



**Tese de Doutorado**

**IMPACTO DA APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL  
NA PRODUÇÃO ORIZÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
ARROIO GRANDE - SANTA MARIA - RS**

---

**Alessandro Herbert de Oliveira Santos**

**PPGEA**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**



**UFSM**

**Tese de Doutorado**

**IMPACTO DA APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL  
NA PRODUÇÃO ORIZÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
ARROIO GRANDE - SANTA MARIA - RS**

---

**Alessandro Herbert de Oliveira Santos**

**PPGEA**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

**IMPACTO DA APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL  
NA PRODUÇÃO ORIZÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
ARROIO GRANDE - SANTA MARIA - RS**

---

**por**

**Alessandro Herbert de Oliveira Santos**

Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutor em Engenharia Agrícola.**

**PPGEA**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**IMPACTO DA APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO  
AMBIENTAL NA PRODUÇÃO ORIZÍCOLA DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO ARROIO GRANDE - SANTA MARIA - RS**

elaborada por  
**Alessandro Herbert de Oliveira Santos**

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

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Adroaldo Dias Robaina  
(Presidente / Orientador)**

---

**Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia Xavier Peiter**

---

**Prof. Dr. José Sales Mariano da Rocha**

---

**Prof. Dr. Rudiney Soares Pereira**

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2005.

S237i

Santos, Alessandro Herbert de Oliveira, 1975-

Impacto da aplicação da Legislação Ambiental na produção orizícola da bacia hidrográfica do Arroio Grande – Santa Maria – RS / por Alessandro Herbert de Oliveira Santos ; orientador Adroaldo Dias Robaina. – Santa Maria, 2005.

xvi, 106 f. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

1. Engenharia agrícola 2. Legislação ambiental 3. Modelagem 4. Orizicultura I. Robaina, Adroaldo Dias, orient. II. Título

CDU: 633.18.03:349.6

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

---

© 2005

Todos os direitos autorais reservados a Alessandro Herbert de Oliveira Santos e Adroaldo Dias Robaina. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho poderá ser feita, desde que citada a fonte.

Endereço: Rua Barão do Triunfo, nº 891/102, Santa Maria, RS. 97010-070. Fone: (0XX) 55 221-9802; End. Eletrônico: aleh75@yahoo.com.br ou Rua Dois, nº 110. Parque Alto da Colina. Camobi, Santa Maria, RS. 97110-760. Fone: (0XX) 55 226-2468; End. Eletrônico: robaina@smail.ufsm.br

---

***“Um dia me disseram  
Que as nuvens não eram de algodão  
Sem querer eles me deram  
As chaves que abrem esta prisão”.***  
***(Gessinger, 1986).***

Dedico este trabalho aqueles que  
realmente acreditaram nesta longa jornada.

## AGRADECIMENTOS

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria, pela participação no Doutorado em Engenharia Agrícola na Área de Engenharia de Água e Solo.

Ao CNPq pela bolsa concedida;

Ao prof. Dr. Adroaldo Dias Robaina pela orientação e aprendizado proporcionados no decorrer deste curso;

À Comissão Orientadora pela transmissão de conhecimentos e experiências profissionais e a Comissão Examinadora pelas sugestões;

Ao grande “mestre” Prof. Dr. José Sales Mariano da Rocha, pela incansável orientação pessoal e profissional, amizade e confiança;

À Prof. Esp. Maria Aparecida Mariano da Rocha pelo apoio e incentivo;

À minha mãe, leda pela dedicação, carinho e confiança demonstrada no decorrer do curso e da vida;

Ao tio Mário, pelo incentivo e colaboração;

A meu pai e familiares pelo apoio;

À tia Iara e tio Eloi pelos conselhos e incentivo;

Aos meus irmãos, Paulo e Mariane pela amizade;

À minha namorada, Fabiana pelo carinho, incentivo e companheirismo;

As Famílias Cardoso e Siqueira pelo apoio e convívio nestes anos;

Aos amigos e companheiros, Sandra, Marcela, Silvia, Fábio, Marcelo, Selso, Paulo Souza, Alessandrino e Charles pela amizade e auxílio diário;

Ao colega e companheiro desta longa trajetória, Paulo Dill, pela convivência e constante colaboração.

Aos colegas, funcionários, amigos e estagiários do Departamento de Engenharia Rural e Laboratório de Projetos Ambientais pelo apoio e ao Sr. Glenio Picada (IRGA) pela sua atenção e fundamental colaboração.

A todas as pessoas que colaboraram, de forma direta ou indireta, para a formação no decorrer dos anos, os meus sinceros agradecimentos.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	04
2.1 Legislação Ambiental .....	04
2.2 Legislação Florestal .....	06
2.3 Legislação de Recursos Hídricos .....	07
2.4 Cobrança pelo uso da água .....	08
2.5 Custos estimados para a cobrança da água .....	12
2.6 Exploração orizícola .....	13
2.7 Modelagem e simulação de sistemas .....	18
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	24
3.1 Localização da região .....	24
3.2 Características da região .....	24
3.2.1 Clima .....	24
3.2.2 Solos .....	26
3.2.3 Uso e cobertura da terra .....	27
3.2.4 Vegetação.....	27
3.3 Dados Agroclimáticos.....	28
3.4 Dados censitários da região .....	28
3.5 Modelagem da precipitação pluvial .....	28
3.5.1 Modelagem da ocorrência .....	29
3.5.2 Modelagem da quantidade precipitada .....	29
3.5.2.1 Distribuição gama .....	29
3.5.2.2 Estimativa dos parâmetros .....	30
3.5.2.3 Testes de aderência do Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) .....	30
3.5.3 Obtenção da quantidade de precipitação .....	31
3.5.4 Avaliação da modelagem da precipitação pluvial .....	31
3.6 Modelagem das variáveis agroclimáticas .....	32
3.6.1 Normalização dos dados climáticos .....	32

3.6.2 Cálculo dos coeficientes do modelo AR(1) .....	33
3.6.3 Avaliação da modelagem .....	33
3.7 Geração de séries sintéticas .....	33
3.7.1 Séries de precipitação pluvial .....	33
3.7.2 Séries de variáveis agroclimáticas .....	34
3.8 Modelagem da produção de arroz .....	34
3.8.1 Modelo para a estimativa de produção potencial .....	35
3.8.2 Modelo para a estimativa de produção real .....	37
3.8.3 Produção de grãos .....	40
3.8.4 Fluxograma do modelo de produção .....	40
3.8.5 Calibração do modelo de produção .....	42
3.9 Custo de produção de arroz na região .....	42
3.10 Receita líquida da atividade .....	43
3.11 Aplicação do modelo: simulação de cenários .....	43
3.11.1 Cenário 1 .....	43
3.11.2 Cenário 2 .....	43
3.11.3 Cenário 3 .....	44
3.11.4 Cenário 4 .....	44
3.11.5 Comparação dos resultados obtidos nos cenários .....	44
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
4.1 Caracterização da área em estudo .....	45
4.1.1 Área e tipos de sistemas de cultivo da terra .....	45
4.1.2 Área e principais cultivares de arroz .....	45
4.1.3 Sistema de posse da terra .....	46
4.1.4 Custo do arrendamento da terra .....	46
4.1.5 Custo do arrendamento da terra e água .....	48
4.1.6 Sistematização da área de cultivo de arroz .....	48
4.1.7 Épocas do início da semeadura .....	48
4.1.8 Épocas do início e término da irrigação .....	48
4.1.9 Fontes de água e de energia utilizadas na irrigação .....	50

4.1.10 Produção de arroz por unidade de área .....	50
4.2 Modelagem da precipitação pluvial diária .....	53
4.2.1 Coeficientes da matriz de transição (P00, P10, P01 e P11) .....	53
4.2.2 Valores dos parâmetros ( $\alpha$ e $\beta$ ) da função gama utilizados para estimar a quantidade de chuva precipitada .....	54
4.3 Modelagem das variáveis agroclimáticas .....	54
4.3.1 Coeficientes da função senoidal ajustada aos valores médios diários das variáveis agroclimáticas .....	54
4.3.2 Coeficientes da função senoidal ajustada aos valores do desvio padrão das variáveis agroclimáticas .....	57
4.3.3 Elementos das Matrizes A e B .....	60
4.4 Parâmetros necessários ao modelo de produção .....	61
4.4.1 Ajustamento dos valores da radiação solar na ausência da atmosfera $R_0$ em função do tempo .....	62
4.4.2 Ajustamento dos valores da insolação máxima possível N (horas) em função do tempo .....	63
4.4.3 Ajustamento dos valores da taxa de produção potencial diária $P_c$ nos dias claros em função do tempo .....	63
4.4.4 Ajustamento dos valores da taxa de produção potencial diária $P_o$ nos dias nublados em função do tempo .....	64
4.4.5 Ajustamento dos valores da radiação solar fotossinteticamente ativa nos dias claros $R_c$ em função do tempo .....	65
4.5 Calibração do modelo de produção de arroz .....	66
4.6 Coeficientes técnicos do custo de produção .....	68
4.7 Valores dos componentes do custo de produção .....	70
4.8 Valores gerados da produção de grãos, consumo total de água, parcela fornecida pela chuva e parcela suplementada por irrigação .....	71
4.9 Análise dos diferentes cenários .....	73
4.9.1 Análise do Cenário 1 .....	74
4.9.2 Análise do Cenário 2 .....	76
4.9.3 Análise do Cenário 3 .....	77

4.9.4 Análise do Cenário 4 .....	79
4.10 Comparação dos cenários .....	81
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>83</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>93</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Mapa de localização da região .....	25
FIGURA 02 - Significado do parâmetro A .....	39
FIGURA 03 - Fluxograma simplificado do modelo de produção de matéria seca da planta .....	41
FIGURA 04 - Tipos de sistemas de cultivo de arroz no Arroio Grande .....	45
FIGURA 05 - Distribuição da área dos cultivares de arroz irrigado no Arroio Grande .....	46
FIGURA 06 - Distribuição da posse da terra no Arroio Grande .....	47
FIGURA 07 - Valores do custo do arrendamento da terra no Arroio Grande.....	47
FIGURA 08 - Valores do custo do arrendamento da terra e água no Arroio Grande .....	49
FIGURA 09 - Área sistematizada e área não sistematizada no Arroio Grande..	49
FIGURA 10 - Épocas do início da semeadura, em quinzenas, no Arroio Grande .....	50
FIGURA 11 - Início da irrigação, após a semeadura, no Arroio Grande .....	51
FIGURA 12 - Término da irrigação, em dias antes da colheita, no Arroio Grande .....	51
FIGURA 13 - Distribuição das fontes e energia de irrigação no Arroio Grande.....	52
FIGURA 14 - Produção por unidade de área e tamanho da lavoura no Arroio Grande .....	52
FIGURA 15 - T. máxima x dias do ano .....	55
FIGURA 16 - T. mínima x dias do ano .....	55

FIGURA 17 - U. relativa x dias do ano .....	55
FIGURA 18 - Insolação n x dias do ano .....	55
FIGURA 19 - T. máxima x T. máxima .....	56
FIGURA 20 - T. mínima x T. mínima .....	56
FIGURA 21 - U. relativa x U. relativa .....	57
FIGURA 22 - Insolação x insolação .....	57
FIGURA 23 - T. máxima x dias do ano .....	58
FIGURA 24 - T. mínima x dias do ano .....	58
FIGURA 25 - U. relativa x dias do ano .....	58
FIGURA 26 - Insolação x dias do ano .....	58
FIGURA 27 - T. máxima x T. máxima .....	59
FIGURA 28 - T. mínima x T. mínima .....	59
FIGURA 29 - U. relativa x U. relativa .....	60
FIGURA 30 - Insolação x insolação .....	60
FIGURA 31 - Valores da radiação solar na ausência da atmosfera ao longo do ano para a localidade $\Phi = 29^{\circ} 41' S$ .....	62
FIGURA 32 - Valores do número máximo de horas de luz solar diária N ao longo do ano para a localidade $\Phi = 29^{\circ} 41' S$ .....	63
FIGURA 33 - Valores da produção potencial diária Pc ao longo do ano para a localidade $\Phi = 29^{\circ} 41' S$ .....	64
FIGURA 34 - Valores da produção potencial diária Po ao longo do ano para a localidade $\Phi = 29^{\circ} 41' S$ .....	65
FIGURA 35 - Valores da radiação solar fotossinteticamente ativa em dias claros ao longo do ano para a localidade $\Phi = 29^{\circ} 41' S$ .....	65

FIGURA 36 - Valores da produção de matéria seca e de grãos obtidas em experimento de campo e os valores estimados pelo modelo de produção .....	68
FIGURA 37 - Variação da Produção de arroz e consumo de água .....	72
FIGURA 38 - Gráfico da variação da Produção de arroz .....	72
FIGURA 39 - Consumo de água e parcelas fornecidas pela chuva e pela irrigação .....	73
FIGURA 40 - Gráfico da redução da renda mensal causada pela aplicação da legislação ambiental .....	77
FIGURA 41 - Gráfico da redução da renda mensal causada pela aplicação da legislação de recursos hídricos .....	79
FIGURA 42 - Gráfico da redução da renda mensal causada pela aplicação da legislação florestal .....	81
FIGURA 43 - Gráfico da redução da renda mensal causada pela aplicação da legislação ambiental, florestal e de recursos hídricos.....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 -	Características físicas nos diferentes horizontes.....	26
Tabela 02 -	Tabela 2 – Matriz de transição .....	29
Tabela 03 -	Valores dos coeficientes da matriz de transição (P00, P10, P01 e P11), referentes a cada mês do ano, utilizadas para a geração da ocorrência da precipitação pluvial .....	53
Tabela 04 -	Valores dos parâmetros ( $\alpha$ e $\beta$ ) da função gama, em cada mês, para a geração da precipitação pluvial, valor médio, desvio padrão e coeficiente de assimetria .....	54
Tabela 05 -	Valores dos coeficientes da função senoidal ajustada aos valores médios diários das variáveis agroclimáticas ( $y = a + b \cdot \sin(2\pi x / d + c)$ ).....	55
Tabela 06 -	Comparação dos valores médios das variáveis agroclimáticas geradas e os da série histórica, ( $y = a + b \cdot x$ ).....	56
Tabela 07 -	Valores dos coeficientes da função senoidal ajustada ao desvio padrão dos valores diários das variáveis agroclimáticas ( $y = a + b \cdot \sin(2\pi x / d + c)$ ).....	57
Tabela 08 -	Comparação dos valores do desvio padrão dos valores diários das variáveis agroclimáticas geradas e os valores da série histórica, ( $y = a + b \cdot x$ ).....	59
Tabela 09 -	Valores dos elementos da matriz A utilizados para a geração das variáveis agroclimáticas.....	60
Tabela 10 -	Valores dos elementos da matriz B utilizados para a geração das variáveis agroclimáticas.....	60
Tabela 11 -	Radiação solar na ausência da atmosfera $R_0$ , da radiação solar fotossinteticamente ativa $R_c$ e a taxa de produção potencial nos dias claros $P_c$ , a taxa de produção potencial nos dias nublados	



	Po e o número máximo de horas de luz N para a localidade em estudo .....	61
Tabela 12 -	Comparação dos valores de produção de matéria seca e de grãos obtidos pelo modelo e os valores obtidos no experimento de Machado (2003).....	66
Tabela 13 -	Valores do coeficiente linear e do coeficiente angular da comparação entre a produção de matéria seca e de grãos obtidos em experimento de campo e através do modelo de produção, coeficiente de determinação e valores do teste t para os coeficientes a e b .....	67
Tabela 14 -	Valores em reais (R\$) adotados para os componentes do custo de produção para diferentes extratos de área .....	69
Tabela 15 -	Valores dos componentes do custo de produção adotados na análise de rentabilidade para as vinte séries sorteadas .....	70
Tabela 16 -	Valores da produção de grãos, do consumo de água, da parcela fornecida pela chuva e pela irrigação e renda bruta nas vinte séries sorteadas .....	71
Tabela 17 -	Classificação dos tipos de agricultores e descrição do tipo de agricultor considerados para a análise do impacto da aplicação da legislação ambiental, da legislação de recursos hídricos e a legislação florestal na produção orizicola da bacia do Arroio Grande .....	74
Tabela 18 -	Valores médios da receita bruta, dos componentes do custo de produção e da receita líquida para os diferentes tipos de usuários enquadrados no cenário 1 .....	75
Tabela 19 -	Renda mensal (R\$) por extrato de área de cultivo e tipo de usuário no Arroio Grande-Santa Maria-RS - Cenário 1 .....	76
Tabela 20 -	Renda mensal (R\$) por extrato de área de cultivo e tipo de usuário no Arroio Grande-Santa Maria - RS - Cenário 2 .....	76

Tabela 21 -	Valores médios da receita bruta, dos componentes do custo de produção e da receita líquida para os diferentes tipos de usuários enquadrados no cenário 3 .....	78
Tabela 22 -	Renda mensal (R\$) por extrato de área de cultivo e tipo de usuário no Arroio Grande - Santa Maria-RS - Cenário 3.....	78
Tabela 23 -	Renda mensal (R\$) por extrato de área de cultivo e tipo de usuário no Arroio Grande-Santa Maria - RS - Cenário 4 .....	80
Tabela 24 -	Renda mensal (R\$) por extrato de área de cultivo e tipo de usuário no Arroio Grande - Santa Maria - RS - Todos os cenários .....	81

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Santa Maria

### IMPACTO DA APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NA PRODUÇÃO ORIZÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO GRANDE SANTA MARIA – RS

Autor: Alessandro Herbert de Oliveira Santos  
Orientador: Adroaldo Dias Robaina  
Santa Maria, 27 de fevereiro de 2005.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o impacto da aplicação da legislação ambiental e de recursos hídricos na orizicultura da bacia hidrográfica do Arroio Grande no Município de Santa Maria. Para a referida avaliação utilizou-se a modelagem da precipitação, ocorrência e quantidade, a modelagem das variáveis agroclimáticas, as quais são necessárias para geração do modelo de produção e o modelo de produção da cultura do arroz. Com a obtenção do modelo de produção e sua devida calibração obteve-se a geração de séries sintéticas da produção da cultura do arroz. Posteriormente, obteve-se o custo de produção da cultura do arroz, através de dados apresentados em IRGA (2004) e dados levantados na região considerada. A receita líquida da atividade foi obtida através da diferença entre a receita bruta por unidade de área e o custo total de produção do sistema por unidade de área. Para a obtenção do impacto gerado na orizicultura da região com a aplicação da legislação ambiental e de recursos hídricos simulou-se quatro cenários distintos, referentes à aplicação das legislações citadas e obteve-se o benefício líquido em cada um dos cenários.

## **ABSTRACT**

Doctorate Thesis  
Post Graduation Program in Agricultural Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **THE IMPACT ON THE ENVIRONMENTAL LEGISLATION APPLICATION IN RICE GROWING OF THE ARROIO GRANDE HYDROGRAPHIC BASIN SANTA MARIA - R.S**

Researcher: Alessandro Herbert de Oliveira dos Santos  
Adviser: Adroaldo Dias Robaina  
Santa Maria, February 27th, 2005.

The present paper had as purpose to evaluate the impact in the application of the environmental legislation and hydro resources of rice growing in the hydrographic basin of Arroio Grande which is a local authority of Santa Maria. It was used to refered evaluation the precipitation model, circumstance and quantity, an agricultural climate variable model that are needed to generate the production model and the rice production model. With the production model and its right calibration was obtained a generation synthetic series of rice growing. Later it was taken the cost of rice agriculture production through the data presented at IRGA (2004) and the data which was taken in the mentioned region. The net revenue of the activity was obtained through the difference between the gross revenue per area unit and the total production cost of the system per area unit. In order to obtain the impact generated by rice culture of the region with the application of the environmental legislation and the hydro resources four distinct sceneries were simulated referring to the application of legislation before mentioned and the net benefit in each of the sceneries.

## 1 - INTRODUÇÃO

O curso histórico do homem mostra a sua associação com uma agricultura próspera, capaz de suprir alimento para a sua sobrevivência.

As grandes cidades se desenvolveram as margens de grandes rios, inicialmente para assegurar água a sua população, e posteriormente, para a irrigação. Essas civilizações alcançaram elevado grau de desenvolvimento e declinaram com o processo da agricultura, porque a água escasseou, o solo empobreceu e se desertificou devido ao aumento da população associado à falta de desenvolvimento tecnológico (Scardua, 1991).

As nações ricas têm sua agricultura desenvolvida, embora com subsídios, e as nações em desenvolvimento têm, nos produtos primários, a sua fonte de divisas para adquirir os bens necessários para o seu desenvolvimento. Mas seja para as nações ricas ou pobres, a estabilidade das safras agrícolas é fundamental e a irrigação é hoje, como foi no passado, a garantia das safras e tal como no passado, a conservação do solo e da água é uma necessidade fundamental para assegurar economicamente altas produtividades e assegurar o abastecimento regular de água aos nossos recursos hídricos.

A agricultura irrigada vem tomando importância no Brasil, tanto em termos de área cultivada como em termos de volume de produção e as culturas conduzidas sob esta ferramenta tecnológica alcançam produtividades superiores às conseguidas sem a suplementação hídrica, uma vez que é conhecimento sedimentado que a falta de chuvas é um dos principais fatores redutores de produtividade.

A tendência para os próximos anos é de que os agricultores busquem cada vez mais a garantia de produtividade via irrigação. Esta tendência, porém, leva a uma competição pelos recursos hídricos, tanto entre os irrigantes como entre estes e outros usuários da água. Assim, deduz-se uma outra tendência neste setor do agronegócio: a busca pela eficiência no uso da água. Para isso, é fundamental o conhecimento do momento correto da aplicação e da quantidade de água requerida pela cultura em questão. O manejo adequado da

irrigação evita a aplicação excessiva ou deficiente de água, economizando-se assim, água e energia.

Segundo Frizzone (1991), uma produção eficiente e rentável deve constituir um dos principais objetivos econômicos da empresa agrícola e para isto, os fatores de produção devem ser utilizados racionalmente no processo social de produção, de tal maneira que sejam obtidos os mais altos níveis de produtividade econômica.

A viabilidade econômica da atividade agrícola passa pela redução de custos para a implantação e para a condução da cultura, mas como não deixaria de ser, altamente dependente do preço de venda do produto colhido.

Além da luta permanente para a obtenção de melhores preços pelo seu produto, outra preocupação dos agricultores é a aplicação das regras oriundas da legislação ambiental e da legislação de recursos hídricos.

Pelo lado da legislação ambiental, uma das preocupações do setor agrícola tem sido com os encargos oriundos do licenciamento da atividade agrícola, aplicado pelo órgão ambiental competente, acrescida da aplicação do código florestal que os levaria a se adequarem a faixa de, no mínimo 30 metros dos cursos de água com largura de até 10 metros, reduzindo a área explorada pela agricultura em suas propriedades.

Pelo lado da legislação de recursos hídricos, a principal preocupação é a cobrança do uso da água para a produção agrícola, uma vez que a legislação pertinente declarou a água dotada de valor econômico.

Em vista destas preocupações referentes a encargos e menor receita na atividade agrícola que se baseia o ineditismo deste trabalho, visando realizar avaliações em diferentes cenários relacionados as legislações, através da geração de modelo de produção da cultura, para que se possa, desta maneira avaliar o impacto econômico destas legislações.

Um dos problemas da modelagem da produção agrícola é a obtenção de dados climáticos com uma série longa de informações que permitam inferir resposta com elevado grau de confiabilidade. Em vista disso, a modelagem de dados climáticos permite a geração de séries sintéticas de maior extensão, a

fim de alimentarem os modelos de produção das culturas, no caso específico, da produção da cultura de arroz irrigado.

O estudo comparativo entre o benefício líquido das produções agrícolas simuladas obtidas em diferentes cenários, através de modelos matemáticos, permite analisar a resposta do sistema aos diferentes cenários, de uma maneira bastante rápida para a obtenção dos resultados e de baixo custo.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - Gerais**

Avaliar os impactos da aplicação da legislação ambiental, florestal e de recursos hídricos através de um modelo de simulação da produção da cultura do arroz na bacia do Arroio Grande, em Santa Maria - RS.

### **2.2 - Específicos**

- Modelar a ocorrência e a quantidade da precipitação pluvial para o município de Santa Maria - RS.

- Modelar as variáveis agroclimáticas referentes a cultura do arroz para o município de Santa Maria - RS.

- Caracterizar a área de produção orizícola da bacia hidrográfica.

- Modelar a produção de arroz para a região de Santa Maria.

- Simular através de séries sintéticas, o efeito da aplicação da legislação ambiental, florestal e de recursos hídricos na receita líquida dos produtores.

## **2 - REVISÃO DE LITERATURA**

De uma maneira geral, existem três legislações nacionais e estaduais diretamente ligadas ao setor produtivo agrícola: a legislação ambiental, a legislação florestal e a legislação de recursos hídricos.

### **2.1 - Legislação Ambiental**

A Política Nacional do Meio Ambiente foi instituída pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 e, posteriormente, foi alterada através da Lei nº 7.804/89.

A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivos a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

Essa política tem como princípios: i) ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público. II) racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; III) o planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; IV) a proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas; V) o controle e zoneamento das atividades potenciais ou efetivamente poluidoras; VI) incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; VII) acompanhamento do estado da qualidade ambiental; VIII) recuperação de áreas degradadas; IX) proteção de áreas ameaçadas de degradação; X) educação ambiental a todos os níveis do ensino.

As diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente foram formuladas em normas e planos, destinados a orientar a ação de todas as esferas de governo no que se relaciona com a preservação da qualidade ambiental e manutenção do equilíbrio ecológico.



Dentre os instrumentos disponíveis, os mais diretamente relacionados com esse estudo são: o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental; o zoneamento ambiental e a avaliação de impactos ambientais; o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;

A construção, a instalação, a ampliação e o funcionamento de estabelecimentos e atividades que utilizam recursos ambientais, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente ou do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

A fiscalização e o controle da aplicação de critérios, normas e padrões de qualidade ambiental serão exercidos pelo IBAMA, em caráter supletivo da atuação do órgão estadual e municipal competentes.

Segundo FEPAM (2002), o licenciamento ambiental é o ato administrativo realizado pelo órgão ambiental competente, sendo federal, estadual ou municipal, para licenciar a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades e empreendimentos que utilizam recursos naturais, ou que sejam potencialmente poluidores, ou ainda possíveis causadores de degradação ambiental.

O licenciamento ambiental consiste em três etapas: a) licença prévia (LP), que é a licença que deve ser solicitada na fase de planejamento da implantação, alteração ou ampliação do empreendimento, sendo que esta licença aprova a viabilidade ambiental do empreendimento, não autorizando o início das obras. O prazo de validade da Licença Prévia é de até dois anos, sendo que se este prazo não for cumprido, deverá se pagar novamente a taxa relativa ao licenciamento prévio. b) licença instalação (LI), que é a licença que aprova os projetos, ou seja, esta licença consiste na autorização do início da obra ou empreendimento. O prazo de validade da Licença de Instalação é adequado conforme o cronograma de implantação do empreendimento e c) licença de operação (LO), que é a que autoriza o início do funcionamento do empreendimento ou obra. Somente é concedida após o atendimento das condições da Licença de Instalação. O prazo de validade da Licença de Operação está sujeito às intenções do empreendedor e as exigências da

Organização Estadual do Meio Ambiente (OEMA), sendo que atualmente a validade da licença é por um período máximo de quatro anos.

No caso particular da atividade de irrigação a solicitação de qualquer uma das licenças deve estar de acordo com a fase em que se encontra a atividade ou empreendimento: projeto, obra, operação ou ampliação, mesmo que não tenha obtido anteriormente a Licença prevista em Lei.

## **2.2 - Legislação Florestal**

Com relação ao Código Florestal Federal, instituído pela Lei nº 4.771/65 o principal aspecto relacionado ao tema proposto e que consideram-se de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja: i) de 30 m para os cursos d'água de menos de 10 m de largura; ii) de 50 m para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 m de largura; iii) de 100 m para os cursos d'água que tenham 50 m a 200 m de largura; iv) de 200 m para os cursos d'água que tenham de 200 a 600 m de largura; v) de 500 m para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 m; b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água, naturais ou artificiais; c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 m de largura.

A supressão de vegetação em área de preservação permanente somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse socio-econômico, quando não existir alternativa técnica ao empreendimento e dependerá de autorização do órgão ambiental estadual, com anuência prévia, do órgão federal ou municipal de meio ambiente.

O órgão ambiental indicará, previamente à emissão da autorização para a supressão de vegetação em área de preservação permanente, as medidas mitigadoras e compensatórias que deverão ser adotadas pelo empreendedor.

As infrações e as penalidades impostas aos infratores estão previstas na Lei da Natureza ou a Lei dos Crimes Ambientais. (Lei nº 9.605).

O Código Florestal Estadual/RS, instituído pela Lei 9.519/1992, segue as diretrizes do Código Florestal Federal, tendo como diferencial certas restrições a determinadas espécies características da região sul e algumas penalidades.

### **2.3 - Legislação de Recursos Hídricos**

Segundo BRASIL (1997), a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Nº 9433, baseia-se nos fundamentos que a água é um bem público, dotado de valor econômico e limitado, que em situações de escassez o uso prioritário é consumo humano e a dessedentação de animais, que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada, que deve-se prever usos múltiplos e que a unidade de planejamento seja a bacia hidrográfica.

Como objetivos pode-se destacar a necessidade de se garantir a sua disponibilidade com qualidade para o respectivo uso, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de ordem natural ou decorrentes de uso inadequado.

As diretrizes gerais de ação são a gestão sistemática dos recursos hídricos visando tanto a quantidade com a qualidade, a adequação da gestão às diferentes regiões do País, a integração da gestão da água com a ambiental, dentre outros.

Os instrumentos da Política de Recursos Hídricos, tanto no nível federal quanto estadual são: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água, o sistema de informações de recursos hídricos, a outorga do direito de uso e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Os planos de recursos hídricos são planos diretores que visam orientar o gerenciamento dos recursos hídricos. Esses planos devem conter o diagnóstico da situação atual, apresentar análise de alternativas de evolução populacional e das atividades produtivas e de modificações na ocupação do

solo, comparar disponibilidades e demandas futuras com identificação de conflitos potenciais e propor metas de racionalização do uso da água.

O enquadramento dos corpos de água visa assegurar qualidade compatível as águas e diminuir custos no combate à poluição, sendo que as classes de corpos de água serão estabelecidos pela legislação ambiental.

O sistema de informações de recursos hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores que interferem em sua gestão.

A outorga de uso tem como finalidade assegurar o controle qualitativo e quantitativo da água e garantir o efetivo direito de acesso a água. Os usos da água sujeitos a outorga são a captação de água existente em corpo de água ou em aquífero subterrâneo para consumo ou como insumo de processo produtivo, o lançamento de resíduos, o uso em geração de energia ou outros que alterem a sua quantidade ou sua qualidade.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos tem com objetivo, além de reconhecer a água como um bem econômico, de incentivar a racionalização e uso eficiente da água, obter recursos para financiar programas e intervenções previstos nos planos de recursos hídricos. Para a fixação de valores a serem cobrados devem ser levados em conta, nas captações o volume retirado e seu regime de variação e, nos lançamentos de resíduos o volume, o regime de variação e as características do afluente. Destaca-se que os valores arrecadados com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos sejam aplicados na bacia hidrográfica em que forem gerados.

A legislação estadual de recursos hídricos do Rio Grande do Sul, instituído pela Lei 10350/1994, apesar de ser mais antiga segue as diretrizes da legislação federal.

