

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO, SOB
CONDIÇÕES DE RISCO, NAS CONDIÇÕES
EDAFOCLIMÁTICAS DO PLANALTO MÉDIO E MISSÕES, RS.**

ALBERTO ELVINO FRANKE

Tese submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia

Porto Alegre, dezembro de 1996.

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Prof. Dr. **Raul Dorfman** da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e co-orientado pelo Prof. PhD. **Antônio Eduardo Lanna** da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A realização do presente trabalho somente foi possível devido a colaboração e contribuição de uma série de pessoas e entidades, às quais gostaria de externar meus sinceros agradecimentos e reconhecimento:

- ao Prof. Raul Dorfman pela paciência na orientação e pelas discussões proveitosas e construtivas durante o convívio no IPH;
- aos Professores Antônio Eduardo Lanna do IPH/UFGRS e Luís Carlos Pittol Martini do CCA/UFSC pelas inestimáveis sugestões, críticas e revisão da versão preliminar deste trabalho;
- aos demais professores e funcionários do IPH pela atenção, presteza e dedicação;
- aos colegas do mestrado e doutorado pelas agradáveis horas de discussão e reflexão;
- à Universidade Federal de Santa Catarina e, em especial aos colegas do Colégio Agrícola “Senador Carlos Gomes de Oliveira”, pela oportunidade de conclusão deste estudo;
- aos Professores Vera Carvalho Santos e Dieter Schwertl pela substituição das minhas atividades didático-administrativas;
- à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao CNPq. pela oportunidade de realização deste curso;

- Ao Rodrigo Bernardi da Universidade do Desenvolvimento de Santa Catarina - Udesc, pela valiosa colaboração na preparação dos programas de computador;
- aos meus pais que me fizeram ver, desde cedo, que o estudo é uma forma honesta, honrosa e digna de ascender econômica e socialmente, principalmente no Brasil;
- aos meus filhos Anna Cristina e Hans Alberto e à minha esposa Sandra que me apoiaram e deram incentivo nesta caminhada árdua e difícil e, pelas horas de privação e ausências a que foram submetidos.

....dedico com amor e carinho à Anna Cristina, ao Hans e à Sandra.

RESUMO

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO, SOB CONDIÇÕES DE RISCO, NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO PLANALTO MÉDIO E MISSÕES, RS.

Autor: ALBERTO ELVINO FRANKE

Orientador: Prof. Dr. RAUL DORFMAN

Este trabalho de pesquisa foi conduzido com a finalidade de estimar a viabilidade econômica, sob condições de risco, os impactos sobre a disponibilidade dos recursos hídricos e demanda de energia elétrica da adoção da irrigação por aspersão na cultura do milho (*Zea mays* L.) e da soja (*glycine max.* L. Merrill), nas regiões agroecológicas do Estado do Rio Grande do Sul, denominadas de Planalto Médio e Missões. Na simulação das necessidades de irrigação, através de um modelo de balanço hídrico, usou-se uma série de 10 anos de dados meteorológicos diários das estações meteorológicas de Cruz Alta (28°38'21" S, 52°36'34" W) e Passo Fundo (28°15'39" S, 52°24'33" W). As necessidades foram simuladas para a combinação entre: culturas (milho e soja); locais (região agroecológica das Missões e Planalto Médio); épocas de semeadura (01/set, 15/set, 01/out, 15/out, 01/nov, 15/nov, 01/dez, 15/dez); níveis de manejo da irrigação (para 100, 90, 80, 70, 60% do potencial produtivo das culturas) e níveis de risco (2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40%). Os resultados indicam que: as necessidades de irrigação suplementar são máximas para a semeadura em 15 de outubro, tanto para a cultura da soja como para a cultura do milho, declinando para as semeaduras realizadas antes e após esta data, sendo os menores valores encontrados na semeadura de 15 de dezembro; as necessidades de irrigação suplementar são maiores nas condições agroecológicas das Missões quando comparadas com as do Planalto Médio, para ambas as culturas estudadas; as lâminas de irrigação suplementar estimadas aumentam à medida que o nível de risco diminui, para ambas as culturas; a irrigação, na cultura do milho, apresenta viabilidade econômica

numa ampla gama de combinações entre época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco para ambas as condições edafoclimáticas estudadas; a irrigação na cultura da soja não apresenta viabilidade econômica; a adoção da irrigação na cultura do milho, em área expressiva do Estado do Rio Grande do Sul, retira do mercado as propriedades rurais mais ineficientes; a adoção da irrigação na cultura do milho, no Planalto e Missões, implica num aumento médio do consumo de energia elétrica na ordem de 1390 kWh.ha^{-1} , e a vazão derivada aumenta em torno de $4000 \text{ m}^3.\text{há}^{-1}$; quando da escassez dos recursos hídricos, pode-se manter a rentabilidade da agricultura irrigada através da adoção de menor intensidade no manejo da irrigação e aumento no nível de risco.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação econômica, irrigação, risco, milho, soja.

ABSTRACT**ECONOMIC ASSESSMENT OF IRRIGATION UNDER CONDITIONS OF RISK, IN THE EDAPHOCLIMATIC CONDITIONS OF THE PLANALTO MÉDIO AND MISSÕES REGIONS IN RIO GRANDE DO SUL.**

Author: Alberto Elvino Franke

Advisor: Dr. Raul Dorfman

This research study was performed to estimate the economic feasibility, under conditions of risk, of impacts on the availability of water resources and electric energy demand when spray irrigation is used on maize (*Zea mayz* L.) and soy beans (*Glycine max* L. merrill) crops, in the agricultural regions of the State of Rio Grande do Sul, called Planalto Médio and Missões. A series of 10 years of daily meteorological data from the meteorological stations of Cruz Alta (28°38'21" S, 52°36'34" W) and Passo Fundo (28°15'39" S, 52°24'33" W) was used to simulate irrigation needs using a water balance model. The needs were simulated for the combination of different crops (maize and soybean); sites (agricultural region of Missões and Planalto Médio); sowing seasons (Sep 1, Sep 15, Oct 1, Oct 15, Nov 1, Nov 15, Dec 1, Dec 15); irrigation management levels (for 100, 90, 80, 70 and 60 % of the potential crop yields) and levels of risk (2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40%). The results indicate that: the needs for supplementary irrigation are at their highest when sowing is performed on October 15, both for soybean and maize crops, and diminishes for sowing before and after this date, the lowest values being found for December 15; the supplementary irrigation requirements are greater under the agricultural conditions of the Missões as compared with those of the Planalto Médio for both crops studied; the supplementary amounts of irrigation estimated increase as the level of risk diminishes for both crops; irrigation, in maize, is economically feasible over a broad range of combinations of time of sowing, level of irrigation management and level of risk for both edaphoclimatic conditions studied; irrigation of soybean crops is not economically

feasible; the use of irrigation for maize, in large part of the state of Rio Grande do Sul removes the more inefficient properties from the market; the use of irrigation for maize crops in the Planalto Médio and Missões regions leads to a mean increase in electric energy consumption on the order of $1300 \text{ kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$, and the derived flow increases by approximately $4000 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$; when water resources are scarce, the profitability of irrigated agriculture can be maintained by adopting less intensive irrigation management, with a higher level of risk.

KEY WORDS: Economic assessment, economic evaluation, irrigation, risk, maize, soybeans

SUMÁRIO

CAPÍTULO	página
Apresentação	I.
Resumo	III.
Abstract	V.
Sumário	VII.
Lista de tabelas	VIII.
Lista de figuras	XIV.
Lista de símbolos	XV.
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	3
3 - REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 - Balanço hídrico	4
3.2 - Necessidades de irrigação	6
3.2.1 - Necessidades de irrigação na cultura da soja	9
3.2.2 - Necessidades de irrigação na cultura do milho	11
3.3 - Análise econômica	14
3.3.1 - Análise econômica sob risco	23
4 - METODOLOGIA	26
4.1 - Local de estudo	26
4.2 - Obtenção dos dados meteorológicos	26
4.2.1 - Localização e descrição das estações meteorológicas	28
4.3 - Balanço hídrico	28
4.3.1 - Parâmetros climáticos	28
4.3.2 - Parâmetros de solo	31
4.3.3 - Parâmetros de cultura	34
4.3.4 - Coeficiente de cultura	34
4.3.5 - Cálculo do balanço hídrico	35
4.4 - Análise de risco	38
4.5 - Funções de resposta dos cultivos ao manejo da água	39
4.6 - Análises econômicas	39
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 - Análise dos dados gerados pelo modelo de balanço hídrico	45
5.2 - Precipitação efetiva	59
5.3 - Ajustamento da série histórica da lâmina de irrigação à distribuição normal	60
5.4 - Análise probabilística da lâmina de irrigação suplementar (H, mm)	61
5.5 - Análise econômica	69
5.6 - Análise benefício/custo (B/C).....	90
5.7 - Simulação de cenários alternativos	97
5.8 - Valor da água	100
6 - CONCLUSÕES	102
7 - RECOMENDAÇÕES	104
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

- 5.9 - Estimativa da lâmina de irrigação suplementar necessária (H, mm) com 60, 65, 75, 80, 85, 90, 95, 98% de probabilidade, para a cultura de soja na região agroecológica do Planalto Médio 64
- 5.10 - Estimativa da lâmina de irrigação suplementar necessária (H, mm) com 60, 65, 75, 80, 85, 90, 95, 98% de probabilidade, para a cultura de soja na região agroecológica das Missões 65
- 5.11 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20% 70
- 5.12 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20% 71
- 5.13 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20% 72
- 5.14 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20% 73
- 5.15 - Estimativas das receitas líquidas provenientes da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura do milho, nas condições agroecológicas das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco 76
- 5.16 - Estimativas das receitas líquidas provenientes da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura do milho, nas condições agroecológicas do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco 77
- 5.17 - Estimativas das receitas líquidas provenientes da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura da soja, nas condições agroecológicas do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco 80
- 5.18 - Estimativas das receitas líquidas provenientes da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura da soja, nas condições agroecológicas das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco 81
- 5.19 - Custo de produção, produtividade, preços e receitas na cultura de milho e soja, conduzidas sem irrigação, nas regiões agroecológicas do Planalto Médio e Missões, no período de 1981 a 1990 86
- 5.20 - Estimativa dos custos de produção (US\$.t⁻¹) para a cultura do milho irrigação por aspersão, sistema pivô central, nas condições agroecológicas das Missões, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco. 88

LISTA DE TABELAS

Nº Tabela	Pág.
4.1 - Valores dos coeficientes para estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Penman, para a estação meteorológica de Cruz Alta e Passo Fundo, RS	30
4.2 - Fração de esgotamento admissível da CAD adotados, para o milho e soja, em solo Passo Fundo e Santo Ângelo	33
4.3 - Coeficientes de cultura (Kc) para as culturas de milho e soja	35
4.4 - Quantificação dos custos de investimento em sistemas de irrigação pressurizados	41
4.5 - Dados técnicos e caracterização do pivô central, submetido à ASBRASIL S.A., para orçamento	42
5.1 - Evapotranspiração máxima (mm) e lâmina de irrigação suplementar necessária (mm), em função dos níveis de extração da CAD admissível, nas épocas de semeadura, durante o ciclo da cultura do milho na região Agroecológica das Missões, no período de 1981 a 1990	46
5.2 - Evapotranspiração máxima (mm) e lâmina de irrigação suplementar necessária (mm), em função dos níveis de extração da CAD admissível, nas épocas de semeadura, durante o ciclo da cultura do milho na região agroecológica de Planalto Médio, no período de 1981 a 1990	49
5.3 - -Evapotranspiração máxima (mm) e lâmina de irrigação suplementar necessária (mm), em função dos níveis de extração da CAD admissível, nas épocas de semeadura, durante o ciclo da cultura do soja na região agroecológica das Missões, no período de 1981 a 1990	52
5.4 - Evapotranspiração máxima (mm) e lâmina de irrigação suplementar necessária (mm), em função dos níveis de extração da CAD admissível, nas épocas de semeadura, durante o ciclo da cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, no período de 1981 a 1990	54
5.5 - Valores mínimos e máximos nas estimativas da lâmina de irrigação suplementar média (H,mm) requerida, pelas cultura de milho e soja, nas condições agroecológicas do Planalto Médio e Missões, RS, como função da época de semeadura, para os vários níveis de manejo da irrigação adotado, na série de 1981-1990	57
5.6 - Precipitação bruta observado (mm) e precipitação efetiva estimada (mm) nas condições edafoclimáticas do Planalto Médio, na série de 1981 a 1990, durante o ciclo da cultura do milho em função das épocas de semeadura escolhidas	60
5.7 - Estimativa da lâmina de irrigação suplementar necessária (H, mm) com 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 98% de probabilidade, para a cultura de milho na região agroecológica das Missões	62
5.8 - Estimativa da lâmina de irrigação suplementar necessária (H, mm) com 60, 65,70, 75, 80, 85, 90, 95, 98% de probabilidade, para a cultura de milho na região agroecológica do Planalto Médio	63

- 5.21 - Estimativa dos custos de produção (US\$.t⁻¹) para a cultura do milho irrigação por aspersão, sistema pivô central, nas condições agroecológicas do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco. 89
- 5.22 - Relação benefício-custo (B/C) de sistemas de irrigação, por aspersão, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, como função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco 91
- 5.23 - Relação benefício-custo (B/C) de sistemas de irrigação, por aspersão, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, como função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco 92
- 5.24 - Relação benefício-custo (B/C) de sistemas de irrigação, por aspersão, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, como função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco 93
- 5.25 - Relação benefício-custo (B/C) de sistemas de irrigação, por aspersão, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, como função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco 94
- A.1 - Valores do armazenamento da água (umidade volumétrica, %), no solo da Unidade de Mapeamento Santo Ângelo e Passo Fundo -RS. A.1
- A.2 - Área plantada, produção e produtividade da cultura do milho nos anos agrícolas de 1981 a 1990 (Adaptado do **Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul**, 1990). A.2
- A.3 - Área plantada, produção e produtividade da cultura da soja nos anos agrícolas de 1981 a 1990 (Adaptado do **Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul**, 1990). A.2
- A.4 - Relatório de saída do balanço hídrico A.3
- A.5 - Valores críticos para plotagem Q-Q no teste de correlação da Normalidade A.7
- A.6 - Valores do coeficiente de Filleben, calculado, para o teste correlação da normalidade, através da plotagem Q-Q, na lâmina de irrigação suplementar, para a cultura da **MILHO**. A.7
- A.7 - Valores do coeficiente de Filleben, calculado, para o teste correlação da normalidade, através da plotagem Q-Q, na lâmina de irrigação suplementar, para a cultura da soja A.8
- A.8 - Estimativas das receitas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 2%. A.11
- A.9 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 5%. A.12

- A.10-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 10%. **A.13**
- A.11-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 15%. **A.14**
- A.12-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 25%. **A.15**
- A.13-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 30%. **A.16**
- A.14-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 35%. **A.17**
- A.15-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 40%. **A.18**
- A.16-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 2%. **A.19**
- A.17-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 5%. **A.20**
- A.18-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 10%. **A.21**
- A.19-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 15%. **A.22**
- A.20-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 25%. **A.23**

- A.21-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 30%. **A.24**
- A.22-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 35%. **A.25**
- A.23-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 40%. **A.26**
- A.24-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 2%. **A.27**
- A.25-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 5%. **A.28**
- A.26-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 10%. **A.29**
- A.27-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 15%. **A.30**
- A.28-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 25%. **A.31**
- A.29-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 30%. **A.32**
- A.30-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 35%. **A.33**
- A.31-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 40%. **A.34**

- A.32-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 2%. **A.35**
- A.33-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 5%. **A.36**
- A.34-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 10%. **A.37**
- A.35-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 15%. **A.38**
- A.36-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 25%. **A.39**
- A.37-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 30%. **A.40**
- A.38-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 35%. **A.41**
- A.39-** Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 40%. **A.42**

LISTA DE FIGURAS

Nº Figura	Página
4.1 - Localização das estações meteorológicas e abrangência de ocorrência das regiões agroecológicas das Missões e Planalto Médio, no Estado do Rio Grande do Sul (Adaptado de MALUF & MATZENAUER, 1995)	27
4.2 - Rendimento relativo do milho e da soja em função da tensão da água no solo (Adaptado de MILLAR, 1984; PETTER & RIGHES, 1992b; COLLARES (1994) e FERNANDES et al., 1995)	33
4.3 - Evolução do coeficiente de cultura (Kc) da soja e milho durante o ciclo (Adaptado de DOORENBOS & KASSAN, 1979; BERLATO et al., 1986; MATZENAUER, 1992 e COLLARES, 1994)	35
4.4 - Evolução da capacidade de água disponível, para as culturas de milho e soja, no solo Santo Ângelo (SA) e Passo Fundo (PF), durante o ciclo	38
5.1 - Lâmina de irrigação suplementar (H, mm) requerida para a combinação entre nível de manejo da irrigação e probabilidades, para a cultura a soja e milho semeado em 15 de outubro, nas condições agroecológicas das Missões e Planalto Médio	66
5.2 - Receitas líquidas (US\$.ha ⁻¹) na cultura do milho irrigado por aspersão, sistema pivô central, nas condições agroecológicas da Missões, para duas épocas de semeadura	78
5.3 - Receitas líquidas (US\$.ha ⁻¹) na cultura do milho irrigado por aspersão, sistema pivô central, nas condições agroecológicas do Planalto Médio, para duas épocas de semeadura	79
5.4 - Critério de avaliação econômica relação benefício-custo (B/C) da irrigação por aspersão, sistema pivô central na cultura do milho nas Missões, para duas épocas de semeadura	95
5.5 - Critério da avaliação relação benefício-custo (B/C) da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura do milho no Planalto Médio, para duas épocas de semeadura	96
A.1- Curva de retenção da água nos solos da Unidade de Mapeamento Santo Ângelo e Passo Fundo - RS (adaptado de BELTRAME et al. (1979).	A.1
A.2- Precipitação bruta e efetiva (mm), na série (1981-90), em Passo Fundo - RS	A.9
A.3- Precipitação bruta (mm) e efetiva (mm), para a série histórica (1981-90), em Cruz Alta - RS.	A.10

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descrição
A	= área (ha)
AD	= água disponível (mm)
ARM	= armazenamento (mm)
ARMACRI	= Armazenamento crítico (mm)
C	= valor de aquisição do equipamento (US\$)
CAD	= capacidade de água disponível (mm)
CADF	= capacidade de água disponível após florescimento (mm)
CAE	= custo de amortização anual do equipamento (US\$.ha ⁻¹)
Cc	= custo de comercialização (US\$.ha ⁻¹)
CC	= umidade do solo à capacidade de campo (%)
CCRM	= custo de conservação, reparos e manutenção (US\$.ha ⁻¹)
CE	= custo da energia (US\$.ha ⁻¹)
CF	= custo de formação da lavoura convencional (US\$.ha ⁻¹)
CMO	= custo da mão-de-obra (US\$.ha ⁻¹)
ct	= custo do transporte (US\$.t ⁻¹)
DAE	= dias após a emergência
d	= período decorrido desde emergência (dias)
D	= período entre emergência e maturação fisiológica (dias)
Dp	= demanda de potência (kW)
e _a	= tensão parcial de vapor (mm Hg)
Eb	= energia de bombeamento (kWh.ha ⁻¹)
Epi	= evaporação de piche (mm.dia ⁻¹)
e _s	= tensão saturante do vapor (mm Hg)
ETm	= evapotranspiração máxima (mm)
Eto	= Evapotranspiração de referência (mm.dia ⁻¹)
F(H)	= função densidade de probabilidade da normal
fr	= imposto funrural
g	= aceleração da gravidade (m ³ .s ⁻¹)
H	= lâmina de irrigação suplementar (mm)
h	= profundidade efetiva do sistema radicular (cm)
ha	= hectare (10000 m ²)
Hg	= símbolo do elemento químico mercúrio
Hm	= altura manométrica de recalque (m.c.a)
ht	= turno de trabalho do equipamento por dia (h)
i	= posição de plotagem
Im	= intensidade de aplicação do equipamento (mm.dia ⁻¹)
J	= fator de recuperação do capital
j	= taxa anual de descontos
⁰ K	= graus kelvin
K	= temperatura média do ar (°K)
Kc	= coeficiente de cultura
kg	= quilograma
kPa	= quilo Pascal
kWh	= quilowatt por hora
L	= lucro líquido (US\$.ha ⁻¹)
m	= metro

m.c.a	= metros de coluna de água (m)
mm	= milímetro de água
N	= duração astronômica do dia (h)
n	= horas de briho solar (h)
n _a	= tamanho da amostra
NC	= número curva
N _e	= duração do empréstimo (anos)
NH	= número de homens para operar o equipamento
Nh	= tempo que o equipamento opera por ciclo (h)
°C	= graus celsius
p _{et}	= chuva efetiva (mm.dia ⁻¹)
p _i	= fração de esgotamento admissível da água no solo
P _i	= produtividade (t.ha ⁻¹)
P _{it}	= total de chuva perdida (mm.dia ⁻¹)
PMP	= umidade do solo no ponto de murchamento permanente (%)
P _t	= total de chuva precipitado (mm.dia ⁻¹)
P _{xt}	= escoamento superficial (mm.dia ⁻¹)
Q	= vazão (m ³ .s ⁻¹)
Q.59 ⁻¹	= saldo de radiação líquida (mm evap. equivalente)
Q _o	= Radiação solar no topo da atmosfera (
r	= albedo
RB	= receita bruta (US\$.ha ⁻¹)
S	= salário do trabalhador rural (US\$.h ⁻¹)
T	= temperatura média do ar (°C)
t	= tonelada (1000 kg)
Tc	= tarifa de consumo da energia (US\$.kWh ⁻¹)
Td	= tarifa da demanda de potência (US\$.kW ⁻¹)
Ur	= umidade relativa do ar (%)
US\$	= unidade monetária americana
Vu	= vida útil do equipamento (anos)
W ₂	= velocidade do vento a 2 m da superfície do solo (km.dia ⁻¹)
x	= número de meses que o equipamento opera
y	= fração da demanda de potência
Y	= produtividade (t.ha ⁻¹)
Z _i	= posição de plotagem
Δ	= tangente à curva de tensão de saturação de vapor de água à temperatura do ar (mm Hg.°C ⁻¹)
γ	= constante psicrométrica (mm Hg.°C ⁻¹)
μ	= média da lâmina de irrigação suplementar H
σ	= desvio padrão
σ ²	= variância de H
π	= pi
γ _a	= densidade da água (kg.m ⁻³)
η	= rendimento do conjunto motobomba (adimensional)
λ	= densidade da água (N.m ⁻³)
v	= média de Z _i
%	= porcentagem

1 - INTRODUÇÃO

A variabilidade temporal e espacial no rendimento das principais culturas agrícolas no Estado do Rio Grande do Sul está associada, entre outros fatores, com a ocorrência de déficits hídricos pronunciados no solo. Estes déficits hídricos ocorrem durante os meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro, como consequência da aleatoriedade temporal e espacial da precipitação. Como reflexos das oscilações na produtividade agrícola estão os aspectos econômicos, como: variações acentuadas nos preços de mercado, descapitalização dos produtores, gastos públicos com o seguro agrícola e êxodo rural.

Em função das freqüentes secas ocorridas no Rio Grande do Sul, principalmente nos anos agrícolas 1987/88 e 1990/91, a adoção da irrigação tem sido apontada e recomendada, pelos meios de comunicação e leigos, como solução para estes problemas. Porém, a pesquisa não é tão categórica na recomendação desta tecnologia, para as nossas condições agroecológicas, apesar de reconhecer sua viabilidade técnica. A pesquisa e a extensão rural têm trabalhado com épocas de semeadura, manejo cultural e variedades resistentes à deficiência hídrica, visando reduzir os riscos de frustrações devido à aleatoriedade das precipitações. A dúvida parece residir na falta de estudos que comprovem efetivamente a viabilidade econômica da irrigação.

A irrigação é um método tradicional para aumentar a produtividade e para evitar oscilações acentuadas das safras. Além disso, a irrigação na agricultura Sul-riograndense visaria outros propósitos, quais sejam: aumentar a competitividade da agricultura com vista à integração econômica do Mercado Comum do Cone Sul - MERCOSUL e aumentar a eficiência econômica do setor.

A irrigação no Rio Grande do Sul, em função do tipo de clima predominante, reveste-se num carácter suplementar à precipitação. Assim, faz-se necessário uma análise de custo-benefícios na adoção desta tecnologia. Alguns estudos têm concluído que a irrigação de algumas culturas é economicamente viável. Porém, estes trabalhos não consideraram a incerteza das precipitações e conseqüentemente, a variabilidade dos retornos líquidos advindos com introdução da irrigação. Portanto, a análise econômica não foi associada à questão de risco.

Então, para responder a questão do risco envolvido e o nível de manejo para otimização dos benefícios econômicos da irrigação, deve-se fazer um balanço hídrico diário no qual se estime níveis de extração da capacidade de água disponível no solo e, em conseqüência, doses e turnos de irrigação. As diferentes frações de extração traduzem necessidades de irrigação diferenciada com respectivos níveis de probabilidade, que por sua vez, representam respostas e custos de irrigação diferenciados.

A cultura da soja e do milho, no Estado do Rio Grande do Sul, ocupam um lugar de destaque na agricultura de sequeiro e, conseqüentemente, têm importância vital na economia Sul-riograndense. Em função da importância sócio-econômicas destas culturas no Estado e, em particular, nas regiões do Planalto Médio e Missões, e pelos potenciais impactos negativos advindo de eventuais frustrações de safras decorrentes da escassez hídrica, elas foram eleitas para este estudo.

Neste sentido, os resultados desta pesquisa poderão contribuir para subsidiar políticas de investimentos públicos no setor que visam: aumentar a produtividade e eficiência da agricultura; aumentar a oferta de produtos no mercado interno e/ou para exportação; aumentar a renda no meio rural. Os resultados podem também ser aplicados em: políticas públicas que visam estimular a competitividade da agricultura gaúcha frente ao MERCOSUL; para subsidiar políticas agrícolas de médio e longo prazo que visam desenvolver ou privilegiar certas culturas ou regiões do Estado; ser usados para determinar e disciplinar políticas de crédito rural; para balizar investimentos privados no setor; e, ajudar na tomada de decisão dos produtores rurais em relação à irrigação.

2 - OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo geral desenvolver uma metodologia para a inclusão do risco na análise econômica de projetos de irrigação em zonas de clima sub-tropical, onde a irrigação reveste-se de um carácter suplementar e aleatório.

Os objetivos específicos são:

- estabelecer os níveis de manejo da irrigação, nas regiões do Rio Grande do Sul, denominadas Planalto Médio e Missões, que tenham sustentabilidade econômica;
- estimar, através de balanços hídricos diários, o risco envolvido no manejo da irrigação suplementar do milho e da soja nas condições agroecológicas do Planalto Médio e Missões;
- estimar, preliminarmente, os impactos sobre os recursos hídricos, disponibilidade e oferta de energia elétrica com a adoção da irrigação nas duas regiões citadas.

3 - REVISÃO DA LITERATURA

3.1 - Balanço hídrico

Pode-se citar uma série de estudos, realizados no Rio Grande do Sul, em que se aplicou o método do balanço hídrico com a finalidade de avaliar e caracterizar déficits ou excessos hídricos. **MOTA et al. (1971)** e **BURIOL et al. (1977)** utilizaram o balanço hídrico de Thorthwaite-Mather com intervalo mensal. Estes dois trabalhos deram ênfase aos parâmetros climáticos e estipularam um valor à capacidade de armazenamento da água no solo para todas as regiões ou estações meteorológicas consideradas, além de realizarem um tratamento estatístico aos dados. Porém, estudos deste tipo não conseguem indicar as necessidades de água para irrigação, podendo serem usados para caracterização climática.

SILVA (1976) realizou um estudo, adotando o balanço hídrico mensal, com a finalidade de determinar as necessidades mensais de irrigação, em termos probabilísticos, na região litorânea do Estado. Encontrou, para uma probabilidade de 80% de ocorrência, necessidades de irrigação no mês crítico de: 120; 91,8; 71,0; 115,2 mm para as localidades de Guaíba, Pelotas, Palmares e Chasquero, respectivamente.

BELTRAME et al. (1979), apesar de realizarem um balanço hídrico criterioso, fizeram-no com intervalo mensal, não conseguindo filtrar a magnitude e frequência dos déficits. Além disso, este trabalho estabeleceu uma profundidade de solo para ser explorada pelas raízes muito elevada, permitindo ao modelo uma elevada disponibilidade hídrica o qual não retrata o fenômeno, prejudicando os estudos probabilísticos.

No programa de balanço hídrico **BALHIDR HIMAT (1985)**, faz-se o cálculo estatístico das necessidades anuais de irrigação para diferentes cultivos, através do balanço hídrico diário, em duas camadas do solo: a explorada pelas raízes e aquela abaixo dela. As necessidades são ajustadas à distribuição normal. Neste modelo de balanço hídrico, já se descreve melhor o fenômeno de extração de água no solo.

MOTA (1989) e **MOTA & AGENDES (1989)** realizaram balanço hídrico diário adotando oito capacidades de água facilmente disponível às plantas para todos os solos do Estado. Trataram as necessidades semanais de irrigação em termos de risco. No entanto, ape-

sar da informação da probabilidade semanal de irrigação ter grande interesse para o planejamento da irrigação, para fins de análise econômica o volume total provável no ciclo da cultura é muito mais útil.

ALFONSI et al. (1989) fizeram um balanço hídrico para o estado de São Paulo, fixando as capacidades de armazenamento em dois valores. Estimaram a probabilidade dos armazenamentos serem inferiores aos valores estabelecidos, por decêndios durante o ano. Este trabalho serve apenas para zoneamento agro-climático.

OLIVEIRA (1990) realizou um balanço hídrico diário para quatro locais do estado do Paraná; porém, manteve o limite inferior de manejo da umidade do solo na condição ótima, variando a profundidade da camada explorada pelas raízes durante o ciclo. Fez, também a suposição de que a chuva efetiva depende apenas do total precipitado, no dia, que não condiz com a realidade do fenômeno.

FRANKE (1990), realizou um balanço hídrico semanal, na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), medindo todos os componentes do balanço hídrico numa parcela experimental, visando estimar a evapotranspiração real sob diferentes níveis de manejo da irrigação. Observou que é dependente do nível de manejo da umidade do solo.

LAMB (1991), num estudo de balanço hídrico para determinar o efeito do potencial da água no solo sobre os parâmetros fenométricos, evapotranspiração real e eficiência do uso da água na cultura do milho, usou um conjunto de lisímetros de drenagem, protegidos das precipitações pluviométricas por cobertura móvel de polietileno transparente, submetendo as plantas à níveis de potenciais de água no solo de - 30, - 100, - 300, - 600, - 900, - 1500 kPa, ao longo do ciclo da cultura. Verificou uma resposta quadrática como função do nível de manejo da umidade do solo.

LOUZADA et al. (1992) realizaram um balanço hídrico diário, porém a fração do armazenamento diário disponível as plantas ficou constante durante o ciclo. Também fizeram um tratamento interessante à precipitação efetiva. Ainda fizeram comparação entre balanço hídrico diário e mensal, concluindo que, para as condições de clima e solo do Rio Grande do Sul, o modelo mensal subestima a necessidade de irrigação em 50 % nos meses de verão. Neste sentido, o trabalho de **ALMEIDA (1993)**, em que testou vários modelos de balanço hídrico (seriado, não seriado, intervalo mensal, intervalo diário, com chuva efetiva e sem chuva efeti-

va) para regiões de clima úmido do Brasil, encontrou que se deve usar um balanço hídrico diário, seriado e com chuva efetiva.

MATZENAUER (1994), utilizou o método do balanço hídrico de Thorthwaite-Mather para estimar a ETr do milho, a partir da precipitação e ETm estimada por Penman. Durante o balanço hídrico, o autor variou a capacidade de armazenamento em função do desenvolvimento das plantas. Para o cálculo da capacidade de água disponível (CAD), em cada período, utilizou as seguintes profundidades constantes: da emergência a 20 dias após emergência (DAE), 20 cm de profundidade; 20 a 40 DAE, 40 cm de profundidade e de 40 DAE até a maturação fisiológica, 60 cm de profundidade. Ou seja, supôs uma evolução linear da profundidade explorada pelas raízes e que a profundidade máxima explorada pelas raízes da cultura do milho é de 60 cm.

Verifica-se assim que modelos que não consideram o processo com intervalo diário, nem estimativas da chuva efetiva e nem variação da camada de solo explorada pelas raízes dão apenas uma idéia da magnitude e variação do fenômeno simulado. Daí a importância de modelos de balanço hídrico que simulam a realidade do fenômeno estudado.

3.2 - Necessidades de irrigação

Apesar da chuva no Estado ser bem distribuída nas quatro estações do ano, a normal de verão é, em geral, insuficiente para atender as necessidades hídricas das culturas, principalmente no sul do Estado, determinando rendimentos inferiores aos que se conseguiria com suprimento adequado de água (**BERLATO, 1992**). Para o mesmo autor, os meses de janeiro e fevereiro são os mais críticos à produção de cereais e oleaginosas, porque apresentam deficiências hídricas normais que coincidem com os períodos críticos das culturas ao déficit hídrico. A frequência de ocorrência de estiagens é maior que em qualquer época do ano, cerca de 27%.

Segundo **BERLATO (1992)**, a estiagem de 1987/88 causou uma quebra de 3 milhões de toneladas de grãos, representando 31 % da produção prevista. Na safra de 1990/91 ocorreu uma redução da ordem de 56 % da produção, representando uma perda de 5,5 milhões de toneladas de grãos. Considerando-se o preço histórico do milho ao redor de US\$ 112/t e da soja na ordem de US\$ 165/t, obteve-se um prejuízo médio da ordem de US\$ 760 milhões, no Rio Grande do Sul, somente na safra de 1990/91. Este autor recomenda zonea-

mento agroclimático, épocas de semeadura e adoção da irrigação suplementar para fazer frente ao fenômeno das estiagens.

Porém, a irrigação não deve ser encarada apenas como um seguro agrícola. Ela tem uma função muito mais nobre: aumentar a produtividade das principais culturas, visto que as outras técnicas de cultivo são de amplo conhecimento dos agricultores (DORFMAN, 1992).

No Estado do Rio Grande do Sul, várias pesquisas foram realizadas visando avaliar o aumento da produtividade das culturas de verão com uso da irrigação (BERGAMASCHI & CAUDURO, 1975; BERGAMASCHI & BERLATO, 1975; GOULART et al., 1976; LAGO et al., 1977; PORTO et al., 1979; BERGAMASCHI, et al., 1981; ZANETTE, 1982; VERNETTI et al., 1989; FRANKE, 1990; MARTINI, 1990; PETTER & RIGHES, 1992b). Porém, PARFITT (1991) afirma que os resultados obtidos até o presente momento não permitem obter informações conclusivas sobre o efeito quantitativo da irrigação ao longo dos anos, visto que o aumento da produtividade foi variável de um experimento para outro, conforme o regime de chuvas ocorridas durante a execução dos mesmos. Neste sentido, o trabalho de LAMB (1991), que estudou a influência da irrigação na produtividade do milho irrigado sem o efeito da precipitação, conseguiu respostas conclusivas. Para o tratamento com umidade ótima (- 30 kPa de tensão) houve um rendimento de 8037 kg.ha⁻¹. Já para o tratamento com limite inferior de disponibilidade hídrica de - 1500 kPa, o retorno foi de 4000 kg.ha⁻¹. Ou seja, uma redução de 50,23 % na produtividade.

A maior causa da variação dos rendimentos está associada ao número, distribuição temporal e magnitude das irrigações, bem como a quantidade e distribuição das chuvas (MUSICK & DUSEK, 1971). BELTRAME et al. (1979) afirmam que são importantes os estudos que visem definir as reais necessidades de irrigação para os diferentes climas e solos do Estado, através de balanços hídricos e estudos de frequência dos déficits. Esta idéia é reforçada por SILVA (1976), que afirma que a média de valores, geralmente, não espelha a realidade, sobretudo na agricultura. As necessidades de irrigação ficam melhor caracterizadas através da análise de frequência, conhecendo-se, desta forma, valores das necessidades máximas que podem ser atingidas ou ultrapassadas com determinada frequência. Por outro lado, as necessidades estudadas sob este aspecto poderão também fornecer subsídios a uma posterior análise econômica de um projeto específico.

Para o solo da Unidade de Mapeamento Passo Fundo na região do Planalto Médio, BELTRAME et al. (1979) concluíram que existe apenas 12 % de probabilidade de ocorrer

déficits hídricos nos meses de janeiro e fevereiro e 5 % no mês de dezembro. Recomendam que a irrigação é dispensável na região e que a adoção de práticas culturais que aumentem a disponibilidade hídrica no solo e reduzem os riscos de déficits. Os autores chegaram a estas conclusões em função do modelo usado para retratar o processo de evapotranspiração neste solo. Usaram balanço hídrico mensal e profundidade de solo exagerada para ser explorado pelas raízes, que permitiu uma grande lâmina de água disponível à evapotranspiração. Sabe-se que nestes solos, as raízes aprofundam-se no máximo 30 a 40 cm, em função de impedimentos físicos e químicos (PETTER & RIGHES, 1992a). A extensão do sistema radicular da soja, embora possa atingir até 2,5 m, em condições de lavoura, na maioria dos casos localiza-se nos primeiros 30 cm do solo e a sua maioria concentra-se nos primeiros 10 a 15 cm (VERNETTI & GASTAL, 1979).

Um estudo conduzido por MOTA (1980) cita necessidades de irrigação, nas condições edafoclimáticas do Planalto e Missões, durante o ciclo das culturas de verão (out-abr), com um fator de uso consuntivo de 1,5. Para o solo e clima de Passo Fundo, a necessidade de irrigação é de 582; 455; 212 e 0 mm para riscos de 10; 20; 50 e 80%, respectivamente. Nas condições de solo e clima Santo Ângelo, a necessidade é de 772; 616; 319 e 43 mm para riscos de 10; 20; 50 e 80%, respectivamente.

MOTA & AGENDES (1989), encontraram uma necessidade de irrigação variando entre 142,2 a 300,2 mm, em 80 % do tempo, em função dos limites inferiores de disponibilidade hídrica adotados na irrigação, por aspersão, para solo Passo Fundo. Ou seja, em 20 % do tempo estes valores podem ser excedidos. Verifica-se assim a importância do balanço hídrico para estimar as demandas agrícolas.

Para a região das Missões, solo da Unidade de Mapeamento Santo Ângelo, BELTRAME et al. (1979) afirmam que nos meses de novembro a março existem as maiores probabilidades de ocorrer déficit hídrico. No mês de dezembro esta probabilidade é de 30 % e, nos meses de janeiro e fevereiro, está na ordem de 40 % e 33 %, respectivamente. Assim, os autores recomendam a adoção da irrigação suplementar nesta condição edafoclimática. Para este solo, MOTA & AGENDES (1989) encontraram uma necessidade de irrigação anual variando entre 224,2 a 396,8 mm, em 80% do tempo, para irrigação por aspersão. Caso fosse adotada a irrigação por sulcos, esta necessidade anual seria entre 285,3 a 505,0 mm.

Verifica-se, entre as fontes consultadas, que há discordância em relação a magnitude e probabilidade de ocorrência dos déficits hídricos. Estas diferenças podem ser atribuídas às dife-

rentes metodologias de balanço hídrico adotadas, à base de dados usada e, principalmente, à profundidade da camada de solo explorada pelas raízes. Isto ocasiona diferentes capacidades de água disponível às plantas; conseqüentemente, maiores déficits hídricos podem ser suportados pelas plantas e, assim, os modelos simulam menores lâminas ou menor freqüência dos déficits.

3.2.1 - Necessidades de irrigação na cultura da soja

CUNHA & BERGAMASCHI (1992) não recomendam irrigar a soja no período vegetativo, pois ela teria mecanismos de compensação eficientes sempre que um dos componentes fosse afetado. Somente em plantios tardios. Afirmam mais, em estiagens de curta duração os efeitos seriam muito pequenos, podendo, inclusive, haver prejuízos em termos de custo-benefício com a irrigação. Esta conclusão concorda com **HILL et al. (1979)**, que verificaram que boa disponibilidade hídrica nos períodos da fase vegetativa (V) tinham efeito negativo sobre o rendimento, o que eles atribuíram ao excesso de crescimento que provoca, mais tarde, acamamento de plantas. Por outro lado, **PARFITT (1991)** afirma que alguns termos do excesso hídrico tem efeito positivo. Isto ocorria, principalmente, nos períodos iniciais da cultura. Acontece que o efeito do excesso hídrico é similar ao do déficit sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura. Por isso o autor encontrou os efeitos positivos, concordando com as citações acima.

Os baixos rendimentos médios da cultura da soja, no Rio Grande do Sul, segundo **BERLATO (1992)**, estão relacionados com anos de deficiência hídrica durante o período de desenvolvimento da cultura e que, quanto maior a magnitude ou duração deste, menores os rendimentos.

SANTOS FILHO et al. (1989) verificaram que o máximo rendimento de seis genótipos de soja ocorreu a uma tensão da água no solo a - 4,5 kPa. Porém, estes valores discordam dos trabalhos de **PETTER & RIGHES (1992b)** e **COLLARES (1994)**, que encontraram o potencial produtivo na tensão de - 10 kPa.

Nas recomendações técnicas para a cultura da soja **REUNIÃO (1995)**, fala-se que o Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional de soja, com participação de 21,8%. Porém, quanto a produtividade, o Estado detém o menor valor, em decorrência, entre outros fatores, da deficiência hídrica que freqüentemente ocorre nas fases de floração e enchimento de grãos.

Na mesma referência encontra-se que as regiões do Planalto Médio e Missões são regiões preferenciais para o cultivo da soja em função do zoneamento climático, sendo a época recomendada para a semeadura entre 15 de outubro e 10 de dezembro.

Experimentos conduzidos com a cultura da soja em Taquari - RS, nos anos agrícolas 74/75 a 80/81 constataram que a irrigação proporcionou um rendimento médio de grãos de 3524 kg.ha⁻¹, contra 2800 kg.ha⁻¹ sem irrigação (CUNHA & BERGAMASCHI, 1992). Verificou-se, neste caso, um aumento médio de rendimento devido à irrigação na ordem de 25%. Porém, os autores não informaram qual foi o nível de manejo da irrigação e nem o regime de chuvas durante o experimento.

Em trabalhos conduzidos, com soja, nas condições de Cerrado, FERNANDES et al. (1996) encontrou 100, 91,8, 71,5 e 22,4% de rendimento para níveis de manejo da irrigação na tensão de -20 kPa, -40 kPa e -80 kPa e sem irrigação, respectivamente. Estes valores discordam, em parte, dos resultados de PETTER & RIGUES (1992b), que encontraram rendimentos de 3300 kg.ha⁻¹ para um nível de manejo da água ótimo (-10 kPa). Quando a tensão era de -50 kPa, -100 kPa e -400 kPa os rendimentos reduziram-se em 27%, 45% e 64%, respectivamente. COLLARES (1994) encontrou rendimentos, em lisímetros de drenagem, de 2960,40 kg.ha⁻¹ para a tensão de -10 kPa. Quando os níveis de manejo da umidade do solo foram -30, -50, -150, -300 kPa a produtividade reduziu-se para 89, 86, 80 e 65% da obtida na tensão de -10 kPa, respectivamente.

A necessidade hídrica da soja, para obter uma produtividade alta, é de 450 a 850 mm por ciclo, dependendo do clima e da duração do período de crescimento (DOORENBOS & KASSAN, 1979; REICHARDT, 1987). Segundo BERGAMASCHI & BERLATO (1975), foi observado um consumo médio para essa cultura de 800 mm, com uma variação de 805 a 873 mm nas safras estudadas. O consumo médio durante o ciclo foi de 5,8 mm.dia⁻¹. CARDOSO (1995) apresenta uma estimativa de consumo hídrico de 731,6 mm e 689,5 mm no ciclo, para épocas de semeadura em outubro e novembro, respectivamente. Constatou, portanto, que a época de semeadura em outubro acarreta a maior necessidade hídrica. Segundo COLLARES (1994), a evapotranspiração real na cultura da soja é de 744,11; 684,37; 735,65; 558,10; 494,62 mm para o nível de manejo da umidade na tensão de -10, -30, -50, -150, -300 kPa, respectivamente.

Consta-se, pelos trabalhos de pesquisa consultados, que a irrigação na cultura da soja, nas condições agroecológicas do Rio Grande do Sul e, em especial do Planalto Médio e Missões, justifica-se tecnicamente. Porém, a pesquisa não é enfática na recomendação da irrigação nesta cultura, admitindo outras medidas para minimizar os riscos e aumentar a produtividade média. Suponho que este comportamento da pesquisa deva-se à dúvida da viabilidade econômica da irrigação na cultura da soja nas condições edafoclimáticas subtropicais, que predominam no Rio Grande do Sul.

3.2.2 - Necessidades de irrigação na cultura do milho

No RS, em geral, o milho pode ser cultivado em todo o Estado, ocorrendo, entretanto, variações no rendimento entre regiões agroecológicas. Esta variação é causada pelos riscos por baixas temperaturas em algumas regiões e, principalmente, pela ocorrência de deficiências hídricas, que são bastante acentuadas em alguns anos, nas regiões mais quentes do Estado (MALUF & MATZENAUER, 1995). Desta maneira, poucas vezes o milho encontra situações de cumprir todo seu ciclo em condições de ótima disponibilidade hídrica.

Num trabalho de zoneamento agroclimático para a cultura do milho no RS, MALUF & MATZENAUER (1995) adotaram um índice de deficiência hídrica acumulada, que é a soma da deficiência hídrica do mês em que ocorre o florescimento, mais as deficiências do mês anterior e do mês posterior ao florescimento. Neste trabalho, também constataram que nos experimentos a campo, o rendimento de grãos foi reduzido pela ocorrência de deficiência hídrica, sendo função da intensidade desta. Quando não ocorriam deficiências hídricas, os rendimentos situavam-se ao redor de 7000 kg.ha^{-1} . Quando a deficiência, no período estudado, ficava entre 1 a 25 mm, os rendimentos ficavam acima de 4000 hg.ha^{-1} , mas inferiores a 7000 kg.ha^{-1} . Entre 25 e 50 mm de deficiência, o rendimento ficava entre 2000 e 4000 kg.ha^{-1} . Numa deficiência entre 50 e 70 mm, o rendimento ficava entre 500 e 2000 kg.ha^{-1} . Com deficiências superiores a 70 mm, os rendimentos eram insignificantes.

Conforme VALENTE (1989), 1200 ha de milho irrigado, assistidos pela extensão rural no Rio Grande do Sul, obtiveram na safra 88/89 rendimento médio de 9800 kg.ha^{-1} . O referido autor fala que isto representou um incremento, em relação à produtividade média do Estado, de 523,68%.

FEPAGRO (1996) cita que como as chuvas no Estado não são suficientes para atender às demandas hídricas da cultura do milho, recomendam que se procure minimizar as perdas através do manejo da cultura (via antecipação da época de semeadura, uso de cultivares mais adaptadas, menor densidade de semeadura e controle das plantas daninhas) ou pela irrigação. Na mesma publicação, fala-se que a irrigação tem objetivo de maximizar o rendimento, com adoção de métodos intensivos de produção.

HAGAN (1973) encontrou o rendimento máximo na cultura do milho quando o potencial matricial era de - 50 kPa. Porém, **LAMB (1991)** encontrou que a tensão na faixa de - 30 a - 300 kPa não afetou significativamente o rendimento do milho.

MATZENAUER (1980) afirma que o conhecimento das necessidades hídricas durante o ciclo de desenvolvimento do milho e em cada subperíodo são instrumentos importantes no caso de necessidade de suplementação de água ou no planejamento de sistemas de irrigação, bem como em ajustamentos de épocas de semeadura em função das disponibilidades hídricas da região considerada, determinando, assim, maior eficiência no aproveitamento das precipitações pluviométricas.

Como há escassa disponibilidade hídrica em certas regiões e o custo da energia, para sua captação e distribuição, é alta, **FEPAGRO (1996)** enfatiza a necessidade de usar a irrigação mais eficientemente. Indica a irrigação limitada, que consiste em aplicar a água em um número restrito de vezes durante o ciclo da cultura, prioritariamente nos períodos mais críticos (início do pendramento até cerca de duas semanas após o final do espigamento, 60 a 100 DAE). Esta indicação concorda com as conclusões do trabalho de **OLIVEIRA (1986)**, que encontrou a maior renda líquida, àquelas provenientes da irrigação realizada no período crítico. Quando a irrigação foi conduzida em todo ciclo, obteve uma renda líquida 12,84% menor do que a conduzida no período crítico. O tratamento sem irrigação obteve renda líquida de 84,68% menor do que o tratamento com irrigação apenas no período crítico. Deve-se ressaltar que o autor usou o método de irrigação por superfície.

O consumo de água para uma mesma cultivar varia em função do genótipos (ciclo, área foliar, estatura e sistema radicular), do tipo de solo e das condições meteorológicas reinantes. Pesquisas feitas por **JENSEN (1973)** e **DOORENBOS & KASSAN (1979)** demonstraram que a necessidade de água durante o ciclo do milho varia de 373 a 640 mm e 500 a 800 mm, respectivamente, considerando diversos locais e períodos. **MATZENAUER (1980)** determi-

nou que o milho consome 573 mm (ciclo de 124 dias nas condições da Depressão Central) para completar o ciclo e que o consumo médio diário foi de 4,6 mm. **REICHARDT (1987)** cita que ótimas produtividades do milho variam entre 6 a 9 t.ha⁻¹. Em condições de chuva natural, a produtividade oscila entre 2 a 4 t.ha⁻¹. O consumo médio durante o ciclo foi de 5,8 mm.dia⁻¹. **CARDOSO (1995)** apresenta estimativas de consumo hídrico de 559,2 mm e 527,2 mm no ciclo, para épocas de semeadura em outubro e novembro, respectivamente. Constatou, portanto, que a época de semeadura em outubro acarreta a maior necessidade hídrica.

Numa pesquisa conduzida em lisímetros de drenagem para determinar o efeito da tensão da água no solo sobre o rendimento da cultura do milho, **LAMB (1991)** encontrou os seguintes valores da evapotranspiração real (ET_r): 414,7; 448,7; 372,8; 362,1; 324,0; 312,3 mm para as tensões de - 30, - 100, - 300, -600, - 900 e - 1500 kPa, respectivamente. A lâmina de irrigação aplicada durante o ciclo da cultura do milho foi 340,7; 338,8; 256,6; 230,2; 192,7 e 185,5 mm para os tratamentos com tensões de - 30, - 100, - 300, -600, - 900 e - 1500 kPa, respectivamente. Neste trabalho encontrou um curva quadrática de resposta da cultura do milho à tensão da água no solo.

DENMEAD & SHAW (1962) encontraram, num período de cinco semanas, iniciando imediatamente antes do pendoamento, três valores de limite hídrico inferior do milho, cujas tensões equivalentes foram aproximadamente - 30 kPa, - 200 kPa e 1200 kPa, para condições meteorológicas extremas e médias (ET_p de 6 a 7 mm.dia⁻¹, 3 a 4 mm.dia⁻¹ e 1,5 mm.dia⁻¹), respectivamente. No entanto, **PONS & BRESOLIN (1981)** citam que o milho necessita em torno de 0,75 m³ de água para produzir 1 kg de grãos, enquanto que **DOORENBOS & KASSAN (1979)** admitem uma eficiência de uso que pode oscilar entre 0,63 a 1,25 m³. kg⁻¹.

Para **MALUF & MATZENAUER (1995)**, as maiores limitações à aptidão climática da cultura do milho são impostas pelas deficiências hídricas, as quais ocorrem normalmente no sudoeste e sudeste do Estado e parte da Depressão Central, sendo que as melhores condições hídricas ocorrem em latitudes inferiores ao paralelo 29°30', em direção ao norte do Estado. Ou seja, na área de estudo deste trabalho. Os autores recomendam, para o Planalto Médio e Missões, semeadura entre 15 de agosto e 01 de janeiro.

Para a cultura do milho, a irrigação justifica-se mais do que na cultura da soja, por ser uma cultura mais sensível ao déficit hídrico. Porém, a pesquisa tem apresentado várias outras alternativas para garantir ou aumentar a produtividade e reduzir os riscos, deixando a irrigação

como última alternativa. Tanto no milho como na soja, parece que a pesquisa não tem recomendado a irrigação devido à incerteza de sua viabilidade econômica, no tempo, em função da aleatoriedade da precipitação, principalmente, e da evapotranspiração.

Em todos os trabalhos de pesquisa consultados sobre incremento da produtividade nas condições de Rio Grande do Sul, constata-se que os efeitos da irrigação são dependentes das condições hídricas reinantes (precipitações) durante o experimento e da época de semeadura, com exceção do trabalho de **LAMB (1991)**. Isto tem levado a pesquisa e extensão rural terem dúvidas das melhores épocas e sistemas de manejo da irrigação que tragam viabilidade econômica e representem uma real alternativa de produção.

3.3 - Análise econômica

A eficiência na alocação de recursos produtivos constitui um objetivo natural de todo indivíduo ou empresa que se envolve na produção de determinado bem a partir de um dado número de recursos. Contudo, há ineficiência, cuja causa essencial é o fator incerteza, que condiciona tomadas de decisão. Esta incerteza, por sua vez, é condicionada pelo volume de informações a que o indivíduo tem acesso durante o processo decisório (**ARRUDA, 1987**). Então, regulado pelo volume de informações disponíveis e, portanto, pelo grau de certeza sobre cada solução alternativa, o produtor pode optar. Ele é o indivíduo que toma as decisões sobre o que produzir e quanto, em que parte específica da propriedade, com quais recursos e em que combinação de fatores.

CROSSON (1980), afirma que na tomada de decisões o agricultor responde a 4 amplos conjuntos de influências: a demanda por alimentos e fibras, refletida nos preços de mercado dos produtos agrícolas; os preços e disponibilidade dos recursos; conhecimento do processo de produção, personificado em tecnologias e práticas de manejo; e, políticas agrícolas governamentais. A importância relativa de cada uma dessas influências pode variar bastante sob diferentes contextos sócio-econômicos.

Em todos os modelos de eficiência econômica, segundo **KINDLER (1988)**, o objetivo é minimização dos custos de produção ou maximização dos retornos econômicos líquidos através do tempo nos projetos de irrigação. A água nesses modelos é considerada análoga aos outros fatores de produção agrícola, como terra, sementes, fertilizantes, equipamentos e máquinas, capital e mão-de-obra. Assim, reconhece-se que a água tem um valor (porém, como

expressar e medir este valor é outra questão) e na análise de seu uso deve-se levar em conta todos os possíveis métodos de substituição e ajuste que deveriam ser apresentados quando a água se torna escassa e cara.

A combinação ótima dos fatores de produção pode ser enfocada sob dois critérios de eficiência: a) eficiência técnica e; b) eficiência econômica. Segundo **MILLER (1981)**, a eficiência técnica de um recurso ocorre quando permite máxima produção física, com produtividade marginal zero. A máxima eficiência econômica de um recurso ocorre no ponto onde o valor do seu produto marginal é igual ao preço. Esta igualdade é o caminho para o máximo lucro, pois a condição estabelecida pela teoria econômica para a maximização do lucro, num mercado competitivo, é a igualdade entre receita marginal (RM_g) e custo marginal (CM_g). A agricultura pode ser considerado um mercado competitivo.

Um critério de comparação deve permitir a seleção de uma alternativa de investimento entre outras, para implementação. A aceitação ou a rejeição do investimento envolve o conhecimento do perfil do risco e dos julgamentos subjetivos, por parte do tomador da decisão, tais como as preferências e atitudes diante da incerteza (**MARCHETTI, 1995**).

Existem dois tipos de critérios para a avaliação econômica. Os critérios integrais oferecem um padrão único e completo para avaliação. Os parciais abrangem aspectos econômicos limitados e devem ser combinados com outros coeficientes para avaliação geral do projeto. (**LANNA, 1991**).

Os critérios integrais são: Valor presente dos benefícios líquidos (VPBL), razão benefício/custo (B/C) e taxa interna de retorno (TIR). No valor presente dos benefícios líquidos os custos e benefícios são atualizados para o presente. Segundo **LANNA (1991)**, este critério verifica as contribuições econômicas globais do projeto, em valores no presente. Para **MISHAN (1976)**, este índice informa sobre a rentabilidade absoluto do projeto. O projeto em análise se justifica quando o VPBL for maior que zero ($VPBL > 0$). Tem uma certa dificuldade de análise devido a necessidade de conhecimento da taxa de desconto.

O critério da relação (B/C) informa a viabilidade relativa do projeto, ou seja, o rendimento gerado para cada unidade monetária aplicada no projeto (**MISHAN, 1976**). Este quociente avalia quanto o projeto remunera por unidade de investimento (**SASSONI & SCHAFFER, 1978**). Para **LANNA (1991)**, apesar dos problemas, esse critério deverá ser

utilizado quando se acha em pauta a seleção de vários entre um conjunto de projetos alternativos independentes e não exclusivos, havendo restrições orçamentárias.

A taxa interna de retorno é a taxa de desconto que torna o valor presente dos benefícios e custos exatamente igual a zero. Um investimento é viável quando a sua TIR excede outras taxas de rendimento através das quais o investidor pode conseguir recursos financeiros. A taxa interna de retorno é a taxa de desconto que resultaria em um $VPBL = 0$ ou $B/C = 1$ na aplicação de um projeto. O critério estabelece a rentabilidade do projeto. Se ela for maior que a rentabilidade requerida, expressa pela taxa de descontos, o projeto é economicamente viável. A remuneração do capital representa a rentabilidade desse capital se empregado em outra atividade, ou seja, seu preço sombra ou custo de oportunidade.

A taxa de desconto interpreta o custo de oportunidade do capital para o investimento, ou seja, a rentabilidade do investimento alternativo com o mesmo nível de risco. **BRASIL (1987)**, afirma que na avaliação econômica de projetos de irrigação, recomenda-se, em geral, usar juros de 10% ao ano, sobre o valor médio dos equipamentos. Como o valor dos equipamentos se reduz ano a ano, a quantia a ser paga com juros diminuirá automaticamente, com o passar do tempo. Dessa forma o juro anual deverá ser calculada sobre o valor médio dos equipamentos.

CHEN & WALLENDER (1984), ao fazer uma análise econômica de projetos de irrigação por aspersão convencional, utilizaram uma vida útil de 20 anos dos equipamentos e taxa de desconto de 12% ao ano, resultando um fator de recuperação de capital igual a 0,134. Segundo **LANNA (1991)**, o fator de recuperação do capital é a fração que deve ser amortizada anualmente referente a um empréstimo feito no presente.

A depreciação é a perda gradual do valor inicial do equipamento ao longo do seu tempo de uso ou vida útil. Essa perda é causada pelos desgastes e avarias que os mesmos sofrem devido ao uso e a obsolescência tecnológica (**HOFFMANN et al., 1987**).

Segundo **JESUS & CURCIO (1989)**, a identificação de áreas propícias para irrigação numa região transcende à simples identificação da aptidão agrícola dos solos, envolvendo também outras considerações, como topografia, dotação de infra-estrutura, organização do espaço, etc. e, especialmente, disponibilidades hídricas e aspectos econômicos.

OLIVEIRA (1990) recomenda que mesmo quando os estudos indiquem a necessidade de irrigar é importante ter em vista que a adoção da irrigação deve ser feita após análise de

viabilidade econômica específica para cada projeto considerado. **WINTER (1976)**, afirma que em climas menos rigorosos a irrigação suplementar pode aumentar a produtividade e a qualidade do produto de forma proporcional ao custo.

O efeito do déficit hídrico sobre o rendimento econômico, para **CUNHA & BERGAMASCHI (1992)**, depende da intensidade deste, da duração, da época do ciclo da cultura e suas interações com outros fatores que afetam o rendimento final. Assim, estabelecer o momento exato de irrigar evita prejuízos por déficit hídrico, economia nos gastos energéticos, mão-de-obra, dimensionamento da necessidade de equipamentos e o uso racional da água.

BERNUTH (1983), pesquisando a quantidade de água aplicada num cultivo para maximização econômica em condições de restrição de água, encontrou que a quantidade é uma função quadrática da lâmina de água utilizada pela cultura. Constatou, também, que esta lâmina total média apresenta-se normalmente distribuída.

São necessários esforços para tornar realistas os projetos de irrigação que passam necessariamente pelas análises econômicas e financeiras. Estas análises dão a viabilidade econômica do projeto. Na análise econômica e financeira dos projetos de irrigação, interessa saber o custo final das obras com seus equipamentos mecânicos e elétricos. Interessa saber, também, os custos de operação e de manutenção dos diversos componentes do projeto. O autor identifica, nos custos de um projeto de irrigação, dois componentes distintos: custos para permitir a distribuição da água na área irrigada e custos fora da área que permitem o transporte da água desde o ponto de captação até a entrada da parcela irrigável.

Os investimentos na irrigação dentro da parcela irrigada permitem um certo grau de padronização ou tipificação que permitiria estabelecer referenciais de custos unitários (por hectare) razoavelmente confiáveis. Já para os custos de captação e transporte não existe tipificação, por que não existem duas instalações que sejam técnica e economicamente iguais.

Num trabalho conduzido para avaliar a otimização econômica do sistema de irrigação por aspersão portátil de tubos de alumínio, **GOHRING & WALLENDER (1987)** concluíram que o máximo lucro é obtido quando a aplicação da lâmina de água for 5 a 15 cm abaixo do valor necessário para a obtenção da máxima produtividade.

ROCHA (1988) apresenta custos de irrigação típicos, dentro da parcela irrigada, de US\$ 1380.ha⁻¹ e US\$ 955,40.ha⁻¹ para sistema de irrigação pivô central e autopropelido, respectivamente. Apresenta também custos de irrigação nos projetos públicos de irrigação, no

Nordeste Brasileiro, que variam em função do tamanho do projeto, desde US\$ 4155.ha⁻¹ a US\$ 2388.ha⁻¹ para 60 e 200 ha, respectivamente. Nestes último caso, são também incluídos custos fora da área irrigada.

STIPPLER (1956) constatou custos decrescentes dos investimentos, por unidade de área, para projetos de sistemas de irrigação por aspersão convencional, à medida que aumenta o porte do projeto. **ROCHA (1988)** e **AGUIRRE et al. (1989)** também constataram a mesma coisa para projetos públicos de irrigação no Nordeste Brasileiro. **KUMAR et al. (1992)** fez uma análise econômica de sistemas de irrigação por aspersão: pivô central, autopropelido e convencional através de modelos de custo. Verificou através da análise de sensibilidade que os três modelos de custos foram muito sensíveis ao preço de mercado da produção, dos insumos e dos equipamentos. Para a taxa de desconto, a área irrigada e a necessidade de irrigação suplementar os modelos foram sensíveis e para os custos de energia, moderadamente sensíveis.

Um estudo realizado por **LANNA (1991)**, para as condições edafoclimáticas do Brasil Central, concluiu que os investimentos médios necessários para um sistema de irrigação por aspersão convencional é igual a US\$ 2236.ha⁻¹ e para um sistema de pivô central igual a US\$ 2008.ha⁻¹. **ZOCOLER (1994)**, por sua vez, ao avaliar o investimento anual necessário na irrigação por aspersão convencional, em Piracicaba - SP, encontrou valores variando entre US\$ 267,67.ha⁻¹.ano⁻¹ a US\$ 174,93. ha⁻¹.ano⁻¹, dependendo do espaçamento, pressão de serviço, uniformidade de distribuição e diâmetro dos bocais dos aspersores. **CARLESSO (1993)**, nas condições de solo e clima da Depressão Central do Rio Grande do Sul, apresenta o custo do sistema de irrigação semiportátil igual a US\$ 378,47. ha⁻¹.ano⁻¹, US\$ 355,13. ha⁻¹.ano⁻¹ e US\$ 317,18. ha⁻¹.ano⁻¹ para o nível de manejo da irrigação ao limite inferior de disponibilidade hídrica nas tensões de -30, - 50 e - 900 kPa, respectivamente.

O agricultor **CONTE (1992)** relata que na cultura do milho, na região sul do Rio Grande do Sul, irrigado pelo método de gravidade teve um investimento com a irrigação de US\$ 90,00.ha⁻¹ e um lucro líquido de US\$ 780,61.ha⁻¹. Porém, não teve custos com energia. Também não realizou depreciação nem amortização do capital investido. **KAISER (1984)**, num estudo de irrigação na soja em várzeas do Mato Grosso, obteve retornos líquidos negativos na ordem de US\$ 167,94 .ha⁻¹ para o tratamento com irrigação na semeadura, segundo nó e floração e US\$ 237,48 por ha de retornos líquidos positivos para o tratamento de irrigação no limite hídrico inferior igual a - 60 kPa.

