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES JÚNIOR, J. **Necessidade hídrica e resposta da cultura de lima ácida 'Tahiti' a diferentes níveis de irrigação.** 2006. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2006.

AYOADE, J.O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos.** São Paulo: Difel, 1986.

ANDRADE JÚNIOR, A.S. et al. Estratégias ótimas de irrigação para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 301-305, 2001.

ASHLEY, D.A.; ETHRIDGE, W.J. Irrigation effects on vegetative and reproductive development of three soybean cultivars. **Agronomy Journal**, v. 70, n. 3, p. 467-471, 1978.

BARNI, N.A.; BERGAMASCHI, H. Alguns princípios técnicos para semeadura. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. **A Soja no Brasil.** ITAL, Campinas, São Paulo. 1981, 1062 p., p. 476-480.

BATAGLIA, O.C. et al. Acúmulo de matéria seca e nutrientes, em soja cultivar Santa-Rosa. **Bragantia**, v. 35, n. 21, p. 237-247, 1976.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas:** noções básicas. Jaboticabal: Funep, 1988. 42 p.

BERNARDO, S., SOARES, A. A., MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação.** 8. ed. Viçosa : Ed. UFV, 2006. 625 p.

BERNARDON, T. **Componentes de produtividade de grãos de milho (Zea mayz L.), visando obter parâmetros para a agricultura de precisão.** 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

BERLATO, M.A.; GONÇALVES, H.M. Efeito da temperatura no desenvolvimento da soja (*Glycine max.* (L.) Merrill). **Agronomia Sulriograndense**, v. 14, n. 2, p. 235-242, 1978.

BERLATO, M.A. **Modelo de relação entre o rendimento de grãos de soja e o déficit hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul**. 1987. 93 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Curso de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1987.

BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS, 1992. p. 11-24.

BLACK, R.J. Complexo soja: fundamentos , situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. E. de S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ, 2000. 450 p.

BOARD, J.E.; KAMAL, M.; HARVILLE, B.G. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. **Agronomy Journal**, v. 84, n. 4, p. 575-579, 1992.

BOARD, J.E. & HARVILLE, B.G. Explanation for greater light interception in narrow- vs. Wide-Row soybean. **Crop Science**, v. 32, p. 198-202, 1992.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Growth dynamics the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean. **Crop Science**, v. 88, n. 4, p. 567-572, 1996.

BRANDELERO, E.M. et al. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no recôncavo baiano. **Magistra**, v. 14, n. 2, 2002.

CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da soja e rendimento. In: CÂMARA, G.M.S. ed. **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: Editora Publique, 1998. p. 256-277.

CAMARGO, M.B.P. **Exigências bioclimáticas e estimativa para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo**. 1984. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba, 1984.

CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C. Temperatura-base para cálculo dos graus-dia para cultivares de soja em São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 115-121, 1987.

CARY, J.W.; FISHER, H.D. Irrigation decisions simplified with electronics and soil water sensors. **Soil Science Society of America. Journal**, v. 47, p. 1219-1223, 1983.

COLASANTE, L. O. **Uso de índice de colheita e do rendimento biológico na comparação da eficiência de variedades de soja**. 1980. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2004. 394 p.

CONFALONE, A.; COSTA, L.; PEREIRA, C.R. Crescimento e captura de luz em soja sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n. 2, p. 165-169, 1998.

CONFALONE, A.; DUJMOVICH, M.N. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 2, p. 183-187, 1999.

CARUSO, R. **Soja, uma caminhada sem fim**: Como a soja conquistou o mundo e o Brasil. [Campinas] : Fundação Cargill, [1977]. 95 p.

COSTA, S.V. **Desenvolvimento e calibração de um mini-tanque evaporimétrico**. 2004. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

COSTA, L.C. et al. Effect of water stress on the efficiency of capture of water and radiation by soybean. **Crop Science**, v. 39, n. 1, p. 91-97, 1999.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica e a produção de alimentos. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 54, p. 46-55, 2002.

DALLACORT, R. et al. Ajuste e teste dos coeficientes genéticos do modelo de simulação Cropgro-soybean, para a região Noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 363-371, 2005.

DESTRO, D.; PIPOLO, V.C.; KIIHL, R.F. Photoperiodic and genetic control of the long juvenile period in soybean: a review. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, V. 1, n. 1, p. 72-92, 2001.

DYBING, C.D. Soybean flower production as related to plant growth and seed yield. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 2, p. 489-497, 1994.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 179 p. **Irrigation and Drainage**, Paper 24.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper; 33).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.M. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande, UFPB, 1994.

DOSS, B.D.; THURLOW, D.L. Irrigation, row width and plant population in relation to growth characteristics of two soybean varieties. **Agronomy Journal**, v. 66, n. 2, p. 297-299, 1974.

EMBRAPA - **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Sistema de produção de informação. 1999.

\_\_\_\_\_. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Sistema de produção de informação. 2005, 374 p.

\_\_\_\_\_. **A cultura da soja no Brasil**. Embrapa Soja [CD-ROM]. – Londrina: Embrapa Soja, 2000.

ENGLISH, M.J. Deficit irrigation. I. Analytical framework. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 116, n. 3, p. 339-412, 1990.

FAGERIA, K.N. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. **Ecofisiologia da cultura da soja**. Brasília: EMPRAPA-DPU, 1989. p. 382-395. (Documentos/Embrapa – CNPAF; 18).

FARIA, M.A. de. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA

AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Calda. **Anais...**, Lavras: UFLA / SBEA, 1998. 378 p, p. 133-237.

FARIA, R.A. de et al. Economia de água e energia em projetos de irrigação suplementar no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 189-194, 2002.

FARIAS, J.R.B. Climatic requeriments. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja . **Tropical soybean: improvement and production**. Rome: FAO, 1994. p. 13-17. (FAO Plant Production and Protection Series; 27).

FARIAS, J.R.B. et al. Ecofisiologia. In: Embrapa. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 1 CD-ROM

FERNANDES, A.L.T., SILVA, F.C., FOLEGATTI, M.V. Uso de estações automáticas para controle da irrigação no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande: Sociedade Brasileira Agrometeorologia / UFPb, 1995. p. 1-3.

FERNANDES, E.J., PAVANI, L.C., RODRIGUES, T. de J.D. Potencial de água do solo e produtividade da cultura de soja submetida a três regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 16, n. 1, p. 66-75, 1996.

FERNANDES, E.J.; TURCO, J.E.P. Evapotranspiração de referência para manejo da irrigação em cultura de soja. **Irriga**, v. 8, n. 2, p. 132-141, 2003.

