

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**AUTOMONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM
LAVOURAS ORIZÍCOLAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Raquel Paula Lorensi

**Santa Maria, RS, Brasil
2008**

AUTOMONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM LAVOURAS ORIZÍCOLAS

por

Raquel Paula Lorensi

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**

Orientador: Profa. Jussara Cabral Cruz

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

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

**AUTOMONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM LAVOURAS
ORIZÍCOLAS**

elaborada por
Raquel Paula Lorensi

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Jussara Cabral Cruz, Dr^a
(Presidente/Orientador)

Rita de Cássia Fraga Damé, Dr^a. (UFPEl)

Flávio Luiz Foletto Eltz, Dr (UFSM)

Santa Maria, 10 de março de 2008.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

À Família Lorensi, pela força, amor e proteção.

Ao meu noivo, Deivisson Costa da Silva, pelo apoio e incentivo nos momentos necessários e por termos vencido mais uma etapa de nossa vida.

À minha orientadora, professora Jussara Cabral Cruz, pela confiança, amizade, apoio e ensinamentos transmitidos ao longo destes dois anos.

À professora Rita de Cássia Fraga Damé, pela amizade, força e incentivo em fazer o mestrado.

Ao professor Geraldo Lopes da Silveira e ao professor Flávio Luiz Foletto Eltz, pelo apoio e discussão sobre o assunto do automonitoramento.

Ao professor Carlos Alberto Oliveira Irion, pelo companheirismo nas viagens em lavouras orizícolas e nas reuniões do Comitê na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí.

Ao João Julio, Adriano Antolini, Mário Trevisan, Edner Baumhardt, Maria da Graça Brizola Mayer, Elisandra Maziero, Marília Tamiosso, Alessandro Sales e demais colegas do GERHI, pelo apoio na montagem e implantação do sistema de automonitoramento.

Aos demais professores do PPGEC em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pela dedicação e desprendimento ao transmitirem seus conhecimentos, em especial ao professor João Batista Dias de Paiva, pela confiança e compreensão.

Às amigas Cláudia Santos d' Ávila, Ana Roberta Victória Silva, Ana Lúcia da Rosa Denardin, pela descontração nos momentos difíceis e pela ajuda com a dissertação.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de desenvolvimento do trabalho.

A Capes e ao FINEP, pela bolsa concedida e pelos recursos para viabilização desse projeto, respectivamente.

À Barragem do Arroio Duro em Camaquã/RS, pela visita ao sistema de monitoramento.

Aos proprietários de lavouras de arroz irrigado, pela licença às visitas e instalações do sistema de automonitoramento.

***“SE TENS DE LIDAR COM ÁGUA,
CONSULTA PRIMEIRO A EXPERIÊNCIA,
E DEPOIS A RAZÃO.”***

(LEONARDO DA VINCI)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Centro de Tecnologia
Universidade Federal de Santa Maria

AUTOMONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM LAVOURAS ORIZÍCOLAS

AUTORA: RAQUEL PAULA LORENSI
ORIENTADORA: JUSSARA CABRAL CRUZ

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 10 de março de 2008.

Encontrar novas soluções que racionalizem o uso da água, representa uma importante estratégia para a gestão dos recursos hídricos. A lavoura orizícola se destaca por ser uma das maiores consumidoras de água, ficando em torno de 12000 m³/ha.ano até 120 dias de cultivo. A outorga de direito de uso dos recursos hídricos para a irrigação de arroz é o instrumento que visa gerenciar a demanda dessa água. O grande problema a ser fiscalizado pela outorga é a quantificação do real consumo de água para conferir os valores outorgados e os realmente utilizados. A fiscalização desse volume de água concedido (outorgado) ao agricultor pode ser viabilizada com a implantação do sistema de automonitoramento. O automonitoramento é um sistema de monitoramento de uma atividade, realizado pelo próprio responsável dessa atividade. Esse estudo objetivou identificar formas viáveis de implantar o automonitoramento quantitativo de água de irrigação em lavouras de arroz. A área de estudo incluiu lavouras de arroz de pequeno porte nos municípios de Restinga Seca e Santa Maria – RS, totalizando três diferentes tipos de manejo de água. A implantação dos testes de automonitoramento foi realizada em canais principais condutores de água e na entrada de parcela cultivada. Foi estabelecida a curva chave característica das estruturas a partir dos dados de níveis. Com os resultados, conclui-se que a implantação e a operação das estruturas são simples, pois elas são acessíveis e também têm como resultado satisfatório a fácil incorporação dos procedimentos na rotina das lavouras por parte dos agricultores.

Palavras-chave: Gestão dos Recursos Hídricos, Irrigação, Monitoramento.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Post-Graduate Program in Civil Engineering
Technology Center
Federal University of Santa Maria

SELF MONITORING OF HYDRIC RESOURCES IN RICE FARMINGS

AUTHOR: RAQUEL PAULA LORENSI
ADVISOR: JUSSARA CABRAL CRUZ

Date and Place of Defence: Santa Maria, March 10th, 2008.

To find new solutions that rationalize the use of water represents an important strategy to hydric resources management. The rice farming stick out for being one of biggest water consumers with around 12000 m³/ha per year until 120 days of cultivation. The Right permission of hydric resources for rice farming irrigation is the tool which intends to manage this water's demand. The big problem that needs to be fiscalized for permission is the quantification of real water consume in order to confer the allowed values and the ones were really used. The fiscalization of this water volume granted to farmer can happen with the implantation of a self monitoring system. This system controls an activity made by the person who is responsible for that. This study aimed for identify workable forms in order to implant a quantitative self monitoring of rice farming water. The study area included small rice farmings in the cities of Restinga Seca e Santa Maria – RS, with three types of water management. The implantation of self monitoring tests was made in the water majors conductors canals and in the entry of cultivated allotment. It was established the key-curve that characterizes the structure from levels datas. With the results, it was concluded that the implantation and operation of structures are simple because they are accessible. The results are satisfactory and the incorporation of the procedures in farmers is easy.

Key-words: hydric resources management, irrigation, monitoring.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Problemas de irrigação.....	19
Figura 2.2 - Problemas de irrigação.....	19
Figura 2.3 - Comportas rústicas.....	20
Figura 2.4 - Conformação de uma calha Parshall.....	29
Figura 2.5 - Calha Parshall.....	29
Figura 2.6 - Vertedor de soleira delgada (a) e vertedor de soleira espessa (b).	30
Figura 2.7 - Método de medição pela cubagem.....	33
Figura 2.8 - Calha de madeira.....	34
Figura 2.9 - Sensor Eletrônico de Velocidade Nautilus C 2000.....	35
Figura 2.10 - Monitoramento por pivô-central.	36
Figura 2.11 - Barragem do Arroio Duro.....	36
Figura 2.12 - Sistema de sensores.	37
Figura 2.13 - Percurso da água.....	37
Figura 2.14 - Transmissão por telemetria	37
Figura 2.15 - Comportas de canal principal.	38
Figura 2.16 - Comporta de canal secundário.....	38
Figura 2.17 - Relatório do sistema de monitoramento.....	39
Figura 3.1 - Croqui da propriedade	40
Figura 3.2 - Canal de aproximação.....	41
Figura 3.3 - Pt. 1.....	41
Figura 3.4 - Pt. 2.....	41
Figura 3.5 - Conjunto moto-bomba.	42
Figura 3.6 - Croqui dos hectares monitorados.....	42
Figura 3.7 - Canal principal de alvenaria.	43
Figura 3.8 - Trecho de monitoramento.....	43
Figura 3.9 - Croqui da parcela monitorada.	44
Figura 3.10 - Vertedor retangular de madeira.....	44
Figura 3.11 - Primeira tentativa de medição de velocidades	45
Figura 3.12 - Segunda tentativa de medição de velocidades	45
Figura 3.13 - Terceira tentativa de medição de velocidades	46
Figura 3.14 - Comportamento da lâmina vertente	46
Figura 3.15 - Fluxo metodológico para implantação do sistema de automonitoramento	47
Figura 3.16 - Planilha M - Medição de vazão através do método das velocidades.....	49
Figura 3.17 - Método de cálculo de vazão: divisão de seção transversal	49
Figura 3.18 - Planilha para cálculo da vazão	50
Figura 3.19 - Planilha do Observador	52
Figura 3.20 - Fluviograma	52
Figura 3.21 - Tabela para Cálculo do Volume Total	53
Figura 4.1 - Canal de seção trapezoidal	55
Figura 4.2 - Canal principal de alvenaria.	56
Figura 4.3 - Canal principal de alvenaria.	56
Figura 4.4 - Equipe Técnica no Evento.....	74
Figura 4.5 - Participantes no Dia de Campo	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Consumo anual de água por lavoura de arroz irrigado em área não sistematizada por classe textural de solos	21
Tabela 2.2 - Consumo de água pela lavoura orizícola de acordo com o tipo de solos da bacia hidrográfica do rio Ibicuí	21
Tabela 4.1 - Planilha M para leitura das velocidades	59
Tabela 4.2 - Cálculo da vazão observada na Propriedade A	59
Tabela 4.3 - Planilha A - Observador	60
Tabela 4.4 - Resultados do cálculo do volume utilizado na propriedade A	61
Tabela 4.5 - Planilha M para leitura das velocidades	65
Tabela 4.6 - Cálculo da vazão observada na Propriedade B	66
Tabela 4.7 - Planilha do Observador	66
Tabela 4.8 - Resultados do cálculo do volume utilizado na propriedade B	68
Tabela 4.9 - Planilha M para leitura das velocidades	71
Tabela 4.10 - Cálculo da vazão observada na Propriedade C	71
Tabela 4.11 - Planilha A do Observador	72
Tabela 4.12 - Resultados do cálculo do volume utilizado na propriedade C	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	AUTOMONITORAMENTO	14
2.2	MODELO DE FISCALIZAÇÃO DA OUTORGA	14
2.3	O ARROZ NO BRASIL	16
2.4	LAVOURA DE ARROZ E O CONSUMO DE ÁGUA	16
2.4.1	<i>Quantificação de água usada na lavoura de arroz</i>	<i>17</i>
2.4.2	<i>Problemas encontrados no uso da água na cultura de arroz</i>	<i>19</i>
2.5	FATORES QUE INFLUENCIAM O CONSUMO DE ÁGUA	20
2.5.1	<i>Tipos de solos</i>	<i>20</i>
2.5.2	<i>Sistemas de preparo dos solos</i>	<i>22</i>
2.5.3	<i>Método de preparo e semeadura do arroz</i>	<i>23</i>
2.5.4	<i>Sistemas de manejo da água em lavoura de arroz</i>	<i>25</i>
2.6	MEDIÇÃO DE VAZÃO LÍQUIDA	28
2.6.1	<i>Dispositivos regulares</i>	<i>28</i>
2.6.2	<i>Medidores Volumétricos</i>	<i>33</i>
2.6.3	<i>Método das Velocidades e Área Molhada</i>	<i>34</i>
2.7	SISTEMAS DE MONITORAMENTO EM IRRIGAÇÃO IMPLANTADOS NO RIO GRANDE DO SUL	35
3	ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA	40
3.1	SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
3.1.1	<i>Propriedade monitorada: canal regular em terra do tipo trapezoidal – Fazenda A</i>	<i>40</i>
3.1.2	<i>Propriedade monitorada: Canal retangular em alvenaria – Fazenda B</i>	<i>42</i>
3.1.3	<i>Propriedade Monitorada: Canal vertedor em madeira – Fazenda C</i>	<i>43</i>
3.2	FLUXO METODOLÓGICO	46
3.2.1	<i>Caracterização do sistema de irrigação</i>	<i>47</i>
3.2.2	<i>Identificação de soluções de automonitoramento e dimensionamento do equipamento</i>	<i>47</i>
3.2.3	<i>Projetos de automonitoramento</i>	<i>48</i>
3.2.4	<i>Implantação do monitoramento, treinamento dos produtores e concepção de planilhas</i>	<i>51</i>
3.2.5	<i>Cálculo dos volumes totais</i>	<i>52</i>
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1	LOCAIS MONITORADOS	54
4.1.1	<i>Canal regular em terra do tipo trapezoidal – Propriedade A</i>	<i>54</i>
4.1.2	<i>Canal regular em alvenaria – Propriedade B</i>	<i>55</i>
4.1.3	<i>Canal vertedor em madeira – Propriedade C</i>	<i>56</i>
4.2	VOLUME DE CAPTAÇÃO NAS PROPRIEDADES MONITORADAS	56
4.2.1	<i>Canal regular em terra do tipo trapezoidal – Propriedade A</i>	<i>57</i>
4.2.2	<i>Canal regular em alvenaria – Propriedade B</i>	<i>63</i>
4.2.3	<i>Canal vertedor em madeira - Propriedade C</i>	<i>70</i>
4.3	DIA DE CAMPO	73
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
	APÊNDICE	81

1 INTRODUÇÃO

A outorga do direito de uso da água é um instituto presente na legislação brasileira desde 1934, com a edição do código de águas (BRASIL, 2008). Desde então, os diplomas legais introduziram modificações apenas no que se refere ao domínio da água. Para implantação da outorga como instrumento de sustentabilidade hídrica, é necessário realizar um balanço hídrico global da bacia, compatibilizando as disponibilidades hídricas com as necessidades de uso e a demanda da sociedade.

A fiscalização do uso das águas em lavouras orizícolas consiste em um desafio para os órgãos gestores. Implantar a outorga e não ter como fiscalizar[[as quantidades realmente utilizadas poderá colocar em descrédito todo o sistema de gestão de recursos hídricos. Uma campanha de medição de vazões é demorada e cara. Considerando que muitas lavouras possuem mais de uma entrada de água e também diferentes saídas, as medições para serem feitas pelo órgão fiscalizador seriam de um valor insustentável para o sistema. Além disso, o órgão gestor possui reduzida infra-estrutura para exercer essa atividade, já que o número de empreendimentos é extremamente elevado.

Uma alternativa para o órgão gestor estimar o consumo de água foi aplicada em estudos anteriores na bacia do rio Santa Maria (UFSM/SEMA, 2003) e na bacia do Ibicuí (UFSM/FINEP, 2005). Esta alternativa consistiu em classificar cada empreendimento por tipo de solo e adotar um valor estimado por hectare, em função de cada tipo de solo. A alternativa é viável na fase de planejamento, pois permite avaliar uma ordem de grandeza das demandas da lavoura. Porém, o real consumo depende muito das técnicas de preparo do solo e semeadura e das técnicas de irrigação que estão sendo utilizadas.