No Programa Nacional de Irrigação, elaborado por **BRASIL (1986)**, aparecem estimativas dos custos médios de investimentos com sistemas de irrigação. Nas parcelas irrigadas por autopropelido este seria de US\$ 800.ha⁻¹ e US\$ 1000. ha⁻¹ para pivô central.

Segundo **SCALOPPI (1985)**, o volume de água a ser aplicado, a energia hidráulica requerida pelo sistema de irrigação e a eficiência total do sistema de bombeamento definem o requerimento total de energia de uma cultura irrigada. Descreve que alguns tipos de sistemas por aspersão, como o autopropelido e o pivô central, somente apresentam desempenho adequado quando operam sob pressões elevadas, constituindo-se, portanto, em grandes consumidores de energia.

Fazendo um estudo comparativo entre custos de irrigação com energia elétrica, fóssil e biomassa **SCALOPPI (1985)**, encontrou custos 598, 933 e 859% maiores para conjunto motobomba acionados à diesel, gasolina e álcool, respectivamente, do que o acionamento elétrico. Porém, hoje pode-se esperar outros custos relativos visto que desde 1985 para cá os preços relativos destas fontes energéticas alteraram-se significativamente. Neste mesmo trabalho, apresenta dados que permitem concluir que sistemas de aspersão consomem em torno de dez vezes mais energia do que sistemas de irrigação por superfície.

BRASIL (1987) apresenta um tabela de equivalência entre motores a diesel e elétricos quanto ao consumo. Por exemplo, um motor de 100 cv consome 22,57 litros de diesel por hora, enquanto o motor elétrico consome 81,80 kWh. Um motor de 200 cv consome 45,14 litros de diesel por hora, enquanto o motor elétrico consome 164 kWh, ou seja, 0,2257 l.cv⁻¹ e 0,818 kWh.cv⁻¹, para motor diesel e elétrico, respectivamente.

MELO (1993), estudando sistema de irrigação aspersão convencional semiportátil, autopropelido e pivô central, em Minas Gerais, verificou que os gastos com energia foi o item de maior participação relativa na composição dos custos variáveis de todos os tipos de sistemas estudados.

LANNA (1991) encontrou para o Brasil Central gastos anuais médios, por hectare, com energia elétrica na ordem de US\$ 134,26 e US\$ 94,30 para aspersão convencional e pivô central, respectivamente.

Existem três categorias de tarifas para energia elétrica: tarifa horo-sazonal azul, tarifa binômica verde e tarifa monômica amarela, respectivamente aplicada a grandes médios e pequenos consumidores. A tarifa dos grandes consumidores varia com a estação e a hora de consu-

mo. A tarifa binômica verde atende a consumidores com potência instalada superior a 50 kW e demanda inferior a 500 kW. A tarifa monômica amarela é aplicada apenas sobre o consumo e se destina a pequenos consumidores. Quanto maior a proporção do consumo de energia no horário de ponta, maior é o preço médio do kWh consumido, para ambas as tarifas (azul e verde). Afirmam também que para baixos fatores de carga, o preço médio da tarifa azul é maior em relação a tarifa verde. Alertam ainda que o preço médio das tarifas azul e verde dependem da relação consumo de ponta sobre consumo total, pois quanto maior for o consumo no horário de ponta, maior será o preço do kWh.

Os custos variáveis abrangem os dispêndios com energia, mão-de-obra, lubrificação, reparos dos equipamentos e da infra-estrutura utilizados na operação do sistema. Segundo **ROCHA (1988)**, o custo de manutenção dos equipamentos varia com a idade da máquina e do regime de trabalho a que está submetida.

Os gastos anuais com manutenção e reparos tem por finalidade manter o sistema de irrigação em condições adequadas de uso. A manutenção ocorre de maneira preventiva, enquanto os reparos são de difícil previsão e, conseqüentemente, de difícil estimativa de gastos. Neste sentido, **THOMPSON et al. (1980)** sugerem que se deva considerar os gastos anuais com manutenção e reparos como uma percentagem do investimento no sistema de irrigação. Autores como **PAIR et al. (1969)**, **THOMPSON et al. (1980)** e **BRASIL (1987)** sugerem um valor de 4% a.a. (ao ano) sobre equipamentos de irrigação e 1,25% a.a. sobre obras de infra-estrutura. O Programa Nacional de Irrigação **BRASIL (1986)** sugere valores mais detalhados e específicos: estação de bombeamento 0,5 a 1,5% a.a.; bomba centrífuga 3,0 a 5,0% a.a.; motor elétrico 1,5 a 2,5% a.a.; tubos de PVC enterrados 0,25 a 0,75% a.a. e para aspersores móveis 5,0 a 8,0% a.a.

Num estudo para avaliar a produção de cana de açúcar sob irrigação, na Tailândia, **BRZESOWSKY & VILSTEREN (1988)** encontraram valores de manutenção e conservação anuais de 2% do custo de investimento. Neste mesmo estudo os autores encontraram uma relação B/C entre 1,5 a 2,6.

BRITO & SCALOPPI (1986) e **PIZYSIEZNIG et al. (1992)** concluíram, para as condições de Guaíra - SP, que os custos variáveis pesam mais que os custos de investimento. Nos custos variáveis, o custo de energia elétrica foi responsável por 60 %, em média. Desta forma, o parâmetro mais importante na tomada de decisão é o custo operacional e não o custo de investimento. Verifica-se, assim, que o dimensionamento e manejo do sistema são de impor-

tância fundamental. Os mesmos autores recomendam que se deve ter cautela com relação à possibilidade de aumento do emprego de mão-de-obra pela implantação de lavouras irrigadas. Os trabalhos mostraram que a participação da mão de obra nos custos totais de produção é muito pequena, devido aos baixos salários e automação dos sistemas. Porém, no momento em que os custos de investimentos forem muito significativos, pode-se optar por sistemas que priorizam a mão-de-obra.

Num estudo de análise econômica da irrigação na cultura do milho, **CARLESSO (1993)** encontrou que a maximização econômica é atingida quando o manejo da irrigação é realizado ao nível de 78% do potencial produtivo da cultura. Porém, deve ser ressaltado que nesta análise o autor considerou que a cultura completa o ciclo sem a ocorrência de chuva.

FEPAGRO (1996) apresenta um custo de produção da lavoura de milho convencional igual a US\$ 422,25 por ha e para lavoura mecanizada, com produtividade base 4500 kg.ha⁻¹, de US\$ 619,78. **TSUNECHIRO (1995)** apresenta uma estimativa de custo operacional do cultivo do milho em São Paulo: safra de verão e plantio na época normal e uso de alta tecnologia (mais de 4000 kg.ha⁻¹), US\$ 348,17 por ha; safrinha, plantio normal e uso de alta tecnologia (mais de 3000 kg.ha⁻¹), US\$ 217,62 por ha; safrinha, plantio tardio e uso de baixa tecnologia (menos de 2200 kg.ha⁻¹), US\$ 172,06 por ha, apresentam uma receita líquida, por hectare, de US\$ 143,07, US\$ 210,46 e US\$ 127,83 respectivamente.

Num estudo aplicando a teoria do portfólio, **BEZERRA (1991)** constatou que o produtor típico de Passo Fundo tem tendência de aversão a risco. Constatou também que a soja parece ser a cultura de menor risco. As áreas associadas a baixa variância e expectância de lucro apresentam o cultivo exclusivo de soja e milho. O mesmo autor encontrou, em seus estudos, resultados que indicam que o produtor agrícola prefere adotar planos de exploração que não resultem em grandes risco. Ele prefere um lucro menor, em troca de um risco também menor. Conclui também, que com de risco relativamente baixo é possível obter rendimentos físicos bem superiores às médias do estado. Deve-se ressaltar que as condições edafoclimáticas, nível tecnológico e educacional dos produtores rurais de Passo Fundo está bem acima da média do estado.

O aumento do nível tecnológico, por parte dos produtores, aumentaria as produtividades das principais culturas, ensejando uma razoável rentabilidade ao seu capital, sem grande aumento do risco. Para que o milho passe a participar com mais intensidade nos planos de exploração agrícola de menor risco que são adotados pelos agricultores, é necessário que a vari-

abilidade do seu rendimento seja diminuída (BEZERRA, 1991). Isto se consegue com irrigação.

CUNHA & BERGAMASCHI (1992) afirmam, que em situações de recursos escassos, a otimização do uso da água no milho, de mão-de-obra, equipamentos e despesas operacionais podem ser conquistadas quando o cultivo for semeado em época preferencial para cada região e pela aplicação da irrigação após início do pendramento. Porém, recomendam, se necessário, irrigar antes. Logo, vê-se que o sistema de irrigação deve estar disponível durante todo período do ciclo da cultura, ou seja, custos com depreciação de equipamentos existirão.

São poucas e vagas as citações de que, para aumentar a produtividade e, por consequência, a produção para a cultura da soja, seja a irrigação a técnica indicada. Parece que há um consenso entre técnicos e pesquisadores de que a irrigação na soja, para as condições de solo e clima do Rio Grande do Sul, não se justifica economicamente. Esta opinião está embasada na teoria de que a soja suporta muito bem déficit hídricos brandos; porém, entre os leigos e os meios de comunicação de massa, existe a recomendação toda vez que ocorre uma estiagem. Já para a cultura do milho, a pesquisa recomenda a irrigação como um seguro agrícola e para aumento de produtividade, porém, não indica qual nível de manejo a ser adotado e nem faz análise da economicidade desta técnica.

3.3.1 - Análise econômica sob risco

Como a incerteza é uma situação dada e comum na agricultura, a média dos valores observados geralmente não espelha a realidade. Os fenômenos ficam melhor caracterizados através da análise de frequências (CONTINI et al., 1984). Porém, o problema é determinar como incorporar o risco na tomada de decisões. PRECKEL & DE VUYST (1992) afirmam que nas tomadas de decisão onde o risco é importante, as informações de probabilidades devem ser incorporadas descrevendo-se a distribuição de eventos aleatórios que afetam os retornos das decisões alternativas.

No contexto do planejamento com informações escassas ou usando um conjunto de informações prováveis, pode-se observar que o risco e incerteza são inerentes aos sistemas de recursos hídricos e, conseqüentemente, ao planejamento dos recursos hídricos (DORFMAN, 1985). Os métodos para tratar com o risco e incerteza podem ser classificados em duas categorias principais: determinísticos e estocásticos, quando os riscos são estimados explicitamente ou implicitamente.

Segundo **VIEIRA (1978)** e **DORFMAN (1985)**, as análises determinísticas para incorporar a incerteza usualmente empregados e, que se encontram na literatura, são: certeza equivalente, desconto do risco, limitação da vida útil do projeto, projeções conservadoras; maxi-min; mini-max; análise de sensibilidade e fator (coeficiente) de segurança.

As análises estocásticas usam técnicas mais sofisticadas, como: a) valor esperado; b) programação com mudanças nas restrições, que é baseada em uma definição prévia do risco aceitável, em termos de violação das restrições (**WAGNER , 1975**); c) entropia, que é uma medida do grau da incerteza de um resultado particular de um processo (**AMOROCHO & SPILDORA, 1972**); d) utilidade esperada, através do uso da esperança matemática a função utilidade pode incluir, implicitamente, a preferência de risco da população que, segundo **HILLIER (1963)**, é uma medida ideal do mérito de um investimento sob o ponto de vista teórico, infelizmente, utilidade é um conceito subjetivo, deste modo, a medição da utilidade é uma tarefa difícil; e) funções de penalidade ou dano podem ser incluídas nas funções objetivo para penalizar os erros ou desvios dos níveis esperados (**DORFMAN, 1985**); f) custo da incerteza que pode ser definido como a soma dos custos dos erros e o custo da informação adicional (**JOHNSON, 1971**).

MARKOWITZ (1952) e **SHAPE (1978)** definem risco como a distribuição de probabilidades dos futuros retornos do investimento. Para **MARCHETTI (1995)**, risco é a variabilidade do retorno, ou instabilidade dos possíveis retornos de um investimento. O risco que se pode correr depende do valor econômico do cultivo. Segundo **GRASSI (1968)**, para a agricultura irrigada, na qual se realizam inversões consideráveis, deve-se trabalhar com uma probabilidade de 80%. Já, Poirée & Ollier apud **SILVA (1976)**, sugerem que o melhor nível de risco a ser suportado pelo agricultor deve ser determinado experimentalmente, comprovando o valor da produção com as diversas quantidades de água calculadas em função das frequências de ocorrências.

PIZYSIEZNG F^o et al. (1992) afirmam que o risco econômico da atividade agrícola pode ser decomposto em duas componentes: variabilidade de produção e variabilidade de preços. A irrigação reduz ou elimina as perdas por déficit hídrico. Com relação ao risco de preços, a redução da sazonalidade causada pela irrigação é uma grande contribuição para a estabilidade de preços. Porém, varia também em função da água disponível, dos coeficientes insumo produto e da quantidade de água necessária por unidade de produto.

A análise econômica verifica se os bens e serviços resultantes de um projeto em análise justificam os investimentos. Para fazer uma comparação entre alternativas, devem estar: em base comum de valores, tempo e certeza. **MARCHETTI (1995)** cita que na avaliação de investimentos produtivos, a abordagem determinística, toma por base informações tidas como certas. Em consequência, produz um único valor para as medidas de decisão e não inclui estimativa quantitativa do risco. A abordagem probabilística produz, como resultado, uma distribuição de probabilidades das medidas de mérito, quantificando o risco de todo investimento.

Segundo **BOSCH et al. (1987)**, a abordagem econômica para avaliar a alocação da água de irrigação tem duas vertentes: primeiro, considerar o ambiente incerto e dinâmico; segundo, reconhecer a importância central do irrigante, sendo assim, as metas como maximização do lucro e minimização dos riscos devem ser enfatizados. Reconhecem, ainda, que as informações limitadas que os irrigantes têm afetam os retornos da irrigação. O mesmo autor afirma que, outras questões, como a decisão de investir ou não num sistema de irrigação, são mais importantes para irrigantes reais ou potenciais. Para **MARCHETTI (1995)**, sob incerteza, o que é relevante para a ação não é o ambiente em si, objetivo, mas o ambiente como o decisor o vê, subjetivo e ao qual ele reage. Neste sentido **DORFMAN (1985)**, estudou o efeito da escassez de informações ambientais e econômicas sobre o resultado do projetos de irrigação, aplicando processos estocásticos e geração montecarlina para incorporar a incerteza do comportamento das variáveis ambientais e econômicas. Quando testou o modelo num projeto público de irrigação no Nordeste Brasileiro, verificou que quando as informações dos parâmetros de solo variavam em 100% os custos totais oscilavam apenas 25%. Quando fez variar os valores da demanda evaporativa média em 75% os custos totais oscilavam em 65%.

A atividade agrícola é afetada por um grande número de riscos e incertezas que têm sua origem nas oscilações ambientais. Além disso, existe o risco econômico ou de mercado, derivado de mudanças no preço dos produtos ou dos insumos e nas oportunidades de mercado. O nível de risco pode ser diminuído através da irrigação (**FRANKE, 1990**), planejamento agrícola (**MATZENAUER et al., 1989**), diversificação e rotação de culturas (**SILVA & DHEIN, 1994**) ou melhorar o manejo das informações meteorológicas disponíveis.

Através desta breve consulta à literatura, verifica-se que existem inúmeras técnicas, métodos e modelos para incorporar a questão do risco e incerteza nas análises econômicas. Todas estas técnicas, métodos ou modelos têm sua validade e aplicabilidade em função dos

objetivos da análise, volumes de recursos envolvidos e níveis de segurança que os projetos devem apresentar.

4 - METODOLOGIA

4.1 - Local de estudo

O presente estudo teve como abrangência as regiões agroecológicas das Missões e Planalto Médio do Estado do Rio Grande do Sul. Conforme **MALUF & MATZENAUER (1995)**, situando-se na faixa subtropical do Hemisfério Sul, onde recebe forte insolação e está sob ação de massas de ar úmidas (Polar, Tropical Atlântica e esporadicamente a Tropical Continental), provenientes das altas latitudes e do Atlântico Sul. Os fatores geográficos e climáticos associam-se para estabelecer uma distribuição pluviométrica quase homogênea e uniforme. Os valores médios de totais precipitados situam-se entre 1500 a 2000 mm anuais. O clima predominante nas duas regiões, segundo a classificação climática de Köeppen, é Cfa.

As culturas principais da região, milho e soja, dependem das condições pluviométricas para atendimento de suas demandas hídricas. Isto acarreta, com certa freqüência, perdas de produtividade.

A classe de solo predominante para a região agroecológica das Missões é o Latossolo Roxo distrófico textura argilosa (Unidade de Mapeamento Santo Ângelo). Segundo **BRASIL (1973)**, predominam solos profundos (mais de 200 cm), podendo atingir 400 cm, são geralmente bem drenados, friáveis e de coloração vermelha escura, com baixa fertilidade natural. Apresentam relevo ondulado com substrato basalto. Para a região agroecológica do Planalto Médio predomina o Latossolo Vermelho Escuro distrófico e textura argilosa (Unidade de Mapeamento Passo Fundo), que são solos profundos (mais de 250 cm), argilosos, bem drenados, de coloração avermelhada e muito friáveis. Normalmente, há o desenvolvimento de um horizonte B laterítico, podendo apresentar ligeira podzolização. Fertilidade natural fraca (**BRASIL, 1973**). Na Figura 4.1, podem ser visualizadas as duas regiões agroecológicas de interesse.

4.2 - Obtenção dos dados meteorológicos

Os dados meteorológicos básicos utilizados neste estudo foram extraídos dos registros diários do 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura. Coletou-se, para cada uma das estações, os registros diários de uma série histórica de 10 anos consecutivos, correspondentes ao período de 1981 a 1990, inclusive.

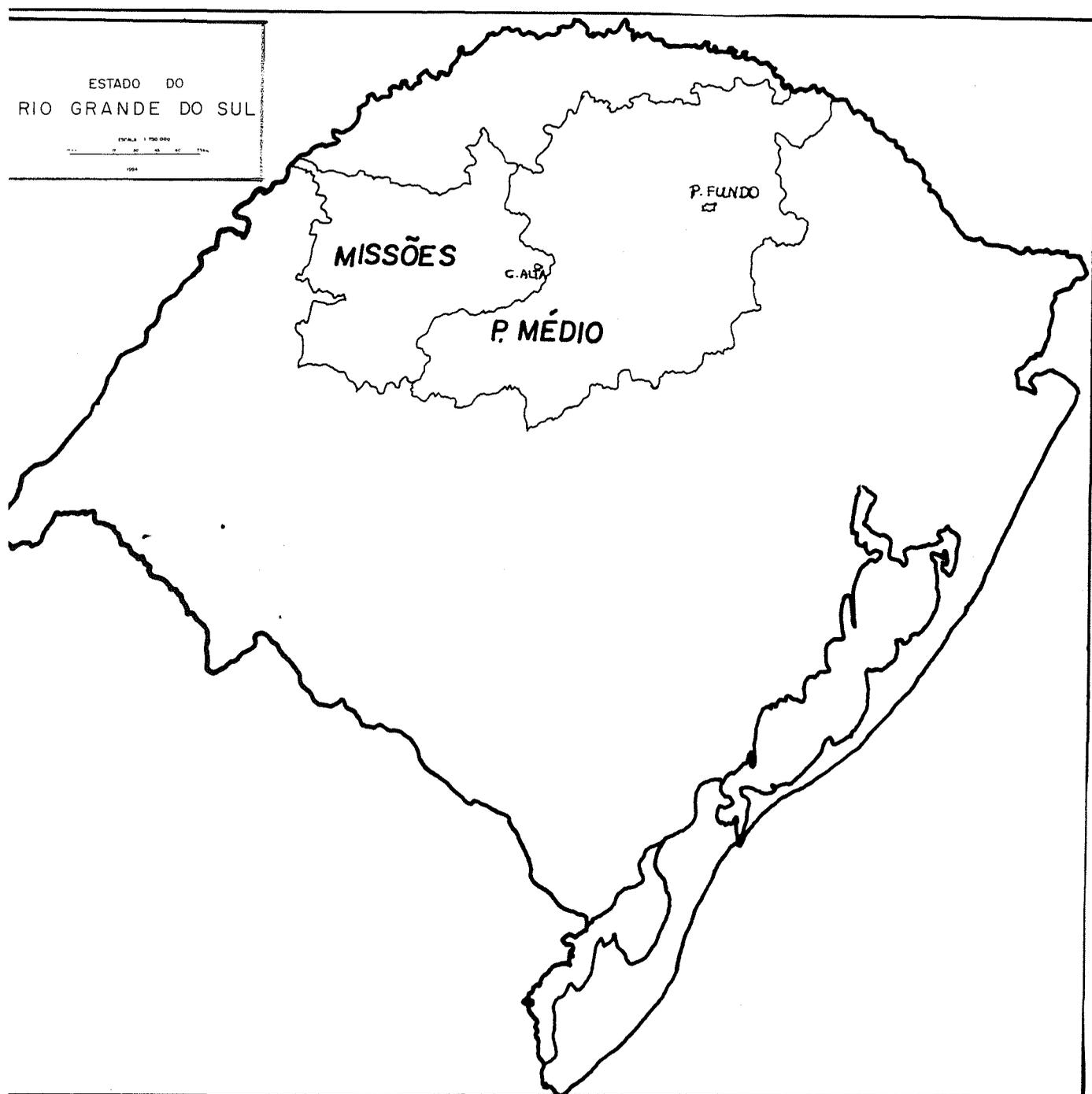


FIGURA 4.1 - Localização das estações meteorológicas e abrangência de ocorrência das regiões agroecológicas das Missões e Planalto Médio, no Estado do Rio Grande do Sul (Adaptado de MALUF & MATZENAUER, 1995).

4.2.1 - Localização e descrição das estações meteorológicas

a) Estação Meteorológica de Cruz Alta - RS

As variáveis meteorológicas que tiveram seus dados coletados foram: precipitação, insolação, temperatura do ar, umidade relativa, evaporação (evaporímetro de Piche) e velocidade do vento.

Esta estação forneceu os dados meteorológicos básicos para a condição agroecológica das Missões, apesar de estar localizada no limite com o Planalto Médio. Caracteriza-se pelas seguintes coordenadas geográficas: Latitude 28°38'21" S, Longitude 53°36'34" W e altitude de 473 m. Apresenta clima subtropical úmido (Cfa), com chuvas todos os meses, em que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês mais frio oscila entre -3 e 18 °C. A isoterma anual é inferior a 18 °C (BRASIL, 1973).

b) Estação Meteorológica de Passo Fundo - RS

A estação de Passo Fundo caracteriza-se pelas seguintes coordenadas geográficas: Latitude 28°15'39" S, Longitude 52°24'33" W e altitude de 678 m. Apresenta clima subtropical úmido (Cfa), com chuvas todos os meses, em que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês mais frio oscila entre - 3 e 18 °C. A isoterma anual é inferior a 18 °C (BRASIL, 1973). Na Figura 4.1 pode ser visualizada a localização das estações meteorológicas.

4.3 - Balanço hídrico

Através do cálculo do balanço hídrico diário realizado de acordo com o método proposto por DOORENBOS & KASSAN (1979), determinou-se a evapotranspiração potencial e necessidade de irrigação para as cultura de milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* L. Merrill) em duas importantes regiões agroecológicas do Estado do Rio Grande do Sul: Planalto Médio e Missões, representadas respectivamente por solos da Unidade de Mapeamento Passo Fundo e Santo Ângelo. Este modelo considera informações referentes ao clima, solo e cultura quais sejam:

4.3.1 - Parâmetros climáticos

Foram utilizadas séries de dados disponíveis, para os postos meteorológicos de Cruz Alta como representativo da região das Missões e de Passo Fundo, como representativo do Planalto Médio.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada diariamente, utilizando-se o método de PENMAN (1948), com a simplificação do termo aerodinâmico (função do déficit de saturação do ar e velocidade do vento) proposta por STANHILL (1963), o qual será substituído pela evaporação do evaporímetro de Piche, para os dados do posto agrometeorológico de Passo Fundo, conforme:

$$ET_o = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} \cdot \frac{Q}{59} + (a + b \cdot E_{pi})}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1} \dots\dots\dots [4.1]$$

onde: ET_o = Evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹); Δ = tangente à curva de tensão de saturação de vapor da água à temperatura do ar (mm Hg . °C⁻¹); γ = constante psicrométrica (mm Hg . °C⁻¹); Q.59⁻¹ = saldo de radiação líquida (mm de evap. equivalente); a, b = coeficientes do local (ver tabela 3.1); E_{pi} = evaporação de Piche (mm.dia⁻¹).

O cálculo da razão entre a tangente à curva de tensão de saturação de vapor de água e a constante psicrométrica é dada pela expressão:

$$\frac{\Delta}{\gamma} = \frac{306040 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times T}{237,5 + T}\right)}}{(237,5 + T)^2} \dots\dots\dots [4.2]$$

onde : T = temperatura média do ar (°C)

O saldo de radiação líquida disponível foi calculado pela expressão:

$$\frac{Q}{59} = \left[Q_o \left(0,23 + 0,46 \frac{n}{N} \right) (1 - r) \right] - \left[1,19 \cdot 10^{-7} K^4 (0,56 - 0,062 \sqrt{e_a}) \left(0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right) \right] \dots\dots\dots [4.3]$$

onde: Q_o = radiação solar no topo da atmosfera (função da latitude e época do ano); n = horas de brilho solar (h); N = duração astronômica do dia (h); r = albedo; K = temperatura média (°K); e_a = tensão parcial de vapor (mm Hg), calculada pela expressão:

$$e_a = \frac{U_r \cdot e_s}{100} \dots\dots\dots [4.4]$$

onde: U_r = umidade relativa do ar (%); e_s = tensão saturante do vapor (mm Hg).

$$e_s = 4,5825 \cdot 10^{\frac{7,5T}{237,5T}} \dots\dots\dots [4.5]$$

onde: T ≡ temperatura média do ar (°C).

Para os dados meteorológicos de Cruz Alta, o termo aerodinâmico da eq. [4.1], foi substituído pela velocidade do vento calculado pela expressão;

$$Ea = 0,35 \left(0,5 + \frac{W_2}{160} \right) (e_s - e_a) \dots\dots\dots [4.6]$$

onde: W_2 = velocidade do vento tomado a 2 m acima do solo (km.dia⁻¹)

O cálculos diários de evapotranspiração de referência (ET_o) foram realizados através de uma planilha eletrônica de cálculo (Microsoft Excel 5.0). Os coeficientes a, b, c e d são característicos para cada posto meteorológico, conforme **BERLATO & MOLION (1992)**, podem ser visualizados na tabela 4.1.

TABELA 4.1 -Valores dos coeficientes para estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Penman, para a estação meteorológica de Cruz Alta e Passo Fundo, RS.

Estação Meteorológica	Parâmetro				
	a	b	c	d	albedo
Cruz Alta e Passo Fundo	0,23	0,45	0,23	0,46	0,24

Os valores de precipitação diária P_i foram alterados para considerar a lâmina efetiva de infiltração. Propõe-se usar o método de repartição proposto pelo **U.S. Soil Conservation Service (1975)**. Este método assume que a precipitação reparte-se em perdas iniciais, devido à interceptação e enchimento das rugosidades superficiais, no escoamento superficial e na infiltração. As perdas iniciais serão computadas pela fórmula:

$$P_{it} = \frac{5080}{NC} - 50,8 \dots\dots\dots [4.7]$$

O escoamento superficial é composto por:

$$P_{xt} = \frac{\left(P_t - \frac{5080}{NC} + 50,8\right)^2}{\left(P_t + \frac{20320}{NC} - 203,2\right)} \dots\dots\dots [4.8]$$

Como o método supõe que das perdas iniciais P_{it} 25% serão evaporadas e 75% infiltram-se, a chuva efetiva para recarregar o armazenamento no solo será:

$$P_{et} = P_t - P_{xt} - 0,25 \cdot P_{it} \dots\dots\dots [4.9]$$

onde: P_t = é o total de chuva precipitado durante o dia t (mm.dia⁻¹); P_{it} = é a perda durante o dia t (mm.dia⁻¹); P_{xt} = chuva excedente durante o dia t, escoada superficialmente (mm.dia⁻¹); P_{et} = chuva efetiva durante dia t (mm.dia⁻¹); NC = é o "Número Curva", cuja o valor varia entre 0 e 100, de acordo com o tipo de solo e cultivo, adimensional. Neste estudo adotou-se o valor de 82.

Quando $P_t \leq P_{it}$, $P_{et} = 0,75 \cdot P_t$

4.3.2 - Parâmetros de solo

Os solos encontrados na região de abrangência do estudo são latossolos roxo da Unidade de Mapeamento Santo Ângelo e Passo Fundo, para as Missões e Planalto Médio, respectivamente (BRASIL, 1973) .

Os valores de umidade à capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) foram obtidos das curvas características de retenção da água no solo, para os locais de interesse, nos trabalhos de BELTRAME et al. (1979), os quais estão apresentados na Tabela A.1 do Apêndice.

A capacidade de água disponível no solo, que representa a lâmina de água armazenada na camada radicular explorada pelas raízes, foi determinada através da relação:

$$CAD = \left(\frac{CC - PMP}{10}\right) \cdot h \dots\dots\dots [4.10]$$

onde: **CAD** = capacidade de água disponível no solo (mm); **CC** = umidade do solo à capacidade de campo (%); **PMP** = umidade do solo no ponto de murcha permanente (%); **h** = profundidade efetiva do sistema radicular (cm).

Assumiu-se que há variação da profundidade de exploração das raízes e, conseqüentemente, da CAD, desde um valor mínimo, na emergência, até um valor máximo na

fase de florescimento das culturas. A função matemática que expressa esta relação é uma reta. As informações de profundidade do sistema radicular foram obtidas dos trabalhos de (DOORENBOS & KASSAN, 1979; PETTER & RIGHES, 1992a; MATZENAUER, 1994), sendo adotado 50 e 60 cm para a soja e milho, respectivamente.

Foi considerada como água disponível (AD), para ser usada na evapotranspiração, a fração p_i da CAD que pode ser utilizado pelas culturas antes de se configurar um déficit hídrico maior que o estabelecido para o nível manejo, pela equação:

$$AD = p_i \cdot CAD \dots\dots\dots [4.11]$$

$$ARMCRI = (1 - p_i) \cdot CAD \dots\dots\dots [4.12]$$

onde: p_i = fração de esgotamento admissível da água no solo para o nível de manejo i ;
 ARMCRI = armazenamento crítico

A fração p_i da CAD foi usada para simular níveis de manejo da irrigação, representando um valor de tensão da água no solo, que possibilita uma percentagem do rendimento potencial da cultura em questão (ver Figura 4.2). Os níveis de manejo simulados através da fração p_i podem ser visualizados na Tabela 4.2, para cada cultura e ambiente. Deve-se frisar que uma cultura para manifestar seu potencial produtivo depende de fatores: ambientais, genéticos, de manejo e fertilidade do solo. Portanto, é difícil estipular este nível para sistemas de cultivo que recebem irrigação, visto que os ensaios de resposta das culturas ao nível de umidade disponível no solo são realizados com material genético que foi selecionado em função da tolerância às secas, entre outros. Mas, de uma maneira geral, pode-se concluir, pelos trabalhos de pesquisa consultados e concursos de produtividade de milho realizados pelas empresas produtoras de sementes e órgãos de assistência e extensão rural, que para a cultura do milho $10,0 \text{ t.ha}^{-1}$ e na soja $3,5 \text{ t.ha}^{-1}$ são produtividades potenciais das culturas.

TABELA 4.2 - Fração de esgotamento admissível da CAD adotados, para o milho e soja, em solo Passo Fundo e Santo Ângelo.

SOLO	CULTURA	Fração de esgotamento admissível da capacidade de água disponível				
		p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
Passo Fundo	Milho	0,1136	0,2000	0,5000	0,6295	0,9545
	Soja	0,1136	0,2500	0,5681	0,8409	0,8983
Santo Ângelo	Milho	0,1235	0,1877	0,4691	0,5996	0,9259
	Soja	0,1235	0,2345	0,5012	0,6321	0,7827

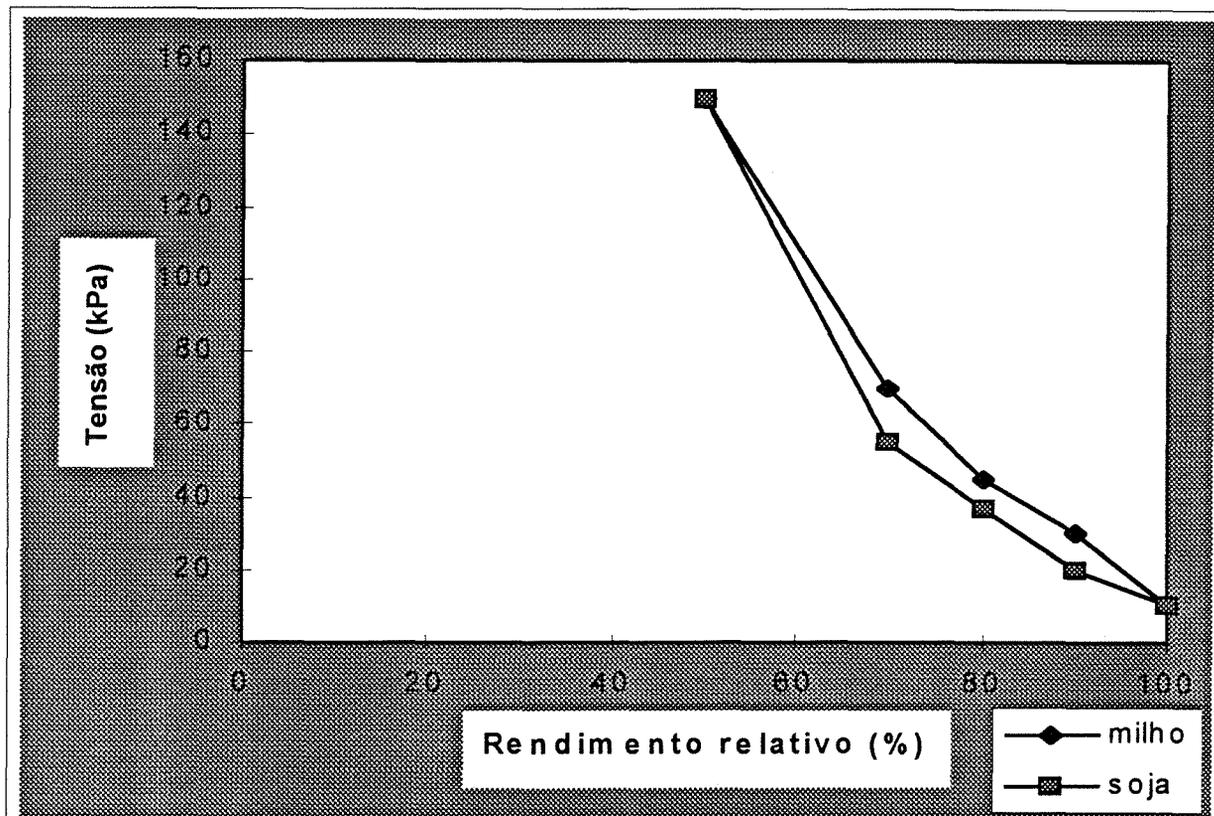


FIGURA 4.2 - Rendimento relativo do milho e da soja em função da tensão da água no solo (Adaptado de MILLAR, 1984; PETTER & RIGHES, 1992b; COLLARES (1994) e FERNANDES et al., 1996).

Cada fração de esgotamento p_i representa um limite inferior de disponibilidade hídrica no solo que garanta uma proporção da produtividade potencial da cultura, adaptado de HAGAN (1973), MILLAR (1984), SANTOS F^o et al. (1989), LAMB (1991), PETTER & RIGHES (1992b); COLLARES (1994) e FERNANDES et al. (1996) qual seja:

p_1 = 100% do rendimento potencial;

p_2 = 90% do rendimento potencial;

p_3 = 80% do rendimento potencial;

p_4 = 70% do rendimento potencial;

p_5 = 60% do rendimento potencial;

4.3.3 - Parâmetros de cultura

No Planalto Médio e Missões do Rio Grande do Sul o milho é semeado a partir dos meses de agosto a janeiro (FEPAGRO, 1996). Porém, em função do cultivo do trigo de inverno, a semeadura começa de forma significativa a partir de outubro até meados de dezembro. Neste estudo fixou-se épocas de semeaduras quinzenais, entre 1º de setembro e 15 de dezembro, visando submeter a cultura aos períodos mais prováveis de déficit hídrico (BELTRAME et al., 1979), fazendo coincidir déficits com subperíodos críticos das culturas.

Na cultura da soja, a época de semeadura recomendada é entre 15 de outubro e 10 de dezembro, na região do Planalto Médio e Missões (REUNIÃO, 1995). Neste estudo, fixou-se épocas de semeaduras quinzenais, entre 15 de outubro e 15 de dezembro, em função das mesmas razões mencionadas acima.

A duração do ciclo da cultura, com vistas às necessidades de irrigação, considerou-se entre a emergência e maturação fisiológica, sendo 118 dias no milho e 120 dias na soja.

4.3.4 - Coeficientes de cultura

Os coeficientes de cultura (K_c) utilizados foram os recomendados por DOORENBOS & KASSAN (1979); BERLATO & MATZENAUER (1985) COLLARES (1994), para os principais estágios de desenvolvimento de cada cultura. Estes são apresentados na Tabela 4.3 e Figura 4.3. A fase crítica ao déficit hídrico é o embonecamento e floração (DENMEAD & SHAW, 1960; DOORENBOS & PRUITT, 1975) para a cultura do milho e, para a soja, período de maior crescimento vegetativo e floração (SALTER & GOODE, 1967).

TABELA 4.3 - Coeficientes de cultura (K_c) para as culturas de milho e soja

Coeficiente de cultura	MILHO		SOJA	
	Duração do período	K_c	Duração do período	K_c
K_{cI}	Emerg - 30 DAE	0,54	Emerg. - 17 DAE	0,56
K_{cII}	30 DAE - 60 DAE	$= 0,03 + 2,0079 \cdot C^{(*)}$	17 DAE - 60 DAE	$= 0,1882 + 2,6235 \cdot C$
K_{cIV}	60 DAE - 86 DAE	1,05	60 DAE - 100 DAE	1,5
K_{cV}	86 DAE - maturação	$= 1,776 - 0,9963 \cdot C$	100 DAE - maturação	$= 1,998 - 0,5998 \cdot C$

(*) C = número de dias após emergência dividido pelo número de dias do ciclo total da cultura.

DAE = dias após emergência

Fonte: DOORENBOS & KASSAN, (1979); BERLATO & MATZENAUER, (1985) e COLLARES (1994).

4.3.5 - Cálculo do balanço hídrico

Para realização dos cálculos diários do balanço hídrico escreveu-se um programa computacional em linguagem C++, o qual pode ser visto no Apêndice 3. Os dados de entrada foram os parâmetros de solo e cultura, época de semeadura, chuva efetiva (P_{et}), evapotranspiração de referência (ET_0). O relatório de saída apresentado, como exemplo na Tabela A.4, contém a evapotranspiração máxima e lâmina de irrigação suplementar necessária para cada nível de manejo da irrigação, cultura, local e época de semeadura.

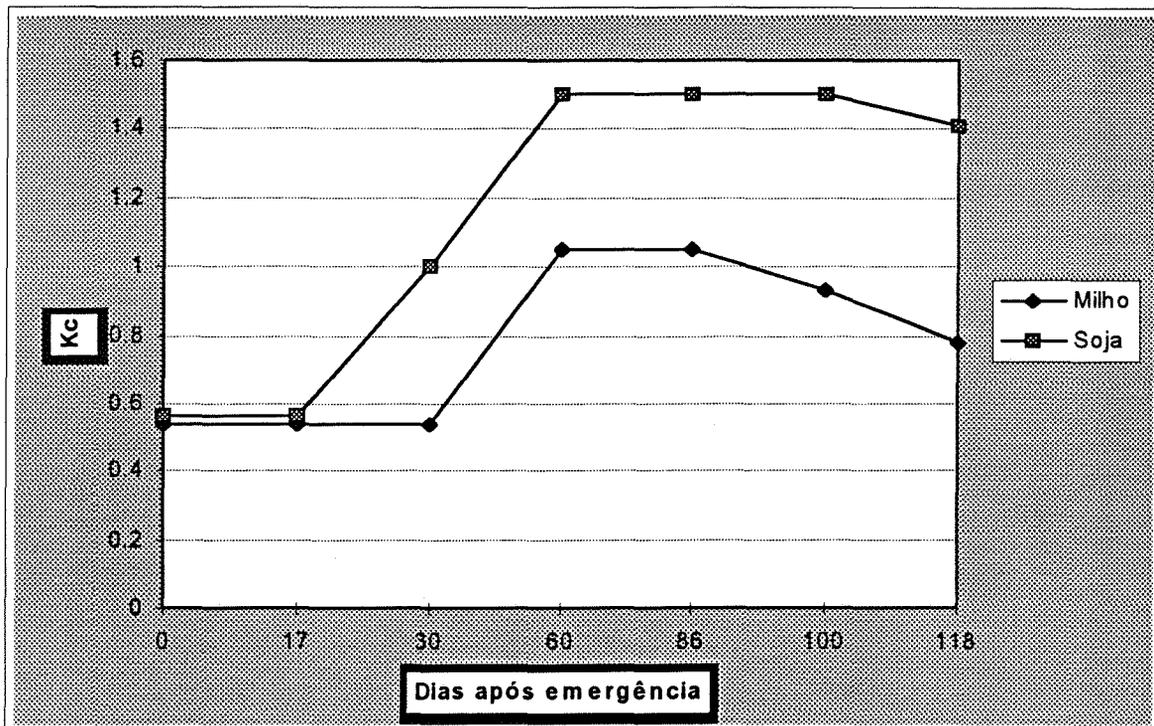


FIGURA 4.3 - Evolução do coeficiente de cultura (K_c) da soja e milho durante o ciclo (Adaptado de DOORENBOS & KASSAN, 1979; BERLATO & MATZENAUER, 1985; MATZENAUER, 1994 e COLLARES, 1994).

A evapotranspiração máxima (ET_m) foi calculada diariamente, a partir da expressão sugerida por DOORENBOS & KASSAN (1979), conforme:

$$ET_m = K_c \cdot ET_0 \dots\dots\dots [4.13]$$

onde: K_c = coeficiente de cultura.

O armazenamento da água no solo (ARM) era a lâmina definida pela capacidade de água disponível (CAD) e pelo limite inferior de disponibilidade (ARMCRI). Assim, quando o

armazenamento de água no solo atingia o limite inferior de disponibilidade, simulava-se a irrigação de uma lâmina (H) suficiente para tornar o armazenamento igual a CAD. Desta forma, quantificou-se as lâminas de irrigação necessárias para cada local, época de semeadura, cultura e nível de manejo do limite inferior de disponibilidade hídrica.

O armazenamento crítico (ARMCRI) foi calculado, diariamente, utilizando-se a eq. [4.12]. A variação crescente da CAD desde emergência até começo do florescimento, conforme descrito no item 4.3.2, foi expressa por uma relação linear, segundo a expressão:

$$CAD = a + b \cdot C \dots\dots\dots [4.14]$$

$$C = d \cdot D^{-1} \dots\dots\dots [4.15]$$

onde: **a** = CAD na emergência para cada solo; **b** = coeficiente angular da equação; **d** = período decorrido desde emergência (dias); **D** = período entre emergência e florescimento (dias).

Admitiu-se uma relação linear entre tempo, CAD e o crescimento, em profundidade, das raízes até atingir desenvolvimento vegetativo máximo (Vide Figura 4.4).

O armazenamento da água no solo (ARM) no primeiro dia do balanço foi:

$$ARM = CAD \dots\dots\dots [4.15]$$

Esta hipótese justifica-se devido à emergência das plantas, em condições de campo, ocorrer após uma chuva ou irrigação. Em seguida, os valores da CAD foram calculados diariamente, pela eq. [3.14], até a data do florescimento. Do florescimento ao final do ciclo considerou-se o armazenamento com valor máximo e constante, ou seja:

$$CAD = CADF \dots\dots\dots [3.16]$$

A seqüência de cálculos referentes ao armazenamento da água no solo (ARM) é apresentado a seguir:

a) Dia 1: $ARM_1 = CAD$

$$N_1 = 0$$

b) Dia 2, no caso de $P_{et} \geq ET_m$:

$$ARM_2 = ARM_1 + P_{et} - ET_m$$

⇨ Se $ARM_2 \leq ARM_{CRI}$, então:

$$H = (e_f \cdot N_1), \quad ARM_2 = CAD \text{ e } N_2 = 0$$

⇨ Senão: $N_2 = CAD - ARM_2$

Caso $N_2 < 0$, então: $N_2 = 0$

Caso $ARM_2 > CAD$, então $ARM_2 = CAD$.

c) Dia 2, no caso de $P_{et} < ET_m$:

$$N_2 = N_1 + ET_m - P_{et}$$

⇨ Se $N_2 \geq (p_i \cdot CAD)$, então:

$$H = (e_f \cdot N_2), ARM_2 = CAD \text{ e } N_2 = 0$$

⇨ Senão: $ARM_2 = CAD - N_2$

onde: ARM_1, ARM_2 = armazenamento de água no 1º e 2º dia, respectivamente; N_1, N_2 = armazenamento negativo acumulado no 1º e 2º dia, respectivamente; P_{et} = precipitação efetiva no dia t ; H = lâmina de irrigação suplementar simulada; e_f = eficiência de irrigação de 80% ($e_f = 1.25$).

A unidade considerada para todas as variáveis foi milímetro de água (mm). Para o dia 3, os cálculos seguiram de forma semelhante ao dia 2, com a substituição de N_1, N_2, ARM_1 e ARM_2 por N_2, N_3, ARM_2 e ARM_3 , respectivamente, e assim para todos os dias, até o final do ciclo da cultura (maturação fisiológica).

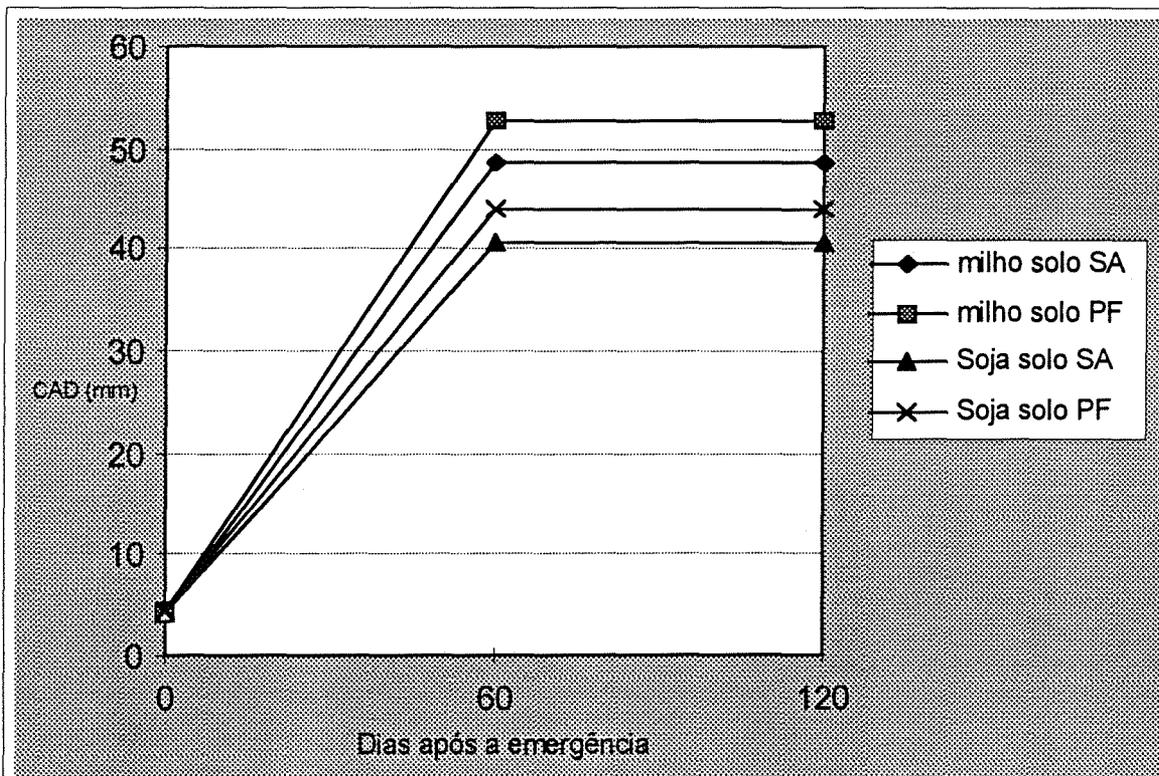


FIGURA 4.4 - Evolução da capacidade de água disponível, para as culturas de milho e soja, no solo Santo Ângelo (SA) e Passo Fundo (PF), durante o ciclo.

3.4 - Análise de risco

Os valores de lâmina de irrigação suplementar (H) para cada limite inferior de disponibilidade (p_i) testados, época de semeadura, cultura e região, foram ajustados a uma distribuição de probabilidade teórica. No caso, foi testado o ajuste à distribuição normal, cuja função de densidade de probabilidade é:

$$F(H) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(H-\mu)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots[4.18]$$

onde: $F(H)$ = função densidade de probabilidade da normal; H = lâmina de irrigação suplementar; μ = média de H; σ^2 = variância de H; σ = desvio padrão de H.

A verificação do ajustamento à distribuição normal foi realizada via "plotagem Q-Q", comparando-se os valores do coeficiente de correlação (r) da normalidade de Filliben calculado pela correlação entre H_i e Z_i com o coeficiente de correlação de FILLIBEN tabelado (Tabela A.5), para 1% de probabilidade. Sendo Z_i , segundo AITKIN et al. (1989), igual a:

$$Z_i = \frac{i - a}{(n + 1) - 2a} \dots\dots\dots[4.19]$$

onde: Z_i = posição de plotagem; i = ordem de ocorrência do evento i ; $a = 0,3195$; n = tamanho da amostra.

$$r = \frac{\sum(H_i - \mu) \cdot (Z_i - \nu)}{\sqrt{\sum(H_i - \mu)^2 \cdot \sum(Z_i - \nu)^2}} \dots\dots\dots[4.20]$$

onde: H_i = lâmina de irrigação no ano i ; μ = média de H_i ; ν = média de Z_i

Após o ajustamento à normal, da série (1981-1990) de lâmina de irrigação suplementar, obteve-se a lâmina de irrigação suplementar, com probabilidades de 98, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65 e 60 % de ocorrência, para cada local, época de semeadura, cultura e nível de manejo da irrigação. A estimativa do nível de risco (da lâmina de irrigação suplementar ser superada) obteve-se através da subtração da probabilidade de ocorrência de 100.

4.5 - Funções de resposta dos cultivos ao manejo da água

As funções de resposta das culturas aos diferentes níveis de manejo da irrigação foram obtidos dos trabalhos de HAGAN (1973), MILLAR (1984), SANTOS F^o et al. (1989), LAMB (1991), PETTER & RIGHES (1992b) e FERNANDES et al. (1996) para a cultura da soja e milho, respectivamente. As respostas das culturas, para cada nível de manejo da irrigação, multiplicado pelo preço mínimo da cultura, em US\$, apontará os benefícios econômicos. O rendimento das culturas sem irrigação foram obtidos do ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO RIO GRANDE DO SUL(1981-1990). Neste estudo, em função de uma série de estudos consultados na literatura, adotou-se como produtividade máxima (potencial), 10,0 t.ha⁻¹ para a cultura do milho e 3,5 t.ha⁻¹ para a cultura da soja.

4.6 - Análises econômicas

Os custos de produção, para cada cultura sem irrigação, foram obtidos dos estudos de SANTOS et al (1995) e estão apresentados na Tabela 5.19; para os níveis de manejo com irrigação, foram obtidos dos respectivos levantamentos dos custos de produção das FEPAGRO (1996) e REUNIÃO (1995). Os custos de irrigação foram somados aos custos de produção para obtenção do custo total de produção. No caso de culturas sem irrigação, o custo de irrigação foi zero.

Supôs-se que as culturas de milho e soja sejam irrigados por aspersão, sistema pivô central, que se encontra caracterizado na Tabela 4.5. Deve-se salientar que foi submetido à ASBRASIL S.A., para orçamento, uma situação hipotética de projeto, mas que se espera representar situações possíveis de irrigação no Planalto e Missões.

A escolha do método de irrigação por aspersão justifica-se pela topografia e tipo de solo da região de estudo não suportar métodos de superfície. O sistema pivô central foi escolhido devido à cultura do milho ser de porte muito alto e, portanto, dificultar as trocas de posição num eventual sistema convencional, além de sua simplicidade de manejo.

Calculou-se o custo de irrigação por hectare irrigado. Isto se justifica pelo fato de que o equipamento de irrigação adotado apresenta uma dimensão média; porém, existe uma infinidade de projetos de equipamentos, todos eles dependentes das condições específicas.

O custo da água foi considerado como zero em função do atual estágio de gestão dos recursos hídricos no Rio Grande do Sul, visto que o modelo de análise é do ponto de vista privado. Como a legislação permite um desvio de água de mananciais sem custo, há pouco

incentivo para conservar água. O custo efetivo ao usuário é zero, mas o custo social é o valor líquido da produção que teria sido produzida no uso alternativo.

Os retornos econômicos a serem otimizados, foram calculados pela seguinte expressão:

$$L_{ijklz} = (RB_{ijklz} - CF_i - CAE_{ijklz} - CE_{ijklz} - CMO_{ijklz} - CCRM_{ijklz} - Cc_{ijklz}) \dots\dots\dots [4.21]$$

onde: L = Receita líquida auferido pela cultura $i=1, 2$, na época de semeadura $j=1, \dots, n$, na região agroecológica $k=1, 2$, com o nível de manejo da umidade $l=1, \dots, n$, com probabilidade de ocorrência $z=1, \dots, n$;

$$RB_{ijklz} = Y_{ijklz} \cdot P_i \dots\dots\dots [4.22]$$

onde: RB_{ijklz} = receita bruta (US\$.ha⁻¹) auferido pela cultura $i=1, 2$, na época de semeadura $j=1, \dots, n$, na região agroecológica $k=1, 2$, com o nível de manejo da umidade $l=1, \dots, n$, com probabilidade de ocorrência $z=1, \dots, n$; Y_{ijklz} = produção física (t.ha⁻¹) da cultura $i=1, 2$, na época de semeadura $j=1, \dots, n$, na região agroecológica $k=1, 2$, com o nível de manejo da umidade $l=1, \dots, n$, com probabilidade de ocorrência $z=1, \dots, n$; P_i = preço mínimo para a cultura $i=1, 2$ no ano agrícola 96/97. Para a cultura do milho é US\$ 111,70.t⁻¹ e para a cultura da soja é US\$ 148.t⁻¹.

TABELA 4.4 - Quantificação dos custos de investimento em sistemas de irrigação pressurizados.

DISCRIMINAÇÃO DOS ITENS	Unid.	Preço Unit. (US\$)	Quantidades	Preço total (US\$)
1. Levantamento topográfico ⁽¹⁾	ha	21,70	69,00	1497,30
2. Levantamento do solo ⁽¹⁾	ha	10,50	69,00	724,50
3. Obras civis				
3.1 - Casa de bombas ⁽²⁾	unid.	2564,00	1	2564,00
3.2 - Adutora em aço zincado ⁽³⁾ 6,0 m x 200 mm	unid.	257,51	129	33219,30
3.3 - Base do Pivô ⁽⁴⁾	unid.	1556,70	1	1556,70
4 - Equipamentos ⁽⁵⁾				
4.1 - Conjunto moto-bomba (elétrico) - 125 cv	unid.	13617,11	1	13617,11
4.2 - Conjunto Pivô Central - marca Asbrasil	unid.	108.468,65	1	108.468,65
4.3.- Acessórios elétricos e ligação do pivô	unid.	24.578,65	1	24578,65
PREÇO TOTAL (US\$)				186.226,51
PREÇO (US\$/ha)				2.698,93

⁽¹⁾ Fonte: ROCHA (1988)

⁽²⁾ Estrutura com 20 m² e altura de 2,5 m, com piso de concreto. Fonte: CUB/julho/1996.

⁽³⁾ Preço do equipamento mais a escavação, assentamento e recompactação. Fonte: ASBRASIL S.A.

⁽⁴⁾ Base do pivô- bloco de 6 m³ de concreto armado. Fonte: CUB/julho/1996

⁽⁵⁾ Fonte: ASBRASIL S.A.

TABELA 4.5 - Dados técnicos e caracterização do pivô central, fornecidos pela ASBRASIL S.A., com base nas informações topográficas, físico-hídricas e de cultura das regiões edafoclimáticas do Planalto Médio e Missões.

1) Precipitação diária:	
Lâmina líquida.....	: 6,80 mm.dia ⁻¹
Eficiência de aplicação.....	: 85%
Lâmina bruta.....	: 8,00 mm.dia ⁻¹
2) Descrição e dados técnicos do pivô:	
Modelo.....	: 4871-PA-VSN/8-1.157
Composição.....	: 5 lances Extra longos, 3 lances longos com balancim = 24m, s/ canhão final, $\phi = 16,8$ cm
Número de aspersores	: 218
Altura do pivô	: baixo - 2,7m
Área circular irrigada	: 68,96 ha
Lâmina por percurso	: 4,22 mm com giro de 360°
Tempo de percurso (relê a 100%)	: 11,09 h
Vazão total	: 262,70 m ³ .h ⁻¹
Vazão por hectare	: 3,81 m ³ .h ⁻¹
Comprimento do pivô até última torre.....	: 433,83 m
Comprimento da tubulação	: 468,51m
Raio total irrigado	: 468,51 m
Pressão no final da tubulação	: 20 mca
Motoredutores em alta	: 5
Motoredutores em baixa	: 3
3) Adutora:	
Tubulação de aço zincado de 200mm x 774 m	
Perda de carga (x 100 m)	: 2,8471m
Perda de carga na tubulação	: 22,0368 m
4) Composição da motobomba:	
4.1) Cálculo da altura total	
Pressão no final da tubulação	: 20,0 mca
Desnível entre base do pivô e pto. + alto	: 2,0 mca
Perda de carga no tubo do pivô	: 17,91mca
Altura dos aspersores	: 3,50 mca
Pressão na base do pivô	: 43,41 mca
Desnível entre a motobomba e pivô	: 10,00 mca
Perdas de carga na adutora	: 22,04 mca
Altura máxima de sucção prevista	: 2,00 mca
Perdas localizadas	: 5,00 mca
Altura manométrica total	: 82,45 mca
4.2) Dados da Bomba:	
Bomba Centrífuga, marca KSB, mod. ANS 125-400, 1 estágio, $\phi = 417,00$ mm, 1750 rpm.	
4.3) Dados do Motor: Motor elétrico trifásico, marca WEG, 380 volts, 125 cv, 1750 rpm.	

Cf_i = custo de formação da lavoura para a cultura $i=1,2$. Inclui todos os custos de preparo, semeadura, tratos culturais, defensivos, seguro agrícola, custo financeiro, assistência técnica e transporte em todas as épocas de semeadura, regiões agroecológicas níveis de manejo da umidade e níveis de probabilidade. Segundo **FEPAGRO (1996)**, para o milho irrigado é de US\$ 546,21 por ha e para a soja, segundo **REUNIÃO (1995)** é de US\$ 461,44 por ha.

$$CAE_{ijklz} = \frac{C.J.H.ht}{ImAVu} \dots\dots\dots [4.23]$$

onde: CAE_{ijklz} = custo de amortização anual do equipamento (US\$.ha⁻¹) na cultura $i=1, 2$, na época de semeadura $j=1,\dots,n$, na região agroecológica $k=1, 2$, com nível de manejo da umidade $l=1,\dots,n$, com probabilidade de ocorrência $z=1,\dots,n$; J = fator de recuperação do capital;

$$J = \frac{j(1+j)^{Ne}}{[(1+j)^{Ne} - 1]} \dots\dots\dots [4.24]$$

onde: j = taxa anual de juros (adotou-se 12% ao ano); Ne = número de anos do empréstimo (10 anos); C = valor de aquisição do equipamento (US\$). O custo de aquisição do equipamento pivô central, conforme discriminado na Tabela 4.4, é de US\$ 2698,93 fornecido pela Asbrasil S.A.; H = lâmina de irrigação suplementar necessária, no ciclo (mm); Vu = vida útil do equipamento (21.000 h), ou seja 2.100 h.ano⁻¹; A = área irrigada pelo equipamento (69,0 ha conforme Tabela 4.5); Im = intensidade de precipitação do equipamento (mm.h⁻¹), conforme Tabela 4.5, é igual a 8 mm/dia; ht = horas de trabalho do pivô por dia (21 h).

$$CE_{ijklz} = (Eb \cdot Tc) + (Dp \cdot Td) + [Dp \cdot Td \cdot (12 - x) \cdot y] \dots\dots\dots [4.25]$$

onde: CE_{ijklz} = custo da energia elétrica (US\$.ha⁻¹) na cultura $i=1, 2$, na época de semeadura $j=1,\dots,n$, na região agroecológica $k=1, 2$, com nível de manejo da umidade $l=1,\dots,n$, com probabilidade de ocorrência $z=1,\dots,n$. Os gastos com o consumo de energia elétrica e demanda de potência do sistema foram calculados segundo **BRASIL (1988)**; Eb_{ijklz} = energia requerida pela unidade de bombeamento (kWh.ha⁻¹) na cultura $i=1, 2$, na época de semeadura $j=1,\dots,n$, na região agroecológica $k=1, 2$, com nível de manejo da umidade $l=1,\dots,n$, com probabilidade de ocorrência $z=1,\dots,n$, calculada conforme expressão abaixo (Adaptado de **SCALOPPI, 1985**):

$$Eb_{ijklz} = \frac{10.H.Hm.g.\gamma_a}{3,6.10^6.\eta} \dots\dots\dots [4.26]$$

onde: **H** = lâmina de irrigação suplementar (mm); **Hm** = altura manométrica total (m); γ_a = densidade da água (kg.m⁻³); **g** = aceleração da gravidade (m.s⁻²); η = eficiência global do conjunto motobomba (0,616 segundo **BATTY & KELLER, 1980**); **Tc** = tarifa de consumo da energia elétrica (US\$.kWh⁻¹), neste estudo = US\$ 0,04215 para consumo fora de pico; **Td** = tarifa de demanda de potência (US\$.kW⁻¹ = US\$ 4,49); **x** = número de meses que o sistema opera pelo menos uma vez (fato suficiente para o medidor registrar 100% da potência instalada, valor que é utilizado pela concessionária de energia como demanda faturável do mês); **y** = coeficiente aplicado à demanda faturável (y = 0,1 da maior demanda verificada por medição nos últimos 11 meses); **Dp** = demanda de potência (kW.ha⁻¹) obtida da expressão:

$$Dp_{ijklz} = \frac{Hm.Q.g.\gamma_a}{1000.A.\eta} \dots\dots\dots [4.27]$$

onde: **Q** = vazão do sistema (m³.s⁻¹);

$$CMO_{ijklz} = \frac{1,9627.S.NH.Nh}{A} \dots\dots\dots [4.28]$$

onde: **CMO_{ijklz}** = custo da mão de obra (US\$.ha⁻¹) na cultura $i=1, 2$, na época de semeadura $j=1, \dots, n$, na região agroecológica $k=1, 2$, com nível de manejo da umidade $l=1, \dots, n$, com probabilidade de ocorrência $z=1, \dots, n$; **NH** = número de homens necessários para operar o sistema (segundo **AZEVEDO et al. (1986)** é de um homem); **S** = salário médio do trabalhador rural especializado mais 96,27% de encargos, segundo **ROCHA (1988)**, sendo adotado US\$ 1,24 por hora; **Nh** = nº de horas do ciclo da cultura em que o equipamento trabalha; **A** = área irrigada pelo equipamento.

$$CCRM_{ijklz} = C . 0,03 \dots\dots\dots [4.29]$$

onde: **CCRM_{ijklz}** = custo de manutenção, reparos e conservação (US\$.ha⁻¹) na cultura $i=1, 2$, na época de semeadura $j=1, \dots, n$, na região agroecológica $k=1, 2$, com nível de manejo da umidade

$i=1, \dots, n$, com probabilidade de ocorrência $z=1, \dots, n$. Neste estudo adotou-se 3% ao ano, do custo anual do equipamento.

$$C_{c_{ijklz}} = (Y \cdot ct) + (RB \cdot fr) \dots \dots \dots [4.30]$$

onde: $C_{c_{ijklz}}$ = Custo da comercialização (US\$.t⁻¹) na cultura $i=1, 2$, na época de semeadura $j=1, \dots, n$, na região agroecológica $k=1, 2$, com nível de manejo da unidade $l=1, \dots, n$, com probabilidade de ocorrência $z=1, \dots, n$; ct = custo do transporte da produção (US\$.t⁻¹), sendo igual a US\$ 4,46; fr = imposto funrural (2,5%).