#### **2.4 - Cobrança pelo uso da água**

Para o Ministério do Meio Ambiente (2001), a cobrança pelo uso da água é um dos instrumentos de gestão a ser empregado para induzir o usuário da

água a uma utilização racional desse recurso. É essencial para criar condições de equilíbrio entre as disponibilidades e demandas, promovendo, em consequência, a harmonia entre os usuários competidores, ao mesmo tempo em que também redistribui os custos sociais, melhora a qualidade dos afluentes lançados, além de ensejar a formação de fundos financeiros para obras, programas e intervenções do setor.

A cobrança pelo uso da água é prevista, no Brasil, desde 10 de julho de 1934, com a promulgação do Decreto Lei nº 24.643, conhecido como Código das Águas. Instituiu fundamentos através de seu artigo 110, que recentemente são conhecidos pelo princípio "poluidor-pagador", que estabelece que "os trabalhos para a salubridade das águas serão executados à custa dos infratores que, além da responsabilidade criminal, se houver, responderão pelas perdas e danos que causarem e pelas multas que lhes forem impostas nos regulamentos administrativos". Entretanto, em que pese à importância desses preceitos legais, os mesmos nunca foram realmente implantados.

Em janeiro de 1997, a Lei nº 9.433, conhecida como Lei das Águas, criou a cobrança pelo uso dos recursos hídricos como um dos instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos. Essa Lei também estabeleceu os mecanismos com os quais a cobrança irá acontecer, a área (bacia hidrográfica) que irá pagar, quem irá decidir sobre os valores, forma de aplicação e horizonte temporal (Comitê de Bacia), e quem executará as ações oriundas dos recursos arrecadados (Agência de Águas).

A Lei Nº 9.984/2000, que instituiu a Agência Nacional de Águas (ANA), atribuiu a esta Agência a competência para implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União. Para ANA (2003), o fundamento legal para a cobrança pelo uso da água no Brasil remonta ao Código Civil de 1916 quando estabeleceu que a utilização dos bens públicos de uso comum pode ser gratuita ou retribuída, conforme as leis da União, dos Estados e dos Municípios cuja administração pertencer.

Na esfera estadual, atualmente 24 Estados e o Distrito Federal já aprovaram suas Leis sobre Política e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Todas as leis já aprovadas incluíram a cobrança pelo uso dos recursos hídricos como instrumento de gestão.

De acordo com Lanna (1995), as motivações para a cobrança são: financeira, para ser utilizada na recuperação de investimentos e pagamentos de custos operacionais e de manutenção e na geração de recursos para a expansão dos serviços; econômica, para estimular o uso produtivo do recurso; distribuição de renda, ou seja, transferência de renda de camadas mais privilegiadas economicamente para as menos privilegiadas e equidade Social, que visa a contribuição pela utilização de recurso ambiental para fins econômicos. O mesmo autor comenta também as possíveis referências utilizadas para a cobrança: capacidade de pagamento do usuário, custo do serviço, custo marginal ou incremental, custo de oportunidade, custo de mercado e o custo incremental médio.

Zwarteveen (1997), sugere a cobrança pelo: a) uso da água disponível no ambiente (água bruta) como fator de produção ou bem de consumo final; b) uso de serviços de captação, regularização, transporte, tratamento e distribuição de água (serviços de abastecimento); c) uso de serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos (serviço de esgotamento) e; uso da água disponível no ambiente como receptor de resíduos.

De acordo com Souza & Pires (1992), no caso específico da produção agrícola, duas questões relativas a cobrança devem ser consideradas: a) em que medida uma possível cobrança sobre a utilização de recursos hídricos, visando corrigir a distorção entre custos privados e custos sociais além de fornecer recursos para a recuperação de áreas atingidas pela poluição, afetaria a rentabilidade dos produtores rurais e b) em que medida a cobrança promoveria também o uso eficiente da água. Deve ser observado que, dentre as inter-relações na questão ambiental e, mais especificamente, no assunto “cobrança pelo uso dos recursos hídricos”, a análise do possível comportamento do mercado frente a um novo “encargo” é fundamental para

que o instrumento preconizado (cobrança) seja perfeitamente avaliado. Essa análise permitiria dimensionar com a maior exatidão possível, o que significa cobrar pelo uso dos recursos hídricos em termos de comportamento de mercado.

Ribeiro (2000) comenta que dentre os desafios encontrados para a adoção da cobrança como instrumento de gestão de recursos hídricos, o principal, até o momento, é a definição dos valores a serem cobrados.

Segundo Nogueira et al (1998) ainda é limitado o uso de métodos de valoração econômica ambiental no Brasil. Este fator tem impedido avanços na exploração de oportunidades de avaliar as vantagens e as deficiências dessa valoração, a qual permitiria maximizar as primeiras e minimizar as últimas.

Atualmente, a valoração dos bens e serviços ambientais já exerce, em muitos países, um papel relevante no processo de tomada de decisão, em nível de projeto e de políticas, bem como na área de avaliação de danos ambientais.

No Brasil, apenas o Estado do Ceará implantou seu sistema de cobrança. Vários estados, principalmente aqueles que implantaram o sistema de outorga ou estão em fase de implantação, estão realizando estudos com o intuito de dar início ao processo de cobrança, desta maneira estarão alicerçados em dados característicos de cada região, e conseqüentemente de cada bacia hidrográfica para que este instrumento possa gerar o benefício esperado.

Dentre os estudos realizados no Brasil, pode-se citar algumas contribuições disponíveis, tais como Lanna (1995), que discute sobre a viabilidade da cobrança do uso da água no Brasil, Garrido (1996), que comenta a importância do instrumento cobrança como parcela do gerenciamento; Araújo (1997) apresenta modelo de tarifação de água utilizando subsídios cruzados; Cordeiro Netto (1997), avalia o interesse econômico da vazão ecológica; Cánepa et al (1999) enfoca o usuário pagador e sua aplicação no estado do Rio grande do Sul; Ribeiro (2000), analisa alternativas para outorga e cobrança

pelo uso da água; Kurtz (2004) considera um método de tarifação ambiental pelo uso da água na bacia hidrográfica em estudo.

## **2.5 - Custos estimados para a cobrança da água**

Segundo Mota (1998), determinar o valor econômico de um recurso ambiental é estimar o valor monetário desse recurso em relação a outros bens e serviços disponíveis na economia. Embora o uso de recursos ambientais não tenha, muitas vezes, seu preço reconhecido no mercado, seu valor econômico existe na medida em que seu uso altera o nível de produção e consumo (bem-estar) da sociedade.

Araújo & Souza (1999) apresentam metodologias de alocação participativa para o estado do Ceará, onde são considerados basicamente os custos associados a água (operação, administração, manutenção e investimentos) e a capacidade de pagamento dos usuários (indústrias, abastecimento e irrigação). Os custos médios de manutenção e operação variam entre US\$ 0,00529 a 0,01516/m<sup>3</sup>, o custo de distribuição é de US\$ 0,02323/m<sup>3</sup> e o custo médio do incremento na oferta é de US\$ 0,032 /m<sup>3</sup>.

De acordo com Lanna (2003), o estabelecimento dos valores para a cobrança da água no estado do Ceará resultou da negociação com os usuários. Os valores cobrados para a irrigação são R\$ 0,004/m<sup>3</sup>, no Vale do Acarape, R\$ 0,01/m<sup>3</sup> no Vale do rio Jaguaribe, R\$ 0,02/m<sup>3</sup> para a água captada no Canal do Trabalhador e R\$ 0,30/m<sup>3</sup> para a água obtida da adutora do Quixadá, um sistema sob pressão.

Várias simulações referentes a cobrança pelo uso da água foram realizadas no estado de São Paulo. No estudo do Conselho de Recursos Hídricos (CRH, 1997), considerou o volume de água captado e o volume de água consumido para obter valores de “preço unitário final” e “preço unitário básico” que é multiplicado por coeficientes que retratem o tipo de manancial, a



classe do rio, a localização do usuário, a finalidade de uso e outras peculiaridades locais. Os preços variam de R\$ 0,01 (preço unitário básico) a R\$ 0,10/m<sup>3</sup> (preço unitário final) para retirada e captação de água bruta.

No estado do Rio Grande do Sul, Pereira et al (1999), simularam a cobrança na bacia do rio dos sinos, considerando a localização da captação, o uso da água, estações do ano, volume consumido e o preço de referência arbitrado. Os valores obtidos são os seguintes: US\$ 0,020 /m<sup>3</sup> para o setor doméstico, US\$ 0,030 /m<sup>3</sup> para setor industrial e US\$ 0,005 /m<sup>3</sup> para o setor agrícola.

Segundo Lanna (2003), o comitê da bacia do rio Paraíba do Sul, que engloba os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais também realizou simulações de valores a serem cobrados, obtendo os seguintes resultados: US\$ 0,018/m<sup>3</sup> para consumo doméstico e industrial e US\$ 0,0036/m<sup>3</sup> para captação para uso na irrigação.

Conforme Fernandez & Garrido (2000), o uso de instrumentos econômicos na gestão das águas no Brasil ainda é incipiente, embora se note um grande avanço nos últimos anos, especialmente no que toca à cobrança pelo uso de água. Os mesmos autores, citam ainda que, apesar de já terem sido produzidos muitos estudos voltados às estimativas de preços ótimos, os valores que têm sido adotados ou aprovados são resultados de uma negociação que busca a viabilidade política na adoção desse instrumento.

## **2.6 - Exploração orizícola**

Segundo Gomes et al (1999), ao contrário do que se verifica em outros países produtores de arroz, a sistema de cultivo mais utilizado no Brasil é o cultivo de sequeiro, que ocupa 65,5 % da área total cultivada e participando com 39,8 % da produção nacional. O arroz irrigado ocupa apenas 34,7 % da área total de cultivo e responde por 60,2 % da produção nacional.

O Rio Grande do Sul destaca-se como o estado maior produtor de arroz, com 47,3% da produção nacional, que é obtida em área correspondente a 25,4% da utilizada com o cultivo de arroz no Brasil (3,7 milhões de hectares, safra 98/99), utilizando o sistema irrigado.

A área total no RS, segundo IRGA (2002), de aproximadamente 939190 ha, se distribui em seis regiões produtoras denominadas de Campanha (17,1%), Depressão Central (17,6%), Fronteira Oeste (32,3%), Planície Costeira Externa (9,4%), Planície Costeira Interna (9,0%) e Sul (14,6%).

A produtividade da cultura do arroz no RS apresenta uma média de 5508,3 Kg/ha (110,2 sacas/ha), sendo que a região da Depressão Central apresenta um rendimento médio de 5526,6 Kg/ha (110,5 sacas /ha).

De acordo com IRGA (2002), no censo realizado na safra 1999/2000, a estratificação da área de cultivo, na Depressão Central, se distribui em 14,8% (1 a 25 ha), 28,4 % (25 a 75 ha), 11,3 % (75 a 150 ha), 16,8 % (150 a 250 ha), 8,2 % (250 a 350 ha), 6,3 % (350 a 550 ha), 1,9 % (550 a 1050 ha). Segundo o mesmo censo, predomina no arrendamento da terra de cultivo um percentual do valor da safra colhida e no arrendamento da água de irrigação o pagamento em sacos/ha.

Dentre as fontes de financiamento, pode-se identificar a seguinte distribuição: instituições financeiras (53,8%), Cooperativas (1,2%), Engenho (0,5%), Empresa de insumos (1,8%) e outras fontes (42,6%), no caso da Depressão Central (IRGA, 2002).

Para a região da Depressão Central, na lavoura arroteira, a mão de obra permanente é 47,1 %, enquanto que a mão de obra temporária é representada por 52,9%, segundo os dados de IRGA (2002).

O ciclo biológico da planta de arroz pode variar em termos de período, dependendo das características genéticas da planta e/ou das condições ambientais, entre 90 e 210 dias, mas no RS, as cultivares mais utilizadas apresentam ciclos, que variam entre 100 e 135 dias. (Gomes et alii, 1999).

Segundo IRGA (2002), os cultivares mais utilizados, na Depressão Central, são o Irga 417 (42,8%), El Paso L 144 (12,6%), Irga 409 (5,6%), Epagri

108 (5,2%), Irga 414(4,7%), Irga 410 (4,6%), Chuí (4,5%), Taim (4,1%), IRGA 416 (3,9%), Supremo 1 (1,3%) e outros (10,7%).

Os sistemas de cultivo mais utilizados para a cultura do arroz, segundo IRGA (2002) na região da Depressão Central (152976,4 ha), onde 37,1 % estão sistematizadas, pode-se encontrar o sistema convencional em linha (42,5%), o convencional a lanço (11,3%), o cultivo mínimo (26,2%), o pré-germinado (15,6%), a semeadura direta, o mix e o transplantado, esses três últimos com participação de 4,3% da área de cultivo na região.

Os diferentes sistemas de cultivo são descritos detalhadamente em Gomes & Pauletto (1999).

Entre os sistemas de irrigação utilizados na irrigação do arroz pode-se encontrar: a) irrigação por submersão permanente ou contínua; b) irrigação periódica ou intermitente e c) irrigação rotacional.

De acordo com Marcolin (2000), o sistema de irrigação por submersão contínua pode ser subdividido em estático, caracterizado pela manutenção de uma lâmina de água na lavoura, normalmente utilizado em regiões onde há escassez de água e corrente ou dinâmico, caracterizado pela manutenção de água na lavoura, com a permanente renovação da água através da manutenção de um fluxo contínuo.

No sistema de irrigação intermitente, o suprimento de água para a lavoura é realizado em intervalos irregulares e o sucesso do sistema depende da manutenção da umidade no solo, próximo ao estado de saturação. Sua utilização é recomendada para solos com elevadas taxas de percolação, o que reduziria as perdas de água.

O sistema de irrigação rotacional se caracteriza, segundo Gomes & Pauletto (1999), pela aplicação de água à lavoura em intervalos regulares de tempo, sendo que a lavoura pode não apresentar lâmina de água em sua superfície, entre uma irrigação e outra, mas não deve atingir níveis de umidade capaz de reduzir a produção. Essa modalidade de irrigação é recomendada para grandes áreas onde ocorrem limitações no suprimento de água.

Dentre os sistemas de captação de água para a irrigação, IRGA (2002) apresenta a captação de rios e açudes, de forma mecanizada com energia elétrica ou diesel e a captação em açudes sem consumo de energia mecânica, denominada de natural.

A distribuição dos sistemas de captação de água é de 32,5 % para a forma mecanizada elétrica, 23 % para a forma mecanizada diesel e 44,5 % para a natural, na região da Depressão Central.

Segundo Louzada (2004), a preocupação com o consumo de água por irrigação por inundação no RS existe desde meados da década de 50, e o IRGA passou a recomendar vazões entre 1,7 e 3,0 l/s.ha, a partir da década de 90 as vazões passaram a ser de 1,5 a 2,0 l/s.ha, segundo Corrêa et al (1997).

A necessidade de água para a unidade de mapeamento Vacacaí, localizados na Depressão Central, segundo Beltrame & Gondim (1982), são de 1,44 e 1,02 l/s.ha e de acordo com Beltrame & Louzada (1991), é de 1,72 l/s.ha. Os valores anteriores, representam 12442, 8813 e 14860 m<sup>3</sup>/ha, para um período de irrigação médio de 100 dias.

Uma produção eficiente e rentável deve constituir um dos principais objetivos econômicos de uma empresa agrícola. Para isso os fatores de produção devem ser utilizados de tal maneira que sejam obtidos os maiores níveis de produtividade econômica. O principal problema da agricultura brasileira é a má utilização dos recursos disponíveis, sendo a água um dos principais. O planejamento dos recursos hídricos, principalmente o uso da irrigação, é uma atividade complexa que exige uma gestão integrada para evitar e administrar conflitos gerados pela intensidade e diversidade do uso da água. (Frizzone, 1991)

Segundo Carlesso *et al* (2001), a incorporação e expansão de áreas irrigadas está associada à necessidade de aumento dos níveis de produtividade, já que a expansão horizontal da agricultura está esgotada. Assim, a irrigação é uma tecnologia que agrega valor à produção, gerando maior rentabilidade ao produtor. Acrescenta-se que o interesse por esta técnica

tem se dado nas mais diferentes condições climáticas e condições sócio-econômicas dos produtores.

A irrigação tem grande importância quanto a aspectos sociais e econômicos no Brasil. Esta atividade é de fundamental importância para a produção de alimentos, garantindo uma produção mínima quando da falta de água, garantindo assim, rentabilidade aos produtores.

De acordo com Amorin Neto (1981), a crescente demanda de alimentos obriga a nação a produzir, tanto para suprir o consumo interno, como para gerar saldos em exportações. Para este fim, estão sendo utilizadas áreas, antes impróprias para o cultivo devido à indisponibilidade de água, que com o auxílio da irrigação se tornaram viáveis.

De acordo com Tubelis (1988), a produção agrícola é substancialmente afetada pelas condições atmosféricas e que tal influência é sentida nas fases de plantio, crescimento, frutificação, colheita e até mesmo na conservação e armazenamento dos produtos agrícolas.

Segundo Heldwein *et alii* (2001), a produção de alimentos está condicionada a fatores ambientais que, em muitos casos, prejudicam o desenvolvimento das plantas, fazendo com que muitas regiões sejam importadoras de alimentos, principalmente nas entressafras, dentre elas o Rio Grande do Sul.

A irrigação é uma ferramenta de suma importância, visto que, devido à falta ou inconstância das precipitações, esta vem a incrementar a produção de alimentos e gerar maior renda aos produtores e demais elos da cadeia do agronegócio. Assim, parece que bastaria “jogar” água sobre as lavouras e os problemas de produção e renda estariam resolvidos. No entanto, devido à conjuntura econômica e ao aumento populacional, que leva a uma menor disponibilidade de recursos hídricos, deve-se primar pelo uso racional da água.

Segundo Brasil (1999), o fato da demanda mundial por água de boa qualidade crescer a uma taxa superior a da renovabilidade do ciclo hidrológico é consenso no meio técnico e científico. Este incremento deve ser uma das maiores pressões sobre os recursos naturais no próximo século. Comenta-se

também que o consumo mundial de água aumentou mais de seis vezes entre 1900 e 1995, o que significa um aumento superior ao dobro da taxa de crescimento da população, e tende a continuar.

Neste sentido, Zanardi Júnior (2001) relata que a escassez de água tanto em termos qualitativos como quantitativos tornou-se fato incontestável e que a lei 10350, resultou da necessidade de adotar regras para disciplinar o uso da água devido aos constantes conflitos pela utilização desta.

Segundo a ANA (2003), a cobrança pelo uso da água é um dos instrumentos de gestão a ser empregado para induzir o usuário da água a uma utilização racional desse recurso e essencial para criar condições de equilíbrio entre as disponibilidades e demandas, promovendo, em conseqüência, a harmonia entre os usuários competidores, ao mesmo tempo em que também redistribui os custos sociais, melhora a qualidade dos afluentes lançados, além de ensejar a formação de fundos financeiros para as obras, programas e intervenções do setor.

Mas de acordo com Fernandes (2001), mesmo antes de os valores serem definidos, alguns produtores já consideram que essa cobrança irá aumentar ainda mais o custo da produção e, alguns produtores, que utilizam irrigação em suas lavouras, alegam que os gastos para utilizar água já são altos devido às taxas para conseguir outorga e que mais uma cobrança pode inviabilizar a produção.

## **2.7 - Modelagem e simulação de sistemas**

Os conceitos de modelos e simulações surgiram da necessidade do homem em tentar entender como a natureza e seus componentes funcionam e para isso, foi necessário isolar o objeto de estudo, bem como parte do ambiente que interfere no mesmo, uma vez que na natureza os objetos são interdependentes e se influenciam mutuamente.

Esse conjunto funcional, formado pelo objeto alvo contido nessa parte do ambiente, constitui um sistema que, geralmente está inserido num sistema

maior e mais complexo. Assim, um sistema é uma parte da realidade com elementos inter-relacionados e com limites definidos, de forma que o ambiente exerça uma certa influência sobre o sistema, mas este deve ter pouca ou nenhuma influência no ambiente (Vries, 1982; Thornley, 1976; de Wit, 1978).

Um sistema, de qualquer natureza, também pode ser estudado pela distinção e caracterização de seus componentes principais, ou através de equações matemáticas que representem as mudanças internas, externas e suas inter-relações com o ambiente de tal forma que se caracterizem num modelo do sistema original. Assim pode-se definir um modelo como sendo uma representação simplificada de um sistema (Hanks & Ritchie, 1991; Laffelaar, 1993).

Existem vários tipos de modelos: os modelos empíricos consistem em analisar dados experimentais, realizando algumas análises dos mesmos e tentando idealizar equações matemáticas que possam ser usadas como modelos matemáticos que se ajustem aos dados observados. Nesse tipo de modelo utilizam-se dados empíricos, variáveis ou constantes consagradas que fazem parte do conhecimento de determinada ciência. Quando o interesse é descrever primariamente a resposta de um sistema de forma geral, o método empírico pode ser utilizado satisfatoriamente. Neste caso não há muito interesse em explicar detalhadamente porque o sistema responde de tal forma.

Segundo Patten (1971), os modelos mecanísticos ou funcionais tentam entender um sistema em termos dos mecanismos presentes. Assim um modelo pode ser construído com base na estrutura do sistema, dividindo o sistema em componentes e tentando entender o comportamento do sistema como um todo em termos do comportamento dos componentes individuais e suas inter-relações. Um modelo é chamado determinístico se o estado do sistema num momento for determinado, exclusivamente, pelo estado do sistema no momento anterior.

De acordo com Thornley (1976), o modelo é estocástico se o estado do sistema for determinado pelo momento anterior afetado por uma probabilidade devida ao acaso São modelos que contém alguns elementos que variam ao

acaso e que fazem parte do modelo. São modelos em que o fator probabilidade está presente.

Na modelagem, sem dúvida, a face mais importante é que essa técnica possibilita o entendimento de um sistema de forma integral e holística, e a simulação, por outro lado, estimula e aumenta a compreensão da realidade através de analogias e extrapolações quando o sistema estudado é muito complexo (Thornley, 1976).

O enfoque holístico, essencial ao estudo de sistemas agrícolas e ecológicos de forma geral, permite a identificação de sistemas, subsistemas e dos processos mais importantes, com atenção especial na interação entre estes. Ainda que olhando para todo o sistema, pode-se otimizar o enfoque tradicional da pesquisa monodisciplinar, e auxiliar o incremento na produtividade e na sustentabilidade de sistemas agrícolas (Penning de Vries, 1982).

Os sistemas biológicos são complexos e podem ser estudados em vários níveis de organização. Sistemas naturais que envolvem vários outros sistemas recebem um nome geral de ecossistemas, que se caracterizam essencialmente pela sua grande complexidade. A análise dos sistemas ecológicos parte da premissa de que o estado de qualquer sistema, em qualquer momento pode ser caracterizado quantitativamente e suas mudanças podem ser descritas através de equações matemáticas. Essa hipótese leva a formulação de modelos determinísticos, no qual as variáveis de estado, taxas e variáveis indutoras podem ser discriminadas (de Wit, 1974).

Para entender o comportamento de determinado nível do sistema, muitas vezes é necessário compreender como este é influenciado pelo comportamento de um nível abaixo. Assim um sistema aparentemente complexo pode ser desdobrado em níveis relativamente mais simples (Jones, 1986; de Wit, 1974).

Quando o conhecimento de determinado nível explicativo é suficientemente extensivo, tendo sido o modelo deste sistema criado com base



nesse sólido conhecimento, pode não ser mais necessário testar esses modelos comparando-os com a realidade (de Wit, 1974).

Segundo Louzada (2004), o desenvolvimento de modelos específicos de áreas cultivadas com arroz surgiu no início da década de 80, sendo exemplos desses modelos o IRRIMOD, o PADIWATER e o RICEMOD e cita que esse modelos foram desenvolvidos em países que consideram um manejo no qual o cultivo do arroz ocorre por transplante de mudas ou pré-germinado, práticas que no RS estão longe de serem predominantes, o que de certa forma prejudica a aplicação de modelos importados nas nossas condições.

No mesmo trabalho, são citados os modelos IRRIGA e o IRRIGA2, o IRRICE, o CROPWAT, o BIRIZ, o SAWAH e, ainda, uma série de versões do modelo ORIZA.

Os diferentes modelos de culturas agrícolas, com maior ou menor nível de empirismo em função do conhecimento sobre os fenômenos estudados, normalmente consistem no balanço do carbono, que depende da interceptação e da utilização da luz, e de um balanço hídrico, que depende da demanda atmosférica e da utilização da água pelas planta. Estes processos fisiológicos podem ser associados à absorção dos nutrientes e às perdas causadas por pragas, doenças e plantas daninhas. A agregação destes conhecimentos através de equações matemáticas, resulta em modelos que podem simular o crescimento e a produção das culturas (Vries, 1982).

Muitos modelos de crescimento de plantas baseiam-se na simulação da produção fotossintética e da partição dos fotossintetizados para seu crescimento, armazenamento e respiração (Barbieri, 1993). A pesquisa da fotossíntese é refletida em sofisticados modelos, os quais existem para prever o crescimento das plantas, dados da elevação solar, geometria das folhas, penetração da luz, taxa individual da fotossíntese, etc.

O crescimento e desenvolvimento das plantas dependem fundamentalmente dos processos de fotossíntese e respiração. A maioria dos recursos e esforços, no entanto, tem sido direcionado ao estudo da fotossíntese, sendo a respiração considerada apenas um processo de perda de

carbono (Pereira & Machado, 1987). Coube a McCree (1970) e Thornley (1970), mostrar que esses dois processos são interligados e interdependentes, e que a respiração faz parte efetiva do processo de utilização e distribuição dos carboidratos fotossintetizados.

De modo geral algumas das contribuições desses modelos à pesquisa agrícola, educação e planejamento, apontados por diversos autores (France & Thornley, 1984; Hanks & Ritchie, 1991; Jones, 1986) são: (i) fornecer um panorama coerente sobre o desempenho de todo o sistema; (ii) formular uma descrição precisa sobre novas hipóteses geradas, as quais devem ser testadas para ajudar a definir áreas onde o conhecimento é limitante; (iii) estimular uma integração interdisciplinar e descrever de forma concisa um grande número de observações isoladas, e (iv) prever o comportamento do sistema em combinações e condições não experimentadas anteriormente, ou que sejam de custo elevado.

A elaboração dos modelos matemático-fisiológicos também oferecem, segundo Thornley (1976) uma série de vantagens, como: (i) fornecem informações a respeito de diferentes processos fisiológicos podem ser reunidas em um único modelo, para se ter idéia da cultura como um todo; (ii) um modelo resume convenientemente grande quantidade de informações; (iii) a base matemática para as hipóteses adotadas permite compreender quantitativamente a natureza das interações ambiente-planta; (iv) a modelagem pode estimular novas idéias; (v) a elaboração de um modelo ajuda a detectar áreas onde o conhecimento é limitado; e (vi) modelos permitem interpolações e previsões.

No atual estado de desenvolvimento dos modelos para a agricultura, os módulos de simulação dos processos componentes parecem ser aqueles que mais rapidamente podem ser incorporados e utilizados pelos pesquisadores e usuários em geral, como os que, por exemplo, simulam o balanço hídrico para orientação do manejo da irrigação.

Assim, os modelos matemáticos sintetizam, apresentam e analisam diversos aspectos da produção agrícola, tais como arranjo espacial entre

plantas, diversos tipos de interações entre as culturas e o ambiente, características físicas e químicas de solos, otimização do uso de equipamentos e máquinas, sistemas de transportes e ainda modelos sócio-econômicos.

Os modelos são ferramentas essenciais para realização de estimativas e extrapolações de situações, que são importantes etapas no processo de planejamento que por sua vez não podem se fundamentar exclusivamente em ensaios de campo para sua execução.

O progresso obtido através do uso de modelos é mais rápido e de menor custo que a pesquisa experimental isolada, ainda que os principais resultados tenham que continuar a serem avaliados com experimentos.

Também já demonstraram ser eficientes para a determinação de prioridades na alocação de fundos para pesquisas e na escolha da melhor cultura para programas de desenvolvimento agrícola (Hanks & Ritchie, 1991). Os modelos já existentes podem ser associados a outros ou modificados para aproximá-los da realidade e da necessidade de informação (Pereira & Machado, 1986).

A construção de modelos simplificados é interessante para torná-los mais acessíveis ao público não especializado. Tais modelos podem ser feitos extraindo-se todos os detalhes excessivos do modelo complexo, usando-se análises de sensibilidade e pela seleção da variável principal do sistema. Diferentes modelos simplificados podem ser construídos a partir de um mesmo modelo complexo, as diferenças entre eles irão depender dos diferentes objetivos de sua aplicação.

## **3 - MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 - Localização da região**

De acordo com Ruhoff (2004) a região em estudo localiza-se na região central do estado do Rio Grande do Sul, na Microrregião Geográfica de Santa Maria, situando-se em parte nos municípios de Silveira Martins, Itaara e no município de Santa Maria, no distrito de Arroio Grande. (FIGURA 1). A bacia possui uma área de 35.359,52 hectares e encontra-se entre o Planalto Meridional Brasileiro e a Depressão Periférica Sul-Rio-Grandense, sendo que a irrigação das lavouras de arroz, em sua maioria, utiliza as águas do Arroio Grande, afluente do Rio Vacacaí-Mirim, este último tributário do Rio Jacuí e integrante da Bacia hidrográfica do Guaíba (costeira sul).

A região de produção Orizícola do Arroio Grande, pertence ao Núcleo de Assistência Técnica e Extensão Rural (NATE) do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), localizada na Depressão Central do RS.

### **3.2 - Características da região**

#### **3.2.1 - Clima**

Segundo Moreno (1961), o clima da região, conforme classificação de Köppen, classe "Cfa" com um clima sub-tropical chuvoso, com chuvas bem distribuídas no ano, sem estações secas e úmidas bem definidas.

Segundo Motta *et al.* (1971), a temperatura média mensal do ar varia entre 14,1°C em julho, e 24,9 °C em janeiro, a radiação solar média mensal varia entre 8,3 a 21,7 MJ/m<sup>2</sup>.dia, a umidade relativa do ar oscila entre 83,8 em julho a 72,5 % em dezembro e a precipitação pluvial mensal entre 111 mm em novembro e 177 mm em outubro e a precipitação média anual normal varia entre 1.322 e 1.769 mm.