A fiscalização desse volume de água concedido (outorgado) ao agricultor pode ser viabilizada com a implantação do sistema de automonitoramento. O automonitoramento aplicado à outorga de recursos hídricos é uma forma de autodeclaração do usuário da água, que monitora e fornece dados da quantidade de água utilizada na sua propriedade ou no seu empreendimento, formando assim uma consciência de racionalização.

Com a implantação do automonitoramento, cabe ao Estado a fiscalização por amostragem e/ou por denúncia. É dessa forma que o automonitoramento facilita a implantação plena do sistema de outorga com objetivo de sustentabilidade, ao permitir avaliar, com maior precisão, a “real” demanda de uso das águas. Além disso, este sistema permite a construção de um banco de dados importante para o balanço hídrico do consumo mais próximo da realidade.

A realidade das lavouras de arroz irrigado nas safras de 2003/04, 2004/05 e 2005/06 tiveram para o estado do Rio Grande do Sul um total de área plantada de 1.043.623, 1.048.184 e 1.031.000 hectares, respectivamente para cada ano (IRGA, 2002).

O censo da lavoura orizícola em 2005 teve uma variação de 2,3% no número de lavouras no estado do Rio Grande do Sul em relação ao censo da lavoura orizícola de 1999/00, ou seja, no censo de 1999/00 havia 8.955 lavouras e no censo de 2005, 9.159 lavouras, sendo essas lavouras distribuídas nas regiões: Fronteira Oeste com 1.088 lavouras, a região da Campanha com 1.129 lavouras, Zona Sul com 605 lavouras, a Planície Costeira Interna à Lagoa dos Patos com 1.379 lavouras, a Planície Costeira Externa à Lagoa dos Patos com 1.461 lavouras e a Depressão Central com 3.497 lavouras. (FISCHER, 2005).

O estado do Rio Grande do Sul apresenta diferentes tipos de solo para a cultura do arroz, também diferentes tomadas d'água. Os sistemas de condução organizam-se por gravidade ou bombeamento, por meio de diferentes tipos de canais que conduzem a água até as lavouras e diferentes formas de manejo de irrigação.

Em visitas feitas em alguns municípios do Rio Grande do Sul, percebeu-se que cada produtor tem seu próprio estilo de projetar uma lavoura orizícola.

Equipamentos de controle de água existem, mas podem ser muito caros, não condizendo com a realidade da maioria dos produtores de arroz irrigado do Estado. Também não existe a cultura de medição de vazão em lavouras de arroz.

Portanto, o problema que se apresenta é: como o produtor de arroz irrigado, cuja diversidade de esquemas de irrigação e de tomadas de água é expressiva, poderá realizar o automonitoramento de forma econômica e tecnicamente eficiente e viável?

A implementação de um sistema de automonitoramento do uso da água em lavouras de arroz poderá trazer os seguintes benefícios ao sistema de gestão dos recursos hídricos e aos produtores:

- i) conhecimento da ordem de grandeza de valores de água para constar na outorga;
- ii) facilidade de fiscalização do uso da água por parte do órgão outorgante;
- iii) auto-avaliação da eficiência de uso dessa água de produção;
- iv) estabelecimento de um banco de dados para uso em modelos de gerenciamento em nível de bacia e tomada de decisão.

1.1 Objetivo

O objetivo desta pesquisa é identificar formas viáveis de implantar o automonitoramento quantitativo de água de irrigação em lavouras de arroz.

Os objetivos específicos são:

- identificar estratégias para monitoramento contínuo da quantidade de água utilizada na lavoura;
- propor e testar o automonitoramento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Automonitoramento

Automonitoramento é um sistema de monitoramento de uma atividade realizado pelo próprio responsável por essa atividade.

Um exemplo de automonitoramento é o Núcleo de Controle da Poluição que iniciou em 1974 no Rio Grande do Sul. A Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente – FEPAM, órgão da Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA é a responsável por essa fiscalização. Desde 1985, é realizada a fiscalização dos sistemas de tratamento de efluentes industriais de maior potencial de poluidor, através do Sistema de Automonitoramento de Efluentes Líquidos – SISAUTO.

A fiscalização é realizada através do acompanhamento periódico das características dos efluentes líquidos gerados por indústrias cadastradas nesse sistema. Ao se cadastrarem no SISAUTO, as empresas passam a encaminhar à FEPAM planilhas com os resultados das análises físico-químicas e biológicas. E a FEPAM, em seu laboratório, realiza avaliações periódicas dos efluentes dessas empresas, a fim de conferir os resultados enviados pelas mesmas.

No caso da outorga de direito de uso das águas para irrigação de arroz, o grande problema a ser resolvido é como será feita a fiscalização do uso da água e como poderá ser feita a medição dos volumes utilizados de forma satisfatória para conferir os valores outorgados e os realmente utilizados.

2.2 Modelo de Fiscalização da Outorga

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é o instrumento pelo qual o usuário recebe uma autorização para fazer uso da água, ou seja, é um documento que garante a tomada d'água de determinada vazão e fonte hídrica, em um local definido, para um determinado uso, durante certo período de tempo.

O regime de outorga de direito de uso de recursos hídricos foi instituído como instrumento de gestão de uso da água, conforme o art. 29 da Lei 9.433/97, e tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso a ela.

Para Silva e Pruski (2000), a Lei 9.433/97 não previu a necessidade de licitação para a outorga de uso dos recursos hídricos, não configurando uma

prestação de serviço público. No Estado do Rio Grande do Sul, a Lei 10.350/94 instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o Artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. O Decreto nº 37.033/96 regulamenta a outorga de direito de uso da água no estado do Rio Grande do Sul, prevista nos Artigos 29, 30 e 31 da Lei nº 10.350/94.

Segundo Conejo (1993), a outorga dos direitos de uso ou interferência dos recursos hídricos é um ato administrativo de autorização ou concessão, mediante o qual o poder público faculta ao outorgado fazer uso da água por tempo determinado, com finalidade e condição expressas no respectivo ato.

Segundo Planeta Arroz (2003), o licenciamento ambiental do arroz iniciou no ano de 2003, a partir do qual o produtor que não obtiver as autorizações ambientais estará operando de forma ilegal. O instrumento legal que gerencia o licenciamento ambiental do arroz é o Conselho Estadual do Meio Ambiente (Consema) com a Resolução 036/2003.

Atualmente, para regularizar a atividade de irrigação e obter a Licença de Operação (LO), o agricultor deve primeiramente requerer o documento de Outorga através do formulário específico do Departamento de Recursos Hídricos – DRH, da Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA. Para a construção de novos canais, açudes, etc., a obra deve passar por todas as etapas do licenciamento ambiental: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e, por fim, Licença de Operação (LO).

Após esse processo, dependendo das disponibilidades hídricas, o agricultor poderá ter seu empreendimento licenciado e também poderá obter uma outorga de direito de uso de um determinado volume de água para suprir a necessidade de sua lavoura.

A fiscalização do uso das águas em lavouras orizícolas consiste em um desafio para os órgãos gestores, uma vez que implantar a outorga e não ter como fiscalizar as quantidades realmente utilizadas poderá colocar em descrédito todo o sistema de gestão de recursos hídricos.

Uma campanha de medição de vazões é demorada e cara. Considerando que muitas lavouras possuem mais de uma entrada de água e também diferentes saídas, as medições a serem feitas pelo órgão fiscalizador seriam de valor insustentável para o sistema. Além disso, o órgão gestor possui reduzida infra-estrutura para exercer essa atividade, já que o número de empreendimentos é extremamente elevado. Uma forma de fiscalização desse volume de água concedido (outorgado)

ao agricultor pode ser viabilizada com a implantação de automonitoramento na lavoura de arroz, porém é necessário verificar a viabilidade de implantação do mesmo. É nisso que a presente pesquisa pode contribuir ao procurar avaliar os diferentes sistemas praticados para irrigação do arroz e identificar formas viáveis de anotações em campo que permitam a quantificação aproximada dos volumes reais aplicados em cada lavoura.

2.3 O arroz no Brasil

Segundo a EMBRAPA (2005), no Brasil o arroz é cultivado em dois ecossistemas, várzeas e terras altas. No ecossistema de várzea, predomina o arroz irrigado por sistema convencional, plantio direto, cultivo mínimo, pré-geminado e transplante de mudas.

Já o ecossistema de terras altas desempenhou um papel de grande relevância na produção de arroz sob o sistema de cultivo de sequeiro. Tal modo, nos tempos atuais, vem decrescendo pela decorrência do alto risco da exploração e da redução da área de fronteira agrícola (EMBRAPA, 2005).

O sistema de automonitoramento desenvolveu-se no ecossistema de várzea que apresenta arroz irrigado, em municípios do Rio Grande do Sul.

2.4 Lavoura de arroz e o consumo de água

Como explicam Gomes e Magalhães (2004), a respeito de ser a água um bem escasso, os recursos hídricos disponíveis no planeta são ainda hoje suficientes para atender a demanda de toda a população mundial. O problema da água decorre da desigual distribuição entre as diferentes regiões mundiais, das exigências cada vez maiores de consumo e do comprometimento da sua qualidade (poluição e contaminação), fatores que a tornam um recurso finito e vulnerável. Assim, a adoção de procedimentos no sentido de sua disponibilização em quantidade e qualidade, assim como da otimização do seu uso, apresenta-se como uma questão prioritária a ser resolvida com a participação dos diferentes segmentos da sociedade.

Percebe-se que a agricultura, através da irrigação, é a atividade que mais consome água em nível mundial. Utiliza cerca de 70% da água derivada de rios, lagos e mananciais subterrâneos, enquanto a indústria consome 23% e o abastecimento humano, 7%. Para fins de irrigação, o manejo da água compreende

os processos de captação, distribuição e controle. Todavia, quando levada em consideração a relação custo/benefício, pode-se conceituar o manejo da água como o conjunto de procedimentos que devem ser adotados no sentido de assegurar, a uma determinada cultura, uma quantidade de água que viabilize a expressão de seu potencial produtivo, dentro de determinadas condições de operacionalidade de clima (GOMES & MAGALHÃES, 2004).

Nesse sentido, governos do mundo inteiro, inclusive do Brasil (Lei Federal 9.433/97), assumindo suas responsabilidades, vêm adotando procedimentos jurídicos e institucionais consubstanciados em modernas legislações de recursos hídricos, visando ao gerenciamento compartilhado dos aspectos relacionados à oferta e ao uso das águas (GOMES & MAGALHÃES, 2004).

Para SOSBAI (2005), a quantidade de água exigida para o cultivo de arroz é o somatório da água necessária para saturar o solo, formar uma lâmina, compensar e evapotranspiração e repor as perdas por percolação vertical, as perdas laterais e dos canais de irrigação. Essa quantidade depende, principalmente, das condições climáticas, do manejo da cultura, das características físicas do solo, das dimensões e revestimento dos canais, da duração do ciclo da cultivar, da localização da fonte e da profundidade do lençol freático.

Todos os sistemas de cultivo utilizados na cultura do arroz irrigado, nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, necessitam de certa quantidade de água e se diferenciam, basicamente, quanto à forma de preparo do solo, aos métodos de semeadura e ao manejo inicial da água (EMBRAPA, 2005).

2.4.1 Quantificação de água usada na lavoura de arroz

A quantificação da água usada na lavoura de arroz baseia-se em dois enfoques: agrônômica e gestão.

A parte agrônômica apresenta a média de água usada em cada hectare plantado de arroz irrigado, ou seja, uma estimativa de usos como mostra vários trabalhos publicados. Quanto à parte de gestão, preocupa-se com a quantidade “real” dos recursos hídricos usados na cultura do arroz irrigado, com a retirada de água dos rios, açudes, barragens, etc., pois, uma vez retirada em grande quantidade para a cultura do arroz, fará falta para outros usos.

Motta et al. (1990) relatam que a quantificação de água para irrigação da lavoura de arroz constitui-se tarefa complexa, pois envolve diversos fatores, tais

como: manejo, tipo de solo, condições climáticas como a umidade, temperatura, radiação solar, entre outros, capazes de alterar o consumo da lavoura.

A orizicultura no Rio Grande do Sul é uma das atividades do setor primário da mais alta e estável produtividade, sendo o Estado o maior produtor nacional de arroz cultivado sob o sistema de irrigação. Apesar de sua importância econômica e social, a lavoura arrozeira tem sido muito visada quanto ao aspecto ambiental e é lembrada como grande consumidora de água. Conforme alguns dados citados a seguir, os valores de consumo são variáveis e os volumes aplicados chegam a 9000 m³/ha.ano, podendo ultrapassar 25.000 m³/ha.ano, não sendo possível estimar com precisão o consumo real quando se conhece apenas o solo, o manejo e o sistema de plantio.

Beltrame e Godim (1982 apud MARCHEZAM et al., 2005) aludem a aplicações de vazões entre 1,7 e 3,0 L s⁻¹ ha⁻¹ ou 14.700 a 26.000 m³/ha.ano e comentam que as mesmas são demasiadamente elevadas, provocando, assim, baixa eficiência do sistema adotado e do uso de recurso hídrico pelo complexo solo-planta, e aumentando o custo de produção.

Segundo SOSBAI (2003), o volume de água utilizado na irrigação por inundação no arroz varia de vazões contínuas de 1,5 a 2,0 L s⁻¹ ha⁻¹ ou 12.000 a 17.000 m³/ha.ano, num período médio de irrigação de 80 a 100 dias.

Para Gomes et al. (2002), a evapotranspiração média da lavoura orizícola no Estado do Rio Grande do Sul varia em torno de 7,2 mm dia⁻¹, o que equivale a 7200 m³/ha.ano. O autor informa que os arrozeiros utilizam em média 2000 litros de água para produzir um quilo de grãos com casca, sendo uma das culturas mais exigentes no que diz respeito ao consumo de água.

Porém, outros estudos indicam que valores de consumos podem ser menores. Motta et al. (1990) relatam que a evapotranspiração do arroz no Rio Grande do Sul, com período de irrigação de 90 dias, é em média 6.120 a 7.740 m³/ha.ano. Segundo os autores, esses totais representam, aproximadamente, 70% da água usada no sistema de irrigação por inundação permanente. Portanto, o volume total corresponde a vazões de 1,12 a 1,42 L s⁻¹ ha⁻¹ (9 mil a 12 mil m³/ha.ano), de acordo com a localidade e tipo de solo, estimativas que mostram valores inferiores aos apresentados por SOSBAI (2003). Não existe uma relação segura entre as “variáveis” envolvidas (tipo de solo, declividade, método de preparo

e sementeira, temperatura, precipitação, entre outros) que permita estimar o real consumo de cada lavoura, em cada safra.