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Análise dos dados gerados pelo modelo de balanço hídrico

Os valores de evapotranspiração máxima (ET_m) e lâmina de irrigação suplementar (H), em função dos níveis de extração da capacidade de água disponível (CAD) admitida, para o ciclo da cultura da soja e do milho, nas regiões agroecológicas das Missões e Planalto Médio, nas várias épocas de semeadura para a série histórica de 1981 a 1990, constam nas Tabelas 5.1 a 5.4.

Numa observação destas tabelas é possível, apesar da diversidade dos valores encontrados, constatar algumas características comuns aos dois ambientes e culturas estudadas. A primeira constatação é a de que, para a mesma época de semeadura, os valores da evapotranspiração máxima (ET_m) e lâmina de irrigação suplementar (H) foram bastante variáveis entre si de acordo com o ano considerado. Esta variação foi mais acentuada à medida que se admitiu maior extração da CAD. A estatística desvio padrão traduz bem esta variação interanual na lâmina de irrigação.

Deve-se salientar que a grande variabilidade interanual na lâmina de irrigação suplementar (H), à medida que aumenta a fração de extração da CAD, pode ser explicada da seguinte maneira: como a lâmina extraída do reservatório é cada vez maior, maior é o intervalo entre irrigações; então, acontecia para certos anos que no final do ciclo o déficit no reservatório era grande, quase necessitando uma irrigação. Conseqüentemente, computava-se uma lâmina menor. Já noutros anos, o modelo simulava uma irrigação 3 a 4 dias antes do fim do ciclo (ver Tabela A.4 do Apêndice), decorrendo daí uma grande lâmina suplementar.

Como pode-se verificar nas tabelas referidas acima, a variação interanual da ET_m foi menor, em comparação com os valores obtidos para lâmina de irrigação, denotado pelo menor desvio padrão. Esta constatação permite concluir que a variação da precipitação pluviométrica foi o fator responsável pelas diferenças na lâmina de irrigação simulada, ao longo dos anos. Quanto maior a fração de esgotamento da capacidade de água disponível (CAD) admitida, maiores as variações interanuais, demonstrando que quanto mais se usava o reservatório do solo, maior a influência da intensidade e frequência das precipitações pluviométricas.

TABELA 5.1 -Evapotranspiração máxima (mm) e lâmina de irrigação suplementar necessária (mm), em função dos níveis admitidos de extração da CAD, nas épocas de semeadura, durante o ciclo da cultura do milho na região agroecológica das Missões, no período de 1981 a 1990.

Época de semeadura	Ano	ETm	Níveis de extração da capacidade de água disponível				
			0,1235	0,1877	0,4691	0,5996	0,9259
01-Set	1981	345.5	320.7	275.7	224.0	189.0	124.5
	1982	287.7	190.2	179.4	72.1	47.1	73.1
	1983	298.1	278.8	265.8	233.6	199.3	119.3
	1984	298.1	276.8	248.5	198.2	191.5	133.0
	1985	339.6	369.2	363.0	330.0	306.2	240.0
	1986	287.2	248.6	235.7	149.9	126.3	58.5
	1987	283.5	271.4	242.4	217.2	114.8	114.8
	1988	295.3	260.9	221.5	145.2	151.8	59.9
	1989	298.5	296.9	287.5	209.9	227.6	121.0
	1990	270.3	225.6	212.5	161.2	141.5	99.8
	Média	300.4	273.9	250.7	194.1	169.5	114.4
D. Padrão	23.9	49.4	52.3	68.3	70.5	52.0	
15-Set	Ano	ETm	0,1235	0,1877	0,4691	0,5996	0,9259
	1981	362.2	341.4	324.3	198.6	201.4	157.7
	1982	311.2	233.9	210.8	91.0	111.9	119.1
	1983	323.5	286.5	295.9	232.7	183.9	180.4
	1984	325.9	313.4	271.7	246.6	198.2	174.8
	1985	369.1	398.1	400.7	370.6	385.2	372.6
	1986	306.1	264.3	240.2	190.7	197.2	115.7
	1987	310.4	304.6	290.8	240.3	223.3	178.9
	1988	320.0	294.9	256.3	173.4	169.9	120.1
	1989	324.4	334.1	317.5	276.1	263.0	122.4
	1990	322.7	247.3	223.7	157.8	157.6	132.2
Média	327.6	301.9	283.2	217.8	209.2	167.4	
D. Padrão	21.2	48.6	56.2	75.3	73.6	76.8	
01-Out	Ano	ETm	0,1235	0,1877	0,4691	0,5996	0,9259
	1981	385.5	385.1	371.8	281.8	261.4	248.1
	1982	341.7	276.7	257.4	190.2	191.8	177.0
	1983	338.6	272.3	259.5	183.0	167.0	183.3
	1984	355.2	247.9	312.7	265.4	298.4	223.7
	1985	389.1	418.9	412.9	382.6	374.9	335.2
	1986	326.9	281.1	268.3	216.2	250.6	125.2
	1987	332.1	314.3	292.6	245.2	264.9	191.2
	1988	339.0	316.4	287.3	185.7	201.7	139.3
	1989	338.9	326.6	301.7	293.3	197.8	204.9
	1990	336.0	283.2	256.8	205.7	222.2	166.1
Média	348.3	312.2	302.1	244.9	243.1	199.4	
D. Padrão	21.8	53.5	52.2	63.0	61.4	60.1	

Continuação

15-Out	Ano	ETm	0.1235	0.1877	0.4691	0.5996	0.9259
	1981	389.4	391.7	380.1	282.4	275.2	248.7
	1982	347.2	299.4	278.5	227.0	155.8	177.2
	1983	339.7	246.0	226.7	171.2	161.5	122.2
	1984	365.3	362.1	334.6	275.7	304.5	236.9
	1985	389.2	420.1	408.7	358.5	376.5	341.6
	1986	332.6	272.6	248.8	215.2	187.6	193.3
	1987	337.0	298.8	278.6	218.9	233.8	180.7
	1988	342.4	316.4	279.5	227.0	174.4	169.8
	1989	354.9	347.2	311.3	292.4	210.4	177.2
	1990	327.9	281.2	268.8	201.6	237.3	185.0
	Média	352.6	323.6	301.6	247.0	231.7	203.3
D. Padrão	22.1	55.4	57.6	54.7	70.4	59.9	
01-Nov	Ano	ETm	0.1235	0.1877	0.4691	0.5996	0.9259
	1981	380.6	368.0	355.2	260.9	237.7	198.6
	1982	343.2	292.4	263.7	211.7	180.7	114.4
	1983	348.0	232.2	228.8	144.5	152.8	94.8
	1984	357.3	319.3	296.9	271.2	254.9	192.0
	1985	387.5	405.7	387.6	359.3	351.3	342.5
	1986	330.9	264.0	242.7	190.5	196.0	179.9
	1987	336.4	284.8	275.4	216.8	224.1	140.0
	1988	343.0	317.0	285.8	229.3	193.7	106.3
	1989	349.6	314.5	284.9	272.7	182.0	207.3
	1990	342.7	289.0	279.5	229.6	177.1	119.9
	Média	351.9	308.7	290.0	238.6	215.0	169.6
D. Padrão	18.4	49.7	48.1	57.6	56.9	73.6	
15-Nov	Ano	ETm	0.1235	0.1877	0.4691	0.5996	0.9259
	1981	370.4	365.3	343.0	295.0	228.2	249.6
	1982	331.7	294.8	283.0	213.1	149.6	111.7
	1983	340.5	208.4	209.2	162.3	164.9	157.6
	1984	350.8	306.3	291.4	268.9	260.1	182.2
	1985	366.4	367.7	343.8	296.3	277.0	291.6
	1986	319.8	248.0	233.4	178.6	144.9	134.6
	1987	334.1	297.7	282.9	210.1	217.0	177.8
	1988	330.8	296.6	260.6	233.5	201.4	136.6
	1989	339.1	306.1	261.7	243.0	179.9	182.0
	1990	341.7	295.8	266.7	212.5	189.7	178.1
	Média	342.5	298.7	277.6	231.3	201.3	180.2
D. Padrão	15.9	47.2	42.4	45.4	44.6	54.2	

Continuação ...

01-Dez	Ano	ETm	0.1235	0.1877	0.4691	0.5996	0.9259
	1981	352.0	323.5	307.0	220.9	225.8	183.8
	1982	314.4	278.1	273.7	205.6	121.6	108.5
	1983	325.2	190.5	180.9	114.5	132.0	112.6
	1984	327.0	274.4	247.6	197.2	221.0	142.9
	1985	335.2	305.7	281.1	241.1	202.8	205.5
	1986	312.7	259.5	240.9	181.9	200.2	175.2
	1987	327.4	298.4	283.9	229.9	219.2	163.0
	1988	313.5	279.6	248.4	167.0	159.0	133.4
	1989	321.1	262.3	242.3	195.1	165.4	137.0
	1990	318.2	291.7	272.6	206.7	195.7	153.1
	Média	324.7	276.4	257.8	196.0	184.3	151.5
	D. Padrão	12.0	36.0	34.6	36.0	37.5	31.0
15-Dez	Ano	ETm	0.1235	0.1877	0.4691	0.5996	0.9259
	1981	325.2	299.9	269.7	218.0	221.2	177.2
	1982	286.7	259.0	251.9	164.5	154.8	66.8
	1983	298.4	170.9	169.9	112.3	107.9	75.2
	1984	299.3	242.0	202.4	145.3	126.4	99.4
	1985	297.2	246.2	225.4	162.4	161.0	144.4
	1986	289.7	243.0	223.7	169.8	129.5	122.1
	1987	304.6	278.7	261.1	231.3	211.1	208.3
	1988	287.1	237.0	207.7	115.7	116.5	92.5
	1989	291.3	217.2	203.3	157.8	139.2	96.8
	1990	284.7	231.8	215.1	138.9	126.7	99.1
	Média	296.4	242.6	223.0	161.6	149.4	118.2
	D. Padrão	12.0	34.6	30.6	38.7	38.7	45.5

TABELA 5.2 -Evapotranspiração máxima (mm) e lâmina de irrigação suplementar necessária (mm), em função dos níveis admitidos de extração da CAD, nas épocas de semeadura, durante o ciclo da cultura do milho na região agroecológica de Planalto Médio, no período de 1981 a 1990.

Epoca de semeadura	Ano	ETm	Níveis de extração da capacidade de água disponível				
			0.1136	0.2000	0.5000	0.6295	0.9545
01-Set	1981	263.5	210.2	159.3	79.2	98.3	0.0
	1982	257.1	181.4	169.4	84.4	102.4	63.7
	1983	267.2	218.7	159.5	133.5	96.9	66.6
	1984	268.5	229.9	207.8	185.5	182.0	131.7
	1985	296.8	292.5	269.1	247.1	246.3	193.4
	1986	263.0	208.9	159.9	78.2	98.7	0.0
	1987	258.4	192.9	193.0	67.5	86.7	63.1
	1988	278.0	233.9	194.6	105.7	50.7	64.5
	1989	265.8	229.2	208.2	114.6	88.7	67.0
	1990	249.6	154.4	124.9	104.3	41.2	0.0
	Média	266.8	215.2	184.6	120.0	109.2	65.0
	D Padrão	13.0	36.7	39.6	56.3	61.0	61.1
15-Set	Ano	ETm	0.1136	0.2000	0.5000	0.6295	0.9545
	1981	281.0	214.7	186.7	77.2	87.5	0.0
	1982	278.4	194.0	173.4	106.5	84.6	67.4
	1983	287.5	240.6	210.6	164.1	87.1	65.0
	1984	289.4	259.1	221.9	164.6	159.4	128.5
	1985	317.7	318.2	300.6	243.7	281.0	236.6
	1986	280.9	228.0	178.6	119.6	150.6	66.1
	1987	277.9	222.2	199.8	93.1	100.3	63.6
	1988	292.2	234.2	183.2	157.4	43.9	63.3
	1989	284.1	260.5	204.6	181.4	86.9	64.1
	1990	284.1	197.1	170.9	105.0	94.5	0.0
	Média	287.3	236.9	203.0	141.3	117.6	75.5
D Padrão	11.6	36.4	38.2	50.4	66.4	67.4	
01-Out	Ano	ETm	0.1136	0.2000	0.5000	0.6295	0.9545
	1981	304.4	266.3	234.2	152.7	143.8	63.9
	1982	302.9	223.2	184.0	112.7	130.5	65.8
	1983	303.2	232.7	233.1	152.9	151.7	145.9
	1984	316.4	298.6	275.6	260.3	205.5	196.2
	1985	335.8	328.2	319.2	252.9	229.8	201.9
	1986	297.2	238.8	226.3	106.4	137.8	63.0
	1987	298.8	245.1	229.5	117.6	139.4	82.2
	1988	303.9	248.0	198.9	117.3	96.5	64.4
	1989	292.0	235.0	201.7	149.1	83.7	64.0
	1990	273.3	198.1	162.6	110.6	113.9	82.6
	Média	302.8	251.4	226.5	153.3	143.3	103.0
D Padrão	16.0	37.7	45.2	57.4	45.0	56.5	

Continuação

	Año	ETm	0.1136	0.2000	0.5000	0.6295	0.9545
	15-Out	1981	314.0	287.3	252.2	220.7	175.8
1982		309.1	242.8	201.3	133.3	171.3	63.6
1983		304.1	234.1	198.7	106.9	88.9	61.3
1984		325.0	310.4	279.3	214.1	214.4	204.3
1985		338.9	331.2	336.7	255.6	299.6	290.4
1986		301.6	229.2	226.2	135.0	153.7	67.5
1987		303.7	233.9	221.5	108.8	121.6	63.6
1988		301.3	242.2	179.0	87.4	80.5	0.0
1989		304.8	258.8	237.4	202.8	111.7	82.7
1990		316.4	247.4	228.9	144.3	96.7	79.3
Média		311.9	261.7	236.1	160.9	151.4	104.6
D Padrão		12.2	35.6	45.3	57.6	67.8	84.3
01-Nov	Año	ETm	0.1136	0.2000	0.5000	0.6295	0.9545
	1981	315.2	268.6	252.5	195.3	202.3	132.9
	1982	308.7	225.5	211.1	161.0	115.6	110.8
	1983	309.5	225.6	196.2	102.0	62.7	65.9
	1984	319.0	268.8	246.4	154.7	161.8	93.9
	1985	337.0	330.4	314.3	278.6	238.9	254.9
	1986	300.9	227.1	193.9	116.2	134.8	155.1
	1987	307.5	259.5	229.9	161.3	110.1	112.7
	1988	295.4	224.8	160.6	102.8	89.7	11.8
	1989	296.7	236.1	183.0	143.3	95.6	0.0
	1990	302.8	226.6	194.3	117.0	100.4	89.5
	Média	309.3	249.3	218.2	153.2	131.2	102.8
D Padrão	12.3	33.9	44.2	53.3	54.7	72.6	
15-Nov	Año	ETm	0.1136	0.2000	0.5000	0.6295	0.9545
	1981	309.4	272.7	256.8	204.1	149.9	145.4
	1982	297.5	215.9	201.8	148.1	128.5	93.3
	1983	305.1	226.8	195.1	121.5	63.7	79.4
	1984	313.7	272.3	240.7	172.7	199.2	80.6
	1985	322.0	293.1	277.1	243.3	197.1	155.8
	1986	299.8	237.7	208.2	124.5	164.8	139.7
	1987	305.8	276.3	268.8	191.0	159.5	81.2
	1988	283.7	211.3	146.7	90.0	65.5	28.5
	1989	281.9	212.3	160.9	131.9	68.4	41.1
	1990	309.0	252.1	222.3	162.2	136.0	96.0
	Média	302.8	247.0	217.8	158.9	133.3	94.1
D Padrão	12.6	30.3	43.9	45.4	51.7	42.4	

Continuação ...

	Ano	ETm	0.1136	0.2000	0.5000	0.6295	0.9545
	01-Dez	1981	301.3	256.2	250.3	220.4	177.5
1982		278.2	212.4	175.6	90.5	61.2	76.9
1983		289.5	204.0	179.6	105.3	101.5	66.2
1984		294.7	236.3	189.1	139.3	120.5	97.0
1985		299.2	261.8	237.8	183.3	160.3	127.3
1986		291.0	247.0	204.3	158.3	142.5	77.4
1987		296.1	276.1	265.5	184.0	140.6	127.1
1988		265.4	185.7	152.3	75.5	57.7	10.7
1989		266.1	186.7	153.6	68.8	60.1	10.7
1990		293.4	234.8	205.5	139.3	116.1	92.0
Média		287.5	230.1	201.4	136.5	113.8	90.1
D Padrão		13.1	31.6	39.2	51.0	43.2	
	Ano	ETm	0.1136	0.2000	0.5000	0.6295	0.9545
	15-Dez	1981	279.9	244.4	237.1	160.1	146.5
1982		254.8	199.4	158.0	81.7	54.5	0.0
1983		267.1	197.6	168.2	124.2	99.0	87.6
1984		270.3	196.9	170.9	83.1	88.9	14.3
1985		271.7	217.2	201.5	174.7	119.2	92.3
1986		271.6	221.4	211.5	109.5	131.3	74.2
1987		275.6	254.9	228.3	164.1	172.5	129.2
1988		240.2	164.1	130.8	89.9	66.5	0.0
1989		240.3	150.5	123.1	68.2	51.3	15.3
1990		269.5	209.8	185.2	119.9	105.6	59.3
Média		264.1	205.6	181.5	117.5	103.5	58.1
D Padrão		14.1	32.1	38.6	38.1	39.9	47.6

TABELA 5.3 -Evapotranspiração máxima (mm) e lâmina de irrigação suplementar necessária (mm), em função dos níveis admitidos de extração da CAD, nas épocas de semeadura, durante o ciclo da cultura do soja na região agroecológica das Missões, no período de 1981 a 1990.

Época de semeadura	Ano	ETm	Níveis de extração da capacidade de água disponível				
			0.1235	0.2345	0.5012	0.6321	0.7827
15-Out	1981	575.7	604.3	564.8	553.2	512.5	521.7
	1982	516.2	475.2	460.0	404.8	384.6	368.3
	1983	506.8	424.7	375.3	346.9	358.3	317.3
	1984	541.0	553.3	530.1	509.2	481.6	501.9
	1985	577.9	634.6	624.5	612.1	595.5	507.3
	1986	495.6	439.6	423.9	369.2	360.6	320.1
	1987	502.5	492.6	480.2	422.5	366.4	364.7
	1988	510.4	514.2	484.4	462.6	430.5	390.4
	1989	525.9	535.3	518.4	460.2	400.6	421.4
	1990	489.9	474.3	422.2	378.7	378.0	288.9
	Média	524.2	514.8	488.4	451.9	426.9	400.2
	D Padrão	31.3	68.1	74.0	85.4	79.2	85.0
01-Nov	Ano	ETm	0.1235	0.2345	0.5012	0.6321	0.7827
	1981	559.2	562.6	558.0	514.8	476.7	459.8
	1982	504.2	461.9	439.6	376.2	376.8	328.4
	1983	518.5	417.1	368.3	330.9	334.2	315.6
	1984	528.6	511.9	478.1	445.1	445.3	410.5
	1985	564.6	601.3	598.4	548.3	563.1	546.6
	1986	488.1	419.9	404.3	352.2	350.6	318.5
	1987	500.7	480.6	458.9	396.3	374.6	351.6
	1988	508.6	507.5	481.1	432.9	435.8	376.7
	1989	514.7	499.0	471.5	450.1	438.4	375.8
	1990	511.7	505.8	460.0	359.4	382.7	386.6
	Média	519.9	496.8	471.8	420.6	417.8	387.0
D Padrão	24.6	57.2	66.8	71.4	68.6	71.5	
15-Nov	Ano	ETm	0.1235	0.2345	0.5012	0.6321	0.7827
	1981	542.9	550.5	543.9	521.2	444.7	439.8
	1982	486.7	467.9	440.2	353.7	357.9	323.4
	1983	500.3	366.4	319.8	293.8	295.9	302.1
	1984	514.3	491.2	465.0	410.9	388.9	390.4
	1985	531.9	554.3	532.8	486.7	478.0	466.4
	1986	470.4	398.6	413.3	348.0	310.1	307.9
	1987	493.4	480.6	454.2	399.7	377.3	349.2
	1988	496.4	471.3	435.1	394.2	378.1	358.1
	1989	485.0	466.6	441.8	393.5	337.7	342.7
	1990	490.5	471.4	445.7	398.1	349.5	345.9
	Média	501.2	471.9	449.2	400.0	371.8	362.6
D Padrão	22.3	57.7	62.0	65.4	56.2	54.3	

Continuação

01-Dez	Ano	ETm	0.1235	0.2345	0.5012	0.6321	0.7827
	1981	512.5	510.9	477.9	470.9	367.7	351.0
	1982	459.7	457.8	444.7	347.0	308.2	316.9
	1983	471.6	339.2	295.4	267.0	262.4	267.9
	1984	475.8	419.9	394.8	333.8	292.3	279.1
	1985	483.1	476.9	461.8	408.5	409.9	420.7
	1986	458.7	414.7	400.6	341.3	292.7	314.0
	1987	480.1	482.4	468.2	378.7	421.9	366.3
	1988	455.6	427.1	434.3	391.9	328.5	356.4
	1989	467.9	415.7	380.9	357.9	307.4	306.0
	1990	456.7	406.2	373.6	349.6	300.4	296.8
	Média	472.2	435.1	413.2	364.7	329.1	327.5
D Padrão	17.3	48.7	55.8	53.5	53.2	46.2	
15-Dez	Ano	ETm	0.1235	0.2345	0.5012	0.6321	0.7827
	1981	472.7	465.4	431.3	421.7	363.6	393.8
	1982	413.6	406.8	388.9	324.4	267.9	229.7
	1983	431.5	305.2	266.3	253.2	235.9	204.5
	1984	430.9	358.7	339.6	259.3	239.2	190.2
	1985	424.2	392.9	365.9	295.6	310.3	289.8
	1986	418.0	381.7	359.0	302.4	303.0	292.8
	1987	440.7	443.7	416.1	363.9	335.1	337.7
	1988	412.4	357.3	360.6	302.9	260.2	276.1
	1989	420.6	347.3	319.3	269.4	213.2	253.4
	1990	412.0	342.5	314.1	264.1	209.1	231.5
	Média	427.7	380.2	356.1	305.7	273.8	270.0
D Padrão	18.4	48.6	49.3	53.0	52.4	62.3	

TABELA 5.4 -Evapotranspiração máxima (mm) e lâmina de irrigação suplementar necessária (mm), em função dos níveis admitidos de extração da CAD, nas épocas de semeadura, durante o ciclo da cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, no período de 1981 a 1990.

Época de semeadura	Ano	ETm	Níveis de extração da capacidade de água disponível				
			0.1136	0.2500	0.5681	0.8409	0.8983
15-Out	1981	466.2	449.7	436.4	413.3	356.9	285.6
	1982	460.5	403.8	367.5	316.4	300.9	290.0
	1983	453.0	383.7	325.0	293.2	159.1	168.8
	1984	481.8	471.4	454.4	389.4	395.9	368.8
	1985	503.7	535.6	500.7	447.4	463.4	454.4
	1986	449.8	390.3	342.7	287.2	251.0	254.4
	1987	453.4	414.3	369.5	333.9	254.9	209.4
	1988	446.9	396.3	371.9	293.1	141.5	141.5
	1989	451.3	415.9	367.1	291.4	311.3	282.0
	1990	425.7	395.1	380.5	315.6	280.0	216.7
	Média	459.2	425.6	391.6	338.1	291.5	267.2
	D Padrão	21.2	47.5	54.6	57.8	99.1	93.1
01-Nov	Ano	ETm	0.1136	0.2500	0.5681	0.8409	0.8983
	1981	465.2	431.2	432.4	399.9	355.8	326.7
	1982	453.9	388.7	342.6	309.5	216.7	236.9
	1983	461.1	379.1	314.1	252.8	198.9	172.4
	1984	472.1	430.8	406.1	346.5	278.1	292.2
	1985	494.0	504.3	486.2	457.6	426.8	439.1
	1986	445.0	383.6	340.4	289.7	249.1	271.6
	1987	457.9	432.2	407.4	328.0	272.7	287.6
	1988	436.4	376.1	347.4	272.0	163.8	169.6
	1989	434.8	376.9	335.0	280.8	209.0	223.2
	1990	430.9	396.5	355.9	246.7	225.5	250.4
	Média	455.1	409.9	376.8	318.4	259.6	267.0
D Padrão	19.4	40.6	54.1	67.3	79.1	78.7	
15-Nov	Ano	ETm	0.1136	0.2500	0.5681	0.8409	0.8983
	1981	456.8	439.6	432.1	378.6	356.2	363.1
	1982	434.5	363.5	313.4	255.4	189.8	204.2
	1983	448.5	375.2	320.9	236.8	253.9	273.5
	1984	460.2	429.3	392.1	317.6	279.9	294.0
	1985	468.8	463.3	449.1	397.2	380.2	353.1
	1986	441.1	408.6	358.9	322.4	269.1	253.3
	1987	451.0	448.6	411.3	326.9	314.2	283.4
	1988	414.6	354.0	338.3	239.6	174.2	156.1
	1989	411.9	355.0	303.2	231.8	204.6	158.1
	1990	417.6	364.5	321.6	256.9	218.7	189.5
	Média	440.5	400.2	364.1	296.3	264.1	252.8
D Padrão	20.2	42.4	53.2	60.7	70.0	74.5	

Continuação...

01-Dez	Ano	ETm	0.1136	0.2500	0.5681	0.8409	0.8983
	1981	440.2	417.5	391.5	357.2	339.1	361.4
	1982	405.3	384.1	319.7	227.3	203.4	170.5
	1983	420.7	344.5	320.7	254.9	210.9	220.3
	1984	428.9	374.2	336.5	262.6	232.1	208.1
	1985	433.9	410.4	375.0	345.7	341.9	264.5
	1986	426.9	395.7	354.2	327.1	276.8	291.9
	1987	434.6	443.3	416.5	331.7	355.2	323.4
	1988	384.3	314.4	298.7	216.4	139.1	148.9
	1989	385.0	323.2	283.2	201.2	159.8	120.5
	1990	380.5	319.2	275.4	196.4	153.4	117.9
	Média	414.0	372.7	337.1	272.1	241.2	222.7
D Padrão	23.2	45.4	46.8	62.8	82.4	85.5	
15-Dez	Ano	ETm	0.1136	0.2500	0.5681	0.8409	0.8983
	1981	409.6	402.2	365.4	346.9	326.8	304.1
	1982	367.8	322.3	282.9	180.3	146.3	159.6
	1983	387.2	333.9	280.6	242.2	214.3	185.8
	1984	389.2	323.8	283.4	222.3	162.9	126.8
	1985	391.8	349.9	312.5	254.9	264.7	272.2
	1986	392.0	351.4	323.1	262.4	223.3	233.7
	1987	400.5	407.1	364.7	304.8	323.8	312.6
	1988	343.6	263.9	230.2	168.5	106.3	118.3
	1989	346.7	262.2	241.7	173.2	146.0	119.4
	1990	349.7	270.2	246.1	177.5	153.6	128.4
	Média	377.8	328.7	293.1	233.3	206.8	196.1
D Padrão	24.0	52.3	48.1	60.8	77.4	78.3	

Uma segunda constatação importante, extraída das tabelas citadas acima é a de que aumentando-se a fração de esgotamento da CAD, ou seja, usando-se mais a capacidade de armazenamento do reservatório do solo, a lâmina de irrigação suplementar (H) diminui. Isto se explica pelo fato do método de balanço hídrico aproveitar melhor as precipitações efetivas que recarregam o reservatório do solo, pois admite-se um maior rebaixamento no nível do mesmo antes de voltar a irrigar.

Numa análise da ETm e lâmina de irrigação suplementar (H) calculadas, para valores médios da série histórica (1981-90), constata-se valores diferenciados em função das épocas de semeadura, nas culturas de milho e soja nas regiões agroecológicas do Planalto Médio e Missões. Verifica-se, na Cultura do milho, um incremento da ETm e lâmina de irrigação suplementar, a partir da época de semeadura 01 de setembro até semeadura em 15 de outubro, onde atingem valores máximos, voltando a declinar até a semeadura em 15 de dezembro. Estes re-

sultados concordam com vários autores (ALFONSI et al., 1989; OLIVEIRA, 1990; MATZENAUER, 1994; CARDOSO, 1995; FEPAGRO, 1996).

Fazendo-se uma comparação e análise dos dados constantes nas Tabelas 5.2 e 5.6 para a cultura do milho semeada em 01 de setembro, com nível de manejo da irrigação para produtividade potencial (100%), verifica-se uma estimativa de consumo, média de 10 anos, de 215,2 mm de água fornecido pela irrigação mais 440,68 mm fornecido pela chuva efetiva, totalizando 655,68 mm no ciclo. Para as épocas de semeadura 15 de outubro e 15 de dezembro o consumo hídrico estimado, para a cultura do milho, foi de 695,13 e 607,95 mm, respectivamente. Estes valores estão dentro da faixa de oscilação apresentados por DENMEAD & SHAW (1962); JENSEN (1973); DOORENBOS & KASSAN (1979); MATZENAUER (1980); REICHARDT (1987) e CARDOSO (1995).

Numa análise similar à cultura da soja no Planalto Médio, verifica-se o seguinte consumo hídrico no ciclo: 859,03; 731,05 mm para as épocas de semeadura 15 de outubro e 15 de dezembro, respectivamente, concordando com os resultados de BERGAMASCHI & BERLATO (1975); DOORENBOS & KASSAN (1979); REICHARDT (1987); COLLARES (1994) e CARDOSO (1995).

Estes dados reforçam o argumento de que a semeadura em 15 de outubro apresenta o maior consumo hídrico. Esta constatação conduz à recomendação de semear culturas em épocas que necessitem menores lâminas de irrigação e, conseqüentemente, com menores custos variáveis ou, no caso de agricultura sem irrigação (sequeiro), menores riscos de frustração de safra, com produtividades satisfatórias. Para os diversos níveis de extração da CAD, ou seja, para os níveis de irrigação simulados, o comportamento entre épocas de semeadura foi o mesmo. Na cultura da soja, a data de semeadura 15 de outubro apresentou a maior demanda hídrica, tanto na ETm como na lâmina de irrigação suplementar (H), declinando após esta data, atingindo o menor valor na semeadura 15 de dezembro.

A pesquisa e a extensão rural também já tinham esta idéia embutida na recomendação de épocas de semeadura mais adequadas, para que não coincida o período crítico das culturas com os períodos mais prováveis de déficits hídricos (CUNHA & BERGAMASCHI, 1992; FEPAGRO, 1996).

Este comportamento da ETm e, conseqüentemente, da lâmina de irrigação suplementar ao longo do ano, deve-se ao fato de que, nas condições climáticas estudadas, a energia disponível aos processos evapotranspirométricos oscila durante o ano, alcançando valores máximos

nos meses de dezembro e janeiro. Assim, as culturas de milho e soja semeadas em meados de outubro apresentam a máxima exigência hídrica coincidindo com o período de maior energia disponível.

Também, constata-se nas referidas tabelas, que independente do local e/ou época de semeadura, a cultura da soja apresenta maior exigência hídrica que o milho, apesar de possuírem duração de ciclo semelhantes, concordando com **DOORENBOS & KASSAN (1979)**; **REICHARDT (1987)**; **CUNHA & BERGAMASCHI (1992)**; **CARDOSO (1995)**, entre outros. A evapotranspiração máxima (ET_m) calculada, para a cultura da soja, média de dez anos, na região das Missões (semeadura 15/10) é igual a 524,2 mm e, no Planalto Médio (semeadura 15/10) é igual a 459,2 mm. Já para a cultura do milho no Planalto Médio (semeadura 15/10) é igual a 311,9 mm e nas Missões (semeadura 15/10), igual a 352,6 mm.

Nas Tabelas 5.1 e 5.2, referente à lâmina de irrigação suplementar média requerida para a cultura do milho, nas Missões, constata-se que estiveram entre 242,6 a 323,6 mm; 223,0 a 301,6 mm; 161,6 a 247,0 mm; 149,4 a 243,1 mm; 114,2 a 203,3 mm para o nível de extração da CAD que possibilita rendimento de 100, 90, 80, 70 e 60% do rendimento potencial da cultura (ver Tabela 5.5), respectivamente. Já na região do Planalto Médio, a lâmina de irrigação suplementar média variou entre 205,6 a 261,7 mm; 181,5 a 236,1 mm; 117,5 a 160,9 mm; 103,5 a 151,4 mm; 58,1 a 104,6 mm para o nível de extração da CAD que possibilita rendimentos de 100, 90, 80, 70, 60% do rendimento potencial da cultura (ver Tabela 5.5), respectivamente. Na cultura da soja, conforme Tabelas 5.3 e 5.4 na região agroecológica das Missões,

TABELA 5.5 - Valores mínimos e máximos nas estimativas da lâmina de irrigação suplementar média (H,mm) requerida, pelas cultura de milho e soja, nas condições agroecológicas do Planalto Médio e Missões, RS, como função da época de semeadura, para os níveis de manejo da irrigação adotado, na série de 1981-1990.

Região Agroecológica	Cultura	Nível de manejo da irrigação				
		p ₁	p ₂	p ₃	p ₄	p ₅
Missões	milho	246,6-323,6	223,0-301,6	161,6-247,0	149,4-243,1	114,2-203,3
	soja	380,2-524,2	356,1-488,4	305,7-451,9	273,8-426,9	270,0-400,7
Planalto Médio	milho	205,6-261,7	181,5-236,1	117,5-160,9	103,5-151,4	58,1-104,6
	soja	328,7-459,2	293,1-391,6	233,3-338,1	206,8-291,5	196,2-267,7

Fonte: Tabelas 5.1 a 5.4

a irrigação suplementar média variou entre 380,2 a 524,2 mm; 356,1 a 488,4 mm; 305,7 a 451,9 mm; 273,8 a 426,9 mm; 270,0 a 400,2 mm para o nível de extração da CAD que possibilita rendimentos de 100, 90, 80, 70, 60 % do rendimento potencial da cultura

(ver Tabela 5.5) respectivamente. No Planalto Médio, a lâmina de irrigação suplementar média esteve entre 328,7 a 459,2 mm; 293,1 a 391,6 mm; 233,3 a 338,1 mm; 206,8 a 291,5 mm; 196,1 a 267,7 mm para o nível de extração da CAD que possibilita rendimento de 100, 90, 80, 70, 60% do rendimento potencial da cultura (ver Tabela 5.5), respectivamente.

Numa observação da Tabela 5.5, verifica-se, claramente, que as estimativas das necessidades de irrigação suplementar foram superiores nas Missões quando comparadas com as do Planalto Médio, tanto para a cultura da soja como para o milho.

Os resultados encontrados neste estudo para lâmina de irrigação suplementar requerida concordam com os encontrados por **BELTRAME et al. (1979)**; **MOTA (1980)** e **MOTA & AGENDES (1989)** para as regiões agroecológicas do Planalto Médio e Missões.

Os valores das estimativas da ET_m, encontrados no presente trabalho, são 36,95 e 23,97% menores, para a cultura do milho e da soja, respectivamente, do que os encontrado por **CARDOSO (1995)**, para o mesmo local e época de semeadura. As diferenças devem-se, principalmente, ao comprimento de ciclo adotado pelo citado autor, que foram 12 dias maior para o milho e 17 dias na soja e em função do coeficiente de cultura. No presente trabalho usou-se os dados da pesquisa local (ver Tabela 4.3) e não foi feito ajustamento matemático dos coeficientes de cultura. Uma outra possível fonte de erro pode ser a substituição do fator aerodinâmico na equação de Penman (eq. [4.1]) pela evaporação de Piche para os dados meteorológicos da estação de Passo Fundo. **JENSEN (1973)**; **DOORENBOS & KASSAN (1979)**; **MATZENAUER (1980)** e **COLLARES (1995)** também encontraram valores superiores, porém, em ambientes diferentes.

Porém, os valores encontrados por este trabalho aproxima-se melhor dos resultados de **LAMB (1991)**, que usou uma cultivar de milho de ciclo semelhante e mediu o consumo de água diariamente. A ressalva que se deve fazer é que o referido trabalho foi conduzido na Depressão Central do Estado e semeado em janeiro, onde notadamente a demanda hídrica cai significativamente.

A diferença, a maior, na região das Missões para as lâminas de irrigação suplementar nas diversas combinações de cultura-época de semeadura-nível de manejo da irrigação, deve-se à diferença de clima e diferenças nas características físico-hídricas do solo, visto que no solo Santo Ângelo, que predomina nas Missões, a capacidade de armazenamento é menor. Outra fonte da diferença pode ter origem na substituição do fator aerodinâmico na equação de Penman pela evaporação de Piche, que pode ter subestimado os valores para Planalto Médio.

5.2 - Precipitação efetiva

Nas Figuras A.2 e A.3 (Apêndice) estão apresentados os valores diários da precipitação bruta e efetiva obtida pela aplicação da repartição do método SCS (1975), para as condições agroecológicas do Planalto Médio e Missões, durante a série histórica (1981 a 1990). Verifica-se que para precipitações brutas muito elevadas há uma grande fração que não é aproveitada para o reabastecimento do solo. Nos casos em que a chuva efetiva foi maior que a capacidade de armazenamento do solo, o modelo de balanço hídrico simulava uma drenagem profunda. Assim, acontecia com frequência, em função da profundidade de solo explorado pelas raízes e do nível de manejo da umidade, que uma fração considerável da chuva efetiva perdia-se para camadas mais profundas, fora do alcance das raízes. Neste caso, o total de chuva efetiva apresentado na Tabela 5.6 está superestimado. Não é possível determinar com exatidão a magnitude da chuva efetiva porque o modelo de balanço hídrico adotado, neste estudo, não estimou a drenagem profunda ou ascensão capilar.

Fazendo-se uma observação do transcurso da precipitação ao longo da série, verifica-se alguns intervalos relativamente grandes com escassez de precipitação, como exemplo, outubro a dezembro de 1985, sendo que neste ano houve uma frustração de safra de verão muito grande no Estado, conforme BERLATO (1992), e também verificado nas Tabelas A.2 e A.3, além das baixas produtividades ocorridas nos anos agrícolas de 81/82 e 87/88, que também podem ser atribuídas às oscilações nas precipitações.

Na Tabela 5.6 estão apresentados os valores da precipitação bruta observada e da precipitação efetiva estimada através da técnica de repartição recomendada pelo SCS (1975) para três épocas de semeadura escolhidas. Verifica-se uma grande oscilação interanual nos valores da precipitação bruta e efetiva, sendo maior esta variação na precipitação bruta. A informação importante desta tabela é o valor da precipitação efetiva que estava disponível, juntamente com a lâmina de irrigação, para os processos evapotranspirométricos da cultura da soja e do milho. Assim, para a cultura do milho, no Planalto Médio, semeado em 01 de setembro estimou-se uma chuva efetiva de 440,68 mm, em média. Já para a semeadura em 15 de outubro e 15 de dezembro a chuva efetiva estimada foi de 433,43 e 402,35 mm, respectivamente. Ou seja, a chuva efetiva oscilou em torno de 70% da precipitação bruta, no período do estudo.

TABELA 5.6 - Precipitação bruta observado (mm) e precipitação efetiva estimada (mm) nas condições edafoclimáticas do Planalto Médio, na série de 1981 a 1990, durante o ciclo da cultura do milho e da soja, em função das épocas de semeadura escolhidas.

ANO	EPOCA DE SEMEADURA					
	01/set		15/out		15/dez	
	P. Bruta	P. Efetiva	P. Bruta	P. Efetiva	P. Bruta	P. Efetiva
81	605.4	436.7	460.5	330.9	340.7	222.3
82	694.3	539.6	713.4	553.4	653.5	490.8
83	489.3	346.3	590.1	420.1	455.4	333.1
84	585.3	381.3	416.1	537.9	468.4	346.5
85	302.6	224.1	251	258.6	527.9	350.1
86	616.9	436.3	573.7	414.2	651.5	378.6
87	529.5	388.3	566.2	339.9	514	336
88	872.6	530.8	697.5	461.5	609.6	436.3
89	767	473.3	00566.4	421.8	751.9	534.1
90	936.2	650.1	672	596	675.4	595.7
Média	639.91	440.68	550.69	433.43	564.83	402.35

Uma crítica aos dados de precipitação efetiva devem ser feitas, visto que o método SCS (1975) supõe que a infiltração é dependente apenas da umidade antecedente, tipo e uso do solo. A intensidade da precipitação parece-me ser o fator que mais influi na precipitação efetiva.

5.3 - Ajustamento da série histórica da lâmina de irrigação à distribuição normal

Para que se pudesse fazer um tratamento estatístico das necessidades de irrigação, fez-se o teste de ajustamento da série de dados de ETm e lâminas de irrigação suplementar (H) à distribuição normal através da plotagem "Q-Q" com nível de significância de 1%.

Verifica-se, através de consulta às Tabela A.6 e A.7, que no teste de correlação da normalidade ao nível de significância 1% da Tabela A.5, houve ajustamento dos dados à distribuição normal, para as combinações de época-local-cultura-nível de manejo da umidade do solo.

Na cultura da soja, somente os dados de ETm na época de semeadura 15 de dezembro para as Missões, tem-se dúvidas do ajustamento à normal. Na cultura do milho, nas épocas de semeadura de setembro, também há situações em que se tem dúvidas do ajustamento à normal, visto que o coeficiente de correlação de Filliben calculado é menor do que o valor crítico (tabelado) ao nível de significância de 1%. Conforme **OLIVEIRA (1990)**, os resultados de lâmina de irrigação suplementar ajustaram-se à distribuição normal ao nível de significância de 5%, através do teste Kolmogorov-Smirnov. **BERNUTH (1983)** também obteve ajuste à distribuição normal para lâmina de irrigação suplementar total média.

O não ajustamento dos dados de algumas combinações entre época-local-cultura-nível de manejo da irrigação talvez possam ser atribuídos ao pequeno número de anos da série histórica de dados meteorológicos usados neste trabalho. Deve-se ressaltar que a base de dados não foi maior pela dificuldade de obtenção das séries, com dados diários. As empresas ou órgãos que fazem coletadas sistemáticas têm dificultado o fornecimento dos dados, preferindo vendê-los.

Apesar da dúvida do ajustamento em algumas combinações, estes valores de lâmina de irrigação suplementar média também foram usadas no tratamento estatístico como que se tivesse havido o ajustamento à normal, porque a diferença entre o valor calculado e tabelado do coeficiente de correlação da normalidade foi pequena (Tabelas A.5 a A.7).

Deve-se ressaltar que não foi feita uma análise da variância para as séries de ETm e lâmina de irrigação suplementar, porque se tem dúvidas sobre a independência entre as séries, visto que foram calculadas com base na mesma série de dados meteorológicos. **OLIVEIRA (1990)**, na tentativa de analisar pela variância e teste Tukey, considerando épocas de semeadura como tratamentos e os anos como repetições, num estudo semelhante ao nosso realizado para as condições do Paraná, verificou que as lâminas de irrigação ajustaram-se ao método de análise apenas em algumas situações do estudo, devido à grande variância dos dados, o que teria gerado uma variância residual muito grande, não permitindo que considerasse anos como repetições nem a constatação de médias estatisticamente diferentes, para a maioria dos locais.

5.4 - Análise probabilística da lâmina de irrigação suplementar (H, mm)

Nas Tabelas 5.7 a 5.10 estão apresentados os valores estimados da lâmina de irrigação suplementar (H, mm) requerida correspondente aos níveis de 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95,

TABELA 5.7 - Estimativa da lâmina de irrigação suplementar necessária (H, mm) com 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 98% de probabilidade de não serem excedidos, para a cultura de milho na região agroecológica das Missões, como função de época de semeadura e nível de manejo da irrigação

Época semeadura	Nível de manejo	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA								
		98%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%
01-Set	p ₁ ^(*)	375.4	355.2	337.2	325.1	315.5	307.2	299.8	292.9	286.4
	p ₂	367.4	345.5	326.0	312.9	302.4	293.4	285.4	278.0	270.9
	p ₃	334.4	306.4	281.6	264.9	251.6	240.2	229.9	220.4	211.4
	p ₄	314.3	285.5	259.9	242.6	228.8	217.0	206.5	196.7	187.4
	p ₅	221.2	199.9	181.0	168.3	158.2	149.5	141.7	134.4	127.6
15-Set	p ₁	401.7	381.8	364.2	352.3	342.8	334.7	327.4	320.6	314.2
	p ₂	398.6	375.6	355.2	341.5	330.5	321.1	312.7	304.9	297.4
	p ₃	372.4	341.7	314.3	295.8	281.2	268.6	257.3	246.8	236.9
	p ₄	360.4	330.3	303.5	285.5	271.1	258.8	247.8	237.6	227.8
	p ₅	325.1	293.7	265.8	247.0	232.0	219.2	207.7	197.0	186.9
01-Out	p ₁	422.3	400.4	380.9	367.8	357.3	348.3	340.3	332.9	325.8
	p ₂	409.3	388.0	369.0	356.2	346.0	337.3	329.5	322.2	315.3
	p ₃	374.3	348.5	325.6	310.2	297.9	287.4	277.9	269.2	260.9
	p ₄	369.2	344.1	321.8	306.7	294.8	284.5	275.3	266.8	258.7
	p ₅	322.8	298.3	276.4	261.7	250.0	239.9	230.9	222.6	214.6
15-Out	p ₁	437.4	414.7	394.6	381.0	370.2	361.0	352.7	345.0	337.6
	p ₂	419.9	396.3	375.4	361.3	350.1	340.4	331.8	323.8	316.2
	p ₃	359.3	337.0	317.1	303.7	293.0	283.9	275.7	268.1	260.9
	p ₄	376.3	347.5	321.9	304.7	290.9	279.2	268.6	258.8	249.5
	p ₅	326.3	301.8	280.1	265.4	253.7	243.7	234.7	226.4	218.5
01-Nov	p ₁	346.5	339.0	332.3	327.8	324.2	321.1	318.3	315.8	313.4
	p ₂	388.8	369.1	351.6	339.9	330.5	322.4	315.2	308.5	302.2
	p ₃	356.9	333.3	312.4	298.3	287.1	277.4	268.8	260.8	253.2
	p ₄	331.9	308.6	287.9	274.0	262.9	253.4	244.8	236.9	229.4
	p ₅	320.8	290.7	263.9	245.9	231.5	219.2	208.2	198.0	188.2
15-Nov	p ₁	395.6	376.3	359.2	347.6	338.4	330.5	323.5	316.9	310.7
	p ₂	364.7	347.3	331.9	321.5	313.3	306.2	299.8	293.9	288.3
	p ₃	324.5	306.0	289.5	278.4	269.5	261.9	255.1	248.8	242.8
	p ₄	292.9	274.7	258.5	247.5	238.8	231.4	224.7	218.5	212.6
	p ₅	291.5	269.4	249.7	236.4	225.8	216.8	208.6	201.1	193.9
01-Dez	p ₁	350.3	335.6	322.5	313.7	306.7	300.7	295.3	290.3	285.5
	p ₂	328.9	314.7	302.1	293.7	286.9	281.1	275.9	271.1	266.6
	p ₃	269.9	255.2	242.1	233.3	226.3	220.3	214.9	209.9	205.1
	p ₄	261.3	246.0	232.4	223.2	215.9	209.6	204.0	198.8	193.8
	p ₅	215.2	202.5	191.2	183.6	177.6	172.4	167.8	163.4	159.4
15-Dez	p ₁	313.7	299.5	286.9	278.5	271.7	265.9	260.7	255.9	251.4
	p ₂	285.8	273.3	262.2	254.7	248.7	243.6	239.0	234.8	230.8
	p ₃	241.1	225.3	211.2	201.7	194.2	187.7	181.9	176.5	171.4
	p ₄	228.9	213.1	199.0	189.5	182.0	175.5	169.7	164.3	159.2
	p ₅	211.6	193.0	176.5	165.4	156.5	148.9	142.1	135.7	129.7

(*) - simula o nível de manejo da irrigação, ou seja, a fração de esgotamento da CAD admitida, estando relacionado com um nível de produtividade da cultura. Por exemplo: p₁ = 100%; p₂ = 90%; p₃ = 80%; p₄ = 70% e p₅ = 60% do potencial produtivo da cultura.

TABELA 5.8 - Estimativa da lâmina de irrigação suplementar necessária (H, mm) com 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 98% de probabilidade de não serem excedidos, para a cultura de milho na região agroecológica do Planalto Médio, como função de época de semeadura e nível de manejo da irrigação

Época semeadura	Nível de manejo	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA								
		98%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%
01-Set	p ₁ ^(*)	290.6	275.6	262.2	253.2	246.1	240.0	234.4	229.3	224.5
	p ₂	265.9	249.7	235.4	225.6	217.9	211.3	205.4	199.9	194.6
	p ₃	235.6	212.6	192.2	178.4	167.4	158.0	149.5	141.7	134.3
	p ₄	234.5	209.5	187.4	172.4	160.5	150.3	141.2	132.7	124.7
	p ₅	190.5	165.5	143.3	128.3	116.4	106.2	97.0	88.5	80.5
15-Set	p ₁	311.7	296.8	283.6	274.6	267.5	261.4	256.0	250.9	246.1
	p ₂	281.5	265.8	252.0	242.6	235.1	228.8	223.0	217.7	212.7
	p ₃	244.8	224.2	205.9	193.5	183.7	175.3	167.7	160.7	154.1
	p ₄	254.0	226.8	202.7	186.4	173.5	162.4	152.4	143.2	134.4
	p ₅	213.9	186.4	161.9	145.4	132.2	121.0	110.8	101.5	92.6
01-Out	p ₁	328.8	313.4	299.7	290.5	283.1	276.8	271.2	265.9	260.9
	p ₂	319.3	300.8	284.4	273.3	264.5	257.0	250.2	243.9	237.9
	p ₃	271.2	247.7	226.9	212.8	201.6	192.0	183.4	175.4	167.8
	p ₄	235.7	217.3	201.0	189.9	181.2	173.6	166.9	160.6	154.7
	p ₅	219.0	195.9	175.4	161.6	150.5	141.1	132.6	124.8	117.3
15-Out	p ₁	334.8	320.3	307.3	298.6	291.7	285.7	280.4	275.4	270.7
	p ₂	329.1	310.6	294.2	283.1	274.2	266.7	259.9	253.6	247.6
	p ₃	279.2	255.6	234.7	220.6	209.4	199.7	191.1	183.1	175.5
	p ₄	290.6	262.9	238.3	221.7	208.5	197.1	187.0	177.5	168.6
	p ₅	277.7	243.3	212.6	192.0	175.5	161.5	148.8	137.1	126.0
01-Nov	p ₁	318.9	305.1	292.7	284.4	277.8	272.2	267.1	262.4	257.9
	p ₂	309.0	290.9	274.8	264.0	255.4	248.0	241.4	235.2	229.4
	p ₃	262.7	240.9	221.5	208.4	198.1	189.1	181.2	173.7	166.7
	p ₄	243.5	221.2	201.3	187.9	177.2	168.1	159.9	152.3	145.1
	p ₅	251.9	222.2	195.8	178.0	163.9	151.8	140.9	130.8	121.2
15-Nov	p ₁	309.2	296.8	285.8	278.4	272.5	267.4	262.9	258.7	254.7
	p ₂	308.0	290.0	274.1	263.3	254.7	247.4	240.8	234.7	228.9
	p ₃	252.1	233.6	217.1	206.0	197.1	189.5	182.7	176.4	170.4
	p ₄	239.5	218.3	199.6	186.9	176.8	168.2	160.4	153.2	146.4
	p ₅	181.2	163.8	148.4	138.0	129.8	122.7	116.3	110.4	104.8
01-Dez	p ₁	295.0	282.1	270.6	262.9	256.7	251.4	246.7	242.3	238.1
	p ₂	281.9	265.9	251.6	242.0	234.4	227.8	222.0	216.5	211.3
	p ₃	241.2	220.4	201.9	189.4	179.4	170.9	163.2	156.2	149.4
	p ₄	202.5	184.9	169.2	158.6	150.2	142.9	136.5	130.4	124.7
	p ₅	212.9	188.5	166.7	152.1	140.4	130.4	121.5	113.1	105.2
15-Dez	p ₁	271.5	258.4	246.7	238.9	232.6	227.2	222.4	218.0	213.7
	p ₂	260.8	245.0	231.0	221.5	214.0	207.5	201.7	196.4	191.3
	p ₃	195.7	180.2	166.3	157.0	149.6	143.2	137.5	132.2	127.2
	p ₄	185.4	169.1	154.6	144.9	137.1	130.4	124.4	118.9	113.6
	p ₅	155.9	136.4	119.1	107.4	98.2	90.2	83.1	76.4	70.2

TABELA 5.9 - Estimativa da lâmina de irrigação suplementar necessária (H, mm) com 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 98% de probabilidade de não serem excedidos, para a cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, como função de época de semeadura e nível de manejo da irrigação

Epoca semeadura	Nível de manejo	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA								
		98%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%
15-Out	p ₁	523.2	503.7	486.5	474.8	465.6	457.6	450.5	443.9	437.6
	p ₂	503.7	481.4	461.6	448.2	437.5	428.4	420.2	412.6	405.4
	p ₃	456.8	433.2	412.2	398.0	386.7	377.1	368.4	360.4	352.7
	p ₄	495.0	454.5	418.5	394.2	374.9	358.3	343.5	329.7	316.6
	p ₅	458.4	420.3	386.5	363.7	345.5	330.0	316.0	303.1	290.8
01-Nov	p ₁	493.3	476.7	461.9	452.0	444.1	437.3	431.2	425.5	420.2
	p ₂	487.9	465.8	446.1	432.9	422.3	413.3	405.2	397.7	390.5
	p ₃	456.6	429.1	404.7	388.2	375.0	363.8	353.7	344.3	335.4
	p ₄	422.0	389.7	361.0	341.6	326.2	312.9	301.1	290.1	279.6
	p ₅	428.6	396.5	367.9	348.6	333.2	320.1	308.3	297.3	286.9
15-Nov	p ₁	487.3	469.9	454.5	444.1	435.9	428.8	422.4	416.5	410.9
	p ₂	473.4	451.6	432.3	419.2	408.9	400.0	392.0	384.6	377.6
	p ₃	421.0	396.1	374.1	359.2	347.4	337.2	328.1	319.7	311.7
	p ₄	407.9	379.2	353.8	336.7	323.0	311.3	300.8	291.1	281.8
	p ₅	405.8	375.3	348.3	330.0	315.5	303.0	291.9	281.5	271.7
01-Dez	p ₁	465.9	447.4	430.9	419.8	410.9	403.3	396.5	390.2	384.2
	p ₂	433.2	414.1	397.1	385.6	376.5	368.7	361.6	355.1	349.0
	p ₃	401.1	375.4	352.6	337.2	324.9	314.5	305.0	296.3	288.0
	p ₄	410.4	376.7	346.8	326.6	310.5	296.8	284.4	273.0	262.1
	p ₅	398.3	363.3	332.3	311.3	294.6	280.4	267.5	255.7	244.4
15-Dez	p ₁	436.1	414.7	395.7	382.9	372.7	364.0	356.1	348.9	341.9
	p ₂	391.9	372.2	354.7	343.0	333.6	325.5	318.3	311.6	305.3
	p ₃	358.2	333.3	311.2	296.3	284.5	274.3	265.2	256.7	248.7
	p ₄	365.8	334.1	306.0	287.0	271.9	259.0	247.4	236.6	226.4
	p ₅	356.9	324.9	296.4	277.3	262.0	248.9	237.2	226.3	215.9

98% de probabilidades de não serem excedidas, para as combinações de local-cultura-época de semeadura-nível de manejo da irrigação. Estes valores da lâmina de irrigação suplementar, para cada nível de probabilidade, foram obtidos através do ajustamento à normal da série de dados apresentados nas Tabelas 5.1 a 5.4 que foram gerados pelo modelo de balanço hídrico adotado neste estudo. Os níveis de manejo da irrigação são traduzidos pelo (p_i) que representa a fração de extração da CAD admitida antes de voltar a irrigar, que garante uma percentagem da produtividade potencial da cultura (Tabela 4.2).

Numa análise das referidas tabelas constata-se que para maiores níveis de probabilidade ou menores riscos, maiores são os valores da lâminas de irrigação requerida. Isto se explica

TABELA 5.10 - Estimativa da lâmina de irrigação suplementar necessária (H, mm) com 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 98% de probabilidade de não serem excedidos, para a cultura da soja na região agroecológica das Missões, como função de época de semeadura e nível de manejo da irrigação.

Epoca semeadura	Nível de manejo	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA								
		98%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%
15-Out	p ₁	654.7	626.8	602.1	585.4	572.1	560.7	550.5	541.0	532.0
	p ₂	640.4	610.1	583.2	565.1	550.7	538.3	527.2	516.9	507.1
	p ₃	627.3	592.4	561.3	540.4	523.8	509.5	496.7	484.8	473.5
	p ₄	589.6	557.2	528.4	509.0	493.5	480.3	468.4	457.4	447.0
	p ₅	574.8	540.0	509.1	488.3	471.7	457.5	444.8	433.0	421.7
01-Nov	p ₁	614.3	590.9	570.1	556.1	544.9	535.4	526.8	518.8	511.3
	p ₂	609.0	581.7	557.4	541.0	528.0	516.8	506.8	497.5	488.7
	p ₃	587.8	554.5	524.9	505.0	489.1	475.5	463.3	452.0	441.2
	p ₄	558.7	530.6	505.7	488.9	475.5	464.1	453.8	444.2	435.2
	p ₅	533.8	504.6	478.6	461.1	447.2	435.2	424.5	414.6	405.1
15-Nov	p ₁	590.4	566.8	545.8	531.7	520.5	510.8	502.2	494.1	486.5
	p ₂	576.5	551.2	528.7	513.5	501.4	491.0	481.7	473.1	464.9
	p ₃	534.3	507.6	483.8	467.8	455.0	444.1	434.3	425.2	416.6
	p ₄	487.2	464.2	443.8	430.1	419.1	409.7	401.3	393.5	386.0
	p ₅	474.1	451.9	432.2	418.9	408.3	399.2	391.1	383.5	376.4
01-Dez	p ₁	535.1	515.2	497.5	485.6	476.1	467.9	460.6	453.9	447.4
	p ₂	527.8	505.0	484.7	471.0	460.2	450.8	442.5	434.7	427.3
	p ₃	474.6	452.7	433.3	420.2	409.7	400.8	392.8	385.3	378.3
	p ₄	438.4	416.6	397.3	384.2	373.9	365.0	357.0	349.6	342.6
	p ₅	422.4	403.5	386.7	375.4	366.4	358.7	351.7	345.3	339.2
15-Dez	p ₁	480.0	460.1	442.5	430.6	421.1	413.0	405.7	398.9	392.5
	p ₂	457.3	437.2	419.3	407.2	397.6	389.3	382.0	375.1	368.6
	p ₃	414.5	392.9	373.6	360.6	350.3	341.4	333.5	326.1	319.1
	p ₄	381.4	360.0	341.0	328.1	317.9	309.1	301.3	294.0	287.1
	p ₅	397.9	372.5	349.8	334.6	322.4	312.0	302.7	294.0	285.8

pele método de cálculo das probabilidades dos valores não serem excedidos, conforme utilizado nos trabalhos de SILVA (1979), MOTA & AGENDES (1989), MOTA (1989), OLIVEIRA (1990) e CARDOSO (1995). Este tipo de raciocínio e forma de apresentação é condizente com os projetos de irrigação, que são sempre dimensionados para valores máximos. Assim sendo, se por exemplo dimensionar-se o projeto de irrigação para 90% de probabilidade, isto quer dizer que o risco de falha é de 10%.

Se tomarmos, como exemplo, a Tabela 5.7 podemos verificar que a lâmina de irrigação suplementar requerida foi de 337,2 mm para a cultura do milho semeado em 01 de setembro com nível de manejo p₁, ou seja, rendimento esperado da cultura igual a 100% do seu potencial, ao nível de probabilidade de 90%. Este valor se interpreta da seguinte maneira: para cada 9 em 10 anos os valores da lâmina (H, mm) serão menores ou iguais a 337,2 mm, sendo

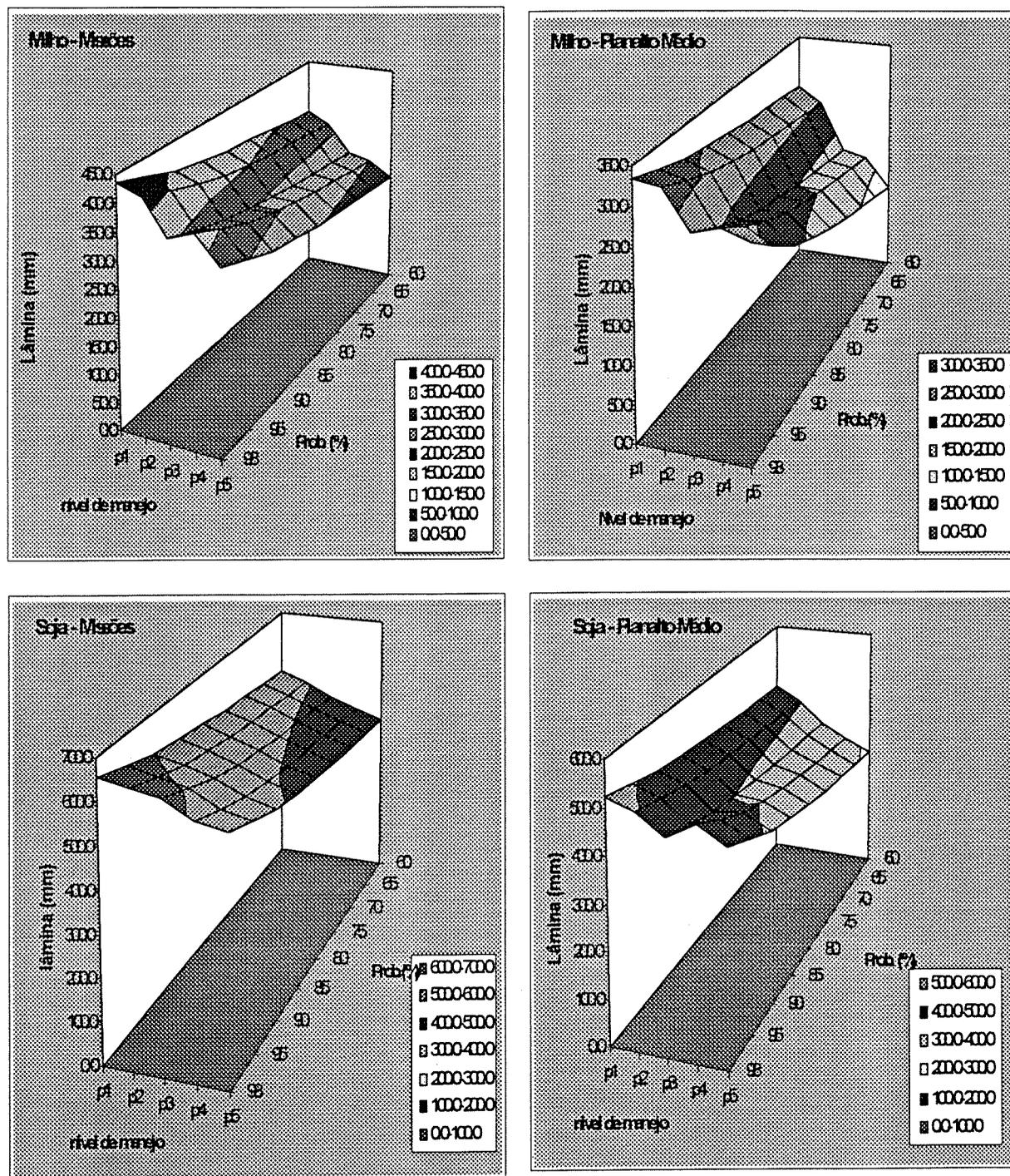


FIGURA 5.1 - Lâmina de irrigação suplementar (H, mm) requerida para a combinação entre nível de manejo da irrigação e probabilidade de ocorrência, para a cultura a soja e milho semeado em 15 de outubro, nas condições agroecológicas das Missões e Planalto Médio.

este valor superado apenas 1 vez a cada 10 anos, ou seja, risco de 10%. Para os demais níveis de probabilidade apresentados, a interpretação é semelhante. Nas Tabelas 5.7 a 5.10 pode-se verificar que os valores da lâmina de irrigação suplementar determinadas, para a cultura do milho, como exemplo, a 80% de probabilidade, estiveram entre 156,5 a 370,2 mm e 98,2 a 291,7 mm para a região agroecológica das Missões e Planalto Médio, respectivamente. Para a cultura da soja estiveram entre 317,9 a 572,1 mm e 262,0 a 465,6 mm para as Missões e Planalto Médio, respectivamente. Esta ampla variação é função da época de semeadura e nível de manejo da irrigação, porque quanto maior a coincidência entre período de máxima exigência hídrica da cultura e período de máxima demanda evaporativa do ambiente maiores as necessidades de irrigação suplementar e vice-versa. O nível de manejo da irrigação também influi decisivamente na lâmina requerida, visto que quanto menor o nível de extração da CAD do solo, maiores são as necessidades de suplementação, conforme discutido no item 5.1, deste capítulo. Tomando-se como exemplo a época de semeadura 15 de outubro, que apresentou as maiores necessidades de irrigação, conforme Tabela 5.7 a 5.10, pode-se visualizar na Figura 5.1 o comportamento da lâmina de irrigação suplementar requerida, para as diversas combinações de manejo da irrigação e níveis de probabilidade. Observa-se as linhas ou curvas de mesma necessidade de irrigação e que o incremento das curvas, ou seja, o gradiente entre as curvas é maior nos baixos níveis de risco quando comparado com altos níveis de risco para os diversos níveis de manejo da irrigação estudados.