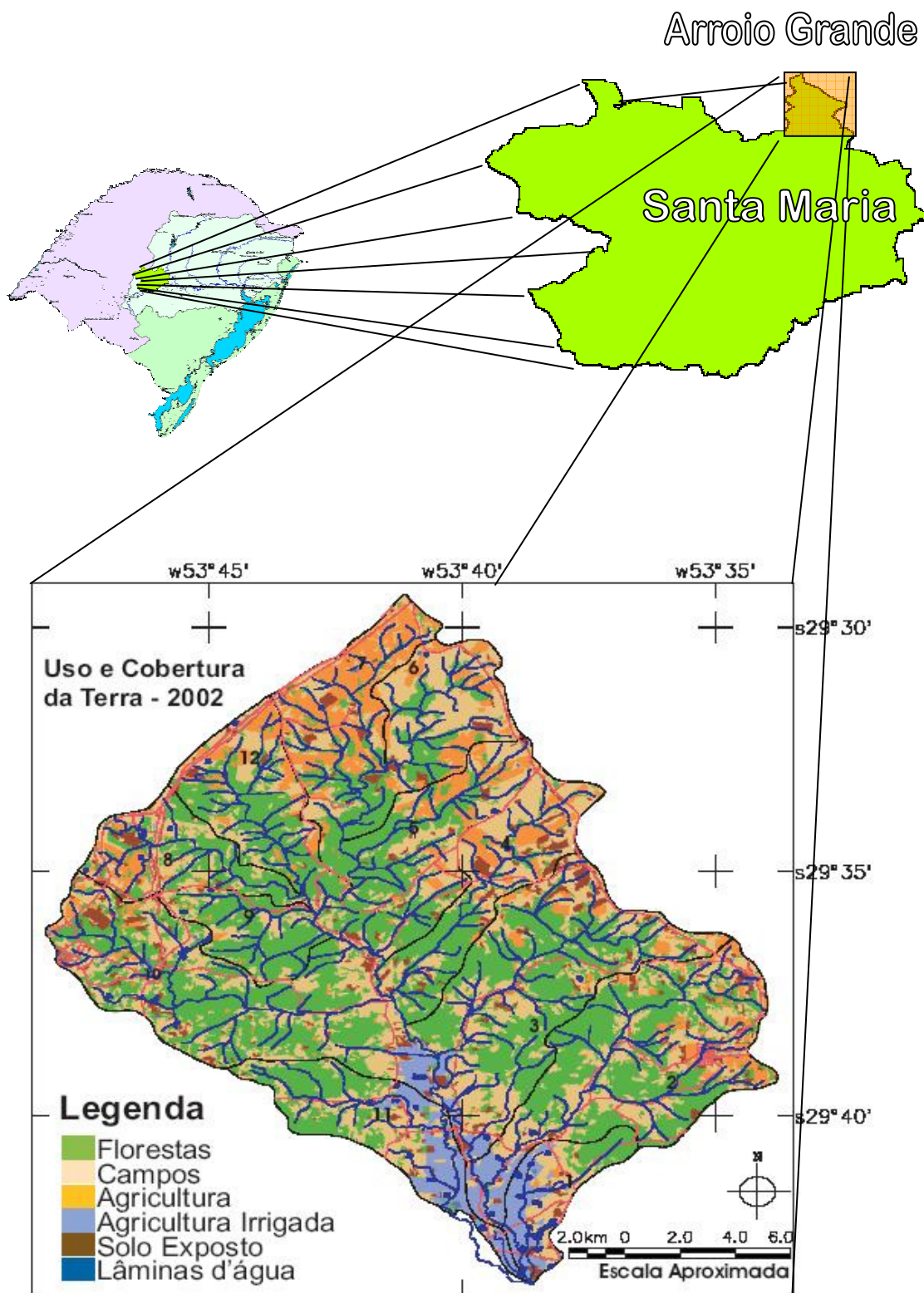


FIGURA 01 - Mapa indicando a localização e características da área de estudo (adaptado de Ruhoff, 2004).

### 3.2.2 - Solos

De acordo com a classificação dos solos do Rio Grande do Sul, proposto por Streck et al. (2002), podem ser encontrados na bacia do Arroio grande, os seguintes solos: Planossolo Hidromórfico (SGe1); Argissolo vermelho Distrófico Arênico (PVd2); Alissolo Hipocrômico Argilúvico (APt2); Associação Chernossolo Argilúvico Férrico – Neossolo Litólico eutrófico Chernossólico (MTf – Rle1); Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico (PVAa3) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVAa1).

Segundo Gomes (1992), os solos da região de cultivo de arroz são hidromórficos (solos de várzea), pertencentes à unidade de mapeamento Vacacaí, que ocupam áreas com relevo plano e suavemente ondulado, apresentando drenagem natural deficiente devido ao relevo plano associado a um perfil cuja camada superficial é pouco profunda e a subsuperficial é praticamente impermeável (permeabilidade de 0.2 mm/hora).

A despeito das condições de má drenagem, estes solos, apresentam deficiências hídricas mesmo em períodos curtos de estiagem devido ao horizonte A raso e de sua textura predominantemente franco-arenosa, mas por outro lado, esses solos apresentam alguns aspectos considerados favoráveis à agricultura, tais como a facilidade do uso de máquinas agrícolas, baixa ou nula suscetibilidade à erosão e condições favoráveis à irrigação.

A TABELA 01 apresenta a seqüência dos horizontes, a profundidade do horizonte e a classe textural dos horizontes de um perfil de solo da unidade de mapeamento Vacacaí.

TABELA 01 – Características físicas nos diferentes horizontes.

Hor.	Prof. cm	Poros. %	Granulometria ( % )			Classe Textural
			Areia	Silte	Argila	
Ap	0-26	47.1	25.5	43.3	31.2	Franco
A <sub>12</sub>	26-42	42.4	27.8	37.2	34.8	Franco-argiloso
B <sub>21</sub>	42-57	43.9	32.7	39.4	27.8	Franco-argiloso
B <sub>22</sub>	57-92	44.5	24.8	30.6	44.6	Franco-argiloso

Fonte: Gomes *et al.* (1992).

### 3.2.3 - Uso e Cobertura da Terra

De acordo com Ruhoff (2004) o uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Arroio Grande se encontram da seguinte maneira: Florestas (15.715 ha), Campos (12.105 ha), Agricultura (3.697 ha), Agricultura Irrigada/Orizicultura (1.749 ha) Solos Expostos (1.919 ha) e Lâmina Água (173,39 ha). Na região do vale do Arroio Grande (baixo curso), constituído pela planície aluvial, predomina o cultivo de arroz irrigado. As matas ciliares foram bastante danificadas, sendo quase suprimidas. Os solos expostos que se apresentam nesta planície representam áreas de pousio, sendo ocupadas nas safras seguintes.

### 3.2.4 - Vegetação

De acordo com Inventário Florestal Contínuo (2001), a região é caracterizada pela Floresta Estacional Semidecidual, em seus estágios iniciais, médios e avançados de sucessão, ocupa uma área correspondente a 0,74% da superfície do Estado e 4,26% da área total coberta com florestas.

A família Myrtaceae é a mais representativa da Floresta Estacional Semidecidual no RS, com 17 espécies, seguidas de Lauraceae (9), Fabaceae (7), Flacourtiaceae (6), Rubiaceae e Sapindaceae (5), Asteraceae, Euphorbiaceae, Meliaceae, Moraceae, Myrsinaceae, Rutaceae e Sapotaceae (3). As 20 espécies mais características e importantes da Floresta Estacional Semidecidual estão relacionadas abaixo, por ordem do Valor de Importância (VI). Estas espécies são as mais abundantes, dominantes e freqüentes da floresta, sendo as mais representativas da associação: *Sebastiania commersoniana*; *Blepharocalyx salicifolius*; *Casearia sylvestris*; *Casearia sylvestris*; *Cabralea canjerana*; *Ilex brevicuspis*; *Ilex brevicuspis*; *Luehea divaricata*; *Myrsine umbellata*; *Matayba elaeagnoides*; *Nectandra megapotamica*; *Cupania vernalis*; *Trichilia classenii*; *Allophylus edulis*; *Sloanea*

*menosperma*; *Chrysophyllum marginatum*; *Diospyros inconstans*; *Casearia decandra* e *Parapiptadenia rígida*.

### **3.3 - Dados agroclimáticos**

Os dados de temperatura máxima ( $T_{max}$ ), temperatura mínima ( $T_{min}$ ), umidade relativa ( $Ur$ ), número de horas de luz solar ( $n$ ) e precipitação pluviométrica ( $P$ ) foram obtidos na Estação Agrometeorológica, sediada junto ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria - RS, estação esta componente da rede de observações meteorológicas do 8º distrito de meteorologia (*DISME/RS*). (APÊNDICE I a XII).

A estação climatológica tem as coordenadas de 29°41' de latitude sul, 53°42' de longitude oeste e altitude de 95 m, aproximadamente.

Estes dados agroclimáticos citados anteriormente devem ser utilizados para a modelagem das variáveis agroclimáticas e posterior modelagem da produção orizícola da região.

### **3.4 - Dados censitários da região**

Os dados referentes a caracterização da lavoura de arroz irrigado da região do Arroio Grande foram obtidos junto ao escritório do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), com sede em Santa Maria constituídos em questionários que possibilitam a caracterização da cultura do arroz na região em questão.

### **3.5 - Modelagem da precipitação pluvial**

A modelagem da precipitação pluvial diária apresenta duas fases: a modelagem da ocorrência da precipitação e a modelagem da quantidade de precipitação.



### 3.5.1 - Modelagem da ocorrência

O modelo a ser utilizado neste trabalho se baseia em uma cadeia de Markov de 1ª ordem, onde o evento no momento atual (hoje) depende do evento do dia anterior (ontem), sendo a matriz de transição MT, expressa na TABELA 02.

TABELA 02 - Matriz de transição.

Dia / estado	Anterior sem chuva	Anterior com chuva
Presente sem chuva	$P_{00}$	$P_{01}$
Presente com chuva	$P_{10}$	$P_{11}$

$P_{00}$  é a probabilidade de não chover hoje dado que não choveu ontem,  $P_{01}$  é a probabilidade de não chover hoje dado que choveu ontem,  $P_{10}$  é a probabilidade de chover hoje dado que não choveu ontem e  $P_{11}$  é a probabilidade de chover hoje dado que choveu ontem.

A determinação dos elementos componentes da matriz de transição foi obtida pela frequência de cada tipo de combinação (00, 01, 10 e 11) de ocorrências encontradas nas séries históricas.

### 3.5.2 - Modelagem da quantidade precipitada

#### 3.5.2.1 - Distribuição Gama

Segundo Calgaro (2004), a distribuição gama a dois parâmetros tem como função de distribuição de probabilidades acumulada (FDA) a seguinte expressão:

$$F_x(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha) \beta^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (3.1)$$

onde  $\Gamma(\alpha)$  é a função gama,  $\beta$  e  $\alpha$  são parâmetros da distribuição gama.

### 3.5.2.2 - Estimativa dos parâmetros

Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição de Gama, utilizando o método da máxima verossimilhança, conforme proposto por Thom (1966), foram obtidos pela expressão:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3.2)$$

na qual  $A = \ln \bar{x} - x_g$ , onde  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_1^n x_i$  é a média aritmética e  $x_g = \frac{1}{n} \sum_1^n \ln x_i$  é a média geométrica dos valores de quantidade de precipitação ( $x_i$ ) das séries observadas

Uma vez calculado o valor de  $\alpha$ , pode-se determinar o valor de  $\beta$  pela expressão:

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (3.3)$$

uma vez que o produto  $\alpha\beta$  é a média dos valores de precipitação.

O desvio padrão da precipitação pode ser obtido por  $s = \beta \sqrt{\alpha}$  e o coeficiente de assimetria por  $C_a = \frac{2}{\sqrt{\alpha}}$  quando os dados observados da precipitação se aderem a distribuição gama.

### 3.5.2.3 - Testes de aderência do Qui-quadrado - $\chi^2$

O teste do  $\chi^2$  foi aplicado para verificar o ajustamento distribuição de probabilidade conhecida, no caso a Gama, a uma amostra de dados de uma distribuição de probabilidade desconhecida.

Nesse teste, a hipótese de nulidade admite que as freqüências observadas se ajustam as freqüências calculadas com a distribuição teórica

com seus parâmetros estimados com base nos dados amostrais.

O valor de  $\chi^2$  é calculado por:

$$\chi^2 = \sum_1^k \left( \frac{(Fo_i - Fe_i)^2}{Fe_i} \right) \quad (3.4)$$

onde k é o número de classes,  $Fo_i$  a freqüência observada e  $Fe_i$  a freqüência esperada.

### 3.5.3 - Obtenção da quantidade de precipitação

A obtenção do valor da quantidade de precipitação pluvial é sempre o mesmo, independentemente do tipo de função de distribuição de probabilidades acumulada. Conhecida a probabilidade de ocorrência de uma determinada quantidade de chuva determina-se o valor da quantidade de chuva através da inversão da função de distribuição de probabilidade acumulada, isto é  $x = F(x)^{-1}$ .

### 3.5.4 - Avaliação da modelagem da precipitação pluvial

Os valores do número médio de dias com precipitação e a chuva média diária obtida pelo modelo foram comparados com os valores do número médio de dias com precipitação e a chuva média diária da série histórica e os valores das séries sintéticas geradas foram ajustados aos valores das séries históricas, em uma expressão linear do tipo  $y = a + bx$ , na qual x são os valores da série sintética e y os valores da série histórica. Os valores esperados para a e b, são  $a = 0$  e  $b = 1$ , respectivamente.

### 3. 6 - Modelagem das variáveis agroclimáticas

A modelagem das variáveis agroclimáticas (temperatura máxima, mínima e média, umidade relativa do ar e número de horas de luz solar) foi feita através de um modelo estacionário multivariado autoregressivo de 1ª ordem AR (1), que pode ser representado por:

$$Z(t) = \mathbf{A} \cdot Z(t-1) + \mathbf{B} \cdot \varepsilon(t) \quad (3.5)$$

onde  $Z^T(t) = [Z_1(t), \dots, Z_n(t)]$ ,  $\varepsilon(t) = [\varepsilon_1(t), \dots, \varepsilon_n(t)]$  e  $\mathbf{A}$  e  $\mathbf{B}$  matrizes de parâmetros ( $n \times n$ ), onde  $n$  é o número de variáveis. O vetor  $\varepsilon(t)$  é constituído de ruídos brancos não-correlacionados com média 0 e desvio padrão igual a 1.

A modelagem das variáveis agroclimáticas, segundo Peiter (1998), apresenta quatro fases: (i) normalização dos dados climáticos, (ii) cálculo dos coeficientes do modelo AR(1), (iii) análise estatística dos resíduos e (iv) geração das séries.

#### 3.6.1 - Normalização dos Dados Climáticos

De acordo com Peiter (1998), o comportamento periódico das séries históricas originais de temperatura máxima, temperatura mínima e insolação foram descritos através de ajuste às funções senoidais para que pudessem ser empregados na normalização destas variáveis.

A normalização das variáveis consideradas no modelo foi feita através da seguinte expressão:

$$Z_i(t) = \frac{X_i(t) - \bar{X}_i(t)}{\bar{\sigma}_i(t)} \quad (3.6)$$

onde  $X_i(t)$  é o valor da variável,  $\bar{X}_i(t)$  é a média da variável ajustada à função

senoidal,  $\bar{\alpha}(t)$  é o desvio padrão ajustado e  $Z_i(t)$  é a variável normalizada de temperatura máxima, temperatura mínima e insolação para o dia  $t$  a serem utilizados no modelo estacionário multivariado AR(1).

### 3.6.2 - Cálculo dos coeficientes do modelo AR(1)

A determinação dos coeficientes da matriz A e B, do modelo auto-regressivo AR(1), que apresentado em sua forma expandida é:

$$Z_i(t) = a_{i1}Z_1(t-1) + a_{i2}Z_2(t-1) + a_{i3}Z_3(t-1) + a_{i4}Z_4(t-1) + b_{i1}\varepsilon_i(t) \quad (3.7)$$

encontra-se descrito detalhadamente em Peiter (1998).

### 3.6.3 - Avaliação da modelagem

Após a determinação das matrizes de parâmetros A e B, os resíduos do modelo foram testados quanto a sua normalidade, através do cálculo do coeficiente de assimetria, média e desvios padrão, e, quanto a sua independência, através do gráfico da auto-correlação em função dos atrasos, conforme Yevjevich (1971).

## 3.7 - Geração de séries sintéticas

### 3.7.1 - Séries de precipitação pluvial

Segundo Calgaro (2004), conhecidos os valores de  $\alpha$  e  $\beta$ , o valor de precipitação  $x$  correspondente a uma dada probabilidade pode ser obtido aproximadamente, através da inversa da distribuição gama, com a expressão:

$$x \cong \alpha \beta \left\{ 1 - \frac{1}{9\alpha} + t \sqrt{\frac{1}{9\alpha}} \right\}^3 \quad (3.8)$$

na qual

$$t = w - \frac{C_0 + C_1 w + C_2 w^2}{1,0 + D_1 w + D_2 w^2 + D_3 w^3} \quad (3.9)$$

onde os coeficientes  $C_0, C_1, C_2, D_1, D_2$  e  $D_3$  podem ser encontrados em Genovez (1987) e Tucci (1993).

O valor de  $w$  pode ser determinado por  $w = \sqrt{\ln 1/U^2}$  onde  $U$  é um número aleatório uniformemente distribuído entre zero e um.

A geração das variáveis aleatórias uniformemente distribuídas  $U$  foi realizada através de uma rotina computacional desenvolvida para esta finalidade.

### 3.7.2 - Séries de variáveis agroclimáticas

A equação do modelo auto-regressivo AR(1) utilizado para geração das séries agroclimáticas com as quatro variáveis envolvidas neste estudo, em sua forma algébrica foi:

$$Z_i(t) = a_{i1}Z_1(t-1) + a_{i2}Z_2(t-1) + a_{i3}Z_3(t-1) + a_{i4}Z_4(t-1) + b_{i1}\varepsilon_i(t) \quad (3.10)$$

onde  $\varepsilon_i(t)$  são variáveis aleatórias normalmente distribuídas.

A geração das variáveis aleatórias normalmente distribuídas  $\varepsilon_i(t)$  foi realizada através de uma rotina computacional desenvolvida para esta finalidade.

## 3.8 - Modelagem da produção de arroz

O modelo de produção pode ser separado em dois sub-modelos descritos a seguir.

### 3.8.1 - Modelo para a estimativa de produção potencial

A taxa de produção potencial ( $Pms$ ) para um dia qualquer, segundo Doorenbos e Kassam (1994), é expressa por:

$$Pms = (F \cdot Po + (1 - F) \cdot Pc) \cdot \Delta t \quad [3.11]$$

na qual  $Pms$  é obtida em kg/ha.dia,  $F$  é a fração do dia em que o céu está nublado,  $Po$  a taxa de fotossíntese para dias nublados e  $Pc$  a taxa de fotossíntese para dias claros, ambos expressos em kg/ha.dia e funções da latitude do local e da época do ano.

Segundo De Wit (1965), o valor de  $F$  é determinado por:

$$F = 1.25 - \frac{0.625 \cdot Rs}{Rc} \quad (3.12)$$

sendo  $Rc = 0.415 Ro$ , a radiação fotossinteticamente ativa na ausência da atmosfera ( $MJ/m^2/dia$ ),  $Rs$  a radiação solar global medida ao nível do solo ( $MJ/m^2/dia$ ).

O valor de  $Rs$  pode ser calculado por  $Rs = Ro (0.29 \cos \phi + 0.52 n/N)$ , na qual  $n$  é o número de horas de luz no dia,  $N$  o número máximo possível de horas de luz no dia e  $\phi$  é a latitude geográfica do local.

Sob condições de campo, a produção potencial estimada na equação 3.11 não é atingida, sendo a estimativa da taxa de produção potencial de matéria seca ( $q_{pot}$ ) expressa mais realisticamente por:

$$q_{pot} = \frac{P_{ms} \cdot C_t \cdot C_r \cdot C_a \cdot IAF}{5} \quad (3.13)$$

na qual  $Pms$  é a produção bruta de matéria seca (Kg/ha/dia) para um índice de área foliar igual a 5,  $C_t$  o fator de temperatura,  $C_r$  o fator de respiração,  $C_a$  a

relação entre a massa seca da parte aérea em relação a massa seca da planta e  $IAF$  o índice de área foliar ( $m^2$  de folha /  $m^2$  de solo).

O coeficiente de temperatura, segundo Doorenbos & Kassam (1994), pode ser obtido pela seguinte função:

$$Ct = \left( 0.5 + 0.5 \cdot \text{sen} \left( \frac{\pi Tm_i}{25} + \frac{3\pi}{2} \right) \right)^2 \quad (3.14)$$

sendo  $Tm_i$  a temperatura média do dia  $i$ .

O coeficiente de respiração  $Cr$  foi considerado para esse estudo igual a 0,30, conforme sugerido por Fedees *et al.* (1978).

O coeficiente  $Ca$  foi estimado por uma expressão deduzida a partir dos resultados apresentados em Garcia (2002):

$$Ca = \left( 0.5 + 0.5 \cdot \text{sen} \left( \frac{\pi Dr_i}{Dr_m} + \frac{3\pi}{2} \right) \right)^{0.808} \quad (3.15)$$

na qual  $Dr_i$  é a relação entre o dia considerado e o dia no qual o índice de área foliar atinge seu valor máximo e  $Dr_m = 1$ .

O índice de área foliar foi determinado pelo modelo proposto no trabalho de Garcia (2002):

$$IAF = \left( 0.5 + 0.5 \cdot \text{sen} \left( \frac{\pi Dr_i}{Dr_m} + \frac{3\pi}{2} \right) \right)^{1.796} \quad (3.16)$$

na qual  $Dr_i$  e  $Dr_m$  já foram definidos anteriormente.

A produção potencial acumulada ( $Q_{pot}$ ) no período de crescimento da cultura é dado por:



$$Q_{pot} = \sum_{11}^n q_{pot} \Delta t \quad (3.17)$$

na qual  $q_{pot}$  é obtido em kg/ha,  $n$  é o período de dias até a colheita e  $\Delta t$  o período de 1 dia.

### 3.8.2 - Modelo para a estimativa de produção real

O aumento da produção de uma cultura em relação ao tempo pode ser representado por uma curva sigmóide, que possui três trechos distintos: o primeiro correspondente a uma produção de matéria seca acelerada, o segundo a uma produção retardada e o último a uma produção tendente a estabilização. Sendo a produção uma função do tempo, pode-se representar a sua variação através de uma equação diferencial:

$$\frac{dQ}{dt} = f(Q, t) \quad (3.18)$$

na qual a taxa de produção ( $dQ/dt$ ) é uma função da produção acumulada ( $Q$ ) e do tempo ( $t$ ). A taxa de produção aumenta gradualmente até atingir um máximo, posteriormente decresce suavemente e no final do período torna-se nula.

A equação 3.17 pode ser escrita na forma diferencial finita, como:

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} = f(Q, t) \quad (3.19)$$

onde  $q$  é a taxa de produção em kg/ha.dia,  $Q$  é a produção acumulada em kg/ha e  $t$  o tempo em dias.

A taxa de produção ( $q$ ) é influenciada por fatores chamados “Fatores de Produção”, tais como a radiação solar, temperatura, água, nutrientes, oxigênio

e dióxido de carbono. Somente quando todos os fatores de produção estiverem disponíveis em quantidades adequadas a taxa de produção potencial máxima ( $q_{\text{máx}}$ ) será atingida. Nesta situação, tanto a taxa de produção como a produção serão máximas, mas quando um dos fatores de produção estiver em condição limitante, a taxa de produção e a produção serão limitadas ( $q_{\text{at}}$  e  $Q_{\text{real}}$ ), mesmo que todos os outros fatores estejam presentes em condições adequadas, o que conduz a concluir que, a produção potencial não poderá ser atingida.

Para se computar a taxa de produção atual em diferentes intervalos de tempo representados por  $i$ , a solução da equação 3.19, segundo procedimento detalhado por Robaina (1992), é expressa por:

$$(q_{\text{at}}^i)^2 - q_{\text{at}}^i (q_{\text{pot}}^i + AW^i) + AW^i \cdot q_{\text{pot}}^i (1 - \varepsilon) = 0 \quad (3.20)$$

onde  $i$  é um dia qualquer e a solução da equação [3.20] é fornecida por:

$$q_{\text{at}}^i = \frac{AW^i}{2} + \frac{q_{\text{pot}}^i}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(q_{\text{pot}}^i - AW^i)^2 - 4q_{\text{pot}}^i AW^i (1 - \varepsilon)} \quad (3.21)$$

o valor de  $A$  FIGURA 02 pode ser obtido em experimentos de campo e o valor de  $\varepsilon$  foi tomado igual a 0.01, segundo Robaina (1992).

A influência do fator de produção água ( $w$ ) é determinado por:

$$W^i = \frac{Tp^i}{\Delta e^i} \quad (3.22)$$

onde  $\Delta e$  é o déficit diário de pressão do vapor de água (mbar) e  $Tp$  a transpiração real diária (mm/dia).

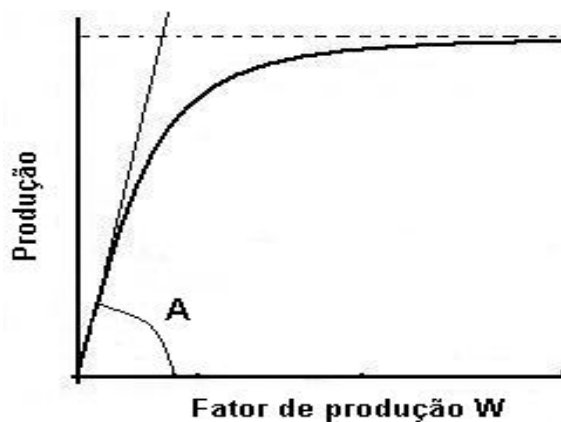


FIGURA 02 - Significado do parâmetro A.

A produção real acumulada ( $Q_{real}$ ) é calculada pela soma das produções diárias durante todo o período:

$$Q_{real} = \sum_{i=1}^n q_{at} \cdot \Delta t \quad (3.23)$$

onde  $t = 1$  dia. O termo  $q_{at}$  é expresso em kg/ha.dia e  $Q_{at}$  em kg/ha.

Para a estimativa da evapotranspiração máxima, foi utilizada a equação segundo Presley & Taylor (1972):

$$ET_p = \lambda \cdot \left[ \frac{\Delta}{\gamma + \Delta} \right] \left[ \frac{Rn}{59} \right] \quad (3.24)$$

onde  $ET_p$  foi expresso em milímetros (mm),  $\Delta$  é a declividade da curva da tensão de saturação do vapor d'água em função da temperatura (kPa/°C),  $\gamma$  é a constante psicrométrica ( $\gamma \approx 0,068$  kPa/°C),  $\lambda$  um fator para considerar o efeito da umidade relativa e do vento na evapotranspiração ( $\lambda = 1.35$ ) e  $Rn$  é a radiação líquida (cal / cm<sup>2</sup> . dia), calculada por  $Rn = R_o (a_1 + b_1 n/N)$ , segundo Ometto (1981).

Para a estimativa da evaporação máxima, foi utilizada uma expressão fornecida por Ritchie (1972):

$$E_s = \tau \cdot \left[ \frac{\Delta}{\gamma + \Delta} \right] \left[ \frac{Rn}{59} \right] \quad (3.25)$$

onde  $E_s$  é expresso em milímetros (mm).

A variável  $\tau$  é a fração de energia que atinge a superfície do solo e relaciona-se com o índice de área foliar, segundo Ritchie (1972), através da expressão  $\tau = e^{0.15 - 0.389 \cdot IAF}$ , válida para  $IAF > 0.39$  e  $\tau = 1$  para  $IAF \leq 0.39$ .

A transpiração máxima foi estimada utilizando-se a diferença entre as duas expressões anteriores, isto é,  $Tr = ETp - E_s$ .

### 3.8.3 - Produção de grãos

De acordo com De Wit (1965), a produção de grãos ( $Pg$ ) referida a grãos com 13% de umidade de uma cultura pode se calculada por:

$$Pg = 1.13 \cdot Q_{real} \cdot Ic \quad (3.26)$$

na qual  $Q_{real}$  é a produção de matéria seca (Kg/ha/dia) e  $Ic$  o coeficiente ou índice de colheita.

O coeficiente de colheita  $Ic$  foi determinado a partir dos dados fornecidos por Weber (2000), sendo 44%, aproximadamente, para a cultura do arroz.

### 3.8.4 - Fluxograma do modelo de produção

O fluxograma simplificado do modelo de produção pode ser visto na FIGURA 03. Os componentes básicos são a leitura dos dados iniciais ( $\Phi$ ,  $C_r$ ,  $A$ ,  $\epsilon$ ), leitura dos dados diários de entrada ( $T$ ,  $Ur$ ,  $n$ ,  $IAF$ ,  $Ct$ ,  $Ca$ ,  $Pc$ ,  $Tr$  e  $q_{pot}$ ).

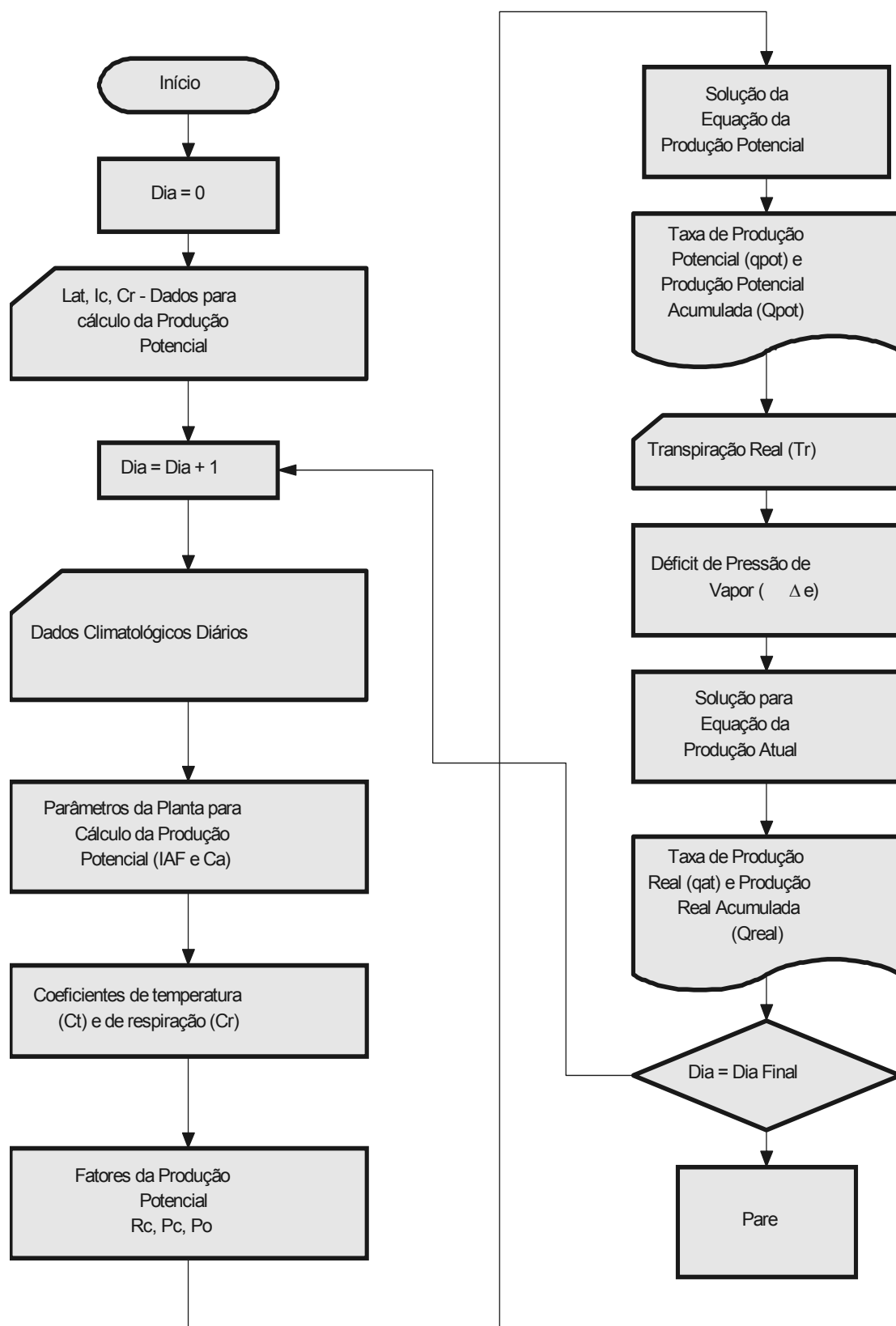


FIGURA 03 - Fluxograma simplificado do modelo de produção de matéria seca da planta (Fonte: Robaina, 1992).

### 3.8.5 - Calibração do modelo de produção

Os valores da produção de matéria seca e de grãos foram comparados com os respectivos valores encontrados em Machado (2003), em experimentos realizados nas safras 1999/2000, 2000/2001 e 2001/2002, para a cultivar IRGA 420. Os dados climáticos utilizados foram fornecidos pela estação climatológica localizada na UFSM encontrados em apêndice no trabalho de Machado (2003).