No item a seguir, são apresentados alguns exemplos de casos que contribuem para a dificuldade de estimar o uso da água.

2.4.2 Problemas encontrados no uso da água na cultura de arroz

Consumos muito elevados podem ser explicados muitas vezes pelo uso de práticas de adução inadequadas. Os problemas do desperdício da água de irrigação existem em muitas propriedades no estado do Rio Grande do Sul, como podem se vistos nas fotos das figuras a seguir. Na Figura 2.1 encontram-se canalizações estouradas onde muita água está sendo direcionada para outros caminhos e não para seu destino certo que é a irrigação de arroz.



Figura 2.1 - Problemas de irrigação.
Fonte: Acervo GERHI

Outro problema bem comum de ser visto em propriedades é a criação de animais (Figura 2.2), junto aos canais de condução de água para as lavouras orizícolas. Esta prática provoca aumento de fuga de água, devido à má manutenção de estruturas hidráulicas.



Figura 2.2 - Problemas de irrigação.
Fonte: Acervo GERHI

Uma característica encontrada nas lavouras de arroz irrigado é o uso de sistemas hidráulicos de derivação em canais de irrigação (Figura 2.3) que

apresentam fraca estabilidade hidráulica para realizar um monitoramento contínuo e definir os volumes realmente utilizados em cada safra.



Figura 2.3 - Comportas rústicas.
Fonte: Acervo GERHI

Para o sistema de outorga, a água captada é contabilizada como uso, porém uma porcentagem é muitas vezes (Figuras 2.1 e 2.2) perdida no caminho. Essa situação representa falta de racionalidade no uso da água, em especial quando as quantidades envolvidas são muito elevadas. Além disso, a dificuldade de monitoramento implica que as outorgas estejam representando um sistema cartorial, pois não são passíveis de fiscalização concreta dos reais volumes aduzidos.

2.5 Fatores que influenciam o consumo de água

2.5.1 Tipos de solos

Segundo Pedrotti et al. (2001), o solo é um dos recursos básicos, importantes para a produção agrícola, e a seleção do método de irrigação está relacionada a fatores como: estrutura do solo, textura do solo, presença de sais, infiltração, entre outros. A diferente capacidade de retenção de água, erodibilidade e estabilidade são alguns dos fatores mais importantes a serem conhecidos antes da implementação da lavoura, podendo interferir nas condições para tração de máquinas e implementos agrícolas.

O consumo de água da lavoura orizícola é influenciado por características físicas do solo, que estão relacionadas ao movimento da água por infiltração, armazenamento, condutividade hidráulica, entre outros. A redução de fluxo pode ocorrer através de diversas formas de alteração, principalmente pelo preparo do solo (CORREA, 1997).

O arroz pode ser cultivado em vários tipos de solos, mas sempre levando em consideração as características físicas capazes de influenciar na disponibilidade de água para as plantas. Solos com textura argilosa normalmente são capazes de reter

maior quantidade de água do que solos de textura arenosa (PLANETA ARROZ, 2000). Solos para sistemas de cultivo de arroz por submersão devem apresentar uma camada pouco permeável abaixo das raízes, não muito profunda, contribuindo para a redução do consumo de água de irrigação.

Com a finalidade de estimar a quantidade de água para irrigar a lavoura de arroz na bacia do Rio Santa Maria (UFSM/SEMA 2003), obteve-se o mapa de classes de consumo de água, através do cruzamento do mapa de área plantada com arroz com o mapa de classes texturais de solo, considerando como consumo por classe textural de solo os valores descritos na Tabela 2.1. Os valores de consumo foram sugeridos para a UFSM por técnicos do IRGA da região de estudo. A Tabela 2.1 apresenta os valores estimativos de consumo de água nos solos da bacia hidrográfica do rio Santa Maria.

Tabela 2.1 - Consumo anual de água por lavoura de arroz irrigado em área não sistematizada por classe textural de solos.

Classe textural de solo	Consumo de água (m ³ /ha.ano)
Solos arenosos	10.500
Solos mistos	9.500
Solos argilosos	8.500

Fonte: UFSM/SEMA, 2003.

Segundo a UFSM/FINEP (2005), para a avaliação da influência dos solos no consumo de água para a lavoura orizícola, principal fonte consumidora da bacia hidrográfica do rio Ibicuí, é relevante considerar aspectos de textura, presença de gradiente textural, drenagem e profundidade do lençol freático. A Tabela 2.2 apresenta os valores estimativos de consumo de água nos solos da bacia hidrográfica do rio Ibicuí.

Tabela 2.2 - Consumo de água pela lavoura orizícola de acordo com o tipo de solos da bacia hidrográfica do rio Ibicuí.

Unidade de solos	Estimativa de consumo m ³ /ha/safra
Escobar	9.000
Uruguaiana	9.000
Vacacaí	11.000
Virgínia	8.000
Ibicuí	12.200
Banhado	8.000

Fonte: UFSM/FINEP, 2005.

Os valores de consumo utilizados nos dois estudos – UFSM/SEMA, 2003 e UFSM/FINEP, 2005 – tiveram a finalidade de avaliar a ordem de grandeza das

demandas de irrigação de modo a permitir realizar o balanço hídrico de planejamento de outorga. Porém, esses valores devem ser aferidos na lavoura.

2.5.2 Sistemas de preparo dos solos

Conforme SOSBAI (2005), para o aproveitamento eficiente e racional dos solos, há necessidade de condicioná-los, anteriormente ao cultivo, a um processo de sistematização do terreno. Esse consiste na criação de um sistema funcional de manejo que vai desde a remoção de detritos vegetais, abertura de canais de drenagem e irrigação, construção de estradas internas, regularização da superfície do terreno em nível e desnível, entaipamento, até a construção de estruturas complementares, conforme a necessidade de cada projeto.

A sistematização de solos para a lavoura orizícola é feita através de estudos envolvendo dados do terreno, como análises das condições do solo e das águas, da topografia e obedecendo às características peculiares de cada propriedade. Há duas modalidades de sistematização para as lavouras de arroz, que são realizadas em função do sistema de cultivo: sistematização em nível e desnível.

A sistematização do solo em desnível é feita normalmente com taipas em curva de nível, visando uniformizar o solo ao transferir terra das partes mais elevadas para as depressões do terreno. No caso do arroz, a água de irrigação é retida sobre a superfície do solo através de taipas em curva de nível, em que a diferença de cotas de uma taipa para outra depende da declividade do terreno e do sistema de cultivo. Essa modalidade tem a vantagem de promover um menor movimento da terra com menor custo inicial e melhor drenagem superficial, mas apresenta como desvantagem, um aumento no volume de água utilizada e a desuniformidade da lâmina, causando assim maiores dificuldades no controle de plantas daninhas e manejo de insumo agrícola (SOSBAI, 2003).

Para a sistematização em nível, o solo tem sua área subdividida em quadros, no formato retangular. O terreno dentro de cada quadro é nivelado em um solo pré-definido, utilizando-se o solo das cotas mais elevadas para aterrar os de cotas inferiores. O tamanho destes quadros pode variar em função do desnível do terreno, sendo que, quanto menor a declividade, maior será a área de cada quadro. A largura dos quadros deve ficar em torno de 20 e 50 metros, variando em função do desnível do terreno e das características do solo, também quadros de comprimento acima de 200m dificultam a manutenção do nivelamento e os tratos culturais (SOSBAI, 2005).

De acordo com SOSBAI (2003), a modalidade em nível tem como vantagens a distribuição mais adequada da água, permitindo irrigação uniforme da cultura desde o seu estabelecimento e maior facilidade no controle de plantas daninhas. Também há redução da perda de nutrientes do solo, da incidência de pragas e doenças, e da oscilação de temperatura da água e do solo. Como desvantagens, na maioria dos casos, a alternância de cultivo com outras culturas é dificultada pela deficiência de drenagem superficial, originada pelo nivelamento do terreno.

2.5.3 Método de preparo e semeadura do arroz

Os sistemas de cultivo de arroz utilizados são classificados como: sistema convencional, plantio direto, cultivo mínimo, pré-germinado e transplante de mudas, tanto em sistematização do solo em nível como em desnível.

Conforme EMBRAPA (2005), o preparo do solo no sistema convencional é feito com o solo na sua condição natural de umidade. Seu preparo primário consiste em operações que visam principalmente à eliminação e/ou enterro da cobertura vegetal, normalmente realizadas com arados de disco ou de aiveca e grade aradora. No preparo secundário, são utilizadas operações mais superficiais realizadas através de grades ou plainas para nivelar, destorroar, destruir crostas superficiais, incorporar agroquímicos e eliminar plantas daninhas no início de seu desenvolvimento, criando assim um ambiente favorável à germinação, emergência e desenvolvimento da cultura implantada.

Para IRGA (2002), o sistema de plantio direto é caracterizado pela semeadura em solo não revolvido. Somente é aberta uma cova com profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura da semente pelo solo. A principal característica é a manutenção do solo em seu estado natural, sem movimento de suas camadas, evitando a retirada da cobertura vegetal. Nesse sistema, o manejo da água é semelhante ao sistema convencional, em que é estabelecida uma lâmina de água sobre o solo, normalmente de 20 a 35 dias após a emergência das plântulas. O preparo do solo é realizado nos meses de janeiro a março (preparo de verão) e, normalmente, compreende uma aração, duas gradagens e aplainamento. Não existe a necessidade de desmanchar por completo os torrões, pois, como a semeadura do arroz é realizada após alguns meses, essa tarefa é completada pelas chuvas de inverno.

No cultivo mínimo (CM), as operações de preparo do solo são semelhantes às realizadas no PD, diferindo apenas na época de realização, visto que estas ocorrem do final do inverno ao início da primavera, de 60 a 45 dias antes da semeadura. A adoção do cultivo mínimo (CM) na cultura do arroz irrigado tem como objetivo inicial o controle do arroz-vermelho (BERNARDO, 1989; EMBRAPA, 2005).

O sistema pré-germinado é caracterizado pela semeadura das sementes pre-germinadas, em solos previamente preparados, secos ou com água, a fim de favorecer o processo germinativo e o estabelecimento das plântulas. No preparo do solo, há necessidade da formação de lama, e o nivelamento e o aplainamento são realizados normalmente com o solo inundado (EMBRAPA, 2004).

Também é utilizado na lavoura orizícola o sistema de transplante de mudas. Nesse caso, as plantas inicialmente crescem de 13 a 15 cm em um viveiro e, logo após, é feito o transplante para a área a ser cultivada. O preparo do solo e o manejo da água são idênticos ao do sistema pré-germinado. O método tem por objetivo principal a obtenção de sementes de alta qualidade. O sistema compreende as fases de produção de mudas e de transplante (EMBRAPA, 2005).

O quadro 2.1 apresenta os dados obtidos no trabalho realizado por Machado (2003), onde se têm a estimativa de consumo médio de água na lavoura orizícola sob condições de inundação contínua e estática para quatro sistemas de cultivo: convencional, cultivo mínimo, pré-germinado e transplante de mudas, em área experimental do Departamento de Fitotecnia da UFSM. O experimento foi realizado em solo aplainado tipo Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico, com textura média de 22% de argila e 1,9% de matéria orgânica da safra de 2000/2001 e 2001/2002.

Quadro 2.1 - Estimativa de consumo de água

SAFRA AGRÍCOLA 2000/2001				
	SPC	CM	PRE	T
	(a)		(b)	(b)
Consumo de água m ³ ha ⁻¹ (a)	5998	5431	6216	6422
Início da Irrigação (c)	23°	23°	3°	3°
Período de irrigação (dias)	103	103	124	124
Produtividade (Kg ha ⁻¹)	6849	6729	8095	8228
SAFRA AGRÍCOLA 2001/2002				
Consumo de água m ³ ha ⁻¹ (a)	5487	5374	5852	5581
Início da Irrigação (c)	21°	21°	3°	3°
Período de irrigação (dias)	101	101	121	121
Produtividade (Kg ha ⁻¹)	7036	6854	7654	8053

Fonte: Machado, 2003. (Adaptado para esse trabalho).

- (a) SPC – Sistema Plantio Convencional, CN – Cultivo Mínimo, PRÉ - Sistema Pré-germinado, T – Transplante de mudas.
- (b) Incluindo a água utilizada para o preparo (manejo) do solo (1285 m³/ha ou 128,5mm).
- (c) Dias após a semeadura ou transplante de mudas.

2.5.4 Sistemas de manejo da água em lavoura de arroz

Conforme Gomes e Magalhães (2004), quando levada em consideração a relação custo/benefício, pode-se conceituar manejo da água como o conjunto de procedimentos que devem ser adotados no sentido de assegurar, a uma determinada cultura, uma quantidade de água que viabilize a expressão de seu potencial produtivo, dentro de determinadas condições de operacionalidade de clima.

Para que os métodos de preparo e semeadura do sistema convencional, do plantio direto, do cultivo mínimo, de transplante de mudas, e do pré-germinado rendam boa quantidade de grãos, sistemas de manejo de água são necessários. Os principais sistemas de manejo de água são: irrigação por inundação (submersão) contínua ou permanente e irrigação por inundação intermitente ou periódica.

O sistema de irrigação por submersão contínua pode ser subdividido em dois subsistemas: estático e corrente. O estático é caracterizado pela manutenção de uma lâmina de água na lavoura, normalmente nas regiões onde há escassez de água. Já o sistema de irrigação por submersão contínua corrente caracteriza-se pela manutenção, na lavoura, de uma lâmina de água com fluxo contínuo. Nesse sistema, considera-se, além da altura da lâmina de água, as épocas de início da submersão do solo e de drenagem, pois elas determinam o período em que o solo permanecerá submerso e, em conseqüência, interferem na economicidade da irrigação (GOMES & MAGALHÃES, 2004).

Conforme Correa (1997), a irrigação intermitente que procura manter o solo encharcado na maior parte do tempo do cultivo é feita em regiões que apresentam elevado custo de energia e escassez de água. A irrigação contínua, com elevado consumo de água e baixa eficiência, é usada no Rio Grande do Sul, principalmente para controle da temperatura da água.

O sistema de irrigação mais recomendado para o Rio Grande do Sul é o de irrigação contínua, segundo Gondin (1983 apud ACOSTA, 2004). Isso porque, em comparação com os outros sistemas, essa é a melhor forma de fornecer água às plantas de arroz mantendo devidamente o controle de plantas daninhas.