FERRAZ, E.S.B. **Estudo da evapotranspiração através da medida de umidade no solo por moderação de nêutrons**. Piracicaba, CENA/ESALQ, 1972. (Boletim Científico).

FEHR, W.R., CAVINESS, C.E. **Stage of soybeans development**. Ames: Iowa State University, 1977. 12p. (Special Report; 80)

FIETZ, C.R. et al. Efeito da variabilidade do armazenamento de água no solo na qualidade da irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.2, p.150-153, 1999.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H. Alterações micrometeorológicas na cultura da soja submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 5, p. 661-669, 1992.

FONTOURA, T. B. **Influência do desfolhamento e do espaçamento sobre o rendimento de grãos e características agrônômicas da soja.** 2005. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná'Curitiba, 2005.

FRANCISCO, E.A.B. **Antecipação da adubação da soja na cultura de *Eleusine coracana* (L.) Gaertn em sistema de plantio direto.** 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FREITAS, M.A.V. **Recursos Hídricos – Brasil.** Brasília. Agência Nacional de Águas, 2003. 134 p.

FRIZZONE, J.A. Planejamento otimizado da irrigação. In: DOURADO NETO, D. et alli. **Curso de agricultura irrigada.** Piracicaba. Ed. da ESALQ, 1991. cap.1, p. 1, 190p.

GARDNER, W.R. "Dynamic aspects of water availability to plants". **Soil Science.**, v. 89, p. 63-73, 1960.

GASSEN, D.N. O desfolhamento e a planta de soja. **Revista Plantio Direto**, p. 26, 2001.

GILIOLI, J.L. et al. 1995. **Soja:** Série 100. FTSementes, Cristalina: 18 p. (Boletim Técnico 3).

GOMES, A.C, **Caracterização climática de Santiago, RS para fins agrícolas.** 2004. 25 f. Monografia (Especialização em Ciências Ambientais) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santiago, 2004.

GOMIDE, R.L. Monitoramento para manejo de irrigação: Instrumentação, automação e métodos. In: FARIA, M.S. et al. (eds.). **Manejo de irrigação.** Poços de Caldas: UFLA, 1998. cap. 2, p.133-238.

GONZAGA NETO, L. Produtividade e competitividade dependem do aumento de hectares irrigados. **Revista dos Agrônomos**, v. 3, n. 1, p. 14-20, 2000.

HANWAY, J.J.; WEBER, C.R. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. **Agronomy Journal**, v. 63, p. 227-230, 1971.

HILLEL, D. **Solo e Água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 1970, 231 p.

HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HENDERSON, J.B.; KAMPRATH, E.J. **Nutrient and dry accumulation by soybeans**. North Carolina Agricultural Experiment Station, North Carolina State University, 1970. 27 p. (Technic Bulletin; 197)

HEITHOLT, J.J.; EGLI, D.B.; LEGGETT, J.E. Characteristics of reproductive abortion in soybean. **Crop Science**, v. 26, n. 3, p. 589-595, 1986.

HERBERT, S.J.; LITCHFIELD, G.V. Partitioning soybean seed yield components. **Crop Science**, v. 22, n. 5, p. 1074-1079, 1982.

HERNANDEZ, F.B.T. Manejo da irrigação por pivô central na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1994, Viçosa - **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1994. 13 p.

HICKS, D.R. et al. Response of soybean plant types to planting patterns. **Agronomy Journal**, v. 61, n. 2, p. 290-293, 1969.

HODGES, T.; FRENCH, V. Soyphen: soybean growth stages modeled from temperature, daylength and water availability. **Agronomy Journal**, v. 77, p. 500-505, 1985.

IBGE – **Informações institucionais, produtos, notícias, pesquisas, eventos e serviços**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda>>. Acesso em: mai. 2005.

\_\_\_\_\_. – Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: nov. 2006.

IBARRA, T. L. **Eficiência de absorção e utilização de N, P e K, em quatro variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em solo de cerrado**. 1990. 90 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1990.

INTA SEMENTES (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Disponível em: <[http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/hojainf\\_15](http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/hojainf_15)>. Acesso em: dez. 2006

JIANG, H.; EGLI, D.B. Shade induced changes in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 2, p. 221-225, 1993.

JOHNSON, T.J. et al. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield, and yield components of soybeans (*Glycine max* L.). **Crop Science**, v. 9, n. 5, p. 577-581, 1969.

JONG van LIER, Q. “Índices da disponibilidade de águas para as plantas”. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.E.; SCHAEFER, C.E.G.R., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 95-106.

KLAR, A.E. **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação**. São Paulo: Nobel, 1991. 156 p.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005.

KOLLER, H.R.; NYQUIST, W.E.; CHORUSH, I.S. Growth Analysis of the Soybean Community. **Crop Science**, v. 10, p. 407-412, 1970.

KUDREV, T.G. **Água: vida das plantas**. São Paulo: Cone, 1994. 178 p.

KUSS, R.C.R. **Populações de plantas e estratégias de irrigação na cultura da soja**. Santa Maria, UFSM, 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

LAMEGO, F.P. et al. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: P.L. Libardi, 2000.

LIMA, J.R. de S. et al. Estimativa da evapotranspiração do feijão caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith. **Irriga**, v. 11, n. 4, p. 477-491, 2006.

LUCCHESI, A.A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987, p. 1-12.

MAEHLER, A.R. et al. Potencial de rendimento da soja durante a ontogenia em razão da irrigação e arranjo de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n. 2, p. 225-231, 2003.

MARQUELLI, W.A. **Análise de distribuição das probabilidades de chuva, visando ao manejo de irrigação suplementar**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1993. 123 p.

MARCHEZAN, E; COSTA, J.A. Produção e fixação de flores e legumes, em três cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 129-136, 1983.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de culturas. In: BERGAMASCHI, H., et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 33-47.

MATZENAUER, R; BARNI, N.A.; MALUF, J.R.T. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, 2003.

MELO, R.W. **Parametrização de modelo para estimação da produtividade da soja nas regiões do Planalto Médio, das Missões e do Alto Vale do Uruguai, Rio Grande do Sul**. 2005. 196 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

McBLAIN, B.A.; HUME, D.J. Reproductive abortion, yield components and nitrogen content in three early soybean cultivars. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 61, n. 3, p. 499-505, 1981.

MOREIRA, H.J.C. **Sistema agroclimatológico para o acompanhamento das culturas irrigadas**. Manual prático para o manejo da irrigação. Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação, 90 p., 1993.

MOTA, F.S. Condições climáticas e produção de soja no sul do Brasil. In; VERNETTI, F.J. (Coord.) **Soja: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. v. 1, p. 93-126.