Os resultados encontrados neste estudo concordam com os resultados de **MOTA (1970)**, **BURIOL et al. (1977)** e **BELTRAME et al. (1979)**, que afirmam que existem deficiências hídricas nos meses de verão (out-mar). Concordam também com **MOTA (1980)** no tocante a probabilidade de ocorrência e magnitude da lâmina de irrigação suplementar requerida para as condições edafoclimáticas do Planalto Médio e Missões. Os valores por ele encontrado são pouco superiores aos deste trabalho, visto que o período de análise do balanço hídrico usado pelo referido autor foi bem mais abrangente (seis meses) e, também, usou uma profundidade para armazenamento muito grande. Quando se compara os resultados com os encontrados por **MOTA & AGENDES (1989)**, num estudo das necessidades de irrigação por aspersão para o Planalto Médio e Missões ao nível de 80% de probabilidade, com os deste trabalho, verifica-se uma grande concordância. Porém, em função da magnitudes das lâminas de irrigação encontradas neste estudo, pode-se dizer que o estudo de **BELTRAME et al.**

(1979) não reproduz a realidade física-hídrica do solo ao recomendar ser dispensável a irrigação suplementar nas condições agroecológicas do Planalto Médio.

Autores como **OLIVEIRA (1986) e FEPAGRO (1996)**, que recomendam irrigar apenas no período crítico ou em algumas épocas do ciclo, realmente conseguem reduzir o volume de irrigação, mas não se dão conta de um aspecto importante: podem ocorrer déficits hídricos tão pronunciados, mesmo fora do período crítico, que comprometam de forma irreversível a produtividade. Assim, verifica-se a importância do estudo da análise dos benefícios contra os custos nas diversas possibilidades de manejo.

O que é importante ser frisado, neste momento, é que, mesmo não atendendo completamente a demanda, nos anos em que os valores de lâmina de irrigação estimados forem excedidos, o sistema manterá um nível de produtividade que é dependente da magnitude da falha, mas garantirá um retorno econômico mínimo. Isto se verá na análise econômica com mais detalhes. Porém, as necessidades de suplementação da irrigação variam de um valor mínimo para o risco de 40% até um valor máximo para o risco de falha de 2%, conforme Tabela 5.7 a 5.10. Então, quando houver uma falha, a máxima lâmina de irrigação suplementar requerida será aquela referente ao risco de 2%, para um dado nível de manejo da irrigação. Se o sistema de irrigação suportar um aumento da demanda da lâmina de irrigação, pode-se evitar a redução da produtividade, ocorrendo apenas redução nos resultados econômicos esperados.

A análise probabilística das variações entre épocas, verificada para lâminas de irrigação, permite a escolha de épocas com menores necessidades de água, o que pode ser interessante para situações onde há escassez de água, porém, prescinde de um estudo de otimização econômica para escolher o adequado nível de manejo da água com vistas à maximização dos retornos do investidor privado. Quando a análise for sob o ponto de vista social, a otimização econômica também deve ser perseguida, porém, deve-se otimizar o uso do bem comum, que no caso, é a água.

Apesar das necessidades de irrigação detectadas neste estudo, é importante ter em vista que a recomendação da irrigação e o nível de manejo desta, somente deverá ser feita após estudos da viabilidade econômica e financeira das diversas combinações de manejo-cultura-local-época de semeadura-probabilidade das necessidades de irrigação suplementar, como também sugere **SILVA (1976), OLIVEIRA (1990) e DORFMAN (1992)**.

5.5 - Análise econômica

Nas Tabelas 5.11 a 5.14 e A.8 a A.40 estão apresentadas as estimativas das receitas brutas e líquidas, a composição dos custos de irrigação e custo total de produção, para todas as combinações de época de semeadura-nível de manejo da irrigação-cultura-ambiente e nível de risco analisadas neste estudo.

A receita bruta (R.bruta) foi obtida através da aplicação da eq.[4.22]. O custo da mão-de-obra na irrigação (CMO) obteve-se através da eq.[4.28], sendo dependente da necessidade de irrigação suplementar. No custo de comercialização (C.Com.) estão incluídos os de transporte e tributação, conforme eq.[4.30], sendo portanto dependente do nível de manejo da irrigação, visto que esta propicia produtividades diferenciadas. O custo de conservação, reparos e manutenção (CCRM) foi obtido através da aplicação de 3,0% ao ano sobre o custo anual do equipamento, conforme eq.[4.29]. O custo da energia (C.Energ.) obteve-se através da eq.[4.25], a qual é diretamente proporcional à lâmina de irrigação suplementar (H, mm) e das condições topográficas de cada projeto, representadas pela altura manométrica total de recalque do sistema de bombeamento. O custo anual do equipamento (CAE) é diretamente dependente da lâmina de irrigação suplementar necessária, visto que os outros parâmetros da eq.[4.23] são definidos no momento que se fizer a escolha do equipamento; e a taxa de descontos e período de amortização do equipamento também estão dadas e definidas pelas políticas econômicas. O custo total (C.Total) é a soma do custo de formação da lavoura, conforme **FEPAGRO (1996) e REUNIÃO (1995)**, com o custo da mão-de-obra, custo de comercialização, custo de conservação, reparos e manutenção, custo da energia e custo anual do equipamento. De uma maneira geral, para a cultura do milho, os custos de mão-de-obra representam algo em torno de 2,5 a 3,5% do custo total. Já o custo de comercialização é responsável por 5,5 a 8,8% . Custo de conservação, reparos e manutenção, custo de energia, custo anual do equipamento e custo de formação da lavoura são responsáveis por 0,5 a 0,7; 5,5 a 7,0; 15 a 24 e 55 a 70%, respectivamente, do custo total da lavoura irrigada, em todas as combinações de época de semeadura-ambiente-nível de manejo da irrigação-nível de risco. Verifica-se, assim, que os custos devidos exclusivamente à irrigação variam entre 30 a 45% do custo total. Isto explica porque as maiores receitas líquidas ocorrem no nível de manejo da irrigação (p_1), que propicia produtividade potencial da cultura, uma vez que o aumento dos custos devido à irrigação são da ordem de 15%, quando comparados com os do nível de manejo (p_5), enquanto as receitas aumentam 40%.

TABELA 5.11 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	29.21	72.53	5.65	1150.74	59.1	188.38	901.08	215.92
	p2	1005.3	28	65.27	5.42	1102.96	57.09	180.55	882.54	122.76
	p3	893.6	23.3	58.02	4.51	917.67	49.28	150.22	831.53	62.07
	p4	781.9	21.18	50.77	4.1	834.51	45.77	136.61	804.64	-22.74
	p5	670.2	14.65	43.52	2.83	577.01	34.92	94.46	736.58	-66.38
15/set	p1	1117	31.74	72.53	6.14	1250.31	63.3	204.68	924.59	192.41
	p2	1005.3	30.6	65.27	5.92	1205.45	61.41	197.33	906.74	98.56
	p3	893.6	26.04	58.02	5.04	1025.63	53.83	167.9	857.03	36.57
	p4	781.9	25.1	50.77	4.86	988.79	52.28	161.87	841.08	-59.18
	p5	670.2	21.48	43.52	4.16	846.18	46.27	138.52	800.15	-130
01/out	p1	1117	33.08	72.53	6.4	1303.2	65.53	213.33	937.08	179.92
	p2	1005.3	32.04	65.27	6.2	1261.98	63.79	206.59	920.09	85.21
	p3	893.6	27.58	58.02	5.34	1086.54	56.4	177.87	871.41	22.19
	p4	781.9	27.3	50.77	5.28	1075.24	55.92	176.02	861.49	-79.59
	p5	670.2	23.15	43.52	4.48	911.84	49.03	149.27	815.65	-145.5
15/out	p1	1117	34.28	72.53	6.63	1350.25	67.51	221.04	948.19	168.81
	p2	1005.3	32.42	65.27	6.27	1276.93	64.42	209.03	923.63	81.67
	p3	893.6	27.13	58.02	5.25	1068.67	55.64	174.94	867.19	26.41
	p4	781.9	26.93	50.77	5.21	1061.01	55.32	173.69	858.13	-76.23
	p5	670.2	23.49	43.52	4.54	925.33	49.6	151.48	818.84	-148.6
01/nov	p1	1117	30.02	72.53	5.81	1182.47	60.44	193.57	908.57	208.43
	p2	1005.3	30.6	65.27	5.92	1205.45	61.41	197.33	906.74	98.56
	p3	893.6	26.58	58.02	5.14	1047.15	54.74	171.42	862.11	31.49
	p4	781.9	24.34	50.77	4.71	958.89	51.02	156.97	834.01	-52.11
	p5	670.2	21.43	43.52	4.15	844.36	46.19	138.22	799.72	-129.5
15/nov	p1	1117	31.33	72.53	6.06	1234.26	62.62	202.05	920.8	196.2
	p2	1005.3	29.01	65.27	5.61	1142.71	58.76	187.06	891.93	113.37
	p3	893.6	24.95	58.02	4.83	982.96	52.03	160.91	846.95	46.65
	p4	781.9	22.11	50.77	4.28	870.99	47.31	142.58	813.26	-31.36
	p5	670.2	20.91	43.52	4.04	823.57	45.31	134.82	794.81	-124.6
01/dez	p1	1117	28.4	72.53	5.49	1118.64	57.75	183.12	893.5	223.5
	p2	1005.3	26.56	65.27	5.14	1046.42	54.71	171.3	869.19	136.11
	p3	893.6	20.95	58.02	4.05	825.39	45.39	135.12	809.74	83.86
	p4	781.9	19.99	50.77	3.87	787.46	43.79	128.91	793.53	-11.63
	p5	670.2	16.44	43.52	3.18	647.77	37.9	106.04	753.29	-83.09
15/dez	p1	1117	25.16	72.53	4.87	990.98	52.37	162.22	863.35	253.65
	p2	1005.3	23.03	65.27	4.45	907.09	48.83	148.49	836.29	169.01
	p3	893.6	17.98	58.02	3.48	708.31	40.45	115.95	782.1	111.5
	p4	781.9	16.85	50.77	3.26	663.82	38.58	108.67	764.33	17.57
	p5	670.2	14.49	43.52	2.8	570.81	34.66	93.44	735.12	-64.92

TABELA 5.12 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	22.79	72.53	4.41	897.61	48.43	146.94	841.3	275.7
	p2	1005.3	20.18	65.27	3.9	794.76	44.1	130.1	809.76	195.54
	p3	893.6	15.5	58.02	3	610.57	36.33	99.95	759.01	134.59
	p4	781.9	14.86	50.77	2.87	585.4	35.27	95.83	745.82	36.08
	p5	670.2	10.78	43.52	2.08	424.55	28.49	69.5	700.58	-30.38
15/set	p1	1117	24.77	72.53	4.79	975.66	51.72	159.72	859.73	257.27
	p2	1005.3	21.77	65.27	4.21	857.49	46.74	140.37	824.58	180.72
	p3	893.6	17.01	58.02	3.29	670.02	38.84	109.68	773.05	120.55
	p4	781.9	16.06	50.77	3.11	632.81	37.27	103.59	757.01	24.89
	p5	670.2	12.24	43.52	2.37	482.18	30.92	78.93	714.19	-43.99
01/out	p1	1117	26.21	72.53	5.07	1032.56	54.12	169.03	873.17	243.83
	p2	1005.3	24.49	65.27	4.74	964.72	51.26	157.93	849.9	155.4
	p3	893.6	18.67	58.02	3.61	735.3	41.59	120.37	788.47	105.13
	p4	781.9	16.78	50.77	3.25	660.9	38.46	108.19	763.65	18.25
	p5	670.2	13.93	43.52	2.7	548.92	33.74	89.86	729.95	-59.75
15/out	p1	1117	27.01	72.53	5.22	1063.93	55.44	174.17	880.58	236.42
	p2	1005.3	25.39	65.27	4.91	1000.1	52.75	163.72	858.25	147.05
	p3	893.6	19.39	58.02	3.75	763.75	42.79	125.03	795.19	98.41
	p4	781.9	19.3	50.77	3.73	760.47	42.65	124.49	787.16	-5.26
	p5	670.2	16.25	43.52	3.14	640.11	37.58	104.79	751.48	-81.28
01/nov	p1	1117	25.72	72.53	4.98	1013.23	53.31	165.87	868.61	248.39
	p2	1005.3	23.65	65.27	4.57	931.53	49.86	152.49	842.06	163.24
	p3	893.6	18.34	58.02	3.55	722.54	41.05	118.28	785.45	108.15
	p4	781.9	16.41	50.77	3.17	646.31	37.84	105.8	760.2	21.7
	p5	670.2	15.18	43.52	2.94	597.8	35.8	97.86	741.49	-71.29
15/nov	p1	1117	25.23	72.53	4.88	993.9	52.49	162.7	864.04	252.96
	p2	1005.3	23.58	65.27	4.56	928.98	49.76	152.07	841.46	163.84
	p3	893.6	18.25	58.02	3.53	718.89	40.9	117.68	784.59	109.01
	p4	781.9	16.37	50.77	3.17	644.85	37.78	105.56	759.86	22.04
	p5	670.2	12.02	43.52	2.32	473.42	30.55	77.5	712.12	-41.92
01/dez	p1	1117	23.77	72.53	4.6	936.27	50.06	153.27	850.43	266.57
	p2	1005.3	21.7	65.27	4.2	854.94	46.63	139.95	823.97	181.33
	p3	893.6	16.61	58.02	3.21	654.33	38.18	107.11	769.35	124.25
	p4	781.9	13.91	50.77	2.69	547.83	33.69	89.68	736.95	44.95
	p5	670.2	13	43.52	2.51	512.09	32.18	83.83	721.25	-51.05
15/dez	p1	1117	21.54	72.53	4.17	848.37	46.36	138.88	829.67	287.33
	p2	1005.3	19.81	65.27	3.83	780.53	43.5	127.77	806.4	198.9
	p3	893.6	13.85	58.02	2.68	545.64	33.6	89.32	743.68	149.92
	p4	781.9	12.69	50.77	2.46	500.05	31.68	81.86	725.66	56.24
	p5	670.2	9.09	43.52	1.76	358.17	25.7	58.63	684.9	-14.7

TABELA 5.13 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	43.11	28.56	8.34	1698.2	82.18	278	901.6	-383.62
	p2	466.2	40.51	25.7	7.84	1595.7	77.86	261.22	874.6	-408.37
	p3	414.4	35.8	22.85	6.93	1410.4	70.05	230.89	828	-413.55
	p4	362.6	34.71	19.99	6.72	1367.4	68.23	223.84	814.9	-452.34
	p5	310.8	31.99	17.14	6.19	1260.2	63.71	206.29	786.8	-475.96
01/nov	p1	518	41.12	28.56	7.95	1619.8	78.87	265.16	883.1	-365.11
	p2	466.2	39.1	25.7	7.56	1540.3	75.52	252.14	861.5	-395.27
	p3	414.4	34.72	22.85	6.72	1367.8	68.25	223.9	817.9	-403.48
	p4	362.6	30.2	19.99	5.84	1189.8	60.75	194.76	773	-410.39
	p5	310.8	30.85	17.14	5.97	1215.3	61.82	198.94	776.2	-465.36
15/nov	p1	518	40.36	28.56	7.81	1589.9	77.61	260.26	876	-358.04
	p2	466.2	37.86	25.7	7.32	1491.4	73.46	244.14	849.9	-383.73
	p3	414.4	32.17	22.85	6.22	1267.1	64.01	207.42	794.1	-379.71
	p4	362.6	29.91	19.99	5.79	1178.1	60.26	192.85	770.2	-407.63
	p5	310.8	29.21	17.14	5.65	1150.7	59.1	188.38	760.9	-450.12
01/dez	p1	518	38.04	28.56	7.36	1498.7	73.77	245.34	854.5	-336.51
	p2	466.2	34.86	25.7	6.74	1373.2	68.48	224.8	822	-355.83
	p3	414.4	30.08	22.85	5.82	1185	60.55	193.99	774.7	-360.33
	p4	362.6	28.75	19.99	5.56	1132.5	58.33	185.39	759.5	-396.87
	p5	310.8	27.28	17.14	5.28	1074.5	55.89	175.9	742.9	-432.12
15/dez	p1	518	34.51	28.56	6.68	1359.4	67.9	222.53	821.6	-303.61
	p2	466.2	30.89	25.7	5.98	1216.8	61.89	199.18	785.1	-318.88
	p3	414.4	26.34	22.85	5.1	1037.7	54.34	169.87	739.9	-325.53
	p4	362.6	25.17	19.99	4.87	991.71	52.4	162.34	726.2	-363.62
	p5	310.8	24.26	17.14	4.69	955.6	50.88	156.43	714.8	-404.04

Obs.: R. Bruta = receita bruta

CMO = custo da mão-de-obra

CCom = custo de comercialização

CCRM = custo de conservação reparos e manutenção

Eb = energia de bombeamento

C. Energia = custo de energia

CAE = custo anual do equipamento

C.Total = custo total

R.Liq. = Receita líquida

TABELA 5.14 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	52.97	28.56	10.3	2086.6	98.55	341.58	993.4	-475.35
	p2	466.2	50.99	25.7	9.86	2008.6	95.26	328.81	972.1	-505.87
	p3	414.4	48.5	22.85	9.38	1910.5	91.13	312.75	946	-531.64
	p4	362.6	45.69	19.99	8.84	1800	86.47	294.65	917.1	-554.49
	p5	310.8	43.67	17.14	8.45	1720.5	83.12	281.64	895.5	-584.65
01/nov	p1	518	50.45	28.56	9.76	1987.4	94.37	325.34	969.9	-451.93
	p2	466.2	48.89	25.7	9.46	1925.8	91.77	315.25	952.5	-486.31
	p3	414.4	45.29	22.85	8.76	1783.9	85.79	292.03	916.2	-501.75
	p4	362.6	44.03	19.99	8.52	1734.3	83.7	283.91	901.6	-538.98
	p5	310.8	41.41	17.14	8.01	1631.1	79.35	267.01	874.4	-563.55
15/nov	p1	518	48.19	28.56	9.32	1898.4	90.62	310.78	948.9	-430.91
	p2	466.2	46.42	25.7	8.98	1828.8	87.68	299.37	929.6	-463.4
	p3	414.4	42.13	22.85	8.15	1659.5	80.55	271.67	886.8	-472.38
	p4	362.6	38.8	19.99	7.51	1528.6	75.03	250.23	853	-490.41
	p5	310.8	37.8	17.14	7.31	1489.2	73.37	243.78	840.9	-530.05
01/dez	p1	518	44.08	28.56	8.53	1736.5	83.79	284.27	910.7	-392.67
	p2	466.2	42.61	25.7	8.24	1678.5	81.35	274.77	894.1	-427.92
	p3	414.4	37.93	22.85	7.34	1494.3	73.58	244.62	847.8	-433.36
	p4	362.6	34.62	19.99	6.7	1363.7	68.08	223.24	814.1	-451.47
	p5	310.8	33.92	17.14	6.56	1336.4	66.93	218.77	804.8	-493.96
15/dez	p1	518	38.99	28.56	7.54	1535.9	75.34	251.43	863.3	-345.3
	p2	466.2	36.81	25.7	7.12	1450.2	71.72	237.4	840.2	-374
	p3	414.4	32.43	22.85	6.27	1277.7	64.45	209.15	796.6	-382.2
	p4	362.6	29.43	19.99	5.69	1159.5	59.47	189.81	765.8	-403.24
	p5	310.8	29.85	17.14	5.77	1175.9	60.16	192.5	766.9	-456.06

Na cultura da soja, a composição relativa do custo total é um pouco diferente da do milho. Verifica-se, de maneira geral, que o custo da mão-de-obra, custo de comercialização, custo de conservação, custo de energia, custo anual do equipamento e custo de formação representam entre 3 a 5,1; 1,9 a 3,6; 0,6 a 1,0; 6,5 a 9,6; 19 a 33 e 49 a 68% do custo total, respectivamente, em todas as combinações de época de semeadura-ambiente-nível de manejo da irrigação-nível de risco. Da mesma maneira como para o milho, os custos exclusivamente devidos à irrigação variam na ordem de 32 a 51%. Esta análise explica o motivo da irrigação não ser viável economicamente, nas condições edafoclimáticas analisadas, para a cultura da soja. Enquanto as lavouras comerciais, que não adotam a irrigação, trabalham com produtividades esperadas na ordem de 2,6 t.ha⁻¹, a irrigação consegue apenas adicionar 0,9 t.ha⁻¹ nesta produ-

tividade, ou seja, é responsável por apenas 35% de aumento da produtividade. Em contrapartida, os custos devidos à irrigação aumentam entre 50 a 78%.

Através da análise das Tabelas 5.11 e 5.12 e A.8 a A.24, verifica-se que a cultura do milho apresenta receitas líquidas negativas (irrigação inviável economicamente) para os níveis de manejo p_3 a p_5 e em níveis de risco mais elevados, para o nível p_4 e p_5 ou apenas p_5 . Esta constatação explica-se, em parte, pelo fato da irrigação, nestes níveis de manejo, adicionar menos receitas que os aumentos dos custos devido à irrigação. Por exemplo, o nível de manejo da irrigação p_5 aumenta a produtividade esperada, quando comparada com lavoura sem irrigação ($4,5 \text{ t.ha}^{-1}$), em apenas 33,33%, enquanto o custo total aumenta, devido à irrigação, na ordem de 45 a 60%. Quando o nível de manejo da irrigação passa a ser o p_4 ou p_3 , esta proporção diminui.

Observa-se nas Tabelas citadas acima, tanto para a cultura do milho como da soja, que quanto maior a necessidade de irrigação suplementar, a participação relativa do custo da mão-de-obra, custo de conservação, reparos e manutenção, custo de energia e custo anual do equipamento nos custos totais aumenta; e, conseqüentemente a participação relativa do custo de formação da lavoura e o custo de comercialização, que é dependente do nível de produtividade esperada, é menor.

O valor encontrado, neste estudo conforme Tabela 4.4, do custo unitário do equipamento, se aproxima dos encontrado por **ROCHA (1988)**, **LANNA (1991)**, **CARLESSO (1993)** e **ZOCOLER (1994)**; porém, são bem maiores dos recomendados por **BRASIL (1986)**. As diferenças que houve talvez possam ser atribuídas à marca do equipamento e, principalmente, pela data da tomada de preço, visto que, nos últimos anos os custos dos equipamentos de irrigação perderam subsídios gradativamente e isenções.

Analisando-se os gastos com energia elétrica, verifica-se que ela teve a maior participação relativa na composição dos custos variáveis devido à irrigação, concordando com o trabalho de **MELO (1993)**. Porém, não concordam com os valores apresentados por **BRITO & SCALOPPI (1986)** e **PIZYSIEZNIG et al. (1992)**, visto que em Guaira - SP a irrigação não é de caracter suplementar, como o deste estudo. Quanto aos gastos anuais, em valores absolutos, são inferiores aos encontrados por **LANNA (1991)**, que analisou uma situação climática em que a irrigação fornecia toda a lâmina de irrigação necessária para completar o ciclo da cultura, que obviamente são maiores dos encontrados neste estudo.

Deve ser salientado um aspecto importante, que é a possibilidade de recomposição das tarifas de energia elétrica anunciadas pelo governo, antes e após a privatização do setor. Sabe-se que historicamente a energia elétrica, no Brasil, teve tarifas subsidiadas. Daí, pode-se prever nova composição relativa de custos; e, conseqüentemente ou possivelmente, inviabilizar a irrigação nas condições edafoclimáticas do Rio Grande do Sul.

Ao fazer-se uma análise do custo anual do equipamento de irrigação, deve-se fazê-lo sob a possibilidade de taxas de descontos diferenciadas das usadas neste estudo. Caso fossem possíveis linhas de crédito, para irrigação, a taxas de desconto de 6, 8 ou 10% ao ano, qual seria seu impacto no custo de amortização anual do equipamento? Esta medida representaria uma redução de 23,22; 15,82 e 8,10% no custo de amortização anual, respectivamente, para taxas de desconto de 6, 8 e 10%, em relação a taxa de desconto de 12% adotado neste estudo. Assim, poderia ser viabilizada a irrigação para um grupo de culturas ou ambientes bem mais amplos; com impactos sobre a rentabilidade e renda da agricultura e sobre o mercado de produtos agrícolas, com reflexos nos preços dos alimentos.

Caso a fonte de energia de acionamento dos conjuntos moto-bomba fosse substituída pela energia fóssil ou biomassa, os custos se alterariam significativamente. A título de exemplo, verifica-se na Tabela A.8 que a energia consumida pela unidade de bombeamento foi de 1369,21 kWh.ha⁻¹, na irrigação da cultura do milho semeada em 01 de setembro com nível de manejo da irrigação p₁. Conforme HÜTTE (1965), o óleo diesel apresenta poder calorífico de 41,03 MJ.kg⁻¹ e rendimento global de 30%; a gasolina tem um poder calorífico de 42,29 MJ.kg⁻¹ e rendimento global de 27% e o álcool 25,31 MJ.kg⁻¹ e rendimento de 34%. Segundo o mesmo autor, 1 kWh é igual a 3,6 MJ. Então, para realizar o acionamento do conjunto moto-bomba com óleo diesel consumiria-se 400,45 l.ha⁻¹ a um custo de US\$ 142,96. Com gasolina consumiria-se 431,79 l.ha⁻¹ a um custo de US\$ 277,64 por hectare. Já com álcool, consumiria-se 572,79 l.ha⁻¹ a um custo de US\$ 331,65. Estes números indicam custos de energia 109,28; 306,44 e 385,50% maiores para conjuntos moto-bombas acionados à diesel, gasolina e álcool, respectivamente, do que o acionamento elétrico. Deve ser salientado que estamos falando apenas de custos variáveis, ou seja, não foram considerados os custos de investimento e depreciação dos conjuntos acionados com motores diesel ou energia elétrica. Esta proporção nos custos das fontes alternativas de energia são bem menores das encontradas por SCALO

TABELA 5.15 - Estimativas das receitas líquidas provenientes da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura do milho, nas condições agroecológicas das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco.

Época de Semeadura	Nível de manejo	NÍVEL DE RISCO (%)								
		2	5	10	15	20	25	30	35	40
01/set	p1	164.33	181.73	197.23	207.65	215.92	223.07	229.45	235.39	240.99
	p2	66.77	85.64	102.43	113.72	122.76	130.51	137.4	143.77	149.89
	p3	-9.25	14.87	36.23	50.61	62.07	71.88	80.76	88.94	96.69
	p4	-96.39	-71.58	-49.53	-34.63	-22.74	-12.58	-3.54	4.9	12.91
	p5	-120.7	-102.3	-86.02	-75.08	-66.38	-58.89	-52.17	-45.88	-40.03
15/set	p1	141.68	158.82	173.98	184.23	192.41	199.39	205.67	211.53	217.04
	p2	39.9	59.71	77.28	89.08	98.56	106.65	113.89	120.61	127.07
	p3	-41.98	-15.54	8.06	24	36.57	47.42	57.16	66.2	74.73
	p4	-136.1	-110.17	-87.08	-71.58	-59.18	-48.58	-39.11	-30.32	-21.88
	p5	-210.1	-183.09	-159.06	-142.87	-130	-118.9	-109	-99.8	-91.1
01/out	p1	123.94	142.8	159.59	170.88	179.92	187.67	194.56	200.94	207.05
	p2	30.69	49.03	65.4	76.42	85.21	92.7	99.42	105.71	111.65
	p3	-43.62	-21.39	-1.67	11.59	22.19	31.23	39.41	46.91	54.06
	p4	-143.7	-122.05	-102.85	-89.84	-79.59	-70.72	-62.79	-55.47	-48.5
	p5	-208.2	-187.05	-168.19	-155.53	-145.5	-136.8	-129	-121.9	-115
15/out	p1	110.93	130.48	147.79	159.51	168.81	176.73	183.88	190.51	196.89
	p2	21.56	41.88	59.88	72.03	81.67	90.03	97.44	104.33	110.87
	p3	-30.7	-11.49	5.65	17.19	26.41	34.25	41.31	47.85	54.06
	p4	-149.8	-124.98	-102.93	-88.12	-76.23	-66.15	-57.02	-48.58	-40.57
	p5	-211.2	-190.07	-171.38	-158.72	-148.6	-140	-132.3	-125.1	-118.3
01/nov	p1	189.22	195.68	201.45	205.33	208.43	211.1	213.51	215.66	217.73
	p2	48.34	65.31	80.38	90.46	98.56	105.53	111.73	117.5	122.93
	p3	-28.63	-8.3	9.7	21.84	31.49	39.84	47.25	54.14	60.69
	p4	-111.5	-91.48	-73.65	-61.67	-52.11	-43.93	-36.52	-29.72	-23.26
	p5	-206.4	-180.51	-157.42	-141.92	-129.5	-118.9	-109.5	-100.7	-92.22
15/nov	p1	146.93	163.56	178.28	188.28	196.2	203	209.03	214.72	220.06
	p2	69.1	84.09	97.35	106.31	113.37	119.49	125	130.08	134.9
	p3	-0.72	15.21	29.42	38.98	46.65	53.19	59.05	64.48	69.65
	p4	-77.95	-62.28	-48.32	-38.85	-31.36	-24.98	-19.21	-13.87	-8.79
	p5	-181.2	-162.16	-145.19	-133.74	-124.6	-116.9	-109.8	-103.3	-97.13
01/dez	p1	185.95	198.61	209.89	217.47	223.5	228.67	233.32	237.63	241.76
	p2	99.93	112.16	123.02	130.25	136.11	141.1	145.58	149.72	153.59
	p3	46.3	58.97	70.25	77.83	83.86	89.02	93.68	97.98	102.12
	p4	-50.74	-37.56	-25.84	-17.92	-11.63	-6.21	-1.38	3.1	7.4
	p5	-115.5	-104.54	-94.81	-88.26	-83.09	-78.61	-74.65	-70.86	-67.42
15/dez	p1	217.47	229.7	240.56	247.79	253.65	258.64	263.12	267.26	271.13
	p2	137.06	147.82	157.38	163.84	169.01	173.4	177.37	180.98	184.43
	p3	71.11	84.72	96.86	105.05	111.5	117.1	122.1	126.75	131.14
	p4	-22.83	-9.22	2.92	11.11	17.57	23.16	28.16	32.81	37.2
	p5	-112.4	-96.36	-82.14	-72.58	-64.92	-58.37	-52.52	-47	-41.84

TABELA 5.8 - Estimativa da lâmina de irrigação suplementar necessária (H, mm) com 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 98% de probabilidade de não serem excedidos, para a cultura de milho na região agroecológica do Planalto Médio, como função de época de semeadura e nível de manejo da irrigação

Época semeadura	Nível de manejo	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA								
		98%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%
01-Set	p ₁ ^(*)	290.6	275.6	262.2	253.2	246.1	240.0	234.4	229.3	224.5
	p ₂	265.9	249.7	235.4	225.6	217.9	211.3	205.4	199.9	194.6
	p ₃	235.6	212.6	192.2	178.4	167.4	158.0	149.5	141.7	134.3
	p ₄	234.5	209.5	187.4	172.4	160.5	150.3	141.2	132.7	124.7
	p ₅	190.5	165.5	143.3	128.3	116.4	106.2	97.0	88.5	80.5
15-Set	p ₁	311.7	296.8	283.6	274.6	267.5	261.4	256.0	250.9	246.1
	p ₂	281.5	265.8	252.0	242.6	235.1	228.8	223.0	217.7	212.7
	p ₃	244.8	224.2	205.9	193.5	183.7	175.3	167.7	160.7	154.1
	p ₄	254.0	226.8	202.7	186.4	173.5	162.4	152.4	143.2	134.4
	p ₅	213.9	186.4	161.9	145.4	132.2	121.0	110.8	101.5	92.6
01-Out	p ₁	328.8	313.4	299.7	290.5	283.1	276.8	271.2	265.9	260.9
	p ₂	319.3	300.8	284.4	273.3	264.5	257.0	250.2	243.9	237.9
	p ₃	271.2	247.7	226.9	212.8	201.6	192.0	183.4	175.4	167.8
	p ₄	235.7	217.3	201.0	189.9	181.2	173.6	166.9	160.6	154.7
	p ₅	219.0	195.9	175.4	161.6	150.5	141.1	132.6	124.8	117.3
15-Out	p ₁	334.8	320.3	307.3	298.6	291.7	285.7	280.4	275.4	270.7
	p ₂	329.1	310.6	294.2	283.1	274.2	266.7	259.9	253.6	247.6
	p ₃	279.2	255.6	234.7	220.6	209.4	199.7	191.1	183.1	175.5
	p ₄	290.6	262.9	238.3	221.7	208.5	197.1	187.0	177.5	168.6
	p ₅	277.7	243.3	212.6	192.0	175.5	161.5	148.8	137.1	126.0
01-Nov	p ₁	318.9	305.1	292.7	284.4	277.8	272.2	267.1	262.4	257.9
	p ₂	309.0	290.9	274.8	264.0	255.4	248.0	241.4	235.2	229.4
	p ₃	262.7	240.9	221.5	208.4	198.1	189.1	181.2	173.7	166.7
	p ₄	243.5	221.2	201.3	187.9	177.2	168.1	159.9	152.3	145.1
	p ₅	251.9	222.2	195.8	178.0	163.9	151.8	140.9	130.8	121.2
15-Nov	p ₁	309.2	296.8	285.8	278.4	272.5	267.4	262.9	258.7	254.7
	p ₂	308.0	290.0	274.1	263.3	254.7	247.4	240.8	234.7	228.9
	p ₃	252.1	233.6	217.1	206.0	197.1	189.5	182.7	176.4	170.4
	p ₄	239.5	218.3	199.6	186.9	176.8	168.2	160.4	153.2	146.4
	p ₅	181.2	163.8	148.4	138.0	129.8	122.7	116.3	110.4	104.8
01-Dez	p ₁	295.0	282.1	270.6	262.9	256.7	251.4	246.7	242.3	238.1
	p ₂	281.9	265.9	251.6	242.0	234.4	227.8	222.0	216.5	211.3
	p ₃	241.2	220.4	201.9	189.4	179.4	170.9	163.2	156.2	149.4
	p ₄	202.5	184.9	169.2	158.6	150.2	142.9	136.5	130.4	124.7
	p ₅	212.9	188.5	166.7	152.1	140.4	130.4	121.5	113.1	105.2
15-Dez	p ₁	271.5	258.4	246.7	238.9	232.6	227.2	222.4	218.0	213.7
	p ₂	260.8	245.0	231.0	221.5	214.0	207.5	201.7	196.4	191.3
	p ₃	195.7	180.2	166.3	157.0	149.6	143.2	137.5	132.2	127.2
	p ₄	185.4	169.1	154.6	144.9	137.1	130.4	124.4	118.9	113.6
	p ₅	155.9	136.4	119.1	107.4	98.2	90.2	83.1	76.4	70.2

TABELA 5.9 - Estimativa da lâmina de irrigação suplementar necessária (H, mm) com 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 98% de probabilidade de não serem excedidos, para a cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, como função de época de semeadura e nível de manejo da irrigação

Época semeadura	Nível de manejo	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA								
		98%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%
15-Out	p ₁	523.2	503.7	486.5	474.8	465.6	457.6	450.5	443.9	437.6
	p ₂	503.7	481.4	461.6	448.2	437.5	428.4	420.2	412.6	405.4
	p ₃	456.8	433.2	412.2	398.0	386.7	377.1	368.4	360.4	352.7
	p ₄	495.0	454.5	418.5	394.2	374.9	358.3	343.5	329.7	316.6
	p ₅	458.4	420.3	386.5	363.7	345.5	330.0	316.0	303.1	290.8
01-Nov	p ₁	493.3	476.7	461.9	452.0	444.1	437.3	431.2	425.5	420.2
	p ₂	487.9	465.8	446.1	432.9	422.3	413.3	405.2	397.7	390.5
	p ₃	456.6	429.1	404.7	388.2	375.0	363.8	353.7	344.3	335.4
	p ₄	422.0	389.7	361.0	341.6	326.2	312.9	301.1	290.1	279.6
	p ₅	428.6	396.5	367.9	348.6	333.2	320.1	308.3	297.3	286.9
15-Nov	p ₁	487.3	469.9	454.5	444.1	435.9	428.8	422.4	416.5	410.9
	p ₂	473.4	451.6	432.3	419.2	408.9	400.0	392.0	384.6	377.6
	p ₃	421.0	396.1	374.1	359.2	347.4	337.2	328.1	319.7	311.7
	p ₄	407.9	379.2	353.8	336.7	323.0	311.3	300.8	291.1	281.8
	p ₅	405.8	375.3	348.3	330.0	315.5	303.0	291.9	281.5	271.7
01-Dez	p ₁	465.9	447.4	430.9	419.8	410.9	403.3	396.5	390.2	384.2
	p ₂	433.2	414.1	397.1	385.6	376.5	368.7	361.6	355.1	349.0
	p ₃	401.1	375.4	352.6	337.2	324.9	314.5	305.0	296.3	288.0
	p ₄	410.4	376.7	346.8	326.6	310.5	296.8	284.4	273.0	262.1
	p ₅	398.3	363.3	332.3	311.3	294.6	280.4	267.5	255.7	244.4
15-Dez	p ₁	436.1	414.7	395.7	382.9	372.7	364.0	356.1	348.9	341.9
	p ₂	391.9	372.2	354.7	343.0	333.6	325.5	318.3	311.6	305.3
	p ₃	358.2	333.3	311.2	296.3	284.5	274.3	265.2	256.7	248.7
	p ₄	365.8	334.1	306.0	287.0	271.9	259.0	247.4	236.6	226.4
	p ₅	356.9	324.9	296.4	277.3	262.0	248.9	237.2	226.3	215.9

98% de probabilidades de não serem excedidas, para as combinações de local-cultura-época de semeadura-nível de manejo da irrigação. Estes valores da lâmina de irrigação suplementar, para cada nível de probabilidade, foram obtidos através do ajustamento à normal da série de dados apresentados nas Tabelas 5.1 a 5.4 que foram gerados pelo modelo de balanço hídrico adotado neste estudo. Os níveis de manejo da irrigação são traduzidos pelo (p_i) que representa a fração de extração da CAD admitida antes de voltar a irrigar, que garante uma percentagem da produtividade potencial da cultura (Tabela 4.2).

Numa análise das referidas tabelas constata-se que para maiores níveis de probabilidade ou menores riscos, maiores são os valores da lâminas de irrigação requerida. Isto se explica

TABELA 5.10 - Estimativa da lâmina de irrigação suplementar necessária (H, mm) com 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 98% de probabilidade de não serem excedidos, para a cultura da soja na região agroecológica das Missões, como função de época de semeadura e nível de manejo da irrigação.

Época semeadura	Nível de manejo	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA								
		98%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%
15-Out	p ₁	654.7	626.8	602.1	585.4	572.1	560.7	550.5	541.0	532.0
	p ₂	640.4	610.1	583.2	565.1	550.7	538.3	527.2	516.9	507.1
	p ₃	627.3	592.4	561.3	540.4	523.8	509.5	496.7	484.8	473.5
	p ₄	589.6	557.2	528.4	509.0	493.5	480.3	468.4	457.4	447.0
	p ₅	574.8	540.0	509.1	488.3	471.7	457.5	444.8	433.0	421.7
01-Nov	p ₁	614.3	590.9	570.1	556.1	544.9	535.4	526.8	518.8	511.3
	p ₂	609.0	581.7	557.4	541.0	528.0	516.8	506.8	497.5	488.7
	p ₃	587.8	554.5	524.9	505.0	489.1	475.5	463.3	452.0	441.2
	p ₄	558.7	530.6	505.7	488.9	475.5	464.1	453.8	444.2	435.2
	p ₅	533.8	504.6	478.6	461.1	447.2	435.2	424.5	414.6	405.1
15-Nov	p ₁	590.4	566.8	545.8	531.7	520.5	510.8	502.2	494.1	486.5
	p ₂	576.5	551.2	528.7	513.5	501.4	491.0	481.7	473.1	464.9
	p ₃	534.3	507.6	483.8	467.8	455.0	444.1	434.3	425.2	416.6
	p ₄	487.2	464.2	443.8	430.1	419.1	409.7	401.3	393.5	386.0
	p ₅	474.1	451.9	432.2	418.9	408.3	399.2	391.1	383.5	376.4
01-Dez	p ₁	535.1	515.2	497.5	485.6	476.1	467.9	460.6	453.9	447.4
	p ₂	527.8	505.0	484.7	471.0	460.2	450.8	442.5	434.7	427.3
	p ₃	474.6	452.7	433.3	420.2	409.7	400.8	392.8	385.3	378.3
	p ₄	438.4	416.6	397.3	384.2	373.9	365.0	357.0	349.6	342.6
	p ₅	422.4	403.5	386.7	375.4	366.4	358.7	351.7	345.3	339.2
15-Dez	p ₁	480.0	460.1	442.5	430.6	421.1	413.0	405.7	398.9	392.5
	p ₂	457.3	437.2	419.3	407.2	397.6	389.3	382.0	375.1	368.6
	p ₃	414.5	392.9	373.6	360.6	350.3	341.4	333.5	326.1	319.1
	p ₄	381.4	360.0	341.0	328.1	317.9	309.1	301.3	294.0	287.1
	p ₅	397.9	372.5	349.8	334.6	322.4	312.0	302.7	294.0	285.8

pelo método de cálculo das probabilidades dos valores não serem excedidos, conforme utilizado nos trabalhos de SILVA (1979), MOTA & AGENDES (1989), MOTA (1989), OLIVEIRA (1990) e CARDOSO (1995). Este tipo de raciocínio e forma de apresentação é condizente com os projetos de irrigação, que são sempre dimensionados para valores máximos. Assim sendo, se por exemplo dimensionar-se o projeto de irrigação para 90% de probabilidade, isto quer dizer que o risco de falha é de 10%.

Se tomarmos, como exemplo, a Tabela 5.7 podemos verificar que a lâmina de irrigação suplementar requerida foi de 337,2 mm para a cultura do milho semeado em 01 de setembro com nível de manejo p₁, ou seja, rendimento esperado da cultura igual a 100% do seu potencial, ao nível de probabilidade de 90%. Este valor se interpreta da seguinte maneira: para cada 9 em 10 anos os valores da lâmina (H, mm) serão menores ou iguais a 337,2 mm, sendo

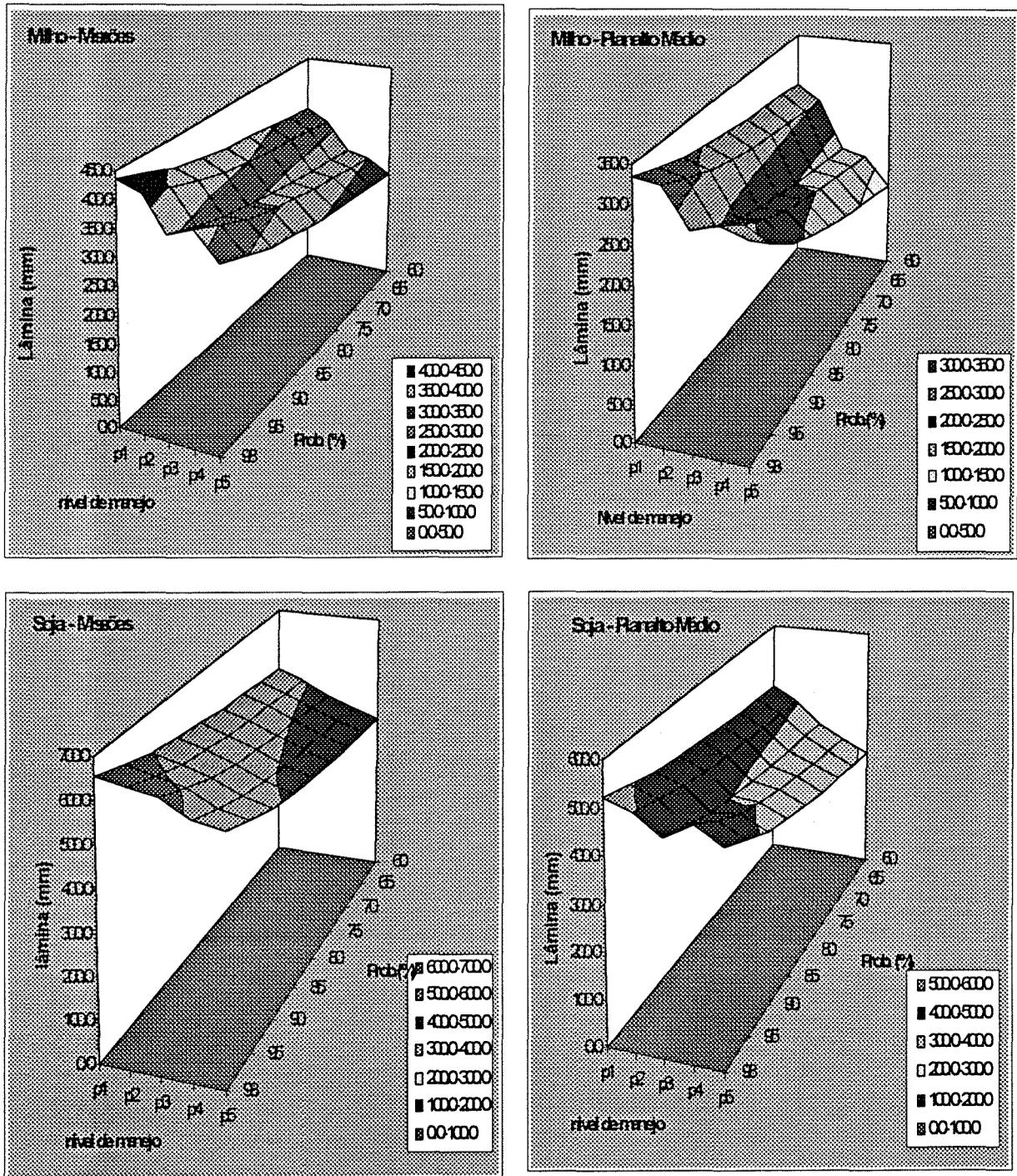


FIGURA 5.1 - Lâmina de irrigação suplementar (H, mm) requerida para a combinação entre nível de manejo da irrigação e probabilidade de ocorrência, para a cultura a soja e milho semeados em 15 de outubro, nas condições agroecológicas das Missões e Planalto Médio.

este valor superado apenas 1 vez a cada 10 anos, ou seja, risco de 10%. Para os demais níveis de probabilidade apresentados, a interpretação é semelhante. Nas Tabelas 5.7 a 5.10 pode-se verificar que os valores da lâmina de irrigação suplementar determinadas, para a cultura do milho, como exemplo, a 80% de probabilidade, estiveram entre 156,5 a 370,2 mm e 98,2 a 291,7 mm para a região agroecológica das Missões e Planalto Médio, respectivamente. Para a cultura da soja estiveram entre 317,9 a 572,1 mm e 262,0 a 465,6 mm para as Missões e Planalto Médio, respectivamente. Esta ampla variação é função da época de semeadura e nível de manejo da irrigação, porque quanto maior a coincidência entre período de máxima exigência hídrica da cultura e período de máxima demanda evaporativa do ambiente maiores as necessidades de irrigação suplementar e vice-versa. O nível de manejo da irrigação também influi decisivamente na lâmina requerida, visto que quanto menor o nível de extração da CAD do solo, maiores são as necessidades de suplementação, conforme discutido no item 5.1, deste capítulo. Tomando-se como exemplo a época de semeadura 15 de outubro, que apresentou as maiores necessidades de irrigação, conforme Tabela 5.7 a 5.10, pode-se visualizar na Figura 5.1 o comportamento da lâmina de irrigação suplementar requerida, para as diversas combinações de manejo da irrigação e níveis de probabilidade. Observa-se as linhas ou curvas de mesma necessidade de irrigação e que o incremento das curvas, ou seja, o gradiente entre as curvas é maior nos baixos níveis de risco quando comparado com altos níveis de risco para os diversos níveis de manejo da irrigação estudados.

Os resultados encontrados neste estudo concordam com os resultados de **MOTA (1970)**, **BURIOL et al. (1977)** e **BELTRAME et al. (1979)**, que afirmam que existem deficiências hídricas nos meses de verão (out-mar). Concordam também com **MOTA (1980)** no tocante a probabilidade de ocorrência e magnitude da lâmina de irrigação suplementar requerida para as condições edafoclimáticas do Planalto Médio e Missões. Os valores por ele encontrado são pouco superiores aos deste trabalho, visto que o período de análise do balanço hídrico usado pelo referido autor foi bem mais abrangente (seis meses) e, também, usou uma profundidade para armazenamento muito grande. Quando se compara os resultados com os encontrados por **MOTA & AGENDES (1989)**, num estudo das necessidades de irrigação por aspersão para o Planalto Médio e Missões ao nível de 80% de probabilidade, com os deste trabalho, verifica-se uma grande concordância. Porém, em função da magnitudes das lâminas de irrigação encontradas neste estudo, pode-se dizer que o estudo de **BELTRAME et al.**

(1979) não reproduz a realidade física-hídrica do solo ao recomendar ser dispensável a irrigação suplementar nas condições agroecológicas do Planalto Médio.

Autores como **OLIVEIRA (1986) e FEPAGRO (1996)**, que recomendam irrigar apenas no período crítico ou em algumas épocas do ciclo, realmente conseguem reduzir o volume de irrigação, mas não se dão conta de um aspecto importante: podem ocorrer déficits hídricos tão pronunciados, mesmo fora do período crítico, que comprometam de forma irreversível a produtividade. Assim, verifica-se a importância do estudo da análise dos benefícios contra os custos nas diversas possibilidades de manejo.

O que é importante ser frisado, neste momento, é que, mesmo não atendendo completamente a demanda, nos anos em que os valores de lâmina de irrigação estimados forem excedidos, o sistema manterá um nível de produtividade que é dependente da magnitude da falha, mas garantirá um retorno econômico mínimo. Isto se verá na análise econômica com mais detalhes. Porém, as necessidades de suplementação da irrigação variam de um valor mínimo para o risco de 40% até um valor máximo para o risco de falha de 2%, conforme Tabela 5.7 a 5.10. Então, quando houver uma falha, a máxima lâmina de irrigação suplementar requerida será aquela referente ao risco de 2%, para um dado nível de manejo da irrigação. Se o sistema de irrigação suportar um aumento da demanda da lâmina de irrigação, pode-se evitar a redução da produtividade, ocorrendo apenas redução nos resultados econômicos esperados.

A análise probabilística das variações entre épocas, verificada para lâminas de irrigação, permite a escolha de épocas com menores necessidades de água, o que pode ser interessante para situações onde há escassez de água, porém, prescinde de um estudo de otimização econômica para escolher o adequado nível de manejo da água com vistas à maximização dos retornos do investidor privado. Quando a análise for sob o ponto de vista social, a otimização econômica também deve ser perseguida, porém, deve-se otimizar o uso do bem comum, que no caso, é a água.

Apesar das necessidades de irrigação detectadas neste estudo, é importante ter em vista que a recomendação da irrigação e o nível de manejo desta, somente deverá ser feita após estudos da viabilidade econômica e financeira das diversas combinações de manejo-cultura-local-época de semeadura-probabilidade das necessidades de irrigação suplementar, como também sugere **SILVA (1976), OLIVEIRA (1990) e DORFMAN (1992)**.

5.5 - Análise econômica

Nas Tabelas 5.11 a 5.14 e A.8 a A.40 estão apresentadas as estimativas das receitas brutas e líquidas, a composição dos custos de irrigação e custo total de produção, para todas as combinações de época de semeadura-nível de manejo da irrigação-cultura-ambiente e nível de risco analisadas neste estudo.

A receita bruta (R.bruta) foi obtida através da aplicação da eq.[4.22]. O custo da mão-de-obra na irrigação (CMO) obteve-se através da eq.[4.28], sendo dependente da necessidade de irrigação suplementar. No custo de comercialização (C.Com.) estão incluídos os de transporte e tributação, conforme eq.[4.30], sendo portanto dependente do nível de manejo da irrigação, visto que esta propicia produtividades diferenciadas. O custo de conservação, reparos e manutenção (CCRM) foi obtido através da aplicação de 3,0% ao ano sobre o custo anual do equipamento, conforme eq.[4.29]. O custo da energia (C.Energ.) obteve-se através da eq.[4.25], a qual é diretamente proporcional à lâmina de irrigação suplementar (H, mm) e das condições topográficas de cada projeto, representadas pela altura manométrica total de recalque do sistema de bombeamento. O custo anual do equipamento (CAE) é diretamente dependente da lâmina de irrigação suplementar necessária, visto que os outros parâmetros da eq.[4.23] são definidos no momento que se fizer a escolha do equipamento; e a taxa de descontos e período de amortização do equipamento também estão dadas e definidas pelas políticas econômicas. O custo total (C.Total) é a soma do custo de formação da lavoura, conforme **FEPAGRO (1996) e REUNIÃO (1995)**, com o custo da mão-de-obra, custo de comercialização, custo de conservação, reparos e manutenção, custo da energia e custo anual do equipamento. De uma maneira geral, para a cultura do milho, os custos de mão-de-obra representam algo em torno de 2,5 a 3,5% do custo total. Já o custo de comercialização é responsável por 5,5 a 8,8%. Custo de conservação, reparos e manutenção, custo de energia, custo anual do equipamento e custo de formação da lavoura são responsáveis por 0,5 a 0,7; 5,5 a 7,0; 15 a 24 e 55 a 70%, respectivamente, do custo total da lavoura irrigada, em todas as combinações de época de semeadura-ambiente-nível de manejo da irrigação-nível de risco. Verifica-se, assim, que os custos devidos exclusivamente à irrigação variam entre 30 a 45% do custo total. Isto explica porque as maiores receitas líquidas ocorrem no nível de manejo da irrigação (p_1), que propicia produtividade potencial da cultura, uma vez que o aumento dos custos devido à irrigação são da ordem de 15%, quando comparados com os do nível de manejo (p_5), enquanto as receitas aumentam 40%.

TABELA 5.11 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	29.21	72.53	5.65	1150.74	59.1	188.38	901.08	215.92
	p2	1005.3	28	65.27	5.42	1102.96	57.09	180.55	882.54	122.76
	p3	893.6	23.3	58.02	4.51	917.67	49.28	150.22	831.53	62.07
	p4	781.9	21.18	50.77	4.1	834.51	45.77	136.61	804.64	-22.74
	p5	670.2	14.65	43.52	2.83	577.01	34.92	94.46	736.58	-66.38
15/set	p1	1117	31.74	72.53	6.14	1250.31	63.3	204.68	924.59	192.41
	p2	1005.3	30.6	65.27	5.92	1205.45	61.41	197.33	906.74	98.56
	p3	893.6	26.04	58.02	5.04	1025.63	53.83	167.9	857.03	36.57
	p4	781.9	25.1	50.77	4.86	988.79	52.28	161.87	841.08	-59.18
	p5	670.2	21.48	43.52	4.16	846.18	46.27	138.52	800.15	-130
01/out	p1	1117	33.08	72.53	6.4	1303.2	65.53	213.33	937.08	179.92
	p2	1005.3	32.04	65.27	6.2	1261.98	63.79	206.59	920.09	85.21
	p3	893.6	27.58	58.02	5.34	1086.54	56.4	177.87	871.41	22.19
	p4	781.9	27.3	50.77	5.28	1075.24	55.92	176.02	861.49	-79.59
	p5	670.2	23.15	43.52	4.48	911.84	49.03	149.27	815.65	-145.5
15/out	p1	1117	34.28	72.53	6.63	1350.25	67.51	221.04	948.19	168.81
	p2	1005.3	32.42	65.27	6.27	1276.93	64.42	209.03	923.63	81.67
	p3	893.6	27.13	58.02	5.25	1068.67	55.64	174.94	867.19	26.41
	p4	781.9	26.93	50.77	5.21	1061.01	55.32	173.69	858.13	-76.23
	p5	670.2	23.49	43.52	4.54	925.33	49.6	151.48	818.84	-148.6
01/nov	p1	1117	30.02	72.53	5.81	1182.47	60.44	193.57	908.57	208.43
	p2	1005.3	30.6	65.27	5.92	1205.45	61.41	197.33	906.74	98.56
	p3	893.6	26.58	58.02	5.14	1047.15	54.74	171.42	862.11	31.49
	p4	781.9	24.34	50.77	4.71	958.89	51.02	156.97	834.01	-52.11
	p5	670.2	21.43	43.52	4.15	844.36	46.19	138.22	799.72	-129.5
15/nov	p1	1117	31.33	72.53	6.06	1234.26	62.62	202.05	920.8	196.2
	p2	1005.3	29.01	65.27	5.61	1142.71	58.76	187.06	891.93	113.37
	p3	893.6	24.95	58.02	4.83	982.96	52.03	160.91	846.95	46.65
	p4	781.9	22.11	50.77	4.28	870.99	47.31	142.58	813.26	-31.36
	p5	670.2	20.91	43.52	4.04	823.57	45.31	134.82	794.81	-124.6
01/dez	p1	1117	28.4	72.53	5.49	1118.64	57.75	183.12	893.5	223.5
	p2	1005.3	26.56	65.27	5.14	1046.42	54.71	171.3	869.19	136.11
	p3	893.6	20.95	58.02	4.05	825.39	45.39	135.12	809.74	83.86
	p4	781.9	19.99	50.77	3.87	787.46	43.79	128.91	793.53	-11.63
	p5	670.2	16.44	43.52	3.18	647.77	37.9	106.04	753.29	-83.09
15/dez	p1	1117	25.16	72.53	4.87	990.98	52.37	162.22	863.35	253.65
	p2	1005.3	23.03	65.27	4.45	907.09	48.83	148.49	836.29	169.01
	p3	893.6	17.98	58.02	3.48	708.31	40.45	115.95	782.1	111.5
	p4	781.9	16.85	50.77	3.26	663.82	38.58	108.67	764.33	17.57
	p5	670.2	14.49	43.52	2.8	570.81	34.66	93.44	735.12	-64.92

TABELA 5.12 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	22.79	72.53	4.41	897.61	48.43	146.94	841.3	275.7
	p2	1005.3	20.18	65.27	3.9	794.76	44.1	130.1	809.76	195.54
	p3	893.6	15.5	58.02	3	610.57	36.33	99.95	759.01	134.59
	p4	781.9	14.86	50.77	2.87	585.4	35.27	95.83	745.82	36.08
	p5	670.2	10.78	43.52	2.08	424.55	28.49	69.5	700.58	-30.38
15/set	p1	1117	24.77	72.53	4.79	975.66	51.72	159.72	859.73	257.27
	p2	1005.3	21.77	65.27	4.21	857.49	46.74	140.37	824.58	180.72
	p3	893.6	17.01	58.02	3.29	670.02	38.84	109.68	773.05	120.55
	p4	781.9	16.06	50.77	3.11	632.81	37.27	103.59	757.01	24.89
	p5	670.2	12.24	43.52	2.37	482.18	30.92	78.93	714.19	-43.99
01/out	p1	1117	26.21	72.53	5.07	1032.56	54.12	169.03	873.17	243.83
	p2	1005.3	24.49	65.27	4.74	964.72	51.26	157.93	849.9	155.4
	p3	893.6	18.67	58.02	3.61	735.3	41.59	120.37	788.47	105.13
	p4	781.9	16.78	50.77	3.25	660.9	38.46	108.19	763.65	18.25
	p5	670.2	13.93	43.52	2.7	548.92	33.74	89.86	729.95	-59.75
15/out	p1	1117	27.01	72.53	5.22	1063.93	55.44	174.17	880.58	236.42
	p2	1005.3	25.39	65.27	4.91	1000.1	52.75	163.72	858.25	147.05
	p3	893.6	19.39	58.02	3.75	763.75	42.79	125.03	795.19	98.41
	p4	781.9	19.3	50.77	3.73	760.47	42.65	124.49	787.16	-5.26
	p5	670.2	16.25	43.52	3.14	640.11	37.58	104.79	751.48	-81.28
01/nov	p1	1117	25.72	72.53	4.98	1013.23	53.31	165.87	868.61	248.39
	p2	1005.3	23.65	65.27	4.57	931.53	49.86	152.49	842.06	163.24
	p3	893.6	18.34	58.02	3.55	722.54	41.05	118.28	785.45	108.15
	p4	781.9	16.41	50.77	3.17	646.31	37.84	105.8	760.2	21.7
	p5	670.2	15.18	43.52	2.94	597.8	35.8	97.86	741.49	-71.29
15/nov	p1	1117	25.23	72.53	4.88	993.9	52.49	162.7	864.04	252.96
	p2	1005.3	23.58	65.27	4.56	928.98	49.76	152.07	841.46	163.84
	p3	893.6	18.25	58.02	3.53	718.89	40.9	117.68	784.59	109.01
	p4	781.9	16.37	50.77	3.17	644.85	37.78	105.56	759.86	22.04
	p5	670.2	12.02	43.52	2.32	473.42	30.55	77.5	712.12	-41.92
01/dez	p1	1117	23.77	72.53	4.6	936.27	50.06	153.27	850.43	266.57
	p2	1005.3	21.7	65.27	4.2	854.94	46.63	139.95	823.97	181.33
	p3	893.6	16.61	58.02	3.21	654.33	38.18	107.11	769.35	124.25
	p4	781.9	13.91	50.77	2.69	547.83	33.69	89.68	736.95	44.95
	p5	670.2	13	43.52	2.51	512.09	32.18	83.83	721.25	-51.05
15/dez	p1	1117	21.54	72.53	4.17	848.37	46.36	138.88	829.67	287.33
	p2	1005.3	19.81	65.27	3.83	780.53	43.5	127.77	806.4	198.9
	p3	893.6	13.85	58.02	2.68	545.64	33.6	89.32	743.68	149.92
	p4	781.9	12.69	50.77	2.46	500.05	31.68	81.86	725.66	56.24
	p5	670.2	9.09	43.52	1.76	358.17	25.7	58.63	684.9	-14.7

TABELA 5.13 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	43.11	28.56	8.34	1698.2	82.18	278	901.6	-383.62
	p2	466.2	40.51	25.7	7.84	1595.7	77.86	261.22	874.6	-408.37
	p3	414.4	35.8	22.85	6.93	1410.4	70.05	230.89	828	-413.55
	p4	362.6	34.71	19.99	6.72	1367.4	68.23	223.84	814.9	-452.34
	p5	310.8	31.99	17.14	6.19	1260.2	63.71	206.29	786.8	-475.96
01/nov	p1	518	41.12	28.56	7.95	1619.8	78.87	265.16	883.1	-365.11
	p2	466.2	39.1	25.7	7.56	1540.3	75.52	252.14	861.5	-395.27
	p3	414.4	34.72	22.85	6.72	1367.8	68.25	223.9	817.9	-403.48
	p4	362.6	30.2	19.99	5.84	1189.8	60.75	194.76	773	-410.39
	p5	310.8	30.85	17.14	5.97	1215.3	61.82	198.94	776.2	-465.36
15/nov	p1	518	40.36	28.56	7.81	1589.9	77.61	260.26	876	-358.04
	p2	466.2	37.86	25.7	7.32	1491.4	73.46	244.14	849.9	-383.73
	p3	414.4	32.17	22.85	6.22	1267.1	64.01	207.42	794.1	-379.71
	p4	362.6	29.91	19.99	5.79	1178.1	60.26	192.85	770.2	-407.63
	p5	310.8	29.21	17.14	5.65	1150.7	59.1	188.38	760.9	-450.12
01/dez	p1	518	38.04	28.56	7.36	1498.7	73.77	245.34	854.5	-336.51
	p2	466.2	34.86	25.7	6.74	1373.2	68.48	224.8	822	-355.83
	p3	414.4	30.08	22.85	5.82	1185	60.55	193.99	774.7	-360.33
	p4	362.6	28.75	19.99	5.56	1132.5	58.33	185.39	759.5	-396.87
	p5	310.8	27.28	17.14	5.28	1074.5	55.89	175.9	742.9	-432.12
15/dez	p1	518	34.51	28.56	6.68	1359.4	67.9	222.53	821.6	-303.61
	p2	466.2	30.89	25.7	5.98	1216.8	61.89	199.18	785.1	-318.88
	p3	414.4	26.34	22.85	5.1	1037.7	54.34	169.87	739.9	-325.53
	p4	362.6	25.17	19.99	4.87	991.71	52.4	162.34	726.2	-363.62
	p5	310.8	24.26	17.14	4.69	955.6	50.88	156.43	714.8	-404.04

Obs.: R. Bruta = receita bruta

CMO = custo da mão-de-obra

CCom = custo de comercialização

CCRM = custo de conservação reparos e manutenção

Eb = energia de bombeamento

C. Energia = custo de energia

CAE = custo anual do equipamento

C.Total = custo total

R.Liq. = Receita líquida

TABELA 5.14 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 20%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	52.97	28.56	10.3	2086.6	98.55	341.58	993.4	-475.35
	p2	466.2	50.99	25.7	9.86	2008.6	95.26	328.81	972.1	-505.87
	p3	414.4	48.5	22.85	9.38	1910.5	91.13	312.75	946	-531.64
	p4	362.6	45.69	19.99	8.84	1800	86.47	294.65	917.1	-554.49
	p5	310.8	43.67	17.14	8.45	1720.5	83.12	281.64	895.5	-584.65
01/nov	p1	518	50.45	28.56	9.76	1987.4	94.37	325.34	969.9	-451.93
	p2	466.2	48.89	25.7	9.46	1925.8	91.77	315.25	952.5	-486.31
	p3	414.4	45.29	22.85	8.76	1783.9	85.79	292.03	916.2	-501.75
	p4	362.6	44.03	19.99	8.52	1734.3	83.7	283.91	901.6	-538.98
	p5	310.8	41.41	17.14	8.01	1631.1	79.35	267.01	874.4	-563.55
15/nov	p1	518	48.19	28.56	9.32	1898.4	90.62	310.78	948.9	-430.91
	p2	466.2	46.42	25.7	8.98	1828.8	87.68	299.37	929.6	-463.4
	p3	414.4	42.13	22.85	8.15	1659.5	80.55	271.67	886.8	-472.38
	p4	362.6	38.8	19.99	7.51	1528.6	75.03	250.23	853	-490.41
	p5	310.8	37.8	17.14	7.31	1489.2	73.37	243.78	840.9	-530.05
01/dez	p1	518	44.08	28.56	8.53	1736.5	83.79	284.27	910.7	-392.67
	p2	466.2	42.61	25.7	8.24	1678.5	81.35	274.77	894.1	-427.92
	p3	414.4	37.93	22.85	7.34	1494.3	73.58	244.62	847.8	-433.36
	p4	362.6	34.62	19.99	6.7	1363.7	68.08	223.24	814.1	-451.47
	p5	310.8	33.92	17.14	6.56	1336.4	66.93	218.77	804.8	-493.96
15/dez	p1	518	38.99	28.56	7.54	1535.9	75.34	251.43	863.3	-345.3
	p2	466.2	36.81	25.7	7.12	1450.2	71.72	237.4	840.2	-374
	p3	414.4	32.43	22.85	6.27	1277.7	64.45	209.15	796.6	-382.2
	p4	362.6	29.43	19.99	5.69	1159.5	59.47	189.81	765.8	-403.24
	p5	310.8	29.85	17.14	5.77	1175.9	60.16	192.5	766.9	-456.06

Na cultura da soja, a composição relativa do custo total é um pouco diferente da do milho. Verifica-se, de maneira geral, que o custo da mão-de-obra, custo de comercialização, custo de conservação, custo de energia, custo anual do equipamento e custo de formação representam entre 3 a 5,1; 1,9 a 3,6; 0,6 a 1,0; 6,5 a 9,6; 19 a 33 e 49 a 68% do custo total, respectivamente, em todas as combinações de época de semeadura-ambiente-nível de manejo da irrigação-nível de risco. Da mesma maneira como para o milho, os custos exclusivamente devidos à irrigação variam na ordem de 32 a 51%. Esta análise explica o motivo da irrigação não ser viável economicamente, nas condições edafoclimáticas analisadas, para a cultura da soja. Enquanto as lavouras comerciais, que não adotam a irrigação, trabalham com produtividades esperadas na ordem de 2,6 t.ha⁻¹, a irrigação consegue apenas adicionar 0,9 t.ha⁻¹ nesta produ-

tividade, ou seja, é responsável por apenas 35% de aumento da produtividade. Em contrapartida, os custos devidos à irrigação aumentam entre 50 a 78%.