### 3.9 - Custo de produção de arroz na região

Para compor o custo de produção do arroz, na região em estudo, foi considerado os valores dos 26 itens apresentados em IRGA (2004), que constam no Apêndice XIII.

Do valor total apresentado naquele trabalho (R\$ 3.223,81) foram descontados os valores referentes à terra de cultivo (item 01), a irrigação (item 10) e a parcela referente ao licenciamento ambiental, componente do item 24, de modo que, a determinação do custo de produção utilizando os dados complementares obtidos a campo foi feito por:

$$C_p = C_o + P_{vt} \cdot P_t + P_t \cdot C_1 \cdot P_g + P_a \cdot C_1 \cdot P_g + C_2 \cdot V + C_3 \cdot V + C_4 \quad (3.27)$$

na qual  $C_o$  é o custo de produção (R\$/ha) descontados os itens descritos anteriormente,  $C_1$  o preço de venda do arroz (R\$/Kg),  $P_{vt}$  (%) o percentual do valor da terra utilizado para computar o custo da terra própria,  $P_t$  (%) o percentual utilizado para o pagamento do arrendamento da terra,  $P_a$  (%) o percentual utilizado para o pagamento do arrendamento da água,  $P_g$  é a produção de arroz (Kg/ha),  $C_2$  é custo de irrigação (R\$/ha),  $C_3$  é o valor referente a cobrança pelo uso da água (R\$/m<sup>3</sup>),  $V$  é volume de água utilizado (m<sup>3</sup>/ha), obtido através da relação da chuva efetiva e da parcela de água fornecida e  $C_4$  é a taxa do licenciamento ambiental (R\$/ha). Obtendo-se o valor de  $C_o$  para este trabalho, igual a R\$ 2503,00/ ha.

### 3.10 - Receita líquida da atividade

A máxima receita líquida de um sistema de produção é dada pela maior diferença entre a receita bruta por unidade de área e o custo total de produção deste sistema por unidade de área.

O cálculo da receita líquida da atividade de produção de arroz foi feito através da seguinte expressão:

$$RL = Rb - Cp \quad (3.28)$$

na qual  $RL$  é a receita líquida por unidade de área (R\$/ha) e  $Rb$  é a receita bruta (R\$/ha) da atividade, calculada por  $Rb = C_1 \cdot P_g$

### 3.11 - Aplicação do modelo - Simulação de cenários

#### 3.11.1 - Simulação do cenário 1

Neste cenário, considerado como cenário de referência, o qual não considera nenhuma exigência de licenciamento ambiental, florestal ou de recursos hídricos, a obtenção da receita líquida da atividade de produção de arroz para um total de 20 séries, sorteadas aleatoriamente dentre 100 que foram geradas, foi feita por:

$$RL = R_b - C_o + P_{vt} \cdot P_t + P_t \cdot C_1 \cdot P_g + P_a \cdot C_1 \cdot P_g + C_2 \cdot V \quad (3.29)$$

e, a partir desta tem-se que  $L = RL \cdot A$ , onde  $L$  é o benefício líquido total (R\$) da atividade e  $A$  a área cultivada.

#### 3.11.2 - Simulação do cenário 2

Para este cenário, a obtenção da receita líquida foi feita, nas 20 séries sorteadas, pela expressão:

$$RL = Rb - C_o + Pvt .Pt + Pt. C_1.Pg + Pa. C_1.Pg + C_2.V + C_4 \quad (3.30)$$

que se diferencia do anterior pela consideração do custo do licenciamento ambiental ( $C_4$ ).

### 3.11.3 - Simulação do cenário 3

Para este cenário, a obtenção da receita líquida foi feita, nas 20 séries sorteadas, pela expressão:

$$RL = Rb - C_o + Pvt .Pt + Pt. C_1.Pg + Pa. C_1.Pg + C_2.V + C_3 .V + C_4 \quad (3.31)$$

que se diferencia do primeiro pela consideração do custo do licenciamento ambiental ( $C_4$ ) e pela cobrança pelo uso da água ( $C_3$ ).

### 3.11.4 - Simulação do cenário 4

Neste último cenário, a diferença se deve a consideração da redução da área de cultivo a fim de atender a legislação florestal, sendo a receita líquida determinada, nas 20 séries geradas, por:

$$RL = Rb - C_o + Pvt .Pt + Pt. C_1.Pg + Pa. C_1.Pg + C_2.V + C_3 .V + C_4 \quad (3.32)$$

e, a partir desta tem-se que  $L = RL. Ar$ , na qual  $Ar$  é área cultivada reduzida pela aplicação da legislação florestal.

### 3.11.5 - Comparação dos resultados obtidos nos cenários

Com os valores obtidos nos diferentes cenários simulados procedeu-se a análise comparativa dos resultados obtidos.



## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Caracterização da área orizicola da bacia hidrográfica

#### 4.1.1 - Área e tipos de sistemas de cultivo da terra

A FIGURA 04 apresenta os três tipos de sistemas de cultivo, sendo que o sistema convencional em linha é o mais utilizado (1.032,0 ha), seguido do sistema cultivo mínimo (146,0 ha) e do sistema pré-germinado (73,7 ha).

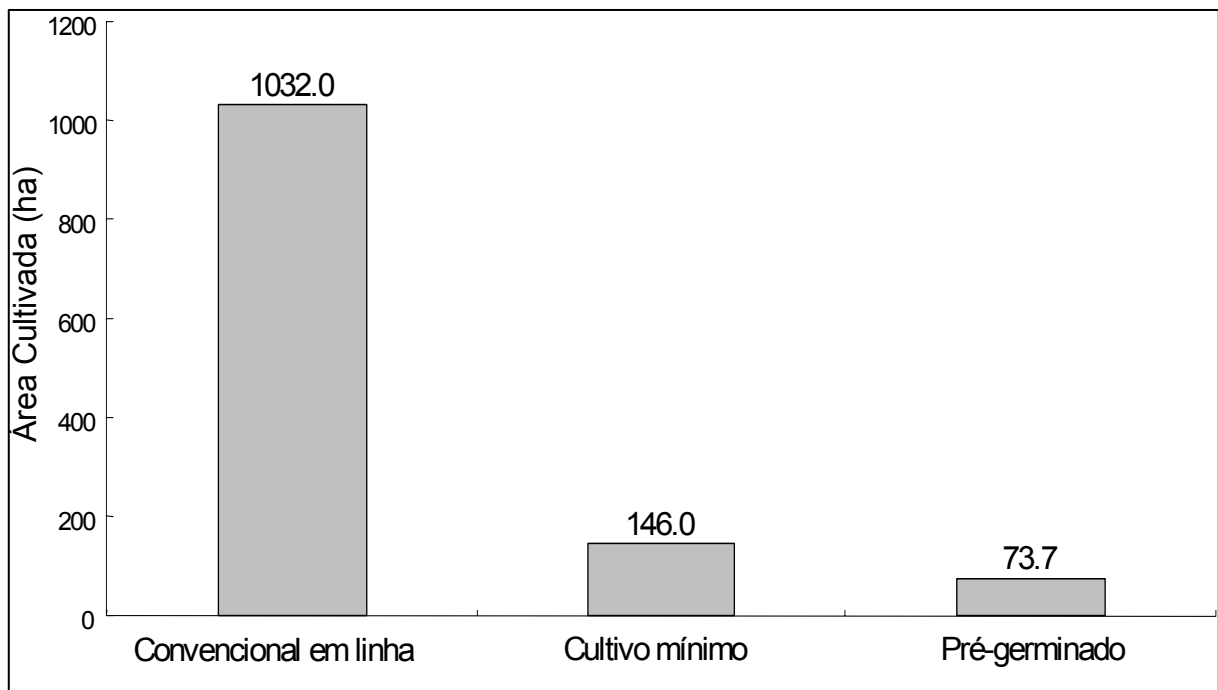


FIGURA 04 - Tipos de sistemas de cultivo de arroz no Arroio Grande.

#### 4.1.2 - Área e principais cultivares de arroz

De um total de doze cultivares utilizadas na região FIGURA 05, destacam-se as cultivares que representam maior área cultivada: IRGA 417 (546 ha), IRGA 409 (196 ha), IRGA 416 (114,3 ha), TAIM e CHUÍ (77 ha) e IRGA 410 (76,5 ha). As demais cultivares apresentam uma variação de 49,5 a 1,7 ha cultivados. O IRGA 417 se destaca por ser fiel ao seu ciclo e apresentar

características agronômicas como rendimento e qualidade de grãos superiores às outras variedades citadas.

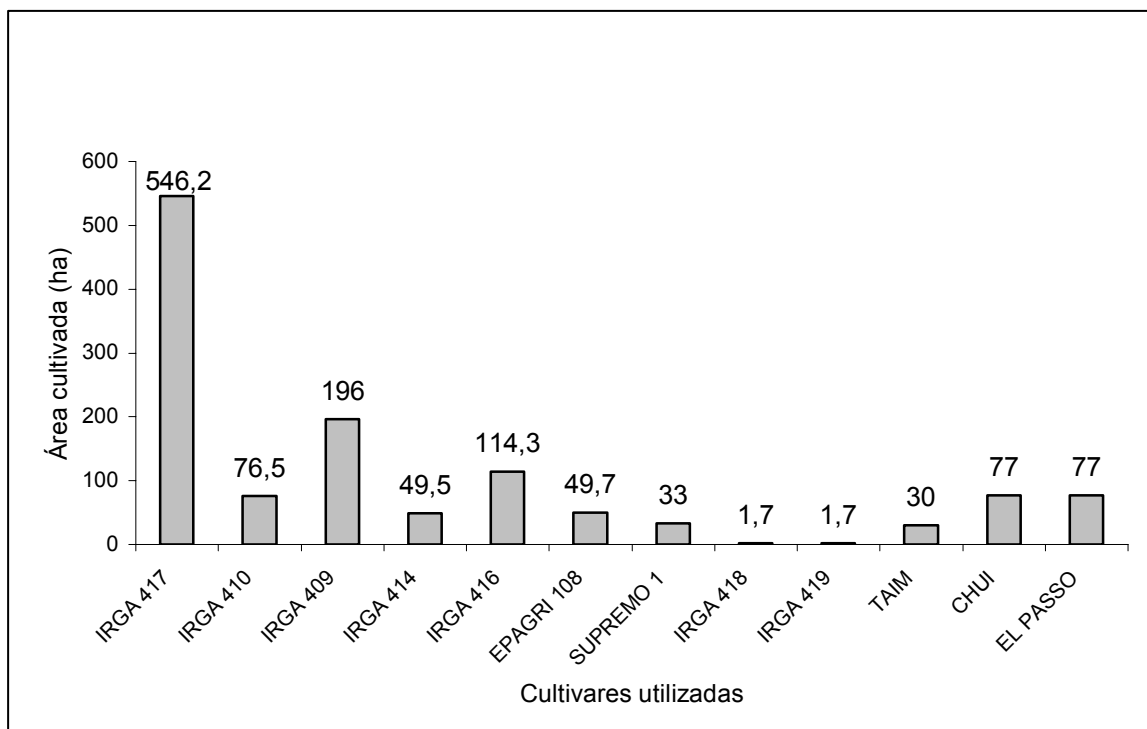


FIGURA 05 - Distribuição da área dos cultivares de arroz irrigado no Arroio Grande.

#### 4.1.3 - Sistema de posse da terra

O sistema de posse da área orizícola, é apresentado na FIGURA 06. Nesta figura verifica-se que 57,25 % da área cultivada (717,1 ha) é área própria dos agricultores e 42,75 % (535,5 ha) da área cultivada no sistema de arrendamento.

#### 4.1.4 - Custo do arrendamento da terra

O custo do arrendamento da terra na região FIGURA 07 é bastante diversificado e está basicamente relacionado ao percentual da produção. Destacam-se os valores mais praticados 20 e 25 % da produção para o arrendamento da terra.

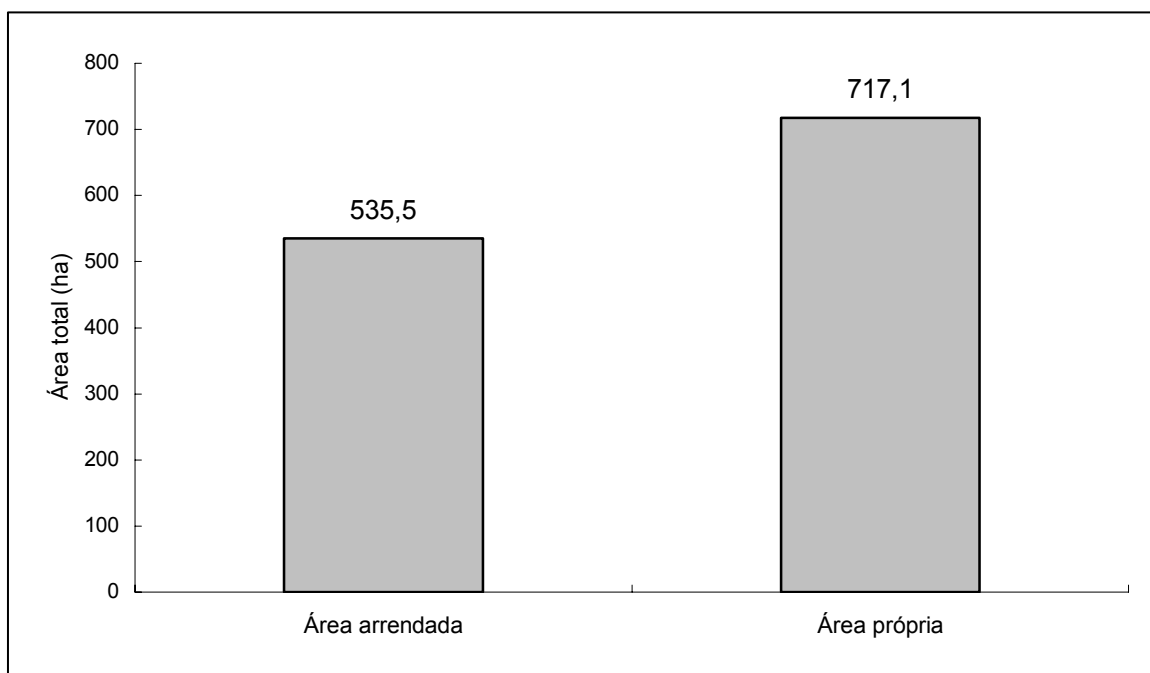


FIGURA 06 - Distribuição do sistema de posse da terra no Arroio Grande.

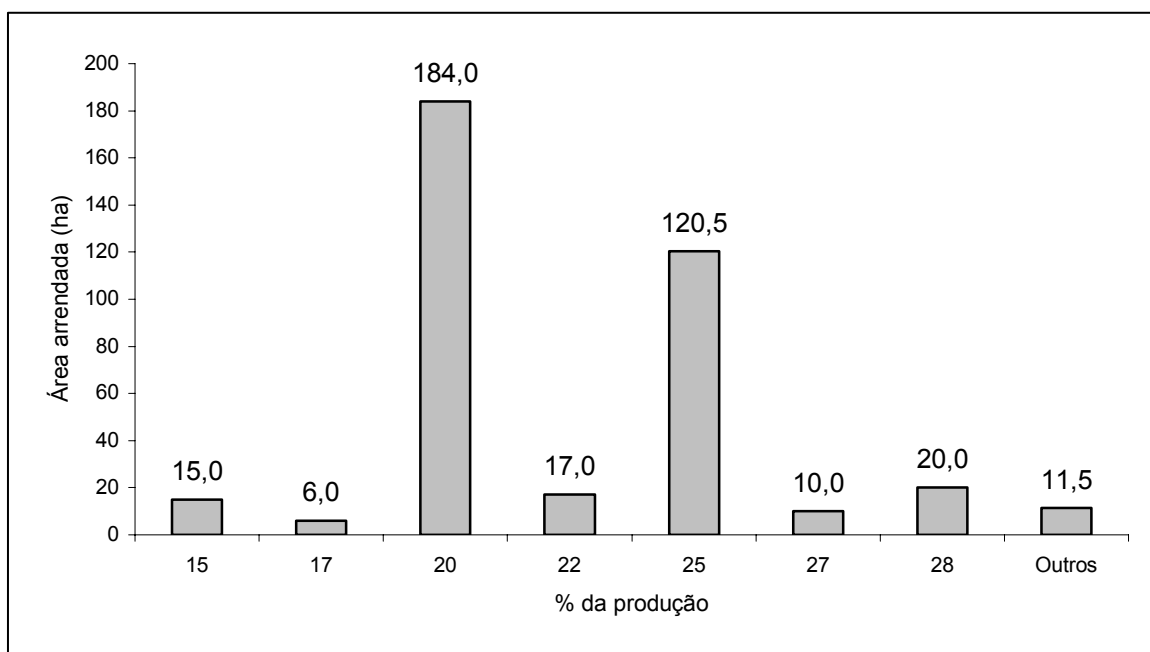


FIGURA 07 - Valores do custo do arrendamento da terra em % da produção.

#### 4.1.5 - Custo do arrendamento da terra e água

O custo do arrendamento da terra e água FIGURA 08 varia entre 20 a 35 % da produção, sendo o custo de 30 % da produção o mais praticado nesta região.

#### 4.1.6 - Sistematização da área de cultivo de arroz

A área sistematizada para cultura do arroz na região, FIGURA 09 é significativa 69,54 % (871,1 ha), fator este que é fundamental para racionalizar melhor a atividade em questão, principalmente relacionado a quantidade de água utilizada na irrigação e a possibilidade da utilização de rotação de culturas.

#### 4.1.7 - Épocas do início da semeadura

A época do início da semeadura conforme FIGURA 10 varia desde vinte de setembro a trinta de novembro, concentrando-se (66,49 %) na primeira quinzena de novembro, época que coincide com as recomendações para a cultura.

#### 4.1.8 - Épocas do início e término da irrigação

O início da irrigação conforme FIGURA 11 varia de 0 a mais de trinta dias após a semeadura, concentrando-se na faixa de 05 a 15 dias após a semeadura (22,67 %) e 15 a 30 dias após a semeadura (70,57 %).

O término da irrigação FIGURA 12 varia de 0 a mais de trinta dias antes da colheita, concentrando-se na principalmente na faixa de 15 a 30 dias antes da colheita.

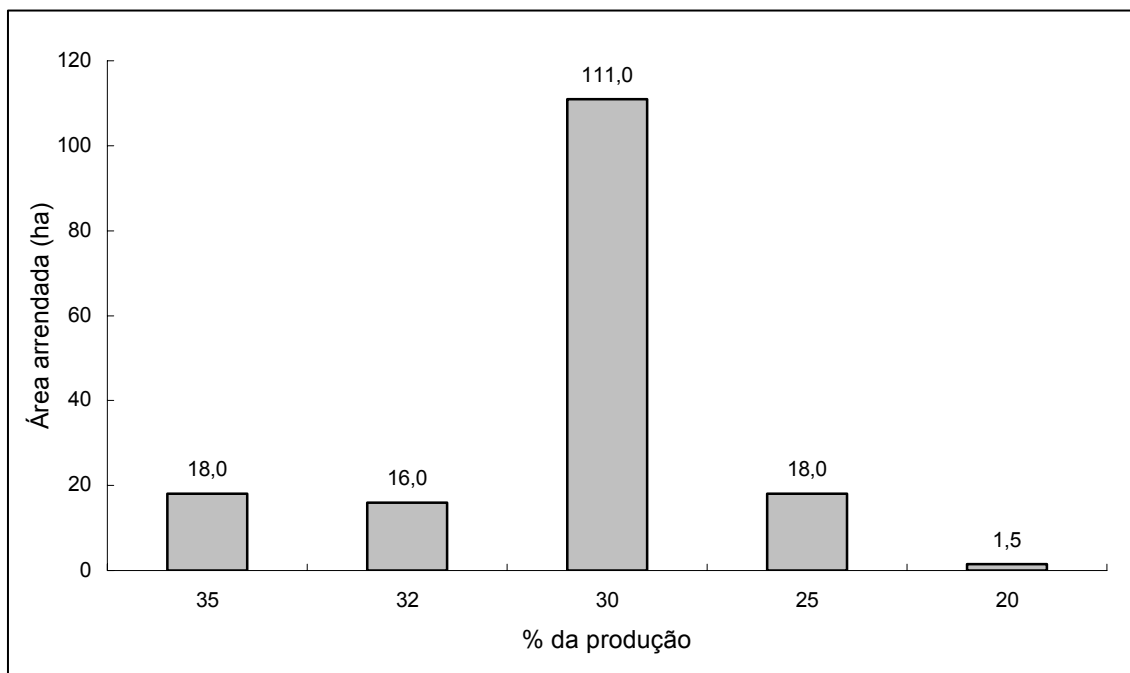


FIGURA 08 - Custo do arrendamento da terra + água em função da receita de produção %.

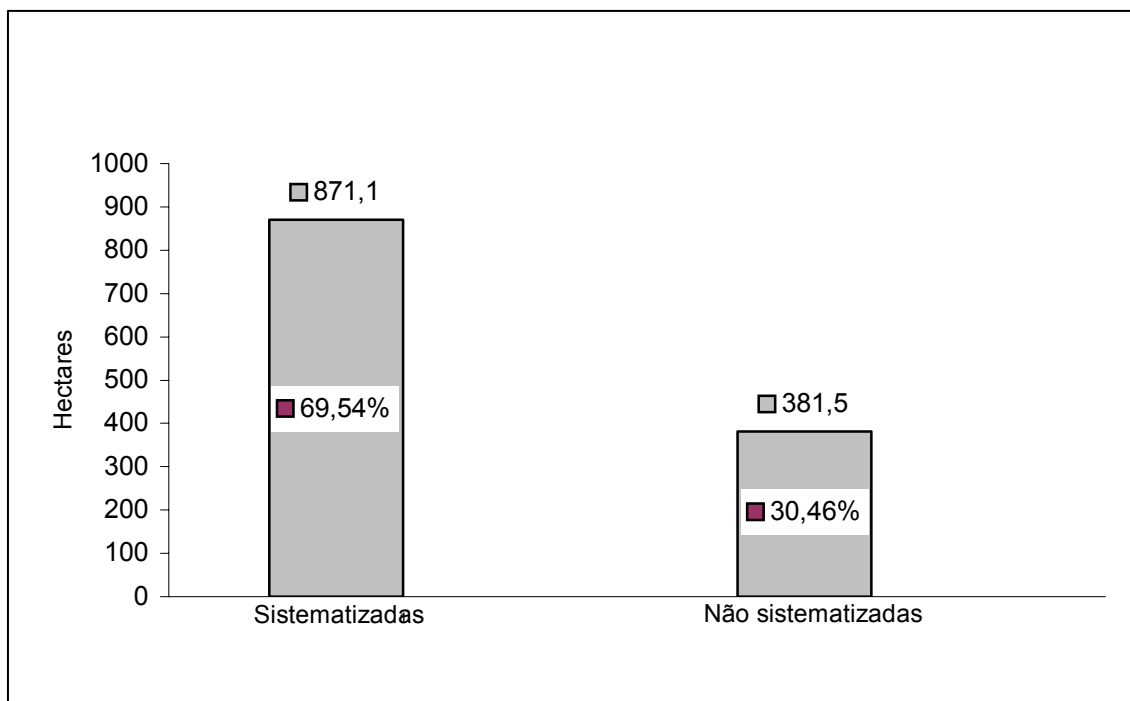


FIGURA 09 - Área sistemizada e área não sistemizada na bacia hidrográfica do Arroio Grande.

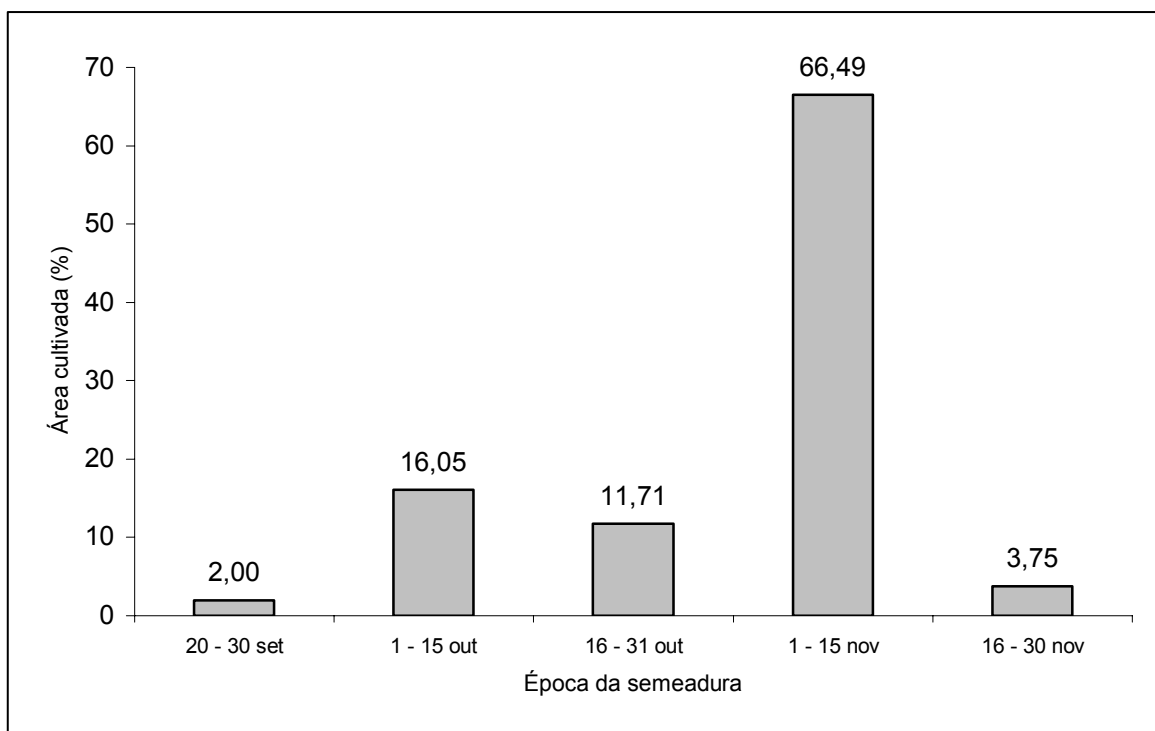


FIGURA 10 - Épocas do início da sementeira, em quinzenas, no Arroio Grande.

#### 4.1.9 - Fontes de água e de energia utilizadas na irrigação

A fonte de água e energia utilizada FIGURA 13 é muito diversificada, variando desde a mais simplificada até aquelas que envolvem maior suporte tecnológico. A fonte de água mais utilizada é o rio, utilizando energia elétrica (391,5 ha) e energia diesel (420,4 ha).

#### 4.1.10 - Produtividade de arroz por unidade de área

A produtividade média do arroz por unidade de área FIGURA 14 coincide com a média de produtividade do Estado. A maior produtividade média nas áreas de 45 a 60 ha (6.443 kg/ha) e a menor nas áreas de 30 a 45 ha (4.995 kg/ha).

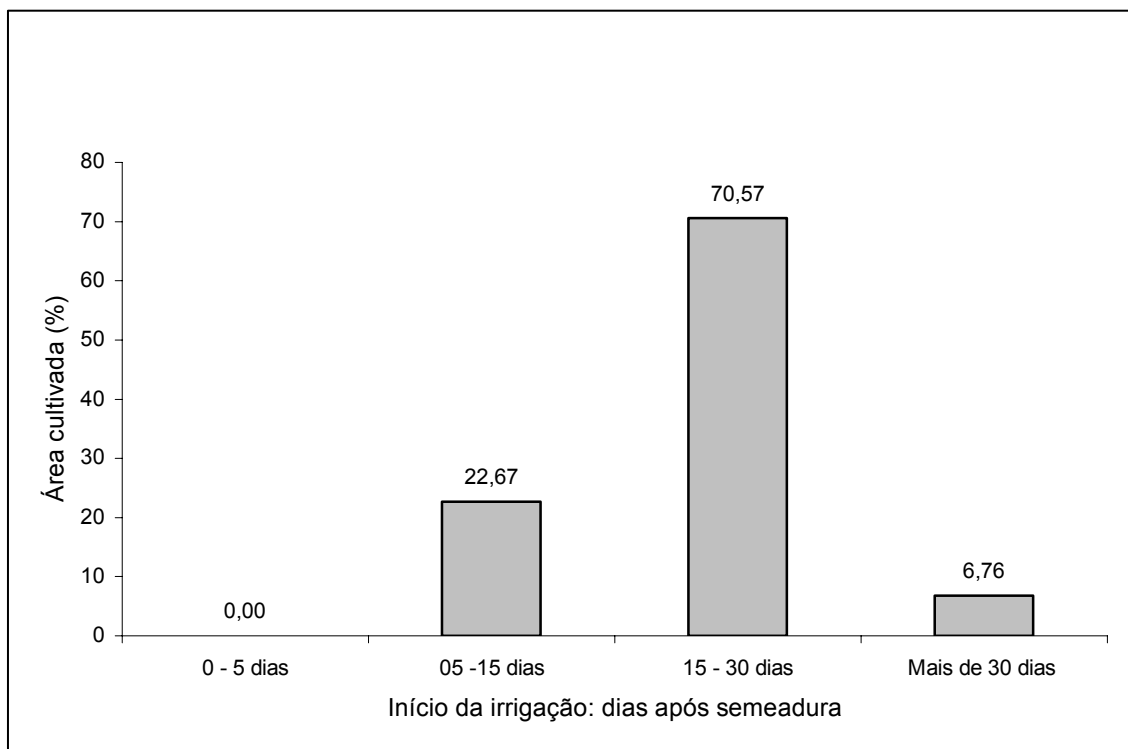


FIGURA 11 - Início da irrigação, dias após a semeadura, no Arroio Grande.

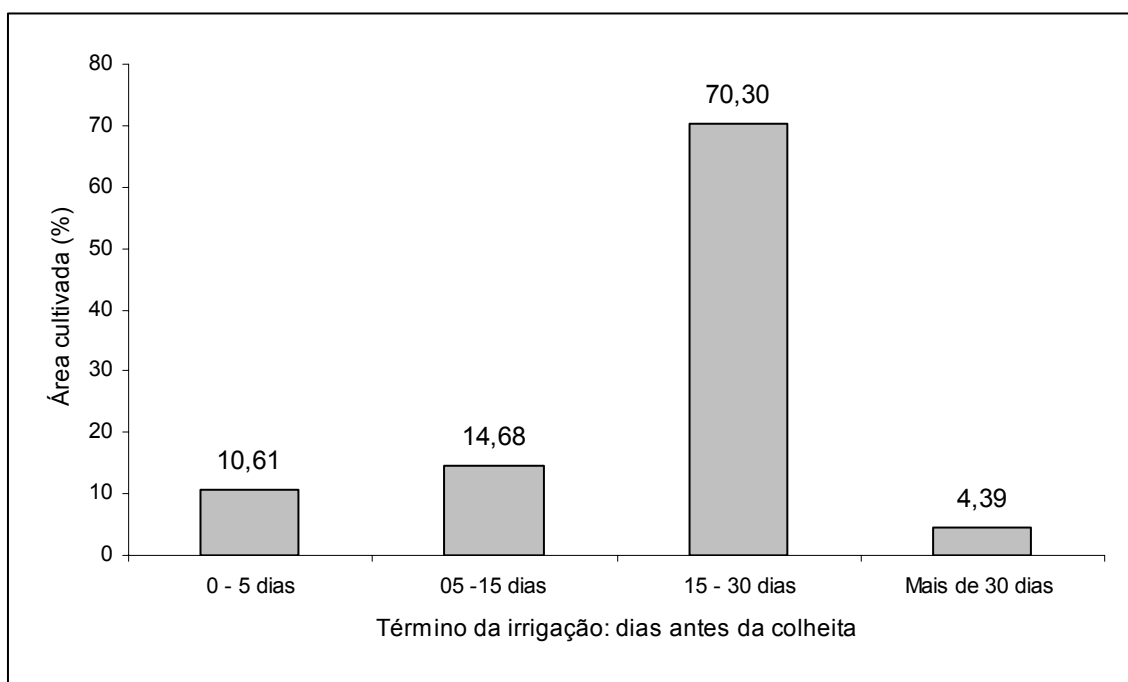


FIGURA 12 - Término da irrigação, em dias antes da colheita, no Arroio Grande.