MOTA, F.S. et al. Análise agroclimatológica da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 1, p. 133-138, 1996.

MOTA F.S. da; AGENDES, M.O. de O. Informação climática para planejamento da irrigação da soja no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6., 1989, Maceió. **Anais...** Maceió : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p. 348-354.

MÜLLER, L. Fisiologia. In: MYIASAKA, S. & MEDINA, J.L. **A Soja no Brasil**. Campinas, 1981, p. 109-29.

NAVARRO JUNIOR, H.M. **Estratégias associadas à expressão do potencial de produção por planta em cultivares de soja**. 1998. 82 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

NAVARRO JÚNIOR, H.M; COSTA, J.A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 269-274, 2002.

NEUMAIER, N. et al. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. In: BONATTO, E.R. (eds.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000, cap.1, p. 19-44.

PANDEY, J.P.; TORRIE, J.H. Path coefficient analysis of seed yield components in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Crop Science**, v. 13, n. 5, p. 505-507, 1973.

PANDEY, R.K.; HERRERA, E.A.; PENDLETON, J.W. Drought response of grain legumes under irrigation gradient: II. Plant water status and canopy temperature. **Agronomy journal**, v. 76, n. 3, p. 553-557, 1984.

PASCALE, A.J. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soya en la Argentina. **Revista de la Facultad de Agronomía e Veterinaria**, v. 17, p. 31-38, 1969.

PASCALE, A.J. et al. Aptitud agroecologica de la Pcia. De Tucumán para el cultivo de la soja. **Rev. Ind. Agric. Tuc.**, v. 63, n. 1, p. 1-22, 1986.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 4, n. 3, 2000.

PEDRO JUNIOR, M.J. et al. Análise de crescimento em soja. **Turrialba**, v. 35, n. 4, p. 323–327, 1985.

PEIXOTO, C.P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja (*Glycine max* (L) Merrill) em três épocas de semeadura e três densidades de plantas**. 1999. 151 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade de vegetais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1987. 33 p. (Boletim técnico, 114)

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 1997. 183 p.

PIMENTEL, R.G. **A soja**. São Paulo: Nobel, 1990.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998. 150 p.

PIRES, R.C. de M. et al. Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: MIRANDA, J.H. de; PIRES, R.C. de M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. Seção I, v. 1, p. 121-194.

PISSAIA, A, COSTA, J.A. Comparação entre índice de área foliar, peso específico de folhas e rendimento de grãos, em duas cultivares de soja. **Revista Setor de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 1-2, p. 145-160, 1989/1991.

PORRAS, C.A.; CAYÓN, D.G.; DELGADO, O.A. Comportamento fisiológico de genótipos de soja em diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronómica**, v. 47, n. 1, p. 9-15, 1997.

PROCÓPIO, S. de O. et al. Análise do crescimento e eficiência no uso da água pelas culturas de soja e do feijão e por plantas daninhas. **Acta Scientiarum**. v. 24, n. 5, p. 1345-1351, 2002.

PROTOPAPAS, A.L.; GEORGAKAKOS, A.P. Na optimal control method for real time irrigation sheduling. **Water Resources Research**, v. 26, n. 4, p. 647-69, 1990.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. 1 ed. São Paulo: Manole, 1990. 188 p.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri, Manole, 2004.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2005/2006**. Passo Fundo: EMBRAPA, 2005. 157 p.

RAMBO, L. et al. Rendimento dos grãos de soja e seus componentes por estrato do dossel em função do arranjo de plantas e regime hídrico. **Scientia Agraria**, v. 3, n. 1-2, p. 79-85, 2002.

REECE, C.F. Evaluation of a line heat dissipation sensor for measuring soil matric potential. **Soil Science Society of America. Journal**, v.60, p.1022-1028, 1996.

RELMÓ SEMENTES – TECNOSOJA (Genetica en semillas). Disponível em: <<http://www.relmo.com.ar/tecnosoja.htm>>. Acesso em dez. 2006.

ROBAINA, A.D. **Estudo experimental e de simulação numérica da aplicação da água na produção das culturas**. 1992. 144 f Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1992.

RODRIGUES, A.L. **Efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre a produtividade da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) utilizando o sistema de aspersão em linha**. 1990. 68 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1990.

RODRIGUES, M. **Manejo da irrigação da soja a partir da evapotranspiração máxima da cultura**. 2001. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

ROSE, C.W. **Agricultural physics**. Oxford: Pergamon Press Ltda, 1966.

ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. **Microclimate**: the biological environment. New York: Wiley, 1974. 495 p.

SAAD, J.C.C.; SCALOPPI, E.J. Análise dos principais métodos climatológicos para estimativa da evapotranspiração potencial. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., Florianópolis, 1988. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988. v. 2, p. 999-1021

SALINAS, A.R. et al. Comportamento de genotipos de soja, hasta el estadio de plantulas, en diferentes niveles de humedad. IN: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACION EN SOJA, 4., 1989. Buenos Aires. **Actas...** Buenos Aires: Asociación Argentina de la Soja, 1989, p. 376-382.

SALINAS, A. R. et al. Respostas fisiológicas que caracterizan el comportamiento de diferentes cultivares de soja a la deficiencia hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 5, p. 331-338, 1996.

SANTOS, O.S. dos. (Coord.) **A cultura da soja**: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná. 2. ed. São Paulo: Globo, 1995. (Coleção do agricultor. Grãos; Publicações Globo Rural).

SILVA D.K.T. da et al. Análise de crescimento em cultivares de cana-de-açúcar em cana-soca no noroeste do Paraná na safra de 2002/2003. **Scientia Agraria**, v. 6, n. 1-2, p. 47-53, 2005.

SILVEIRA NETO, A. N. da et al. Desempenho de linhagens de soja em diferentes locais e épocas de semeadura em Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 2, p. 103-108, 2005.

SOARES, W. R. et al. Dependência do coeficiente de cultura no estágio inicial de desenvolvimento ( $K_{c_{ini}}$ ) à lâmina de irrigação e textura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 23-27, 2001.

SCHÖFFEL, E.R. et al. Excesso hídrico sobre os componentes do rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 31, n. 1, p. 7-12, 2001.

SCHÖFFEL, E.R.; VOLPE, C.A. Relação entre a soma térmica efetiva e o crescimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p. 89-96, 2002.

SCOTT, H.D.; BATCHELOR, J.T. Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinate soybeans. **Agronomy Journal**, v. 71, p. 776-782, 1979.

SHARMA, K.P.; DYBING, C.D.; LAY, C. Soybean flower abortion: genetics and impact of selection on seed yield. **Crop Science**, v. 30, n. 5, p. 1017-1022, 1990.