Nos sistemas de irrigação, a tecnologia para captação da água necessária para a cultura do arroz irrigado e sua condução até as áreas receptoras (lavouras) possui inúmeras possibilidades de arranjos, ou seja, a captação da água em rios, lagos ou reservatórios até as lavouras. Os arranjos assumem papel importante, tanto para a garantia da produtividade, por meio de um correto manejo da água, quanto para a composição dos custos de produção. A diferença de nível entre as duas fontes, captadora e receptora em algumas condições especiais, permite a distribuição da água por gravidade ou por sistema de bombeamento.

Em locais onde a fonte de água for localizada a uma distância considerável da área a ser irrigada, a condução normalmente é feita por meio de canais. Para Netto e Alvarez (1982), os condutos livres ou canais se caracterizam por apresentar uma superfície livre e neles atua a pressão atmosférica. Os condutos forçados, por outro lado, apresentam pressões internas diferentes da pressão atmosférica do local. Esses dois tipos de condutos são normalmente combinados em áreas irrigadas.

Segundo EMBRAPA (2005), o canal principal de irrigação deve ser localizado na parte mais alta do terreno, não havendo a obrigatoriedade de ser retilíneo, nem seguir cotas mais elevadas em sua totalidade. O traçado deve buscar sempre o menor volume de aterro e ter uma forma trapezoidal para que não haja queda das paredes laterais. A velocidade média da água no interior do canal varia, em função da natureza das paredes, de $< 0,25 \text{ m s}^{-1}$ para solos soltos a $< 1,00 \text{ m s}^{-1}$ para solos compactados. Já a declividade para canais grandes, com vazão superior a 10.000 L s^{-1} , pode variar entre $0,01$ a $0,03 \text{ m } 100 \text{ m}^{-1}$, enquanto que, para canais pequenos, com vazão menor que 100 L s^{-1} , pode variar de $0,1$ m a $0,4 \text{ m } 100 \text{ m}^{-1}$.

Conforme Parfitt et al. (2004), para se ter um bom manejo da água de irrigação, é eficiente a demarcação de um canal, quando for possível, a cada 400 a 500m de distância, com faixa de abrangência de 200 a 250m para cada lado, intercalado por uma estrada, com seus respectivos drenos. Essa demarcação de canal traz vantagens tais como: diminuição do efeito do vento, maior rapidez na irrigação, drenagem mais eficiente da lavoura, melhor controle de ervas daninhas, maior segurança no aproveitamento da adubação de cobertura e de defensivos colocados na água de irrigação, melhor manejo d'água para o controle danoso do frio e possibilidade de usar mais de uma cultivar de arroz, em partes diferentes de uma lavoura.

Para García (1999 apud AMARAL, 2004), a operação de redes de canais de irrigação consiste no controle hidráulico efetuado por meio de ações, ferramentas e infra-estruturas específicas, visando manejar e controlar as variações de consumo e as lâminas de água ao longo dos canais. A operação tem como objetivo a condução da água desde as fontes de abastecimento até os pontos de distribuição, satisfazendo as necessidades hídricas dos cultivos agrícolas.

Conforme Netto e Alvarez (1982), uma rede de distribuição de água é composta por diversos elementos que permitem a condução da água até a lavoura. Para Bernardo (1989), os principais componentes de uma rede de distribuição de água para a irrigação são: os canais que ligam a fonte de água aos pontos de distribuição; reservatórios intercalares, no interior ou ao longo da rede; os reguladores transversais, para regulagem da lâmina de água ou da vazão à jusante; e as tomadas de água, dispositivos hidráulicos que regulam diretamente a vazão para a parcela irrigada, que controlam a vazão em pontos particulares do sistema de irrigação.

Nos casos do nível da água ser inferior à cota da localização da lavoura, as normas e especificações do *Hydraulic Institute* (apud Netto & Alvarez 1982), estabelecem quatro classes de bombas: centrífugas, rotativas, de êmbolo (ou pistão) e de poço profundo (tipo turbina). A maioria das bombas usadas para irrigação são bombas centrífugas de eixo horizontal, sucção simples ou dupla, admissão radial e rota fechado.

De acordo com Netto e Alvarez (1982) e com Bernardo (1989), o conjunto de moto-bomba vence a diferença de nível entre os dois pontos: nível de água no manancial ou poço de sucção e ponto de descarga, mais as perdas de carga em todo o percurso ao longo da canalização (perdas por atrito e perdas localizadas devido às peças especiais).

Para Gomes e Magalhães (2004), conhecida a quantidade de água necessária, a vazão e a altura manométrica para transportá-la, escolhe-se a bomba mais adequada a estas condições, sendo que a altura manométrica total corresponde ao somatório dos desníveis de recalque e de sucção, acrescidos de perdas de carga equivalente encontradas na canalização, curvas, válvulas, registros e outros equipamentos necessários.

Devido à grande diversidade de combinações de técnicas hidráulicas para captação e distribuição de água na lavoura de arroz, é que se torna imperativo para

o sistema de gestão dos Recursos Hídricos a busca por soluções baratas e práticas para “medir” a água realmente utilizada nas lavouras.

2.6 Medição de Vazão Líquida

O objetivo dessa pesquisa é de dar subsídios à implantação do automonitoramento quantitativo de água de irrigação em lavouras de arroz. Devem ser usados métodos para aquisição de dados, que meçam e comprovem realmente os volumes de água utilizados em cada lavoura. Esses métodos de medições de vazões vão do mais simples ao mais sofisticado, isso depende de quanto o produtor está disposto a gastar na coleta dos dados.

A medição de vazão em hidrometria é todo o processo utilizado para determinar a vazão de um curso de água. A vazão ou descarga de um rio ou canal é o volume de água que passa através de uma seção transversal na unidade de tempo. Na hidrometria, essa vazão é associada a uma cota linimétrica “h”(cota da superfície livre em relação ao plano de referência) (SANTOS et al., 2001). As medições de vazões devem ser fáceis, diretas e rápidas.

Para que dados de consumo sejam quantificados corretamente, alguns métodos de medição de vazão devem ser colocados em prática. Encontram-se, a seguir, alguns deles.

2.6.1 Dispositivos regulares

Mede-se a vazão pelo emprego de dispositivos regulares, ou seja, de geometria simples e bem definida, como é o caso da calha Parshall e vertedores de medida, em que a relação cota-vazão é conhecida teoricamente ou a partir de ensaios em laboratório. Esses medidores se aplicam para vazões pequenas, até no máximo $5\text{m}^3/\text{s}$ (SANTOS et al., 2001).

2.6.1.1 Calhas Parshall

Um dos dispositivos regulares de medição de vazão é a calha Parshall. Conforme Porto (2004), tal estrutura (Figura 2.4) de medição tem convencionalmente uma entrada suavemente afunilada, uma seção contraída (garganta) de paredes paralelas, um trecho divergente e, em geral, fundo plano. A contração lateral produz uma variação da velocidade e uma variação da profundidade ao longo da calha, que podem ser relacionadas para a determinação da vazão.

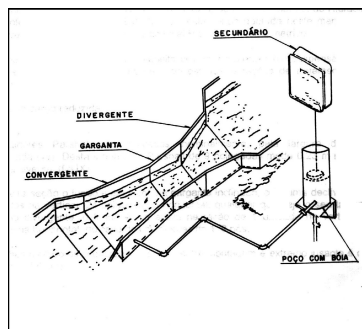


Figura 2.4 - Conformação de uma calha Parshall.
Fonte: Porto, 2004.

De acordo com Silveira et al. (1995), a calha Parshall é uma estrutura hidráulica que tem como finalidade realizar o monitoramento quantitativo de canais abertos, normalmente utilizada para medir a vazão de afluência em sistemas de esgotos e também em canais de irrigação. Ela se caracteriza por obras de concreto ou alvenaria que, depois de construídas, servem de passagem aos canais, sabendo-se com exatidão qual a área da seção pela qual o canal escoará, permitindo estabilizar a seção do leito do curso d'água.

Segundo Santos et al. (2001), a característica da calha é apresentar uma relação bem definida entre níveis e vazões, de modo que a observação de níveis permita obter as vazões sem a necessidade de medi-las diretamente.

Conforme Bacia Escola (2000), na aplicação da calha Parshall na bacia hidrográfica do campus da Universidade Federal de Santa Maria (Figura 2.5), cada calha possui um ponto a partir do qual é verificado a altura da lâmina d'água, sendo esse ponto estabelecido pelas dimensões de calha. Depois de verificada a lâmina, verifica-se o valor da vazão correspondente na tabela que relaciona lâmina d'água versus vazão da calha em questão.



Figura 2.5 - Calha Parshall.
Fonte: Acervo GERHI.

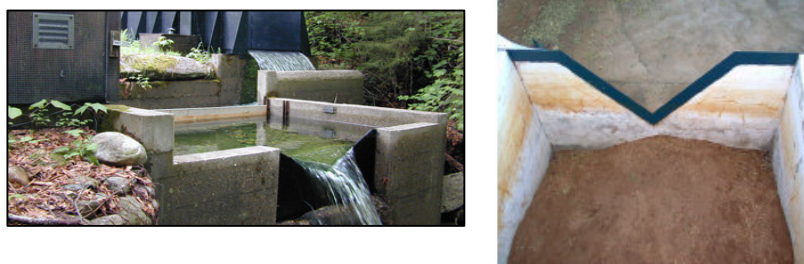
2.6.1.2 Vertedores

Tanto quanto a calha Parshall, o vertedor também é um dispositivo regular, no qual, a vazão é relacionada à perda de energia (ressalto hidráulico), e isso se manifesta em altura de coluna de água.

Segundo Arauz (2005), os vertedores são estruturas hidráulicas definidas como paredes, diques ou aberturas sobre as quais um líquido escoar. Tais estruturas são construídas para controlar o nível d'água do reservatório, permitindo a passagem das vazões escoadas com a máxima eficiência possível sem provocar problemas à estrutura.

Os vertedores podem ser divididos genericamente em dois grupos em função do tipo de soleira (Santos et al., 2001): vertedores de soleira delgada (chapa metálica) Figura 2.6a e vertedores de soleira espessa (alvenaria de pedras ou tijolos e concreto) na Figura 2.6b.

Um vertedor de soleira delgada é composto basicamente de uma placa fina que intercepta transversalmente o fluxo da água, provocando uma elevação a montante e vertendo para a jusante. Esta placa possui um recorte de formato apropriado por onde a água verte. (Santos et al., 2001).



a **b**
Figura 2.6 - Vertedor de soleira delgada (a) e vertedor de soleira espessa (b).
Fonte: <http://www.cca.ufpb.br>, 2007.

Devido ao formato do recorte, têm-se os diversos tipos de vertedores como: triangular, retangular, trapezoidal e outros, sendo que muitos já estão calibrados e permitem assim a transformação direta do nível da água em vazão (SANTOS et al., 2001).

Conforme Daker (1976), para pequenos riachos, o vertedor triangular apresenta vantagens sobre o retangular, uma vez que a vazão, por menor que seja, sempre dá uma carga apreciável e fácil de ser medida, quando a água verte sobre a

aresta do triângulo. No vertedor retangular, uma vazão pequena dá uma carga muito pequena em sua soleira, carga essa muito difícil de ser medida com exatidão.

Tanto o vertedor quanto a calha Parshall necessitam de leitura de níveis e vazão para a confecção da curva chave, a qual é um método fácil, direto e rápido de se obter resultados satisfatórios. Uma vez feita a curva chave de uma seção e, por algum descuido, esta deformar-se, deverá ser feita novamente, pois se perdeu os parâmetros inicialmente usados.

2.6.1.3 Canal vertedouro ou vertedor de soleira espessa

O vertedor de soleira espessa ou canal vertedouro é uma elevação plana no fundo do canal ou do leito do rio, provocando um aumento tal de velocidade sobre a soleira que ocorre o escoamento crítico. Conforme King et al. (1957), a fórmula básica, comumente empregada, para calcular a descarga sobre um vertedor retangular ou triangular de soleira espessa é:

$$Q = C * L * H^{3/2} \quad (1)$$

onde,

Q = vazão (m³/s);

C = coeficiente universal de perda de carga;

L = Largura da base do vertedor;

H = Lâmina d'água estável sobre a soleira.

na qual C é um coeficiente variável com H e cujo valor deve ser determinado para diversas cargas e formas de vertedores.

2.6.1.4 Canais regulares

Define-se canal regular como um canal de irrigação uniforme e retilíneo que possui uma seção transversal, rugosidade nas paredes e declividade constantes, (PIMENTA, 1981).

Segundo Quintela (1981), quando o líquido em movimento é a água, admite-se, em geral, que o escoamento é puramente turbulento e aplicam-se leis de resistência empíricas, como Chezý e Gauckler-Manning.

Conforme King et al. (1957), para canais uniformes existem fórmulas fundamentais do regime uniforme que estabelecem uma relação entre a velocidade média (V), uma dimensão característica da seção geralmente o raio hidráulico (R),

a declividade (I) do canal e o coeficiente universal de perda de carga C de Chezy (equação 2) ou n de Manning (equação 3).

$$V = C * \sqrt{RI} \quad (2)$$

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

onde;

V = velocidade média;

R (Raio Hidráulico) = (A/P) quociente da seção molhada pelo perímetro molhado;

A = área molhada do canal;

P = perímetro molhado do canal;

I = declividade (m/m) = declividade da superfície livre é a tangente do ângulo que faz a linha d'água com a horizontal.

C = coeficiente de rugosidade de Chezy;

n = coeficiente de rugosidade de Manning.

A vazão pode então ser calculada por:

$$Q = A * V \quad (4)$$

Onde:

Q = Vazão (m^3/s);

A = área molhada do canal;

V = velocidade média.

Portanto, conhecendo a geometria da estrutura, pode-se estabelecer uma relação segura da vazão com o nível d'água, substituindo a equação 2 ou equação 3 na equação 4, obtém-se as expressões das vazões.

$$Q = A * C * \sqrt{RI} \quad (5)$$

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Conforme Pimenta (1981), tanto o coeficiente universal de perda de carga C (Chezy) quanto o n (Manning), variam com as características dos canais, ou seja, os coeficientes estão em função da natureza das paredes.

Para esses coeficientes C e n , existem tabelas teóricas para projetos. Mas também tais coeficientes podem ser facilmente "medidos" por meio de uma medição de vazão (item 2.6.3). Uma vez conhecida a vazão, a declividade da linha d'água, a

área e o perímetro molhado, é só substituir os valores nas equações 4 ou 5 e isolar o C de Chezy ou o n de Manning.