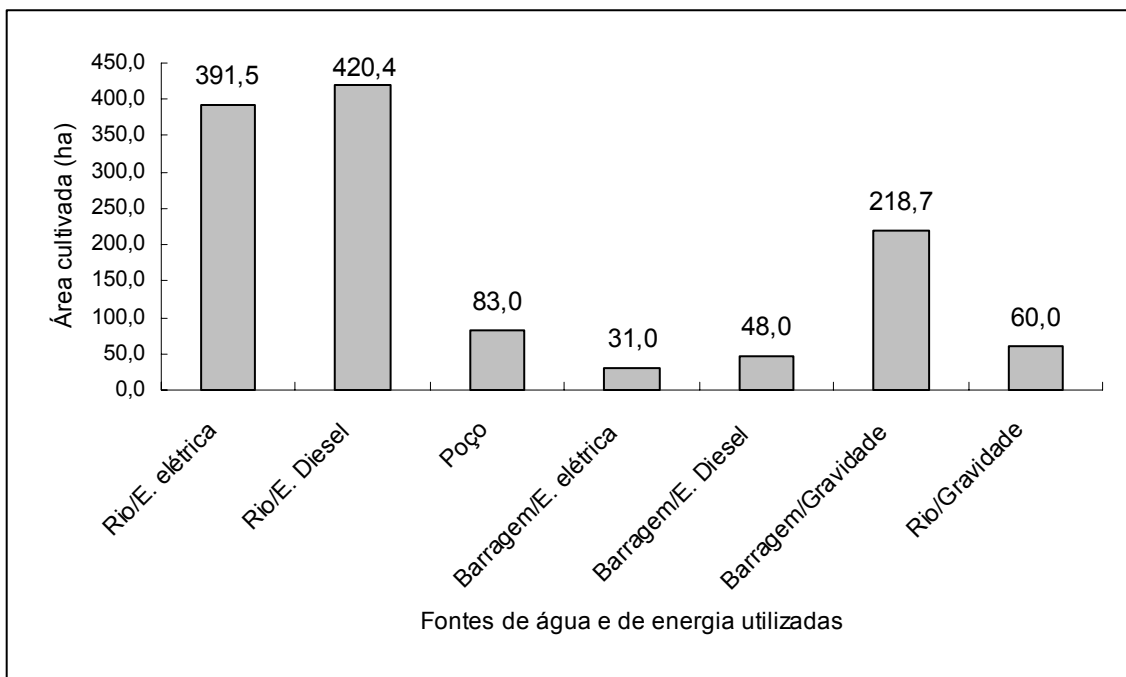


FIGURA 13 - Distribuição das fontes e energia de irrigação na bacia hidrográfica do Arroio Grande.

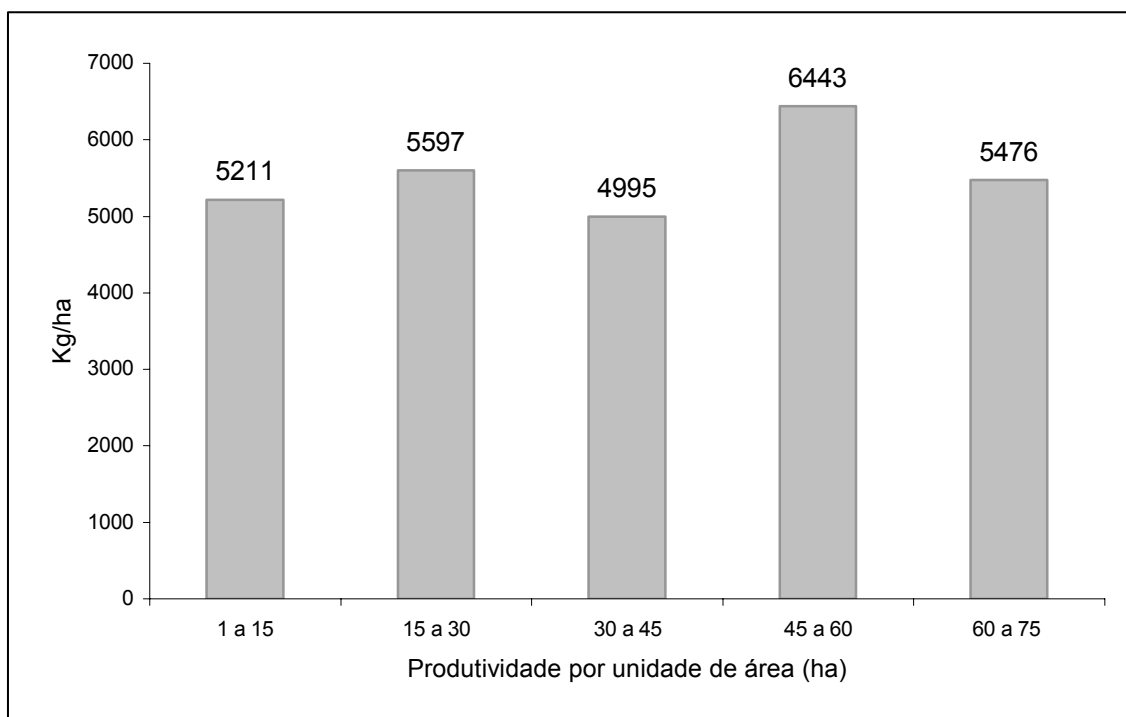


FIGURA 14 - Produtividade por unidade de área na bacia hidrográfica do Arroio Grande.



## 4.2 - Modelagem da precipitação pluvial diária

### 4.2.1 - Coeficientes da matriz de transição (P00, P10, P01 e P11)

Os valores dos coeficientes da matriz de transição podem ser encontrados na TABELA 03, O valor médio para a probabilidade de chover hoje dado que não choveu ontem (P10) é de 23,58% e o valor médio da probabilidade de chover hoje dado que choveu ontem (P11) é de 51,22%, sendo seus desvios padrão de 2,59 e 4,57 %, aproximadamente.

TABELA 03 - Valores dos coeficientes da matriz de transição (P00, P10, P01 e P11), referentes a cada mês do ano, utilizadas para a geração da ocorrência da precipitação pluvial

	P00	P10	P01	P11
Jan	0,7560	0,2440	0,4492	0,5508
Fev	0,7155	0,2845	0,4568	0,5432
Mar	0,7731	0,2269	0,5372	0,4628
Abr	0,7880	0,2120	0,4641	0,5359
Mai	0,8036	0,1964	0,4774	0,5226
Jun	0,7228	0,2772	0,4676	0,5324
Jul	0,7523	0,2477	0,4417	0,5583
Ago	0,7890	0,2110	0,4732	0,5268
Set	0,7706	0,2294	0,4464	0,5536
Out	0,7554	0,2446	0,5122	0,4878
Nov	0,7751	0,2249	0,5445	0,4555
Dez	0,7685	0,2315	0,5836	0,4164
Média	0,7642	0,2358	0,4878	0,5122
$\sigma$	0,0259	0,0259	0,0457	0,0457

De uma maneira geral, existe uma pequena variabilidade dos valores de todas as probabilidades (P00, P10, P01 e P11) ao longo do ano, o que indica a existência de uma aproximada uniformidade no comportamento da distribuição dos dias chuvosos e não chuvosos ao longo do ano.

Os resultados encontrados para Santa Maria estão de acordo com os encontrados por Peiter (1998), utilizando uma série histórica menor (16 anos) e para um período de 146 dias, abrangendo os meses de setembro a janeiro.

4.2.2 - Os valores dos parâmetros ( $\alpha$  e  $\beta$ ) da função gama utilizados para estimar a quantidade de chuva precipitada encontram-se na TABELA 04.

TABELA 04 - Valores dos parâmetros ( $\alpha$  e  $\beta$ ) da função gama, em cada mês, para a geração da precipitação pluvial, valor médio, desvio padrão e coeficiente de assimetria.

	$\alpha$	$\beta$	$x = \alpha \beta$	$\sigma = 2 / \sqrt{\alpha}$	Ca
Jan	1,0519	14,5899	15,3471		1,95
Fev	1,0351	13,1973	13,6605		1,96
Mar	1,0022	16,0005	16,3535		1,99
Abr	1,1037	15,6169	17,2364		1,90
Mai	1,0610	15,5863	16,5371		1,94
Jun	0,9739	16,3303	15,9041		2,03
Jul	0,9776	15,4980	15,1508		2,02
Ago	0,9174	15,0001	13,7611		2,09
Set	0,9999	15,2559	15,2544		2,00
Out	1,1234	14,0046	15,7328		1,89
Nov	0,9350	15,3750	14,3756		2,07
Dez	1,0678	15,4773	16,5267		1,94
Média	1,0207	15,1610	15,4748		
$\sigma$	0,0642	0,8673			

### 4.3 - Modelagem das variáveis agroclimáticas

4.3.1 - Coeficientes da função senoidal ajustada aos valores médios diários das variáveis agroclimáticas

Os valores médios diários da temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa (Urel) e número de horas de luz solar ou insolação (n) foram ajustadas a uma função senoidal ( $y = a + b \cdot \sin(2\pi x / d + c)$ ), na qual a variável independente foi o dia do ano.

Os resultados obtidos de cada um dos coeficientes a, b, c e d podem ser observados na TABELA 05, bem como o coeficiente de determinação  $r^2$ .

TABELA 05 - Valores dos coeficientes da função senoidal ajustada aos valores médios diários das variáveis agroclimáticas ( $y = a + b \cdot \sin(2\pi x / d + c)$ )

	a	b	c	d	$r^2$
Tmax	24,8886	5,6795	294	365,25	0,988043
Tmin	14,5112	-5,1911	115	365,25	0,956789
Urel	77,1319	-6,5248	199	365,25	0,825057
Insol	6,3067	-1,7963	121	365,25	0,796720

Os gráficos das FIGURAS 15 e 16, permitem uma comparação visual do grau de ajuste da função senoidal aos valores médios observados da variável temperatura máxima e da temperatura mínima, respectivamente.

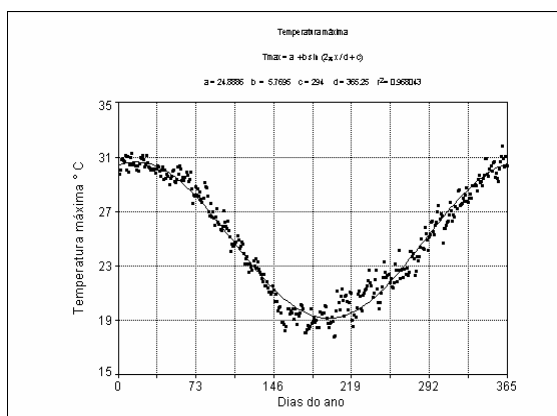


FIGURA 15 - T. máxima x dias do ano.

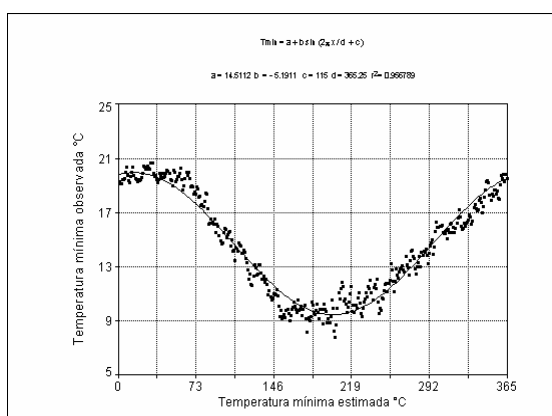


FIGURA 16 - T. mínima x dias do ano.

Os gráficos das FIGURAS 17 e 18 permitem uma comparação visual do grau de ajuste da função senoidal aos valores médios observados da variável umidade relativa e do número de horas de luz solar (insolação).

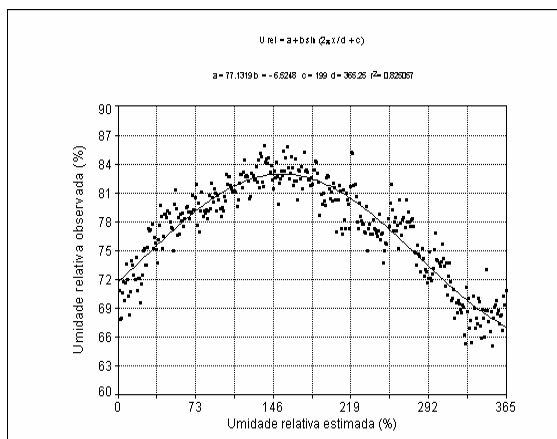


FIGURA 17 - U. relativa x dias do ano.

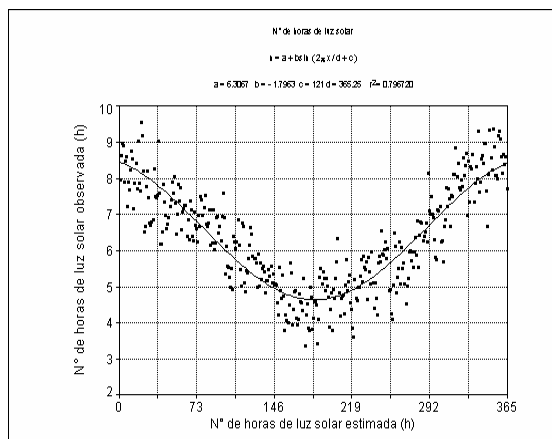


FIGURA 18 - Insolação n x dias do ano.

A comparação entre os valores observados de cada uma das variáveis e o valor estimado pela respectiva função permitiu que fossem determinados os coeficientes linear e angular da reta de regressão entre os valores das variáveis através dos dois procedimentos.

Os resultados podem ser observados na TABELA 06, onde consta também o coeficiente de determinação  $r^2$ , o valor do teste t do coeficiente a e o teste t do coeficiente b.

TABELA 06 - Comparação dos valores médios das variáveis agroclimáticas geradas e os da série histórica, ( $y = a + b, x$ )

	a	b	$r^2$	$t_a$	$t_b$
Tmax	0,000137	0,999996	0,968049	0,0006	0,0004
Tmin	0,000477	1,000053	0,986259	0,0085	0,0086
Urel	0,000249	0,999996	0,973841	0,0004	0,0001
Insol	0,000396	0,999901	0,943735	0,0077	0,0077

Os valores do teste de Student (teste t) do coeficiente a ( $t_a$ ) e do teste de Student do coeficiente b ( $t_b$ ) calculados são menores que o valor de t encontrado em tabelas (Costa Neto, 1976) para 363 graus de liberdade e 95% de confiança (t tabelado = 1,63), permitindo concluir que, estatisticamente  $a = 0$  e  $b = 1$ .

As FIGURAS 19 a 22, reforçam a igualdade estatística entre os dois procedimentos de obtenção dos valores médios das variáveis em estudo, de modo que pode haver uma substituição da variável observada pelo valor da variável estimada pela função ajustada aos dados.

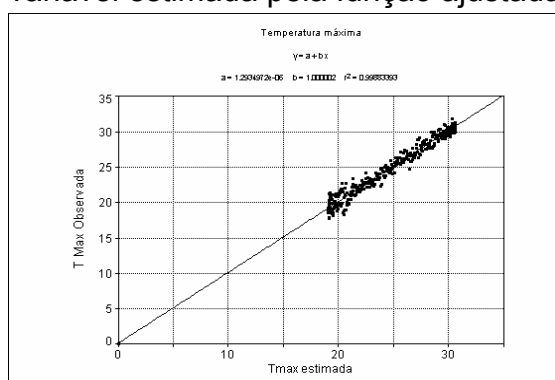


FIGURA 19 - T. máxima x T. máxima.

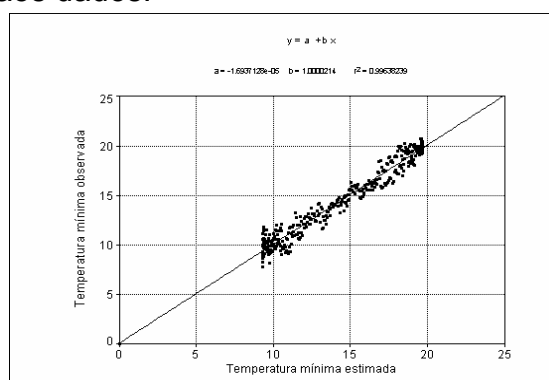


FIGURA 20 - T. mínima x T. mínima.

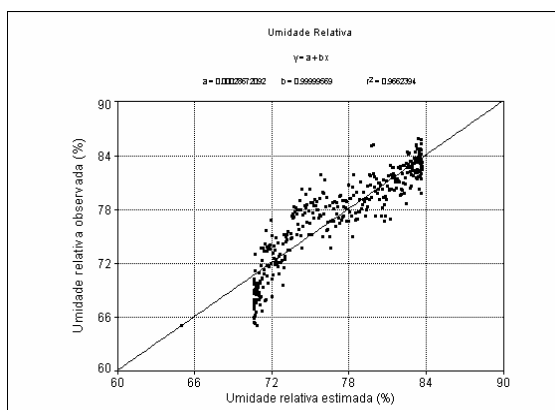


FIGURA 21 - U. relativa x U. relativa.

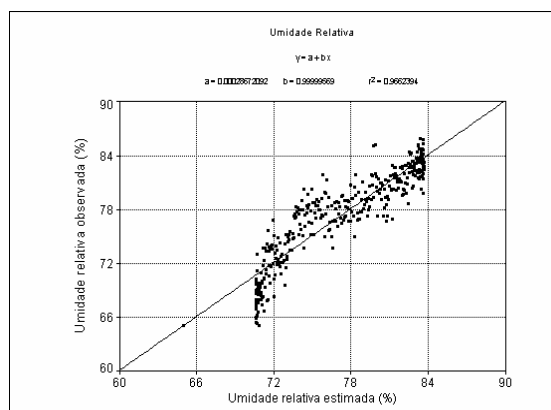


FIGURA 22 - Insolação x insolação.

#### 4.3.2 - Coeficientes da função senoidal ajustada aos valores do desvio padrão das variáveis agroclimáticas

Os valores do desvio padrão da temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa (Urel) e número de horas de luz solar ou insolação (n) foram ajustadas a uma função senoidal ( $y = a + b \sin(2\pi x / d + c)$ ), na qual a variável independente foi o dia do ano, ou seja, foi utilizado o mesmo tipo de procedimento que foi usado para os valores médios.

Os resultados obtidos de cada um dos coeficientes a, b, c e d podem ser observados na TABELA 07, bem como o coeficiente de determinação  $r^2$ .

TABELA 07 - Valores dos coeficientes da função senoidal ajustada ao desvio padrão dos valores diários das variáveis agroclimáticas ( $y = a + b \sin(2\pi x / d + c)$ )

	a	b	c	d	$r^2$
Tmax	18,2386	-10,0471	24	365,25	0,727806
Tmin	16,1222	-10,1980	250	365,25	0,728738
Urel	11,4567	37,1970	22	365,25	0,378097
Insol	15,2803	3,1316	205	365,25	0,471021

Observando-se a TABELA 07, pode-se ver que a qualidade do ajuste dos valores médios do desvio padrão da umidade relativa e da insolação não

foi muito boa, conforme apresentado através dos seus respectivos coeficientes de determinação de 37,8 e 47, 1%, aproximadamente.

Os gráficos das FIGURAS 23 a 26, permitem uma comparação visual do grau de ajuste da função senoidal aos valores médios do desvio padrão observado da temperatura máxima, da temperatura mínima, da umidade relativa e do número de horas de luz solar (insolação).

A comparação entre os valores observados e o valor estimado do desvio padrão de cada uma das variáveis permitiu que se fizesse o mesmo tipo de análise que foi feita para o valor médio e os resultados podem ser vistos na TABELA 06, onde consta também o coeficiente de determinação  $r^2$ , o valor do teste t do coeficiente a e o teste t do coeficiente b.

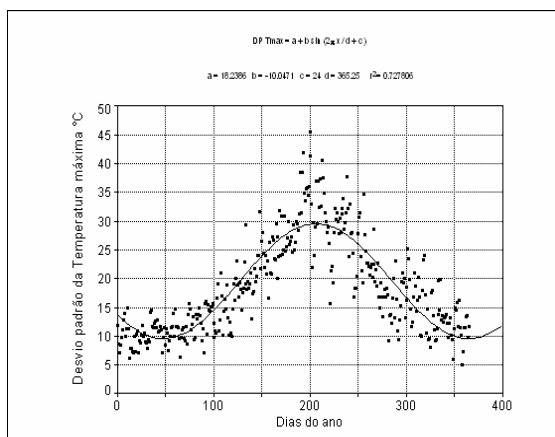


FIGURA 23 - T. máxima x dias do ano.

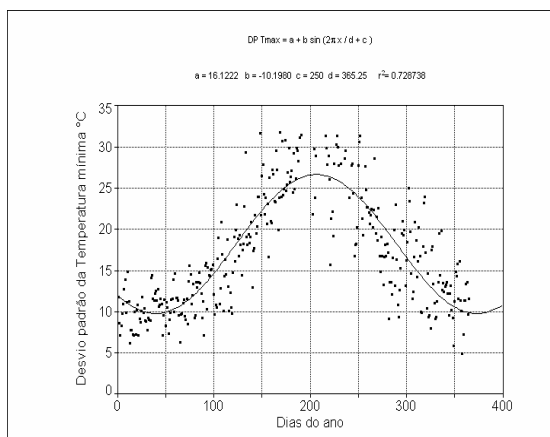


FIGURA 24 - T. mínima x dias do ano.

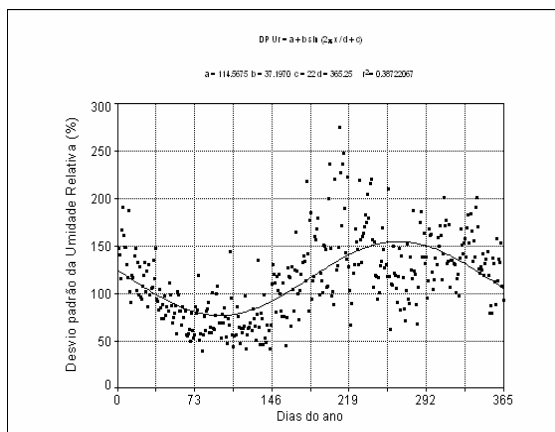


FIGURA 25 - U. relativa x dias do ano.

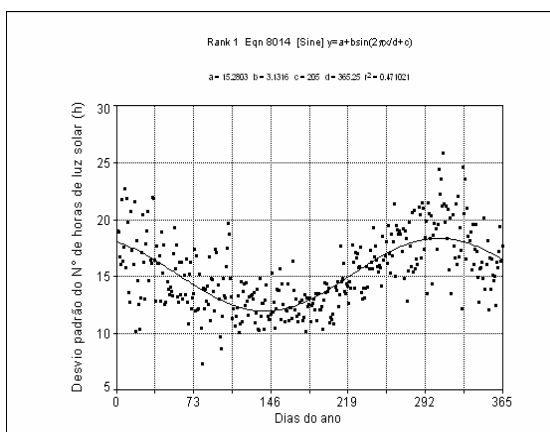


FIGURA 26 - Insolação x dias do ano.

TABELA 08 - Comparação dos valores do desvio padrão dos valores diários das variáveis agroclimáticas geradas e os da série histórica, ( $y = a + b \cdot x$ )

	a	b	$r^2$	$t_a$	$t_b$
Tmax	0,000005	1,000001	0,900653	0,0000	0,0000
Tmin	0,000016	0,999998	0,889390	0,0000	0,0001
Urel	0,000025	0,999998	0,807798	0,0000	0,0000
Insol	0,000000	0,999999	0,910770	0,0000	0,0000

Os valores do teste de Student (teste t) do coeficiente a ( $t_a$ ) e do teste de Student do coeficiente b ( $t_b$ ) calculados são menores que o valor de t encontrado em tabelas (Costa Neto, 1976) para 363 graus de liberdade e 95% de confiança (t tabelado = 1,63), permitindo concluir que, estatisticamente  $a = 0$  e  $b = 1$ .

As FIGURAS 27 a 30, reforçam a igualdade estatística entre os dois procedimentos de obtenção dos valores médios do desvio padrão das variáveis em estudo, de modo que pode haver uma substituição da variável observada pelo valor da variável estimada pela função ajustada aos dados.

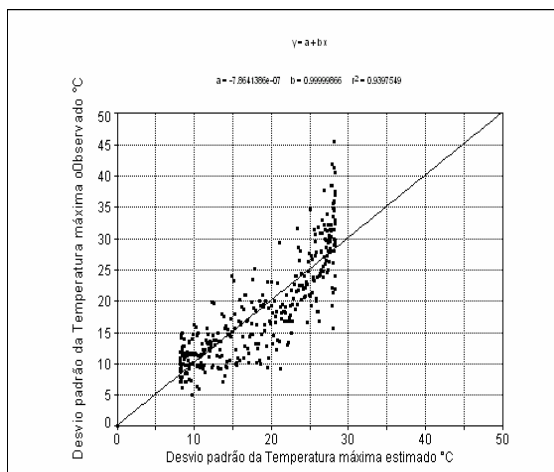


FIGURA 27 - T. máxima x T. máxima.

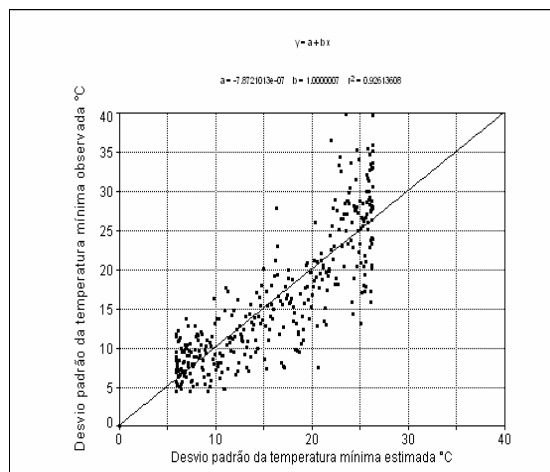


FIGURA 28 - T. mínima x T. mínima.

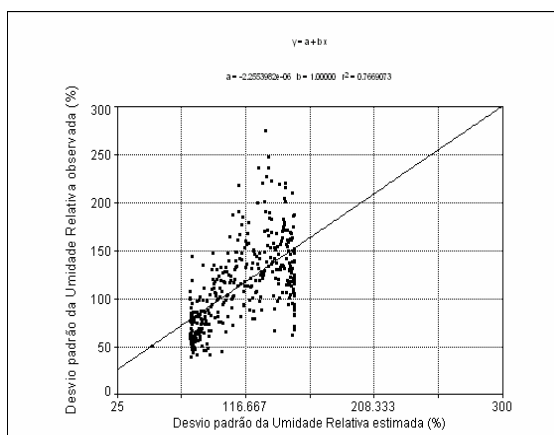


FIGURA 29 - U. relativa x U. relativa.

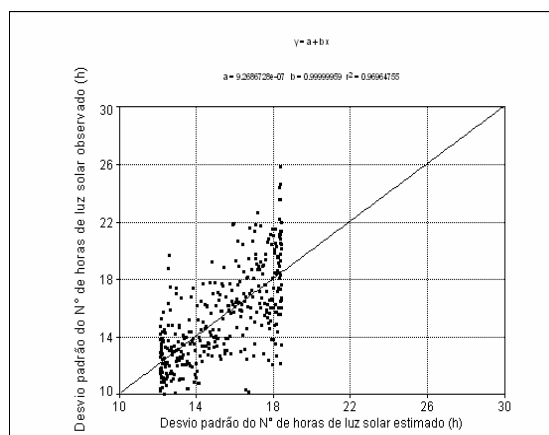


FIGURA 30 - Insolação x insolação.

#### 4.3.3 - Elementos das Matrizes A e B

A TABELA 09 apresenta os valores dos elementos da matriz A que foram utilizados para a geração das séries sintéticas das variáveis agroclimáticas (Tmax, Tmin, Urel e n) necessárias ao modelo de produção da cultura do arroz.

TABELA 09 - Valores dos elementos da matriz A utilizados para a geração das variáveis agroclimáticas

A	1	2	3	4
1	0,329163	0,366945	-0,672538	0,253397
2	0,478400	0,368169	0,639464	-0,428969
3	-0,120018	0,087383	0,146621	-0,190554
4	0,336929	-0,437419	-1,418514	-0,138154

A TABELA 10 apresenta os valores dos elementos da matriz B que foram utilizados para a geração das séries sintéticas de Tmax, Tmin, Urel e n.

TABELA 10 - Valores dos elementos da matriz B utilizados para a geração das variáveis agroclimáticas

B	1	2	3	4
1	0,866532	0,000000	0,000000	0,000000
2	0,441755	0,871492	0,000000	0,000000
3	-0,109696	0,142269	0,258232	0,000000
4	0,233961	-0,491085	-0,307505	0,580094



#### 4.4 - Parâmetros necessários ao modelo de produção

Para a utilização do modelo de produção potencial de uma cultura é necessário determinar para cada dia de cálculo os vários parâmetros que compõem o modelo proposto.

A TABELA 11 demonstra os valores da radiação solar na ausência (topo) da atmosfera, da radiação solar fotossinteticamente ativa em dias claros, a taxa de produção potencial nos dias claros e nublados e o número máximo de horas de luz para a localidade em estudo ( $\Phi = 29^\circ 41' S$ ).

Os valores de  $R_c$ ,  $P_c$  e  $P_o$  que constam da tabela foram obtidos em Doorenbos e Kassam (1994) e os valores de  $R_o$  e  $N$  foram obtidos em Pereira *et al.* (2001).

TABELA 11 - Radiação solar na ausência da atmosfera  $R_o$ , da radiação solar fotossinteticamente ativa  $R_c$  e a taxa de produção potencial nos dias claros  $P_c$ , a taxa de produção potencial nos dias nublados  $P_o$  e o número máximo de horas de luz  $N$  para a localidade em estudo em função dos dias do ano.

Dia	$R_o$ (MJ/m <sup>2</sup> .dia)	$R_c$ (MJ/m <sup>2</sup> .dia)	$P_c$ (Kg /há.dia)	$P_o$ (Kg /há.dia)	$N$ (horas)
15	41,93	17,18	483	258	13,9
46	38,46	16,05	456	243	13,1
74	32,57	13,92	412	216	12,3
105	25,92	11,29	356	182	11,4
135	20,74	8,78	299	148	10,6
166	18,27	7,48	269	130	10,2
196	19,73	7,98	281	137	10,4
227	24,16	10,24	333	168	11,0
258	30,60	12,67	385	200	11,9
288	36,50	15,18	437	232	12,8
319	40,93	16,72	471	251	13,6
349	42,94	17,43	489	261	14,1

Observando-se a TABELA 11, pode-se ver que os valores de cada uma das variáveis que participa do modelo de produção proposta ( $R_o$ ,  $R_c$ ,  $P_c$ ,  $P_o$  ou  $N$ ) em função do dia do ano diminuem a medida que se aproximam da metade

do ano e voltam a crescer a partir da metade do ano de modo a se aproximarem do valor do início do ano, sugerindo que uma função do tipo senoidal se ajustaria adequadamente aos dados, de modo a permitir o cálculo dos valores de qualquer variável e em qualquer dia do ano.

#### 4.4.1 - Ajustamento dos valores da radiação solar na ausência da atmosfera $R_o$ em função do tempo

Os valores da distribuição da radiação solar na ausência da atmosfera foram ajustados por uma função senoidal do tipo  $R_o = a + b \cdot \sin(2\pi t / d + c)$ , na qual  $t$  é o dia do ano no calendário Juliano,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  são coeficientes a determinar.