SHAW, R.H.; WEBER, C.R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, v. 59, n. 2, p. 155-159, 1967.

SILVA, P.R.F. et al. Densidade e arranjo de plantas em girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 6, p. 797-810, 1995.

SIONIT, N.; KRAMER, P.J. Effects of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, v. 69, n. 2, p. 274-278, 1977.

SOUSA, V.F. de et al. Freqüência de irrigação por gotejamento na eficiência do uso da água no meloeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. p. 214-216.

SOUZA, V.F. de et al. **Manejo de irrigação através do balanço de água no solo**. Terezina: EMBRAPA-CPAMN, 1997. 36 p. (Documentos / Embrapa – CPAMN; 23)

SCHNEIDER, F. M. et al. O clima. In: SANTOS, O.S. ed. **A cultura da soja – 1**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. p. 37-58.

STICKLER, F.C., WERDEN, S., PAULI, A.W. Leaf area determination in grain sorghum. **Agronomy Journal**, v. 53, p. 197-188, 1961.

**TECNOLOGIAS de Produção de Soja** – Região Central do Brasil – Londrina: 2004, Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: EPAMIG: Fundação Triângulo, 2003. 237 p. (Sistema de Produção / Embrapa Soja; n. 4).

VILLA NOVA, M.S. **Avaliação do desempenho do tensiômetro de bolha de ar na medida do potencial matricial de água no solo**. 1991. 69 f. Dissertação (Mestrado

em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

WESTGATE, M.E. et al. Effect of water deficits on seed development in soybean. **Plant Physiology**, v. 91, n. 2, p. 980-985, 1989.

WIEBOLD, W.J. Rescue of soybean flowers destined to abscise. **Agronomy Journal**, v. 82, n. 1, p. 85-88, 1990.

WIEBOLD, W.J.; PANCIERA, M.T. Vasculature of soybean racemes with altered intraraceme competition. **Crop Science**, v. 30, n. 5, p. 1089-1093, 1990.

WRIGHT, D.L.; SHOKES, F.M.; SPRENKEL, R.K. Planting method and plant population influence on soybeans. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 4, p. 921-924, 1984.

## **ANEXOS**

ANEXO I - Dados de temperatura do ar, temperatura base e soma térmica acumulada (período de 31 de outubro a 30 de novembro de 2005<sup>1</sup>) para a cultura da soja, cultivares 8100 e Anta. Santiago, RS.

Dia	Temp. do ar (média do dia)	Temp. Base (-14)	Soma Térmica Acumulada
	°C	°C	°C
0	12.9	-1.1	-1.1
1	15.2	1.2	0.1
2	18.5	4.5	4.6
3	22.8	8.8	13.4
4	22.2	8.2	21.6
5	16.6	2.6	24.2
6	14.2	0.2	24.4
7	14.9	0.9	25.3
8	16.5	2.5	27.8
9	17.9	3.9	31.7
10	19.1	5.1	36.8
11	20.1	6.1	42.9
12	22.6	8.6	51.5
13	25.0	11.0	62.5
14	23.9	9.9	72.4
15	24.4	10.4	82.8
16	24.0	10.0	92.8
17	18.9	4.9	97.7
18	20.9	6.9	104.6
19	22.9	8.9	113.5
20	23.5	9.5	123.0
21	25.8	11.8	134.8
22	27.6	13.6	148.4
23	27.9	13.9	162.3
24	20.2	6.2	168.5
25	19.6	5.6	174.1
26	23.0	9.0	183.1
27	24.4	10.4	193.5
28	25.5	11.5	205.0
29	27.2	13.2	218.2
30	27.3	13.3	231.5

<sup>1</sup> Dados calculados com base na temperatura média (°C) coletada na Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade e da temperatura base (de 14°C) da cultura da soja (CAMARGO et al., 1987). Santiago, RS.

ANEXO II - Dados de temperatura do ar, temperatura base e soma térmica acumulada (período de 01 de dezembro a 31 de dezembro de 2005<sup>1</sup>) para a cultura da soja, cultivares 8100 e Anta. Santiago, RS.

Dia	Temp. do ar (média do dia)	Temp. Base (-14)	Soma Térmica Acumulada
	°C	°C	°C
1	20.9	6.9	238.4
2	19.6	5.6	244.0
3	23.1	9.1	253.1
4	26.5	12.5	265.6
5	19.7	5.7	271.3
6	19.8	5.8	277.1
7	18.8	4.8	281.9
8	23.5	9.5	291.4
9	23.0	9.0	300.4
10	21.0	7.0	307.4
11	19.2	5.2	312.6
12	21.5	7.5	320.1
13	22.8	8.8	328.9
14	24.0	10.0	338.9
15	24.4	10.4	349.3
16	25.7	11.7	361.0
17	23.6	9.6	370.6
18	24.2	10.2	380.8
19	25.2	11.2	392.0
20	22.3	8.3	400.3
21	24.1	10.1	410.4
22	28.0	14.0	424.4
23	22.0	8.0	432.4
24	22.3	8.3	440.7
25	19.5	5.5	446.2
26	20.8	6.8	453.0
27	22.2	8.2	461.2
28	25.1	11.1	472.3
29	23.1	9.1	481.4
30	24.2	10.2	491.6
31	21.5	7.5	499.1

<sup>1</sup> Dados calculados com base na temperatura média (°C) coletada na Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade e da temperatura base (de 14°C) da cultura da soja (CAMARGO et al., 1987). Santiago, RS.

ANEXO III - Dados de temperatura do ar, temperatura base e soma térmica acumulada (período de 01 de janeiro a 31 de janeiro de 2006<sup>1</sup>) para a cultura da soja, cultivares 8100 e Anta. Santiago, RS.

Dia	Temp. do ar (média do dia)	Temp. Base (-14)	Soma Térmica Acumulada
	°C	°C	°C
1	22.6	8.6	507.7
2	23.7	9.7	517.4
3	22.7	8.7	526.1
4	24.9	10.9	537.0
5	24.3	10.3	547.3
6	25.2	11.2	558.5
7	28.2	14.2	572.7
8	28.7	14.7	587.4
9	28.1	14.1	601.5
10	29.4	15.4	616.9
11	27.5	13.5	630.4
12	26.0	12.0	642.4
13	25.2	11.2	653.6
14	26.8	12.8	666.4
15	28.6	14.6	681.0
16	26.9	12.9	693.9
17	19.8	5.8	699.7
18	19.1	5.1	704.8
19	21.6	7.6	712.4
20	24.8	10.8	723.2
21	23.3	9.3	732.5
22	22.6	8.6	741.1
23	22.3	8.3	749.4
24	21.9	7.9	757.3
25	23.5	9.5	766.8
26	22.5	8.5	775.3
27	23.4	9.4	784.7
28	25.1	11.1	795.8
29	25.1	11.1	806.9
30	26.6	12.6	819.5
31	24.2	10.2	829.7

<sup>1</sup> Dados calculados com base na temperatura média (°C) coletada na Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade e da temperatura base (de 14°C) da cultura da soja (CAMARGO et al., 1987). Santiago, RS.