2.6.2 Medidores Volumétricos

Estes medidores são equipamentos nos quais a vazão é determinada pelo número de vezes em que é preenchido um recipiente de volume conhecido.

De acordo com Santos et al. (2001), o método volumétrico consiste em determinar a vazão medindo-se o tempo necessário para encher um reservatório de volume conhecido. Esse reservatório pode ser um pequeno tanque ou um balde (no caso de pequenos riachos) ou o reservatório de uma usina hidrelétrica. Esse método, se o volume do reservatório é realmente conhecido com exatidão, é o mais preciso de todos, mas o seu emprego é bastante limitado.

O método volumétrico é um processo simples, mas aplicável somente em pequenos riachos. Consiste em determinar o tempo necessário para que o riacho encha certo recipiente, cujo volume se conhece (uma bacia de grande porte), como mostra a Figura 2.7 (Silveira et al, 1995).



Figura 2.7 - Método de medição pela cubagem.
Fonte: Acervo GERHI.

Conforme Daker (1976), para que toda água afluente para o recipiente, é necessário fazer um pequeno dique de terra, num trecho escolhido do riacho, a fim de que o recipiente possa entrar livremente a jusante e receber a água, conduzida com o auxílio de uma calha qualquer (calha de madeira), como mostra a Figura 2.8.



Figura 2.8 - Calha de madeira.
Fonte: Acervo GERHI.

Com isso, mede-se, com o máximo rigor, o tempo necessário para encher o recipiente. Assim, faz-se no mínimo 3 medições e tira-se a média do tempo.

2.6.3 Método das Velocidades e Área Molhada

O método das velocidades e área molhada é a determinação do fluxo de um curso de água através da medição da velocidade média do fluxo da água, num determinado número de pontos da seção transversal, para uma determinada profundidade da linha d'água.

O método das velocidades e área molhada é mais complexo do que os vistos anteriormente. Nele podem-se utilizar aparelhos como: molinetes, micro-molinete e sensor eletrônico.

O aparelho molinete é usado para medir grandes vazões, como é o caso de medição de vazão em rios, pois é necessário um nível mínimo de água para cobrir o molinete. Já o micro-molinete e o sensor eletrônico são mais adequados para pequenas quantidades de água como, por exemplo, os canais de irrigação (SANTOS et al., 2001). Conforme Silveira et al. (2001), o sensor eletrônico Nautilus é utilizado para a verificação de pequenas velocidades em canais não muito profundos, devendo estes terem uma profundidade mínima de três centímetros para ser possível efetuar a medição. As leituras podem ser feitas em águas pouco profundas, locais com águas contaminadas, locais onde a velocidade seja a partir de zero metros por segundo. O Nautilus pode realizar medições a temperaturas de 5°C, concentração de sedimentos em suspensão, salinidade e outros.

O sensor é submerso no canal (Figura 2.9), no ponto onde se deseja realizar a verificação, e conectado por um cabo que registra a velocidade no data *logger* em metros por segundo. A sustentação do sensor dentro do canal é feita por uma haste de vinte milímetros de diâmetro.



Figura 2.9 - Sensor Eletrônico de Velocidade Nautilus C 2000.
Fonte: Acervo GERHI.

2.7 Sistemas de monitoramento em irrigação implantados no Rio Grande do Sul

O instrumento de outorga tem como um dos objetivos disciplinar o uso dos recursos hídricos para induzir o uso racional e evitar desperdícios. Porém, para que esse objetivo seja atingido, é necessário que os valores outorgados sejam passíveis de verificação em campo, ou seja, é necessário o monitoramento das quantidades de água realmente captadas dos mananciais. A prática do monitoramento em irrigação não é novidade. A seguir, dois exemplos que ocorrem no Rio Grande do Sul.

O primeiro exemplo é um sistema de monitoramento com obtenção remota das informações. O Sistema Irriga® é um sistema de manejo e monitoramento de irrigação por pivô central, aspersão e gotejamento, criado e desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM - RS), (SISTEMA, 2006).

Conforme Andrade & Brito (2007), o pivô central tem por objetivo desenvolver um sistema de irrigação prático, funcional e facilmente aplicável no campo, e que permite maximizar a eficiência do uso da água em áreas de pivô central para as culturas. Também determina de forma prática e eficiente, devido às informações em tempo real e em uma central de operações, quando e quanto irrigar. Além de racionalizar a utilização de água e energia, reduziste os custos e aumenta a rentabilidade da atividade agrícola.

São muitos os benefícios desse sistema (Figura 2.10) para o usuário como: possibilidades de aumento na produtividade, adequação de mão-de-obra, equilíbrio com o meio ambiente, possibilidades de redução do uso de defensivos agrícolas e a economia de água/energia, onde, para cada milímetro economizado pelo uso inadequado de água, há uma economia de R\$ 1,00 a 1,30/ha* no pivô elétrico e de R\$ 1,80 a 2,05/ha** no pivô a diesel, (SISTEMA, 2006).

*Considerando dados médios, demanda e consumo para um pivô de 100 ha.

**Considerando preço médio do óleo diesel.



Figura 2.10 - Monitoramento por pivô-central.
Fonte: www.cca.ufsc.br, 2007.

O monitoramento por pivô central é tecnicamente fácil de ser implantado em lavouras que utilizam os pivôs centrais, pois todo o sistema de condução de água é pressurizado e com variáveis controladas.

No caso da lavoura de arroz, como os sistemas de irrigação possuem grande complexidade, com várias combinações de tipos de bombas, canais e comportas, torna-se mais difícil à implementação de um sistema automatizado de monitoramento. Mesmo assim, o exemplo a seguir mostra que é viável pensar em monitoramento de lavouras de arroz.

O segundo exemplo bem sucedido de monitoramento de vazões num sistema de irrigação encontra-se em Camaquã, RS, e foi implantado a partir de um projeto de assentamento do passado. No sistema de monitoramento na barragem do Arroio Duro (Figura 2.11), quem administra a distribuição da água para os produtores de arroz é a Associação dos Usuários do Perímetro do Arroio Duro - AUD - desde a extinção em 1990 do DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento).



Figura 2.11 - Barragem do Arroio Duro.
Fonte: www.aud.org.br, 2007.

Conforme Ricardo Miranda (*comm. pers.*), esse sistema de irrigação contará, quando totalmente implantado, com uma rede de 35 postos de sensores. Atualmente, o sistema conta com 22 postos ativos, sendo estes distribuídos do

seguinte modo: 15 no sistema de “Controle” e 7 no sistema de “Medição” de vazões onde há monitoração no período de irrigação. Estes sensores (Figura 2.12) estão tanto nos canais principais quanto nos secundários.



Figura 2.12 - Sistema de sensores.
Fonte: www.aud.org.br, 2007.

Os sensores armazenam automaticamente as informações sobre os níveis da água nos canais de irrigação e drenagem ao longo do perímetro irrigado (Figura 2.13). De hora em hora, tais informações são transmitidas, via telemetria, ao escritório central (Figura 2.14), que as processa através de um software especialmente desenvolvido (AUD, 2007).

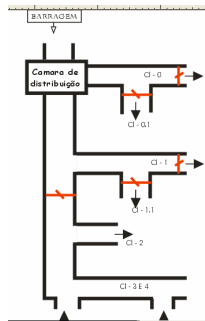


Figura 2.13 - Percurso da água
Fonte: www.aud.org.br, 2007.



Figura 2.14 - Transmissão por telemetria
Fonte: www.aud.org.br, 2007.

As vazões são calculadas a partir do conhecimento do nível de água do canal (informado pelo sensor), da abertura da tampa das comportas (atualmente medida manualmente - Figura 2.15) e da curva-chave característica com auxílio dos programas na central de operações. Essas vazões são relacionadas ao número de hectares que são irrigados. Este sistema é para o canal principal, (MIRANDA, Ricardo; *comm. pers.*).



Figura 2.15 - Comportas de canal principal.
Fonte: www.aud.org.br, 2007.

Enquanto nos canais principais têm-se as comportas, nos canais secundários (Figura 2.16) existem as tomadas d'água de derivação para as lavouras. Os sensores medem o nível de água que há no canal secundário e, a partir dessa quantidade de água e da abertura da tomada, calcula-se a vazão que está entrando na lavoura.

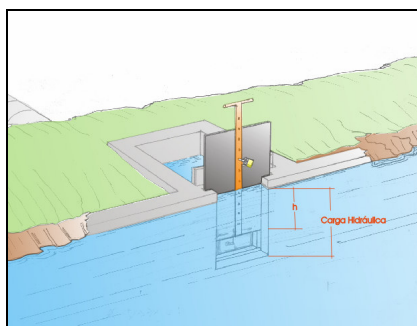


Figura 2.16 - Comporta de canal secundário.
Fonte: www.aud.org.br, 2007.

Depois de todas as informações coletadas e lançadas no sistema são gerados modelos de relatórios para a AUD e usuários:

Um dos modelos de relatórios consta de:

- data e hora;
- aberturas das tomadas (T1, T2, T3, T4), isto de quantas tomadas foram abertas para um determinado usuário;

- altura/volume de água no canal;
- dias de irrigação desde a primeira abertura da tomada;
- volume utilizado no período irrigado.
- m³/h isto é, o gasto até a última geração de relatório;
- coeficiente e projeção de gasto em m³/h até o término dos 110 dias de irrigação, como mostra a Figura 2.17 (AUD, 2007).

Data	Aberturas				H	Dias	Vazão	Volume (m ³)		M ³ /HA	Coeficiente	Projeção	Cheva
	T1	T2	T3	T4				Período	Acumulado				
09/01/2007 01:00:00	5,00				0,264	51	0,013	46,800	50,827,100	3,177,319	0,720	6,950,040	
09/01/2007 02:00:00	5,00				0,265	51	0,013	46,800	50,869,900	3,180,244	0,721	6,950,369	
09/01/2007 03:00:00	5,00				0,266	51	0,013	46,800	50,913,700	3,183,169	0,721	6,950,689	
09/01/2007 04:00:00	5,00				0,260	51	0,013	46,800	50,977,500	3,186,094	0,721	6,951,007	
09/01/2007 05:00:00	5,00				0,259	51	0,013	46,800	51,024,300	3,189,019	0,721	6,951,326	
09/01/2007 06:00:00	5,00				0,273	51	0,013	46,800	51,071,100	3,191,944	0,721	6,951,644	
09/01/2007 07:00:00	5,00				0,270	51	0,013	46,800	51,117,900	3,194,869	0,721	6,951,963	
09/01/2007 08:00:00	5,00				0,254	51	0,012	43,200	51,161,100	3,197,793	0,721	6,952,277	
09/01/2007 09:00:00	5,00				0,246	51	0,012	43,200	51,204,300	3,200,719	0,721	6,952,591	
09/01/2007 10:00:00	5,00				0,242	51	0,012	43,200	51,247,500	3,203,643	0,721	6,952,904	
09/01/2007 11:00:00	5,00				0,231	51	0,012	43,200	51,290,700	3,206,569	0,721	6,953,219	
09/01/2007 12:00:00	5,00				0,226	51	0,012	43,200	51,333,900	3,209,493	0,721	6,953,531	
09/01/2007 13:00:00	5,00				0,226	51	0,012	43,200	51,377,100	3,212,419	0,721	6,953,844	
09/01/2007 14:00:00	5,00				0,229	51	0,012	43,200	51,420,300	3,215,343	0,721	6,954,158	
09/01/2007 15:00:00	5,00				0,229	51	0,012	43,200	51,463,500	3,218,269	0,721	6,954,472	
09/01/2007 16:00:00	5,00				0,229	51	0,012	43,200	51,506,700	3,221,193	0,721	6,954,786	
09/01/2007 17:00:00	5,00				0,230	51	0,012	43,200	51,549,900	3,224,119	0,721	6,955,100	
09/01/2007 18:00:00	5,00				0,240	51	0,012	43,200	51,593,100	3,227,043	0,721	6,955,414	
09/01/2007 19:00:00	5,00				0,244	51	0,012	43,200	51,636,300	3,229,969	0,721	6,955,727	
09/01/2007 20:00:00	5,00				0,263	51	0,013	46,800	51,683,100	3,232,194	0,721	6,957,044	
09/01/2007 21:00:00	5,00				0,266	51	0,013	46,800	51,729,900	3,235,119	0,721	6,957,358	
09/01/2007 22:00:00	5,00				0,273	51	0,013	46,800	51,776,700	3,238,044	0,721	6,957,672	
09/01/2007 23:00:00	5,00				0,269	51	0,013	46,800	51,823,500	3,240,969	0,722	6,957,986	
10/01/2007 00:00:00	5,00				0,252	52	0,013	46,800	51,870,300	3,243,894	0,722	6,958,300	
10/01/2007 01:00:00	5,00				0,255	52	0,012	43,200	51,913,500	3,244,554	0,722	6,958,354	
10/01/2007 02:00:00	5,00				0,255	52	0,012	43,200	51,956,700	3,245,214	0,722	6,958,408	
10/01/2007 03:00:00	5,00				0,257	52	0,012	43,200	51,999,900	3,245,874	0,722	6,958,462	
10/01/2007 04:00:00	5,00				0,259	52	0,013	46,800	52,046,700	3,247,219	0,722	6,958,174	
10/01/2007 05:00:00	5,00				0,231	52	0,013	46,800	52,093,500	3,248,044	0,722	6,957,782	

Figura 2.17 - Relatório do sistema de monitoramento.
Fonte: www.aud.org.br, 2007.

O projeto da Barragem do Arroio Duro irriga uma área de 18.000 hectares de arroz por ano e ao todo há uma área de 50.000 hectares, onde ocorre o rodízio. O número de usuários da água da barragem Arroio Duro chega a 334, tendo um total de 489 propriedades onde as áreas das propriedades variam de 0,5 hectares até 4.000 hectares.

Com este monitoramento de vazões via telemetria, o orizicultor tem controle da quantidade de água que foi utilizada durante o período total da irrigação. Além disso, conta com uma equipe de técnicos que cuidam de toda a manutenção e atualização do sistema.

O sistema de monitoramento da barragem do Arroio Duro é um sistema bastante sofisticado para uma grande área irrigada, que está longe da realidade da maioria dos produtores de arroz do estado do Rio Grande do Sul, cujas lavouras são de pequeno porte.