Através da análise das Tabelas 5.11 e 5.12 e A.8 a A.24, verifica-se que a cultura do milho apresenta receitas líquidas negativas (irrigação inviável economicamente) para os níveis de manejo p_3 a p_5 e em níveis de risco mais elevados, para o nível p_4 e p_5 ou apenas p_5 . Esta constatação explica-se, em parte, pelo fato da irrigação, nestes níveis de manejo, adicionar menos receitas que os aumentos dos custos devido à irrigação. Por exemplo, o nível de manejo da irrigação p_5 aumenta a produtividade esperada, quando comparada com lavoura sem irrigação ($4,5 \text{ t.ha}^{-1}$), em apenas 33,33%, enquanto o custo total aumenta, devido à irrigação, na ordem de 45 a 60%. Quando o nível de manejo da irrigação passa a ser o p_4 ou p_3 , esta proporção diminui.

Observa-se nas Tabelas citadas acima, tanto para a cultura do milho como da soja, que quanto maior a necessidade de irrigação suplementar, a participação relativa do custo da mão-de-obra, custo de conservação, reparos e manutenção, custo de energia e custo anual do equipamento nos custos totais aumenta; e, conseqüentemente a participação relativa do custo de formação da lavoura e o custo de comercialização, que é dependente do nível de produtividade esperada, é menor.

O valor encontrado, neste estudo conforme Tabela 4.4, do custo unitário do equipamento, se aproxima dos encontrado por **ROCHA (1988)**, **LANNA (1991)**, **CARLESSO (1993)** e **ZOCOLER (1994)**; porém, são bem maiores dos recomendados por **BRASIL (1986)**. As diferenças que houve talvez possam ser atribuídas à marca do equipamento e, principalmente, pela data da tomada de preço, visto que, nos últimos anos os custos dos equipamentos de irrigação perderam subsídios gradativamente e isenções.

Analisando-se os gastos com energia elétrica, verifica-se que ela teve a maior participação relativa na composição dos custos variáveis devido à irrigação, concordando com o trabalho de **MELO (1993)**. Porém, não concordam com os valores apresentados por **BRITO & SCALOPPI (1986)** e **PIZYSIEZNIG et al. (1992)**, visto que em Guaira - SP a irrigação não é de caracter suplementar, como o deste estudo. Quanto aos gastos anuais, em valores absolutos, são inferiores aos encontrados por **LANNA (1991)**, que analisou uma situação climática em que a irrigação fornecia toda a lâmina de irrigação necessária para completar o ciclo da cultura, que obviamente são maiores dos encontrados neste estudo.

Deve ser salientado um aspecto importante, que é a possibilidade de recomposição das tarifas de energia elétrica anunciadas pelo governo, antes e após a privatização do setor. Sabe-se que historicamente a energia elétrica, no Brasil, teve tarifas subsidiadas. Daí, pode-se prever nova composição relativa de custos; e, conseqüentemente ou possivelmente, inviabilizar a irrigação nas condições edafoclimáticas do Rio Grande do Sul.

Ao fazer-se uma análise do custo anual do equipamento de irrigação, deve-se fazê-lo sob a possibilidade de taxas de descontos diferenciadas das usadas neste estudo. Caso fossem possíveis linhas de crédito, para irrigação, a taxas de desconto de 6, 8 ou 10% ao ano, qual seria seu impacto no custo de amortização anual do equipamento? Esta medida representaria uma redução de 23,22; 15,82 e 8,10% no custo de amortização anual, respectivamente, para taxas de desconto de 6, 8 e 10%, em relação a taxa de desconto de 12% adotado neste estudo. Assim, poderia ser viabilizada a irrigação para um grupo de culturas ou ambientes bem mais amplos; com impactos sobre a rentabilidade e renda da agricultura e sobre o mercado de produtos agrícolas, com reflexos nos preços dos alimentos.

Caso a fonte de energia de acionamento dos conjuntos moto-bomba fosse substituída pela energia fóssil ou biomassa, os custos se alterariam significativamente. A título de exemplo, verifica-se na Tabela A.8 que a energia consumida pela unidade de bombeamento foi de 1369,21 kWh.ha⁻¹, na irrigação da cultura do milho semeada em 01 de setembro com nível de manejo da irrigação p₁. Conforme HÜTTE (1965), o óleo diesel apresenta poder calorífico de 41,03 MJ.kg⁻¹ e rendimento global de 30%; a gasolina tem um poder calorífico de 42,29 MJ.kg⁻¹ e rendimento global de 27% e o álcool 25,31 MJ.kg⁻¹ e rendimento de 34%. Segundo o mesmo autor, 1 kWh é igual a 3,6 MJ. Então, para realizar o acionamento do conjunto moto-bomba com óleo diesel consumiria-se 400,45 l.ha⁻¹ a um custo de US\$ 142,96. Com gasolina consumiria-se 431,79 l.ha⁻¹ a um custo de US\$ 277,64 por hectare. Já com álcool, consumiria-se 572,79 l.ha⁻¹ a um custo de US\$ 331,65. Estes números indicam custos de energia 109,28; 306,44 e 385,50% maiores para conjuntos moto-bombas acionados à diesel, gasolina e álcool, respectivamente, do que o acionamento elétrico. Deve ser salientado que estamos falando apenas de custos variáveis, ou seja, não foram considerados os custos de investimento e depreciação dos conjuntos acionados com motores diesel ou energia elétrica. Esta proporção nos custos das fontes alternativas de energia são bem menores das encontradas por SCALO

TABELA 5.15 - Estimativas das receitas líquidas provenientes da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura do milho, nas condições agroecológicas das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco.

Época de Semeadura	Nível de manejo	NÍVEL DE RISCO (%)								
		2	5	10	15	20	25	30	35	40
01/set	p1	164.33	181.73	197.23	207.65	215.92	223.07	229.45	235.39	240.99
	p2	66.77	85.64	102.43	113.72	122.76	130.51	137.4	143.77	149.89
	p3	-9.25	14.87	36.23	50.61	62.07	71.88	80.76	88.94	96.69
	p4	-96.39	-71.58	-49.53	-34.63	-22.74	-12.58	-3.54	4.9	12.91
	p5	-120.7	-102.3	-86.02	-75.08	-66.38	-58.89	-52.17	-45.88	-40.03
15/set	p1	141.68	158.82	173.98	184.23	192.41	199.39	205.67	211.53	217.04
	p2	39.9	59.71	77.28	89.08	98.56	106.65	113.89	120.61	127.07
	p3	-41.98	-15.54	8.06	24	36.57	47.42	57.16	66.2	74.73
	p4	-136.1	-110.17	-87.08	-71.58	-59.18	-48.58	-39.11	-30.32	-21.88
	p5	-210.1	-183.09	-159.06	-142.87	-130	-118.9	-109	-99.8	-91.1
01/out	p1	123.94	142.8	159.59	170.88	179.92	187.67	194.56	200.94	207.05
	p2	30.69	49.03	65.4	76.42	85.21	92.7	99.42	105.71	111.65
	p3	-43.62	-21.39	-1.67	11.59	22.19	31.23	39.41	46.91	54.06
	p4	-143.7	-122.05	-102.85	-89.84	-79.59	-70.72	-62.79	-55.47	-48.5
	p5	-208.2	-187.05	-168.19	-155.53	-145.5	-136.8	-129	-121.9	-115
15/out	p1	110.93	130.48	147.79	159.51	168.81	176.73	183.88	190.51	196.89
	p2	21.56	41.88	59.88	72.03	81.67	90.03	97.44	104.33	110.87
	p3	-30.7	-11.49	5.65	17.19	26.41	34.25	41.31	47.85	54.06
	p4	-149.8	-124.98	-102.93	-88.12	-76.23	-66.15	-57.02	-48.58	-40.57
	p5	-211.2	-190.07	-171.38	-158.72	-148.6	-140	-132.3	-125.1	-118.3
01/nov	p1	189.22	195.68	201.45	205.33	208.43	211.1	213.51	215.66	217.73
	p2	48.34	65.31	80.38	90.46	98.56	105.53	111.73	117.5	122.93
	p3	-28.63	-8.3	9.7	21.84	31.49	39.84	47.25	54.14	60.69
	p4	-111.5	-91.48	-73.65	-61.67	-52.11	-43.93	-36.52	-29.72	-23.26
	p5	-206.4	-180.51	-157.42	-141.92	-129.5	-118.9	-109.5	-100.7	-92.22
15/nov	p1	146.93	163.56	178.28	188.28	196.2	203	209.03	214.72	220.06
	p2	69.1	84.09	97.35	106.31	113.37	119.49	125	130.08	134.9
	p3	-0.72	15.21	29.42	38.98	46.65	53.19	59.05	64.48	69.65
	p4	-77.95	-62.28	-48.32	-38.85	-31.36	-24.98	-19.21	-13.87	-8.79
	p5	-181.2	-162.16	-145.19	-133.74	-124.6	-116.9	-109.8	-103.3	-97.13
01/dez	p1	185.95	198.61	209.89	217.47	223.5	228.67	233.32	237.63	241.76
	p2	99.93	112.16	123.02	130.25	136.11	141.1	145.58	149.72	153.59
	p3	46.3	58.97	70.25	77.83	83.86	89.02	93.68	97.98	102.12
	p4	-50.74	-37.56	-25.84	-17.92	-11.63	-6.21	-1.38	3.1	7.4
	p5	-115.5	-104.54	-94.81	-88.26	-83.09	-78.61	-74.65	-70.86	-67.42
15/dez	p1	217.47	229.7	240.56	247.79	253.65	258.64	263.12	267.26	271.13
	p2	137.06	147.82	157.38	163.84	169.01	173.4	177.37	180.98	184.43
	p3	71.11	84.72	96.86	105.05	111.5	117.1	122.1	126.75	131.14
	p4	-22.83	-9.22	2.92	11.11	17.57	23.16	28.16	32.81	37.2
	p5	-112.4	-96.36	-82.14	-72.58	-64.92	-58.37	-52.52	-47	-41.84

TABELA 5.16 - Estimativas das receitas líquidas provenientes da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura do milho, nas condições agroecológicas do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco.

Época de Semeadura	Nível de manejo	NÍVEL DE RISCO (%)								
		2	5	10	15	20	25	30	35	40
01/set	p1	237.37	250.29	261.83	269.58	275.7	280.95	285.78	290.17	294.3
	p2	154.2	168.15	180.47	188.91	195.54	201.22	206.31	211.04	215.61
	p3	75.85	95.66	113.23	125.11	134.59	142.68	150.01	156.72	163.1
	p4	-27.65	-6.12	12.91	25.83	36.08	44.87	52.71	60.03	66.92
	p5	-94.2	-72.67	-53.55	-40.63	-30.38	-21.6	-13.67	-6.35	0.54
15/set	p1	219.2	232.03	243.4	251.15	257.27	262.52	267.17	271.56	275.7
	p2	140.76	154.28	166.17	174.27	180.72	186.15	191.15	195.71	200.02
	p3	67.92	85.67	101.43	112.11	120.55	127.78	134.33	140.36	146.04
	p4	-44.45	-21.02	-0.26	13.78	24.89	34.45	43.06	50.98	58.56
	p5	-114.4	-90.67	-69.57	-55.36	-43.99	-34.34	-25.56	-17.55	-9.88
01/out	p1	204.47	217.73	229.53	237.46	243.83	249.26	254.08	258.64	262.95
	p2	108.2	124.14	138.26	147.82	155.4	161.86	167.72	173.15	178.31
	p3	45.18	65.42	83.34	95.48	105.13	113.4	120.81	127.7	134.24
	p4	-28.69	-12.84	1.2	10.76	18.25	24.8	30.57	36	41.08
	p5	-118.8	-98.85	-81.2	-69.31	-59.75	-51.65	-44.33	-37.62	-31.16
15/out	p1	199.3	211.79	222.99	230.48	236.42	241.59	246.16	250.46	254.51
	p2	99.76	115.7	129.82	139.38	147.05	153.51	159.36	164.79	169.96
	p3	38.29	58.62	76.62	88.77	98.41	106.77	114.17	121.07	127.61
	p4	-75.97	-52.11	-30.93	-16.63	-5.26	4.56	13.26	21.44	29.11
	p5	-169.3	-139.68	-113.24	-95.5	-81.28	-69.23	-58.29	-48.21	-38.65
01/nov	p1	212.99	224.88	235.56	242.71	248.39	253.22	257.61	261.66	265.53
	p2	117.07	132.66	146.53	155.83	163.24	169.61	175.3	180.64	185.63
	p3	52.51	71.28	87.99	99.27	108.15	115.9	122.7	129.16	135.19
	p4	-35.41	-16.2	0.94	12.48	21.7	29.54	36.6	43.15	49.35
	p5	-147.1	-121.51	-98.77	-83.44	-71.29	-60.87	-51.48	-42.78	-34.51
15/nov	p1	221.35	232.03	241.5	247.88	252.96	257.35	261.23	264.85	268.29
	p2	117.94	133.44	147.13	156.44	163.84	170.13	175.82	181.07	186.07
	p3	61.64	77.57	91.78	101.34	109.01	115.55	121.41	126.84	132
	p4	-31.96	-13.7	2.41	13.34	22.04	29.45	36.17	42.37	48.23
	p5	-86.19	-71.21	-57.94	-48.98	-41.92	-35.81	-30.29	-25.21	-20.39
01/dez	p1	233.58	244.69	254.6	261.23	266.57	271.13	275.18	278.97	282.59
	p2	140.42	154.2	166.51	174.78	181.33	187.01	192.01	196.75	201.22
	p3	71.02	88.94	104.87	115.64	124.25	131.57	138.21	144.23	150.09
	p4	-0.09	15.07	28.59	37.72	44.95	51.24	56.75	62.01	66.92
	p5	-113.5	-92.48	-73.7	-61.13	-51.05	-42.44	-34.77	-27.54	-20.73
15/dez	p1	253.82	265.1	275.18	281.9	287.33	291.98	296.11	299.9	303.6
	p2	158.59	172.2	184.26	192.44	198.9	204.5	209.49	214.06	218.45
	p3	110.21	123.56	135.54	143.55	149.92	155.43	160.34	164.91	169.21
	p4	14.64	28.68	41.17	49.52	56.24	62.01	67.18	71.91	76.48
	p5	-64.4	-47.61	-32.71	-22.63	-14.7	-7.81	-1.7	4.07	9.41

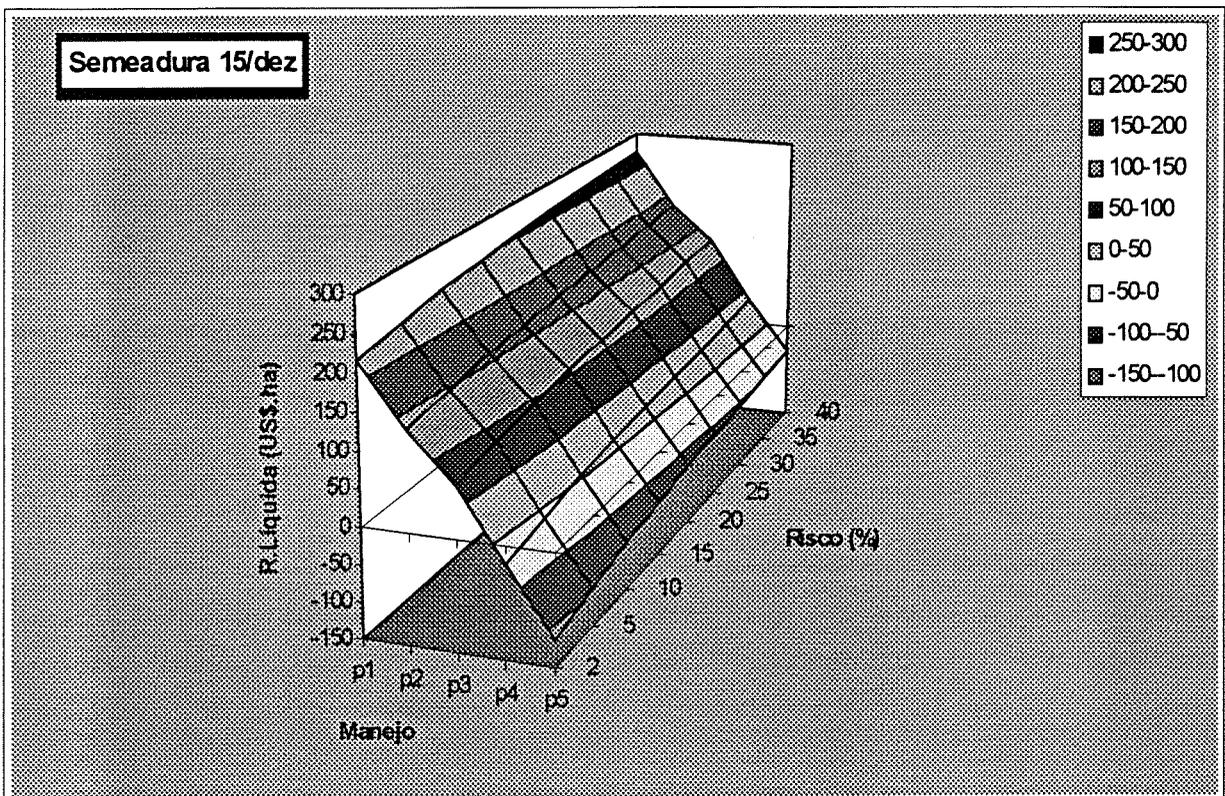
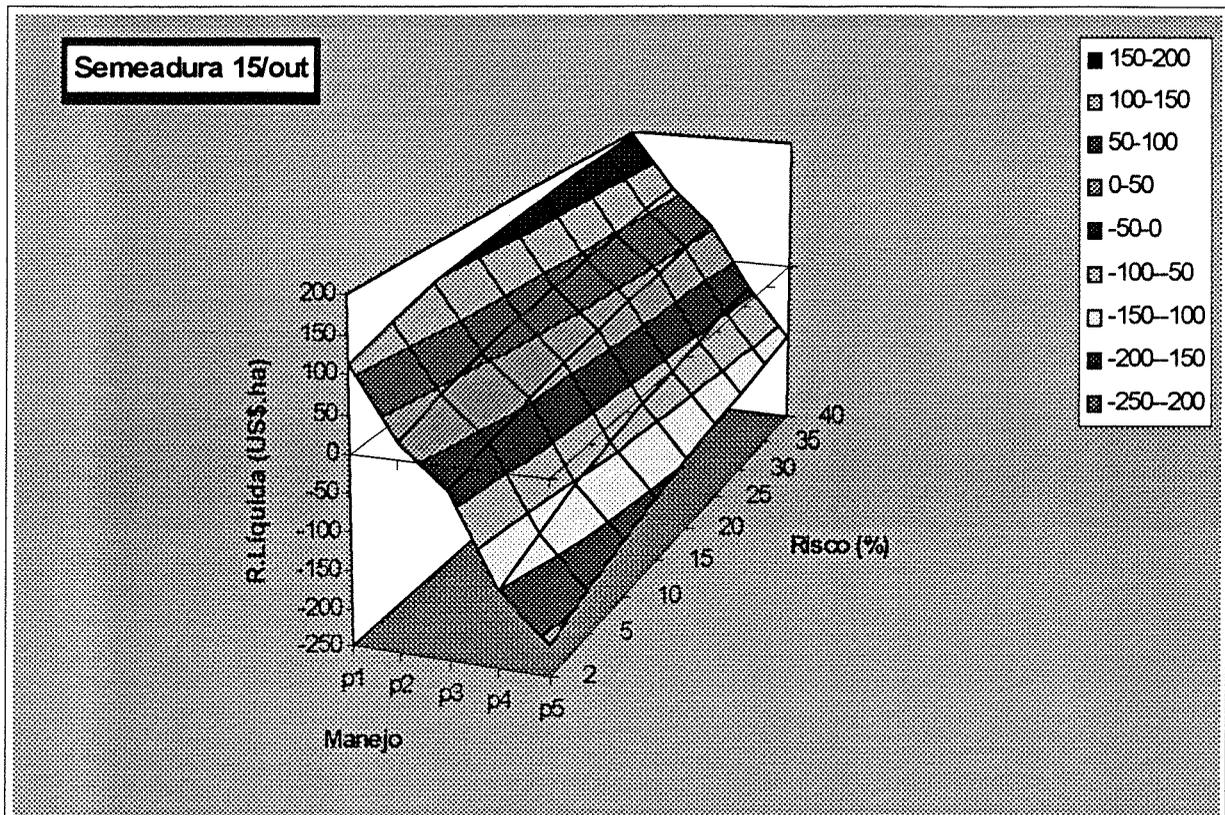


FIGURA 5.2 - Receitas líquidas (US\$.ha⁻¹) na cultura do milho irrigado por aspersão, sistema pivô central, nas condições agroecológicas da Missões, para duas épocas de semeadura.

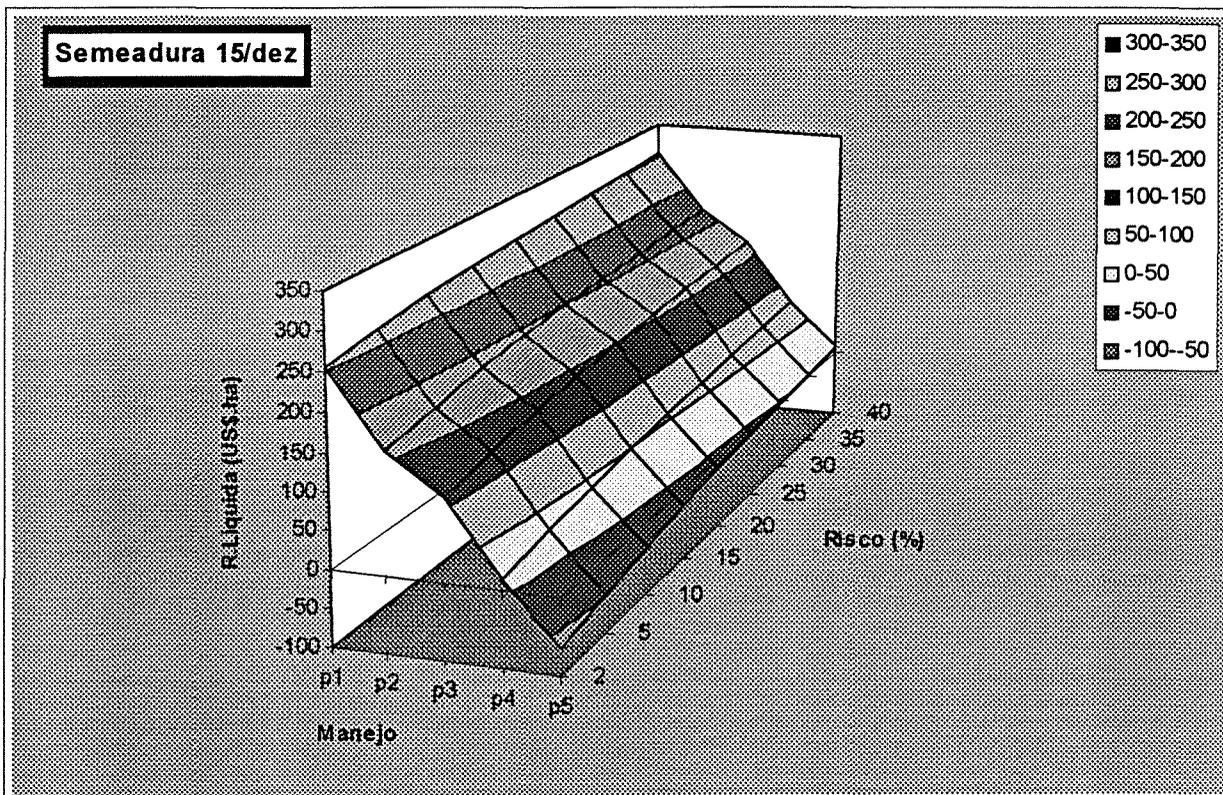
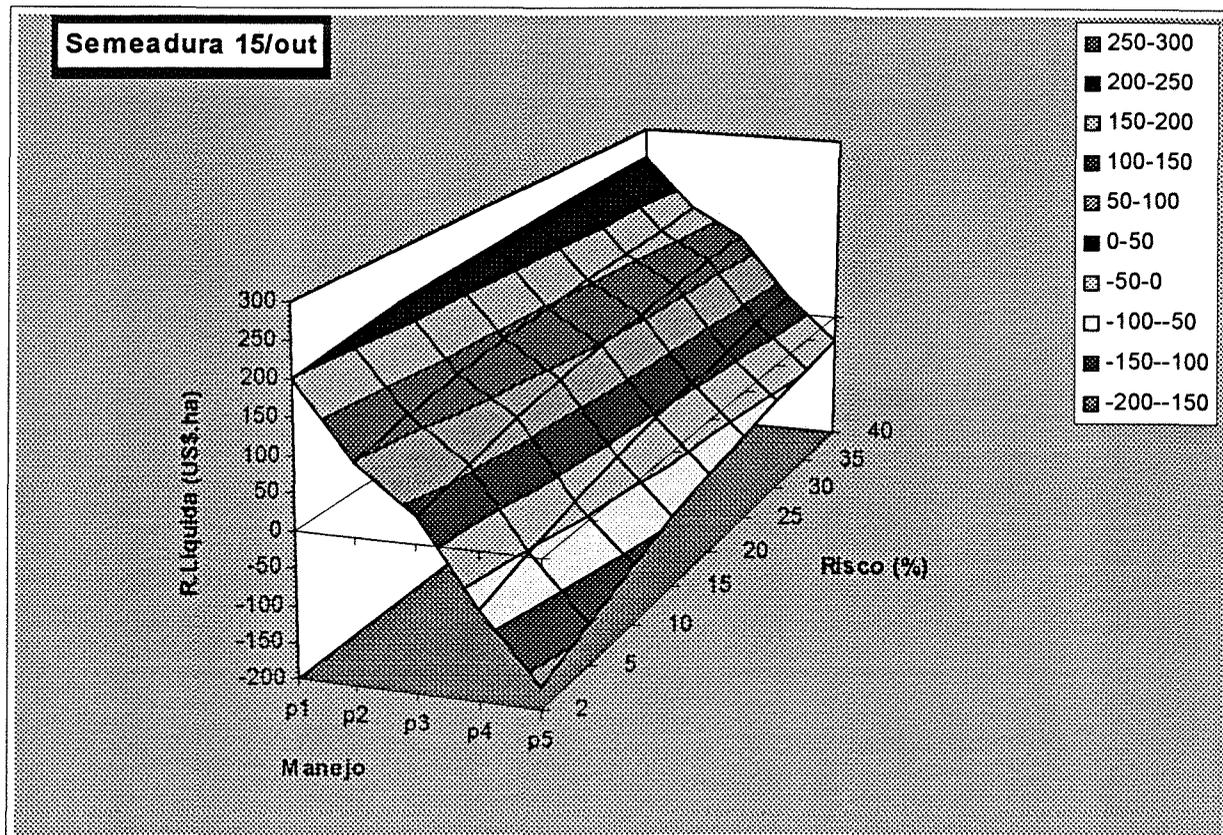


FIGURA 5.3 - Receitas líquidas (US\$.ha⁻¹) na cultura do milho irrigado por aspersão, sistema pivô central, nas condições agroecológicas do Planalto Médio, para duas épocas de semeadura.

TABELA 5.17 - Estimativas das receitas líquidas provenientes da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura da soja, nas condições agroecológicas do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco.

Época de Semeadura	Nível de manejo	NÍVEL DE RISCO (%)								
		2	5	10	15	20	25	30	35	40
15/out	p1	-518	-501.21	-486.4	-476.32	-468.4	-461.5	-455.4	-449.7	-444.3
	p2	-550.2	-530.95	-513.89	-502.35	-493.1	-485.3	-478.2	-471.7	-465.5
	p3	-558.7	-538.38	-520.29	-508.06	-498.3	-490.1	-482.6	-475.7	-469
	p4	-640.6	-605.67	-574.66	-553.73	-537.1	-522.8	-510.1	-498.2	-486.9
	p5	-658	-625.15	-596.04	-576.4	-560.7	-547.4	-535.3	-524.2	-513.6
01/nov	p1	-492.3	-477.95	-465.21	-456.68	-449.9	-444	-438.8	-433.9	-429.3
	p2	-536.6	-517.51	-500.54	-489.17	-480	-472.3	-465.3	-458.9	-452.7
	p3	-558.5	-534.84	-513.83	-499.62	-488.3	-478.6	-469.9	-461.8	-454.1
	p4	-577.7	-549.85	-525.13	-508.42	-495.2	-483.7	-473.5	-464.1	-455
	p5	-632.3	-604.65	-580.02	-563.4	-550.1	-538.9	-528.7	-519.2	-510.3
15/nov	p1	-487.1	-472.1	-458.83	-449.88	-442.8	-436.7	-431.2	-426.1	-421.3
	p2	-524.1	-505.28	-488.66	-477.37	-468.5	-460.8	-454	-447.6	-441.5
	p3	-527.9	-506.42	-487.47	-474.64	-464.5	-455.7	-447.9	-440.6	-433.7
	p4	-565.5	-540.81	-518.93	-504.2	-492.4	-482.3	-473.3	-464.9	-456.9
	p5	-612.7	-586.39	-563.14	-547.38	-534.9	-524.1	-514.6	-505.6	-497.2
01/dez	p1	-468.7	-452.72	-438.51	-428.95	-421.3	-414.7	-408.9	-403.5	-398.3
	p2	-489.4	-472.98	-458.34	-448.43	-440.6	-433.9	-427.8	-422.2	-416.9
	p3	-510.7	-488.59	-468.95	-455.69	-445.1	-436.1	-428	-420.5	-413.3
	p4	-567.7	-538.66	-512.9	-495.5	-481.6	-469.8	-459.2	-449.3	-440
	p5	-606.2	-576.06	-549.36	-531.27	-516.9	-504.7	-493.5	-483.4	-473.7
15/dez	p1	-443	-424.55	-408.19	-397.16	-388.4	-380.9	-374.1	-367.9	-361.9
	p2	-453.9	-436.89	-421.82	-411.74	-403.7	-396.7	-390.5	-384.7	-379.3
	p3	-473.8	-452.33	-433.3	-420.46	-410.3	-401.5	-393.7	-386.4	-379.5
	p4	-529.3	-501.96	-477.76	-461.4	-448.4	-437.3	-427.3	-418	-409.2
	p5	-570.6	-542.98	-518.44	-501.99	-488.8	-477.5	-467.5	-458.1	-449.1

TABELA 5.18 - Estimativas das receitas líquidas provenientes da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura da soja, nas condições agroecológicas das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco.

Época de Semeadura	Nível de manejo	NÍVEL DE RISCO (%)								
		2	5	10	15	20	25	30	35	40
15/out	p1	-631.3	-607.24	-585.96	-571.58	-560.1	-550.3	-541.5	-533.3	-525.6
	p2	-667.9	-641.8	-618.63	-603.04	-590.6	-580	-570.4	-561.5	-553.1
	p3	-705.6	-675.5	-648.71	-630.71	-616.4	-604.1	-593.1	-582.8	-573.1
	p4	-722	-694.12	-669.32	-652.61	-639.3	-627.9	-617.6	-608.2	-599.2
	p5	-758.2	-728.25	-701.64	-683.72	-669.4	-657.2	-646.3	-636.1	-626.4
01/nov	p1	-596.5	-576.32	-558.4	-546.34	-536.7	-528.5	-521.1	-514.2	-507.8
	p2	-640.9	-617.34	-596.41	-582.28	-571.1	-561.4	-552.8	-544.8	-537.2
	p3	-671.5	-642.85	-617.36	-600.22	-586.5	-574.8	-564.3	-554.6	-545.3
	p4	-695.4	-671.21	-649.76	-635.29	-623.8	-613.9	-605.1	-596.8	-589
	p5	-722.9	-697.76	-675.37	-660.29	-648.3	-638	-628.8	-620.2	-612.1
15/nov	p1	-575.9	-555.56	-537.47	-525.33	-515.7	-507.3	-499.9	-492.9	-486.4
	p2	-612.9	-591.07	-571.69	-558.59	-548.2	-539.2	-531.2	-523.8	-516.7
	p3	-625.5	-602.46	-581.96	-568.18	-557.2	-547.8	-539.3	-531.5	-524.1
	p4	-633.8	-614.02	-596.45	-584.65	-575.2	-567.1	-559.8	-553.1	-546.7
	p5	-671.5	-652.37	-635.4	-623.95	-614.8	-607	-600	-593.5	-587.3
01/dez	p1	-528.3	-511.11	-495.87	-485.62	-477.4	-470.4	-464.1	-458.3	-452.7
	p2	-570.9	-551.27	-533.79	-521.99	-512.7	-504.6	-497.4	-490.7	-484.4
	p3	-574	-555.17	-538.46	-527.18	-518.1	-510.5	-503.6	-497.1	-491.1
	p4	-591.8	-573.02	-556.4	-545.12	-536.2	-528.6	-521.7	-515.3	-509.3
	p5	-627	-610.68	-596.21	-586.48	-578.7	-572.1	-566.1	-560.6	-555.3
15/dez	p1	-480.8	-463.66	-448.5	-438.25	-430.1	-423.1	-416.8	-410.9	-405.4
	p2	-510.2	-492.88	-477.46	-467.04	-458.8	-451.6	-445.3	-439.4	-433.8
	p3	-522.3	-503.66	-487.04	-475.84	-467	-459.3	-452.5	-446.1	-440.1
	p4	-542.7	-524.27	-507.91	-496.8	-488	-480.4	-473.7	-467.4	-461.5
	p5	-605.9	-583.98	-564.43	-551.34	-540.8	-531.9	-523.9	-516.4	-509.3

PPI (1985). Deve-se frisar que em 1985 a energia era fortemente subsidiada e os preços da energia fóssil e de biomassa bem mais altos do que atualmente praticados. Mesmo com este custos, seria viável economicamente substituir a energia elétrica pelo diesel, nos casos de falta de oferta de energia elétrica, para algumas das combinações de época de semeadura-ambiente-nível de risco estudadas, para a cultura do milho.

Talvez, no futuro, em função da recomposição da tarifa de energia elétrica e pela incapacidade das concessionárias de aumentar a oferta, a energia fóssil não seja uma alternativa atrativa, por mais paradoxal que possa parecer?

Nas Tabelas 5.15 a 5.18 são apresentadas as estimativas dos retornos econômicos líquidos decorrentes da adoção da irrigação por aspersão, sistema pivô central, nas culturas de milho e

de soja nas Missões e Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Verifica-se, para uma dada época de semeadura, que as receitas líquidas aumentam à medida que o nível de risco aumenta. Esta constatação explica-se pelo fato de que, à medida que aumenta o risco, para um dado nível de manejo da irrigação, as lâminas de irrigação suplementar necessárias diminuem, conforme discutido no item 5.4 e mostrado nas Tabelas 5.7 a 5.10. Como a lâmina de irrigação diminui, os custos devidos à irrigação diminuem, enquanto os outros custos e as receitas brutas não se alteram. O nível de produtividade mantém-se, com o aumento do risco, visto que espera-se uma maior contribuição da chuva na complementação da água consumida pela cultura.

Para a cultura do milho, na região agroecológica do Planalto Médio e Missões, as receitas líquidas diminuem, chegando a serem negativas, à medida que o nível de manejo da irrigação passa de p_1 a p_5 . Este fato explica-se pela diminuição desproporcional entre receitas brutas, decorrentes da diminuição da produtividade esperada, e custos totais. Segundo a teoria econômica dos rendimentos marginais decrescentes, o ponto de máxima eficiência econômica não coincide com o de máxima eficiência técnica. Assim, não se esperava que as receitas líquidas estimadas fossem máximas ao nível de manejo da irrigação que propicia a máxima resposta da cultura. Uma justificativa para tal observação, talvez, seja a pequena lâmina de irrigação suplementar necessária, que ocasionou uma baixa participação relativa dos custos variáveis, dependentes da necessidade de irrigação, nos custos totais. Em contrapartida, o custo anual do equipamento e, principalmente, o custo de formação da lavoura tiveram participação elevada nos custos totais, haja visto que o custo de formação da lavoura não se altera com a diminuição do nível de manejo da irrigação de p_1 a p_5 . Isto fez com que a diminuição nas receitas brutas não fosse acompanhado na mesma ou maior intensidade pelos custos totais. Este comportamento repete-se em todas as combinações de época de semeadura-ambiente-nível de risco, para a cultura do milho como da soja; porém, discordam dos estudos de **BERNUTH (1983)**, **GOHRING & WALLENDER (1987)** e **CARLESSO (1993)**.

A variação das receitas líquidas, como já foi comentado, acompanham as necessidades de irrigação. Quanto maior estas, menores as receitas líquidas e vice-versa. Observa-se nas Tabelas 5.15 e 5.16 que, independente do nível de manejo e nível de risco, as receitas líquidas diminuem a partir da época de semeadura 01 de setembro até 15 de outubro, quando voltam a aumentar até semeadura em 15 de dezembro, atingindo seu valor máximo. Já no cultivo da soja, Tabelas 5.17 e 5.18, apesar de não ser viável economicamente a irrigação, as receitas líquidas negativas diminuem desde a época de semeadura 15 de outubro até 15 de dezembro.

Estes resultados concordam com as recomendações da pesquisa gaúcha (BERGAMASCHI & CUNHA, 1992; BERLATO 1992; REUNIÃO, 1995; FEPAGRO, 1996), que preconizam que a semeadura em meados de outubro, tanto para a cultura do milho como da soja, apresentam os maiores riscos de frustração, visto que as necessidades hídricas são maiores e, conseqüentemente, os retornos econômicos esperados são menores, mesmo com irrigação.

Nas Tabelas 5.15 a 5.18, aparecem as receitas líquidas como função do nível de risco. A interpretação que pode ser dada é a seguinte: há probabilidade, por exemplo, em 2% dos casos das receitas líquidas serem inferiores aos valores esperados, desde que os outros fatores não sejam alterados. Ou seja, em 2% do tempo os custos totais serão superiores aos esperados, devidos às precipitações pluviométricas serem inferiores aos valores esperados ou as demandas evaporativas da atmosfera serem maiores que as estimadas pelo modelo de balanço hídrico. Para um dado nível de risco, o nível de manejo da irrigação garante, no mínimo, a receita líquida estimada. Então, quando as demandas hídricas do cultivo forem menores ou as precipitações maiores que as esperadas, as receitas líquidas serão maiores, visto que os custos de irrigação diminuam.

Porém, quando ocorre frustração (os valores são superados) não se pode prever a magnitude da redução das receitas líquidas, que são uma função direta da magnitude da lâmina de irrigação suplementar estimada superada, mas com certeza, serão bem menores do que na agricultura de sequeiro, porque a irrigação garante, no mínimo, a receita líquida do nível de risco de 2%, porque esta é a máxima necessidade de irrigação estimada, para um dado nível de manejo da irrigação. O que é superado é a estimativa de custos da irrigação.

Caso um produtor privado optasse pelo investimento em sistema de irrigação nas condições agroecológicas do Planalto Médio e/ou Missões, deveria fazê-lo no nível de manejo da irrigação para 100% do potencial produtivo da cultura (p_1), cultura do milho com semeadura na primeira quinzena de dezembro, visto que os retornos econômicos estimados foram os mais altos, entre as combinações pesquisadas por este estudo. Nesta combinação a rentabilidade do empreendimento também é a mais alta (Tabela 5.20). Porém, como em tudo, a decisão não deve ser baseada unicamente na análise das receitas líquidas em função da época de semeadura. Deve ser incorporada, à análise, os aspectos da rotação de culturas, sucessão de culturas de inverno e de verão, a possibilidade de uma segunda safra de milho, quando do plantio de cultivares precoces e o cultivo do trigo no inverno ou culturas protetoras do solo durante o inverno.

Quando estivermos numa situação de estrangulamento na oferta de energia elétrica ou conflito pelo uso da água, situações que se avizinham com a volta do crescimento da economia, o agricultor irrigante deve ser orientado a optar por um nível de manejo da irrigação abaixo do potencial e/ou e admitir uma maior probabilidade de falta no empreendimento, podendo com isto, manter um adequado nível de rentabilidade da atividade agrícola e, talvez, a sociedade maximizar os usos e benefício dos recursos hídricos. Contudo, as receitas geradas por uma eventual disponibilidade limitada de água serão menores quanto mais reduzido for o nível de manejo da irrigação com vistas à economia de água, visando-se incorporar uma maior área irrigada. Deve-se, também, esperar um aumento nos custos da irrigação, no instante em que se configurar uso conflitivo da água, já que neste instante os recursos hídricos terão um custo para o tomador.

Quando compararmos as receitas líquidas esperadas no Planalto Médio com as das Missões, na irrigação da cultura do milho, observa-se nas Tabelas 5.15 e 5.16, que no Planalto Médio as receitas líquidas são maiores, em função das menores necessidades de irrigação suplementar. Inclusive, dependendo da época de semeadura e nível de risco adotado, todos os níveis de manejo da irrigação são viáveis economicamente nas condições agroecológicas do Planalto Médio.

Também, deve-se atentar para o fato de que as estimativas de receitas brutas terem sido feitas com preços mínimos de garantia. Sabe-se que nos anos de frustração de safra, devido à aleatoriedade da precipitação pluviométrica, os preços praticados pelo mercado, principalmente do milho, são bem superiores. Assim, as receitas líquidas advindas com um projeto de irrigação serão bem superiores do que as estimadas neste estudo, podendo inclusive, prever-se viabilidade econômica da irrigação na cultura da soja. Em contrapartida, nos anos de excesso de oferta, os projetos de irrigação não serão afetados nas suas expectativas de lucro.

Para um agricultor propenso ao risco, as receitas líquidas esperadas serão maiores, do que de um outro com aversão ao risco, ver Tabelas 5.15 e 5.16. Segundo pesquisa conduzido por **BEZERRA (1991)**, os produtores rurais de Passo Fundo têm aversão ao risco. Eles preferem planos de exploração que resultem em pequenos riscos, ou seja, lucros menores em troca de risco menor. Esta constatação reforça a idéia de que estes produtores serem potenciais irrigantes, desde que contassem com linhas de crédito para investimento, porque a irrigação é o melhor seguro agrícola. Os dados constantes na Tabela 5.19 reforçam as constatações do trabalho citado acima, de que a soja participa em todos os planos de exploração e, que o milho,

para participar com maior intensidade na intenção de plantio, deveria reduzir sua variabilidade. STÜLP (1992) apresenta receitas líquidas semelhantes para a cultura do milho mecanizada, sem irrigação e com área de exploração típica de 34 ha, conduzida no Planalto Sul-rio-grandense. Encontrou US\$ 21,00 por hectare. Quanto retirou os impostos diretos incidentes sobre a produção, as receitas passaram a US\$ 49,00 por hectare. Na Tabela 5.19, verificam-se as receitas líquidas das lavouras de milho e soja conduzidas sem irrigação, no Planalto Médio e Missões, na década de 80. A cultura do milho representou, no período analisado, prejuízos aos produtores em 50% do tempo, ou seja, um em cada dois anos. Este é um dos motivos para o receio dos produtores adotarem o cultivo do milho com maior intensidade nas lavouras convencionais. O outro é a menor variabilidade da soja e ser ela uma cultura de exportação, com garantia de mercado e uma maior estabilidade de preços.

Assim, em parte pode-se, explicar a descapitalização dos mini e pequenos produtores rurais. Como a soja ocupa os solos nobres e propriedades mais tecnificadas e com melhor acesso as informações, a cultura do milho é a principal cultura de exploração desta pequenas áreas. Assim, estas pequenas unidades de produção, além de operarem com prejuízo em 50% do tempo, utilizam como autoconsumo na produção pecuária um produto muito mais caro do que o mercado oferece.

Deve-se tecer alguns comentários sobre a variabilidade na rentabilidade da lavoura convencional do milho quando comparado com a da soja. Verifica-se uma acentuada variabilidade da produtividade e nos preços praticados pelo mercado. Os dados de pesquisa disponíveis indicam que o cultivo de milho é muito sensível ao déficit hídrico. Outro fato, a época em que os agricultores realizam a semeadura, nas condições do Planalto e Missões, coincide com a época de maior demanda hídrica do ambiente. Assim, explica-se as acentuadas variabilidades nas produtividades. Na cultura da soja não se verifica oscilações tão acentuadas na produtividade, visto que tolera déficits hídricos bem mais pronunciados, por razões fisiológicas.

Contudo, estes números da década de oitenta apresentados na Tabela 5.19 não explicam o significativo aumento da área cultivada com milho, nas duas regiões. O aumento na área de cultivo do milho foi uma imposição técnica e fitossanitária. Em função dos problemas com pragas e doenças, na cultura da soja, que é uma leguminosa, exige-se rotação de culturas com gramíneas. Assim, cada vez mais, o agricultor analisa a propriedade rural como um todo. O prejuízo econômico de uma cultura, pode ser superada em redução de custos do controle de

TABELA 5.19 - Custo de produção, produtividade, preços e receitas na cultura de milho e soja, conduzidas sem irrigação, nas regiões agroecológicas do Planalto Médio e Missões, no período de 1981 a 1990.

Local e Cultura	Ano	Custo de produção ⁽¹⁾			Produtiv. ⁽²⁾ t ha ⁻¹	Preço ⁽³⁾ US\$.t ⁻¹	Receita	
		Variável	Fixo	Total			Bruta (US\$.ha ⁻¹)	Líquida (US\$.ha ⁻¹)
MISSÕES MILHO	1981	80,23	37,47	202,74	2.5	117.26	293.15	90.41
	1982	59,36	37,47	209,26	1.53	91.22	139.57	- 69.69
	1983	75,32	40,36	209,81	2.5	110.31	275.78	65.97
	1984	67,60	34,42	158,42	2.5	83.11	207.78	49.36
	1985	58,01	27,87	190,19	2.12	80.23	170.09	- 20.10
	1986	64,67	36,38	340,79	1.8	102.36	184.25	- 156.54
	1987	51,58	24,82	175,17	2.5	62.94	157.35	- 17.82
	1988	33,74	27,71	160,86	1.2	91.42	109.70	- 51.16
	1989	71,78	29,64	215,35	3.6	101.42	365.11	149.76
	1990	60,98	24,82	213,88	2.8	125.5	351.40	137.52
P. MÉDIO MILHO	1981	80,23	37,47	202,74	2.1	117.26	246.25	43.51
	1982	59,36	37,47	209,26	1.47	91.22	134.09	- 75.17
	1983	75,32	40,36	209,81	2.2	110.31	242.68	32.87
	1984	67,60	34,42	158,42	2.0	83.11	166.22	7.80
	1985	58,01	27,87	190,19	1.86	80.23	149.23	- 40.96
	1986	64,67	36,38	340,79	1.33	102.36	136.14	- 204.65
	1987	51,58	24,82	175,17	2.0	62.94	125.88	- 49.29
	1988	33,74	27,71	160,86	1.7	91.42	155.41	- 5.45
	1989	71,78	29,64	215,35	2.8	101.42	385.40	170.05
	1990	60,98	24,82	213,88	2.89	125.5	362.70	148.82
MISSÕES SOJA	1981	42,82	25,73	179,19	1.62	184.04	298.14	118.95
	1982	41,89	26,45	207,93	1.27	162.00	205.74	- 2.19
	1983	48,56	25,37	208,70	1.71	167.04	285.64	76.94
	1984	50,56	27,17	198,74	1.62	174.69	283.00	84.26
	1985	49,12	25,73	256,56	1.78	148.01	263.46	6.90
	1986	36,28	21,56	158,33	1.00	153.18	153.18	- 5.15
	1987	35,22	22,84	196,05	1.80	150.58	271.04	74.99
	1988	31,06	24,33	157,77	1.08	217.64	235.05	77.28
	1989	48,93	28,82	255,41	1.80	146.2	263.16	7.75
	1990	32,56	19,95	165,40	2.00	155.82	311.64	146.24
P. MÉDIO SOJA	1981	42,82	25,73	179,19	1.80	184.04	331.27	152.08
	1982	41,89	26,45	207,93	1.11	162.00	179.82	- 28.11
	1983	48,56	25,37	208,70	1.70	167.04	283.97	75.27
	1984	50,56	27,17	198,74	1.58	174.69	276.01	77.27
	1985	49,12	25,73	256,56	1.59	148.01	235.34	- 21.22
	1986	36,28	21,56	158,33	1.00	153.18	153.18	- 5.15
	1987	35,22	22,84	196,05	1.50	150.58	225.87	29.82
	1988	31,06	24,33	157,77	1.20	217.64	261.17	103.40
	1989	48,93	28,82	255,41	2.00	146.2	292.40	36.99
	1990	32,56	19,95	165,40	2.10	155.82	327.22	161.82

Fonte: (1) - SANTOS et al (1995). (2) e (3) - Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul (1981-1990).

pragas, doenças e ervas daninhas e aumento dos benefícios indiretos na cultura sucessora. Como exemplo, os produtores que adotam plantio direto, cultivam aveia preta ou branca no inverno ou trigo com riscos de prejuízo, apenas para produzir palha, que servirá de cobertura morta ao milho ou soja, durante o verão.

Nas Tabelas 5.20 e 5.21 estão apresentados os custos de produção por tonelada de milho como função do nível de manejo da irrigação, época de semeadura e nível de risco. Verifica-se que os custos, por tonelada, aumentam quando passamos do nível de manejo da irrigação p_1 ao p_5 e também da época de semeadura 01 de setembro até 15 de outubro. Após esta data os valores voltam a declinar até 15 de dezembro, momento em que atingem os menores valores. O menor valor US\$ 84,59.t⁻¹ e US\$ 81,34.t⁻¹ ocorre na época de semeadura 15 de dezembro nível de manejo p_1 e risco de 40%, nas condições agroecológicas das Missões e Planalto Médio, respectivamente. Por sua vez, os maiores valores US\$ 146,90.t⁻¹ e US\$ 139,92.t⁻¹ ocorrem na época de semeadura 15 de outubro, nível de manejo da irrigação p_5 e risco de 2%, para as Missões e Planalto Médio, respectivamente.

Como o custo de produção da lavoura convencional de milho é de US\$ 121,38.t⁻¹, segundo **FEPAGRO (1996)**, verifica-se que os níveis de manejo que apresentam viabilidade econômica (Tabelas 5.15 e 5.16) apresentam custos de produção por tonelada menores que os da agricultura convencional, podendo-se recomendar a agricultura irrigada na cultura do milho para ambos ambientes estudados.

Verifica-se também, uma redução do custo de produção devido à irrigação quando comparado com a agricultura convencional na ordem de 30,38% e 32,99%, para as Missões e Planalto Médio, respectivamente.

Uma questão importante e fundamental para a agricultura Gaúcha é a abertura do Mercado Comum do Cone Sul. Neste, os produtores rurais devem aumentar a competitividade de seus produtos, através da redução dos custos de produção. Como a Argentina é um tradicional produtor e exportador de milho, segundo **MONTOYA & GHISSONI (1994)**, com frequência supre os déficit brasileiros com este cereal, devemos analisar a competitividade relativa dos dois mercados produtores. Segundo **MONTOYA & GHISSONI (1994)**, o custo de produção na Argentina gira em torno de US\$ 61,00.t⁻¹. Quando for acrescentado o custo de transferência e importação do milho produzido no pampa Argentino, este custo passa a ser de US\$ 123,17.t⁻¹. Vê-se assim, que com os níveis de manejo da irrigação mais elevados, a cultura do milho com irrigação é amplamente competitiva no Rio Grande do Sul.

TABELA 5.20 - Estimativa dos custos de produção (US\$.t⁻¹) para a cultura do milho irrigação por aspersão, sistema pivô central, nas condições agroecológicas das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco.

Época de Semeadura	Nível de manejo	NÍVEL DE RISCO (%)								
		2	5	10	15	20	25	30	35	40
01-Set	p1	95.27	93.53	91.98	90.94	90.11	89.39	88.76	88.16	87.60
	p2	104.28	102.18	100.32	99.06	98.06	97.20	96.43	95.73	95.05
	p3	112.86	109.84	107.17	105.37	103.94	102.72	101.61	100.58	99.61
	p4	125.47	121.93	118.78	116.65	114.95	113.50	112.21	111.00	109.86
	p5	131.82	128.75	126.04	124.21	122.76	121.52	120.40	119.35	118.37
15-Set	p1	97.53	95.82	94.30	93.28	92.46	91.76	91.13	90.55	90.00
	p2	107.27	105.07	103.11	101.80	100.75	99.85	99.05	98.30	97.58
	p3	116.95	113.64	110.69	108.70	107.13	105.77	104.56	103.43	102.36
	p4	131.14	127.44	124.14	121.93	120.15	118.64	117.29	116.03	114.83
	p5	146.72	142.22	138.21	135.51	133.37	131.52	129.87	128.33	126.88
01-Out	p1	99.31	97.42	95.74	94.61	93.71	92.93	92.24	91.61	91.00
	p2	108.29	106.25	104.43	103.21	102.23	101.40	100.65	99.95	99.29
	p3	117.15	114.37	111.91	110.25	108.93	107.80	106.77	105.84	104.94
	p4	132.23	129.14	126.39	124.53	123.07	121.80	120.67	119.62	118.63
	p5	146.40	142.88	139.73	137.62	135.95	134.50	133.20	132.02	130.87
15-Out	p1	100.61	98.65	96.92	95.75	94.82	94.03	93.31	92.65	92.01
	p2	109.30	107.05	105.05	103.70	102.63	101.70	100.87	100.11	99.38
	p3	115.54	113.14	110.99	109.55	108.40	107.42	106.54	105.72	104.94
	p4	133.10	129.55	126.40	124.29	122.59	121.15	119.85	118.64	117.50
	p5	146.90	143.38	140.26	138.15	136.47	135.03	133.75	132.55	131.42
01-Nov	p1	92.78	92.13	91.56	91.17	90.86	90.59	90.35	90.13	89.93
	p2	106.33	104.44	102.77	101.65	100.75	99.97	99.29	98.64	98.04
	p3	115.28	112.74	110.49	108.97	107.76	106.72	105.79	104.93	104.11
	p4	127.63	124.77	122.22	120.51	119.14	117.98	116.92	115.95	115.02
	p5	146.10	141.79	137.94	135.35	133.28	131.52	129.95	128.48	127.07
15-Nov	p1	97.01	95.34	93.87	92.87	92.08	91.40	90.80	90.23	89.69
	p2	104.02	102.36	100.88	99.89	99.10	98.42	97.81	97.25	96.71
	p3	111.79	109.80	108.02	106.83	105.87	105.05	104.32	103.64	102.99
	p4	122.84	120.60	118.60	117.25	116.18	115.27	114.44	113.68	112.96
	p5	141.90	138.73	135.90	133.99	132.47	131.18	130.00	128.92	127.89
01-Dez	p1	93.11	91.84	90.71	89.95	89.35	88.83	88.37	87.94	87.52
	p2	100.60	99.24	98.03	97.23	96.58	96.02	95.52	95.06	94.63
	p3	105.91	104.33	102.92	101.97	101.22	100.57	99.99	99.45	98.94
	p4	118.95	117.07	115.39	114.26	113.36	112.59	111.90	111.26	110.64
	p5	130.95	129.12	127.50	126.41	125.55	124.80	124.14	123.51	122.94
15-Dez	p1	89.95	88.73	87.64	86.92	86.34	85.84	85.39	84.97	84.59
	p2	96.47	95.28	94.21	93.50	92.92	92.43	91.99	91.59	91.21
	p3	102.81	101.11	99.59	98.57	97.76	97.06	96.44	95.86	95.31
	p4	114.96	113.02	111.28	110.11	109.19	108.39	107.68	107.01	106.39
	p5	130.43	127.76	125.39	123.80	122.52	121.43	120.45	119.53	118.67

TABELA 5.21 - Estimativa dos custos de produção (US\$.t⁻¹) para a cultura do milho irrigação por aspersão, sistema pivô central, nas condições agroecológicas do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco.

Época de Semeadura	Nível de manejo	NÍVEL DE RISCO (%)								
		2	5	10	15	20	25	30	35	40
01-Set	p1	87.96	86.67	85.52	84.74	84.13	83.61	83.12	82.68	82.27
	p2	94.57	93.02	91.65	90.71	89.97	89.34	88.78	88.25	87.74
	p3	102.22	99.74	97.55	96.06	94.88	93.87	92.95	92.11	91.31
	p4	115.65	112.57	109.86	108.01	106.55	105.29	104.17	103.12	102.14
	p5	127.40	123.81	120.63	118.47	116.76	115.30	113.98	112.76	111.61
15-Set	p1	89.78	88.50	87.36	86.59	85.97	85.45	84.98	84.54	84.13
	p2	96.06	94.56	93.24	92.34	91.62	91.02	90.46	89.95	89.48
	p3	103.21	100.99	99.02	97.69	96.63	95.73	94.91	94.16	93.45
	p4	118.05	114.70	111.74	109.73	108.14	106.78	105.55	104.42	103.33
	p5	130.77	126.81	123.30	120.93	119.03	117.42	115.96	114.63	113.35
01-Out	p1	91.25	89.93	88.75	87.95	87.32	86.77	86.29	85.84	85.41
	p2	99.68	97.91	96.34	95.28	94.43	93.72	93.06	92.46	91.89
	p3	106.05	103.52	101.28	99.77	98.56	97.53	96.60	95.74	94.92
	p4	115.80	113.53	111.53	110.16	109.09	108.16	107.33	106.56	105.83
	p5	131.50	128.18	125.23	123.25	121.66	120.31	119.09	117.97	116.89
15-Out	p1	91.77	90.52	89.40	88.65	88.06	87.54	87.08	86.65	86.25
	p2	100.62	98.84	97.28	96.21	95.36	94.64	93.99	93.39	92.82
	p3	106.91	104.37	102.12	100.60	99.40	98.35	97.43	96.57	95.75
	p4	122.55	119.14	116.12	114.08	112.45	111.05	109.81	108.64	107.54
	p5	139.92	134.98	130.57	127.62	125.25	123.24	121.42	119.74	118.14
01-Nov	p1	90.40	89.21	88.14	87.43	86.86	86.38	85.94	85.53	85.15
	p2	98.69	96.96	95.42	94.39	93.56	92.85	92.22	91.63	91.07
	p3	105.14	102.79	100.70	99.29	98.18	97.21	96.36	95.56	94.80
	p4	116.76	114.01	111.57	109.92	108.60	107.48	106.47	105.54	104.65
	p5	136.22	131.95	128.16	125.61	123.58	121.85	120.28	118.83	117.45
15-Nov	p1	89.57	88.50	87.55	86.91	86.40	85.97	85.58	85.22	84.87
	p2	98.60	96.87	95.35	94.32	93.50	92.80	92.16	91.58	91.03
	p3	104.00	102.00	100.23	99.03	98.07	97.26	96.52	95.85	95.20
	p4	116.27	113.66	111.36	109.79	108.55	107.49	106.53	105.65	104.81
	p5	126.07	123.57	121.36	119.86	118.69	117.67	116.75	115.90	115.10
01-Dez	p1	88.34	87.23	86.24	85.58	85.04	84.59	84.18	83.80	83.44
	p2	96.10	94.57	93.20	92.28	91.55	90.92	90.37	89.84	89.34
	p3	102.82	100.58	98.59	97.25	96.17	95.25	94.42	93.67	92.94
	p4	111.71	109.55	107.62	106.31	105.28	104.38	103.59	102.84	102.14
	p5	130.62	127.11	123.98	121.89	120.21	118.77	117.50	116.29	115.16
15-Dez	p1	86.32	85.19	84.18	83.51	82.97	82.50	82.09	81.71	81.34
	p2	94.08	92.57	91.23	90.32	89.60	88.98	88.42	87.92	87.43
	p3	97.92	96.26	94.76	93.76	92.96	92.27	91.66	91.09	90.55
	p4	109.61	107.60	105.82	104.63	103.67	102.84	102.10	101.43	100.77
	p5	122.43	119.64	117.15	115.47	114.15	113.00	111.98	111.02	110.13

5.6 - Análise benefício/custo (B/C)

Nas Tabelas 5.20 a 5.23 estão apresentados os resultados da análise benefício/custo (B/C) para todas as combinações entre época de semeadura, nível de manejo da irrigação, local, cultura e risco. Para a cultura do milho (Tabelas 5.20 e 2.21) o seu valor oscilou entre 0,76 e 1,37. Caso algum agricultor optasse por irrigar a cultura do milho nas Missões entre 15 de setembro e 01 de novembro com nível de manejo da irrigação p_5 (60% do potencial produtivo da cultura) e estivesse propenso a um risco de 2%, teria um prejuízo da ordem de 24%. Agora, caso optasse em cultivar o milho no Planalto Médio com nível de manejo da irrigação p_1 (100% do potencial produtivo da cultura) e ocorresse uma falha de 40%, para cada dólar investido retornariam 1,37 dolares, ou seja, um lucro de 37%.