ANEXO IV - Dados de temperatura do ar, temperatura base e soma térmica acumulada (período de 01 de fevereiro a 28 de fevereiro de 2006<sup>1</sup>) para a cultura da soja, cultivares 8100 e Anta. Santiago, RS.

Dia	Temp. do ar (média do dia)	Temp. Base (-14)	Soma Térmica Acumulada
	°C	°C	°C
1	23.5	9.5	839.2
2	25.8	11.8	851.0
3	27.0	13.0	864.0
4	27.2	13.2	877.2
5	26.9	12.9	890.1
6	23.4	9.4	899.5
7	22.4	8.4	907.9
8	22.6	8.6	916.5
9	22.5	8.5	925.0
10	21.1	7.1	932.1
11	20.6	6.6	938.7
12	21.6	7.6	946.3
13	22.0	8.0	954.3
14	23.4	9.4	963.7
15	23.5	9.5	973.2
16	22.3	8.3	981.5
17	25.0	11.0	992.5
18	24.8	10.8	1003.3
19	23.2	9.2	1012.5
20	22.0	8.0	1020.5
21	23.2	9.2	1029.7
22	24.9	10.9	1040.6
23	22.3	8.3	1048.9
24	18.8	4.8	1053.7
25	19.0	5.0	1058.7
26	21.0	7.0	1065.7
27	23.3	9.3	1075.0
28	25.0	11.0	1086.0

<sup>1</sup> Dados calculados com base na temperatura média (°C) coletada na Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade e da temperatura base (de 14°C) da cultura da soja (CAMARGO et al., 1987). Santiago, RS.

ANEXO V - Dados de temperatura do ar, temperatura base e soma térmica acumulada (período de 01 de março a 28 de março de 2006<sup>1</sup>) para a cultura da soja, cultivares 8100 e Anta. Santiago, RS.

<b>Dia</b>	<b>Temp. do ar (média do dia)</b>	<b>Temp. Base (-14)</b>	<b>Soma Térmica Acumulada</b>
	°C	°C	°C
1	23.8	9.8	1095.8
2	23.2	9.2	1105.0
3	21.4	7.4	1112.4
4	21.7	7.7	1120.1
5	19.5	5.5	1125.6
6	21.7	7.7	1133.3
7	23.5	9.5	1142.8
8	26.0	12.0	1154.8
9	24.7	10.7	1165.5
10	21.1	7.1	1172.6
11	20.5	6.5	1179.1
12	22.7	8.7	1187.8
13	25.8	11.8	1199.6
14	26.5	12.5	1212.1
15	27.4	13.4	1225.5
16	28.5	14.5	1240.0
17	28.1	14.1	1254.1
18	23.5	9.5	1263.6
19	23.2	9.2	1272.8
20	23.7	9.7	1282.5
21	22.4	8.4	1290.9
22	20.8	6.8	1297.7
23	22.9	8.9	1306.6
24	24.5	10.5	1317.1
25	21.7	7.7	1324.8
26	18.5	4.5	1329.3
27	20.7	6.7	1336.0
28	20.7	6.7	1342.7
29	17.5	3.5	1346.2
30	17.2	3.2	1349.4
31	21.2	7.2	1356.6

<sup>1</sup> Dados calculados com base na temperatura média (°C) coletada na Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade e da temperatura base (de 14°C) da cultura da soja (CAMARGO et al., 1987). Santiago, RS.

ANEXO VI - Dados de temperatura do ar, temperatura base e soma térmica acumulada (período de 01 de abril a 19 de abril de 2006<sup>1</sup>) para a cultura da soja, cultivares 8100 e Anta. Santiago, RS.

<b>Dia</b>	<b>Temp. do ar (média do dia)</b>	<b>Temp. Base (-14)</b>	<b>Soma Térmica Acumulada</b>
	°C	°C	°C
1	23.6	9.6	1366.2
2	22.5	8.5	1374.7
3	22.3	8.3	1383.0
4	24	10.0	1393.0
5	21.5	7.5	1400.5
6	21.1	7.1	1407.6
7	20.9	6.9	1414.5
8	22.8	8.8	1423.3
9	20.1	6.1	1429.4
10	19.4	5.4	1434.8
11	20.1	6.1	1440.9
12	20.9	6.9	1447.8
13	21.5	7.5	1455.3
14	18	4.0	1459.3
15	16.3	2.3	1461.6
16	12.9	-1.1	1460.5
17	11.7	-2.3	1458.2
18	15.2	1.2	1459.4
19	18.1	4.1	1463.5

<sup>1</sup> Dados calculados com base na temperatura média (°C) coletada na Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade e da temperatura base (de 14°C) da cultura da soja (CAMARGO et al., 1987). Santiago, RS.

ANEXO VII: Tabela de análise da variância do índice de área foliar da cultivar de soja 8100.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	3	25.055	8.351	0.293	2.96
Erro	27	769.301	28.492		
Total	30	794.356			

ANEXO VIII: Tabela de análise da variância do índice de área foliar da cultivar de soja Anta.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	3	7.265	2.422	0.111	2.96
Erro	27	590.233	21.860		
Total	30	597.497			

ANEXO IX: Tabela de análise da variância da superfície coberta da cultivar de soja 8100.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	3	0.000007	0.000002	0.049	3.49
Erro	12	0.000563	0.000047		
Total	15	0.000570			

ANEXO X: Tabela de análise da variância da superfície coberta da cultivar de soja Anta.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	3	0.00008	0.00003	0.099	3.29
Erro	15	0.00429	0.00029		
Total	18	0.00437			

ANEXO XI: Tabela de análise da variância da altura de plantas da cultivar de soja 8100.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	3	4.679	1.560	0.00047	2.96
Erro	27	90129.866	3338.143		
Total	30	90134.545			

ANEXO XII: Tabela de análise da variância da altura de plantas da cultivar de soja Anta.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	3	467.770	155.923	0.040	2.96
Erro	27	105547.557	3909.169		
Total	30	106015.327			

ANEXO XIII: Tabela de análise da variância do componente de produção: número de plantas/m<sup>2</sup> da cultivar de soja 8100.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	63.800	15.950	3.508	3.01
Erro	16	72.750	4.547		
Total	20	136.550			