3 ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA

3.1 Seleção da área de estudo

A escolha das propriedades para o ensaio da metodologia foi feita com base nos critérios de proximidade, facilidade de acesso, diversidade de métodos de preparo e semeadura e diferentes sistemas de condução de água. As áreas de estudo selecionadas pertencem aos municípios de:

1. Restinga Seca
 - a. Fazenda A, com o método de preparo e semeadura plantio direto, na safra 2007/2008, totalizando 29 hectares.
 - b. Fazenda B, com o método de preparo e semeadura convencional, na safra 2007/2008, totalizando 65 hectares.
2. Santa Maria
 - a. Fazenda C, com o método de preparo e semeadura cultivo mínimo, na safra 2007/2008, totalizando 11,5 hectares.

A seguir apresentam-se as três propriedades selecionadas para a instalação do automonitoramento de uso da água em lavouras de arroz.

3.1.1 Propriedade monitorada: canal regular em terra do tipo trapezoidal – Fazenda A

A propriedade (Fazenda A) selecionada para os testes de automonitoramento apresenta um total de 29 hectares de arroz irrigado, tendo como método de preparo e semeadura o plantio direto. O croqui da Figura 3.1 esboça os possíveis pontos (Pt.1 e Pt.2) para a implantação do automonitoramento.

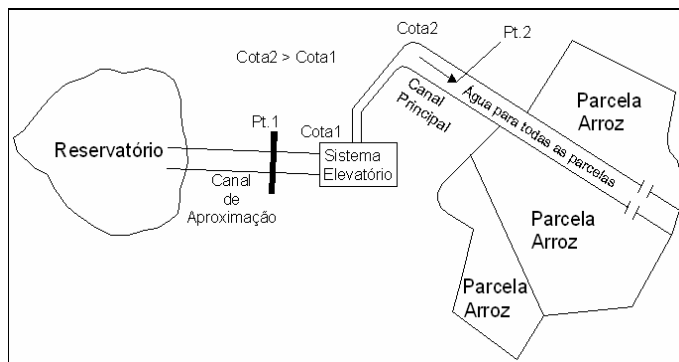


Figura 3.1 - Croqui da propriedade

Conforme reconhecimento feito na propriedade, um dos pontos possíveis para a implantação do automonitoramento localiza-se no canal de aproximação (Pt.1) do

sistema elevatório do croqui da Figura 3.1 e Figura 3.2, sobre a pinguela como é mostrada nas Figuras 3.1 e 3.3.



Figura 3.2 - Canal de aproximação
Fonte: Acervo GERHI.



Figura 3.3 - Pt. 1
Fonte: Acervo GERHI.

Outro ponto recomendado para os testes de automonitoramento localiza-se no trecho inicial do canal principal de cota mais elevada representado no croqui da Figura 3.1 pelo Pt.2. Como mostra a Figura 3.4, a água captada no canal de aproximação é lançada no canal principal por meio de um conjunto moto-bomba (Figura 3.5).



Figura 3.4 - Pt. 2
Fonte: Acervo GERHI.



Figura 3.5 - Conjunto moto-bomba.
Fonte: Acervo GERHI.

Para a implantação do automonitoramento escolheu-se o Pt. 2, localizado no canal principal pelo fato de ter uma maior facilidade de acesso e por possuir uma geometria mais estável e regular do que o ponto (Pt. 1) localizado no canal de aproximação.

3.1.2 Propriedade monitorada: Canal retangular em alvenaria – Fazenda B

A Fazenda B possui um total de 95 hectares cultivados com arroz irrigado. Para os testes de automonitoramento apenas 65 hectares desse total foi selecionado como o método de preparo e semeadura convencional sendo esses, irrigados por curso d'água, como mostra o croqui da Figura 3.6. Os demais hectares são aguados por barragem da propriedade.

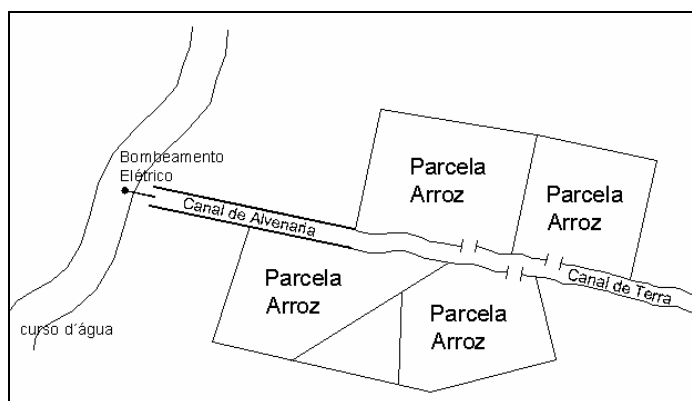


Figura 3.6 - Croqui dos hectares monitorados.

Vários foram os locais vistos na propriedade, mas o escolhido para a implantação do automonitoramento foi o canal principal de alvenaria como esboça o croqui da Figura 3.6, Figura 3.7. A escolha desse local foi por apresentar geometria definida, por estar localizado bem próximo ao curso d'água e por ser o local onde deságua toda a água utilizada nas parcelas cultivadas como mostra o croqui da Figura 3.6.



Figura 3.7 - Canal principal de alvenaria.
Fonte: Acervo GERHI.

O canal principal de alvenaria é um canal regular e estável, ou seja, estruturado possuindo boas condições para obter-se uma curva chave de qualidade. No canal regular no trecho de monitoramento implantou-se uma régua (Figura 3.8) para a leitura de nível realizada pelo observador normalmente todos os dias durante o período de águação.



Figura 3.8 - Trecho de monitoramento.
Fonte: Acervo GERHI.

3.1.3 Propriedade Monitorada: Canal vertedor em madeira – Fazenda C

A propriedade selecionada (Fazenda C) para implantação do automonitoramento pertence ao município de Santa Maria, localidade do Arroio do Só. A área escolhida na propriedade é uma parcela de 11,5 hectares (Figura 3.9) de arroz irrigado com método de preparo e semeadura o cultivo mínimo.

A parcela monitorada é irrigada com água de barragem da propriedade. A água é conduzida até a parcela monitorada pela forma de gravidade. O ponto escolhido para a implantação do sistema de automonitoramento localiza-se no canal secundário (C.S.) Ponto A (Pt. A) como mostra o croqui da Figura 3.9. Os testes de automonitoramento são para visar à quantificação de água que deságua na parcela de 11,5 hectares.

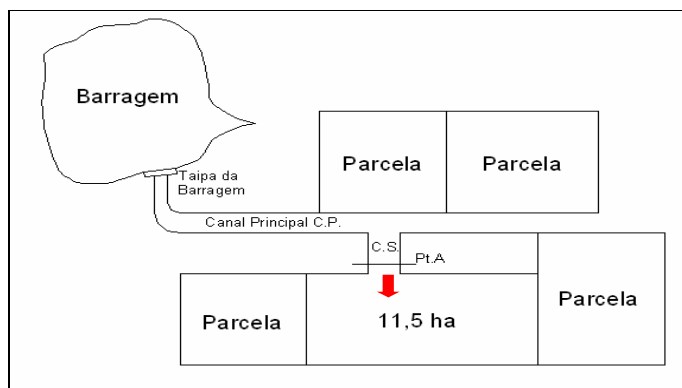


Figura 3.9 - Croqui da parcela monitorada.

Por não haver estabilidade no C.S. no Pt. A, necessitou-se implantar uma estrutura que pudesse estabilizar a geometria do canal, sendo assim necessárias três tentativas de adequação da estrutura para coletar dados coerentes de velocidades.

1º Tentativa:

No canal monitorado foi instalada, pelo proprietário, uma calha ou vertedor retangular de madeira (Figura 3.10) com duas aberturas próximo ao canal condutor. Ambas as aberturas tem geometria conhecida, sendo a abertura menor com largura de 24 cm e a maior 49,6 cm. A altura da calha é de 20 cm, sendo que a lâmina d'água fica em torno de 8 cm quando a taipa da barragem está totalmente aberta.



Figura 3.10 - Vertedor retangular de madeira
Fonte: Acervo GERHI.

A primeira tentativa foi descartada, pois encontraram-se problemas na medição de velocidades da seção conhecida, tendo-se observado muito assimétricas em relação ao centro (Figura 3.11).



Figura 3.11 - Primeira tentativa de medição de velocidades
Fonte: Acervo GERHI.

2º Tentativa:

A segunda tentativa (Figura 3.12) de escolha do local adequado para monitoramento no canal, foi a uma distância de 2 metros em relação à primeira tentativa, ou seja, colocou-se a calha a 2 metros de distância do canal condutor e próximo à lavoura cultivada com objetivo de reverter à assimetria de fluxo, mas mesmo assim, as velocidades nas laterais continuaram a apresentar assimetria.



Figura 3.12 - Segunda tentativa de medição de velocidades
Fonte: Acervo GERHI.

3º Tentativa:

Na terceira tentativa aumentou-se à seção do canal, a montante da divisão em 1 metro como mostra a Figura 3.13. Com essa solução, as velocidades medidas apresentaram simetria em relação ao centro da seção de medição de vazão, e a água na saída manteve o comportamento de lâmina vertente, comportamento de vertedor de soleira espessa ou canal vertedouro (Figura 3.14).



Figura 3.13 - Terceira tentativa de medição de velocidades
Fonte: Acervo GERHI.



Figura 3.14 - Comportamento da lâmina vertente
Fonte: Acervo GERHI.

O foco desta pesquisa é o monitoramento de água captada e lançada em lavoura orizícola que não faz parte de um sistema planejado de irrigação. Boa parte da produção do arroz se dá em propriedades com sistemas independentes de irrigação e de muitas formas distintas.

Assim, para que ocorram sistematização e proposição do sistema de automonitoramento em canais de lavouras orizícolas, algumas etapas devem ser vencidas, como mostra o fluxo metodológico (Figura 3.15) apresentado no item a seguir.

3.2 Fluxo metodológico

A filosofia do sistema de automonitoramento proposto parte do pressuposto de que é possível estabelecer uma curva característica, que relacione alguma variável de fácil leitura com a vazão.

O monitoramento então passa a ser uma atividade rotineira de leitura, em campo, do valor da variável, de fácil obtenção, para depois calcular, no escritório, a vazão.

Para que esse monitoramento tenha êxito, importantes etapas devem ser vencidas como mostra o fluxo metodológico da Figura 3.15.

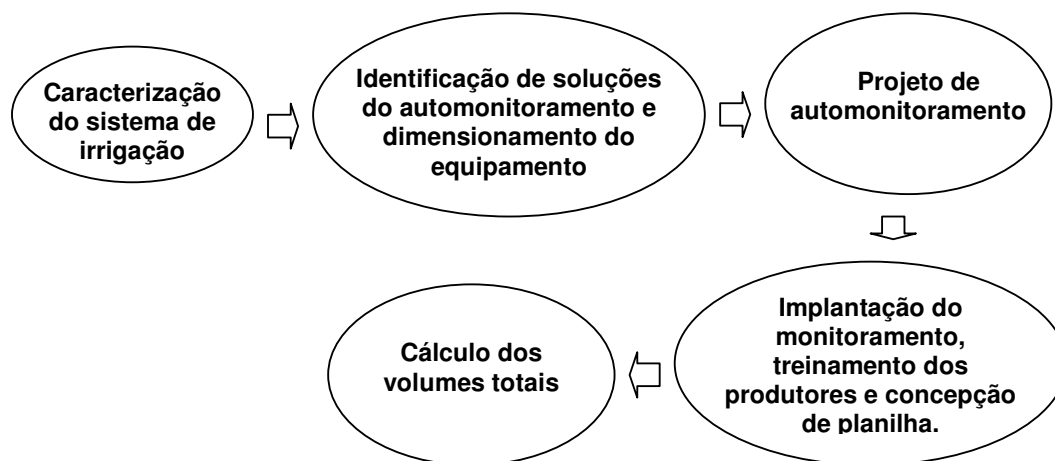


Figura 3.15 - Fluxo metodológico para implantação do sistema de automonitoramento

3.2.1 Caracterização do sistema de irrigação

Para a implantação do sistema de automonitoramento é necessário a realização de visitas em propriedades potenciais para o estudo, com objetivo de fazer uma caracterização do sistema de irrigação usado em cada uma das lavouras de arroz. A partir dessas visitas em lavouras de arroz fazem-se croquis das parcelas para uma melhor visualização dos sistemas de irrigação e para discussão da equipe técnica em laboratório.

Buscam-se nessas visitas em lavouras orizícolas, informações necessárias tais como: sistemas de captação de água por bombeamento ou gravidade em rio ou barragem, localização de pontos adequados, ou seja, com alguma estabilidade para a implantação do monitoramento no canal principal ou em canais de entrada de cada parcela cultivada, métodos de preparo e semeadura, manejo da água. Assim com essas informações retiradas de cada lavoura visitada, fazem-se croquis para uma maior visualização para posteriormente a implantação do automonitoramento.

3.2.2 Identificação de soluções de automonitoramento e dimensionamento do equipamento

Com os croquis das visitas nas propriedades esboçados faz-se a identificação de soluções para o automonitoramento, a partir da identificação das características físicas do possível local de instalação dos equipamentos e a escolha dos mesmos.

É nessa etapa, a etapa de identificação de soluções do automonitoramento que em laboratório se estuda, discute e escolhe a melhor alternativa de monitoramento para implantar em cada um dos locais escolhidos nas visitas de reconhecimento.

Depois de ter os principais dados das propriedades anotados e esboçados, faz-se um estudo de dimensionamento de equipamentos, que posteriormente poderão ser instalados no canal principal ou na entrada de cada parcela cultivada em lavouras a serem monitoradas.

3.2.3 Projetos de automonitoramento

As questões de viabilidade e instalação do equipamento de automonitoramento são discutidas, analisadas e elaboradas, visando sempre economia e segurança, isto é, com um custo mínimo, tanto o pequeno quanto o grande produtor possam adquirir o equipamento e a segurança de coletarem dados coerentes do nível da lâmina d'água durante todo o período de irrigação.

A elaboração da curva chave consiste na elaboração das curvas características do escoamento, sendo as soluções indicadas estruturas hidráulicas de escoamento de superfície livre, a curva-chave é a curva a ser ajustada. Para isso, é preciso ter alguma seção de geometria conhecida para estabelecer a relação nível x vazão (curva-chave).