Os valores obtidos foram  $a = 30,6110$ ,  $b = 12,1934$ ,  $c = 1,6793$  e  $d = 353,4440$  e um coeficiente de determinação  $r^2 = 0,999265$ .

Na FIGURA 31, pode-se observar os valores de  $R_o$  distribuídos ao longo do ano estimados pela função senoidal e os valores utilizados para o ajustamento (estimativa dos coeficientes) da função.

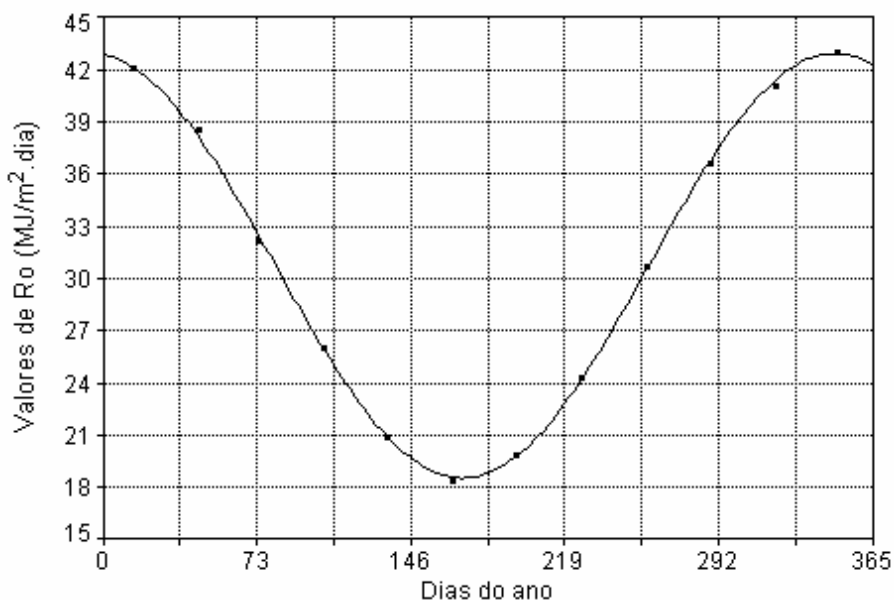


FIGURA 31 - Valores da radiação solar na ausência da atmosfera ao longo do ano para a localidade  $\Phi = 29^\circ 41' S$ .

#### 4.4.2 - Ajustamento dos valores da insolação máxima possível N (horas) em função do tempo

Os valores da distribuição do número de horas de luz máxima foram ajustados por uma função senoidal do tipo  $N = a + b \sin(2\pi t / d + c)$ , na qual t é o dia do ano no calendário Juliano, a, b, c e d são coeficientes a determinar.

Os valores obtidos são  $a = 12,20$ ,  $b = 1,9494$ ,  $c = 1,8761$  e  $d = 382,7164$  e um coeficiente de determinação  $r^2 = 0,999258$ .

Na FIGURA 32, pode-se observar os valores de N distribuídos ao longo do ano estimados pela função senoidal e os valores utilizados para o ajustamento (estimativa dos coeficientes) da função.

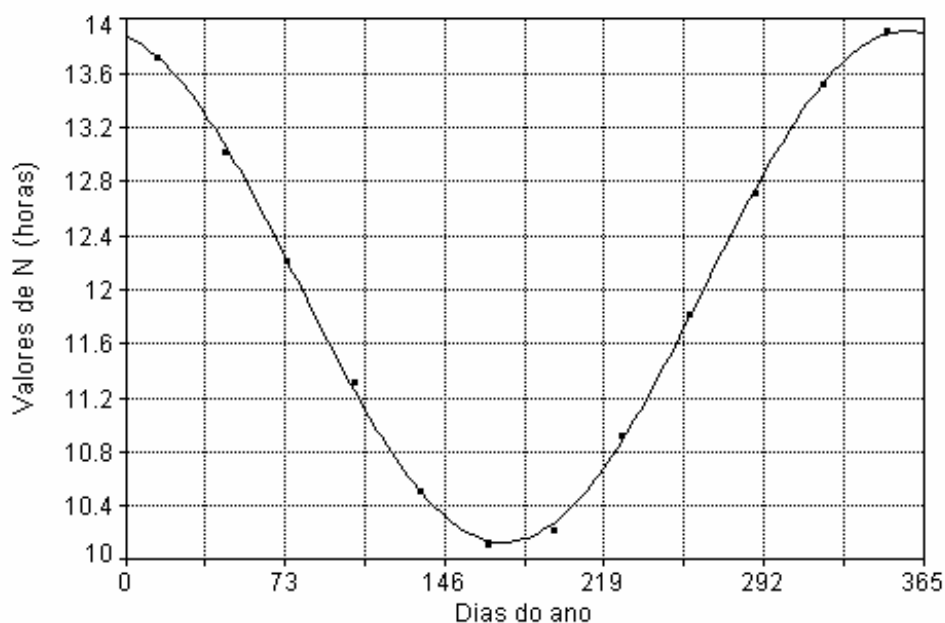


FIGURA 32 - Valores do número máximo de horas de luz solar diária N ao longo do ano para a localidade  $\Phi = 29^{\circ} 41' S$ .

#### 4.4.3 - Ajustamento dos valores da taxa de produção potencial diária Pc nos dias claros em função do tempo

Os valores da distribuição da taxa de produção potencial diária  $P_c$  foram ajustados por uma função senoidal do tipo  $P_c = a + b \cdot \sin(2\pi t / d + c)$ , na qual  $t$  é o dia do ano no calendário Juliano,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  são coeficientes a determinar.

Os valores obtidos foram  $a = 379,7819$ ,  $b = 105,4753$ ,  $c = 1,4399$  e  $d = 332,5261$  e um coeficiente de determinação  $r^2 = 0,996593$ .

Na FIGURA 33, pode-se observar os valores da taxa de produção potencial diária em dias claros ( $P_c$ ) distribuídos ao longo do ano estimados pela função senoidal ajustada e os valores de  $P_c$  utilizados para o ajustamento (estimativa dos coeficientes) da função.

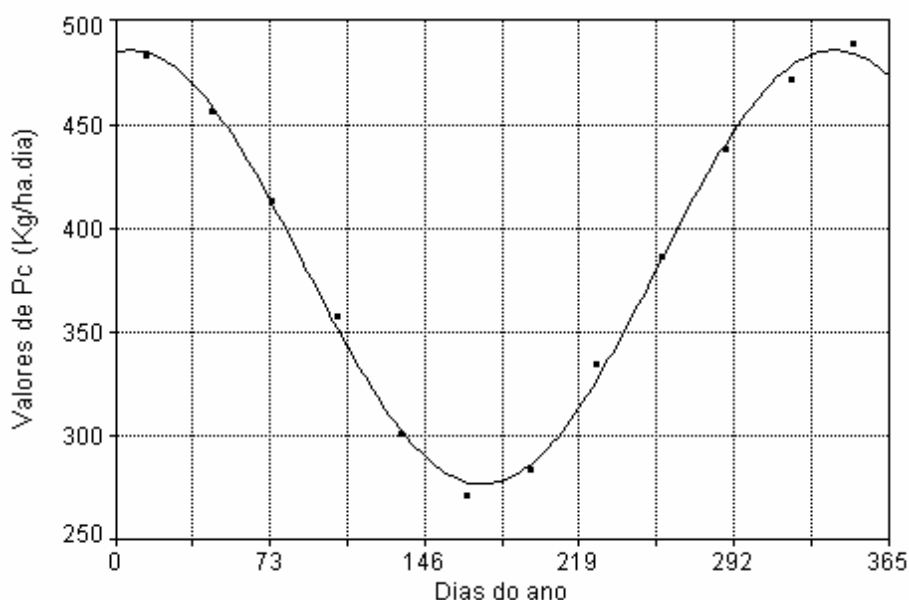


FIGURA 33 - Valores da produção potencial diária  $P_c$  ao longo do ano para a localidade  $\Phi = 29^\circ 41' S$ .

#### 4.4.4 - Ajustamento dos valores da taxa de produção potencial diária $P_o$ nos dias nublados em função do tempo

Os valores da distribuição da taxa de produção potencial diária  $P_o$  foram ajustados por uma função senoidal do tipo  $P_o = a + b \cdot \sin(2\pi t / d + c)$ , na qual  $t$  é o dia do ano no calendário Juliano,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  são coeficientes a determinar.

Os valores obtidos foram  $a = 196,2672$ ,  $b = 63,3924$ ,  $c = 1,4235$  e  $d = 330,7550$  e um coeficiente de determinação  $r^2 = 0,996803$ .

Na FIGURA 34, pode-se observar os valores de  $P_o$  distribuídos ao longo do ano estimados pela função senoidal e os valores utilizados para o ajustamento (estimativa dos coeficientes) da função.

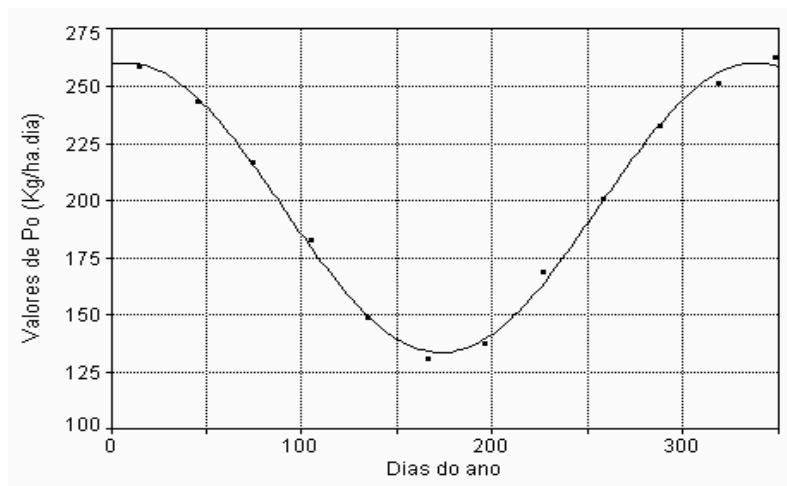


FIGURA 34 - Valores da produção potencial diária  $P_o$  ao longo do ano para a localidade  $\Phi = 29^\circ 41' S$ .

#### 4.4.5 - Ajustamento dos valores da radiação solar fotossinteticamente ativa nos dias claros $R_c$ em função do tempo

Na FIGURA 35, observa-se os valores da radiação solar fotossinteticamente ativa em dias claros  $R_c$  distribuídos ao longo do ano estimados pela função senoidal e os valores de  $R_c$  utilizados para o ajustamento.

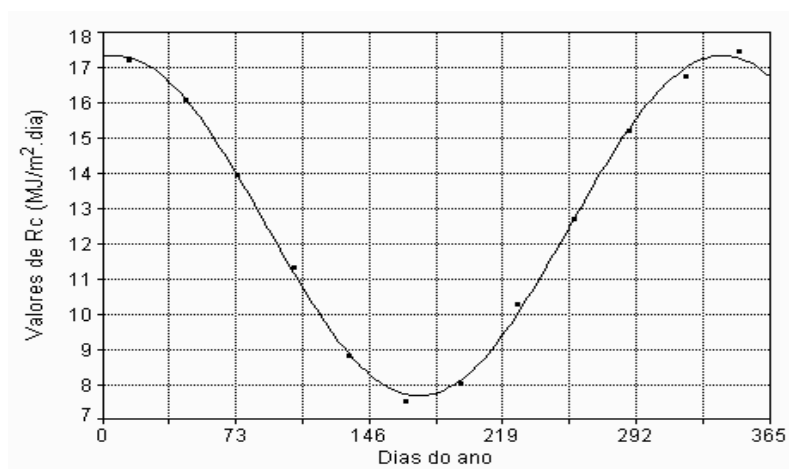


FIGURA 35 - Valores da radiação solar fotossinteticamente ativa  $\Phi = 29^\circ 41' S$ .

Os valores da distribuição da radiação solar fotossinteticamente ativa nos dias claros  $R_c$  foram ajustados por uma função senoidal do tipo  $R_c = a + b \sin(2\pi t / d + c)$ , na qual  $t$  é o dia do ano no calendário Juliano,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  são coeficientes a determinar.

Os valores obtidos são  $a = 298,3866$ ,  $b = 115,7588$ ,  $c = 1,4397$  e  $d = 332,3303$  e coeficiente de determinação  $r^2 = 0,998150$

#### 4.5 - Calibração do modelo de produção de arroz

Para verificar o desempenho do modelo de produção de arroz proposto neste trabalho os valores da produção de matéria seca e da produção de grãos obtidos com a utilização do modelo de produção foram comparados com os valores da produção de matéria seca e da produção de grãos obtidos em um experimento conduzido por Machado (2003), Os resultados obtidos através dos dois procedimentos podem ser encontrados na TABELA 12.

TABELA 12 - Comparação dos valores de produção de matéria seca e de grãos obtidos pelo modelo e no experimento de Machado (2003)

Safr	Matéria seca (Kg /ha)			Grãos (Kg /ha)		
	Exper,	Modelo	$\Delta$ %	Exper,	Modelo	$\Delta$ %
1999/200	15740	16080	2,16	7072	7075	0,04
2000/200	15730	14619	-7,06	6354	6432	1,23
2001/200	14300	16208	13,34	8124	7132	-12,21
Média	15250	15636	2,53	7183	6880	-4,22

Analisando os valores que constam da TABELA 12 pode-se observar que a diferença entre os valores da produção de matéria seca variaram entre 2,16 e 13,34%, sendo o valor médio igual a 2,53% e que a diferença entre os valores da produção de grãos variaram entre 0,04 e 12,21%, sendo o valor médio de 4,22%.

Robaina (1992) encontrou diferenças de 10% quando comparou os valores de produção de matéria seca e de grãos da cultura do feijão, A mesma escala de grandeza pode ser encontrado em Peiter (1998), que trabalhou com a cultura de milho na região de Santa Maria.

Para reforçar a validação do modelo de produção foram determinados os coeficientes linear e angular da reta de regressão dos valores da matéria seca e de grãos obtidos por simulação (x) e os valores de matéria seca e de grãos obtidos no experimento de campo (y).

Os resultados podem ser observados na TABELA 13, onde constam também o coeficiente de determinação  $r^2$ , o valor do teste t do coeficiente a e o teste t do coeficiente b.

Nesse tipo de análise espera-se que o coeficiente linear a seja igual a zero e o coeficiente de b seja igual a 1, aproximadamente, permitindo inferir que os valores da produção de matéria seca e de grãos obtidos pelos diferentes procedimentos são, estatisticamente, iguais e pode-se considerar o modelo calibrado para o estudo o qual foi proposto.

TABELA 13 - Valores do coeficiente linear e do coeficiente angular da comparação entre a produção de matéria seca e de grãos obtidos em experimento de campo e através do modelo de produção, coeficiente de determinação e valores do teste t para os coeficientes a e b

a	b	$r^2$	ta	tb
0,000583	1,009935	0,994775	0,0062	0,3591

Os valores do teste de Student (teste t) do coeficiente a (ta) e do teste de Student do coeficiente b (tb) calculados são menores que o valor de t encontrado em tabelas (Costa Neto, 1976) para 4 graus de liberdade e 95% de confiança (t tabelado = 2,13), permitindo concluir que, estatisticamente  $a = 0$  e  $b = 1$ .

A FIGURA 36 reforça o fato da igualdade estatística entre os dois procedimentos de obtenção da produção de matéria seca e da produção de grãos.

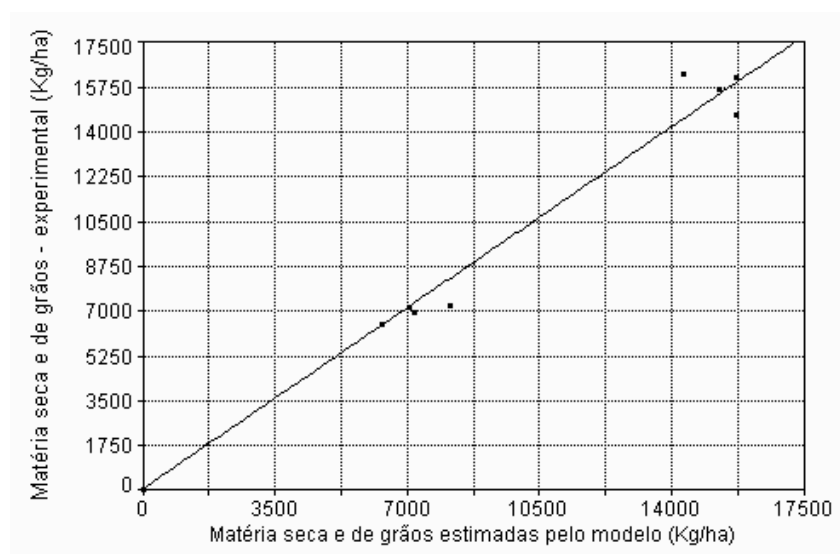


FIGURA 36 - Valores da produção de matéria seca e de grãos obtidas em experimento de campo e os valores estimados pelo modelo de produção.

#### 4.6 - Coeficientes técnicos do custo de produção

Os valores dos diferentes itens que compuseram o custo de produção do arroz irrigado no Arroio Grande utilizados neste trabalho, tendo como base o estudo do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), 2004, podem ser observados na TABELA 14.

Os valores do preço do arroz, do valor da terra de cultivo, do custo das diferentes fontes de energia para a irrigação e os valores percentuais adotados para as diferentes modalidades de arrendamento foram obtidos com base no estudo efetuado através de questionários aplicados aos produtores do Arroio Grande, pelo Núcleo de Assistência Técnica da Região de Santa Maria (IRGA, 2002).



TABELA 14 - Valores em reais (R\$) adotados para os componentes do custo de produção para diferentes extratos de área

	Proprietário	Arrendatário
Preço do arroz	0,7386/Kg	0,7386/Kg
Valor da terra de cultivo	3000,00/ha	3000,00/ha
Valor fixo – Co	2503,00/ha	2503,00/ha
Terra	6% do valor da	-----
Arrenda terra	-----	20 % do valor da produção
Arrenda água	15% do valor da produção	15% do valor da produção
Arrenda terra + água		30% do valor da produção
Custo da irrigação BD	430,72 /ha (1600 h)	430,72 /ha (1600 h)
Custo da irrigação BE	232,78 /ha (1600 h)	232,78 /ha (1600 h)
Custo da irrigação NA	188,48 /ha (1600 h)	188,48 /ha (1600 h)
Lic. Amb, LP	-----	-----
Lic. Amb, LI	-----	-----
Lic. Amb, LO (< 50ha)	430,00 (4 safras)	430,00 (4 safras)
Lic. Amb, LO (50 -100 ha)	1539,00 (4 safras)	1539,00 (4 safras)
Custo Água/m <sup>3</sup>	0,05 / m <sup>3</sup>	0,05 / m <sup>3</sup>
Ciclo da cultura (Irga 417)	120 dias	120 dias

Os valores do licenciamento ambiental foram obtidos na Secretária do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e fixados pela Fundação de Proteção Ambiental (FEPAM), para o ano de 2005 e foram considerados apenas os custos da licença de operação, levando-se em conta o porte do empreendimento.

O custo por unidade de área e por safra deste tipo de licença a ser considerado deve ser de um quarto do seu valor nominal, uma vez que a validade da licença de operação é de 4 anos.

O valor da água por unidade de volume fornecida para a irrigação, de modo a atender a cobrança por sua utilização foi estabelecida de acordo com os trabalhos de Pereira *et al.* (1999).

#### 4.7 - Valores dos componentes do custo de produção

A TABELA 15 demonstra os valores dos componentes do custo de produção referentes a terra própria, arrendamento de terra, arrendamento de terra, irrigação, licenciamento ambiental e água, bem como a parcela referente a outros componentes (Co), bem como seus valores médios e respectivos desvios padrão.

TABELA 15 - Valores dos componentes do custo de produção (R\$/ha) adotados na análise de rentabilidade para as vinte séries sorteadas

Série	Custo de produção – Co = R\$ 2503,00/há									
	Terra	Arrendamento		Irrigação			Lic,	Água		
	Própria	Terra	Água	Diesel	Elétrica	Natural	< 50ha	50- 100ha	Total	Irrigação
03	180,00	858,7	644,0	126,8	89,7	72,6	107,5	384,8	45,8	17,7
06	180,00	885,4	664,1	161,9	114,6	92,7	107,5	384,8	47,9	23,6
07	180,00	1052,6	789,5	174,2	123,3	99,8	107,5	384,8	55,1	29,2
10	180,00	1018,9	764,2	120,9	85,6	69,3	107,5	384,8	49,7	18,3
13	180,00	1091,1	818,3	179,2	126,8	102,7	107,5	384,8	54,1	29,5
18	180,00	766,8	575,1	133,4	94,4	76,5	107,5	384,8	44,8	18,2
21	180,00	793,7	595,3	100,7	71,3	57,7	107,5	384,8	42,7	13,1
27	180,00	718,1	538,6	126,2	89,3	72,3	107,5	384,8	43,1	16,6
32	180,00	829,1	621,8	134,1	94,9	76,8	107,5	384,8	46,2	18,9
40	180,00	1066,6	800,0	176,5	124,9	101,2	107,5	384,8	51,6	27,7
48	180,00	671,4	503,6	73,1	51,7	41,9	107,5	384,8	38,7	8,6
50	180,00	931,8	698,9	159,8	113,1	91,6	107,5	384,8	49,4	24,0
55	180,00	1013,2	759,9	143,0	101,2	81,9	107,5	384,8	51,6	22,4
64	180,00	986,8	740,1	137,6	97,4	78,8	107,5	384,8	50,7	21,2
67	180,00	946,7	710,0	150,3	106,4	86,1	107,5	384,8	46,4	21,2
77	180,00	987,4	740,6	161,5	114,3	92,5	107,5	384,8	50,5	24,8
78	180,00	656,7	492,5	99,1	70,1	56,8	107,5	384,8	41,9	12,6
85	180,00	798,2	598,7	138,9	98,3	79,6	107,5	384,8	43,8	18,5
94	180,00	732,0	549,0	123,7	87,5	70,9	107,5	384,8	41,5	15,6
96	180,00	736,3	552,2	61,6	43,6	35,3	107,5	384,8	42,1	7,9
x	180,0	877,1	657,8	134,1	94,9	78,3	107,5	384,8	46,9	19,5
σ	-----	139,2	104,4	32,2	22,8	18,5	-----	-----	4,6	6,1

Como pode ser observado o componente de produção, dentre os selecionados para esse estudo, que apresenta o maior valor é o arrendamento da terra de cultivo, seguido do arrendamento da água.

#### 4.8 - Valores gerados de produção de grãos, consumo total de água, parcela fornecida pela chuva e parcela suplementada por irrigação

Os valores da produção de grãos, do consumo total de água, da chuva efetiva (75% da chuva registrada) e da parcela de água fornecida por irrigação e da renda bruta estimada, bem como suas médias e respectivos desvios padrão, para vinte séries sintéticas sorteadas dentre as cem séries geradas podem ser vistos na TABELA 16.

TABELA 16 - Valores da produção de grãos, do consumo de água, da parcela fornecida pela chuva e pela irrigação e renda bruta nas vinte séries sorteadas

Ano	Série	Produção	Consumo de água – m <sup>3</sup> /ha			R. bruta
		Kg/ha	Total	Chuva	Irrigação	R\$/ha
1	03	5812,8	9166,30	5634,00	3532,30	4293,33
2	06	5994,0	9581,70	4866,75	4714,95	4427,17
3	07	7125,5	11016,30	5183,25	5833,05	5262,89
4	10	6897,7	9940,70	6286,50	3654,20	5094,64
5	13	7386,6	10820,20	4926,75	5893,45	5455,74
6	18	5190,9	8962,80	5327,25	3635,55	3834,00
7	21	5373,1	8532,40	5919,75	2612,65	3968,57
8	27	4861,4	8629,10	5317,50	3311,60	3590,63
9	32	5612,9	9248,00	5478,00	3770,00	4145,69
10	40	7220,3	10314,80	4779,00	5535,80	5332,91
11	48	4545,0	7741,60	6021,75	1719,85	3356,94
12	50	6307,7	9882,30	5080,50	4801,80	4658,87
13	55	6858,8	10325,40	5838,00	4487,40	5065,91
14	64	6680,1	10147,60	5904,00	4243,60	4933,92
15	67	6408,5	9276,60	5038,50	4238,10	4733,32
16	77	6684,6	10090,20	5136,75	4953,45	4937,25
17	78	4445,3	8382,70	5856,75	2525,95	3283,30
18	85	5403,5	8764,90	5063,25	3701,65	3991,03
19	94	4955,6	8302,40	5181,00	3121,40	3660,21
20	96	4984,4	8416,10	6840,75	1575,35	3681,48
	x	5937,4	9377,1	5484,0	3893,1	4385,39
	σ	942,5	914,7	538,5	1225,3	696,12

Na TABELA 16, pode-se observar que existe uma relação direta entre a produção de grãos da lavoura de arroz e a água consumida durante o ciclo de

desenvolvimento da cultura, conforme pode ser observado na FIGURAS 37 e 38.

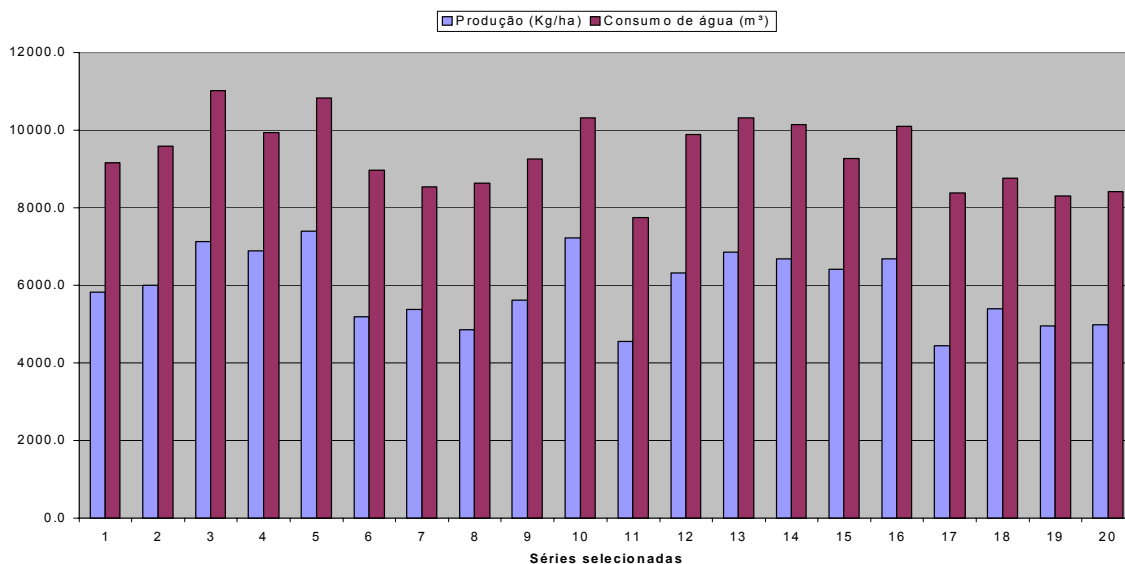


FIGURA 37 - Variação da Produção de arroz e consumo de água.

Na FIGURA 38, pode ser observado a relação entre a produção e o total de água consumida pela cultura de arroz que foi determinada pela análise de regressão das variáveis envolvidas, as quais revelaram um coeficiente linear  $a = - 3282,29$  e um coeficiente angular de  $0,9822$ , com coeficiente de determinação de  $91\%$ , aproximadamente.

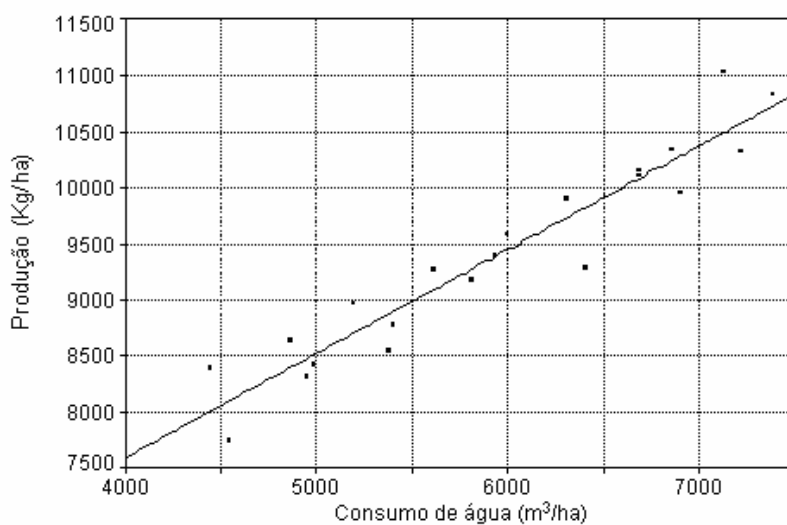


FIGURA 38 - Gráfico da variação da Produção de arroz.

Ainda na TABELA 16, pode-se observar que existe uma suplementação do total de água necessária para atingir um determinado nível de produção com irrigação, que pode ser de um dos tipos utilizados na região do Arroio Grande.

A relação entre a água fornecida por irrigação e a fornecida pela chuva é bastante variada, sendo na média igual a 73%, aproximadamente e, a FIGURA 39 mostra visualmente esta relação.

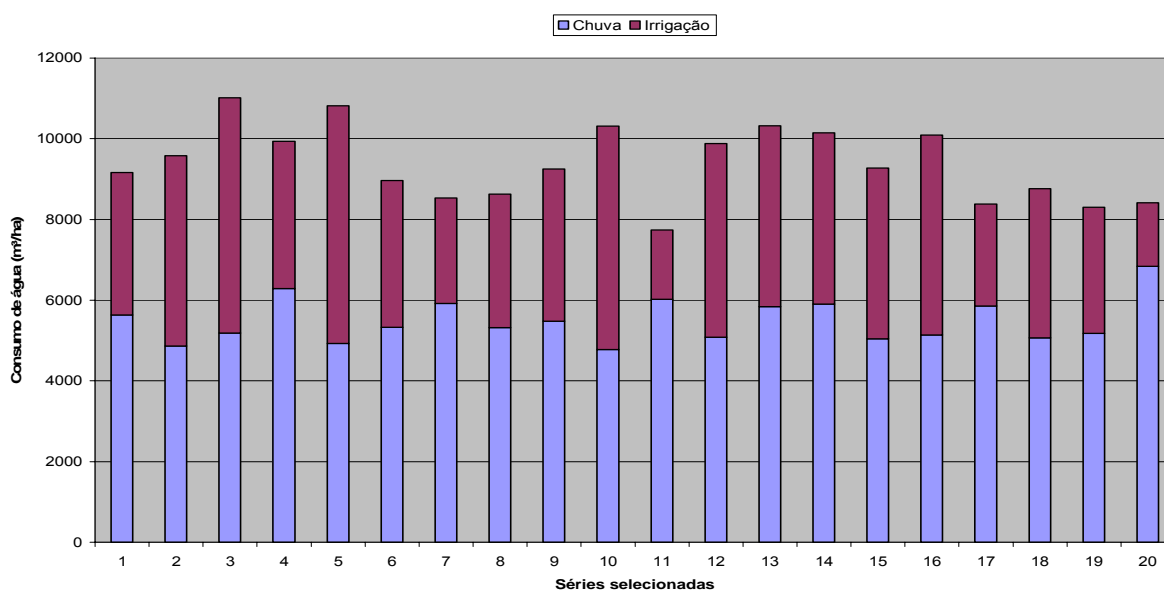


FIGURA 39 - Consumo de água e parcelas fornecidas pela chuva e pela irrigação.