ANEXO XIV: Tabela de análise da variância do componente de produção: número de vagens/planta da cultivar de soja 8100.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	1791.918	447.979	0.963	2.61
Erro	40	18605.144	465.129		
Total	44	20397.061			

ANEXO XV: Tabela de análise da variância do componente de produção: número de grãos/vagem da cultivar de soja 8100.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	0.021	0.005	0.057	2.61
Erro	40	3.690	0.092		
Total	44	3.711			

ANEXO XVI: Tabela de análise da variância do componente de produção: peso médio do grão da cultivar de soja 8100.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	0.001	0.0003	4.563	2.57
Erro	48	0.003	0.0001		
Total	52	0.004			

ANEXO XVII: Tabela de análise da variância matéria seca dos grãos/planta da cultivar de soja 8100.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	110.200	27.550	2.515	2.96
Erro	40	438.200	10.955		
Total	44	548.399			

ANEXO XVIII: Tabela de análise da variância matéria seca do colmo/planta da cultivar de soja 8100.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	74.701	18.675	0.880	2.61
Erro	40	848.875	21.222		
Total	44	923.577			

ANEXO XIX: Tabela de análise da variância matéria seca das vagens/planta da cultivar de soja 8100.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	5.721	1.430	0.386	3.01
Erro	16	59.232	3.702		
Total	20	64.953			

ANEXO XX: Tabela de análise da variância da matéria seca total/planta da cultivar de soja 8100.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	418.828	104.707	1.385	2.61
Erro	40	3024.739	75.618		
Total	44	3443.567			

ANEXO XXI: Tabela de análise da variância do componente de produção: número de plantas/m<sup>2</sup> da cultivar de soja Anta.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	33.700	8.425	1.043	3.01
Erro	16	129.250	8.078		
Total	20	162.950			

ANEXO XXII: Tabela de análise da variância do componente de produção: número de vagens/planta da cultivar de soja Anta.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	4248.633	1062.158	13.421	2.61
Erro	40	3165.715	79.143		
Total	44	7414.348			

ANEXO XXIII: Tabela de análise da variância do componente de produção: número de grãos/vagem da cultivar de soja Anta.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	0.001	0.0001	0.003	2.61
Erro	40	1.692	0.0423		
Total	44	1.693			

ANEXO XXIV: Tabela de análise da variância do componente de produção: peso médio do grão da cultivar de soja Anta.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	0.001	0.0004	4.641	2.57
Erro	48	0.004	0.0001		
Total	52	0.005			

ANEXO XXV: Tabela de análise da variância matéria seca dos grãos/planta da cultivar de soja Anta.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	269.775	67.444	15.690	2.96
Erro	40	171.938	4.298		
Total	44	441.713			

ANEXO XXVI: Tabela de análise da variância matéria seca do colmo/planta da cultivar de soja Anta.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	236.592	59.148	8.481	2.61
Erro	40	278.972	6.974		
Total	44	515.564			

ANEXO XXVII: Tabela de análise da variância matéria seca das vagens/planta da cultivar de soja Anta.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	23.262	5.815	5.319	3.01
Erro	16	17.493	1.093		
Total	20	40.755			

ANEXO XXVIII: Tabela de análise da variância da matéria seca total/planta da cultivar de soja Anta.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	F (5%)
(CV)	(GL)	(SQ)	(QM)	calculado	tabelado
Tratamentos	4	1725.996	431.499	18.206	2.61
Erro	40	948.020	23.700		
Total	44	26.015			

ANEXO XXIX: Descrição dos estádios vegetativos da cultura da soja, adaptada para as cultivares transgênicas 8100 e Anta. Santiago-RS, 2006.

Estádio de Desenvolvimento		DAE	Data de Início
Símbolo	Descrição		
<b>VE</b>	Emergência: 50% dos cotilédones estão acima da superfície do solo.	0	 <p>07/11/05</p>
<b>VC</b>	Cotilédones desenvolvidos: apresentam-se abertos e as folhas unifoliadas estão abertas.	3	 <p>10/11/05</p>
<b>V1</b>	Primeiro nó maduro: as folhas unifoliadas estão estendidas e a primeira folha trifoliada está aberta.	11	 <p>18/11/05</p>

- 
- V2** Segundo nó maduro: a primeira folha trifoliada está estendida, com os três folíolos expandidos e a terceira folha trifoliada está aberta. 22



29/11/05

- V3** Terceiro nó maduro: a segunda folha trifoliada está estendida, com os folíolos expandidos e a terceira folha trifoliada está aberta. 28



05/12/05

- V4** Quarto nó maduro: a terceira folha trifoliada está estendida, com os folíolos expandidos e a quarta folha trifoliada está aberta. 35



12/12/05



15/12/05

**Vn** Enésimo nó: a “enésima”  
folha trifoliada está  
estendida, com os três  
folíolos expandidos e a  
folha trifoliada “n+1” está  
aberta.

41



18/12/05



25/12/05

---

\* As simbologias e descrições apresentadas são as propostas por FEHR & CAVINESS (1977). A duração dos estádios, em dias após a emergência (DAE), foram adaptadas para as cultivares de soja 8100 e Anta, na safra 2005/2006.

---

ANEXO XXX: Descrição dos estádios reprodutivos da cultura da soja, adaptada para as cultivares transgênicas 8100 e Anta. Santiago-RS, 2006.

Estádio de Desenvolvimento		DAE	Data de Início	
Símbolo	Descrição		8100	Anta
R1	Início do florescimento: uma flor aberta em qualquer nó da haste principal.	57		
			<b>8100</b>	<b>Anta</b>
			03/01/06	
R2	Florescimento pleno: uma flor aberta em um dos dois últimos nós da haste principal com a folha completamente desenvolvida.	75		
			<b>8100</b>	<b>Anta</b>
			24/01/06	
R3	Início da formação da vagem: vagem com 5 mm de comprimento num dos 4 últimos nós da haste principal, com folha completamente desenvolvida.	93		
			08/02/06	

---

**R4** Vagem completamente desenvolvida: vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvida.

100



15/02/06



05/12/05

**R5** Início do enchimento do grão: grão com 3 mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós da haste principal, com folha completamente desenvolvida.

124



11/03/06

**R6** Granação plena: vagem contendo semente verde que preencha a cavidade da vagem localizada em um dos últimos nós da haste principal.