Para estabelecer a curva-chave teórica das estruturas de monitoramento, é necessário primeiro obter uma amostra de uma vazão medida no local. O método utilizado nesta pesquisa é o método velocidade x área. Foram utilizadas 2 planilhas: Uma para anotar as velocidades medidas (Figura 3.16), específica para campanha de medição das velocidades e outra planilha para o cálculo do volume. Para encontrar a velocidade média divide-se a seção transversal do canal em várias verticais como mostra a Figura 3.17, e em cada vertical locam-se pontos representados por $x(h)$ (Figura 3.16) para medição de velocidade em cada um desses pontos.

Na segunda coluna da Planilha M (Figura 3.16), anota-se o nível, sendo a altura com relação ao fundo em que se encontra cada ponto de amostragem na seção. A terceira coluna refere-se à localização de cada Pt_x na seção da amostra da Figura 3.17. A quarta coluna é preenchida com a distância da margem esquerda sendo essa distância, representada pela posição de cada ponto na seção, ou seja,

da esquerda para a direita no sentido da captação da água. Para a quinta coluna cada ponto da amostra registra-se três velocidades. A sexta coluna apresenta a média das 3 velocidades registradas na seção da amostra.

Planilha M - Medição de Vazão							
MEDIDAS DE VELOCIDADE - Planilha de Campo							
PROPRIEDADE:							
DATA: / /							
MOLINETE:							
MEDIDORES:							
ALTURA DA RÉGUA:		INÍCIO:		HORA:			
		FIM:		HORA:			
SITUAÇÃO DO CANAL: () sobe () desce () estável							
DISTÂNCIA: Margem Esquerda: Margem Direita:							
1	2	3	4	5			6
x (h)	Nível (m)	Ponto	Dist. Marg. esq. (m)	REPETIÇÕES			Média Vel. (m/s)
				Vel. 1	Vel. 2	Vel. 3	

Figura 3.16 - Planilha M - Medição de vazão através do método das velocidades

A cada ponto na vertical da Figura 3.17 corresponde uma área de abrangência. Assim para encontrar a vazão de cada área usa-se a expressão:

$$Q_{obs} = \sum_1^n A_i * V_i \tag{7}$$

onde

A_i = área de abrangência de cada Pt_x ;

V_i = velocidade média de cada Pt_x ; (coluna 6)

n = número de pontos (Pt_x) da amostra.

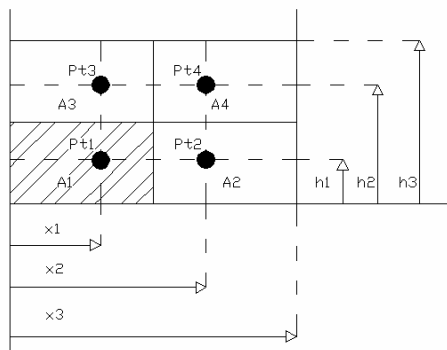


Figura 3.17 - Método de cálculo de vazão: divisão de seção transversal

Conhecida a área (a) de abrangência de cada ponto multiplica-se a mesma pela velocidade(v) correspondente obtém-se assim a vazão resultante para cada

área de abrangência. Somam-se então as vazões obtidas em cada sub-seção encontrando a vazão final correspondente ao fluxo de água que percorre a seção transversal conhecida.

A Figura 3.18 esboça um modelo de planilha para cálculo da vazão de uma seção sub-dividida semelhante a da Figura 3.17. Na Figura 3.18 as colunas 5 e 6 anotam-se à posição exata em que o ponto se localiza dentro da seção de uma amostra, ou seja, a coluna 5 refere-se a h_1 , h_2 e h_3 da Figura 3.17 e a coluna 6 refere-se ao x_1 , x_2 e x_3 também da Figura 3.17. A sétima coluna refere-se à altura lâmina d'água da amostra no momento da coleta dos dados. Na coluna oito anota-se a média das velocidades em cada ponto da amostra. A coluna nove representa a área de abrangência de cada ponto localizado na amostra sendo representa a geometria do canal. Na décima coluna refere-se ao cálculo da vazão que é o produto da média das velocidades e da área de abrangência de cada ponto amostrado.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x(h)	Nível (m)	Ponto	Dist. Marg Esq.(m)	H(altura) (m)	Largura (m)	Lâmina (m)	Média Vel. (m/s)	Área (m ²)	Q (m ³ /s)

Figura 3.18 - Planilha para cálculo da vazão

Depois de calcular a vazão observada tem-se assim, condições de aferir o coeficiente de rugosidade. Com a área conhecida, a declividade (I) da linha d'água e o raio hidráulico (R_H) pode-se obter o coeficiente de rugosidade nas expressões de Manning como de Chezy, substituindo esses dados na equação 8 ou 9.

$$Q_{obs} = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$Q_{obs} = A * C * \sqrt{RI} \quad (9)$$

Isolando os coeficientes de rugosidade das equações 8 e 9, obtém-se:

$$\frac{1}{n} = \frac{Q_{obs}}{A * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}} \quad (10)$$

$$C = \frac{Q_{obs}}{A * \sqrt{RI}} \quad (11)$$

Portanto, com o coeficiente de rugosidade aferido pode-se estimar a curva chave teórica usando a expressão empírica de Manning ou Chezý.

3.2.4 Implantação do monitoramento, treinamento dos produtores e concepção de planilhas

O automonitoramento consiste em realizar uma leitura de nível da lâmina d'água diária, feita pelo próprio produtor no local monitorado no período de irrigação da lavoura de arroz.

Para o sucesso da instalação do sistema de automonitoramento nas propriedades é preciso realizar junto aos produtores e funcionários das lavouras que irão observar o nível da lâmina d'água, um simples e breve treinamento com ênfase na coleta de dados para que se possa obter dados coerentes com o preenchimento correto da planilha A do observador da Figura 3.19. Essa planilha deve ser preenchida pelo observador diariamente com nível da lâmina d'água durante o período de irrigação no local monitorado.

No preenchimento da Planilha do Observador (Figura 3.19), a coluna data e hora devem ser preenchidas com o momento exato em que foi feita a leitura do nível da lâmina d'água. O nível é lido pelo observador, através de uma régua a qual deve estar fixada no ponto de monitoramento, ou seja, no canal principal ou no canal de entrada de cada parcela.

A quarta coluna "observações" serve para o observador registrar o que está ocorrendo exatamente na data e hora da leitura do nível da lâmina d'água no local monitorado, ou seja, se a bomba está ligada/desligada, a comporta esta aberta/fechada ou ainda se ocorreu precipitação. Quanto à quinta coluna "ideal para preencher" surgiu depois do primeiro recolhimento das planilhas dos observadores, onde se encontrou anotações desnecessárias feitas pelos mesmos. Assim, para se ter uma melhor interpretação dos dados criou-se a quinta coluna. Essa coluna surgiu somente para o pesquisador melhor descrever a maneira mais adequada de anotar dados recolhidos pelo observador. Para o produtor a planilha terá somente quatro colunas, enquanto que no escritório para o pesquisador terá cinco colunas.

Planilha A - Observador				
Planilha de Acompanhamento da Quantidade dos Recursos Hídricos				
Sistema de condução da água: () Gravidade () Bombeamento				
Forma de Abastecimento: () Rio () Barragem () Outros: _____				
Anotador: _____		Município: _____		
Coordenadas:		S: _____	W: _____	
1	2	3	4	5
Data	Hora	Nível (cm)	Observações	Ideal para preencher

Figura 3.19 - Planilha do Observador

3.2.5 Cálculo dos volumes totais

O cálculo dos volumes totais é calculado através da integração da vazão calculada pela curva chave ao longo do período de tempo monitorado. A Figura 3.20 apresenta um exemplo de séries de vazões, onde o volume é a área sob o fluviograma.

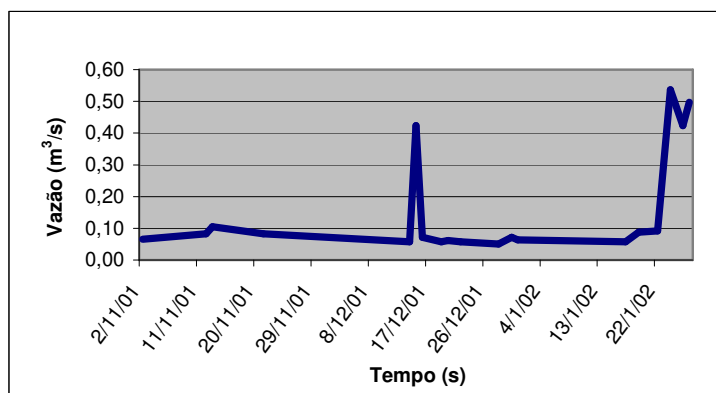


Figura 3.20 - Fluviograma

Para o cálculo do volume (m^3) usado no período de irrigação nas lavouras de arroz irrigado, área sob o fluviograma, pode-se utilizar o método da soma dos trapézios, conforme a expressão a seguir,

$$Vol = \Delta t * \sum_{i=1}^{n-1} (q_i + q_{i+1}) / 2 \quad (12)$$

onde:

Vol = volume (m^3);

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos da pesquisa, segundo o fluxograma do item 3.2 e o evento “Dia de Campo” realizado no município de Santa Maria, localidade do Arroio do Só.

Relata-se na fase de visitas de reconhecimento os diferentes métodos e esquemas hidráulicos utilizados pelos produtores para irrigação do arroz.

Nestas visitas foram encontrados canais de condução de água tendo como função conduzir a água até as lavouras cultivadas sejam eles, canais principais ou não. Os canais de condução de água em lavouras orizícolas podem ser:

- canais estáveis ou estruturados: são aqueles que têm geometria definida e estável, cujas dimensões são fáceis de se conhecer e não se alteram com o tempo, com fácil estabelecimento da curva-chave com ajuste de expressões empíricas.
- canais não-estáveis: são aqueles que precisam de implantação de uma estrutura para se tornarem estáveis.

Nesta pesquisa, ensaiou-se tanto o monitoramento em canais regulares quanto não regulares:

A partir das observações nestas visitas, apresentam-se os resultados da implantação do automonitoramento em três empreendimentos, considerando três situações possíveis:

- Canal regular em terra do tipo trapezoidal – Propriedade A;
- Canal regular em alvenaria – Propriedade B;
- Canal vertedor em madeira – Propriedade C.

4.1 Locais Monitorados

4.1.1 Canal regular em terra do tipo trapezoidal – Propriedade A

A geometria do canal regular em terra do tipo trapezoidal (Figura 4.1) do ponto selecionado para a implantação do automonitoramento possui base inferior de 1,13 cm e base superior de 1,25 cm. A altura do canal é de 40 cm e a declividade (I), linha d’água medida é de 0,0037m/m.

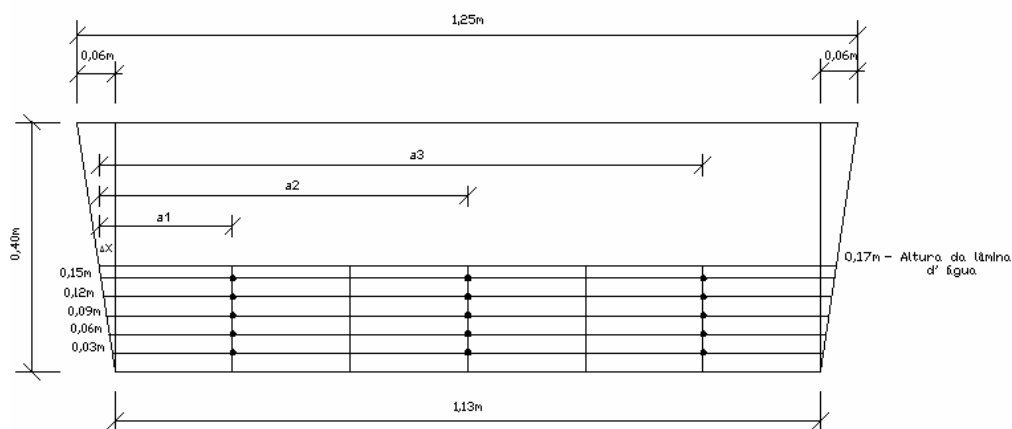


Figura 4.1 - Canal de seção trapezoidal

Com essas características da geometria do canal regular em terra do tipo trapezoidal pode-se encontrar a área e o raio hidráulico para cada nível da lâmina d'água como mostra o Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Características da geometria do canal

H (Nível) m	Área(m ²)	Raio Hidráulico(m)
0,16	0,253	0,127
0,17	0,255	0,133
0,38	0,451	0,238

4.1.2 Canal regular em alvenaria – Propriedade B

A geometria da seção regular em alvenaria (Figura 4.2) apresenta uma largura de 1 metro, uma altura de 30 cm e um comprimento de 30 metros. A declividade que é o desnível da linha energética pela distância horizontal foi encontrada 0,0082 m/m no canal. Com essas características da geometria do canal pode-se encontrar a área e o raio hidráulico para cada nível como mostra o Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Características da geometria do canal

H (Nível) m	Área(m ²)	Raio Hidráulico(m)
0,15	0,150	0,1153
0,16	0,160	0,1212
0,17	0,170	0,1268
0,18	0,180	0,1323
0,25	0,25	0,1667



Figura 4.2 - Canal principal de alvenaria.
Fonte: Acervo GERHI.

4.1.3 Canal vertedor em madeira – Propriedade C

A geometria do canal vertedor em madeira da propriedade C (Figura 4.3) apresenta: 73 cm de largura, 20 cm de altura e 1 metro de comprimento e sua lâmina d'água estável é 8 cm.



Figura 4.3 - Canal principal de alvenaria.
Fonte: Acervo GERHI.

Nessa propriedade, em função da necessidade de adequar os equipamentos para coletar dados coerentes para o cálculo de vazão demorou-se algum tempo assim, poucos dias de monitoramento com velocidades simétricas no centro foram registrados.

4.2 Volume de Captação nas Propriedades Monitoradas

Neste item são apresentados os cálculos dos volumes de captação resultantes do automonitoramento nas três propriedades monitoradas no período de irrigação da safra 2007/2008.

Apresenta-se 3 etapas para encontrar o volume realmente utilizado em cada parcela monitorada. As etapas são:

Etapa a: 1º Estabelecimento da curva-chave

- Medição de vazão;
- Ajuste da curva-chave (teórica).

Etapa b:

2º Estabelecimento das leituras de nível.

Etapa c:

3º Cálculo do volume

- Cálculo de Q para cada nível com utilização da equação da curva-chave;
- Integral do fluxograma – volume.

4.2.1 Canal regular em terra do tipo trapezoidal – Propriedade A

Etapa a: Estabelecimento da curva-chave

Para estabelecer a curva-chave teórica das estruturas de monitoramento, é necessário primeiro obter uma amostra de vazão medida no local como ilustra o exemplo da Figura 3.17 do item 3.2.3.