Poderia-se argumentar que é uma rentabilidade excessivamente alta, em se tratando de agricultura; entretanto, esta margem de lucro é garantida apenas em 60% do tempo. Nos outros 40% do tempo os retornos esperados devem, a princípio, serem inferiores visto que a lâmina de irrigação suplementar é excedida que, por sua vez, aumenta os custos de irrigação.

Os valores da B/C estiveram superiores no Planalto Médio quando comparados com os das Missões nas combinações estudadas. Isto se explica pela menor necessidade de irrigação suplementar no Planalto Médio, conforme discutido no item 5.4 deste capítulo, que resulta em menores custos variáveis.

Como a cultura da soja não apresentou viabilidade econômica para as combinações estudadas neste trabalho, conforme Tabela 5.13 e 5.14 e A.25 a A.40, a relação B/C oscilou entre 0,32 e 0,65, ou seja, inferior a unidade.

Constata-se também que a relação B/C aumenta à medida que diminui a necessidade de irrigação suplementar, para um dado nível de manejo da irrigação e nível de risco, ocasionado pela época de semeadura. Assim, o comportamento é semelhante à lamina de suplementação para épocas de semeadura. O valor B/C diminui quando a época de semeadura passa de 01 de setembro para 15 de outubro, momento em que atinge o valor mínimo e, após volta a aumentar atingindo valor máximo em 15 de dezembro. O valor do referido critério de avaliação econômica pode ser visualizado na Tabela 5.15. Para o nível de risco 2% a receita líquida é igual a US\$ 137,06.ha⁻¹ e para o nível de manejo p_3 e no nível de risco 35% é US\$ 126,75.ha⁻¹; segundo, na tabela 5.7 constata-se que a lâmina de irrigação suplementar necessária é de 285,8mm e 176,5 mm para a cultura do milho semeada em 15 de dezembro para os níveis de

TABELA 5.22 - Relação benefício-custo (B/C) de sistemas de irrigação, por aspersão, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, como função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco.

Época de Semeadura	Nível manejo	NÍVEL DE RISCO (%)								
		2	5	10	15	20	25	30	35	40
01/set	p1	1.17	1.19	1.21	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.27
	p2	1.07	1.09	1.11	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.17
	p3	0.99	1.02	1.04	1.06	1.07	1.09	1.1	1.11	1.12
	p4	0.89	0.92	0.94	0.96	0.97	0.98	1	1.01	1.02
	p5	0.85	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94
15/set	p1	1.14	1.17	1.18	1.2	1.21	1.22	1.23	1.23	1.24
	p2	1.04	1.06	1.08	1.1	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14
	p3	0.95	0.98	1.01	1.03	1.04	1.06	1.07	1.08	1.09
	p4	0.85	0.88	0.9	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97
	p5	0.76	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88
01/out	p1	1.12	1.15	1.17	1.18	1.19	1.2	1.21	1.22	1.23
	p2	1.03	1.05	1.07	1.08	1.09	1.1	1.11	1.12	1.12
	p3	0.95	0.98	1	1.01	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06
	p4	0.84	0.86	0.88	0.9	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94
	p5	0.76	0.78	0.8	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.85
15/out	p1	1.11	1.13	1.15	1.17	1.18	1.19	1.2	1.21	1.21
	p2	1.02	1.04	1.06	1.08	1.09	1.1	1.11	1.12	1.12
	p3	0.97	0.99	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06
	p4	0.84	0.86	0.88	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95
	p5	0.76	0.78	0.8	0.81	0.82	0.83	0.83	0.84	0.85
01/nov	p1	1.2	1.21	1.22	1.22	1.23	1.23	1.24	1.24	1.24
	p2	1.05	1.07	1.09	1.1	1.11	1.12	1.12	1.13	1.14
	p3	0.97	0.99	1.01	1.02	1.04	1.05	1.06	1.06	1.07
	p4	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97
	p5	0.76	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88
15/nov	p1	1.15	1.17	1.19	1.2	1.21	1.22	1.23	1.24	1.24
	p2	1.07	1.09	1.11	1.12	1.13	1.13	1.14	1.15	1.15
	p3	1	1.02	1.03	1.05	1.05	1.06	1.07	1.08	1.08
	p4	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99
	p5	0.79	0.8	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.87
01/dez	p1	1.2	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.26	1.27	1.28
	p2	1.11	1.13	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17	1.17	1.18
	p3	1.05	1.07	1.08	1.1	1.1	1.11	1.12	1.12	1.13
	p4	0.94	0.95	0.97	0.98	0.98	0.99	1	1	1.01
	p5	0.85	0.86	0.88	0.88	0.89	0.89	0.9	0.9	0.91
15/dez	p1	1.24	1.26	1.27	1.28	1.29	1.3	1.31	1.31	1.32
	p2	1.16	1.17	1.19	1.19	1.2	1.21	1.21	1.22	1.22
	p3	1.09	1.1	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17
	p4	0.97	0.99	1	1.01	1.02	1.03	1.04	1.04	1.05
	p5	0.86	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94

TABELA 5.23 - Relação benefício-custo (B/C) de sistemas de irrigação, por aspersão, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, como função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco.

Época Semeadura	Nível de manejo	NÍVEL DE RISCO (%)								
		2	5	10	15	20	25	30	35	40
01/set	p1	1.27	1.29	1.31	1.32	1.33	1.34	1.34	1.35	1.36
	p2	1.18	1.2	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.27
	p3	1.09	1.12	1.14	1.16	1.18	1.19	1.2	1.21	1.22
	p4	0.97	0.99	1.02	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09
	p5	0.88	0.9	0.93	0.94	0.96	0.97	0.98	0.99	1
15/set	p1	1.24	1.26	1.28	1.29	1.3	1.31	1.31	1.32	1.33
	p2	1.16	1.18	1.2	1.21	1.22	1.23	1.23	1.24	1.25
	p3	1.08	1.11	1.13	1.14	1.16	1.17	1.18	1.19	1.19
	p4	0.95	0.97	1	1.02	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08
	p5	0.85	0.88	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.99
01/out	p1	1.22	1.24	1.26	1.27	1.28	1.29	1.29	1.3	1.31
	p2	1.12	1.14	1.16	1.17	1.18	1.19	1.2	1.21	1.22
	p3	1.05	1.08	1.1	1.12	1.13	1.14	1.16	1.17	1.18
	p4	0.96	0.98	1	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06
	p5	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
15/out	p1	1.22	1.23	1.25	1.26	1.27	1.28	1.28	1.29	1.29
	p2	1.11	1.13	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.2	1.2
	p3	1.04	1.07	1.09	1.11	1.12	1.14	1.15	1.16	1.17
	p4	0.91	0.94	0.96	0.98	0.99	1.01	1.02	1.03	1.04
	p5	0.8	0.83	0.86	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.95
01/nov	p1	1.24	1.25	1.27	1.28	1.29	1.29	1.3	1.31	1.31
	p2	1.13	1.15	1.17	1.18	1.19	1.2	1.21	1.22	1.23
	p3	1.06	1.09	1.11	1.12	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18
	p4	0.96	0.98	1	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07
	p5	0.82	0.85	0.87	0.89	0.9	0.92	0.93	0.94	0.95
15/nov	p1	1.25	1.26	1.28	1.28	1.29	1.3	1.3	1.31	1.32
	p2	1.13	1.15	1.17	1.18	1.19	1.2	1.21	1.22	1.23
	p3	1.07	1.09	1.11	1.13	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17
	p4	0.96	0.98	1	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07
	p5	0.89	0.9	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97
01/dez	p1	1.26	1.28	1.29	1.3	1.31	1.32	1.33	1.33	1.34
	p2	1.16	1.18	1.2	1.21	1.22	1.23	1.24	1.24	1.25
	p3	1.09	1.11	1.13	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.2
	p4	1	1.02	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.09
	p5	0.85	0.88	0.9	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97
15/dez	p1	1.29	1.31	1.33	1.34	1.35	1.35	1.36	1.37	1.37
	p2	1.19	1.21	1.22	1.24	1.25	1.25	1.26	1.27	1.28
	p3	1.14	1.16	1.18	1.19	1.2	1.21	1.22	1.23	1.23
	p4	1.02	1.04	1.06	1.07	1.08	1.09	1.09	1.1	1.11
	p5	0.91	0.93	0.95	0.97	0.98	0.99	1	1.01	1.01

TABELA 5.24 - Relação benefício-custo (B/C) de sistemas de irrigação, por aspersão, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, como função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco.

Época de semeadura	Nível de manejo	NÍVEL DE RISCO (%)								
		2	5	10	15	20	25	30	35	40
15/out	p1	0.54	0.55	0.56	0.57	0.57	0.58	0.58	0.59	0.59
	p2	0.5	0.51	0.52	0.53	0.53	0.54	0.54	0.55	0.55
	p3	0.47	0.48	0.49	0.49	0.5	0.51	0.51	0.51	0.52
	p4	0.39	0.41	0.43	0.44	0.44	0.45	0.46	0.47	0.47
	p5	0.35	0.37	0.38	0.39	0.4	0.4	0.41	0.41	0.42
01/nov	p1	0.56	0.57	0.58	0.58	0.59	0.59	0.59	0.6	0.6
	p2	0.51	0.52	0.53	0.54	0.54	0.55	0.55	0.55	0.56
	p3	0.47	0.48	0.49	0.5	0.51	0.51	0.52	0.52	0.53
	p4	0.42	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.48	0.49	0.49
	p5	0.36	0.37	0.39	0.39	0.4	0.41	0.41	0.42	0.42
15/nov	p1	0.56	0.57	0.58	0.59	0.59	0.6	0.6	0.6	0.61
	p2	0.51	0.53	0.54	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56	0.57
	p3	0.48	0.5	0.51	0.52	0.52	0.53	0.53	0.54	0.54
	p4	0.43	0.44	0.46	0.46	0.47	0.48	0.48	0.49	0.49
	p5	0.37	0.38	0.39	0.4	0.41	0.41	0.42	0.42	0.43
01/dez	p1	0.57	0.58	0.59	0.6	0.61	0.61	0.62	0.62	0.62
	p2	0.54	0.55	0.56	0.56	0.57	0.57	0.58	0.58	0.58
	p3	0.49	0.51	0.52	0.53	0.53	0.54	0.55	0.55	0.56
	p4	0.43	0.44	0.46	0.47	0.48	0.48	0.49	0.5	0.51
	p5	0.37	0.39	0.4	0.41	0.42	0.43	0.43	0.44	0.44
15/dez	p1	0.59	0.6	0.62	0.62	0.63	0.64	0.64	0.65	0.65
	p2	0.56	0.57	0.58	0.59	0.59	0.6	0.6	0.61	0.61
	p3	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.57	0.58	0.58
	p4	0.45	0.46	0.48	0.49	0.5	0.51	0.51	0.52	0.53
	p5	0.39	0.4	0.42	0.43	0.43	0.44	0.45	0.45	0.46

TABELA 5.25 - Relação benefício-custo (B/C) de sistemas de irrigação, por aspersão, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, como função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco.

Época de semeadura	Nível de manejo	NÍVEL DE RISCO (%)								
		2	5	10	15	20	25	30	35	40
15/out	p1	0.49	0.5	0.51	0.52	0.52	0.53	0.53	0.54	0.54
	p2	0.44	0.46	0.47	0.47	0.48	0.48	0.49	0.49	0.5
	p3	0.4	0.41	0.42	0.43	0.44	0.44	0.45	0.45	0.46
	p4	0.36	0.37	0.38	0.39	0.4	0.4	0.4	0.41	0.41
	p5	0.32	0.33	0.34	0.34	0.35	0.35	0.36	0.36	0.36
01/nov	p1	0.5	0.51	0.52	0.53	0.53	0.54	0.54	0.55	0.55
	p2	0.46	0.47	0.48	0.48	0.49	0.49	0.5	0.5	0.51
	p3	0.41	0.43	0.44	0.45	0.45	0.46	0.46	0.47	0.47
	p4	0.37	0.38	0.39	0.4	0.4	0.41	0.41	0.41	0.42
	p5	0.33	0.34	0.34	0.35	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37
15/nov	p1	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56
	p2	0.47	0.48	0.49	0.5	0.5	0.51	0.51	0.52	0.52
	p3	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.47	0.48	0.48	0.49
	p4	0.4	0.41	0.41	0.42	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44
	p5	0.35	0.35	0.36	0.37	0.37	0.37	0.38	0.38	0.38
01/dez	p1	0.54	0.55	0.56	0.56	0.57	0.57	0.58	0.58	0.58
	p2	0.49	0.5	0.51	0.52	0.52	0.53	0.53	0.53	0.54
	p3	0.46	0.47	0.48	0.48	0.49	0.49	0.5	0.5	0.5
	p4	0.42	0.43	0.43	0.44	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46
	p5	0.36	0.37	0.38	0.38	0.39	0.39	0.39	0.4	0.4
15/dez	p1	0.57	0.58	0.59	0.59	0.6	0.6	0.61	0.61	0.62
	p2	0.52	0.53	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56	0.57	0.57
	p3	0.49	0.5	0.51	0.51	0.52	0.53	0.53	0.53	0.54
	p4	0.44	0.45	0.46	0.47	0.47	0.48	0.48	0.49	0.49
	p5	0.37	0.38	0.39	0.4	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42

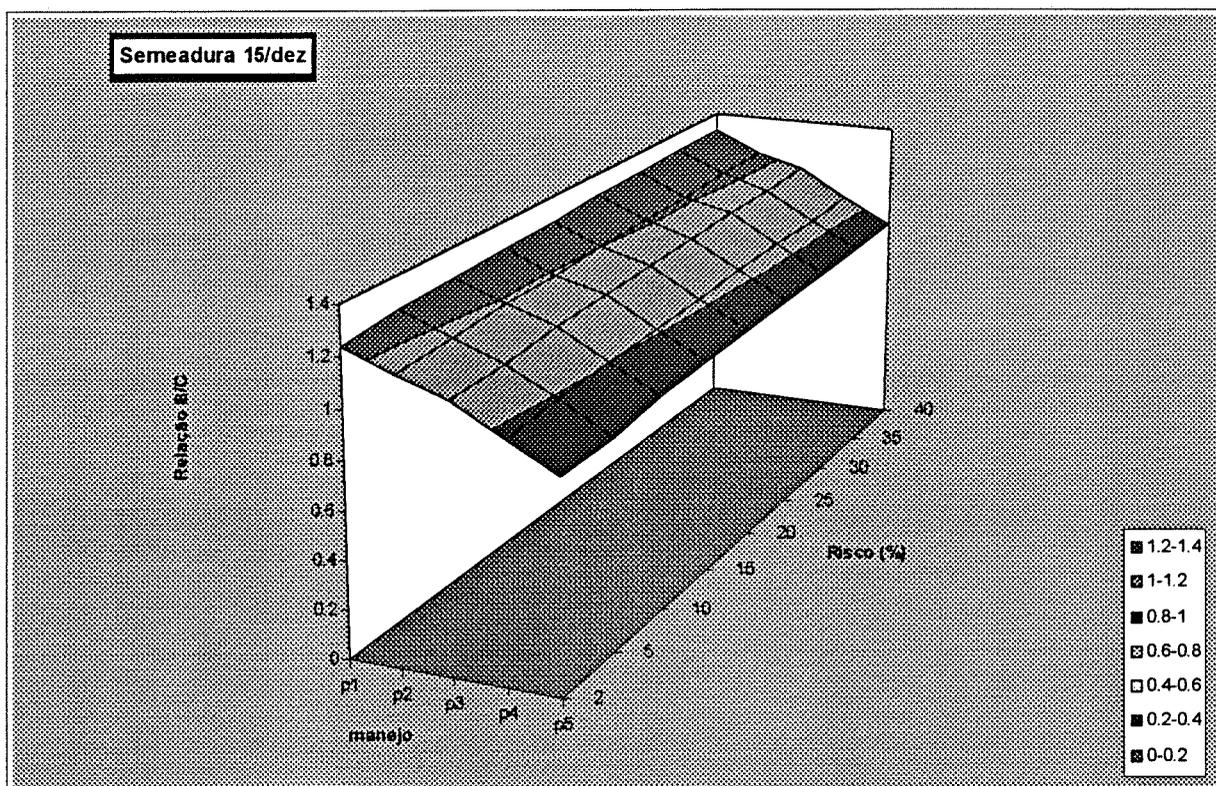
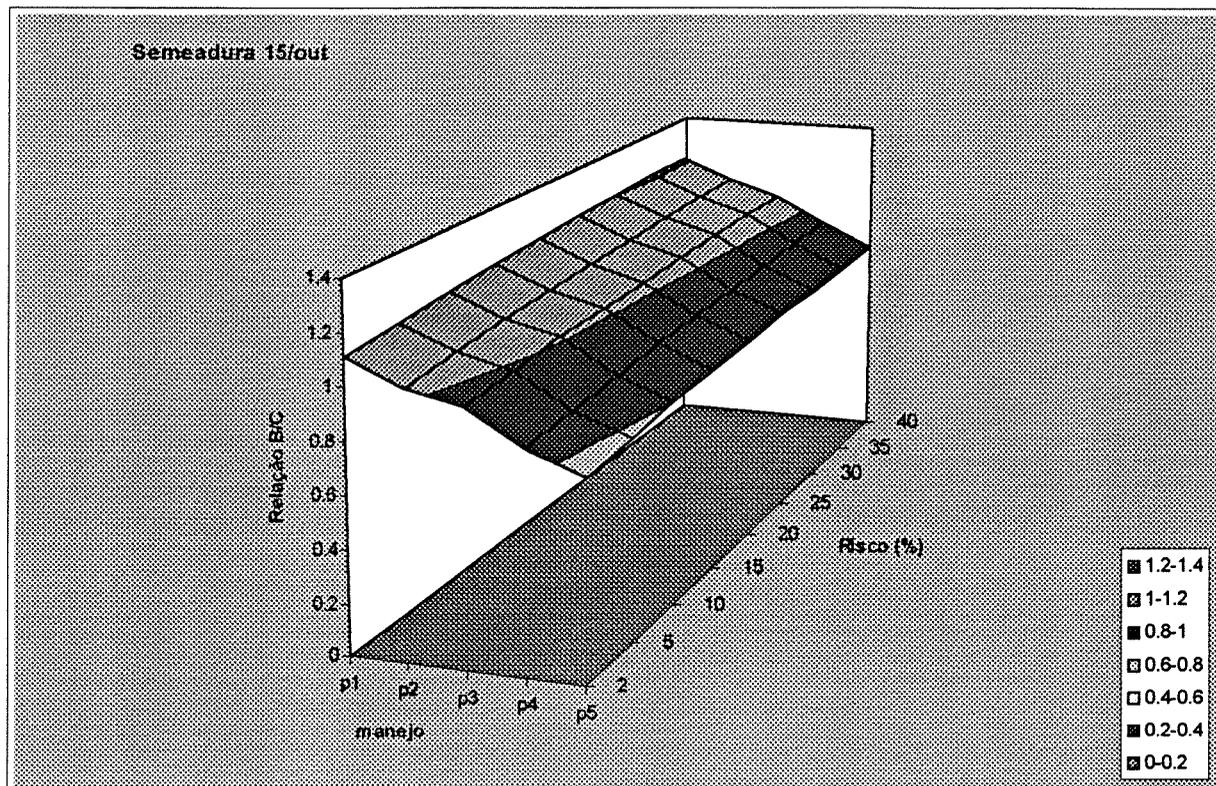


FIGURA 5.4 - Critério de avaliação econômica relação benefício-custo (B/C) da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura do milho nas Missões, para duas épocas de semeadura.

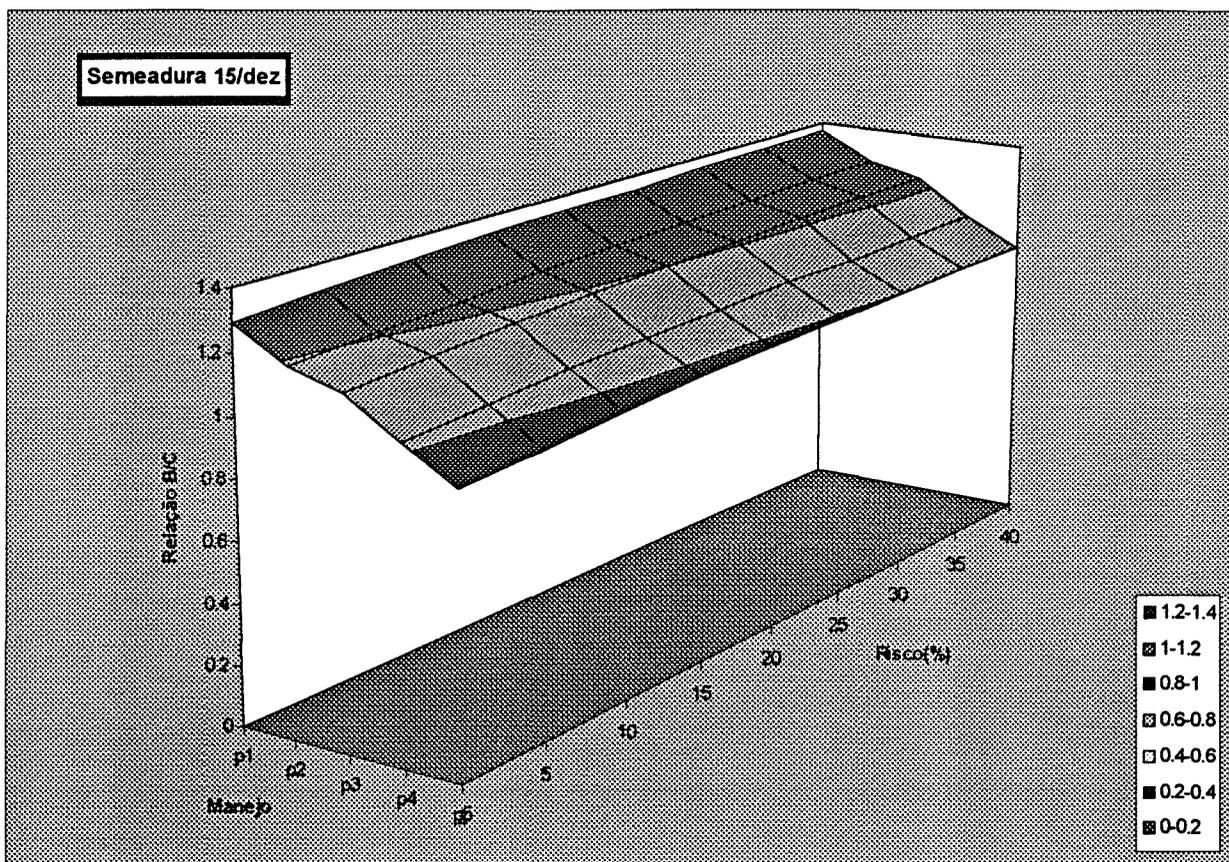
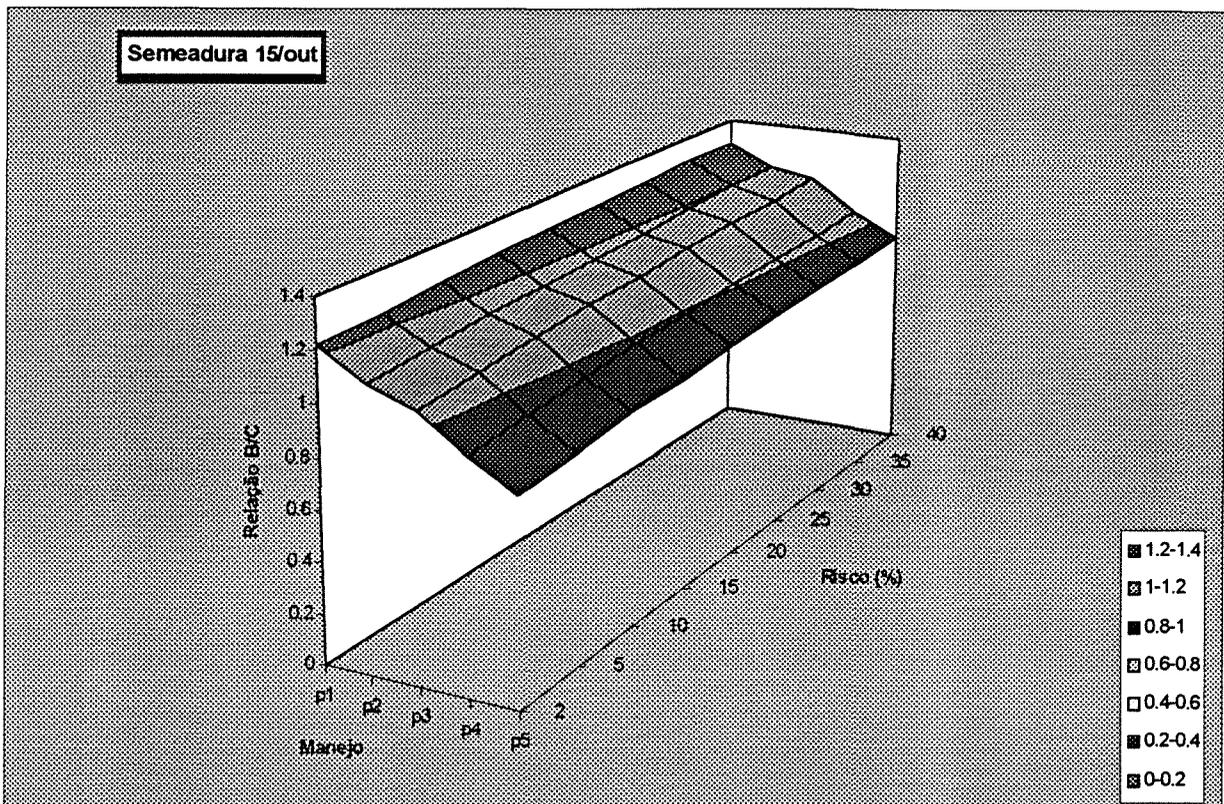


FIGURA 5.5 - Critério da avaliação relação benefício-custo (B/C) da irrigação por aspersão, sistema pivô central, na cultura do milho no Planalto Médio, para duas épocas de semeadura.

risco 2% e manejo p_2 e nível de risco de 35% e manejo p_3 , respectivamente. Vê-se assim, uma redução de 38,24% na suplementação da irrigação.

Estes dados mostram claramente que em situações de escassez dos recursos hídricos o irrigante pode manter a lucratividade do seu empreendimento adotando um nível de manejo da irrigação inferior com algum aumento dos riscos, mas com uma considerável redução da lâmina de irrigação suplementar. A lógica econômica nos conduz a prever cobrança pelo uso da água quando da escassez deste recursos natural, através de um sistema eficiente de gestão dos recursos hídricos. Neste momento os custos relativos se modificarão, obrigando o tomador da água a adotar uma intensidade de irrigação menor.

O dados das Tabelas 5.20 a 5.23 mostram um fato importante. O incremento na rentabilidade da irrigação é menor que o incremento do risco, quando se passa do nível de risco 2% para o de 40%, em todas as combinações de época de semeadura, nível de manejo, local e cultura estudadas. Com isto, um empreendedor propenso ao risco não tem um expectativa de vantagem econômica no atual cenário e nível de gestão dos recursos hídricos no Estado do Rio Grande do Sul.

5.7 - Simulação de cenários alternativos

Como se constatou, na discussão do item 5.5 deste capítulo, que a irrigação na cultura do milho apresenta viabilidade econômica em algumas combinações de época de semeadura-ambiente-nível de manejo-nível de risco, é preciso que se analise os impactos e repercussões sobre o mercado, demanda de energia elétrica, disponibilidade dos recursos hídricos, geração de impostos e aumento da competitividade do setor primário frente à integração econômica do Mercado Comum do Cone Sul quando da adoção da irrigação por uma significativa parcela dos produtores convencionais de milho, nas duas regiões estudadas.

Caso, via decisão política ou econômica, sejam ofertadas linhas de crédito para compra de equipamentos de irrigação, em condições semelhantes as do estudo, para incorporar, por exemplo, 10% da área de lavoura mecanizada do Planalto Médio e Missões, preferencialmente com milho, quais seriam seus reflexos?

A cultura eleita seria o milho, visto que tem déficit de oferta na ordem de 1,0 milhão de t.ano⁻¹ no mercado interno e viabilidade econômica em algumas situações. Estes 10% da área mecanizada, conforme **CORREIO DO POVO (1996)**, representam algo em torno de 14.000 ha em cada região, perfazendo um total de 28.000 ha. Caso todos os futuros irrigantes fossem

orientados a adotar a combinação de época de semeadura e nível de manejo da irrigação mais favorável e existisse um risco de 20%, ou seja, semear na segunda quinzena de dezembro com nível de manejo p_1 (100% do potencial produtivo da cultura), isto representaria uma lâmina de irrigação suplementar de irrigação, conforme Tabelas 5.7 e 5.8, de 232,6 mm e 271,7 mm no ciclo da cultura, para Planalto Médio e Missões, respectivamente.

Do exposto acima, obtém-se uma estimativa aproximada da necessidade potencial de recursos financeiros para financiamento, conforme Tabela 4.4, na ordem de US\$ 75,57 milhões. Somente em imposto sobre circulação de mercadorias geraria-se US\$ 10,66 milhões, além de US\$ 1,66 milhões de PIS e Finsocial, por ocasião da comercialização destes equipamentos de irrigação. Verifica-se, pela análise das Tabelas 5.20 e 5.21, que a rentabilidade do projeto de irrigação nas Missões seria de 29%, enquanto no Planalto Médio situa-se em 35%, ou seja, para cada dólar investido teríamos como retorno 1,2937 ou 1,3463. Portanto, teríamos um aumento da renda líquida nas regiões do Planalto Médio e Missões na ordem de US\$ 24,18 milhões durante a vida útil (10 anos) dos projetos de irrigação, já descontados os tributos e juros da amortização.

Em função das condições e pressuposições dadas acima, encontra-se um significativo volume de água que deveria ser destinado à irrigação e suprimido da geração de energia elétrica, visto que no Planalto Médio e Missões situam-se nas bacias hidrográficas que comportam as principais hidrelétricas do Estado do Rio Grande do Sul. Então, seriam necessários $70,602 \times 10^6 \text{ m}^3$ de água, por ciclo da cultura. Agora, considerando-se um ciclo de 120 dias, teríamos uma vazão derivada de $24.514 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ou $6,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Deve ser frisado nesta análise, que esta vazão seria derivada coincidentemente com o período de racionamento de energia elétrica (nos meses de outubro e março), que teria uma redução considerável na geração.

A irrigação de 28.000 ha representa área equivalente a 46,67% da bacia do Rio Potiribú. O volume de água necessário para atender esta demanda estimada, seria da ordem de 68% da vazão média desta bacia (CHEVALLIER, 1993). Introduzindo-se, na análise, a construção de reservatórios de acumulação, os resultados econômicos seriam bem outros, além da possibilidade de geração de energia elétrica e uma redução significativa da área agricultável, sob os lagos dos reservatórios.

A vazão derivada de $6,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ significa 58,6% da vazão mínima, média de sete dias consecutivos, com período de recorrência de 10 anos (Q7,10) do rio Passo Fundo ou 25,76%

da vazão (Q7,10) do rio Ijuí. Caso esta vazão fosse derivada, representaria um acréscimo de 5,48% da vazão do rio Uruguai atualmente destinada à irrigação, conforme CNEC (1983).

Para realizar o acionamento elétrico dos conjuntos moto-bomba, dadas condições topográficas semelhantes ao estudo, teríamos um consumo de energia elétrica na ordem de 990,98 kWh.ha⁻¹ e 848,37 kWh.ha⁻¹, conforme Tabelas 5.11 e 5.12, para as condições das Missões e Planalto Médio, respectivamente. Assim, resultaria num aumento da demanda de 25,7509 MWh entre os meses de dezembro e março, ou seja, um aumento médio de 0,21 MWh.dia⁻¹. Como já analisado acima, coincidentemente no período de escassez da oferta de energia elétrica. Isto representa 3,1% do capacidade de geração da Usina hidroelétrica de Passo Fundo no rio do mesmo nome.

A geração de empregos diretos poderia ser estimada através do seguinte raciocínio: supondo-se que cada unidade de irrigação necessitasse de um empregado rural especializado para fazer o manejo, reparos e manutenção do sistema de irrigação e mais um empregado para tarefas auxiliares decorrentes do aumento dos serviços, em função do aumento da produção física, poderíamos estimar com segurança a geração de 800 novos empregos no meio rural. Neste cálculo não estão incluídos os empregos necessários ao transporte, armazenagem, beneficiamento da produção física adicional e os empregos indiretos. Admitindo-se a hipótese de que cada emprego gerado no campo induz a geração de mais quatro empregos no setor secundário e terciário. Vê-se, portanto, a possibilidade de 4000 novos postos de trabalho.

Admitindo-se que os produtores rurais melhor tecnificados viessem a ser os novos irrigantes, poderia esperar-se uma produção física adicional de 5,5 t.ha⁻¹. De imediato, constata-se um aumento da produção, na região das Missões e Planalto Médio, na ordem de 154.000 t.ano⁻¹. Este volume representa aumento de 12,22% da produção histórica das duas regiões. Agora, considerando-se apenas o preço mínimo de garantia, encontra-se um aumento estimado da renda bruta de US\$ 17,201 milhões, que representariam US\$ 430.045,00 de imposto Funrural e US\$ 2,92 milhões de Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Serviços (ICMS). Somando-se os possíveis tributos gerados, chega-se a um número impressionante de US\$ 3,35 milhões por ano. Além dos US\$ 12,32 milhões de tributos devidos à comercialização dos equipamentos de irrigação.

Agora, quais seriam os impactos sobre o mercado e sobre os outros produtores marginais de milho, com este eventual programa de incentivo à irrigação? Com toda a certeza, os preços praticados pelo mercado seriam os preços mínimos ou seriam adquiridos pelo Compa-

nhia Nacional de Abastecimento, via AGF e EGF. Sabe-se, dadas a composição dos custos de formação da lavoura convencional, que o cultivo do milho ao preço mínimo é inviável economicamente, pois senão, vejamos: $4,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ multiplicado a US\$ 111,7 por tonelada, resulta numa receita bruta de US\$ 502,65 por hectare; porém, o custo de produção, segundo **FEPA-GRO (1996)**, situa-se em torno de US\$ 546,00 por hectare. Desta maneira, no primeiro momento, os produtores de milho em lavoura convencional operariam com prejuízo e, no segundo momento, abandonariam a atividade. Vê-se, assim, que a adoção da irrigação em uma escala considerável, nas condições do Planalto e Missões Gaúchas, poderia contribuir para aumentar a eficiência do setor primário e aumentar a competitividade de nossas principais culturas agrícolas.

5.7 - Valor da água

Como na presente análise econômica a água foi considerada um recurso abundante (sem valor econômica), visto que ainda não temos um sistema de cobrança, há a necessidade de fazer-mos algumas considerações sobre o possível valor da água, nas condições estudadas.

Com os resultados apresentados nas Tabelas 5.7 a 5.10 e 5.15 a 5.18 pode-se fazer uma estimativa preliminar das receitas geradas por metro cúbico de água destinado à irrigação, na cultura do milho e da soja, nas condições edafoclimáticas das Missões e Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Para isto, basta dividir as receitas líquidas constantes nas Tabelas 5.15 a 5.18 pelas lâminas de suplementação das Tabelas 5.7 a 5.10. Verifica-se que o efeito da água sobre as receitas líquidas, na cultura do milho irrigada nas condições das Missões, oscilou entre $-0,0647 \text{ US\$} \cdot \text{m}^{-3}$ e $0,1078 \text{ US\$} \cdot \text{m}^{-3}$ para o nível de manejo p_5 , época de semeadura 15 de outubro com risco de 2% e para o nível de manejo p_1 , época de semeadura 15 de dezembro com nível de risco 40%, respectivamente. Assim, pode-se afirmar que quando da implantação de um sistema de cobrança pelo uso da água, os produtores irrigantes do milho nas Missões estariam dispostos a pagar até $0,1078 \text{ US\$} \cdot \text{m}^{-3}$ de água derivado.

No Planalto médio, cada m^3 de água usado na irrigação do milho gerar receitas líquidas que oscilaram entre US\$ $-0,0610$ e US\$ $0,1421$. Assim como nas Missões, os agricultores do Planalto Médio estariam dispostos a pagar até US\$ $0,1421$ para cada m^3 de água usado na irrigação do milho.

Para a cultura da soja os agricultores não têm interesse pela irrigação, visto que não apresenta viabilidade econômica.

Todas as observações e considerações sobre a irrigação da cultura do milho e da soja nas condições agroecológicas das Missões e Planalto Médio, podem ser transferidas, com cuidado e as devidas ressalvas, para toda a região do derrame basáltico no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O comportamento climático e as características físico-hídricas dos solos assemelham-se, visto que tiveram a mesma origem e são todos argilosos. Assim, pode-se dizer que o comportamento geral dos custos e receitas na exploração das lavouras irrigadas de milho e soja reproduzem-se. Deste modo, em parte, ficam válidos os comentários e análises feitas sobre as regiões estudadas. O que poderia variar são as necessidades de irrigação suplementar; porém, através da comparação entre as necessidades estimadas em outras regiões com as do Planalto e ou Missões, pode-se inferir os prováveis resultados econômicos.

6 - CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos em função da metodologia empregada e na base de dados agrometeorológicos, conclui-se que:

- projetos de irrigação que admitem uma maior extração da capacidade de armazenamento da água no solo, antes de voltar a irrigar, sofrem maior influência da intensidade e frequência das precipitações pluviométricas, apresentando maiores oscilações interanuais nas necessidades de irrigação suplementar; porém, na média do tempo diminuem com o aumento da extração;
- as necessidades de irrigação suplementar são máximas para a semeadura em 15 de outubro, tanto para a cultura da soja como para a cultura do milho, declinando para as semeaduras realizadas antes e após esta data, sendo os menores valores encontrados na semeadura de 15 de dezembro;
- as necessidades de irrigação suplementar são maiores nas condições agroecológicas das Missões quando comparadas com as do Planalto Médio, para ambas as culturas estudadas;
- as estimativas da ET_m e lâmina de irrigação suplementar ajustam-se à distribuição normal, ao nível de significância de 1%;
- as lâminas de irrigação suplementar estimadas aumentam à medida que o nível de risco diminui para ambas as culturas;
- os custos devido à irrigação são responsáveis entre 30 a 45% dos custos totais de produção da cultura de milho;
- a irrigação, na cultura do milho, apresenta viabilidade econômica numa ampla gama de combinações entre época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco para ambas as condições edafoclimáticas estudadas;
- à medida que aumenta o nível de risco, níveis de manejo da irrigação menos intensos começam apresentar viabilidade econômica, na cultura do milho;

- a cultura da soja não apresenta viabilidade econômica em nenhuma combinação da época de semeadura, ambiente, nível de manejo da irrigação e nível de risco estudadas;
- a participação relativa, nos custos totais, dos custos de mão-de-obra, custos de conservação, custo da energia e custo anual do equipamento acompanham o comportamento da lâmina de irrigação suplementar necessária; enquanto, os custos de comercialização e custos de formação da lavoura tem participação relativa inversa da lâmina de irrigação suplementar;
- a performance econômica da agricultura irrigada é inversamente proporcional ao comportamento da lâmina de irrigação suplementar necessária; quanto maior esta, menores são as receitas líquidas;
- taxas de desconto menores possibilitam uma expressiva melhora na performance econômica da agricultura irrigada, nas condições edafoclimáticas do Planalto Médio e Missões, em ambas as culturas testadas;
- o uso do óleo diesel como fonte alternativa de energia, apresenta viabilidade econômica, mesmo com as atuais tarifas de energia elétrica;
- a adoção da irrigação na cultura do milho, em área expressiva do Estado do Rio Grande do Sul, retira do mercado as propriedades rurais mais ineficientes nesta cultura;
- a adoção da irrigação na cultura do milho, no Planalto e Missões, implica num aumento médio do consumo de energia elétrica na ordem de $1390 \text{ kWh} \cdot \text{ha}^{-1}$, e a vazão derivada aumenta em torno de $4000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}$;
- quando da escassez dos recursos hídricos, pode-se manter a rentabilidade da agricultura irrigada através da adoção de menor intensidade no manejo da irrigação e aumento no nível de risco;
- cobrança pelo uso da água deverá afetar significativamente a performance econômica dos projetos de irrigação.

7 - RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

Após a conclusão desta pesquisa, sugere-se:

- repetir o trabalho, para todos os locais do Estado do Rio Grande do Sul com base de dados meteorológicos diários; porém, usando toda a série histórica de dados que possam ser disponibilizados;
- que sejam estudados, pelos órgãos e entidades de pesquisa, uma maneira de disponibilizar, a todos os pesquisadores, as bases de dados meteorológicos dos órgãos públicos que fazem coleta sistemática, visto que estas bases são de toda a sociedade;
- num trabalho semelhante, testar outras culturas, épocas de semeadura, níveis de manejo da irrigação e sistemas que apresentam maior flexibilidade de projeto;
- testar a viabilidade econômica da irrigação apenas no período crítico das culturas, como sugerem alguns trabalhos de pesquisa;
- testar outras taxas de juros, inclusive subsídios.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUINSKY, S.D., DORFMAN, R., MATZENAUER, R. 1988. Modelos para prognóstico e otimização do rendimento para a cultura do milho (*Zea mays* L.) no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., Florianópolis, 1988. **Anais...** Florianópolis: ABID/UFSC. p.162-182.
- AGUINSKY, S.D. 1992. **Prognóstico e otimização do rendimento para a cultura do milho (*Zea mays* L.) no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFGRS. Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 196f. Dissertação (Mestr. Engenharia Civil).
- AGUIRRE, B.; BIANCHI, A.M.; MOLDAU, J.A.; MOLINA, A. 1989. **Projetos de irrigação: o custo da transformação social**. São Paulo: PRONI/FIPE. 160p.
- AITKIN et al. 1989. **Statistical modelling in GLIM**. Oxford: Oxford University.
- ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P. de; CHIAVERATTO, O.M.D.P.; PEDRO Jr., M.J.; ORTOLANI, A.A.; BRUNINI, O. 1989. Níveis de probabilidade de seca, como subsídio à irrigação no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6., Maceió, 1989. **Anais...** Maceió: INPE/SBA/UFAL. p.34-38.
- ALMEIDA, J.P. de. 1993. **Estimativa de déficits e excessos hídricos em regiões de clima úmido através de deferentes modelos de balanço hídrico**. Porto Alegre: UFGRS. Curso de Pós-Graduação em Engenharia dos Recursos e Saneamento Ambiental. 212f. Dissertação (Mestr. Engenharia Civil).
- AMOROCHO, J.; SPILDORA, B. 1972. Entropy in the assessment of uncertainty in hydrologic systems behavior and in mathematical model performance. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON UNCERTAINTIES IN HIDROLOGIE AND WATER RESOURCES SYSTEMS. **Proceedings...** Tucson: University of Arizona. p.977-1008.
- ANUÁRIO Estatístico do Rio Grande do Sul. 1990. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística. v. 23. 476p.
- ARRUDA, Z.J. 1982. **Eficiência econômica na alocação de recursos na agricultura: uma avaliação de dois métodos de estimativa do ponto ótimo, visando sua aplicação prática**. Campo Grande: EMBRAPA. 24p. (Circular Técnica, nº 7).

- AZEVEDO, J.A. et al. 1986. **Aspectos sobre o manejo da aspersão para o Cerrado**. 2 ed. Planaltina: EMBRAPA/CPAC. 52p.
- BATTY, J.C.; KELLER, J. 1980. Energy requirements for irrigation. In: PIMENTEL, D. (ed.) **Handbook of energy utilization in agriculture**. Florida: CRC Press. p.35-44.
- BELTRAME, L.F.S.; TAYLOR, J.; CAUDURO, F. 1979. **Probabilidade de ocorrência de déficits e excessos hídricos em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IPH/UFRGS. 79f.
- BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. 1975. **Efeito de tratamentos de irrigação, espaçamento e população no rendimento de soja**. Porto Alegre: IPAGRO. 10f. [Mimeografado].
- BERGAMASCHI, H.; CAUDURO, F. 1975. Efeito de níveis de umidade do solo sobre o rendimento de duas cultivares de soja (*Glycine max*, L. Merrill) em duas épocas de semeadura. **Agronomia Sul Riograndense**, Porto Alegre, v.11, n.2, p.195-206.
- BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; WESPHALEN, S.L. 1981. **Efeito da irrigação em soja na safra 1980/81**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA NA REGIÃO SUL, IX., Porto Alegre, 1981. 5p. [mimeografado].
- BERLATO, M.A. 1992. As estiagens e seus impactos na produção agrícola do estado do Rio Grande do Sul. In: MARCANTÔNIO, G. **Solos e irrigação**. Porto Alegre: Ed. UFRGS/FEDERACITE. p.92-94.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. 1985. Coeficiente de cultura (Kc) da soja (*Glycine max* L. Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4., Londrina, 1985. **Resumos...** Londrina: SBA/IAPAR. p.13-14.
- BERLATO, M.A. 1987. **Modelo de relação entre o rendimento de grão da soja e o déficit hídrico para o estado do Rio Grande do Sul**. São José dos Campos: INPE. Tese (Doutorado em Agrometeorologia).
- BERLATO, M.A.; MOLION, L.C.B. 1981. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre: IPAGRO. 96p. (Boletim Técnico, nº 7).
- BERNUTH, R.D. 1983. Uniformity design criteria under limited water. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.26, n.5, p.1418-1421.
- BEZERRA, I.P. 1991. Avaliação econômica sob condições de risco de tecnologias de produção na agricultura do Rio Grande do Sul. **Análise**, Porto Alegre, v.2, n.6, p.91-113.

- BISERRA, J., FRANCO, F.G.S. 1992. Caracterização e rentabilidade da pequena irrigação privada no nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 30., Rio de Janeiro, 1992. *Anais...* Brasília: SOBER. p.61-74.
- BOSCH, D.J.; EIDMAN, V.R.; OOSTHVIZEN, K. 1987. A review of methods for evaluating the economic efficiency of irrigation. *Agric. Water Management.*, v.12, p.231-245.
- BRASIL. 1973. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura. 431p. (Boletim técnico, nº 30).
- BRASIL. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. 198-. **Custos e benefícios da irrigação**. Brasília: CODEVASF. 23p.
- BRASIL. Comitê de Distribuição de Energia Elétrica. 1988. **Tarifas horo-sazonais: manual de orientação ao consumidor**. Rio de Janeiro: CODI. 28p.
- BRASIL. Ministério da Irrigação. 1987. **Tempo de irrigar: manual do irrigante**. São Paulo: Mater. 160p.
- BRASIL. Programa Nacional de Irrigação. 1986. **Proposta básica: síntese 1986/1990**. Brasília: PRONI. 64p.
- BRITO, R.A.L., SCALOPPI, E.J. 1986. Estimativa de custos de irrigação por aspersão no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7., Fortaleza, 1986. *Anais...* Brasília: ABID. p.879-898.
- BRZESOWSKY, W.J.; VILSTEREN, A.E.M. van. 1988. An economics evaluation of sugar cane production under water supply system in Thailand. *Agric. Water Manage.*, v.13, p.83-91.
- BURIOL, G.A. et al. 1977. **Balanco hídrico seriado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM. 216p.
- BURIOL, G.A. et al. 1979. Distribuição geográfica das disponibilidades hídricas do solo possíveis de ocorrerem no Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, v.9, n.2, p.111-169.
- CAMARGO, A.P de, PEREIRA, A.R. 1990. **Prescrição de rega por modelo climatológico**. Campinas: Fundação Cargill. 27p.
- CARDOSO, C.O. 1995. **Avaliação da demanda hídrica de algumas culturas sujeitas à alteração climáticas na bacia do Rio Uruguai**. Porto Alegre: IPH/UFRGS. Curso de Pós-Graduação em Engenharia dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 174f. Dissertação (Mestr. Engenharia Civil).

- CARLESSO, J.C. 1993. **Avaliação econômica do nível de manejo da irrigação na cultura do milho**. Santa Maria: UFSM. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. 79f. Dissertação (Mestr. Engenharia Agrícola).
- CHEN, D.; WALLENDER, W.W. 1984. Economic sprinkler selection, spacing and orientation. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.27, n.3, p.737-743.
- COLLARES, G.L. 1994. **Resposta da soja a diferentes níveis de manejo da irrigação**. Santa Maria: UFSM. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. 65f. Dissertação (Mestr. Engenharia Agrícola).
- CNEC. 1983. **Diagnóstico e planejamento da utilização dos recursos hídricos da bacia do rio Uruguai**. Brasília: DNAEE/CNEC.
- CONTE, J. 1992. Depoimento do produtor José Conte. In: MARCANTÔNIO, J. et al. **Solos e irrigação**. Porto Alegre: Ed. Universidade/FEDERACITE. p.112-113.
- CONTINI, E., ARAÚJO, J.D., GARRIDO, M.E. 1984. Instrumentos econômicos para a decisão agrícola. In: CONTINI, E. et al. **Planejamento da propriedade agrícola - modelos de decisão**. Brasília: DDI/EMBRAPA. p.7-22.
- CORREIO DO POVO. 1996. **Missões diminui a área de milho**. Porto Alegre: Correio Rural. p.16.
- CROSSON, P. 1980. **Resources, technology and environment in agricultural development: a synopsis**. Laxenburg, Áustria: FAO. [s.n.t.].
- CUNHA, G.R.; BERGAMASCHI, H. 1992. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. p.
- DENMED, O.T., SHAW, R.H. 1960. The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, p.272-283.
- DENMED, O.T., SHAW, R.H. 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.54, p.385-390.
- DOORENBOS, J., KASSAN, A.H. 1979. **Yield response to water**. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations. 235p. (Irrigation and Drainage paper, 33).
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. 1975. **Crop-water requeriments**. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations. 179p. (Irrigation and Drainage paper, 24).

- DORFMAN, R. 1992. Irrigar ou não: eis a questão! In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., Natal, 1991. *Anais...* Fortaleza: ABID. v.2, p.1791-1812.
- DORFMAN, R. 1985. **Planning of irrigation systems under conditions of scarce data.** Haifa, Technion, Israel: Institute of Technology. 113 f. Doctor Thesis.
- FEPAGRO. Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. 1996. **Recomendações técnicas para a cultura do milho no RS.** Porto Alegre: FEPAGRO/FECOTRIGO. 121p. (Programa Multiinstitucional de Difusão de Tecnologia do Milho).
- FERNANDES, E.J.; PAVANI, L.C.; RODRIGUES, T.J.D. 1996. Potencial de água do solo e produtividade da cultura da soja submetida à três regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.16, n.1, p.66-75.
- FRANKE, A.E. 1990. **Balanço hídrico na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) sob três níveis de manejo da irrigação.** Santa Maria: UFSM. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. 92f. Dissertação (Mestr. Engenharia Agrícola).
- GOHRING, T.R.; WALLENDER, W.W. 1987. Economics of sprinkler irrigation systems. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.30, n.4, p.1083-1089.
- GRASSI, C.J. 1968. **Estimacion de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fins de formulacion y diseno de proyectos.** Merida: CIDIAT. 96p.
- GOULART, J.P.; VIANNA, A.C.T.; GOMES, A.S.; LAGO, J.C. 1976. **Resposta da soja sob diferentes épocas de irrigação na região de pelotas.** Pelotas: Departamento de Engenharia Rural/UFPEL. 6f. [Mimeografado].
- HAGAN R.M. 1973. Water plant growth and crop irrigation requeriments. In: **Irrigation, drainage and salinity.** Paris: FAO/UNESCO. p.206-253.
- HILLIER, F.S. 1963. The derivation of probabilistic information for the evaluation of risky investments. **Management Science**, v.9, [s.n.p.].
- HILL, R.W.; JONHSON, D.R.; RYAN, K.H. 1979. A model for predicting soybean yields from climate data. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n.2, p.251-256.
- HIMAT. Instituto Colombiano de Hidrologia, Meteorologia y Adecuacion de Tierras. 1985. **Cálculo Estadístico de requerimientos de água de riego: memória de cálculo.** Bogotá: HIMAT. 65p.
- HOLANDA, N. 1968. **Elaboração e avaliação de projetos.** São Paulo: APEC.

- HOFFMANN, R.; ENGLER, J.J.C.; SERRANO, O.; THAMÉ, A.C.M.; NEVES, E.M. 1987. **Administração da empresa agrícola**. 5 ed. São Paulo: Pioneira. 325p.
- HÜTTE, I. 1965. **Manual del ingeniero**. Barcelona: Gustavo Gili. 1563p.
- JENSEN, M.E. 1973. **Consumptive use of water and irrigation water requirements**. New York: ASCE. 215p.
- JESUS, R.M.R. de, CURCIO, R.L.S. 1989. Identificação e hierarquização de áreas economicamente irrigáveis numa região. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 8., Foz do Iguaçu, 1989. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABRH. v.1, p.82-89.
- JOHNSON, G.P. 1971. **Program budgeting and uncertainty: a case study in estimating construction costs of water resources projects**. Stanford: Stanford University.
- KAISER, P. 1984. **Comportamento da soja (*Glycine max* (L) Merrill) sob irrigação em várzeas, no Mato Grosso**. Porto Alegre: UFRGS. 74f. Curso de Pós-Graduação em Engenharia dos Recursos Hídricos. Dissertação (Mestr. em Recursos Hídricos).
- KINDLER, J. 1988. Modeling derived demand for irrigation water. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.13, p.403-410.
- KUMAR, D.; HEATWOLE, C.D.; ROSS, B.B. & TAYLOR, D.B. 1992. Costs models for preliminary economic evaluation of sprinkler irrigation systems. **J. of Irrigation and Drainage Engineering**, v.118, n.5, p.757-775.
- LAGO, J.C.; GOULART, J.P.; GOMES, A.S.; VIANNA, A.C.T. 1977. **Resposta da soja sob diferentes épocas de irrigação na região de Pelotas**. Pelotas: Departamento de Engenharia Rural e Solo. 5f.
- LAMB, P.R. 1991. **Desenvolvimento e componentes do rendimento do milho irrigado a diferentes níveis de potencial de água no solo**. Santa Maria: UFSM. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. 84 f. Dissertação (Mestr. Engenharia Agrícola).
- LANNA, A.E. 1991. **Engenharia econômica dos recursos hídricos**. Porto Alegre: IPH/UFRGS. 320p. (Versão preliminar).
- LANNA, A.E.; ROCHA, V. 1988. **Análise econômica e financeira de projetos de irrigação**. Brasília: ABEAS. 159p.
- LOUZADA, J.A.; LANNA, A.E.; BELTRAME, L.F.S.; COTRIM, S.L.; VEZZINI, F.M. 1992. Comparação entre modelos diários e mensal de balanço hídrico para estimativa de necessidade de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., Natal, 1991. **Anais...** Natal: ABID. p.1601-1620.

- MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R. 1995. **Zoneamento agroclimático da cultura do milho por época de semeadura no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO. 75p.
- MARCHETTI, V. 1995. **Risco e decisão em investimento produtivo**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 95p.
- MARTINI, L.C.P. 1992. **Efeito da irrigação e do método de plantio na produção e qualidade da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Santa Maria: UFSM. 87f. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Dissertação (Mestr. Engenharia Agrícola).
- MATZENAUER, R. 1980. **Evapotranspiração do milho (*Zea mays*, L.) e suas relações com fórmulas e parâmetros meteorológicos**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/UFRGS. Curso de Pós-Graduação em Agronomia. 128f. Dissertação (Mestr. Fitotecnia).
- MATZENAUER, R. 1994. **Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento do milho, em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/UFRGS. Curso de Pós-Graduação em Agronomia. 172f. Tese (Doutorado em Agrometeorologia).
- MATZENAUER, R. et al. 1989. Efeito da irrigação, adubação e densidade de plantas de milho. I. Rendimento de grãos e componentes do rendimento. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL do MILHO, 33., Porto Alegre, 1988. Ata... Porto Alegre: IPAGRO/EMATER. p.91-100.
- MARKOWITZ, H. 1952. Portfolio selection. *Journal of Finance*, v.7, n.1, p.77-91, mar.
- MARTINI, L.C.P. 1990. **Rendimento da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) sob três métodos de irrigação**. Santa Maria: UFSM. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. 85f. Dissertação(Mestr. Engenharia Agrícola).
- MELLO, J.F. 1993. **Custos da irrigação por aspersão em Minas Gerais**. Viçosa: UFV. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. 147f. Dissertação (Mestr. em Engenharia Agrícola)
- MILLAR, A.A. 1984. **Manejo racional da irrigação: uso de informações básicas sobre diferentes culturas**. Brasília: IICA. 57p.
- MILLER, R.L. 1981. **Microeconomia: teoria, questões e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill. 507p.
- MISHAN, E. 1976. **Cost-benefit analysis: on informal introduction**. [s.l.]: Allen & Unwin. 488p.

- MONTOYA, M.A.; GHISSONI, M.daG. 1994. A integração econômica no mercado de milho da região do pampa Argentino e da Microrregião de Passo Fundo. **Análise**, Porto Alegre, n. 5, v. 1, p.115-136.
- MOTA, F.S. da; BEIRSDORF, M.I.C.; GARCEZ, J.R.B. 1971. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas: IPEAS. 122p. (Circular Técnica, nº 50).
- MOTA, F.S. da. 1980. **Probabilidades das necessidades de irrigação em vinte combinações do binômio clima-solo no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 86p. (Boletim Técnico, nº2)
- MOTA, F.S. da. 1989. Informação climática para planejamento das pastagens na fronteira sul e litoral do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6., Maceió, 1989. **Anais...** Maceió: SBA. p.089-095.
- MOTA, F.S. da. 1986. Tecnologias e adaptações sócio-políticas para minimizar os efeitos das secas. In: MOTA, F.S.da; AGENDES, M.O. O. **Clima e agricultura no Brasil**. p35-50.
- MOTA, F.S.da; AGENDES, M.O. de O. 1989. Informação climática para planejamento da irrigação da soja no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6., Maceió, 1989. **Anais...** Maceió: SBA. p.348-354.
- MUSIK, J.T.; DUSEK, D.A. 1971. Grain sorghum response to number, timing and size of irrigation in the Southern High Plains. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.14, n.3, p.401-404.
- OLIVEIRA, D. 1990. **Evapotranspiração máxima e necessidade de água para irrigação de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.) determinado por balanço hídrico para seis locais do Paraná**. Piracicaba: USP/ESALQ. 155f. Dissertação (Mestr. Agrometeorologia).
- OLIVEIRA, J.L.B. 1986. **Resposta do milho (*Zea mays*, L.) à irrigação suplementar por sulcos**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS. Curso de Pós-Graduação em Engenharia dos Recursos Hídricos. 70f. Dissertação(Mestr. Engenharia Civil).
- PARFITT, J.M.B. 1991. **Modelos água-rendimento para a cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) em planossolo pelotas**. Porto Alegre: UFRGS. Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 102f. Dissertação (Mestr. Engenharia Civil).
- PAIR, C.H.; HINZ, W.W.; REID, C.; FROST, K.R. 1969. **Sprinkler irrigation**. 3 ed. Washington: Sprinkler Irrigation Association. 444p.

- PENMAN, HL. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proc. R. Soc. London Ser.**, n.3, p.20-145.
- PETTER, R.L., RIGHES, A.A. 1992a. Distribuição do sistema radicular da soja determinada por três diferentes padrões de análise. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21. e SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1., Santa Maria, 1992. **Anais...** Santa Maria: DER/UFSM. v.1, p.1103-1109.
- PETTER, R.L., RIGHES, A.A. 1992b. Resposta da soja a diferentes potenciais de água no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21. e SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1., Santa Maria, 1992. **Anais...** Santa Maria: DER/UFSM. v.1, p.983-991.
- PIZYSIEZNIG FILHO, J., CONZAGA, M.L., SAAD, A.M. 1992. Rentabilidade e custos da agricultura irrigada na região de Guaiá - SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., Natal, 1991. **Anais...** Fortaleza: ABID. v.2, p.1875-1940.
- PONS, A.L.; BRESOLIN, M. 1991. A cultura do milho. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, v.57, p.3-38, set/out.
- PORTO, L.G.C.; PIEDADE Jr.; C.; TEIXEIRA, N.M. 1992. Comportamento do preço médio da tarifa horo-sazonal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., Santa Maria, 1992. **Anais...** Santa Maria: SBEA/UFSM. p198-203.
- PORTO, M.C.M.; SANTOS F^o, J.M. dos; BARNI, N.A.; MINOR, H.C.; BERGAMASCHI, H. 1979. Resposta da soja (*glycine max* L. Merrill) à irrigação e níveis de fertilidade do solo. I. rendimento e características agrônômicas. **Agronomia Sul Riograndense**, Porto Alegre, v.13, n.1, p.25-32.
- PRECKEL, P.V.; DE VUYST, E. 1992. Efficient handling of probability information for decision analysis under risk. **Amer. J. Agr. Econ.**, [s.n.t.], p.655-662.
- REICHARDT, K. 1987. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole. 178p.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. 1995. **Recomendações técnicas para o cultivo da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina: 1995/1996**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/Departamento de Plantas de Lavoura - UFRGS. 80p.
- ROCHA, V. 1988. Quantificação dos custos e benefícios de projetos de irrigação. In: LANNA, A.E.; ROCHA, V. **Análise econômica e financeira de projetos de irrigação**. Brasília: ABEAS. p.57-104.
- SALTER, P.J.; GOODE, J.E. 1967. **Crop response to water at different stages of growth**. Farnham Royal: Comonwalth Agricultural Bureau. 246p.