135

22/03/06

---

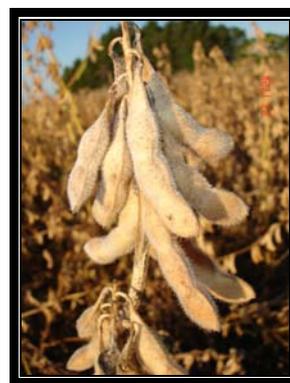
---

**R7** Início da maturação fisiológica: uma vagem normal na haste principal que tenha atingido a cor da vagem madura. 149



05/04/06

**R8** Maturação plena: 95% das vagens com coloração de madura. 163



19/04/06

---

\* As simbologias e descrições apresentadas são as propostas por FEHR & CAVINESS (1977). A duração dos estádios, em dias após a emergência (DAE), foram adaptadas para as cultivares de soja 8100 e Anta, na safra 2005/2006.

---

## **APÊNDICES**

APÊNDICE I - Dados da Precipitação pluvial, temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento (período de 31 de outubro a 30 de novembro de 2005<sup>1</sup>). Santiago, RS.

<b>Dia</b>	<b>Precipitação diária</b>	<b>Temp. do ar (média do dia)</b>	<b>UR (média do dia)</b>	<b>Rsolar</b>	<b>HSolar</b>	<b>Vento</b>
	mm	°C	%	w.m <sup>-2</sup>	hora	(m.s <sup>-1</sup> )
0	0.0	12.9	62	343	13.2	2.2
1	0.0	12.9	62	343	13.2	2.2
2	0.0	15.2	53	344	13.2	2.5
3	0.0	18.5	45	345	13.2	3.2
4	0.0	22.8	60	316	13.2	2.0
5	0.2	22.2	67	281	13.1	1.7
6	6.8	16.6	96	137	12.0	2.2
7	11.8	14.2	99	51	12.2	2.5
8	0.0	14.9	84	272	13.3	1.5
9	0.0	16.5	78	315	13.2	2.4
10	0.0	17.9	77	341	13.3	2.3
11	0.0	19.1	75	327	13.3	3.1
12	0.0	20.1	71	282	13.3	2.6
13	0.0	22.6	65	332	13.3	1.6
14	0.0	25.0	60	320	13.3	1.9
15	6.4	23.9	72	190	13.1	2.1
16	13.4	24.4	62	264	13.3	1.2
17	0.6	24.0	70	212	12.8	2.6
18	18.2	18.9	93	102	12.8	2.3
19	1.8	20.9	86	223	12.8	1.6
20	2.0	22.9	70	327	13.6	2.2
21	0.2	23.5	47	353	13.6	2.7
22	0.0	25.8	45	348	13.5	1.6
23	0.2	27.6	46	318	13.5	1.3
24	2.4	27.9	53	300	13.3	1.3
25	27.0	20.2	77	195	12.4	2.4
26	3.2	19.6	54	351	13.7	2.3
27	3.4	23.0	45	359	13.7	2.0
28	8.6	24.4	40	345	13.5	2.5
29	1.4	25.5	43	348	13.7	1.1
30	9.8	27.2	49	322	13.6	1.5

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade. Santiago, RS.

APÊNDICE II - Dados da Precipitação pluvial, temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento (período de 01 a 31 de dezembro de 2005<sup>1</sup>).  
Santiago, RS.

<b>Dia</b>	<b>Precipitação diária</b>	<b>Temp. do ar (média do dia)</b>	<b>UR (média do dia)</b>	<b>Rsolar</b>	<b>HSolar</b>	<b>Vento</b>
	mm	°C	%	w.m <sup>-2</sup>	hora	(m.s <sup>-1</sup> )
1	1.0	20.9	79	194	12.9	1.2
2	0.0	19.6	60	271	11.8	2.1
3	1.0	23.1	57	336	13.1	1.6
4	0.0	26.5	51	299	13.6	1.0
5	46.6	19.7	94	71	10.3	1.9
6	0.2	19.8	67	320	13.7	1.6
7	0.0	18.8	47	375	13.7	2.0
8	0.0	23.5	47	366	13.7	1.4
9	0.0	23.0	60	320	13.7	2.6
10	0.2	21.0	56	372	13.8	3.2
11	0.0	19.2	61	365	13.8	3.1
12	0.0	21.5	63	351	13.8	2.4
13	0.0	22.8	65	311	13.8	2.7
14	0.0	24.0	65	345	13.7	2.5
15	1.6	24.4	61	348	13.8	1.6
16	0.4	25.7	56	309	13.1	1.0
17	0.0	23.6	67	301	13.8	0.9
18	0.0	24.2	54	314	13.8	1.4
19	0.0	25.2	47	280	13.4	1.2
20	0.0	22.3	60	362	13.8	2.8
21	0.0	24.1	53	374	13.8	1.8
22	0.0	28.0	42	348	13.8	1.4
23	70.4	22.0	86	35	8.8	1.0
24	1.6	22.3	75	315	13.8	1.6
25	0.0	19.5	56	365	13.9	2.5
26	0.0	20.8	47	365	13.0	2.7
27	0.0	22.2	57	313	12.1	2.7
28	0.0	25.1	65	331	13.7	2.3
29	24.4	23.1	75	195	10.9	2.1
30	0.0	24.2	71	331	13.3	0.6
31	8.2	21.5	95	78	11.7	1.9

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade. Santiago, RS.

APÊNDICE III - Dados da Precipitação pluvial, temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento (período de 01 a 31 de janeiro de 2005<sup>1</sup>).  
Santiago, RS.

<b>Dia</b>	<b>Precipitação diária</b>	<b>Temp. do ar (média do dia)</b>	<b>UR (média do dia)</b>	<b>Rsolar</b>	<b>HSolar</b>	<b>Vento</b>
	mm	°C	%	w.m <sup>-2</sup>	hora	(m.s <sup>-1</sup> )
1	0.2	22.6	86	217	13.8	1.7
2	0.0	23.7	82	335	13.5	2.2
3	0.0	22.7	78	201	13.5	1.7
4	0.0	24.9	61	334	13.7	1.0
5	0.0	24.3	67	289	13.7	1.8
6	0.0	25.2	58	346	13.8	1.8
7	0.0	28.2	46	347	13.8	1.6
8	5.8	28.7	59	331	13.5	1.6
9	0.0	28.1	65	310	13.5	2.0
10	0.0	29.4	61	343	13.6	1.4
11	0.0	27.5	66	254	13.5	1.5
12	4.0	26.0	68	278	13.5	1.6
13	33.2	25.2	80	252	13.2	1.4
14	0.0	26.8	70	346	13.5	1.4
15	0.0	28.6	62	325	13.6	0.9
16	2.2	26.9	69	265	13.4	1.9
17	0.6	19.8	88	178	12.3	0.9
18	0.0	19.1	84	163	12.7	3.2
19	26.4	21.6	87	250	11.9	2.0
20	0.0	24.8	74	324	13.0	0.8
21	9.4	23.3	87	178	12.8	0.8
22	0.4	22.6	85	206	13.2	1.7
23	35.8	22.3	94	111	13.0	1.6
24	40.2	21.9	98	69	12.8	0.8
25	6.6	23.5	90	223	13.2	1.4
26	0.0	22.5	78	338	13.4	2.8
27	0.0	23.4	75	331	13.3	2.1
28	0.0	25.1	72	349	13.3	2.0
29	0.0	25.1	64	352	13.3	1.4
30	0.4	26.6	61	349	13.3	1.2
31	0.0	24.2	75	336	13.3	2.8

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade. Santiago, RS.