#### 4.9 - Análise dos diferentes cenários

A análise dos diferentes cenários propostos neste trabalho foi feita considerando-se diferentes tipos de agricultores, que foram caracterizados pela forma de posse da terra, se própria ou arrendada de terceiros, se a água utilizada é arrendada de terceiros, o tamanho da área e tipo de irrigação praticada (irrigação natural, bombeamento com motor elétrico ou bombeamento com motor diesel), de modo a representar da melhor maneira possível a realidade da agricultura orizícola na bacia hidrográfica do Arroio Grande.

A classificação dos tipos de agricultores e a descrição do tipo de agricultor, considerado para o estudo na bacia hidrográfica do Arroio Grande, pode ser observada na TABELA 17.

TABELA 17 - Classificação dos tipos de agricultores e descrição do tipo de agricultor considerados para a análise do impacto da aplicação da legislação ambiental, da legislação de recursos hídricos e a legislação florestal na produção orizícola da bacia do Arroio Grande

Agricultor	Descrição do tipo
Tipo 01	Caracterizado por possuir a terra de cultivo até 100 ha e praticar a irrigação por gravidade.
Tipo 02	Caracterizado por possuir a terra de cultivo até 100 ha e praticar a irrigação por bombeamento elétrico,
Tipo 03	Caracterizado por possuir a terra de cultivo até 100 ha e praticar a irrigação por bombeamento diesel.
Tipo 04	Caracterizado por arrendar a terra de cultivo até 100 ha e praticar a irrigação natural.
Tipo 05	Caracterizado por arrendar a terra de cultivo até 100 ha e praticar a irrigação por bombeamento elétrico.
Tipo 06	Caracterizado por arrendar a terra de cultivo até 100 ha e praticar a irrigação por bombeamento diesel.
Tipo 07	Caracterizado por arrendar a terra de cultivo até 100 ha e água e praticar a irrigação natural.
Tipo 08	Caracterizado por arrendar a terra de cultivo até 100 ha e água e praticar a irrigação por bombeamento elétrico.
Tipo 09	Caracterizado por arrendar a terra de cultivo até 100 ha e água e praticar a irrigação por bombeamento diesel.

#### 4.9.1 - Análise do Cenário 1

Na composição deste cenário, que é considerado o cenário de referência para a comparação com os outros cenários propostos, realizou-se a suposição que não havia incidência de nenhum dos itens da legislação ambiental, da legislação de recursos hídricos e da legislação florestal sobre o custo de produção da lavoura de arroz na bacia hidrográfica do Arroio Grande.

A TABELA 18 mostra a receita bruta, os componentes do custo de produção e o total, bem como a renda líquida por unidade de área para os diferentes tipos de orizicultores nas condições propostas para o cenário 1.

Nesta tabela, pode-se ver que há uma redução da renda líquida por hectare conforme o tipo de agricultor analisado neste cenário, sendo que esse fato é explicado pela forma de posse da terra e do tipo de energia utilizada na irrigação da cultura.

TABELA 18 - Valores médios da receita bruta, dos componentes do custo de produção e da receita líquida para os diferentes tipos de usuários enquadrados no cenário 1

Tipo	R. Bruta	Custo de produção – R\$/ha				R. Líq.
	R\$/ha	Co	Terra	Irrigação	Total	R\$/ha
01	4385,39	2503,00	180,00	78,30	2761,30	1624,09
02	4385,39	2503,00	180,00	94,90	2777,90	1607,49
03	4385,39	2503,00	180,00	134,10	2817,10	1568,29
04	4385,39	2503,00	877,08	78,30	3458,38	927,01
05	4385,39	2503,00	877,08	94,90	3474,98	910,41
06	4385,39	2503,00	877,08	134,10	3514,18	871,21
07	4385,39	2503,00	1315,62	78,30	3896,92	488,47
08	4385,39	2503,00	1315,62	94,90	3913,52	471,87
09	4385,39	2503,00	1315,62	134,10	3952,72	432,67

A TABELA 19 mostra a renda mensal obtida pelos diferentes tipos de orizicultores e diferentes áreas de cultivo para as condições proposta no cenário 1 ou cenário de referência para a comparação entre cenários.

TABELA 19 - Renda mensal (R\$) por extrato de área de cultivo e tipo de usuário no Arroio Grande-Santa Maria-RS - Cenário 1

Tipo	Área de cultivo - ha						
	0 -10	10 -20	20 -30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70
01	676,70	2030,11	3383,52	4736,93	6090,34	7443,75	8797,15
02	669,79	2009,36	3348,94	4688,51	6028,09	7367,66	8707,24
03	653,45	1960,36	3267,27	4574,18	5881,09	7188,00	8494,90
04	386,25	1158,76	1931,27	2703,78	3476,29	4248,80	5021,30
05	379,34	1138,01	1896,69	2655,36	3414,04	4172,71	4931,39
06	363,00	1089,01	1815,02	2541,03	3267,04	3993,05	4719,05
07	203,53	610,59	1017,65	1424,70	1831,76	2238,82	2645,88
08	196,61	589,84	983,06	1376,29	1769,51	2162,74	2555,96
09	180,28	540,84	901,40	1261,95	1622,51	1983,07	2343,63

## 4.9.2 - Análise do Cenário 2

A TABELA 20 mostra a renda mensal obtida pelos diferentes tipos de orizicultores e diferentes áreas de cultivo para as condições proposta no cenário 2.

TABELA 20 - Renda mensal (R\$) por extrato de área de cultivo e tipo de usuário no Arroio Grande-Santa Maria - RS - Cenário 2

Tipo	Área de cultivo - ha						
	0 -10	10 -20	20 -30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70
01	667,75	2021,15	3374,56	4727,97	6081,38	7411,68	8765,09
02	660,83	2000,40	3339,98	4679,55	6019,13	7335,60	8675,17
03	644,50	1951,40	3258,31	4565,22	5872,13	7155,93	8462,84
04	377,30	1149,80	1922,31	2694,82	3467,33	4216,73	4989,24
05	370,38	1129,05	1887,73	2646,40	3405,08	4140,65	4899,32
06	354,05	1080,05	1806,06	2532,07	3258,08	3960,98	4686,99
07	194,57	601,63	1008,69	1415,75	1822,80	2206,75	2613,81
08	187,65	580,88	974,10	1367,33	1760,55	2130,67	2523,90
09	171,32	531,88	892,44	1253,00	1613,55	1951,00	2311,56



A FIGURA 40 apresenta a relação entre a renda mensal obtida no cenário de referência (cenário 1) a renda mensal obtida pelos agricultores em diferentes extratos de área de cultivo.

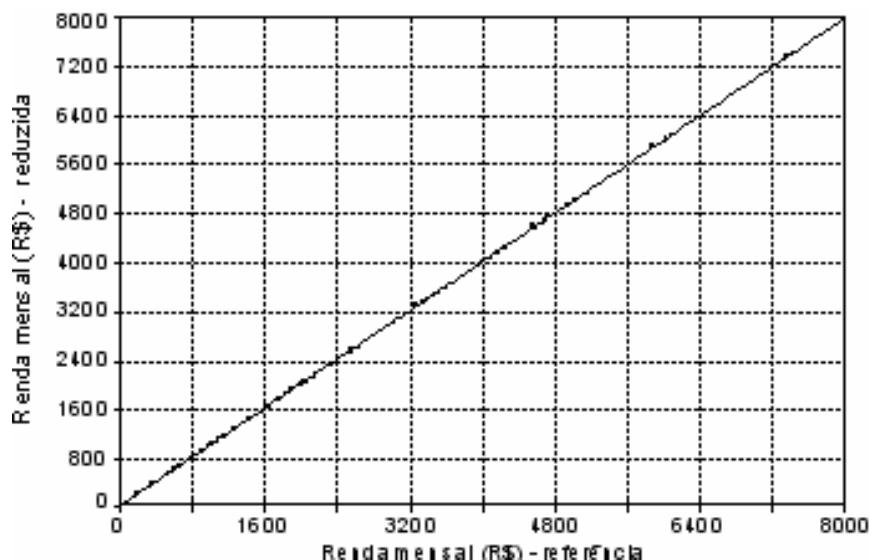


FIGURA 40 - Gráfico da redução da renda mensal causada pela aplicação da legislação ambiental.

O ajustamento da função linear entre os valores da renda mensal reduzida devido a aplicação da legislação ambiental e os valores da renda mensal auferida pelos orizicultores revelou um coeficiente linear nulo e um coeficiente angular = 0,9957 e um coeficiente de determinação  $r^2 = 99,99\%$ , sendo que pode-se dizer que a redução na renda do produtor é de 0,43%, aproximadamente, devido ao pagamento das taxas de licenciamento ambiental (licença de operação).

#### 4.9.3 - Análise do Cenário 3

A TABELA 21 mostra a receita bruta, os componentes do custo de produção e o custo de produção total, bem como a renda líquida por unidade de área para os diferentes tipos de orizicultores nas condições propostas para o cenário 3.

TABELA 21 - Valores médios da receita bruta, dos componentes do custo de produção e da receita líquida para os diferentes tipos de usuários enquadrados no cenário 3

Tipo	R. Bruta		Custo de produção - R\$/ha				R. Líq, R\$/ha
	R\$/ha	Co	Terra	Irrigação	Água	Total	
01	4385,39	2503,00	180,00	78,30	19,47	2780,77	1604,62
02	4385,39	2503,00	180,00	94,90	19,47	2797,37	1588,02
03	4385,39	2503,00	180,00	134,10	19,47	2736,57	1648,82
04	4385,39	2503,00	877,08	78,30	19,47	3477,85	907,54
05	4385,39	2503,00	877,08	94,90	19,47	3494,45	890,94
06	4385,39	2503,00	877,08	134,10	19,47	3533,65	851,74
07	4385,39	2503,00	1315,62	78,30	19,47	3916,39	469,00
08	4385,39	2503,00	1315,62	94,90	19,47	3932,99	452,40
09	4385,39	2503,00	1315,62	134,10	19,47	3972,19	413,20

Nesta tabela pode-se ver que há uma redução da renda líquida por hectare conforme varia o tipo de agricultor, sendo que esse fato é explicado pela forma de posse da terra e do tipo de energia utilizada na irrigação da cultura.

A TABELA 22 mostra a renda mensal obtida pelos diferentes tipos de orizicultores e diferentes áreas de cultivo para as condições proposta no cenário 3.

TABELA 22 - Renda mensal (R\$) por extrato de área de cultivo e tipo de usuário no Arroio Grande - Santa Maria-RS - Cenário 3

Tipo	Área de cultivo - ha						
	0 -10	10 -20	20 -30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70
01	668,59	2005,78	3342,96	4680,14	6017,33	7354,51	8691,69
02	661,68	1985,03	3308,38	4631,73	5955,08	7278,43	8601,78
03	687,01	2061,03	3435,04	4809,06	6183,08	7557,09	8931,11
04	378,14	1134,43	1890,71	2646,99	3403,28	4159,56	4915,84
05	371,23	1113,68	1856,13	2598,58	3341,03	4083,48	4825,93
06	354,89	1064,68	1774,46	2484,24	3194,03	3903,81	4613,59
07	195,42	586,25	977,08	1367,92	1758,75	2149,58	2540,42
08	188,50	565,50	942,50	1319,50	1696,50	2073,50	2450,50
09	172,17	516,50	860,83	1205,17	1549,50	1893,83	2238,17

A FIGURA 41 apresenta a relação entre a renda mensal obtida no cenário de referência (cenário 1) a renda mensal obtida pelos agricultores em diferentes extratos de área de cultivo, neste cenário.

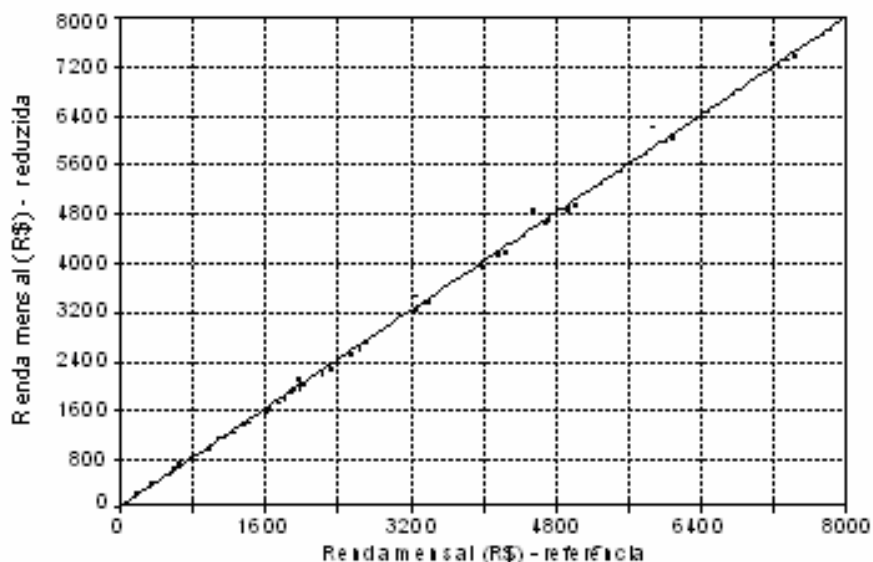


FIGURA 41 - Gráfico da redução da renda mensal causada pela aplicação da legislação de recursos hídricos.

O ajustamento da função linear entre os valores da renda mensal reduzida devido a aplicação da legislação de recursos hídricos (pagamento da cobrança pelo uso da água) e os valores da renda mensal auferida pelos orizicultores no cenário 1 revelou um coeficiente linear nulo e um coeficiente angular = 0,9985 e um coeficiente de determinação  $r^2 = 99,92\%$ , sendo que pode-se dizer que a redução na renda do produtor é de 0,15%, aproximadamente, devido ao pagamento pelo uso da água na irrigação.

#### 4.9.4 - Análise do Cenário 4

Na composição deste cenário, foi considerado que existirá uma redução de 5% da área de cultivo devido à aplicação da legislação florestal, devido as pequenas áreas cultivadas para a produção da lavoura de arroz na bacia do Arroio Grande.

A TABELA 23 mostra a renda mensal obtida pelos diferentes tipos de orizicultores e diferentes áreas de cultivo para as condições proposta no cenário 4, sendo que esses valores são equivalentes a 95% dos valores da renda mensal obtida pelos agricultores no cenário 1 (TABELA 23).

TABELA 23 - Renda mensal (R\$) por extrato de área de cultivo e tipo de usuário no Arroio Grande-Santa Maria - RS - Cenário 4

Tipo	Área de cultivo - ha						
	0 -10	10 -20	20 -30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70
01	642,87	1928,60	3214,34	4500,08	5785,82	7071,56	8357,29
02	636,30	1908,89	3181,49	4454,08	5726,69	6999,28	8271,88
03	620,78	1862,34	3103,91	4345,47	5587,04	6828,60	8070,16
04	366,94	1100,82	1834,71	2568,59	3302,48	4036,36	4770,24
05	360,37	1081,11	1801,86	2522,59	3243,34	3964,07	4684,82
06	344,85	1034,56	1724,27	2413,98	3103,69	3793,40	4483,10
07	193,35	580,06	966,77	1353,47	1740,17	2126,88	2513,59
08	186,78	560,35	933,91	1307,48	1681,03	2054,60	2428,16
09	171,27	513,80	856,33	1198,85	1541,38	1883,92	2226,45

A FIGURA 42 apresenta a relação entre a renda mensal obtida no cenário de referência (cenário 1) a renda mensal obtida pelos agricultores em diferentes extratos de área de cultivo, neste cenário.

O ajustamento da função linear entre os valores da renda mensal reduzida devido a aplicação da legislação de recursos hídricos (pagamento da cobrança pelo uso da água) e os valores da renda mensal auferida pelos orizicultores no cenário 1 revelou um coeficiente linear nulo e um coeficiente angular = 0,9500 e um coeficiente de determinação  $r^2 = 99,99\%$ , sendo que pode-se dizer que a redução na renda do produtor é de 5 %, aproximadamente, devido a redução da área plantada para atender a legislação florestal.

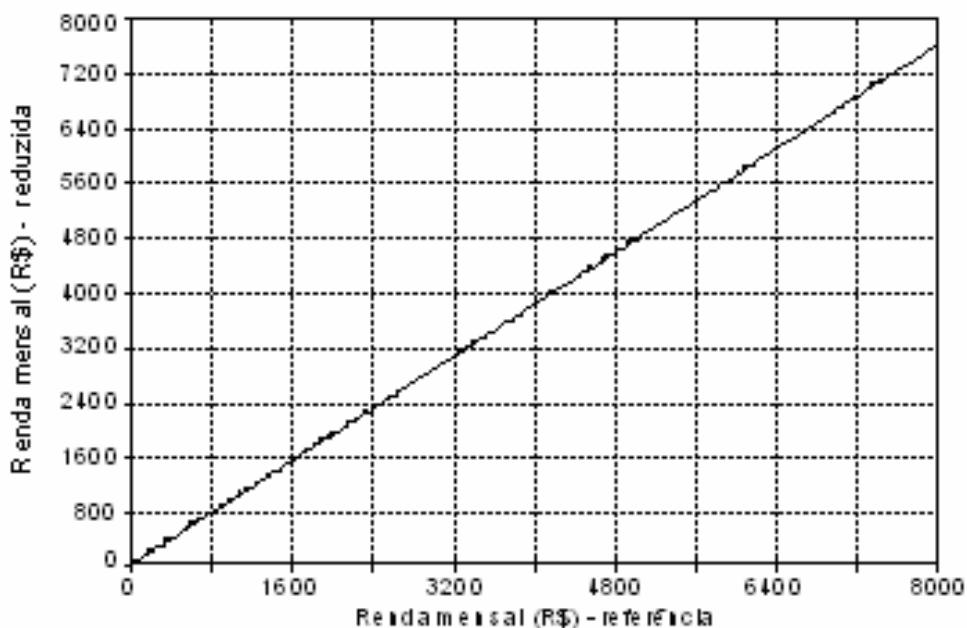


FIGURA 42 - Gráfico da redução da renda mensal causada pela aplicação da legislação florestal.

#### 4.10 - Comparação de cenários

A TABELA 24 mostra a renda mensal obtida pelos diferentes tipos de orizicultores e diferentes áreas de cultivo para as todas as condições aplicadas simultaneamente, ou seja, as condições propostas pelos cenários 2, 3 e 4.

TABELA 24 - Renda mensal (R\$) por extrato de área de cultivo e tipo de usuário no Arroio Grande - Santa Maria - RS - Todos os cenários

Tipo	Área de cultivo - ha						
	0 -10	10 -20	20 -30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70
01	591,96	1793,81	2995,65	4197,49	5399,33	6578,07	7779,91
02	585,74	1775,13	2964,52	4153,92	5343,31	6509,59	7698,98
03	571,04	1731,03	2891,02	4051,02	5211,01	6347,89	7507,88
04	330,56	1009,59	1688,62	2367,66	3046,69	3702,61	4381,64
05	324,33	990,92	1657,50	2324,08	2990,66	3634,14	4300,72
06	309,63	946,82	1584,00	2221,18	2858,36	3472,44	4109,62
07	166,11	516,23	866,36	1216,49	1566,62	1893,63	2243,76
08	159,88	497,56	835,24	1172,91	1510,59	1825,16	2162,84
09	145,18	453,46	761,74	1070,01	1378,29	1663,46	1971,74

A FIGURA 43 apresenta a relação entre a renda mensal obtida no cenário de referência (cenário 1) a renda mensal obtida pelos agricultores em diferentes extratos de área de cultivo, considerando todos os cenários simultaneamente.

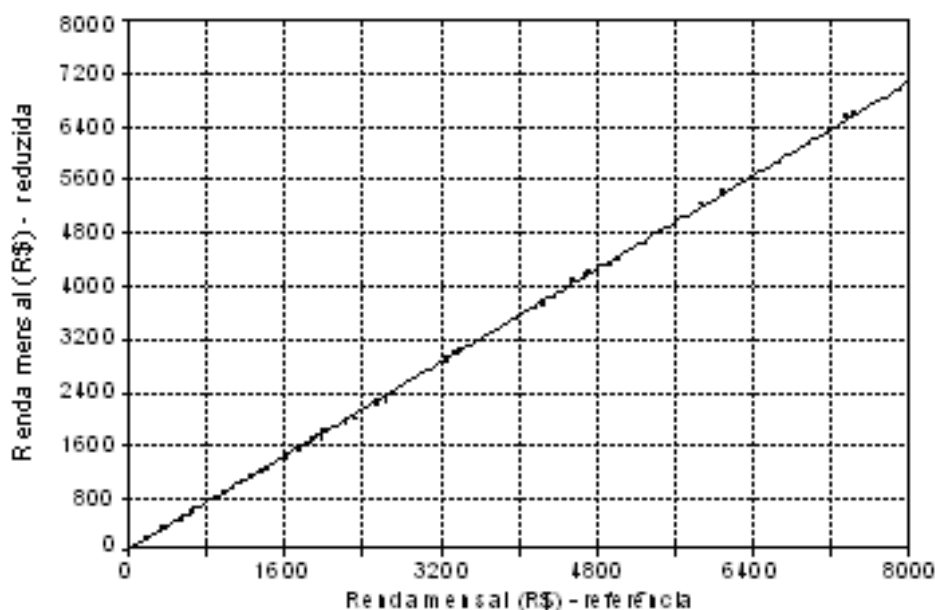


Figura 43 - Gráfico da redução da renda mensal causada pela aplicação da legislação ambiental, florestal e de recursos hídricos.

O ajustamento da função linear entre os valores da renda mensal reduzida devido a aplicação da legislação ambiental (licença de operação), da legislação de recursos hídricos (pagamento da cobrança pelo uso da água) e da legislação florestal (redução da área de cultivo) e os valores da renda mensal auferida pelos orizicultores no cenário 1 revelou um coeficiente linear nulo e um coeficiente angular = 0,8796 e um coeficiente de determinação  $r^2 = 99,98\%$ , sendo que pode-se dizer que a redução na renda do produtor é de 12 %, aproximadamente, devido ao atendimento das legislações simultaneamente.

## 5 - CONCLUSÕES

Segundo a metodologia proposta, as condições que foram impostas e os resultados obtidos é possível concluir que:

A modelagem da ocorrência e quantidade da precipitação pluvial para Santa Maria indica a existência de uma aproximada uniformidade no comportamento da distribuição dos dias chuvosos e não chuvosos ao longo do ano e estão em conformidade com resultados obtidos por outros autores.

A modelagem das variáveis climáticas referentes a cultura do arroz apresentaram igualdade estatística entre os dois procedimentos de obtenção dos valores médios do desvio padrão das variáveis em estudo, de modo que pode haver uma substituição da variável observada pelo valor da variável estimada pela função ajustada aos dados.

O modelo de produção da cultura do arroz permitiu inferir sobre os valores da produção de matéria seca e de grãos obtidos pelos diferentes procedimentos, os quais demonstraram ser estatisticamente iguais podendo-se assim considerar o modelo calibrado para o estudo o qual foi proposto.

A aplicação da legislação ambiental, da legislação florestal e da legislação de recursos hídricos poderá produzir reduções na renda do produtor de arroz da bacia do Arroio Grande.

A redução de renda devido ao pagamento do licenciamento ambiental (licença de operação) e ao pagamento da cobrança pelo uso da água são menores que 1% e a redução da renda devido a aplicação do código florestal é proporcional a redução de área que for considerada.

A redução da renda do agricultor devido ao pagamento do licenciamento ambiental, ao pagamento pelo uso da água e devido a redução da área plantada, com os valores considerados neste estudo, é em torno de 12%, variando de acordo com os preços praticados.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Disponível em: [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br).

AMORIN NETO, M. S. Análise preliminar do desempenho de um sistema de medidas de evaporação para tanques classe A. Piracicaba, SP. 1981. 75 p. Dissertação. (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz).

ARAÚJO, J. C. Modelo de tarifação de água utilizando subsídios cruzados. In: Simpósio brasileiro de recursos hídricos. 1997. 12. Vitória. Anais ...,Vitória: ABRH. V.1, P. 17-23.

ARAÚJO, J. C. de, SOUZA, M. P. 1999. Avaliação do sistema tarifário de água bruta no Ceará. In: Simpósio brasileiro de recursos hídricos. 1999. 13. Belo Horizonte. Anais ... Belo Horizonte: ABRH. Em CD-ROM.

BARBIERI, V. Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*): um modelo matemático-fisiológico de estimativa. Piracicaba, 1993. 142p. Tese (Doutorado em Agronomia) –Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BELTRAME, L. F. S. & GONDIM, L. A. P. Estudos hidrológicos do consumo de água em lavoura de arroz. Lavoura arrozeira. Porto Alegre, v. 35, n. 333, p.22-28. 1982.

BELTRAME, L. F. S. & LOUZADA, L. A. S. A water rationalization in rice irrigation by flooding. In: International Seminar on Efficient Water Use. Cidade do México, Anais... Cidade do México, 1991. 337-345p.



CALGARO, M. Análise da variação espaço-temporal dos parâmetros para a modelagem estocástica da precipitação pluvial diária no RS. 24p. Projeto (Doutorado em Engenharia Agrícola ) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2004.

CÂNEPA, et al. 1999. A política de recursos hídricos e o princípio usuário-pagador RBRH. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 4, n. 1, p. 103-117.

CARLESSO, R. *et alii*. Manejo d irrigação por aspersão visando a redução de custos de produção e de energia. In : Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria: Ed. da UFSM. 2001. p. 84-98.

FERNANDEZ, J.C.; GARRIDO, R. J. O Instrumento de cobrança pelo uso da água em bacias hidrográficas: uma análise dos estudos no Brasil. ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA, 5º, Fortaleza, 2000. Disponível em: [http://www.anpec.org.br/regional\\_fortaleza/artigo19.html](http://www.anpec.org.br/regional_fortaleza/artigo19.html).

CORDEIRO NETTO, O. M. 1997. Interesse econômico de uma vazão remanescente em cursos d'água: um método de estimativa. In: Simpósio brasileiro de recursos hídricos. 1997. 12. Vitória. Anais ...Vitória: ABRH. v.1, P. 33-38.

CORRÊA, N. I., CAICEDO, N., FEDEES, R., LOUZADA, J. A. S., BELTRAME, L. F. S. Consumo de água na irrigação do arroz por inundação. Lavoura arrozeira. Porto Alegre, v. 50, n. 432. 1997. p. 3-8.

COSTA NETO, P. O. Correlação e regressão. In: Estatística. São Paulo, Edgard Blucher. p. 178-228, 1977.

CRH/SP, 1997. Simulação pela cobrança pelo uso da água. São Paulo: Conselho Estadual de Recursos Hídricos. (Relatório Preliminar).

DOORENBOS, J; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Tradução: Gheyi, H. R., Sousa, A.A., Damasceno, F.A.V., Medeiros, J.F. Paraíba. Ed. da UFPb. 1994.. 307p

FEDDES, R. A.; KOVALIK, P. J. & ZARADNY, H. Simulation of field water use and crop yield. New York, John Wiley & Sons, 1978. 188p.

FERNANDEZ, L. Cobrança de água só começa em 2004: Produtores da região temem aumento de custos na produção. Araguari: Jornal Correio, 2001.

FRANCE, J.; THORNLEY, J.H.M. Mathematical models in agriculture: A quantitative approach to problems in agricultural and related sciences. London: Butterworth , 1984. 249 p.

FRIZZONE, J. A. Planejamento otimizado da irrigação. In: DOURADO NETO, D *et alli*. Curso de agricultura irrigada. Piracicaba. Ed. da ESALQ, 1991.cap. 1, p.1-26,190p.

GARCIA, A. G. Modelos para área foliar, fitomassa e extração de nutrientes na cultura do arroz. 90p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2002.

GARRIDO, R. J. S. A importância da cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão. In. Notas para debate no seminário nacional de gerenciamento de recursos hídricos – Seção Ceará. 1996. Fortaleza. ABES.

GENOVEZ, A. M. Avaliação da regularização de vazões em pequenas bacias hidrográficas. 186p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 1987.

GOMES, A. S. & PAULETTO, E. (Editores). Manejo do solos e da água em áreas de várzea. Pelotas, EMBRAPA, 1999. 201p.

GOMES, A. S. et alli. Solos de várzea – Uso e manejo. In: Solos e irrigação. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1992. p. 64-79.

HANKS, R. J.; RITCHIE, J.T. Modelling plants and soil systems. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science society of America, Inc./Soil Science Society of America, 1991. 387 p. (Agronomy, 31)

HELDWEIN, A. B.; *et alli*. Evaporação d'água em estufas plásticas e sua relação com o ambiente externo: 2-efeito da espécie cultivada e da época do ano nos valores obtidos com minitanques. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.9, n.1, p.43-49, 2001.

IRGA – Instituto Riograndense do Arroz. Caracterização da lavoura de arroz irrigado – Safra 1999/00. Porto Alegre:, Depto. Técnico agrícola. 2002. 84p.

IRGA – Instituto Riograndense do Arroz. Custo de produção dec arroz irrigado – Safra 2003/2004. Porto Alegre:, Depto. Técnico agrícola. 2004. 52p.

JONES, C.A.; KINIRY, J. R. CERES-MAIZE model: a simulation model of maize growth and development. Texas: A&M University Press, 1986. 194p.

KURTZ, F. C. Valoração econômica e ambiental pelo uso da água como instrumento de gestão de recursos hídricos. Santa Maria, RS. 2004. 173 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria.

LAFFELAAR, P.A. (Ed.) On systems analysis and simulation of ecological processes: with examples in CSMP and FORTRAN (current issues in ecology; VI). The Netherlands: Kluwer Academic, 1993. 293p.

LANNA, A. E. L. Viabilidade da cobrança pelo uso da água no Brasil. In. Simpósio brasileiro de recursos hídricos, 11, 1995, Recife. Anais... Recife: ABRH, v. 3, p. 79-84.

LANNA A. E. L. Uso de Instrumentos Econômicos na Gestão das Águas do Brasil. Bahia Análise & Dados Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 441-451, 2003.

LOUZADA, J. A. S. Simulação da irrigação por inundação e da drenagem nos solos de várzea do Rio Grande do Sul. 190p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

MACHADO, S. L. O. Sistemas de estabelecimento de arroz irrigado, consumo de água, perda de nutrientes, persistência de herbicidas na água e efeitos no Jundiá. Santa Maria. RS. 2003. 154 p. Tese. (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria.

MARCOLIN, E. Eficiência no consumo de energia para bombeamento de água em lavouras de arroz. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2000.

McCREE, K. J. An equation for the rate of respiration of white clover plants growth under controlled conditions. In: SETLIK, I., (Ed.). Prediction and measurement of photosynthetic productivity. Wageningen, Pudoc: Elsevier, 1970. p.221-229.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

MOTA, F. S., BERIRSDORF, M. I. C., GARCEZ, J. R. B. Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina: normas agroclimáticas. Pelotas: Instituto de Pesquisa Agropecuária do Sul, 1971. 80p. (Circular, 50).

MOTTA, R. S. da Utilização de critérios econômicos para valorização da água no Brasil. Rio de Janeiro: SEMA/SERLA, 1998.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A.; ARRUDA, F.S.T. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empirismo. Caderno de Pesquisa em Políticas de Desenvolvimento Agrícola e de Meio Ambiente , Brasília, n. 2, 1998.

OMETTO, J. C. Bioclimatologia Vegetal. São Paulo, Ed. Ceres, 1981. 440p.

PATTEN, B. C. Systems analysis and simulation in ecology. New York. 1971.

PEITER, M. X. Estudo do manejo da irrigação via modelos de simulação. 183p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 1998.

PEREIRA et al. Desenvolvimento de um sistema de apoio a cobrança pelo uso da água. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 4, n. 1, p. 77-101.1999.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 33p.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. Um simulador dinâmico do crescimento de uma cultura de cana-de-açúcar. *Bragantia*, v.45, n.1, p.107-122, 1986.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Livraria e editora agropecuária. 2001, 480p.