- SANTOS F^o, B.G.; SANTOS, D.S.B.; GOMES, A.S.; PAULETTO, E.A.; MESQUITA, J.A.; SCHUCH, L.A.B. 1989. Comportamento estomático y rendimiento de cinco genótipos de soja sometidos a diferentes niveles de humedad en el suelo. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DE INVESTIGACION EN SOJA, 4., Buenos Aires, Argentina, 1989. *Actas...* Buenos Aires: Asociación Argentina de la Soja. p.383-90.
- SANTOS, H.P. dos; IGNACZAK, J.C.; LHAMBY, J.C.B.; AMBROSI, I. 1995. Análise econômica de quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 30, n. 9, p. 1167-1175, set.
- SASSONI, P., SCHAFFER, W. 1978. **Cost-benefit analysis: a handbook**. [s.l.]Academic Press.
- SCALOPPI, E.J. 1985. Exigências de energia para irrigação. *ITEM*, Brasília, n.21, p.13-17.
- SCHIRMER, L.M., DORFMAN, R. 1992. Análise da viabilidade econômica da irrigação da cultura do milho (*Zea mays* L) em regiões de clima semi tropical. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., Natal, 1991. *Anais...* Fortaleza: ABID. v.2, p.1813-1832.
- SHAPE, W.F. 1978. **Investments**. Englemwood: Prentice-Hall. 125p.
- SILVA, A.T. da. 1976. **Estudo freqüencial das necessidades de irrigação em quatro localidades do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IPH/UFGRS. Curso de Pós-Graduação em Hidrologia Aplicada. 92f. Dissertação (Mestr. Engenharia Civil).
- SILVA, R.I. da; DHEIN, R.A. 1994. Viabilização sócio-econômica da rotação de culturas e da adubação verde na COTRIJUI. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo, RS. *Anais...* Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT. p.15-27.
- SOIL CONSERVATION SERVICE. 1975. **Hydrology guide for use in watershed planning**. Washington: Dept. of Agriculture.
- STANHILL, G. 1962. **The use of Piche evaporimeter in the calculation of evaporation**. Q. J. R. Meteorol. Soc. , n.28, p.80-82.
- STIPLER, H.H. 1956. **Sprinkler irrigation in the Pacific North West**. Washington: U.S. Depart. of Agriculture. 256p.
- STÚLP, W. (Org.) 1992. **A agropecuária sulbrasileira no contexto do MERCOSUL**. Porto Alegre: IEPE/UFGRS. 255f.

- TEIXEIRA, T.D. et al. 1970. Análise e derivação dos instrumentos básico da análise econômica, partindo-se da superfície quadrática. *Experientiae*, v.10, n.8, p.209-274.
- THOMPSON, G.T.; SPIESS, L.B.; KRIDER, J.W. 1980. Farm resources system selection. In: THOMPSON, G.T. (ed). **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE. p.45-73.
- TSUNECHIRO, A.; DUARTE, A.P; OKAWA, H. 1995. Custo operacional do cultivo do milho, por região e época, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.25, n.2, fev. p.53-60.
- VALENTE, L.A. 1989. Uma alternativa da extensão rural - milho irrigado. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 34., Porto Alegre, 1989. **Ata...** Porto Alegre, IPAGRO/EMATER. P.95-100.
- VERNETTI Jr., F. de J.; VASCONCELOS, E.B.; PARFITT, J.M.B.; PORTO, M.P. 1989. Irrigação e drenagem em solos hidromórficos, com uso de camalhões, para a cultura do milho. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 34., Porto Alegre, 1989. **Ata...** Porto Alegre: IPAGRO/EMATER. p.101-114.
- VERNETTI Jr, F. de J.; GASTAL, M.F.da C. 1979. **Descrição botânica da soja**. Pelotas: EMBRAPA/UFPEL. 15p. (Circular Técnica, 7).
- VIEIRA, V.P.P.B. 1978. **Risk assessment in the evaluation of water resources project**. Fort Collins: Colorado State University. PhD. Thesis.
- ZANETTE, N. 1982. Irrigação em soja e milho. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.35, n.3, p.51-55.
- ZOCOLER, J. 1994. **Custo da irrigação por aspersão convencional em função da pressão de operação, diâmetro dos bocais e espaçamento entre aspersores**. Piracicaba: ESALQ/USP. Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Dissertação (Mestr. Irrigação e Drenagem).
- WAGNER, H.M. 1975. **Principles of operation research**. 2 ed. New York: Prentice-Hall.
- WINTER, E.G. 1974. **Water, soil, and the plant**. London: McMillan. 308p.

TABELA A.1 - Valores do armazenamento da água (umidade volumétrica, %), no solo da Unidade de Mapeamento Santo Ângelo e Passo Fundo -RS.

Tensão (- kPa)	Umidade volumétrica (%)	
	Solo Santo Ângelo	Solo Passo Fundo
10	50,1	43,1
30	46,3	38,7
100	42,6	34,7
300	42,0	34,6
1500	41,8	34,3

Fonte: BELTRAME et al. (1979).

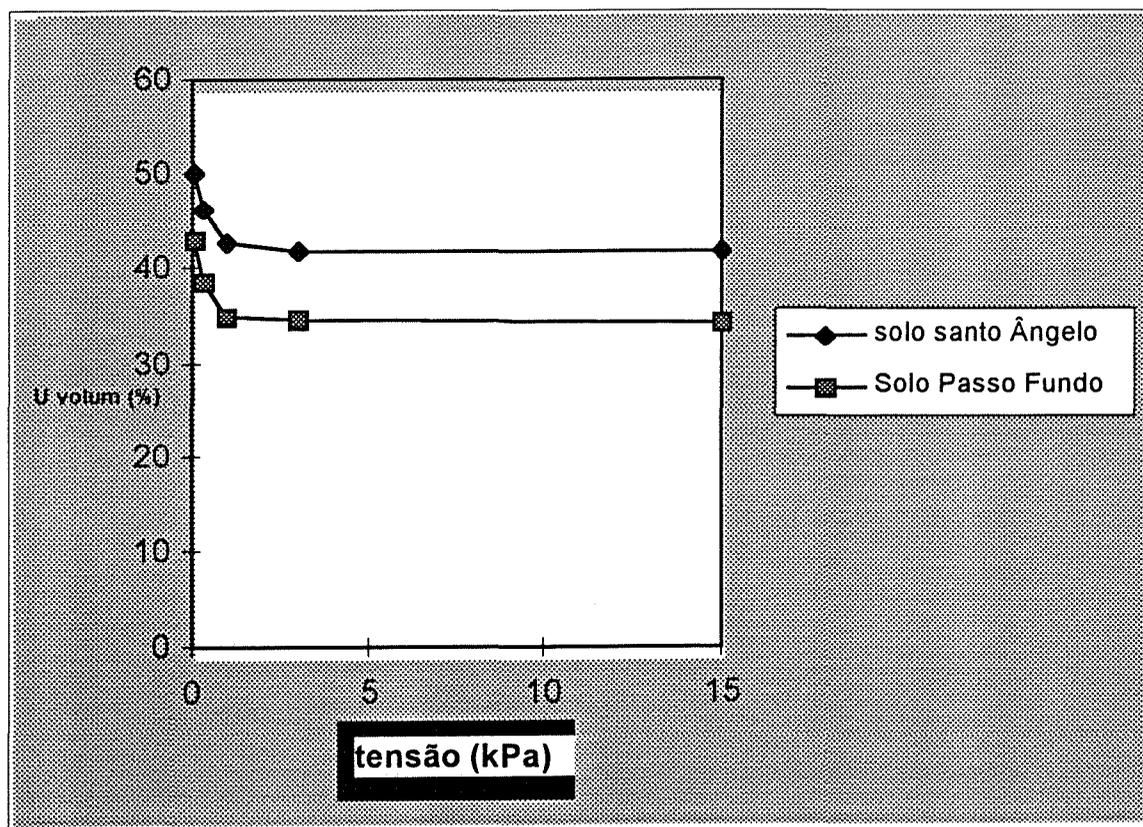


FIGURA A.1 - Curva de retenção da água nos solos da Unidade de Mapeamento Santo Ângelo e Passo Fundo - RS (adaptado de BELTRAME et al. (1979)).

Tabela A.2 - Área plantada, produção e produtividade da cultura do milho nos anos agrícolas de 1981 a 1990 (Adaptado do Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul, 1990).

Ano	Santo Ângelo			Passo Fundo			Rio Grande do Sul		
	Área	Produção	t.ha ⁻¹	Área	Produção (t)	t.ha ⁻¹	Área (ha)	Produção (t)	t.ha ⁻¹
81	6500	16250	2.5	10800	22680	2.1	1818696	3808793	2.1
82	12000	18360	1.5	12000	17600	1.5	1851740	3147246	1.7
83	6200	15500	2.5	13300	29260	2.2	1778993	3174771	1.8
84	7100	17750	2.5	17100	34200	2.0	1883324	3567360	1.9
85	5000	10600	2.1	15000	27930	1.9	1744881	3558591	2.0
86	1500	2700	1.8	15000	20010	1.3	1937700	1525461	0.8
87	4000	10000	2.5	17000	34000	2.0	1995387	3873498	1.9
88	1000	1200	1.2	14000	23800	1.7	1619568	2538528	1.6
89	2840	10224	3.6	7400	19240	2.6	1572287	3583753	2.3

Tabela 9.3 - Área plantada, produção e produtividade da cultura da soja nos anos agrícolas de 1981 a 1989 (Adaptado do Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul, 1990)

Ano	Santo Ângelo			Passo Fundo			Rio Grande do Sul		
	Área	Produção	t.ha ⁻¹	Área	Produção (t)	t.ha ⁻¹	Área (ha)	Produção (t)	t.ha ⁻¹
81	152500	247050	1.6	98500	177300	1.8	3816460	6088344	1.6
82	130000	164450	1.3	99100	109604	1.1	3539585	4220579	1.2
83	83300	142193	1.7	103700	176394	1.7	3402835	5268869	1.5
84	90000	145800	1.6	122000	192760	1.6	3641813	5415494	1.5
85	90000	160200	1.8	98000	155820	1.6	3637173	5711929	1.6
86	65000	65000	1.0	98000	98000	1.0	3243018	3269024	1.0
87	90000	162000	1.8	96000	144000	1.5	4995218	3157413	0.6
88	90000	97200	1.1	99500	119400	1.2	3438359	3438359	1.0
89	88600	159480	1.8	87500	175000	2.0	3669457	6296331	1.7

TABELA A.4 - Relatório de saída do balanço hídrico

CALCULO DO BALANCO HIDRICO

PG: 02

SOLO : Passo Fundo

CULTURA : Milho

PLANTIO : 15/10/81

DATA	ETM	LAMINA DE IRRIGACAO H MM					
		0.1136	0.2000	0.5000	0.6295	0.9545	0.9597
05/12/81	4.77	10.03	-----	-----	-----	-----	-----
06/12/81	2.57	-----	-----	-----	-----	-----	-----
07/12/81	3.16	-----	-----	-----	-----	-----	-----
08/12/81	3.49	8.31	-----	-----	-----	-----	-----
09/12/81	3.51	-----	12.69	-----	-----	-----	-----
10/12/81	3.78	9.11	-----	-----	-----	-----	-----
11/12/81	3.53	-----	-----	-----	-----	-----	-----
12/12/81	4.08	9.52	14.24	-----	-----	-----	-----
13/12/81	3.93	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14/12/81	3.83	9.70	-----	37.17	-----	-----	-----
15/12/81	2.78	-----	-----	-----	-----	-----	-----
16/12/81	3.58	-----	-----	-----	-----	-----	-----
17/12/81	4.21	-----	-----	-----	-----	-----	-----
18/12/81	3.73	9.92	17.83	-----	45.30	-----	-----
19/12/81	2.82	-----	-----	-----	-----	-----	-----
20/12/81	3.08	-----	-----	-----	-----	-----	-----
21/12/81	2.09	-----	-----	-----	-----	-----	-----
22/12/81	1.86	-----	-----	-----	-----	-----	-----
23/12/81	2.64	-----	-----	-----	-----	-----	-----
24/12/81	3.60	-----	-----	-----	-----	-----	-----
25/12/81	3.12	8.82	-----	-----	-----	-----	-----
26/12/81	2.43	-----	-----	-----	-----	-----	-----
27/12/81	3.60	-----	-----	-----	-----	-----	-----
28/12/81	4.12	-----	-----	-----	-----	-----	-----
29/12/81	3.96	8.63	17.45	-----	-----	-----	-----
30/12/81	4.14	-----	-----	-----	-----	-----	-----
31/12/81	4.00	10.17	-----	-----	-----	-----	-----
01/01/82	2.34	-----	-----	-----	-----	-----	-----
02/01/82	3.17	-----	-----	-----	-----	-----	-----
03/01/82	4.04	9.02	-----	-----	-----	-----	-----
04/01/82	4.18	-----	17.59	35.04	-----	-----	-----
05/01/82	3.84	10.03	-----	-----	-----	-----	-----
06/01/82	3.35	-----	-----	-----	44.03	-----	-----
07/01/82	2.87	-----	-----	-----	-----	-----	-----
08/01/82	2.41	-----	-----	-----	-----	-----	-----
09/01/82	3.38	-----	-----	-----	-----	-----	-----
10/01/82	3.95	-----	-----	-----	-----	-----	-----
11/01/82	3.74	8.48	-----	-----	-----	-----	-----
12/01/82	3.64	-----	16.85	-----	-----	-----	-----
13/01/82	3.86	9.37	-----	-----	-----	-----	-----
14/01/82	3.74	-----	-----	-----	-----	-----	-----
15/01/82	4.10	9.80	14.62	-----	-----	66.51	66.51
16/01/82	4.38	-----	-----	36.95	-----	-----	-----
17/01/82	2.85	9.04	-----	-----	-----	-----	-----
18/01/82	4.17	-----	14.26	-----	41.91	-----	-----
19/01/82	4.23	10.50	-----	-----	-----	-----	-----
20/01/82	3.87	-----	-----	-----	-----	-----	-----
21/01/82	3.79	9.57	14.86	-----	-----	-----	-----
22/01/82	2.58	-----	-----	-----	-----	-----	-----
23/01/82	2.93	-----	-----	-----	-----	-----	-----
24/01/82	3.92	11.78	-----	35.42	-----	-----	-----

CALCULO DO BALANCO HIDRICO

PG: 01

SOLO : Passo Fundo

CULTURA : Milho

PLANTIO : 15/10/81

DATA	ETM	LAMINA DE IRRIGACAO H MM					
		0.1136	0.2000	0.5000	0.6295	0.9545	0.9597
15/10/81	0.00	----	----	----	----	----	----
16/10/81	1.12	1.40	----	----	----	----	----
17/10/81	1.39	1.73	3.14	----	----	----	----
18/10/81	1.27	1.59	----	----	----	----	----
19/10/81	1.16	1.45	3.04	6.18	----	----	----
20/10/81	0.90	----	----	----	----	----	----
21/10/81	1.29	1.61	----	----	----	----	----
22/10/81	1.37	1.71	3.32	----	----	----	----
23/10/81	1.45	1.81	----	----	----	----	----
24/10/81	1.63	2.03	3.84	----	----	----	----
25/10/81	1.26	----	----	8.74	----	----	----
26/10/81	1.36	3.03	----	----	----	----	----
27/10/81	0.90	----	----	----	----	----	----
28/10/81	1.22	----	----	----	----	----	----
29/10/81	1.78	----	----	----	----	----	----
30/10/81	1.79	4.47	4.47	----	----	----	----
31/10/81	1.85	----	----	----	----	----	----
01/11/81	1.99	4.81	4.81	----	----	----	----
02/11/81	1.75	----	----	----	----	----	----
03/11/81	1.31	----	----	----	----	----	----
04/11/81	2.61	----	----	----	----	----	----
05/11/81	1.70	----	----	----	----	----	----
06/11/81	1.32	----	----	----	----	----	----
07/11/81	1.31	----	----	----	----	----	----
08/11/81	1.38	----	----	----	----	----	----
09/11/81	1.27	----	----	----	----	----	----
10/11/81	1.69	5.43	----	----	----	----	----
11/11/81	2.18	----	8.15	----	----	----	----
12/11/81	2.14	5.41	----	----	----	----	----
13/11/81	1.69	----	----	----	----	----	----
14/11/81	1.89	----	----	----	----	----	----
15/11/81	1.49	----	----	----	----	----	----
16/11/81	1.80	----	----	----	----	----	----
17/11/81	2.10	----	----	----	----	----	----
18/11/81	1.59	----	----	----	----	----	----
19/11/81	1.70	4.61	----	----	----	----	----
20/11/81	1.83	----	----	----	----	----	----
21/11/81	2.23	5.07	10.31	----	----	----	----
22/11/81	2.43	----	----	----	----	----	----
23/11/81	2.08	5.63	----	----	----	----	----
24/11/81	1.64	----	----	----	----	----	----
25/11/81	2.48	----	10.78	----	----	----	----
26/11/81	2.67	8.50	----	----	----	----	----
27/11/81	2.57	----	----	27.65	----	----	----
28/11/81	2.02	----	----	----	----	----	----
29/11/81	2.11	----	----	----	----	----	----
30/11/81	1.67	----	----	----	----	----	----
01/12/81	2.09	----	----	----	----	----	----
02/12/81	2.82	----	----	----	----	----	----
03/12/81	3.61	8.03	----	----	----	----	----
04/12/81	3.26	----	12.11	----	----	----	----

TABELA A.5 - Valores críticos para plotagem Q-Q no teste de correlação da Normalidade

Número de observações	Níveis de significância		
	0,01	0,05	0,10
10	0.880	0.918	0.935
15	0.911	0.938	0.951
20	0.929	0.950	0.960
25	0.941	0.958	0.966
30	0.949	0.964	0.971
40	0.960	0.972	0.977
50	0.966	0.976	0.981
60	0.971	0.980	0.984
75	0.976	0.984	0.987
100	0.981	0.986	0.989
150	0.987	0.991	0.992
200	0.990	0.993	0.994

Tabela A.6- Valores do coeficiente de Filleben, calculado, para o teste correlação da normalidade, através da plotagem Q-Q, na lâmina de irrigação suplementar, para a cultura da MILHO.

Local	Época de Semeadura	ETm	Níveis de extração da capacidade de água disponível				
			0.1235	0.1877	0.4691	0.5996	0.9259
Missões	01/09	0.89	0.9567	0.9622	0.9371	0.9559	0.8722
	15/09	0.8789	0.9717	0.9599	0.9485	0.8775	0.7689
	01/10	0.8743	0.9318	0.9050	0.9359	0.9445	0.9257
	15/10	0.9459	0.9821	0.9513	0.9477	0.9553	0.8819
	01/11	0.9118	0.9484	0.9219	0.9367	0.8849	0.9008
	15/11	0.9515	0.9111	0.9569	0.9818	0.9875	0.9230
	01/12	0.9181	0.8937	0.9198	0.9254	0.9674	0.9887
	15/12	0.8904	0.9301	0.9691	0.9512	0.9242	0.9370
Local	Época de Semeadura	ETm	Níveis de extração da capacidade de água disponível				
Planalto Médio			0.1136	0.2000	0.5000	0.6295	0.9545
	01/09	0.9000	0.9313	0.9321	0.8898	0.8647	0.9033
	15/09	0.8140	0.9313	0.8384	0.9561	0.8354	0.8329
	01/10	0.8985	0.9298	0.9438	0.8698	0.9409	0.8636
	15/10	0.9052	0.9146	0.9266	0.9729	0.9362	0.8773
	01/11	0.9288	0.8530	0.9354	0.8971	0.9440	0.9402
	15/11	0.9614	0.9812	0.9900	0.9802	0.9689	0.9669
	01/12	0.9299	0.9898	0.9825	0.9891	0.9813	0.9341
15/12	0.9133	0.9680	0.9933	0.9807	0.9905	0.9807	

Tabela A.7 - Valores do coeficiente de Filleben, calculado, para o teste correlação da normalidade, através da plotagem Q-Q, na lâmina de irrigação suplementar, para a cultura da soja

Local	Época de Semeadura	ETm	Níveis de extração da capacidade de água disponível				
			0.1235	0.2345	0.5012	0.6321	0.7827
Missões	15/10	0.9414	0.9805	0.9804	0.9750	0.9151	0.9767
	01/11	0.9325	0.9609	0.9400	0.9749	0.9452	0.9197
	15/11	0.9475	0.9272	0.9021	0.9327	0.9615	0.9410
	01/12	0.9082	0.9503	0.9517	0.9308	0.9374	0.9627
	15/12	0.8727	0.9727	0.9772	0.9202	0.9856	0.9659
Local	Época de Semeadura	ETm	Níveis de extração da capacidade de água disponível				
			0.1136	0.2500	0.5681	0.8409	0.8983
Planalto Médio	15/10	0.9150	0.8805	0.9240	0.9209	0.9768	0.9567
	01/11	0.9681	0.8827	0.9379	0.9432	0.9289	0.9371
	15/11	0.9841	0.9714	0.9748	0.9610	0.9876	0.9870
	01/12	0.9561	0.9885	0.9905	0.9767	0.9798	0.9921
	15/12	0.9618	0.9716	0.9769	0.9643	0.9670	0.9631

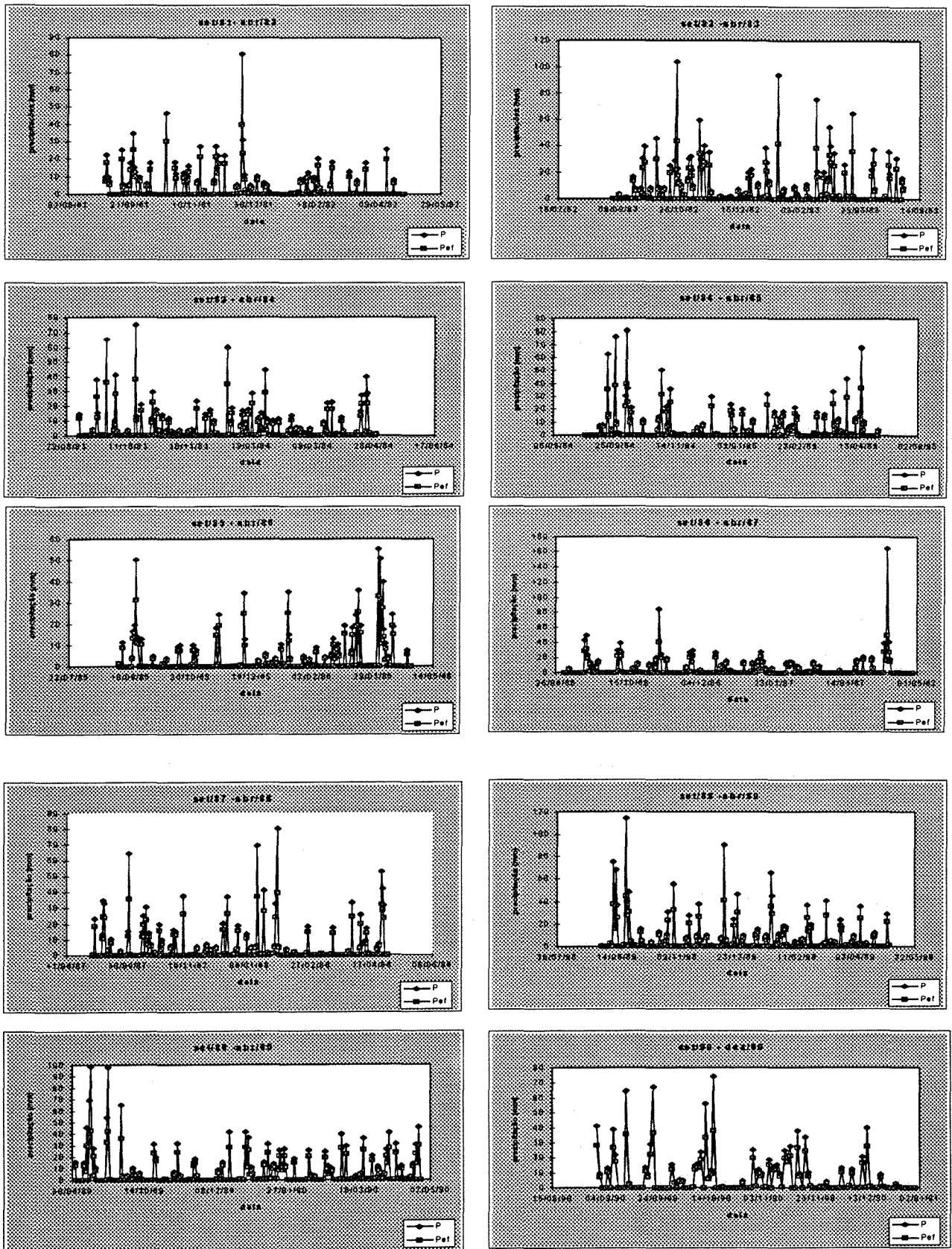


FIGURA A.2 - Precipitação bruta e efetiva (mm), na série (1981-90), em Passo Fundo - RS

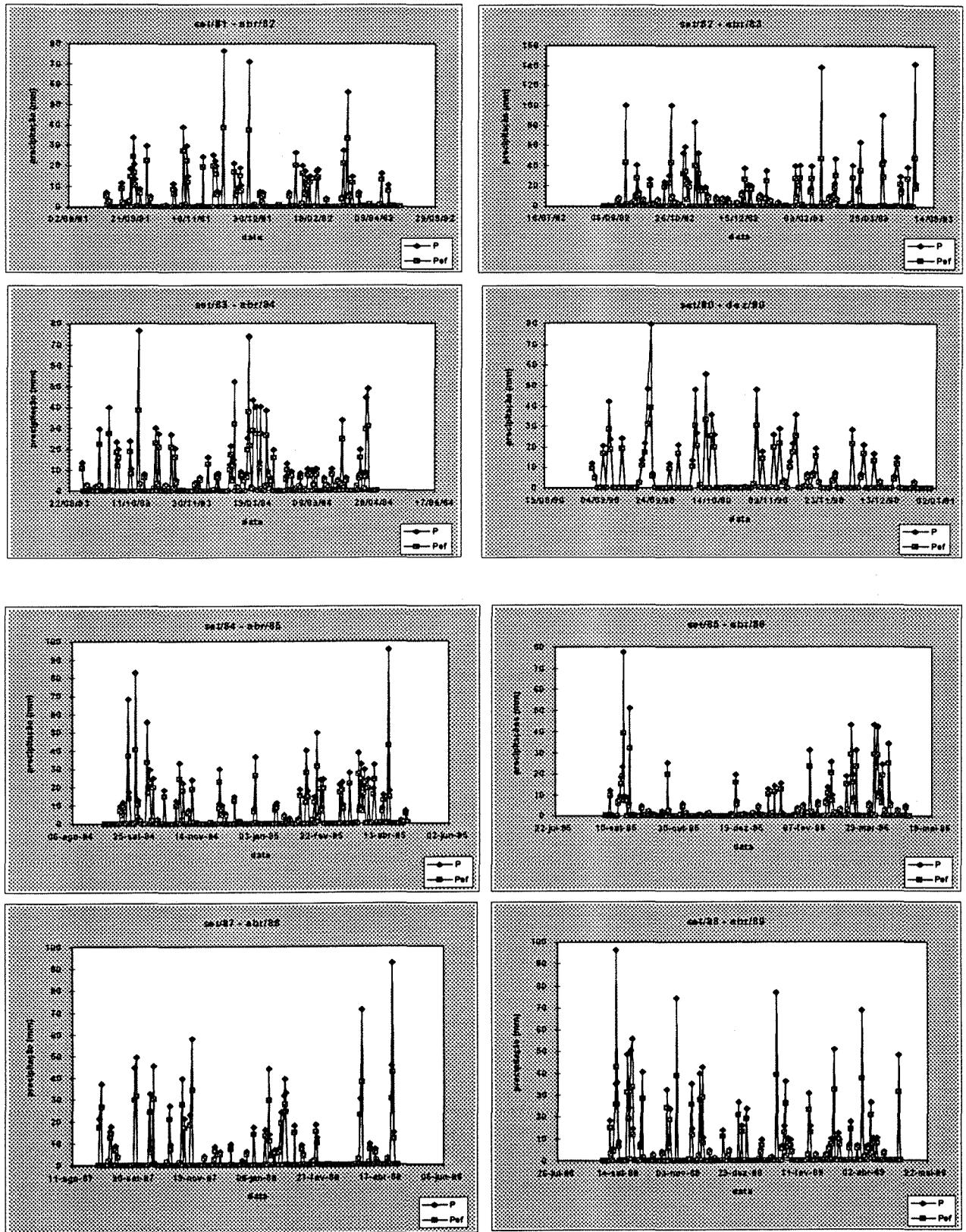


FIGURA A.3 - Precipitação bruta (mm) e efetiva (mm), para a série histórica (1981-90), em Cruz Alta - RS.

TABELA A.9 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 5%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	32.89	72.53	6.36	1295.54	65.21	212.08	935.27	181.73
	p2	1005.3	31.99	65.27	6.19	1260.16	63.71	206.29	919.66	85.64
	p3	893.6	28.37	58.02	5.49	1117.55	57.7	182.94	878.73	14.87
	p4	781.9	26.43	50.77	5.11	1041.32	54.49	170.46	853.48	-71.58
	p5	670.2	18.51	43.52	3.58	729.1	41.33	119.35	772.5	-102.3
15/set	p1	1117	35.35	72.53	6.84	1392.56	69.3	227.96	958.18	158.82
	p2	1005.3	34.78	65.27	6.73	1369.94	68.34	224.26	945.59	59.71
	p3	893.6	31.64	58.02	6.12	1246.3	63.13	204.02	909.14	-15.54
	p4	781.9	30.58	50.77	5.92	1204.72	61.38	197.21	892.07	-110.17
	p5	670.2	27.19	43.52	5.26	1071.22	55.75	175.36	853.29	-183.09
01/out	p1	1117	37.07	72.53	7.17	1460.4	72.15	239.07	974.2	142.8
	p2	1005.3	35.92	65.27	6.95	1415.17	70.25	231.66	956.27	49.03
	p3	893.6	32.27	58.02	6.24	1271.1	64.18	208.08	914.99	-21.39
	p4	781.9	31.86	50.77	6.16	1255.05	63.5	205.45	903.95	-122.05
	p5	670.2	27.62	43.52	5.34	1088	56.46	178.11	857.25	-187.05
15/out	p1	1117	38.4	72.53	7.43	1512.55	74.35	247.61	986.52	130.48
	p2	1005.3	36.69	65.27	7.1	1445.44	71.52	236.62	963.42	41.88
	p3	893.6	31.2	58.02	6.04	1229.15	62.41	201.21	905.09	-11.49
	p4	781.9	32.17	50.77	6.22	1267.45	64.02	207.48	906.88	-124.98
	p5	670.2	27.94	43.52	5.41	1100.77	57	180.2	860.27	-190.07
01/nov	p1	1117	31.39	72.53	6.07	1236.45	62.72	202.41	921.32	195.68
	p2	1005.3	34.17	65.27	6.61	1346.23	67.34	220.38	939.99	65.31
	p3	893.6	30.86	58.02	5.97	1215.66	61.84	199	901.9	-8.3
	p4	781.9	28.57	50.77	5.53	1125.57	58.04	184.26	873.38	-91.48
	p5	670.2	26.92	43.52	5.21	1060.28	55.29	173.57	850.71	-180.51
15/nov	p1	1117	34.84	72.53	6.74	1372.49	68.45	224.68	953.44	163.56
	p2	1005.3	32.16	65.27	6.22	1266.72	63.99	207.36	921.21	84.09
	p3	893.6	28.33	58.02	5.48	1116.09	57.64	182.7	878.39	15.21
	p4	781.9	25.43	50.77	4.92	1001.92	52.83	164.02	844.18	-62.28
	p5	670.2	24.94	43.52	4.83	982.59	52.02	160.85	832.36	-162.16
01/dez	p1	1117	31.07	72.53	6.01	1224.05	62.19	200.38	918.39	198.61
	p2	1005.3	29.14	65.27	5.64	1147.82	58.98	187.9	893.14	112.16
	p3	893.6	23.63	58.02	4.57	930.8	49.83	152.37	834.63	58.97
	p4	781.9	22.78	50.77	4.41	897.25	48.42	146.88	819.46	-37.56
	p5	670.2	18.75	43.52	3.63	738.59	41.73	120.91	774.74	-104.54
15/dez	p1	1117	27.73	72.53	5.36	1092.38	56.64	178.82	887.3	229.7
	p2	1005.3	25.3	65.27	4.9	996.82	52.62	163.18	857.48	147.82
	p3	893.6	20.86	58.02	4.04	821.75	45.24	134.52	808.88	84.72
	p4	781.9	19.73	50.77	3.82	777.25	43.36	127.24	791.12	-9.22
	p5	670.2	17.87	43.52	3.46	703.94	40.27	115.23	766.56	-96.36

TABELA A.10 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 10%.

Época de semeadura	Nível manejo	R bruta US\$/ha	CMO US\$/ha	C Com. US\$/ha	CCRM US\$/ha	Eb kWh/ha	C Energ US\$/ha	CAE US\$/ha	C. Total US\$/ha	R. LIQ. US\$/ha
01/set	p1	1117	31.22	72.53	6.04	1229.9	62.44	201.33	920.07	196.93
	p2	1005.3	30.18	65.27	5.84	1189	60.72	194.65	903.17	102.13
	p3	893.6	26.07	58.02	5.04	1027.1	53.89	168.14	857.67	35.93
	p4	781.9	24.06	50.77	4.66	947.94	50.56	155.18	831.73	-49.83
	p5	670.2	16.76	43.52	3.24	660.17	38.43	108.07	756.52	-86.32
15/set	p1	1117	33.72	72.53	6.52	1328.4	66.59	217.45	943.32	173.68
	p2	1005.3	32.89	65.27	6.36	1295.5	65.21	212.08	928.32	76.98
	p3	893.6	29.1	58.02	5.63	1146.4	58.92	187.66	885.84	7.76
	p4	781.9	28.1	50.77	5.44	1107	57.26	181.21	869.28	-87.38
	p5	670.2	24.61	43.52	4.76	969.46	51.46	158.7	829.56	-159.36
01/out	p1	1117	35.27	72.53	6.82	1389.3	69.16	227.42	957.71	159.29
	p2	1005.3	34.17	65.27	6.61	1345.9	67.33	220.32	940.2	65.1
	p3	893.6	30.15	58.02	5.83	1187.6	60.66	194.41	895.57	-1.97
	p4	781.9	29.8	50.77	5.76	1173.7	60.07	192.14	885.05	-103.15
	p5	670.2	25.59	43.52	4.95	1008.1	53.09	165.03	838.69	-168.49
15/out	p1	1117	36.54	72.53	7.07	1439.2	71.26	235.6	969.51	147.49
	p2	1005.3	34.76	65.27	6.72	1369.2	68.31	224.14	945.72	59.58
	p3	893.6	29.36	58.02	5.68	1156.6	59.35	189.33	888.25	5.35
	p4	781.9	29.8	50.77	5.77	1174.1	60.09	192.2	885.13	-103.23
	p5	670.2	25.93	43.52	5.02	1021.6	53.66	167.24	841.88	-171.68
01/nov	p1	1117	30.77	72.53	5.95	1212	61.69	198.41	915.85	201.15
	p2	1005.3	32.55	65.27	6.3	1282.4	64.65	209.93	925.22	80.08
	p3	893.6	28.92	58.02	5.6	1139.4	58.63	186.52	884.2	9.4
	p4	781.9	26.66	50.77	5.16	1050.1	54.86	171.9	855.85	-73.95
	p5	670.2	24.43	43.52	4.73	962.53	51.17	157.57	827.92	-157.72
15/nov	p1	1117	33.26	72.53	6.43	1310.1	65.82	214.47	939.02	177.98
	p2	1005.3	30.73	65.27	5.95	1210.6	61.62	198.17	908.25	97.05
	p3	893.6	26.8	58.02	5.19	1055.9	55.11	172.85	864.48	29.12
	p4	781.9	23.93	50.77	4.63	942.84	50.34	154.34	830.52	-48.62
	p5	670.2	23.12	43.52	4.47	910.74	48.99	149.09	815.69	-145.49
01/dez	p1	1117	29.86	72.53	5.78	1176.3	60.18	192.56	907.41	209.59
	p2	1005.3	27.97	65.27	5.41	1101.9	57.04	180.38	882.58	122.72
	p3	893.6	22.42	58.02	4.34	883.02	47.82	144.55	823.65	69.95
	p4	781.9	21.52	50.77	4.16	847.64	46.33	138.76	808.04	-26.14
	p5	670.2	17.7	43.52	3.42	697.37	39.99	114.16	765.31	-95.11
15/dez	p1	1117	26.56	72.53	5.14	1046.4	54.71	171.3	876.74	240.26
	p2	1005.3	24.28	65.27	4.7	956.33	50.91	156.55	848.22	157.08
	p3	893.6	19.55	58.02	3.78	770.32	43.07	126.1	797.04	96.56
	p4	781.9	18.43	50.77	3.56	725.82	41.19	118.82	779.28	2.62
	p5	670.2	16.34	43.52	3.16	643.76	37.73	105.38	752.64	-82.44

TABELA A.11 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 15%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	30.1	72.53	5.82	1185.75	60.58	194.11	909.35	207.65
	p2	1005.3	28.97	65.27	5.6	1141.25	58.7	186.82	891.58	113.72
	p3	893.6	24.53	58.02	4.74	966.18	51.32	158.16	842.99	50.61
	p4	781.9	22.46	50.77	4.35	884.85	47.9	144.85	816.53	-34.63
	p5	670.2	15.58	43.52	3.01	613.85	36.47	100.49	745.28	-75.08
15/set	p1	1117	32.62	72.53	6.31	1284.96	64.76	210.35	932.77	184.23
	p2	1005.3	31.62	65.27	6.12	1245.57	63.1	203.9	916.22	89.08
	p3	893.6	27.39	58.02	5.3	1078.88	56.07	176.61	869.6	24
	p4	781.9	26.43	50.77	5.11	1041.32	54.49	170.46	853.48	-71.58
	p5	670.2	22.87	43.52	4.42	900.89	48.57	147.48	813.07	-142.9
01/out	p1	1117	34.05	72.53	6.59	1341.49	67.14	219.6	946.12	170.88
	p2	1005.3	32.98	65.27	6.38	1299.18	65.36	212.68	928.88	76.42
	p3	893.6	28.72	58.02	5.56	1131.41	58.29	185.21	882.01	11.59
	p4	781.9	28.4	50.77	5.49	1118.64	57.75	183.12	871.74	-89.84
	p5	670.2	24.23	43.52	4.69	954.51	50.83	156.25	825.73	-155.5
15/out	p1	1117	35.28	72.53	6.82	1389.64	69.17	227.48	957.49	159.51
	p2	1005.3	33.45	65.27	6.47	1317.78	66.14	215.72	933.27	72.03
	p3	893.6	28.12	58.02	5.44	1107.7	57.29	181.33	876.41	17.19
	p4	781.9	28.21	50.77	5.46	1111.35	57.44	181.93	870.02	-88.12
	p5	670.2	24.57	43.52	4.75	968	51.4	158.46	828.92	-158.7
01/nov	p1	1117	30.35	72.53	5.87	1195.6	60.99	195.72	911.67	205.33
	p2	1005.3	31.47	65.27	6.09	1239.73	62.85	202.94	914.84	90.46
	p3	893.6	27.62	58.02	5.34	1088	56.46	178.11	871.76	21.84
	p4	781.9	25.37	50.77	4.91	999.37	52.72	163.6	843.57	-61.67
	p5	670.2	22.77	43.52	4.4	896.88	48.4	146.82	812.12	-141.9
15/nov	p1	1117	32.18	72.53	6.23	1267.82	64.04	207.54	928.72	188.28
	p2	1005.3	29.77	65.27	5.76	1172.62	60.03	191.96	898.99	106.31
	p3	893.6	25.78	58.02	4.99	1015.42	53.4	166.22	854.62	38.98
	p4	781.9	22.92	50.77	4.43	902.72	48.65	147.78	820.75	-38.85
	p5	670.2	21.89	43.52	4.23	862.23	46.94	141.15	803.94	-133.7
01/dez	p1	1117	29.05	72.53	5.62	1144.17	58.83	187.3	899.53	217.47
	p2	1005.3	27.19	65.27	5.26	1071.22	55.75	175.36	875.05	130.25
	p3	893.6	21.6	58.02	4.18	850.92	46.47	139.3	815.77	77.83
	p4	781.9	20.67	50.77	4	814.09	44.91	133.27	799.82	-17.92
	p5	670.2	17	43.52	3.29	669.65	38.83	109.62	758.46	-88.26
15/dez	p1	1117	25.79	72.53	4.99	1015.78	53.41	166.28	869.21	247.79
	p2	1005.3	23.58	65.27	4.56	928.98	49.76	152.07	841.46	163.84
	p3	893.6	18.68	58.02	3.61	735.67	41.61	120.43	788.55	105.05
	p4	781.9	17.55	50.77	3.39	691.17	39.73	113.14	770.79	11.11
	p5	670.2	15.31	43.52	2.96	603.27	36.03	98.76	742.78	-72.58

TABELA A.12 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 25%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	28.44	72.53	5.5	1120.46	57.83	183.42	893.93	223.07
	p2	1005.3	27.17	65.27	5.26	1070.13	55.71	175.18	874.79	130.51
	p3	893.6	22.24	58.02	4.3	876.09	47.53	143.42	821.72	71.88
	p4	781.9	20.09	50.77	3.89	791.47	43.96	129.56	794.48	-12.58
	p5	670.2	13.84	43.52	2.68	545.28	33.58	89.26	729.09	-58.89
15/set	p1	1117	30.99	72.53	6	1220.77	62.05	199.84	917.61	199.39
	p2	1005.3	29.73	65.27	5.75	1171.16	59.96	191.72	898.65	106.65
	p3	893.6	24.87	58.02	4.81	979.68	51.89	160.37	846.18	47.42
	p4	781.9	23.96	50.77	4.64	943.93	50.39	154.52	830.48	-48.58
	p5	670.2	20.3	43.52	3.93	799.5	44.3	130.88	789.12	-118.9
01/out	p1	1117	32.25	72.53	6.24	1270.37	64.15	207.96	929.33	187.67
	p2	1005.3	31.23	65.27	6.04	1230.25	62.45	201.39	912.6	92.7
	p3	893.6	26.61	58.02	5.15	1048.25	54.78	171.6	862.37	31.23
	p4	781.9	26.34	50.77	5.1	1037.67	54.34	169.87	852.62	-70.72
	p5	670.2	22.21	43.52	4.3	875	47.48	143.24	806.95	-136.8
15/out	p1	1117	33.42	72.53	6.47	1316.69	66.1	215.54	940.27	176.73
	p2	1005.3	31.52	65.27	6.1	1241.56	62.93	203.24	915.27	90.03
	p3	893.6	26.29	58.02	5.09	1035.48	54.24	169.51	859.35	34.25
	p4	781.9	25.85	50.77	5	1018.34	53.52	166.7	848.05	-66.15
	p5	670.2	22.56	43.52	4.37	888.86	48.06	145.51	810.22	-140
01/nov	p1	1117	29.73	72.53	5.75	1171.16	59.96	191.72	905.9	211.1
	p2	1005.3	29.85	65.27	5.77	1175.9	60.16	192.5	899.77	105.53
	p3	893.6	25.68	58.02	4.97	1011.77	53.25	165.63	853.76	39.84
	p4	781.9	23.46	50.77	4.54	924.24	49.56	151.3	825.83	-43.93
	p5	670.2	20.3	43.52	3.93	799.5	44.3	130.88	789.12	-118.9
15/nov	p1	1117	30.6	72.53	5.92	1205.45	61.41	197.33	914	203
	p2	1005.3	28.35	65.27	5.48	1116.82	57.67	182.82	885.81	119.49
	p3	893.6	24.25	58.02	4.69	955.24	50.86	156.37	840.41	53.19
	p4	781.9	21.43	50.77	4.14	843.99	46.17	138.16	806.88	-24.98
	p5	670.2	20.07	43.52	3.88	790.74	43.93	129.44	787.06	-116.9
01/dez	p1	1117	27.84	72.53	5.39	1096.76	56.83	179.54	888.33	228.67
	p2	1005.3	26.03	65.27	5.04	1025.27	53.81	167.84	864.2	141.1
	p3	893.6	20.4	58.02	3.95	803.51	44.47	131.53	804.58	89.02
	p4	781.9	19.41	50.77	3.75	764.48	42.82	125.15	788.11	-6.21
	p5	670.2	15.96	43.52	3.09	628.8	37.1	102.94	748.81	-78.61
15/dez	p1	1117	24.62	72.53	4.76	969.83	51.48	158.76	858.36	258.64
	p2	1005.3	22.55	65.27	4.36	888.49	48.05	145.45	831.9	173.4
	p3	893.6	17.38	58.02	3.36	684.61	39.46	112.07	776.5	117.1
	p4	781.9	16.25	50.77	3.14	640.11	37.58	104.79	758.74	23.16
	p5	670.2	13.79	43.52	2.67	543.09	33.49	88.9	728.57	-58.37

TABELA A.13 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 30%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	27.76	72.53	5.37	1093.47	56.69	179	887.55	229.45
	p2	1005.3	26.42	65.27	5.11	1040.95	54.48	170.4	867.9	137.4
	p3	893.6	21.29	58.02	4.12	838.52	45.94	137.27	812.84	80.76
	p4	781.9	19.12	50.77	3.7	753.18	42.35	123.3	785.44	-3.54
	p5	670.2	13.12	43.52	2.54	516.83	32.38	84.6	722.37	-52.17
15/set	p1	1117	30.31	72.53	5.86	1194.14	60.93	195.48	911.33	205.67
	p2	1005.3	28.95	65.27	5.6	1140.52	58.67	186.7	891.41	113.89
	p3	893.6	23.82	58.02	4.61	938.46	50.16	153.63	836.44	57.16
	p4	781.9	22.94	50.77	4.44	903.81	48.69	147.95	821.01	-39.11
	p5	670.2	19.23	43.52	3.72	757.55	42.53	124.01	779.22	-109
01/out	p1	1117	31.51	72.53	6.1	1241.19	62.92	203.18	922.44	194.56
	p2	1005.3	30.51	65.27	5.9	1201.8	61.26	196.73	905.88	99.42
	p3	893.6	25.73	58.02	4.98	1013.6	53.32	165.93	854.19	39.41
	p4	781.9	25.49	50.77	4.93	1004.11	52.92	164.37	844.69	-62.79
	p5	670.2	21.38	43.52	4.14	842.17	46.1	137.86	799.2	-129
15/out	p1	1117	32.66	72.53	6.32	1286.42	64.82	210.59	933.12	183.88
	p2	1005.3	30.72	65.27	5.94	1210.19	61.61	198.11	907.86	97.44
	p3	893.6	25.53	58.02	4.94	1005.57	52.98	164.61	852.29	41.31
	p4	781.9	24.87	50.77	4.81	979.68	51.89	160.37	838.92	-57.02
	p5	670.2	21.73	43.52	4.2	856.03	46.68	140.13	802.47	-132.3
01/nov	p1	1117	29.47	72.53	5.7	1160.95	59.53	190.05	903.49	213.51
	p2	1005.3	29.18	65.27	5.65	1149.64	59.06	188.2	893.57	111.73
	p3	893.6	24.89	58.02	4.81	980.41	51.92	160.49	846.35	47.25
	p4	781.9	22.67	50.77	4.38	892.87	48.23	146.16	818.42	-36.52
	p5	670.2	19.28	43.52	3.73	759.38	42.61	124.31	779.65	-109.5
15/nov	p1	1117	29.95	72.53	5.79	1179.92	60.33	193.15	907.97	209.03
	p2	1005.3	27.76	65.27	5.37	1093.47	56.69	179	880.3	125
	p3	893.6	23.62	58.02	4.57	930.44	49.82	152.31	834.55	59.05
	p4	781.9	20.8	50.77	4.02	819.56	45.14	134.16	801.11	-19.21
	p5	670.2	19.31	43.52	3.74	760.84	42.67	124.55	779.99	-109.8
01/dez	p1	1117	27.34	72.53	5.29	1077.06	56	176.32	883.68	233.32
	p2	1005.3	25.55	65.27	4.94	1006.3	53.01	164.73	859.72	145.58
	p3	893.6	19.9	58.02	3.85	783.81	43.64	128.31	799.92	93.68
	p4	781.9	18.89	50.77	3.65	744.06	41.96	121.8	783.28	-1.38
	p5	670.2	15.54	43.52	3.01	612.02	36.4	100.19	744.85	-74.65
15/dez	p1	1117	24.14	72.53	4.67	950.86	50.68	155.66	853.88	263.12
	p2	1005.3	22.13	65.27	4.28	871.71	47.34	142.7	827.93	177.37
	p3	893.6	16.84	58.02	3.26	663.45	38.56	108.61	771.5	122.1
	p4	781.9	15.71	50.77	3.04	618.95	36.69	101.32	753.74	28.16
	p5	670.2	13.16	43.52	2.55	518.29	32.44	84.84	722.72	-52.52

TABELA A.14 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 35%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	27.12	72.53	5.25	1068.31	55.63	174.88	881.61	235.39
	p2	1005.3	25.74	65.27	4.98	1013.96	53.34	165.99	861.53	143.77
	p3	893.6	20.41	58.02	3.95	803.87	44.48	131.59	804.66	88.94
	p4	781.9	18.21	50.77	3.52	717.43	40.84	117.44	777	4.9
	p5	670.2	12.44	43.52	2.41	490.2	31.26	80.25	716.08	-45.88
15/set	p1	1117	29.68	72.53	5.74	1169.34	59.89	191.42	905.47	211.53
	p2	1005.3	28.23	65.27	5.46	1112.07	57.47	182.05	884.69	120.61
	p3	893.6	22.85	58.02	4.42	900.16	48.54	147.36	827.4	66.2
	p4	781.9	22	50.77	4.26	866.61	47.13	141.86	812.22	-30.32
	p5	670.2	18.24	43.52	3.53	718.53	40.89	117.62	770	-99.8
01/out	p1	1117	30.82	72.53	5.96	1214.2	61.78	198.76	916.06	200.94
	p2	1005.3	29.83	65.27	5.77	1175.17	60.13	192.38	899.59	105.71
	p3	893.6	24.92	58.02	4.82	981.86	51.98	160.73	846.69	46.91
	p4	781.9	24.7	50.77	4.78	973.11	51.62	159.3	837.37	-55.47
	p5	670.2	20.61	43.52	3.99	811.9	44.82	132.91	792.05	-121.9
15/out	p1	1117	31.94	72.53	6.18	1258.33	63.64	205.99	926.49	190.51
	p2	1005.3	29.98	65.27	5.8	1181.01	60.38	193.33	900.97	104.33
	p3	893.6	24.82	58.02	4.8	977.85	51.82	160.07	845.75	47.85
	p4	781.9	23.96	50.77	4.64	943.93	50.39	154.52	830.48	-48.58
	p5	670.2	20.96	43.52	4.06	825.76	45.4	135.18	795.32	-125.1
01/nov	p1	1117	29.24	72.53	5.66	1151.83	59.15	188.55	901.34	215.66
	p2	1005.3	28.56	65.27	5.53	1125.2	58.03	184.2	887.8	117.5
	p3	893.6	24.15	58.02	4.67	951.23	50.69	155.72	839.46	54.14
	p4	781.9	21.93	50.77	4.24	864.06	47.02	141.45	811.62	-29.72
	p5	670.2	18.33	43.52	3.55	722.17	41.04	118.22	770.86	-100.7
15/nov	p1	1117	29.34	72.53	5.68	1155.84	59.32	189.21	902.28	214.72
	p2	1005.3	27.21	65.27	5.26	1071.95	55.78	175.48	875.22	130.08
	p3	893.6	23.04	58.02	4.46	907.46	48.85	148.55	829.12	64.48
	p4	781.9	20.23	50.77	3.91	796.94	44.19	130.46	795.77	-13.87
	p5	670.2	18.62	43.52	3.6	733.48	41.52	120.07	773.53	-103.3
01/dez	p1	1117	26.88	72.53	5.2	1058.82	55.23	173.33	879.37	237.63
	p2	1005.3	25.1	65.27	4.86	988.79	52.28	161.87	855.58	149.72
	p3	893.6	19.43	58.02	3.76	765.58	42.87	125.33	795.62	97.98
	p4	781.9	18.41	50.77	3.56	725.09	41.16	118.7	778.8	3.1
	p5	670.2	15.13	43.52	2.93	595.98	35.72	97.56	741.06	-70.86
15/dez	p1	1117	23.69	72.53	4.58	933.35	49.94	152.79	849.74	267.26
	p2	1005.3	21.74	65.27	4.21	856.4	46.7	140.19	824.32	180.98
	p3	893.6	16.34	58.02	3.16	643.76	37.73	105.38	766.85	126.75
	p4	781.9	15.21	50.77	2.94	599.26	35.86	98.1	749.09	32.81
	p5	670.2	12.56	43.52	2.43	494.94	31.46	81.02	717.2	-47

TABELA A.15 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 40%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	26.52	72.53	5.13	1044.6	54.63	171	876.01	240.99
	p2	1005.3	25.08	65.27	4.85	988.06	52.25	161.75	855.41	149.89
	p3	893.6	19.57	58.02	3.79	771.05	43.1	126.22	796.91	96.69
	p4	781.9	17.35	50.77	3.36	683.51	39.41	111.89	768.99	12.91
	p5	670.2	11.81	43.52	2.29	465.4	30.22	76.19	710.23	-40.03
15/set	p1	1117	29.09	72.53	5.63	1145.99	58.9	187.6	899.96	217.04
	p2	1005.3	27.54	65.27	5.33	1084.72	56.32	177.57	878.23	127.07
	p3	893.6	21.93	58.02	4.24	864.06	47.02	141.45	818.87	74.73
	p4	781.9	21.09	50.77	4.08	830.86	45.62	136.01	803.78	-21.88
	p5	670.2	17.3	43.52	3.35	681.69	39.33	111.59	761.3	-91.1
01/out	p1	1117	30.17	72.53	5.84	1188.3	60.69	194.53	909.95	207.05
	p2	1005.3	29.19	65.27	5.65	1150.01	59.07	188.26	893.65	111.65
	p3	893.6	24.16	58.02	4.67	951.59	50.71	155.78	839.54	54.06
	p4	781.9	23.95	50.77	4.63	943.57	50.37	154.46	830.4	-48.5
	p5	670.2	19.87	43.52	3.84	782.72	43.59	128.13	785.16	-115
15/out	p1	1117	31.26	72.53	6.05	1231.34	62.5	201.57	920.11	196.89
	p2	1005.3	29.28	65.27	5.66	1153.29	59.21	188.79	894.43	110.87
	p3	893.6	24.16	58.02	4.67	951.59	50.71	155.78	839.54	54.06
	p4	781.9	23.1	50.77	4.47	910.01	48.96	148.97	822.47	-40.57
	p5	670.2	20.23	43.52	3.91	796.94	44.19	130.46	788.52	-118.3
01/nov	p1	1117	29.02	72.53	5.61	1143.08	58.78	187.12	899.27	217.73
	p2	1005.3	27.98	65.27	5.41	1102.23	57.06	180.43	882.37	122.93
	p3	893.6	23.44	58.02	4.54	923.51	49.53	151.18	832.91	60.69
	p4	781.9	21.24	50.77	4.11	836.7	45.87	136.97	805.16	-23.26
	p5	670.2	17.43	43.52	3.37	686.43	39.53	112.37	762.42	-92.22
15/nov	p1	1117	28.77	72.53	5.57	1133.23	58.36	185.51	896.94	220.06
	p2	1005.3	26.69	65.27	5.16	1051.53	54.92	172.14	870.4	134.9
	p3	893.6	22.48	58.02	4.35	885.57	47.93	144.97	823.95	69.65
	p4	781.9	19.68	50.77	3.81	775.42	43.28	126.94	790.69	-8.79
	p5	670.2	17.95	43.52	3.47	707.22	40.41	115.77	767.33	-97.13
01/dez	p1	1117	26.43	72.53	5.11	1041.32	54.49	170.46	875.24	241.76
	p2	1005.3	24.68	65.27	4.78	972.38	51.59	159.18	851.71	153.59
	p3	893.6	18.99	58.02	3.67	748.07	42.13	122.46	791.48	102.12
	p4	781.9	17.94	50.77	3.47	706.85	40.39	115.71	774.5	7.4
	p5	670.2	14.76	43.52	2.86	581.39	35.1	95.17	737.62	-67.42
15/dez	p1	1117	23.28	72.53	4.5	916.94	49.25	150.1	845.87	271.13
	p2	1005.3	21.37	65.27	4.13	841.81	46.08	137.8	820.87	184.43
	p3	893.6	15.87	58.02	3.07	625.15	36.95	102.34	762.46	131.14
	p4	781.9	14.74	50.77	2.85	580.66	35.07	95.05	744.7	37.2
	p5	670.2	12.01	43.52	2.32	473.06	30.54	77.44	712.04	-41.84

TABELA A.16 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 2%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	26.91	72.53	5.21	1059.92	55.27	173.51	879.63	237.37
	p2	1005.3	24.62	65.27	4.76	969.83	51.48	158.76	851.1	154.2
	p3	893.6	21.81	58.02	4.22	859.31	46.82	140.67	817.75	75.85
	p4	781.9	21.71	50.77	4.2	855.3	46.65	140.01	809.55	-27.65
	p5	670.2	17.64	43.52	3.41	694.82	39.89	113.74	764.4	-94.2
15/set	p1	1117	28.86	72.53	5.58	1136.88	58.52	186.11	897.8	219.2
	p2	1005.3	26.06	65.27	5.04	1026.73	53.88	168.08	864.54	140.76
	p3	893.6	22.67	58.02	4.38	892.87	48.23	146.16	825.68	67.92
	p4	781.9	23.52	50.77	4.55	926.42	49.65	151.66	826.35	-44.45
	p5	670.2	19.8	43.52	3.83	780.17	43.48	127.71	784.56	-114.4
01/out	p1	1117	30.44	72.53	5.89	1199.25	61.15	196.32	912.53	204.47
	p2	1005.3	29.56	65.27	5.72	1164.6	59.69	190.64	897.1	108.2
	p3	893.6	25.11	58.02	4.86	989.16	52.29	161.93	848.42	45.18
	p4	781.9	21.82	50.77	4.22	859.68	46.83	140.73	810.59	-28.69
	p5	670.2	20.28	43.52	3.92	798.77	44.27	130.76	788.95	-118.8
15/out	p1	1117	31	72.53	6	1221.13	62.07	199.9	917.7	199.3
	p2	1005.3	30.47	65.27	5.89	1200.34	61.19	196.5	905.54	99.76
	p3	893.6	25.85	58.02	5	1018.34	53.52	166.7	855.31	38.29
	p4	781.9	26.91	50.77	5.21	1059.92	55.27	173.51	857.87	-75.97
	p5	670.2	25.71	43.52	4.97	1012.87	53.29	165.81	839.51	-169.3
01/nov	p1	1117	29.53	72.53	5.71	1163.14	59.63	190.41	904.01	212.99
	p2	1005.3	28.61	65.27	5.53	1127.03	58.1	184.49	888.23	117.07
	p3	893.6	24.32	58.02	4.71	958.16	50.99	156.85	841.09	52.51
	p4	781.9	22.55	50.77	4.36	888.13	48.03	145.39	817.31	-35.41
	p5	670.2	23.32	43.52	4.51	918.77	49.33	150.4	817.29	-147.1
15/nov	p1	1117	28.63	72.53	5.54	1127.76	58.13	184.61	895.65	221.35
	p2	1005.3	28.52	65.27	5.52	1123.38	57.95	183.9	887.36	117.94
	p3	893.6	23.34	58.02	4.52	919.49	49.36	150.52	831.96	61.64
	p4	781.9	22.18	50.77	4.29	873.54	47.42	143	813.86	-31.96
	p5	670.2	16.78	43.52	3.25	660.9	38.46	108.19	756.39	-86.19
01/dez	p1	1117	27.31	72.53	5.28	1075.97	55.95	176.14	883.42	233.58
	p2	1005.3	26.1	65.27	5.05	1028.19	53.94	168.31	864.88	140.42
	p3	893.6	22.33	58.02	4.32	879.74	47.68	144.01	822.58	71.02
	p4	781.9	18.75	50.77	3.63	738.59	41.73	120.91	781.99	-0.09
	p5	670.2	19.71	43.52	3.81	776.52	43.33	127.12	783.7	-113.5
15/dez	p1	1117	25.14	72.53	4.86	990.25	52.34	162.1	863.18	253.82
	p2	1005.3	24.15	65.27	4.67	951.23	50.69	155.72	846.71	158.59
	p3	893.6	18.12	58.02	3.51	713.78	40.69	116.85	783.39	110.21
	p4	781.9	17.17	50.77	3.32	676.22	39.1	110.7	767.26	14.64
	p5	670.2	14.43	43.52	2.79	568.62	34.57	93.08	734.6	-64.4

TABELA A.17 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 5%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	25.52	72.53	4.94	1005.21	52.97	164.55	866.71	250.29
	p2	1005.3	23.12	65.27	4.47	910.74	48.99	149.09	837.15	168.15
	p3	893.6	19.68	58.02	3.81	775.42	43.28	126.94	797.94	95.66
	p4	781.9	19.4	50.77	3.75	764.12	42.81	125.09	788.02	-6.12
	p5	670.2	15.32	43.52	2.96	603.64	36.04	98.82	742.87	-72.67
15/set	p1	1117	27.48	72.53	5.32	1082.53	56.23	177.21	884.97	232.03
	p2	1005.3	24.61	65.27	4.76	969.46	51.46	158.7	851.02	154.28
	p3	893.6	20.76	58.02	4.02	817.73	45.07	133.86	807.93	85.67
	p4	781.9	21	50.77	4.06	827.22	45.47	135.42	802.92	-21.02
	p5	670.2	17.26	43.52	3.34	679.86	39.26	111.29	760.87	-90.67
01/out	p1	1117	29.02	72.53	5.61	1143.08	58.78	187.12	899.27	217.73
	p2	1005.3	27.85	65.27	5.39	1097.12	56.84	179.6	881.16	124.14
	p3	893.6	22.93	58.02	4.44	903.45	48.68	147.89	828.18	65.42
	p4	781.9	20.12	50.77	3.89	792.57	44.01	129.74	794.74	-12.84
	p5	670.2	18.14	43.52	3.51	714.51	40.72	116.97	769.05	-98.85
15/out	p1	1117	29.66	72.53	5.74	1168.24	59.84	191.24	905.21	211.79
	p2	1005.3	28.76	65.27	5.56	1132.86	58.35	185.45	889.6	115.7
	p3	893.6	23.67	58.02	4.58	932.26	49.89	152.61	834.98	58.62
	p4	781.9	24.34	50.77	4.71	958.89	51.02	156.97	834.01	-52.11
	p5	670.2	22.53	43.52	4.36	887.4	48	145.27	809.88	-139.7
01/nov	p1	1117	28.25	72.53	5.46	1112.8	57.5	182.17	892.12	224.88
	p2	1005.3	26.93	65.27	5.21	1061.01	55.32	173.69	872.64	132.66
	p3	893.6	22.3	58.02	4.32	878.64	47.63	143.83	822.32	71.28
	p4	781.9	20.48	50.77	3.96	806.79	44.61	132.07	798.1	-16.2
	p5	670.2	20.57	43.52	3.98	810.44	44.76	132.67	791.71	-121.5
15/nov	p1	1117	27.48	72.53	5.32	1082.53	56.23	177.21	884.97	232.03
	p2	1005.3	26.85	65.27	5.19	1057.73	55.18	173.15	871.86	133.44
	p3	893.6	21.63	58.02	4.18	852.02	46.51	139.48	816.03	77.57
	p4	781.9	20.21	50.77	3.91	796.21	44.16	130.34	795.6	-13.7
	p5	670.2	15.17	43.52	2.93	597.43	35.78	97.8	741.41	-71.21
01/dez	p1	1117	26.12	72.53	5.05	1028.92	53.97	168.43	872.31	244.69
	p2	1005.3	24.62	65.27	4.76	969.83	51.48	158.76	851.1	154.2
	p3	893.6	20.41	58.02	3.95	803.87	44.48	131.59	804.66	88.94
	p4	781.9	17.12	50.77	3.31	674.39	39.02	110.4	766.83	15.07
	p5	670.2	17.45	43.52	3.38	687.52	39.58	112.55	762.68	-92.48
15/dez	p1	1117	23.92	72.53	4.63	942.47	50.32	154.28	851.9	265.1
	p2	1005.3	22.68	65.27	4.39	893.6	48.26	146.28	833.1	172.2
	p3	893.6	16.68	58.02	3.23	657.25	38.3	107.59	770.04	123.56
	p4	781.9	15.66	50.77	3.03	616.77	36.6	100.96	753.22	28.68
	p5	670.2	12.63	43.52	2.44	497.5	31.57	81.44	717.81	-47.61