APÊNDICE IV - Dados da Precipitação pluvial, temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento (período de 01 a 28 de fevereiro de 2005<sup>1</sup>).  
Santiago, RS.

<b>Dia</b>	<b>Precipitação diária</b> mm	<b>Temp. do ar (média do dia)</b> °C	<b>UR (média do dia)</b> %	<b>Rsolar</b> w.m <sup>-2</sup>	<b>HSolar</b> hora	<b>Vento</b> (m.s <sup>-1</sup> )
1	0.0	23.5	72	341	13.2	2.4
2	0.0	25.8	66	345	13.2	1.8
3	0.0	27.0	69	290	13.0	1.6
4	0.2	27.2	68	219	12.8	1.6
5	0.8	26.9	75	186	13.1	0.7
6	19.2	23.4	89	200	11.4	0.8
7	0.0	22.4	73	348	12.8	2.2
8	0.0	22.6	68	315	12.8	2.3
9	0.0	22.5	71	338	13.0	2.7
10	0.0	21.1	65	341	13.1	2.3
11	0.0	20.6	71	331	13.0	2.3
12	0.0	21.6	79	332	12.8	2.8
13	0.0	22.0	81	308	12.7	3.1
14	0.0	23.4	70	288	12.8	2.5
15	11.8	23.5	74	283	10.7	2.3
16	0.4	22.3	88	173	11.9	0.7
17	0.2	25.0	71	311	12.8	0.7
18	0.0	24.8	64	339	12.8	2.2
19	6.0	23.2	82	240	10.9	2.3
20	10.6	22.0	86	223	12.3	2.4
21	0.0	23.2	77	331	12.8	1.1
22	0.0	24.9	66	320	12.8	1.1
23	6.2	22.3	75	145	12.4	1.6
24	0.2	18.8	87	171	11.9	1.9
25	0.8	19.0	86	195	12.2	1.6
26	0.0	21.0	77	282	12.5	1.2
27	0.0	23.3	65	311	12.6	1.6
28	0.0	25.0	57	293	12.4	2.0

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade. Santiago, RS.

APÊNDICE V - Dados da Precipitação pluvial, temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento (período de 01 a 31 de março de 2006<sup>1</sup>). Santiago, RS.

<b>Dia</b>	<b>Precipitação diária</b>	<b>Temp. do ar (média do dia)</b>	<b>UR (média do dia)</b>	<b>R<sub>solar</sub></b>	<b>H<sub>Solar</sub></b>	<b>Vento</b>
	mm	°C	%	w.m <sup>-2</sup>	hora	(m.s <sup>-1</sup> )
1	0.2	23.8	77	270	11.9	1.2
2	0.0	23.2	88	149	12.0	1.4
3	0.4	21.4	96	58	12.2	1.4
4	0.2	21.7	82	173	11.8	1.0
5	0.0	19.5	74	311	12.5	1.6
6	0.0	21.7	61	323	12.4	1.3
7	0.4	23.5	51	324	12.4	1.4
8	0.2	26.0	54	273	12.2	0.8
9	0.6	24.7	75	182	10.5	0.6
10	0.0	21.1	71	310	12.3	2.7
11	0.0	20.5	72	316	12.3	2.5
12	0.0	22.7	72	210	11.9	1.6
13	0.0	25.8	63	252	11.9	1.5
14	0.0	26.5	54	296	12.0	1.8
15	0.0	27.4	49	280	12.2	1.4
16	0.0	28.5	47	297	12.1	1.3
17	0.2	28.1	51	280	11.8	1.6
18	0.2	23.5	85	260	11.9	3.0
19	0.0	23.2	89	197	11.0	1.9
20	0.0	23.7	84	260	11.9	1.3
21	0.0	22.4	82	272	11.5	3.0
22	24.6	20.8	94	44	9.9	2.4
23	54.4	22.9	94	95	11.5	1.6
24	0.0	24.5	74	244	11.8	0.6
25	0.0	21.7	81	163	11.8	2.3
26	0.0	18.5	76	282	11.6	3.3
27	0.0	20.7	82	233	11.6	2.0
28	2.4	20.7	96	79	10.8	0.7
29	0.0	17.5	85	187	11.3	2.4
30	0.0	17.2	69	279	11.8	1.6
31	0.0	21.2	70	271	11.7	1.6

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade. Santiago, RS.

APÊNDICE VI - Dados da Precipitação pluvial, temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento (período de 01 a 19 de abril de 2006<sup>1</sup>). Santiago, RS.

<b>Dia</b>	<b>Precipitação diária</b>	<b>Temp. do ar (média do dia)</b>	<b>UR (média do dia)</b>	<b>R<sub>solar</sub></b>	<b>H<sub>Solar</sub></b>	<b>Vento</b>
	mm	°C	%	w.m <sup>-2</sup>	hora	(m.s <sup>-1</sup> )
1	0.0	23.6	73	248	11.5	1.3
2	0.0	22.5	75	229	11.5	2.3
3	0.0	22.3	73	237	11.4	1.7
4	0.0	24.0	70	223	11.3	1.2
5	16.6	21.5	87	93	8.8	1.0
6	0.0	21.1	83	210	11.4	1.7
7	0.0	20.9	86	200	11.3	2.3
8	0.0	22.8	78	224	11.3	1.7
9	24.0	20.1	87	235	11.3	2.4
10	0.2	19.4	88	203	11.3	2.4
11	0.0	20.1	72	224	11.3	1.0
12	0.0	20.9	51	259	11.4	0.6
13	0.0	21.5	46	228	11.0	0.5
14	36.6	18.0	84	8.0	8.0	1.5
15	0.0	16.3	98	78	10.4	3.1
16	0.8	12.9	69	234	11.3	1.5
17	0.0	11.7	68	249	11.3	2.5
18	0.4	15.2	62	247	11.2	2.1
19	0.0	18.1	61	235	11.1	2.0

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica localizada na Fazenda Liberdade. Santiago, RS.