PRESLEY, C. H. B. & TAYLOR, R. J. On the assessment of surface flux and evaporation using large-scale parameters. *Month. Weather Rev.*, n. 100, 1972, p. 81-92.

RUHOFF, A. L. Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas. Santa Maria. RS. 2004. Dissertação. 93 p. (Mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria.

RIBEIRO, M. M. R. Alternativas para outorga e cobrança pelo uso da água: simulação de um caso. 2000. 200 p. Tese. (Doutorado em Engenharia). IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RITCHIE, J. T. 1972. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. *Water Resour. Res.*, 8(5): 1204-13.

ROBAINA, A. D. Estudo Experimental e de Simulação Numérica da Aplicação da Água na Produção das Culturas. 144p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 1992

SCARDUA, R. Agricultura irrigada. In: DOURADO NETO, D *et alli*. Curso de agricultura irrigada. Piracicaba. Ed. da ESALQ, 1991.cap. 1, p.176-184,190p.

SOUZA, M.P. de; PIRES, J. M. A cobrança sobre o uso dos recursos hídricos. Revista Ambiente, v. 6, n. 1, p.25-32, 1992.

STRECK, E. V. et al. Solos do Rio Grande do Sul. 107 p. il. Porto Alegre. RS. EMATER-RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002.

TAVARES, V. E.; RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. A valoração ambiental e os instrumentos econômicos de gestão dos recursos hídricos . In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. Gramado: SINGRH, 1998.

THOM, H. C. S. Some methods of climatological analysis. Roma, FAO, (FAO. Technical Notes 81), 1966. 50p.

THORNLEY, J.H.M. Mathematical models in plant physiology: a quantitative approach to problems in plant and crop physiology, London: Academic Press., 1976. 318p.

THORNLEY, J. H. M. Respiration, growth and maintenance in plants. Nature, v.227, p.304-305, 1970.

TUBELIS, A. A chuva e a produção agrícola. São Paulo. 1988. 85 p.

TUCCI, C. E. M. (org). Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Ed. ABRH, 1993. 943p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Estrutura e apresentação de monografias, dissertações e teses. 5. ed. Santa Maria : Ed da Universidade, 2000.

VRIES, F.W.T. P. de. System analysis and models of crop growth. In: VRIES, F.W.T.P. de.; VAN LAAR, H.H. (Ed.). Simulation of plant growth and crop production. Pudoc, Wageningen: Elsevier, 1982. p.9-22. (Simulation monographs).

WEBER, L. Consumo e qualidade da água e cultivares de arroz irrigado em diferentes sistemas de cultivo. 60p. Dissertação ( Mestrado em Agronomia ) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2000.

WIT, C. T. Photosynthesis of leaf canopies. Agric. Res. Rep. 663, Pudoc, Wageningen, 1965. 57p.

WIT, C.T. de Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops. Wageningen, The Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1978. 141p.

WIT, C.T. de; GOUDRIAAN, J. Simulation of ecological processes. Wageningen, The Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1974. 159p.

YEVJEVICH, V. Stochastic Processes in Hydrology. Littleton, Water Resources Publications. 1971.

ZWARTEVEEN, M. Z. Water: from basic need to commodity: a discussion on gender and water rights in the context of irrigation. World development, 1997. v. 25, n.8, p. 1335-1349.



## **APÊNDICES**

APÊNDICE I - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 30 de novembro de 1999<sup>1</sup>). Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)		UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h		
1	0,0	15,4	31,0	69	39	84	5,4	1,6
2	6,9	18,5	24,4	93	83	93	0,4	3,2
3	2,3	15,0	27,6	70	51	77	10,2	3,4
4	28,0	15,0	21,4	98	94	95	0,0	4,1
5	39,9	13,0	21,8	85	56	87	7,0	4,8
6	0,0	11,0	27,6	55	42	82	11,9	7,7
7	0,0	12,8	28,6	64	45	60	11,0	7,2
8	0,0	13,5	19,8	75	54	84	0,4	5,4
9	1,6	9,2	20,0	60	44	74	9,4	9,1
10	0,0	15,1	21,2	67	40	72	10,6	10,1
11	0,0	10,2	21,2	55	39	70	10,6	1,3
12	0,0	15,8	29,2	68	41	74	9,1	2,7
13	0,0	15,6	27,4	65	38	61	7,1	2,2
14	0,0	15,5	28,0	78	50	55	9,6	2,8
15	0,0	15,8	24,0	67	48	67	11,6	2,1
16	0,0	15,4	28,8	66	44	59	11,6	3,9
17	0,0	13,7	29,2	70	47	61	10,1	4,2
18	0,0	14,6	30,4	68	44	71	10,4	6,1
19	0,0	16,4	30,0	83	44	73	7,1	4,5
20	0,0	17,6	28,7	64	45	61	11,5	5,6
21	0,0	15,2	28,2	74	47	68	10,8	6,4
22	0,0	15,4	29,2	63	39	74	10,9	9,6
23	0,0	13,8	27,0	54	46	76	11,5	7,4
24	0,0	15,6	28,4	68	48	77	10,2	8,9
25	0,0	15,4	32,0	65	41	70	9,8	9,1
26	0,0	20,2	30,0	67	42	81	7,5	0,7
27	0,4	15,7	27,6	80	54	84	7,5	6,1
28	40,0	15,8	27,8	79	48	77	11,0	3,7
29	0,0	13,0	31,0	70	37	56	11,9	2,1
30	0,0	16,5	32,2	65	47	71	11,5	3,1

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).

APÊNDICE II - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 31 de dezembro de 1999<sup>1</sup>). Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura(°C)		UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h		
1	0,0	18,5	33,2	52	49	72	8,3	1,2
2	0,0	21,4	34,8	60	52	93	1,4	3,1
3	11,0	20,2	29,4	82	51	72	8,2	5,4
4	0,0	20,0	33,0	56	40	72	11,6	2,1
5	0,0	14,4	32,2	60	52	50	8,9	3,8
6	0,5	14,4	24,2	68	45	77	7,4	6,7
7	0,0	11,8	24,2	58	49	64	9,0	5,2
8	2,6	15,2	25,6	86	61	73	5,4	3,4
9	0,0	18,0	26,4	84	60	77	6,2	5,1
10	0,1	17,8	29,6	72	55	69	9,9	9,1
11	0,1	17,9	31,4	69	45	65	10,5	2,3
12	0,0	19,9	26,6	74	62	81	0,0	4,7
13	0,0	19,6	26,2	87	83	96	1,0	1,2
14	1,3	18,6	28,2	76	57	77	9,0	2,8
15	53,2	14,0	31,0	67	34	70	10,4	2,1
16	0,0	14,5	32,4	65	36	70	11,7	2,9
17	0,0	19,2	29,8	81	51	74	10,9	3,2
18	0,0	17,2	32,0	80	52	62	10,3	5,1
19	0,0	18,2	34,8	75	51	64	11,0	6,5
20	0,0	18,6	28,8	71	44	65	12,3	7,6
21	0,0	16,3	31,4	60	45	57	8,9	6,4
22	0,0	18,2	33,4	74	32	74	11,0	8,6
23	0,0	14,0	27,8	65	38	56	12,2	5,4
24	0,0	25,5	33,8	66	40	62	12,1	8,1
25	0,0	19,5	35,8	71	39	61	10,7	9,4
26	0,0	21,2	37,6	54	33	63	9,9	4,7
27	0,0	22,6	38,6	51	59	71	8,4	3,1
28	1,0	24,2	33,2	59	51	78	9,4	2,7
29	0,0	20,8	29,8	83	93	65	0,0	3,1
30	5,4	22,5	31,2	86	65	74	4,8	2,1
31	0,0	20,2	28,0	74	60	77	4,2	3,1

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).

APÊNDICE III - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 31 de janeiro de 2000<sup>1</sup>). Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)		UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h		
1	0,0	18,2	29,0	67	45	58	12,5	2,1
2	0,0	18,6	29,4	65	37	59	12,0	3,5
3	0,0	14,7	28,8	69	40	52	12,4	3,6
4	0,0	12,4	30,8	71	52	47	7,6	2,3
5	0,0	16,9	33,6	72	36	58	12,0	3,6
6	0,0	19,5	36,0	75	36	60	12,1	9,1
7	0,0	20,5	34,8	82	35	51	11,2	2,7
8	0,0	21,0	36,4	75	45	58	8,6	3,8
9	0,0	23,0	36,2	60	52	83	5,8	9,5
10	0,6	21,2	36,2	73	45	97	10,2	6,5
11	13,5	20,7	35,0	74	52	83	7,6	6,4
12	32,0	26,5	34,6	70	51	74	9,7	7,2
13	0,0	24,2	35,2	78	58	74	0,4	3,4
14	0,0	23,4	35,2	75	61	90	1,2	5,9
15	53,1	23,6	29,6	85	84	94	2,4	3,7
16	24,2	23,4	31,2	82	93	92	0,4	6,4
17	14,8	22,2	28,2	85	87	92	7,5	5,9
18	39,8	21,8	29,8	85	68	84	11,9	8,1
19	0,0	18,2	29,0	80	54	78	10,6	9,4
20	0,0	17,6	32,4	84	51	76	10,3	8,6
21	0,0	20,1	36,0	81	49	79	3,4	7,5
22	0,0	23,7	33,2	63	53	72	2,6	6,4
23	0,3	20,8	27,0	87	83	82	4,3	5,8
24	1,6	21,2	28,6	86	69	71	7,3	6,4
25	2,4	21,0	27,6	89	66	64	12,2	2,3
26	0,0	17,0	28,2	74	52	58	11,9	1,9
27	0,0	15,7	28,0	78	48	78	10,6	9,8
28	0,0	17,5	29,2	85	42	63	11,4	5,6
29	0,0	17,5	33,2	77	55	66	22,0	4,3
30	0,0	20,5	31,2	84	59	90	0,0	4,6
31	2,2	20,8	26,4	93	67	88	8,8	5,1

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).

APÊNDICE IV - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 29 de fevereiro de 2000<sup>1</sup>). Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)		UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h		
1	0,3	21,4	27,2	90	85	96	1,0	2,1
2	13,4	20,8	30,0	91	64	90	6,8	3,6
3	0,2	21,2	23,6	93	85	93	0,0	2,8
4	4,0	19,9	24,8	86	47	86	11,1	9,2
5	0,0	17,2	30,8	76	43	76	11,8	1,9
6	0,0	17,4	30,8	91	49	77	10,3	2,3
7	0,0	19,8	30,2	84	62	69	9,2	3,5
8	0,0	19,2	33,2	83	64	90	7,1	4,6
9	0,2	20,2	34,4	71	46	94	7,4	5,6
10	12,7	17,6	30,8	89	54	90	10,9	8,7
11	0,0	17,8	33,2	76	49	81	10,7	3,7
12	0,0	14,5	33,4	86	50	78	10,0	4,2
13	21,4	20,4	28,6	95	68	79	11,0	3,4
14	0,0	20,6	23,2	82	75	78	0,0	9,1
15	0,0	19,2	26,6	81	64	67	2,8	10,2
16	0,0	15,2	27,0	83	46	69	10,4	2,3
17	0,0	15,6	27,0	81	51	70	11,1	3,9
18	0,0	16,4	28,4	72	53	75	11,6	6,4
19	0,0	16,4	30,6	60	43	68	11,3	5,6
20	0,0	17,5	29,0	86	56	86	5,5	8,5
21	0,0	19,4	31,2	84	45	72	9,7	9,4
22	0,0	18,8	31,2	77	48	96	8,4	2,3
23	32,2	17,4	30,2	94	56	86	7,8	1,3
24	0,0	17,4	32,8	82	40	85	10,3	2,9
25	0,0	20,4	29,8	82	65	87	3,1	9,1
26	0,3	21,6	29,2	85	70	92	0,5	5,6
27	0,0	23,5	37,2	70	43	77	10,3	2,3
28	4,2	20,8	26,8	91	87	90	0,0	5,4
29	1,6	19,2	25,2	80	65	74	4,4	4,5

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).

APÊNDICE V - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 30 de novembro de 2000<sup>1</sup>). Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h			
1	0,0	17,2	32,2	77	55	95	4,3	2,6	
2	26,8	18,6	23,8	79	95	90	0,5	3,6	
3	21,0	12,2	23,8	70	45	84	11,8	5,8	
4	0,0	12,4	23,8	73	44	82	8,8	2,4	
5	0,0	12,0	25,4	73	49	63	11,0	6,4	
6	0,0	14,2	26,6	82	55	74	9,4	8,7	
7	0,0	17,7	29,0	76	64	96	7,7	5,4	
8	28,4	18,8	29,0	70	67	91	7,0	3,4	
9	0,0	19,4	28,6	94	93	93	2,9	5,1	
10	12,8	17,6	24,0	92	66	81	0,9	3,1	
11	0,0	18,2	27,0	85	70	85	4,6	5,1	
12	42,7	18,8	25,0	94	72	95	0,0	1,6	
13	3,0	17,0	25,8	76	77	91	5,0	3,8	
14	10,2	13,0	20,2	69	96	77	0,4	6,5	
15	0,0	7,2	19,2	67	47	91	8,6	5,7	
16	0,0	7,6	22,2	65	48	85	11,9	6,5	
17	0,0	9,8	27,8	75	38	78	11,9	5,1	
18	0,0	13,0	29,2	94	51	82	8,4	3,5	
19	0,0	13,4	31,4	63	29	72	12,0	6,4	
20	0,0	15,8	24,0	69	60	76	0,0	9,1	
21	0,0	11,8	27,8	75	52	72	11,9	6,4	
22	0,0	15,5	32,4	77	52	78	9,3	8,7	
23	0,0	18,8	35,8	52	28	65	12,0	6,2	
24	23,0	19,4	26,6	90	82	84	0,0	6,4	
25	0,0	16,8	25,6	74	56	73	7,0	2,9	
26	0,0	16,8	29,6	75	57	84	11,8	1,2	
27	0,0	19,0	32,6	72	69	85	4,8	4,2	
28	24,2	17,8	29,0	72	86	96	0,0	5,6	
29	9,4	17,8	21,8	94	94	90	0,0	3,4	
30	5,4	15,6	23,8	63	50	68	8,8	2,9	

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).

APÊNDICE VI - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 31 de dezembro de 2000<sup>1</sup>). Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)		UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h		
1	0,0	12,2	25,6	67	48	69	11,2	2,3
2	0,0	14,2	24,8	73	56	62	11,3	3,6
3	0,0	15,7	29,6	69	38	72	10,6	3,5
4	0,4	18,6	28,2	77	52	78	8,5	2,6
5	0,4	18,0	26,4	81	57	73	4,4	5,4
6	0,0	14,4	30,6	69	38	75	12,2	6,1
7	0,0	15,2	33,2	56	36	70	11,3	9,1
8	0,0	18,2	35,0	69	36	69	7,9	2,3
9	0,0	21,0	35,0	59	40	67	11,8	1,3
10	0,0	20,2	31,0	68	47	66	11,9	1,6
11	0,0	18,0	35,4	78	50	93	3,3	3,5
12	65,8	20,5	33,0	77	63	75	6,9	5,4
13	0,0	22,2	34,6	81	56	79	4,8	4,6
14	2,4	23,6	27,4	91	86	94	0,2	2,3
15	11,8	22,2	32,0	91	56	78	7,9	2,1
16	6,8	13,6	26,0	66	56	66	8,2	2,9
17	0,0	12,0	24,8	68	46	74	12,4	6,4
18	0,0	12,8	29,0	70	38	73	12,4	5,6
19	0,0	16,0	32,6	64	45	71	12,0	6,8
20	0,0	19,0	29,6	77	39	63	10,3	8,2
21	0,0	19,4	23,6	88	92	94	0,0	4,1
22	27,0	19,2	29,8	77	57	85	11,2	2,3
23	0,0	17,2	23,4	90	90	95	0,0	8,9
24	5,6	18,7	29,4	90	69	88	3,5	3,6
25	0,0	21,7	32,8	84	67	89	8,5	5,3
26	5,0	25,0	36,4	73	50	74	11,5	4,6
27	0,0	21,0	32,4	60	89	80	2,6	4,9
28	15,8	18,8	22,6	96	85	91	0,0	5,6
29	0,0	19,0	28,4	88	88	94	2,2	3,1
30	13,2	20,0	29,0	80	57	76	9,5	9,4
31	0,0	17,6	29,2	79	55	69	11,8	10,2

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).

APÊNDICE VII - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 31 de janeiro de 2001<sup>1</sup>).  
Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)		UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h		
1	0,0	17,2	30,2	82	45	72	11,2	2,3
2	0,0	19,4	31,8	91	54	78	8,6	6,9
3	0,0	19,4	34,8	88	52	77	9,3	5,6
4	0,0	21,8	35,9	64	53	94	8,0	6,4
5	12,2	22,0	34,4	73	62	84	4,9	5,6
6	7,6	22,7	34,2	71	80	74	8,8	4,2
7	6,4	21,2	29,2	64	87	96	2,9	9,8
8	117,2	20,8	26,2	88	85	97	0,6	1,2
9	0,5	20,7	31,6	94	70	82	3,3	3,6
10	0,2	23,0	27,6	86	75	96	1,0	5,6
11	26,6	17,8	24,4	72	46	69	7,0	9,4
12	0,0	19,6	26,0	69	56	72	12,0	6,5
13	0,0	18,5	30,6	71	61	91	6,2	6,9
14	2,8	22,2	25,8	88	87	92	0,0	8,0
15	4,0	21,5	28,8	91	91	82	1,5	6,2
16	2,5	21,0	31,8	81	65	90	4,7	8,3
17	8,9	22,6	31,2	82	92	98	2,3	3,2
18	35,7	22,4	34,6	70	52	81	9,7	1,3
19	12,4	19,4	25,2	95	84	73	0,0	2,6
20	2,0	20,8	28,5	78	65	79	5,4	6,5
21	0,0	16,6	28,4	76	66	86	10,8	5,9
22	0,0	19,6	29,6	84	88	91	3,6	4,2
23	4,7	20,7	29,2	92	71	82	2,2	6,3
24	0,0	21,0	32,2	90	62	82	6,8	5,3
25	0,0	22,1	32,2	87	64	86	9,9	4,6
26	0,0	21,6	33,4	89	53	86	8,8	3,9
27	0,0	23,4	32,4	92	75	67	1,6	10,5
28	0,8	19,6	27,6	79	93	92	0,0	6,9
29	55,4	21,0	26,4	94	80	90	2,2	9,8
30	0,0	19,6	28,2	78	70	83	8,1	9,7
31	0,0	21,0	28,8	91	77	90	3,3	10,9

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).



APÊNICE VIII - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 28 de fevereiro de 2001<sup>1</sup>). Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)		UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h		
1	0,0	17,2	30,2	82	45	72	11,5	6,4
2	0,0	19,4	31,8	91	54	78	8,6	5,3
3	6,3	21,4	26,0	88	97	84	0,5	3,1
4	0,3	20,2	24,4	82	81	89	0,1	6,4
5	0,0	20,5	29,2	86	70	88	1,7	10,2
6	0,0	24,0	32,2	91	52	87	9,5	6,5
7	0,0	20,0	35,4	76	50	87	9,8	4,5
8	0,0	22,7	35,4	68	53	79	8,0	8,9
9	3,4	22,8	34,2	94	60	82	5,8	7,3
10	1,0	23,4	3,5	74	60	78	8,6	3,9
11	0,0	23,6	36,6	78	48	63	9,7	6,5
12	51,0	22,0	29,6	97	90	82	0,0	9,5
13	2,4	19,4	25,4	82	73	83	0,0	8,5
14	0,0	19,8	30,0	86	68	81	7,4	5,6
15	21,4	20,6	30,4	86	66	77	8,5	4,2
16	2,4	20,7	29,0	85	54	84	9,8	2,3
17	0,0	19,0	30,8	84	65	80	10,4	2,1
18	0,0	21,2	25,6	94	94	95	0,0	2,5
19	0,6	20,8	31,2	96	65	81	8,7	1,9
20	0,0	23,0	31,0	89	60	78	9,8	3,6
21	0,0	23,6	62,8	75	51	93	7,6	4,1
22	18,0	23,0	31,4	89	72	94	3,2	3,1
23	0,0	23,6	33,2	77	59	87	5,1	3,5
24	1,6	23,6	34,0	75	54	95	7,0	3,6
25	3,5	23,0	29,8	91	73	89	3,5	4,1
26	0,0	23,4	32,0	93	69	97	6,3	2,1
27	1,0	22,5	31,6	87	70	94	8,5	1,9
28	11,9	22,2	34,0	85	59	91	9,6	2,9

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).

APÊNDICE IX - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 30 de novembro de 2001<sup>1</sup>).  
Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)		UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h		
1	0,0	12,8	25,8	78	45	77	11,8	5,7
2	0,0	13,8	24,2	79	64	69	8,3	1,0
3	0,0	12,8	25,6	75	48	64	10,9	5,0
4	0,0	14,6	26,0	82	54	78	9,8	1,0
5	0,0	16,7	32,2	75	41	84	11,7	1,7
6	0,0	17,5	34,8	68	39	78	9,8	1,8
7	0,0	18,8	21,4	92	95	91	0,4	2,1
8	37,0	19,8	26,6	87	72	82	2,0	2,6
9	0,0	18,0	27,6	87	68	75	7,0	3,2
10	0,0	18,5	27,0	68	93	97	0,0	4,0
11	15,0	19,1	27,4	70	41	82	9,7	4,4
12	0,0	12,9	29,0	65	39	71	12,2	4,6
13	0,0	16,6	30,0	66	81	96	6,1	4,9
14	38,7	17,4	25,2	80	70	94	1,3	5,2
15	0,0	18,0	27,8	75	51	80	11,1	5,4
16	0,0	15,7	27,4	77	50	72	11,6	5,6
17	0,0	14,2	26,4	73	48	81	11,8	1,0
18	0,0	12,2	29,6	79	39	74	11,8	4,0
19	0,0	12,5	31,2	70	45	68	9,5	6,0
20	0,0	17,0	35,8	62	33	63	11,4	8,0
21	0,0	21,2	30,6	58	93	92	11,1	1,2
22	4,5	18,8	31,8	86	61	75	10,9	1,5
23	0,0	21,2	34,6	86	61	85	10,1	1,9
24	1,4	18,2	28,6	73	74	88	0,0	2,3
25	0,5	15,7	19,0	80	79	92	0,0	2,8
26	3,5	16,7	29,8	87	69	89	7,0	3,6
27	3,0	21,4	27,2	93	68	81	0,8	4,0
28	5,2	15,6	26,6	73	47	79	7,5	4,5
29	0,0	13,6	26,2	69	46	74	11,5	5,0
30	0,0	14,2	21,2	83	72	89	3,6	5,5

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).

APÊNDICE X - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 31 de dezembro de 2001<sup>1</sup>).  
Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h			
1	6,0	14,8	26,2	78	50	84	9,0	5,9	
2	0,0	13,6	28,6	71	46	71	10,8	2,0	
3	0,0	17,2	24,6	74	68	79	0,7	5,0	
4	1,4	18,4	21,4	96	85	96	0,0	11,0	
5	3,8	18,4	26,0	94	77	89	3,0	1,5	
6	0,1	17,4	25,0	85	70	86	3,9	1,7	
7	0,7	16,0	30,2	77	48	78	11,5	1,9	
8	0,0	17,8	25,4	69	67	72	4,4	2,1	
9	0,0	13,4	24,8	76	54	78	9,4	2,4	
10	0,0	12,7	26,6	76	61	81	10,3	2,8	
11	0,0	19,0	30,4	89	52	68	7,3	3,3	
12	0,0	20,2	32,4	82	54	79	8,5	3,6	
13	0,0	23,0	30,4	84	63	72	3,5	4,0	
14	0,0	21,4	30,8	86	52	68	9,0	4,3	
15	0,0	18,8	28,0	74	50	60	6,7	4,9	
16	0,0	17,5	28,8	79	49	71	7,7	5,3	
17	0,0	15,7	29,6	68	30	63	12,3	5,5	
18	0,0	17,4	31,0	75	49	59	11,7	5,8	
19	0,0	14,6	34,2	64	38	69	11,7	1,5	
20	0,0	21,0	36,6	65	39	95	7,8	2,0	
21	32,0	20,2	35,4	78	32	93	7,1	6,0	
22	5,8	17,8	25,2	96	72	80	2,1	1,0	
23	0,0	16,0	26,0	79	43	74	10,2	1,3	
24	0,0	15,6	26,8	70	49	64	11,5	1,7	
25	0,0	16,8	29,0	44	47	44	12,3	2,4	
26	0,0	17,2	30,8	68	48	65	12,0	3,0	
27	0,0	17,9	34,0	72	45	76	11,7	3,3	
28	0,0	21,4	33,4	82	47	66	9,4	3,7	
29	0,0	21,7	31,8	86	61	74	9,2	4,0	
30	0,0	21,8	32,4	81	50	66	12,0	4,4	
31	0,0	21,0	29,0	79	69	77	7,4	4,9	

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).

APÊNDICE XI - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 31 de janeiro de 2002<sup>1</sup>).  
Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h			
1	10,0	22,0	31,4	67	47	76	12,4	5,3	
2	0,0	21,5	31,2	72	55	71	12,2	5,7	
3	0,0	17,8	31,6	75	45	70	12,0	6,0	
4	0,0	18,8	30,2	71	46	68	12,0	2,0	
5	0,0	20,8	26,4	85	75	90	0,0	6,0	
6	0,0	22,0	29,8	66	50	66	9,7	9,0	
7	0,0	18,0	29,8	70	38	69	12,4	1,3	
8	0,0	16,8	32,0	67	47	71	12,0	1,6	
9	0,0	20,7	31,8	74	54	65	10,8	2,0	
10	0,0	21,2	32,2	76	50	72	11,2	2,7	
11	0,0	22,0	30,0	77	65	71	0,0	3,3	
12	0,0	22,7	34,6	56	40	70	11,6	3,6	
13	0,0	21,8	33,6	61	46	68	12,2	4,0	
14	0,0	20,0	32,0	72	57	69	7,4	4,2	
15	0,5	15,7	28,0	64	36	55	10,6	5,0	
16	0,0	14,2	27,0	71	45	61	9,0	5,5	
17	0,0	14,5	28,2	72	41	60	10,8	5,8	
18	0,0	14,6	28,8	69	33	58	12,2	3,0	
19	0,0	16,4	33,2	68	40	61	12,0	9,0	
20	0,0	19,2	36,8	67	33	61	9,6	1,3	
21	0,0	24,0	34,0	83	52	81	3,7	1,4	
22	33,0	20,8	34,4	94	51	79	7,1	1,9	
23	0,5	21,3	34,6	75	50	79	7,2	2,1	
24	31,0	20,8	29,4	79	81	91	1,5	2,3	
25	10,8	21,2	33,2	86	56	76	11,1	2,5	
26	0,0	20,8	27,2	91	69	79	0,0	2,9	
27	5,8	20,6	27,6	94	81	85	3,3	3,1	
28	0,0	22,2	32,0	72	52	79	12,2	3,5	
29	0,0	19,4	34,6	71	43	72	12,2	3,6	
30	0,0	21,0	36,2	78	43	67	12,1	3,9	
31	20,2	20,7	27,6	96	68	85	2,4	4,5	

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).

APÊNDICE XII - Dados da Precipitação pluvial, temperatura (mínima e máxima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento no período de 01 a 28 de fevereiro de 2002<sup>1</sup>).  
Santa Maria, RS.

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)		UR (%)			Insolação (h)	Vento (m s <sup>-1</sup> )
		Min.	Máx.	9 h	15 h	21 h		
1	31,0	22,2	29,0	80	36	65	9,4	4,8
2	0,0	13,2	27,8	67	48	74	11,3	5,1
3	0,0	14,8	26,8	76	45	72	11,5	5,4
4	0,0	14,7	30,6	73	54	79	12,0	6,0
5	0,0	18,0	29,2	88	58	80	2,9	6,0
6	0,0	19,6	29,4	86	56	89	1,9	3,0
7	6,2	19,6	28,8	90	57	86	8,9	5,0
8	0,0	18,2	29,0	92	60	96	5,7	8,0
9	0,0	17,4	29,2	72	57	96	6,2	11,0
10	11,4	17,3	29,2	70	50	83	10,5	12,0
11	0,0	17,3	31,4	79	53	79	9,6	1,5
12	0,0	21,8	28,2	89	76	95	1,2	1,7
13	9,4	20,4	31,2	87	60	79	8,8	1,9
14	0,0	19,8	32,4	83	53	74	9,5	2,1
15	0,0	20,4	31,4	86	79	83	6,4	2,3
16	0,0	9,6	28,6	86	54	75	9,0	2,6
17	0,0	16,4	27,2	73	54	75	9,5	3,1
18	0,0	17,5	29,8	86	57	71	10,0	3,7
19	0,0	19,0	28,6	76	73	94	5,5	4,3
20	1,8	20,4	28,8	94	67	85	3,1	4,7
21	40,1	19,5	30,2	95	64	90	7,2	4,9
22	0,2	20,1	28,2	83	57	86	10,5	5,1
23	0,0	16,8	31,0	66	45	77	9,1	5,3
24	0,0	14,4	26,0	73	52	82	11,4	5,7
25	0,0	13,8	30,0	84	42	85	10,7	1,0
26	0,0	14,4	34,6	81	36	76	10,9	2,1
27	0,0	21,4	35,8	55	43	64	11,1	4,0
28	0,0	25,0	34,6	64	48	64	10,9	2,0

<sup>1</sup> Dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Santa Maria. (8° DISME).

## APÊNDICE XIII - Resumo dos Itens do Custo de Produção

Itens do Custo de Produção	R\$/ha	%	U\$/ha	Sacas/ha
01 - Terra de cultivo	401,82	12,46	137,90	10,66
02 - Lavração e desmonte de Taipas	92,44	2,87	31,72	2,50
03 - Discagem	140,14	4,35	48,10	3,79
04 - Aplainamento	90,91	2,82	31,20	2,46
05 - Drenagem	88,50	2,75	30,37	2,40
06 - Adubo de base e cobertura	202,17	6,27	69,38	5,47
07 - Semente	183,75	5,70	63,06	4,98
08 - Adubo de base e semeadura	73,58	2,28	25,25	1,99
09 - Rolagem	5,65	0,18	1,94	0,15
10 - Irrigação	316,00	9,80	108,45	8,56
11 - Canais e condutos	78,42	2,43	26,91	2,12
12 - Taipas e remontes	119,98	3,72	41,18	3,25
13 - Aguador	78,11	2,42	26,81	2,12
14 - Adubação de cobertura	42,81	1,33	14,69	1,16
15 - Controle de invasoras, pragas e doenças	243,44	7,55	83,55	6,59
16 - Colheita	198,81	6,17	68,23	5,38
17 - Transporte internos	106,61	3,31	36,59	2,89
18 - Fretes	85,77	2,66	29,44	2,32
19 - Secagem	216,18	6,71	74,19	5,85
20 - Administração	78,74	2,44	27,02	2,13
21 - Estradas	8,96	0,28	3,08	0,24
22 - Cercas	16,30	0,51	5,59	0,44
23 - Instalações agrícolas	74,19	2,30	25,46	2,01
24 - Taxas (CDO, FUNRURAL, Lic. ambiental)	121,18	3,76	41,59	3,28
25 - Juros do Financiamento do Custeio	60,69	1,88	20,83	1,64
26 - Juros sobre o capital próprio do Custeio	98,66	3,06	33,86	2,67
<b>Total</b>	<b>3223,81</b>	<b>100,00</b>	<b>1106,39</b>	<b>87,30</b>

Preço do arroz (saco 50 Kg) 36,93  
 Produtividade considerada (sacos/ha) 108,21

Fonte: IRGA (2004)