TABELA A.18 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 10%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	24.28	72.53	4.7	956.33	50.91	156.55	855.17	261.83
	p2	1005.3	21.8	65.27	4.22	858.58	46.79	140.55	824.83	180.47
	p3	893.6	17.8	58.02	3.44	701.02	40.15	114.76	780.37	113.23
	p4	781.9	17.35	50.77	3.36	683.51	39.41	111.89	768.99	12.91
	p5	670.2	13.27	43.52	2.57	522.66	32.63	85.56	723.75	-53.55
15/set	p1	1117	26.26	72.53	5.08	1034.39	54.2	169.33	873.6	243.4
	p2	1005.3	23.33	65.27	4.51	919.13	49.34	150.46	839.13	166.17
	p3	893.6	19.06	58.02	3.69	750.99	42.25	122.94	792.17	101.43
	p4	781.9	18.77	50.77	3.63	739.32	41.76	121.03	782.16	-0.26
	p5	670.2	14.99	43.52	2.9	590.5	35.49	96.67	739.77	-69.57
01/out	p1	1117	27.75	72.53	5.37	1093.11	56.67	178.94	887.47	229.53
	p2	1005.3	26.33	65.27	5.09	1037.3	54.32	169.81	867.04	138.26
	p3	893.6	21.01	58.02	4.06	827.58	45.48	135.48	810.26	83.34
	p4	781.9	18.61	50.77	3.6	733.12	41.5	120.01	780.7	1.2
	p5	670.2	16.24	43.52	3.14	639.74	37.56	104.73	751.4	-81.2
15/out	p1	1117	28.45	72.53	5.5	1120.83	57.84	183.48	894.01	222.99
	p2	1005.3	27.24	65.27	5.27	1073.05	55.83	175.66	875.48	129.82
	p3	893.6	21.73	58.02	4.2	856.03	46.68	140.13	816.98	76.62
	p4	781.9	22.06	50.77	4.27	869.16	47.23	142.28	812.83	-30.93
	p5	670.2	19.68	43.52	3.81	775.42	43.28	126.94	783.44	-113.2
01/nov	p1	1117	27.1	72.53	5.24	1067.58	55.6	174.76	881.44	235.56
	p2	1005.3	25.44	65.27	4.92	1002.29	52.85	164.08	858.77	146.53
	p3	893.6	20.51	58.02	3.97	807.89	44.65	132.25	805.61	87.99
	p4	781.9	18.64	50.77	3.61	734.21	41.55	120.19	780.96	0.94
	p5	670.2	18.13	43.52	3.51	714.15	40.7	116.91	768.97	-98.77
15/nov	p1	1117	26.46	72.53	5.12	1042.41	54.54	170.64	875.5	241.5
	p2	1005.3	25.38	65.27	4.91	999.74	52.74	163.66	858.17	147.13
	p3	893.6	20.1	58.02	3.89	791.84	43.98	129.62	801.82	91.78
	p4	781.9	18.48	50.77	3.58	728.01	41.28	119.18	779.49	2.41
	p5	670.2	13.74	43.52	2.66	541.27	33.41	88.61	728.14	-57.94
01/dez	p1	1117	25.05	72.53	4.85	986.97	52.2	161.57	862.4	254.6
	p2	1005.3	23.3	65.27	4.51	917.67	49.28	150.22	838.79	166.51
	p3	893.6	18.69	58.02	3.62	736.4	41.64	120.55	788.73	104.87
	p4	781.9	15.67	50.77	3.03	617.13	36.61	101.02	753.31	28.59
	p5	670.2	15.43	43.52	2.99	608.01	36.23	99.53	743.9	-73.7
15/dez	p1	1117	22.84	72.53	4.42	899.8	48.53	147.3	841.82	275.18
	p2	1005.3	21.39	65.27	4.14	842.54	46.11	137.92	821.04	184.26
	p3	893.6	15.4	58.02	2.98	606.55	36.17	99.29	758.06	135.54
	p4	781.9	14.31	50.77	2.77	563.88	34.37	92.31	740.73	41.17
	p5	670.2	11.03	43.52	2.13	434.4	28.91	71.11	702.91	-32.71

TABELA A.19 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 15%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	23.44	72.53	4.54	923.51	49.53	151.18	847.42	269.58
	p2	1005.3	20.89	65.27	4.04	822.84	45.28	134.7	816.39	188.91
	p3	893.6	16.52	58.02	3.2	650.69	38.03	106.52	768.49	125.11
	p4	781.9	15.96	50.77	3.09	628.8	37.1	102.94	756.07	25.83
	p5	670.2	11.88	43.52	2.3	467.95	30.32	76.6	710.83	-40.63
15/set	p1	1117	25.42	72.53	4.92	1001.56	52.81	163.96	865.85	251.15
	p2	1005.3	22.46	65.27	4.35	884.85	47.9	144.85	831.03	174.27
	p3	893.6	17.92	58.02	3.47	705.76	40.35	115.53	781.49	112.11
	p4	781.9	17.26	50.77	3.34	679.86	39.26	111.29	768.12	13.78
	p5	670.2	13.46	43.52	2.6	530.32	32.95	86.81	725.56	-55.36
01/out	p1	1117	26.9	72.53	5.2	1059.55	55.26	173.45	879.54	237.46
	p2	1005.3	25.3	65.27	4.9	996.82	52.62	163.18	857.48	147.82
	p3	893.6	19.7	58.02	3.81	776.15	43.31	127.06	798.12	95.48
	p4	781.9	17.58	50.77	3.4	692.63	39.79	113.38	771.14	10.76
	p5	670.2	14.96	43.52	2.89	589.41	35.44	96.49	739.51	-69.31
15/out	p1	1117	27.65	72.53	5.35	1089.1	56.5	178.29	886.52	230.48
	p2	1005.3	26.21	65.27	5.07	1032.56	54.12	169.03	865.92	139.38
	p3	893.6	20.43	58.02	3.95	804.6	44.51	131.71	804.83	88.77
	p4	781.9	20.53	50.77	3.97	808.62	44.68	132.37	798.53	-16.63
	p5	670.2	17.78	43.52	3.44	700.29	40.12	114.64	765.7	-95.5
01/nov	p1	1117	26.33	72.53	5.09	1037.3	54.32	169.81	874.29	242.71
	p2	1005.3	24.44	65.27	4.73	962.9	51.19	157.63	849.47	155.83
	p3	893.6	19.3	58.02	3.73	760.11	42.64	124.43	794.33	99.27
	p4	781.9	17.4	50.77	3.37	685.34	39.49	112.19	769.42	12.48
	p5	670.2	16.48	43.52	3.19	649.23	37.96	106.28	753.64	-83.44
15/nov	p1	1117	25.78	72.53	4.99	1015.42	53.4	166.22	869.12	247.88
	p2	1005.3	24.38	65.27	4.72	960.35	51.08	157.21	848.86	156.44
	p3	893.6	19.07	58.02	3.69	751.35	42.27	123	792.26	101.34
	p4	781.9	17.3	50.77	3.35	681.69	39.33	111.59	768.56	13.34
	p5	670.2	12.78	43.52	2.47	503.33	31.81	82.4	719.18	-48.98
01/dez	p1	1117	24.34	72.53	4.71	958.89	51.02	156.97	855.77	261.23
	p2	1005.3	22.41	65.27	4.33	882.66	47.8	144.49	830.52	174.78
	p3	893.6	17.54	58.02	3.39	690.81	39.72	113.09	777.96	115.64
	p4	781.9	14.68	50.77	2.84	578.47	34.98	94.7	744.18	37.72
	p5	670.2	14.08	43.52	2.72	554.76	33.98	90.81	731.33	-61.13
15/dez	p1	1117	22.12	72.53	4.28	871.35	47.33	142.64	835.1	281.9
	p2	1005.3	20.51	65.27	3.97	807.89	44.65	132.25	812.86	192.44
	p3	893.6	14.54	58.02	2.81	572.63	34.74	93.74	750.05	143.55
	p4	781.9	13.42	50.77	2.6	528.5	32.88	86.52	732.38	49.52
	p5	670.2	9.94	43.52	1.92	391.72	27.11	64.13	692.83	-22.63

TABELA A.20 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 25%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	22.22	72.53	4.3	875.36	47.5	143.3	836.05	280.95
	p2	1005.3	19.56	65.27	3.78	770.68	43.08	126.16	804.08	201.22
	p3	893.6	14.63	58.02	2.83	576.28	34.89	94.34	750.92	142.68
	p4	781.9	13.92	50.77	2.69	548.2	33.71	89.74	737.03	44.87
	p5	670.2	9.83	43.52	1.9	387.35	26.93	63.41	691.8	-21.6
15/set	p1	1117	24.2	72.53	4.68	953.42	50.79	156.07	854.48	262.52
	p2	1005.3	21.18	65.27	4.1	834.51	45.77	136.61	819.15	186.15
	p3	893.6	16.23	58.02	3.14	639.38	37.55	104.67	765.82	127.78
	p4	781.9	15.04	50.77	2.91	592.33	35.57	96.96	747.45	34.45
	p5	670.2	11.2	43.52	2.17	441.33	29.2	72.25	704.54	-34.34
01/out	p1	1117	25.63	72.53	4.96	1009.58	53.15	165.27	867.74	249.26
	p2	1005.3	23.8	65.27	4.6	937.37	50.11	153.45	843.44	161.86
	p3	893.6	17.78	58.02	3.44	700.29	40.12	114.64	780.2	113.4
	p4	781.9	16.07	50.77	3.11	633.18	37.29	103.65	757.1	24.8
	p5	670.2	13.06	43.52	2.53	514.64	32.29	84.25	721.85	-51.65
15/out	p1	1117	26.45	72.53	5.12	1042.05	54.52	170.58	875.41	241.59
	p2	1005.3	24.69	65.27	4.78	972.75	51.6	159.24	851.79	153.51
	p3	893.6	18.49	58.02	3.58	728.37	41.3	119.24	786.83	106.77
	p4	781.9	18.25	50.77	3.53	718.89	40.9	117.68	777.34	4.56
	p5	670.2	14.95	43.52	2.89	589.05	35.43	96.43	739.43	-69.23
01/nov	p1	1117	25.2	72.53	4.88	992.81	52.45	162.52	863.78	253.22
	p2	1005.3	22.96	65.27	4.44	904.54	48.73	148.07	835.69	169.61
	p3	893.6	17.51	58.02	3.39	689.71	39.67	112.91	777.7	115.9
	p4	781.9	15.56	50.77	3.01	613.12	36.44	100.37	752.36	29.54
	p5	670.2	14.06	43.52	2.72	553.67	33.94	90.64	731.07	-60.87
15/nov	p1	1117	24.76	72.53	4.79	975.3	51.71	159.66	859.65	257.35
	p2	1005.3	22.91	65.27	4.43	902.35	48.63	147.72	835.17	170.13
	p3	893.6	17.55	58.02	3.39	691.17	39.73	113.14	778.05	115.55
	p4	781.9	15.57	50.77	3.01	613.48	36.46	100.43	752.45	29.45
	p5	670.2	11.36	43.52	2.2	447.53	29.46	73.26	706.01	-35.81
01/dez	p1	1117	23.28	72.53	4.5	916.94	49.25	150.1	845.87	271.13
	p2	1005.3	21.09	65.27	4.08	830.86	45.62	136.01	818.29	187.01
	p3	893.6	15.82	58.02	3.06	623.33	36.87	102.04	762.03	131.57
	p4	781.9	13.23	50.77	2.56	521.21	32.57	85.32	730.66	51.24
	p5	670.2	12.07	43.52	2.34	475.61	30.65	77.86	712.64	-42.44
15/dez	p1	1117	21.04	72.53	4.07	828.68	45.53	135.65	825.02	291.98
	p2	1005.3	19.21	65.27	3.72	756.82	42.5	123.89	800.8	204.5
	p3	893.6	13.26	58.02	2.57	522.3	32.61	85.5	738.17	155.43
	p4	781.9	12.07	50.77	2.34	475.61	30.65	77.86	719.89	62.01
	p5	670.2	8.35	43.52	1.62	328.99	24.47	53.86	678.01	-7.81

TABELA A.21 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 30%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
	p1	1117	21.7	72.53	4.2	854.94	46.63	139.95	831.5	285.5
	p2	1005.3	19.02	65.27	3.68	749.16	42.18	122.64	799.3	206
01/set	p3	893.6	13.84	58.02	2.68	545.28	33.58	89.26	743.9	149.7
	p4	781.9	13.07	50.77	2.53	515	32.31	84.31	729.5	52.41
	p5	670.2	8.98	43.52	1.74	353.79	25.51	57.92	684.2	-13.97
	p1	1117	23.7	72.53	4.59	933.72	49.96	152.85	850.1	266.9
	p2	1005.3	20.65	65.27	3.99	813.36	44.88	133.15	814.5	190.9
15/set	p3	893.6	15.53	58.02	3	611.66	36.38	100.13	759.6	134
	p4	781.9	14.11	50.77	2.73	555.85	34.03	90.99	739.1	42.76
	p5	670.2	10.26	43.52	1.98	404.13	27.63	66.16	696.1	-25.86
	p1	1117	25.11	72.53	4.86	989.16	52.29	161.93	863.2	253.8
	p2	1005.3	23.17	65.27	4.48	912.56	49.06	149.39	837.9	167.4
01/out	p3	893.6	16.98	58.02	3.29	668.92	38.79	109.5	773.1	120.5
	p4	781.9	15.45	50.77	2.99	608.74	36.26	99.65	751.6	30.27
	p5	670.2	12.28	43.52	2.38	483.64	30.98	79.17	714.8	-44.63
	p1	1117	25.96	72.53	5.02	1022.7	53.71	167.42	871.1	245.9
	p2	1005.3	24.06	65.27	4.66	947.94	50.56	155.18	846.2	159.1
15/out	p3	893.6	17.69	58.02	3.42	697.01	39.98	114.1	779.7	113.9
	p4	781.9	17.31	50.77	3.35	682.05	39.35	111.65	768.9	12.96
	p5	670.2	13.78	43.52	2.67	542.72	33.48	88.84	728.8	-58.59
	p1	1117	24.73	72.53	4.78	974.2	51.66	159.48	859.7	257.3
	p2	1005.3	22.35	65.27	4.32	880.47	47.71	144.13	830.3	175
01/nov	p3	893.6	16.78	58.02	3.25	660.9	38.46	108.19	771.2	122.4
	p4	781.9	14.8	50.77	2.86	583.21	35.18	95.47	745.6	36.3
	p5	670.2	13.05	43.52	2.52	513.91	32.26	84.13	722	-51.78
	p1	1117	24.34	72.53	4.71	958.89	51.02	156.97	856.1	260.9
	p2	1005.3	22.3	65.27	4.31	878.28	47.62	143.77	829.8	175.5
15/nov	p3	893.6	16.92	58.02	3.27	666.37	38.69	109.08	772.5	121.1
	p4	781.9	14.85	50.77	2.87	585.03	35.26	95.77	746	35.87
	p5	670.2	10.77	43.52	2.08	424.19	28.48	69.44	700.8	-30.59
	p1	1117	22.84	72.53	4.42	899.8	48.53	147.3	842.1	274.9
	p2	1005.3	20.55	65.27	3.98	809.71	44.73	132.55	813.6	191.7
01/dez	p3	893.6	15.11	58.02	2.92	595.25	35.69	97.44	755.7	137.9
	p4	781.9	12.64	50.77	2.45	497.86	31.58	81.5	725.5	56.45
	p5	670.2	11.25	43.52	2.18	443.15	29.28	72.54	705.3	-35.07
	p1	1117	20.59	72.53	3.98	811.17	44.79	132.79	821.2	295.8
	p2	1005.3	18.68	65.27	3.61	735.67	41.61	120.43	796.1	209.2
15/dez	p3	893.6	12.73	58.02	2.46	501.51	31.74	82.1	733.6	160
	p4	781.9	11.52	50.77	2.23	453.73	29.72	74.28	715	66.88
	p5	670.2	7.69	43.52	1.49	303.09	23.37	49.62	672.2	-2

TABELA A.22 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 35%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	21.23	72.53	4.11	836.34	45.85	136.91	826.83	290.17
	p2	1005.3	18.51	65.27	3.58	729.1	41.33	119.35	794.26	211.04
	p3	893.6	13.12	58.02	2.54	516.83	32.38	84.6	736.88	156.72
	p4	781.9	12.29	50.77	2.38	484	31	79.23	721.87	60.03
	p5	670.2	8.19	43.52	1.59	322.79	24.2	52.84	676.55	-6.35
15/set	p1	1117	23.23	72.53	4.49	915.12	49.17	149.81	845.44	271.56
	p2	1005.3	20.16	65.27	3.9	794.03	44.07	129.98	809.59	195.71
	p3	893.6	14.88	58.02	2.88	586.13	35.3	95.95	753.24	140.36
	p4	781.9	13.26	50.77	2.57	522.3	32.61	85.5	730.92	50.98
	p5	670.2	9.4	43.52	1.82	370.21	26.2	60.6	687.75	-17.55
01/out	p1	1117	24.62	72.53	4.76	969.83	51.48	158.76	858.36	258.64
	p2	1005.3	22.58	65.27	4.37	889.59	48.1	145.63	832.15	173.15
	p3	893.6	16.24	58.02	3.14	639.74	37.56	104.73	765.9	127.7
	p4	781.9	14.87	50.77	2.88	585.76	35.29	95.89	745.9	36
	p5	670.2	11.56	43.52	2.24	455.19	29.79	74.51	707.82	-37.62
15/out	p1	1117	25.5	72.53	4.93	1004.48	52.94	164.43	866.54	250.46
	p2	1005.3	23.48	65.27	4.54	924.97	49.59	151.42	840.51	164.79
	p3	893.6	16.95	58.02	3.28	667.83	38.75	109.32	772.53	121.07
	p4	781.9	16.43	50.77	3.18	647.4	37.89	105.98	760.46	21.44
	p5	670.2	12.69	43.52	2.46	500.05	31.68	81.86	718.41	-48.21
01/nov	p1	1117	24.3	72.53	4.7	957.06	50.94	156.67	855.34	261.66
	p2	1005.3	21.78	65.27	4.21	857.85	46.76	140.43	824.66	180.64
	p3	893.6	16.08	58.02	3.11	633.54	37.3	103.71	764.44	129.16
	p4	781.9	14.1	50.77	2.73	555.49	34.01	90.93	738.75	43.15
	p5	670.2	12.11	43.52	2.34	477.07	30.71	78.1	712.98	-42.78
15/nov	p1	1117	23.95	72.53	4.63	943.57	50.37	154.46	852.15	264.85
	p2	1005.3	21.73	65.27	4.2	856.03	46.68	140.13	824.23	181.07
	p3	893.6	16.33	58.02	3.16	643.39	37.72	105.32	766.76	126.84
	p4	781.9	14.18	50.77	2.74	558.77	34.15	91.47	739.53	42.37
	p5	670.2	10.22	43.52	1.98	402.67	27.57	65.92	695.41	-25.21
01/dez	p1	1117	22.43	72.53	4.34	883.75	47.85	144.67	838.03	278.97
	p2	1005.3	20.05	65.27	3.88	789.65	43.88	129.27	808.55	196.75
	p3	893.6	14.46	58.02	2.8	569.71	34.61	93.26	749.37	144.23
	p4	781.9	12.07	50.77	2.34	475.61	30.65	77.86	719.89	62.01
	p5	670.2	10.47	43.52	2.03	412.51	27.99	67.53	697.74	-27.54
15/dez	p1	1117	20.18	72.53	3.9	795.12	44.11	130.16	817.1	299.9
	p2	1005.3	18.18	65.27	3.52	716.34	40.79	117.26	791.24	214.06
	p3	893.6	12.24	58.02	2.37	482.18	30.92	78.93	728.69	164.91
	p4	781.9	11.01	50.77	2.13	433.67	28.88	70.99	709.99	71.91
	p5	670.2	7.07	43.52	1.37	278.66	22.34	45.62	666.13	4.07

TABELA A.23 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura do milho na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 40%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
01/set	p1	1117	20.79	72.53	4.02	818.83	45.11	134.04	822.7	294.3
	p2	1005.3	18.02	65.27	3.49	709.77	40.52	116.19	789.69	215.61
	p3	893.6	12.43	58.02	2.41	489.84	31.25	80.19	730.5	163.1
	p4	781.9	11.55	50.77	2.23	454.82	29.77	74.45	714.98	66.92
	p5	670.2	7.45	43.52	1.44	293.61	22.97	48.06	669.66	0.54
15/set	p1	1117	22.79	72.53	4.41	897.61	48.43	146.94	841.3	275.7
	p2	1005.3	19.69	65.27	3.81	775.79	43.3	127	805.28	200.02
	p3	893.6	14.27	58.02	2.76	562.06	34.29	92.01	747.56	146.04
	p4	781.9	12.44	50.77	2.41	490.2	31.26	80.25	723.34	58.56
	p5	670.2	8.57	43.52	1.66	337.74	24.84	55.29	680.08	-9.88
01/out	p1	1117	24.16	72.53	4.67	951.59	50.71	155.78	854.05	262.95
	p2	1005.3	22.03	65.27	4.26	867.7	47.17	142.04	826.99	178.31
	p3	893.6	15.54	58.02	3.01	612.02	36.4	100.19	759.36	134.24
	p4	781.9	14.32	50.77	2.77	564.24	34.38	92.37	740.82	41.08
	p5	670.2	10.86	43.52	2.1	427.83	28.63	70.04	701.36	-31.16
15/out	p1	1117	25.06	72.53	4.85	987.34	52.22	161.63	862.49	254.51
	p2	1005.3	22.93	65.27	4.44	903.08	48.66	147.83	835.34	169.96
	p3	893.6	16.25	58.02	3.14	640.11	37.58	104.79	765.99	127.61
	p4	781.9	15.61	50.77	3.02	614.94	36.52	100.67	752.79	29.11
	p5	670.2	11.67	43.52	2.26	459.57	29.97	75.23	708.85	-38.65
01/nov	p1	1117	23.88	72.53	4.62	940.65	50.25	153.98	851.47	265.53
	p2	1005.3	21.24	65.27	4.11	836.7	45.87	136.97	819.67	185.63
	p3	893.6	15.43	58.02	2.99	608.01	36.23	99.53	758.41	135.19
	p4	781.9	13.43	50.77	2.6	529.23	32.91	86.63	732.55	49.35
	p5	670.2	11.22	43.52	2.17	442.06	29.23	72.36	704.71	-34.51
15/nov	p1	1117	23.58	72.53	4.56	928.98	49.76	152.07	848.71	268.29
	p2	1005.3	21.19	65.27	4.1	834.88	45.79	136.67	819.23	186.07
	p3	893.6	15.78	58.02	3.05	621.51	36.8	101.74	761.6	132
	p4	781.9	13.56	50.77	2.62	533.97	33.11	87.41	733.67	48.23
	p5	670.2	9.7	43.52	1.88	382.24	26.71	62.57	690.59	-20.39
01/dez	p1	1117	22.05	72.53	4.26	868.43	47.2	142.16	834.41	282.59
	p2	1005.3	19.56	65.27	3.78	770.68	43.08	126.16	804.08	201.22
	p3	893.6	13.83	58.02	2.68	544.91	33.57	89.2	743.51	150.09
	p4	781.9	11.55	50.77	2.23	454.82	29.77	74.45	714.98	66.92
	p5	670.2	9.74	43.52	1.88	383.7	26.77	62.81	690.93	-20.73
15/dez	p1	1117	19.79	72.53	3.83	779.44	43.45	127.59	813.4	303.6
	p2	1005.3	17.71	65.27	3.43	697.74	40.01	114.22	786.85	218.45
	p3	893.6	11.78	58.02	2.28	463.94	30.15	75.95	724.39	169.21
	p4	781.9	10.52	50.77	2.03	414.34	28.06	67.83	705.42	76.48
	p5	670.2	6.5	43.52	1.26	256.04	21.39	41.91	660.79	9.41

TABELA A.24 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 2%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	48.44	28.56	9.37	1908.3	91.03	312.39	951.2	-433.24
	p2	466.2	46.64	25.7	9.02	1837.2	88.04	300.74	931.6	-465.38
	p3	414.4	42.29	22.85	8.18	1666.1	80.83	272.74	888.3	-473.93
	p4	362.6	45.83	19.99	8.87	1805.4	86.7	295.55	918.4	-555.78
	p5	310.8	42.44	17.14	8.21	1671.9	81.07	273.7	884	-573.2
01/nov	p1	518	45.67	28.56	8.84	1799.2	86.44	294.54	925.5	-407.48
	p2	466.2	45.17	25.7	8.74	1779.5	85.61	291.31	918	-451.78
	p3	414.4	42.28	22.85	8.18	1665.4	80.79	272.62	888.2	-473.76
	p4	362.6	39.07	19.99	7.56	1539.2	75.48	251.96	855.5	-492.9
	p5	310.8	39.68	17.14	7.68	1563.3	76.49	255.9	858.3	-547.53
15/nov	p1	518	45.12	28.56	8.73	1777.4	85.51	290.95	920.3	-402.31
	p2	466.2	43.83	25.7	8.48	1726.7	83.38	282.65	905.5	-439.29
	p3	414.4	38.98	22.85	7.54	1535.5	75.32	251.37	857.5	-443.1
	p4	362.6	37.77	19.99	7.31	1487.8	73.31	243.55	843.4	-480.76
	p5	310.8	37.57	17.14	7.27	1480.1	72.99	242.29	838.7	-527.89
01/dez	p1	518	43.14	28.56	8.35	1699.3	82.22	278.18	901.9	-383.88
	p2	466.2	40.11	25.7	7.76	1580	77.2	258.65	870.9	-404.66
	p3	414.4	37.14	22.85	7.18	1463	72.26	239.49	840.4	-425.96
	p4	362.6	38	19.99	7.35	1496.9	73.69	245.04	845.5	-482.91
	p5	310.8	36.88	17.14	7.13	1452.7	71.83	237.81	832.2	-521.43
15/dez	p1	518	40.38	28.56	7.81	1590.6	77.64	260.38	876.2	-358.22
	p2	466.2	36.29	25.7	7.02	1429.4	70.85	233.99	835.3	-369.09
	p3	414.4	33.17	22.85	6.42	1306.5	65.67	213.87	803.4	-389.01
	p4	362.6	33.87	19.99	6.55	1334.2	66.84	218.41	807.1	-444.5
	p5	310.8	33.05	17.14	6.39	1301.7	65.47	213.09	796.6	-485.78

TABELA A.25 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 5%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	46.64	28.56	9.02	1837.2	88.04	300.74	934.4	-416.44
	p2	466.2	44.57	25.7	8.62	1755.8	84.61	287.43	912.4	-446.18
	p3	414.4	40.11	22.85	7.76	1580	77.2	258.65	868	-453.61
	p4	362.6	42.08	19.99	8.14	1657.7	80.47	271.37	883.5	-520.9
	p5	310.8	38.92	17.14	7.53	1533	75.21	250.95	851.2	-540.38
01/nov	p1	518	44.14	28.56	8.54	1738.7	83.88	284.62	911.2	-393.18
	p2	466.2	43.13	25.7	8.34	1698.9	82.21	278.12	898.9	-432.74
	p3	414.4	39.73	22.85	7.69	1565.1	76.57	256.2	864.5	-450.07
	p4	362.6	36.08	19.99	6.98	1421.4	70.51	232.68	827.7	-465.08
	p5	310.8	36.71	17.14	7.1	1446.2	71.56	236.74	830.7	-519.88
15/nov	p1	518	43.51	28.56	8.42	1713.9	82.84	280.56	905.3	-387.33
	p2	466.2	41.81	25.7	8.09	1647.1	80.03	269.64	886.7	-420.51
	p3	414.4	36.67	22.85	7.09	1444.7	71.49	236.5	836.1	-421.65
	p4	362.6	35.11	19.99	6.79	1383.1	68.9	226.41	818.6	-456.04
	p5	310.8	34.75	17.14	6.72	1368.9	68.3	224.08	812.4	-501.62
01/dez	p1	518	41.42	28.56	8.01	1631.8	79.38	267.13	886	-367.95
	p2	466.2	38.34	25.7	7.42	1510.4	74.26	247.25	854.4	-388.21
	p3	414.4	34.76	22.85	6.72	1369.2	68.31	224.14	818.2	-403.82
	p4	362.6	34.88	19.99	6.75	1374	68.51	224.92	816.5	-453.89
	p5	310.8	33.64	17.14	6.51	1325.1	66.45	216.92	802.1	-491.29
15/dez	p1	518	38.4	28.56	7.43	1512.6	74.35	247.61	857.8	-339.78
	p2	466.2	34.46	25.7	6.67	1357.5	67.82	222.23	818.3	-352.12
	p3	414.4	30.86	22.85	5.97	1215.7	61.84	199	782	-367.56
	p4	362.6	30.93	19.99	5.98	1218.6	61.96	199.48	779.8	-417.19
	p5	310.8	30.08	17.14	5.82	1185	60.55	193.99	769	-458.21

TABELA A.26 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 10%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	45.04	28.56	8.71	1774.4	85.39	290.47	919.6	-401.63
	p2	466.2	42.74	25.7	8.27	1683.6	81.56	275.61	895.3	-429.12
	p3	414.4	38.17	22.85	7.38	1503.4	73.97	246.11	849.9	-435.52
	p4	362.6	38.75	19.99	7.5	1526.4	74.94	249.87	852.5	-489.89
	p5	310.8	35.79	17.14	6.92	1409.7	70.02	230.77	822.1	-511.27
01/nov	p1	518	42.77	28.56	8.27	1684.7	81.61	275.79	898.4	-380.44
	p2	466.2	41.3	25.7	7.99	1627.1	79.18	266.35	882	-415.77
	p3	414.4	37.47	22.85	7.25	1476.1	72.82	241.63	843.5	-429.06
	p4	362.6	33.42	19.99	6.47	1316.7	66.1	215.54	803	-440.36
	p5	310.8	34.06	17.14	6.59	1341.9	67.16	219.66	806.1	-495.25
15/nov	p1	518	42.08	28.56	8.14	1657.7	80.47	271.37	892.1	-374.06
	p2	466.2	40.03	25.7	7.74	1576.8	77.06	258.11	870.1	-403.89
	p3	414.4	34.64	22.85	6.7	1364.5	68.11	223.36	817.1	-402.7
	p4	362.6	32.76	19.99	6.34	1290.4	64.99	211.24	796.8	-434.16
	p5	310.8	32.25	17.14	6.24	1270.4	64.15	207.96	789.2	-478.37
01/dez	p1	518	39.9	28.56	7.72	1571.6	76.84	257.28	871.7	-353.74
	p2	466.2	36.77	25.7	7.11	1448.4	71.65	237.1	839.8	-373.57
	p3	414.4	32.65	22.85	6.32	1286.1	64.81	210.53	798.6	-384.18
	p4	362.6	32.11	19.99	6.21	1264.9	63.91	207.06	790.7	-428.13
	p5	310.8	30.77	17.14	5.95	1212	61.69	198.41	775.4	-464.59
15/dez	p1	518	36.64	28.56	7.09	1443.3	71.43	236.26	841.4	-323.42
	p2	466.2	32.84	25.7	6.35	1293.7	65.13	211.78	803.3	-337.05
	p3	414.4	28.81	22.85	5.57	1135.1	58.44	185.81	762.9	-348.53
	p4	362.6	28.33	19.99	5.48	1116.1	57.64	182.7	755.6	-392.99
	p5	310.8	27.44	17.14	5.31	1081.1	56.17	176.97	744.5	-433.67

TABELA A.27 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 15%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	43.96	28.56	8.5	1731.8	83.59	283.49	909.6	-391.55
	p2	466.2	41.5	25.7	8.03	1634.7	79.5	267.61	883.8	-417.58
	p3	414.4	36.85	22.85	7.13	1451.6	71.79	237.63	837.7	-423.29
	p4	362.6	36.5	19.99	7.06	1437.8	71.2	235.37	831.6	-468.96
	p5	310.8	33.67	17.14	6.51	1326.5	66.51	217.15	802.4	-491.63
01/nov	p1	518	41.85	28.56	8.1	1648.6	80.09	269.88	889.9	-371.91
	p2	466.2	40.08	25.7	7.75	1578.9	77.15	258.47	870.6	-404.4
	p3	414.4	35.94	22.85	6.95	1415.9	70.28	231.78	829.3	-414.85
	p4	362.6	31.63	19.99	6.12	1245.9	63.12	203.96	786.3	-423.65
	p5	310.8	32.28	17.14	6.24	1271.5	64.19	208.14	789.4	-478.63
15/nov	p1	518	41.12	28.56	7.95	1619.8	78.87	265.16	883.1	-365.11
	p2	466.2	38.81	25.7	7.51	1529	75.05	250.29	858.8	-392.6
	p3	414.4	33.26	22.85	6.43	1310.1	65.82	214.47	804.3	-389.87
	p4	362.6	31.17	19.99	6.03	1228.1	62.36	201.03	782	-419.43
	p5	310.8	30.55	17.14	5.91	1203.6	61.33	197.03	773.4	-462.61
01/dez	p1	518	38.87	28.56	7.52	1531.2	75.14	250.65	862.2	-344.18
	p2	466.2	35.7	25.7	6.91	1406.4	69.88	230.23	829.9	-363.66
	p3	414.4	31.22	22.85	6.04	1229.9	62.44	201.33	785.3	-370.92
	p4	362.6	30.24	19.99	5.85	1191.2	60.81	195	773.3	-410.73
	p5	310.8	28.82	17.14	5.58	1135.4	58.46	185.87	757.3	-446.5
15/dez	p1	518	35.45	28.56	6.86	1396.6	69.46	228.62	830.4	-312.39
	p2	466.2	31.76	25.7	6.14	1251	63.33	204.8	793.2	-326.97
	p3	414.4	27.43	22.85	5.31	1080.7	56.15	176.91	750.1	-335.69
	p4	362.6	26.57	19.99	5.14	1046.8	54.72	171.36	739.2	-376.63
	p5	310.8	25.67	17.14	4.97	1011.4	53.23	165.57	728	-417.22

TABELA A.28 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 25%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	42.37	28.56	8.2	1669	80.95	273.22	894.7	-376.73
	p2	466.2	39.67	25.7	7.67	1562.5	76.46	255.79	866.7	-400.53
	p3	414.4	34.92	22.85	6.75	1375.4	68.57	225.16	819.7	-405.29
	p4	362.6	33.17	19.99	6.42	1306.8	65.68	213.93	800.6	-438.04
	p5	310.8	30.55	17.14	5.91	1203.6	61.33	197.03	773.4	-462.61
01/nov	p1	518	40.49	28.56	7.83	1595	77.83	261.1	877.3	-359.25
	p2	466.2	38.27	25.7	7.4	1507.5	74.14	246.77	853.7	-387.52
	p3	414.4	33.68	22.85	6.52	1326.9	66.53	217.21	808.2	-393.83
	p4	362.6	28.97	19.99	5.6	1141.3	58.7	186.82	761.5	-398.93
	p5	310.8	29.64	17.14	5.73	1167.5	59.81	191.12	764.9	-454.08
15/nov	p1	518	39.7	28.56	7.68	1564	76.52	256.02	869.9	-351.93
	p2	466.2	37.04	25.7	7.16	1458.9	72.09	238.83	842.3	-376.07
	p3	414.4	31.22	22.85	6.04	1229.9	62.44	201.33	785.3	-370.92
	p4	362.6	28.82	19.99	5.58	1135.4	58.46	185.87	760.2	-397.56
	p5	310.8	28.05	17.14	5.43	1105.1	57.18	180.91	750.2	-439.35
01/dez	p1	518	37.34	28.56	7.22	1471	72.6	240.8	848	-329.96
	p2	466.2	34.14	25.7	6.6	1344.8	67.28	220.14	815.3	-349.11
	p3	414.4	29.12	22.85	5.63	1147.1	58.95	187.78	765.8	-351.37
	p4	362.6	27.48	19.99	5.32	1082.5	56.23	177.21	747.7	-385.07
	p5	310.8	25.96	17.14	5.02	1022.7	53.71	167.42	730.7	-419.89
15/dez	p1	518	33.7	28.56	6.52	1327.6	66.56	217.33	814.1	-296.12
	p2	466.2	30.14	25.7	5.83	1187.2	60.64	194.35	778.1	-311.9
	p3	414.4	25.4	22.85	4.91	1000.5	52.77	163.78	731.1	-316.74
	p4	362.6	23.98	19.99	4.64	944.66	50.42	154.64	715.1	-352.51
	p5	310.8	23.05	17.14	4.46	907.82	48.86	148.61	703.6	-392.75

TABELA A.29 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 30%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	41.71	28.56	8.07	1643.1	79.86	268.98	888.6	-370.62
	p2	466.2	38.91	25.7	7.53	1532.6	75.2	250.89	859.7	-393.46
	p3	414.4	34.11	22.85	6.6	1343.7	67.24	219.96	812.2	-397.79
	p4	362.6	31.8	19.99	6.15	1252.9	63.41	205.09	787.9	-425.29
	p5	310.8	29.26	17.14	5.66	1152.6	59.18	188.67	761.4	-450.55
01/nov	p1	518	39.92	28.56	7.72	1572.7	76.89	257.46	872	-353.99
	p2	466.2	37.52	25.7	7.26	1477.9	72.89	241.93	846.7	-380.54
	p3	414.4	32.75	22.85	6.34	1290.1	64.98	211.18	799.5	-385.13
	p4	362.6	27.88	19.99	5.39	1098.2	56.89	179.78	751.4	-388.77
	p5	310.8	28.55	17.14	5.52	1124.5	58	184.08	754.7	-443.92
15/nov	p1	518	39.11	28.56	7.57	1540.6	75.54	252.2	864.4	-346.42
	p2	466.2	36.29	25.7	7.02	1429.8	70.86	234.05	835.4	-369.18
	p3	414.4	30.38	22.85	5.88	1196.7	61.04	195.9	777.5	-363.08
	p4	362.6	27.85	19.99	5.39	1097.1	56.84	179.6	751.1	-388.51
	p5	310.8	27.03	17.14	5.23	1064.7	55.47	174.28	740.6	-429.79
01/dez	p1	518	36.71	28.56	7.1	1446.2	71.56	236.74	842.1	-324.11
	p2	466.2	33.48	25.7	6.48	1318.9	66.19	215.9	809.2	-342.99
	p3	414.4	28.24	22.85	5.46	1112.4	57.49	182.11	757.6	-343.19
	p4	362.6	26.33	19.99	5.09	1037.3	54.32	169.81	737	-374.39
	p5	310.8	24.77	17.14	4.79	975.66	51.72	159.72	719.6	-408.77
15/dez	p1	518	32.97	28.56	6.38	1298.8	65.34	212.62	807.3	-289.31
	p2	466.2	29.47	25.7	5.7	1161	59.53	190.05	771.9	-305.7
	p3	414.4	24.55	22.85	4.75	967.28	51.37	158.34	723.3	-308.91
	p4	362.6	22.91	19.99	4.43	902.35	48.63	147.72	705.1	-342.52
	p5	310.8	21.96	17.14	4.25	865.15	47.07	141.63	693.5	-382.68

TABELA A.30- Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 35%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	41.1	28.56	7.95	1619.1	78.84	265.04	882.9	-364.93
	p2	466.2	38.2	25.7	7.39	1504.9	74.03	246.35	853.1	-386.92
	p3	414.4	33.37	22.85	6.46	1314.5	66.01	215.18	805.3	-390.9
	p4	362.6	30.53	19.99	5.91	1202.5	61.29	196.85	776	-413.4
	p5	310.8	28.06	17.14	5.43	1105.5	57.2	180.97	750.2	-439.44
01/nov	p1	518	39.4	28.56	7.62	1551.9	76.01	254.05	867.1	-349.09
	p2	466.2	36.82	25.7	7.12	1450.6	71.74	237.46	840.3	-374.09
	p3	414.4	31.88	22.85	6.17	1255.8	63.53	205.57	791.4	-377.04
	p4	362.6	26.86	19.99	5.2	1058.1	55.2	173.21	741.9	-379.3
	p5	310.8	27.53	17.14	5.33	1084.4	56.3	177.51	745.2	-434.44
15/nov	p1	518	38.56	28.56	7.46	1519.1	74.63	248.68	859.3	-341.33
	p2	466.2	35.61	25.7	6.89	1402.8	69.73	229.63	829	-362.8
	p3	414.4	29.6	22.85	5.73	1166.1	59.75	190.88	770.3	-355.85
	p4	362.6	26.95	19.99	5.21	1061.7	55.35	173.81	742.8	-380.16
	p5	310.8	26.06	17.14	5.04	1026.7	53.88	168.08	731.6	-420.83
01/dez	p1	518	36.13	28.56	6.99	1423.2	70.59	232.98	836.7	-318.68
	p2	466.2	32.88	25.7	6.36	1295.2	65.19	212.02	803.6	-337.39
	p3	414.4	27.43	22.85	5.31	1080.7	56.15	176.91	750.1	-335.69
	p4	362.6	25.28	19.99	4.89	995.72	52.57	163	727.2	-364.57
	p5	310.8	23.68	17.14	4.58	932.63	49.91	152.67	709.4	-398.61
15/dez	p1	518	32.3	28.56	6.25	1272.6	64.24	208.32	801.1	-283.11
	p2	466.2	28.85	25.7	5.58	1136.5	58.5	186.05	766.1	-299.93
	p3	414.4	23.77	22.85	4.6	936.27	50.06	153.27	716	-301.58
	p4	362.6	21.91	19.99	4.24	862.96	46.97	141.27	695.8	-333.22
	p5	310.8	20.95	17.14	4.05	825.39	45.39	135.12	684.1	-373.29

TABELA A.31 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica do Planalto Médio, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 40%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	40.52	28.56	7.84	1596.1	77.87	261.28	877.5	-359.51
	p2	466.2	37.54	25.7	7.26	1478.6	72.92	242.05	846.9	-380.72
	p3	414.4	32.66	22.85	6.32	1286.4	64.82	210.59	798.7	-384.27
	p4	362.6	29.31	19.99	5.67	1154.8	59.27	189.03	764.7	-402.12
	p5	310.8	26.92	17.14	5.21	1060.7	55.31	173.63	739.6	-428.84
01/nov	p1	518	38.91	28.56	7.53	1532.6	75.2	250.89	862.5	-344.52
	p2	466.2	36.16	25.7	6.99	1424.3	70.63	233.16	834.1	-367.88
	p3	414.4	31.05	22.85	6.01	1223.3	62.16	200.26	783.8	-369.37
	p4	362.6	25.89	19.99	5.01	1019.8	53.58	166.94	732.9	-370.25
	p5	310.8	26.56	17.14	5.14	1046.4	54.71	171.3	736.3	-425.48
15/nov	p1	518	38.04	28.56	7.36	1498.7	73.77	245.34	854.5	-336.51
	p2	466.2	34.96	25.7	6.76	1377.2	68.65	225.45	823	-356.77
	p3	414.4	28.86	22.85	5.58	1136.9	58.52	186.11	763.4	-348.96
	p4	362.6	26.09	19.99	5.05	1027.8	53.92	168.25	734.8	-372.15
	p5	310.8	25.16	17.14	4.87	990.98	52.37	162.22	723.2	-412.39
01/dez	p1	518	35.57	28.56	6.88	1401.3	69.66	229.39	831.5	-313.51
	p2	466.2	32.31	25.7	6.25	1272.9	64.25	208.38	798.3	-332.14
	p3	414.4	26.67	22.85	5.16	1050.4	54.87	171.96	742.9	-328.54
	p4	362.6	24.27	19.99	4.69	955.97	50.89	156.49	717.8	-355.18
	p5	310.8	22.63	17.14	4.38	891.41	48.17	145.92	699.7	-388.88
15/dez	p1	518	31.66	28.56	6.12	1247	63.16	204.14	795.1	-277.08
	p2	466.2	28.27	25.7	5.47	1113.5	57.53	182.29	760.7	-294.5
	p3	414.4	23.03	22.85	4.45	907.09	48.83	148.49	709.1	-294.69
	p4	362.6	20.96	19.99	4.06	825.76	45.4	135.18	687	-324.43
	p5	310.8	19.99	17.14	3.87	787.46	43.79	128.91	675.1	-364.33

TABELA A.32 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 2%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	60.62	28.56	11.7	2387.9	111.3	390.9	1065	-546.5
	p2	466.2	59.29	25.7	11.5	2335.8	109.1	382.36	1049	-583.12
	p3	414.4	58.08	22.85	11.2	2288	107	374.54	1035	-620.79
	p4	362.6	54.59	19.99	10.6	2150.5	101.2	352.03	999.9	-637.26
	p5	310.8	53.22	17.14	10.3	2096.5	98.97	343.2	984.3	-673.45
01/nov	p1	518	56.88	28.56	11	2240.6	105	366.78	1030	-511.7
	p2	466.2	56.39	25.7	10.9	2221.2	104.2	363.62	1022	-556.08
	p3	414.4	54.42	22.85	10.5	2143.9	101	350.96	1001	-586.76
	p4	362.6	51.73	19.99	10	2037.8	96.49	333.58	973.2	-610.64
	p5	310.8	49.42	17.14	9.56	1947	92.66	318.72	948.9	-638.14
15/nov	p1	518	54.66	28.56	10.6	2153.4	101.4	352.51	1009	-491.12
	p2	466.2	53.38	25.7	10.3	2102.7	99.23	344.21	994.3	-528.09
	p3	414.4	49.47	22.85	9.57	1948.8	92.74	319.01	955.1	-540.68
	p4	362.6	45.11	19.99	8.73	1777	85.5	290.89	911.7	-549.06
	p5	310.8	43.9	17.14	8.49	1729.2	83.49	283.07	897.5	-586.72
01/dez	p1	518	49.54	28.56	9.58	1951.7	92.86	319.49	961.5	-443.48
	p2	466.2	48.87	25.7	9.45	1925.1	91.74	315.13	952.3	-486.14
	p3	414.4	43.94	22.85	8.5	1731	83.56	283.37	903.7	-489.26
	p4	362.6	40.59	19.99	7.85	1599	78	261.76	869.6	-507.03
	p5	310.8	39.11	17.14	7.57	1540.6	75.54	252.2	853	-542.19
15/dez	p1	518	44.44	28.56	8.6	1750.7	84.39	286.59	914	-396.03
	p2	466.2	42.34	25.7	8.19	1667.9	80.9	273.04	891.6	-425.42
	p3	414.4	38.38	22.85	7.42	1511.8	74.32	247.49	851.9	-437.5
	p4	362.6	35.31	19.99	6.83	1391.1	69.23	227.72	820.5	-457.93
	p5	310.8	36.84	17.14	7.13	1451.3	71.77	237.57	831.9	-521.09

TABELA A.33 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 5%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	58.03	28.56	11.2	2286.2	107	374.24	1040	-522.47
	p2	466.2	56.49	25.7	10.9	2225.2	104.4	364.27	1023	-557.03
	p3	414.4	54.85	22.85	10.6	2160.7	101.7	353.7	1005	-590.73
	p4	362.6	51.59	19.99	9.98	2032.3	96.26	332.69	972	-609.35
	p5	310.8	50	17.14	9.67	1969.6	93.62	322.42	954.3	-643.48
01/nov	p1	518	54.71	28.56	10.6	2155.2	101.4	352.81	1010	-491.55
	p2	466.2	53.86	25.7	10.4	2121.7	100	347.32	998.8	-532.57
	p3	414.4	51.34	22.85	9.93	2022.5	95.85	331.08	972.5	-558.08
	p4	362.6	49.13	19.99	9.5	1935.3	92.17	316.81	949	-586.44
	p5	310.8	46.72	17.14	9.04	1840.5	88.17	301.28	923.8	-612.99
15/nov	p1	518	52.48	28.56	10.2	2067.3	97.74	338.42	988.8	-470.79
	p2	466.2	51.04	25.7	9.87	2010.4	95.34	329.11	972.5	-506.3
	p3	414.4	47	22.85	9.09	1851.4	88.64	303.07	932.1	-517.69
	p4	362.6	42.98	19.99	8.31	1693.1	81.96	277.16	891.9	-529.25
	p5	310.8	41.84	17.14	8.09	1648.2	80.07	269.82	878.4	-567.6
01/dez	p1	518	47.7	28.56	9.23	1879.1	89.8	307.61	944.3	-426.34
	p2	466.2	46.76	25.7	9.05	1841.9	88.24	301.52	932.7	-466.5
	p3	414.4	41.92	22.85	8.11	1651.2	80.2	270.29	884.8	-470.4
	p4	362.6	38.57	19.99	7.46	1519.5	74.65	248.74	850.9	-488.25
	p5	310.8	37.36	17.14	7.23	1471.7	72.63	240.92	836.7	-525.91
15/dez	p1	518	42.6	28.56	8.24	1678.1	81.33	274.71	896.9	-378.89
	p2	466.2	40.48	25.7	7.83	1594.6	77.81	261.04	874.3	-408.11
	p3	414.4	36.38	22.85	7.04	1433	71	234.59	833.3	-418.89
	p4	362.6	33.33	19.99	6.45	1313	65.94	214.95	802.1	-439.5
	p5	310.8	34.49	17.14	6.67	1358.6	67.87	222.41	810	-499.21

TABELA A.34 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 10%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	55.75	28.56	10.8	2196.1	103.2	359.5	1019	-501.19
	p2	466.2	54	25.7	10.5	2127.1	100.3	348.21	1000	-533.86
	p3	414.4	51.97	22.85	10.1	2047.3	96.89	335.14	978.3	-563.94
	p4	362.6	48.92	19.99	9.46	1927.3	91.83	315.49	947.2	-584.55
	p5	310.8	47.14	17.14	9.12	1856.9	88.87	303.97	927.7	-616.87
01/nov	p1	518	52.78	28.56	10.2	2079.4	98.24	340.39	991.6	-473.63
	p2	466.2	51.61	25.7	9.98	2033	96.29	332.81	977.8	-511.64
	p3	414.4	48.6	22.85	9.4	1914.5	91.29	313.4	947	-532.59
	p4	362.6	46.82	19.99	9.06	1844.5	88.34	301.94	927.6	-564.99
	p5	310.8	44.31	17.14	8.57	1745.6	84.18	285.76	901.4	-590.6
15/nov	p1	518	50.54	28.56	9.78	1990.7	94.51	325.88	970.7	-452.7
	p2	466.2	48.95	25.7	9.47	1928.4	91.88	315.67	953.1	-486.92
	p3	414.4	44.79	22.85	8.67	1764.6	84.98	288.86	911.6	-497.19
	p4	362.6	41.09	19.99	7.95	1618.7	78.83	264.98	874.3	-511.68
	p5	310.8	40.02	17.14	7.74	1576.4	77.04	258.05	861.4	-550.63
01/dez	p1	518	46.06	28.56	8.91	1814.6	87.08	297.04	929.1	-411.1
	p2	466.2	44.88	25.7	8.68	1767.9	85.11	289.4	915.2	-449.02
	p3	414.4	40.12	22.85	7.76	1580.4	77.21	258.71	868.1	-453.69
	p4	362.6	36.79	19.99	7.12	1449.1	71.68	237.22	834.2	-471.63
	p5	310.8	35.8	17.14	6.93	1410.4	70.05	230.89	822.2	-511.44
15/dez	p1	518	40.97	28.56	7.93	1614	78.63	264.2	881.7	-363.73
	p2	466.2	38.82	25.7	7.51	1529.3	75.06	250.35	858.9	-392.69
	p3	414.4	34.59	22.85	6.69	1362.7	68.03	223.07	816.7	-402.27
	p4	362.6	31.57	19.99	6.11	1243.7	63.02	203.6	785.7	-423.14
	p5	310.8	32.39	17.14	6.27	1275.8	64.38	208.86	790.5	-479.66

TABELA A.35 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da

soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 15%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	54.2	28.56	10.5	2135.2	100.6	349.53	1005	-486.81
	p2	466.2	52.32	25.7	10.1	2061.1	97.48	337.4	984.5	-518.27
	p3	414.4	50.04	22.85	9.68	1971	93.68	322.66	960.3	-545.94
	p4	362.6	47.13	19.99	9.12	1856.5	88.85	303.91	930.4	-567.84
	p5	310.8	45.21	17.14	8.75	1781	85.67	291.55	909.8	-598.95
01/nov	p1	518	51.49	28.56	9.96	2028.3	96.09	332.03	979.6	-461.57
	p2	466.2	50.09	25.7	9.69	1973.2	93.77	323.02	963.7	-497.51
	p3	414.4	46.76	22.85	9.05	1841.9	88.24	301.52	929.9	-515.45
	p4	362.6	45.27	19.99	8.76	1783.2	85.76	291.91	913.1	-550.52
	p5	310.8	42.69	17.14	8.26	1681.8	81.49	275.31	886.3	-575.52
15/nov	p1	518	49.23	28.56	9.52	1939.3	92.34	317.46	958.6	-440.56
	p2	466.2	47.54	25.7	9.2	1872.9	89.54	306.6	940	-473.82
	p3	414.4	43.31	22.85	8.38	1706.2	82.52	279.31	897.8	-483.41
	p4	362.6	39.82	19.99	7.7	1568.7	76.72	256.8	862.5	-499.88
	p5	310.8	38.79	17.14	7.5	1527.9	75	250.11	850	-539.18
01/dez	p1	518	44.96	28.56	8.7	1771.2	85.25	289.94	918.9	-400.85
	p2	466.2	43.61	25.7	8.44	1717.9	83.01	281.22	903.4	-437.22
	p3	414.4	38.91	22.85	7.53	1532.6	75.2	250.89	856.8	-442.41
	p4	362.6	35.57	19.99	6.88	1401.3	69.66	229.39	823	-460.35
	p5	310.8	34.76	17.14	6.72	1369.2	68.31	224.14	812.5	-501.71
15/dez	p1	518	39.87	28.56	7.71	1570.6	76.8	257.1	871.5	-353.48
	p2	466.2	37.7	25.7	7.29	1485.2	73.2	243.13	848.5	-382.27
	p3	414.4	33.39	22.85	6.46	1315.2	66.04	215.3	805.5	-391.07
	p4	362.6	30.38	19.99	5.88	1196.7	61.04	195.9	774.6	-412.03
	p5	310.8	30.98	17.14	5.99	1220.4	62.04	199.78	777.4	-466.57

TABELA A.36 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 25%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	51.91	28.56	10	2045.1	96.8	334.78	983.5	-465.53
	p2	466.2	49.84	25.7	9.64	1963.4	93.35	321.4	961.4	-495.18
	p3	414.4	47.17	22.85	9.13	1858.3	88.93	304.21	933.7	-519.32
	p4	362.6	44.47	19.99	8.6	1751.8	84.44	286.77	905.7	-543.12
	p5	310.8	42.36	17.14	8.19	1668.7	80.93	273.16	883.2	-572.42
01/nov	p1	518	49.57	28.56	9.59	1952.8	92.91	319.67	961.7	-443.74
	p2	466.2	47.85	25.7	9.26	1885	90.05	308.57	942.9	-476.67
	p3	414.4	44.03	22.85	8.52	1734.3	83.7	283.91	904.4	-490.04
	p4	362.6	42.97	19.99	8.31	1692.7	81.95	277.1	891.8	-529.16
	p5	310.8	40.29	17.14	7.8	1587.3	77.5	259.85	864	-553.22
15/nov	p1	518	47.29	28.56	9.15	1863.1	89.13	304.98	940.6	-422.55
	p2	466.2	45.46	25.7	8.79	1790.8	86.08	293.16	920.7	-454.45
	p3	414.4	41.12	22.85	7.95	1619.8	78.87	265.16	877.4	-462.99
	p4	362.6	37.93	19.99	7.34	1494.3	73.58	244.62	844.9	-482.31
	p5	310.8	36.96	17.14	7.15	1456	71.97	238.35	833	-522.21
01/dez	p1	518	43.32	28.56	8.38	1706.6	82.53	279.37	903.6	-385.6
	p2	466.2	41.74	25.7	8.07	1644.2	79.9	269.16	886	-419.82
	p3	414.4	37.11	22.85	7.18	1461.9	72.22	239.31	840.1	-425.7
	p4	362.6	33.79	19.99	6.54	1331.3	66.71	217.93	806.4	-443.81
	p5	310.8	33.21	17.14	6.43	1308.3	65.74	214.17	798.1	-487.33
15/dez	p1	518	38.24	28.56	7.4	1506.4	74.09	246.59	856.3	-338.32
	p2	466.2	36.04	25.7	6.97	1419.9	70.45	232.44	833.1	-366.85
	p3	414.4	31.61	22.85	6.12	1245.2	63.08	203.84	788.9	-374.54
	p4	362.6	28.62	19.99	5.54	1127.4	58.12	184.55	758.3	-395.66
	p5	310.8	28.89	17.14	5.59	1138	58.56	186.29	757.9	-447.1

TABELA A.37 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 30%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	50.97	28.56	9.86	2007.9	95.23	328.69	974.8	-456.75
	p2	466.2	48.81	25.7	9.44	1922.9	91.65	314.78	951.8	-485.62
	p3	414.4	45.99	22.85	8.9	1811.6	86.96	296.57	922.7	-508.3
	p4	362.6	43.37	19.99	8.39	1708.4	82.61	279.67	895.5	-532.87
	p5	310.8	41.18	17.14	7.97	1622.3	78.98	265.58	872.3	-561.48
01/nov	p1	518	48.78	28.56	9.44	1921.4	91.59	314.54	954.3	-436.34
	p2	466.2	46.92	25.7	9.08	1848.5	88.51	302.6	934.3	-468.05
	p3	414.4	42.9	22.85	8.3	1689.8	81.82	276.62	893.9	-479.53
	p4	362.6	42.02	19.99	8.13	1655.2	80.36	270.95	882.9	-520.29
	p5	310.8	39.3	17.14	7.6	1548.3	75.86	253.46	854.8	-544
15/nov	p1	518	46.5	28.56	9	1831.7	87.81	299.85	933.2	-415.15
	p2	466.2	44.6	25.7	8.63	1756.9	84.65	287.61	912.6	-446.43
	p3	414.4	40.21	22.85	7.78	1584	77.37	259.31	869	-454.55
	p4	362.6	37.16	19.99	7.19	1463.7	72.29	239.6	837.7	-475.07
	p5	310.8	36.21	17.14	7.01	1426.5	70.73	233.51	826	-515.23
01/dez	p1	518	42.65	28.56	8.25	1680	81.41	275.01	897.3	-379.32
	p2	466.2	40.97	25.7	7.93	1614	78.63	264.2	878.9	-412.67
	p3	414.4	36.37	22.85	7.04	1432.7	70.99	234.53	833.2	-418.81
	p4	362.6	33.05	19.99	6.39	1302.1	65.48	213.15	799.5	-436.92
	p5	310.8	32.56	17.14	6.3	1282.8	64.67	209.99	792.1	-481.3
15/dez	p1	518	37.56	28.56	7.27	1479.7	72.97	242.23	850	-332.03
	p2	466.2	35.37	25.7	6.84	1393.3	69.33	228.08	826.8	-360.56
	p3	414.4	30.88	22.85	5.97	1216.4	61.87	199.12	782.1	-367.73
	p4	362.6	27.9	19.99	5.4	1098.9	56.92	179.9	751.5	-388.94
	p5	310.8	28.03	17.14	5.42	1104.1	57.13	180.73	749.9	-439.09

TABELA A.38 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 35%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	50.09	28.56	9.69	1973.2	93.77	323.02	966.6	-448.57
	p2	466.2	47.86	25.7	9.26	1885.3	90.07	308.63	943	-476.75
	p3	414.4	44.89	22.85	8.68	1768.2	85.13	289.46	912.5	-498.05
	p4	362.6	42.35	19.99	8.19	1668.3	80.92	273.1	886	-523.39
	p5	310.8	40.09	17.14	7.76	1579.3	77.17	258.53	862.1	-551.32
01/nov	p1	518	48.04	28.56	9.29	1892.2	90.36	309.76	947.5	-429.45
	p2	466.2	46.06	25.7	8.91	1814.6	87.08	297.04	926.2	-460.04
	p3	414.4	41.85	22.85	8.1	1648.6	80.09	269.88	884.2	-469.8
	p4	362.6	41.13	19.99	7.96	1620.2	78.89	265.22	874.6	-512.02
	p5	310.8	38.39	17.14	7.43	1512.2	74.34	247.55	846.3	-535.47
15/nov	p1	518	45.75	28.56	8.85	1802.2	86.56	295.01	926.2	-408.17
	p2	466.2	43.8	25.7	8.47	1725.6	83.33	282.47	905.2	-439.03
	p3	414.4	39.37	22.85	7.62	1550.9	75.97	253.87	861.1	-446.72
	p4	362.6	36.43	19.99	7.05	1435.2	71.09	234.95	831	-468.36
	p5	310.8	35.51	17.14	6.87	1398.8	69.56	228.98	819.5	-508.69
01/dez	p1	518	42.03	28.56	8.13	1655.5	80.38	271.01	891.6	-373.55
	p2	466.2	40.25	25.7	7.79	1585.5	77.43	259.55	872.2	-405.95
	p3	414.4	35.67	22.85	6.9	1405.3	69.83	230.05	826.8	-412.35
	p4	362.6	32.37	19.99	6.26	1275.1	64.35	208.74	793.1	-430.54
	p5	310.8	31.97	17.14	6.19	1259.4	63.68	206.17	786.6	-475.78
15/dez	p1	518	36.93	28.56	7.15	1454.9	71.92	238.17	844.2	-326.17
	p2	466.2	34.73	25.7	6.72	1368.1	68.27	223.96	820.8	-354.62
	p3	414.4	30.19	22.85	5.84	1189.4	60.73	194.7	775.8	-361.36
	p4	362.6	27.22	19.99	5.27	1072.3	55.8	175.54	745.3	-382.66
	p5	310.8	27.22	17.14	5.27	1072.3	55.8	175.54	742.4	-431.6

TABELA A.39 - Estimativas das receitas brutas, custos devidos à irrigação e receita líquida proveniente da irrigação por aspersão, sistema pivô Central, na cultura da soja na região agroecológica das Missões, RS, em função da época de semeadura, nível de manejo da irrigação e risco de 40%.

Época Semeadura	Nível manejo	R bruta US\$.ha ⁻¹	CMO US\$.ha ⁻¹	C Com. US\$.ha ⁻¹	CCRM US\$.ha ⁻¹	Eb kWh.ha ⁻¹	C Energ US\$.ha ⁻¹	CAE US\$.ha ⁻¹	C. Total US\$.ha ⁻¹	R. Liq. US\$.ha ⁻¹
15/out	p1	518	49.26	28.56	9.53	1940.4	92.39	317.64	958.8	-440.81
	p2	466.2	46.95	25.7	9.08	1849.6	88.56	302.77	934.5	-468.31
	p3	414.4	43.84	22.85	8.48	1727	83.39	282.71	902.7	-488.32
	p4	362.6	41.39	19.99	8.01	1630.4	79.32	266.89	877	-514.44
	p5	310.8	39.04	17.14	7.55	1538.1	75.43	251.78	852.4	-541.59
01/nov	p1	518	47.34	28.56	9.16	1864.9	89.2	305.28	941	-422.99
	p2	466.2	45.25	25.7	8.75	1782.5	85.73	291.79	918.7	-452.46
	p3	414.4	40.85	22.85	7.9	1609.2	78.43	263.43	874.9	-460.5
	p4	362.6	40.29	19.99	7.8	1587.3	77.5	259.85	866.9	-504.27
	p5	310.8	37.51	17.14	7.26	1477.5	72.88	241.87	838.1	-527.29
15/nov	p1	518	45.04	28.56	8.71	1774.4	85.39	290.47	919.6	-401.63
	p2	466.2	43.04	25.7	8.33	1695.7	82.07	277.58	898.2	-431.96
	p3	414.4	38.57	22.85	7.46	1519.5	74.65	248.74	853.7	-439.31
	p4	362.6	35.74	19.99	6.91	1407.9	69.94	230.47	824.5	-461.9
	p5	310.8	34.85	17.14	6.74	1372.9	68.47	224.74	813.4	-502.57
01/dez	p1	518	41.42	28.56	8.01	1631.8	79.38	267.13	886	-367.95
	p2	466.2	39.56	25.7	7.65	1558.5	76.29	255.13	865.8	-399.58
	p3	414.4	35.03	22.85	6.78	1379.8	68.76	225.87	820.7	-406.32
	p4	362.6	31.72	19.99	6.14	1249.6	63.27	204.56	787.1	-424.52
	p5	310.8	31.41	17.14	6.08	1237.2	62.75	202.53	781.3	-470.53
15/dez	p1	518	36.34	28.56	7.03	1431.6	70.94	234.35	838.7	-320.66
	p2	466.2	34.13	25.7	6.6	1344.4	67.27	220.08	815.2	-349.02
	p3	414.4	29.55	22.85	5.72	1163.9	59.66	190.53	769.7	-355.33
	p4	362.6	26.58	19.99	5.14	1047.2	54.74	171.42	739.3	-376.71
	p5	310.8	26.46	17.14	5.12	1042.4	54.54	170.64	735.3	-424.54