Na Tabela 4.1 apresenta-se a média das velocidades obtida na campanha de medição de vazão. A Tabela 4.1 é referente à Figura 3.16 do item 3.2.3.

A Tabela 4.2 apresenta o cálculo das vazões correspondentes às séries de níveis observados. Substituindo essa vazão medida, a área e o raio hidráulico correspondente ao nível da medição (Quadro 4.1), e mais a declividade (I) considerada constante para diferentes níveis na equação 8, obtém-se o coeficiente de rugosidade (n) de Manning, com a expressão empírica (Equação 8):

$$0,084 = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * 0,0037 \quad (13)$$

$$n = 0,0481$$

Substituindo o coeficiente obtém-se a curva chave

$$Q = \frac{1}{0,0481} * A * R^{2/3} * 0,0037 \quad (14)$$

Onde, A é a área em função do nível (Quadro 4.1) e R em função do nível (Quadro 4.1).

Etapa b: Estabelecimento das leituras de nível lida pelo observador

A Tabela 4.3 apresenta a planilha do observador com as anotações de nível da lâmina d'água feitas pelo mesmo. Nessa propriedade o automonitoramento foi de 70 dias, não tendo todo o período de automonitoramento da irrigação.

Etapa c: Cálculo do volume

Para cada nível de lâmina d'água observado, uma vazão é calculada pela equação 14.

A Tabela 4.4 apresenta a memória de cálculo do volume utilizado na propriedade **A**. O período monitorado entre os dias 22/01/2008 a 01/04/2008, totalizando 70 dias, com um total de **514** horas de bombeamento apresentou um volume de **5.344** m³/ha para o método de preparo e semeadura plantio direto com total de 29 hectares.

O período de irrigação é entorno de 80 a 120 dias, como foi apresentado na revisão bibliográfica. Como não houve o término do automonitoramento na irrigação dessa lavoura, fez-se uma estimativa sobre os dados monitorados. Desse período de irrigação trabalhou-se com 100 dias.

Portanto, para o período de automonitoramento de 70 dias, tem-se um valor real de 5.344 m³/ha. Para o período de irrigação de 100 dias, estimou-se um total de 7.634 m³/ha.ano.

Tabela 4.1 - Planilha M para leitura das velocidades

PLANILHA M								
MEDIDAS DE VAZÃO - Planilha de Campo								
Propriedade: A								
DATA: 12/12/2007								
MOLINETE: NAUTILUS								
MEDIDORES: Raquel e Adriano								
ALTURA DA RÉGUA:			INÍCIO: 17 cm		HORA: 15 : 00			
			FIM: 17 cm		HORA: 17 : 00			
SITUAÇÃO DO CANAL: () sobe () desce (x) estável								
DISTÂNCIA: Margem Esquerda: 20 cm Margem Direita: 20 cm								
x (h)	Nível (m)	Ponto	Dist. Marg. esq. (m)	Lâmina (m)	REPETIÇÕES			Média Vel. (m/s)
					Vel. 1	Vel. 2	Vel. 3	
x1 (h1)	0,03	1	0,282	0,17	0,297	0,297	0,297	0,297
x2 (h1)	0,03	2	0,564	0,17	0,32	0,345	0,352	0,339
x3 (h1)	0,03	3	0,846	0,17	0,284	0,291	0,276	0,284
x5 (h2)	0,06	1	0,282	0,17	0,327	0,322	0,322	0,324
x6 (h2)	0,06	2	0,564	0,17	0,35	0,352	0,355	0,352
x7 (h2)	0,06	3	0,846	0,17	0,309	0,309	0,309	0,309
x9 (h3)	0,09	1	0,282	0,17	0,296	0,297	0,297	0,297
x10 (h3)	0,09	2	0,564	0,17	0,366	0,381	0,334	0,360
x11 (h3)	0,09	3	0,846	0,17	0,297	0,297	0,31	0,301
x13 (h4)	0,12	1	0,282	0,17	0,3	0,297	0,297	0,298
x14 (h4)	0,12	2	0,564	0,17	0,392	0,378	0,391	0,387
x15 (h4)	0,12	3	0,846	0,17	0,355	0,33	0,341	0,342
x17 (h5)	0,15	1	0,282	0,17	0,386	0,355	0,367	0,369
x18 (h5)	0,15	2	0,564	0,17	0,404	0,399	0,399	0,401
x19 (h5)	0,15	3	0,846	0,17	0,371	0,358	0,309	0,346
	0,165		1,13					

Tabela 4.2 - Cálculo da vazão observada na Propriedade A

x	Nível (m)	pto	h	Δx	dist. Marg esq.(m)	L(base)	L(topo)	Área m ²	Per. molh.	Raio Hidr.	Méd. Vel. m/s	Q m ³ /s
x1 (h1)	0,03	1	0,045	0,007	0,282	0,423	0,430	0,019	0,51	0,037	0,297	0,006
x4 (h2)	0,06	1	0,030	0,005	0,564	0,423	0,428	0,013	0,49	0,026	0,339	0,004
x7 (h3)	0,09	1	0,030	0,005	0,846	0,423	0,428	0,013	0,49	0,026	0,284	0,004
x10 (h4)	0,12	1	0,030	0,005	0,282	0,423	0,428	0,013	0,49	0,026	0,324	0,004
x13 (h5)	0,15	1	0,030	0,005	0,564	0,423	0,428	0,013	0,49	0,026	0,352	0,004
x2 (h1)	0,03	2	0,045		0,846	0,705		0,032	0,04	0,795	0,309	0,010
x5 (h2)	0,06	2	0,030		0,282	0,705		0,021	0,03	0,765	0,297	0,006
x8 (h3)	0,09	2	0,030		0,564	0,705		0,021	0,03	0,765	0,360	0,008
x11 (h4)	0,12	2	0,030		0,846	0,705		0,021	0,03	0,765	0,301	0,006
x14 (h5)	0,15	2	0,030		0,282	0,705		0,021	0,03	0,765	0,298	0,006
x3 (h1)	0,03	3	0,045	0,007	0,564	0,423	0,430	0,019	0,51	0,037	0,387	0,007
x6 (h2)	0,06	3	0,030	0,005	0,846	0,423	0,428	0,013	0,49	0,026	0,342	0,004
x9 (h3)	0,09	3	0,030	0,005	0,282	0,423	0,428	0,013	0,49	0,026	0,369	0,005
x12 (h4)	0,12	3	0,030	0,005	0,564	0,423	0,428	0,013	0,49	0,026	0,401	0,005
x15 (h5)	0,15	3	0,025	0,004	0,846	0,423	0,427	0,011	0,48	0,022	0,346	0,004
	0,17				1,13			0,255				0,084

Tabela 4.3 - Planilha A - Observador

PLANILHA A				
Planilha de Acompanhamento da Quantidade dos Recursos Hídricos				
Sistema de condução da água: () Gravidade (X) Bombeamento				
Forma de Abastecimento: () Rio (x) Barragem () Outros:				
Anotador: Paulo Município: Restinga Seca				
Coordenadas: S: 29°53'49.4" W: 55°14'46.2"				
Data	Hora	Nível (cm)	Observações	Ideal para preencher
22/1	09:30	17	Ligado	Ligado
23/1	16:00	17	Ligado	
24/1	11:00	17	Ligado	
25/1	10:30	17	Desligado	Desligado
26/1			Desligado	
27/1			Desligado	
28/1			Desligado	
29/1			Desl. Prec. (1 mm)	1 mm de chuva
30/1			Desligado	
31/1			Desligado	
1/2			Desligado	
2/2	15:00	17	Ligado	Ligado
3/2	11:00	16	Ligado	
4/2	10:00	17	Ligado	
5/2	11:00	17	Ligado	
6/2	10:30	17	Ligado	
7/2	10:30	17	Desligado/ Ligado	Desligado/ Ligado
8/2	11:00	17	Ligado	Ligado
9/2	10:00	16	Ligado	
10/2			Desl. Prec.(8 mm)	Desligado - (8 mm)
11/2			Desl. Prec. (22 mm)	Prec. (22 mm)
12/2			Desligado	
13/2			Desligado	
14/2	15:00	17	Ligado	Ligado
15/2	10:00	17	Ligado	
16/2			Desligado	Desligado
17/2			Desligado	
18/2	16:00	17	Ligado	Ligado
19/2	15:00	17	Ligado	
20/2	08:00	17	Ligado	
21/2			Desligado	Desligado
22/2			Desligado	
23/2			Desligado	
24/2			Desligado	
25/2	09:00	17	Ligado	Ligado
26/2	09:30	17,1	Ligado	

Data	Hora	Nível (m)	Observações	Área (m ²)	Q (m ³ /s)	tempo (horas)	tempo (min.)	tempo (s)	volume (m ³)	volume (hm ³)
27/1										
28/1										
29/1			Prec. (1 mm)							
30/1										
31/1										
1/2										
2/2	15:00	17	Ligado	0,255	0,084	20		72.000	6.042,23	0,0060
3/2	11:00	16		0,253	0,083	23		82.800	6.891,26	0,0069
4/2	10:00	17		0,255	0,084	25		90.000	7.552,79	0,0076
5/2	11:00	17		0,255	0,084	23	30	84.600	7.099,63	0,0071
6/2	10:30	17	Prec. (6 mm)	0,255	0,084	24		86.400	7.250,68	0,0073
7/2	10:30	17		0,255	0,084	24		86.400	7.250,68	0,0073
8/2	11:00	17		0,255	0,084	23		82.800	6.948,57	0,0069
9/2	10:00	16		0,253	0,083					
10/2			Desligado (10 mm)							
11/2										
12/2										
13/2			15 mm							
14/2	15:00	17	Ligado	0,255	0,084	19		68.400	5.740,12	0,0057
15/2	10:00	17		0,255	0,084					
16/2			Desligado							
17/2										
18/2	16:00	17	Ligado	0,255	0,084	23		82.800	6.948,57	0,0069
19/2	15:00	17		0,255	0,084	17		61.200	5.135,90	0,0051
20/2	08:00	17		0,255	0,084					
21/2			Desligado							
22/2										
23/2										
24/2										
25/2	09:00	17	Ligado	0,255	0,084	24	30	88.200	7.401,74	0,0074
26/2	09:30	17,1		0,255	0,084					
27/2			Desligado							
28/02										
1/3										
2/3										
3/3										
4/3										
5/3	09:30	17	Ligado	0,255	0,084	24	30	88.200	7.401,74	0,0074
6/3	10:00	16		0,253	0,083	23	30	84.600	7.041,07	0,0070

7/3	09:30	16		0,253	0,083						
8/3			Desligado								
9/3											
10/3											
11/3											
12/3	09:00	17	Ligado	0,255	0,084	24	20	87.600	7.351,39	0,0074	
13/3	09:20	17		0,255	0,084	24	40	88.800	7.452,09	0,0075	
14/3	10:00	16		0,253	0,083						
15/3			Desligado								
16/3											
17/3											
18/3	09:00	16	Ligado	0,253	0,083	25		90.000	7.490,50	0,0075	
19/3	10:00	16		0,253	0,083	24		86.400	7.190,88	0,0072	
20/3	10:00	16		0,253	0,083						
21/3			Desligado								
22/3											
23/3											
24/3											
25/3											
26/3	09:00	16	Ligado	0,253	0,083	25		90.000	7.490,50	0,0075	
27/3	10:00	17		0,255	0,084	24		86.400	7.250,68	0,0073	
28/3	10:00	17		0,255	0,084						
29/3			Desligado								
30/3											
31/3											
1/4	09:00	17	Ligado	0,255	0,084						
							514		154.985,15	0,1550	
							Hectares	29			
									5.344		

4.2.2 Canal regular em alvenaria – Propriedade B

Etapa a: Estabelecimento da curva-chave

Para estabelecer a curva-chave teórica das estruturas de monitoramento é necessário primeiro obter uma amostra de vazão medida no local como ilustra o exemplo da Figura 3.17 do item 3.2.3.

Na Tabela 4.5 apresenta-se a média das velocidades obtida na campanha de medição de vazão. A Tabela 4.5 é referente à Figura 3.16 do item 3.2.3.

A Tabela 4.6 apresenta o cálculo das vazões correspondentes às séries de níveis observados. Substituindo essa vazão medida, a área e o raio hidráulico

correspondente ao nível da medição (Quadro 4.2), e mais a declividade (I) considerada constante para diferentes níveis na equação 8, obtém-se o coeficiente de rugosidade (n) de Manning, com a expressão empírica (Equação 8):

$$0,174 = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * 0,0082 \quad (15)$$

$$n = 0,020$$

Substituindo o coeficiente obtém-se a curva chave

$$Q = \frac{1}{0,020} * A * R^{2/3} * 0,0082 \quad (16)$$

Onde, A é a área em função do nível (Quadro 4.2) e R em função do nível (Quadro 4.2).

Etapa b: Estabelecimento das leituras de nível lida pelo observador

A Tabela 4.7 apresenta a planilha do observador com as anotações de nível da lâmina d'água feitas pelo mesmo. Nessa propriedade o automonitoramento foi de 54 dias, não havendo todo o período de automonitoramento da irrigação.

Etapa c: Cálculo do volume

Para cada nível de lâmina d'água observado, uma vazão é calculada pela equação 16.

A Tabela 4.8 apresenta a memória de cálculo do volume utilizado na propriedade **B**. O período monitorado (54 dias) entre os dias 05/12/2007 a 29/01/2008 com **922** horas de bombeamento apresentou um volume de **8.725,60** m³/ha para o método de preparo e semeadura convencional com um total de 65 hectares. O período de irrigação é entorno de 80 a 120 dias como foi apresentado na revisão bibliográfica. Como não houve o término do automonitoramento na irrigação dessa lavoura, fez-se uma estimativa sobre os dados monitorados. Desse período de irrigação entre 80 a 120 dias, trabalhou-se com 100 dias.

Portanto, para o período monitorado de 54 dias tem-se um valor real de **8.725,60** m³/ha. Para o período médio com 100 dias estimou-se um total de **16.158,52** m³/ha.ano.

Tabela 4.5 - Planilha M para leitura das velocidades

PLANILHA M							
MEDIDAS DE VAZÃO - Planilha de Campo							
Propriedade: B							
DATA: 12/12/2007							
MOLINETE: NAUTILUS							
MEDIDORES: Raquel e Adriano							
ALTURA DA RÉGUA:		INÍCIO: 16 cm		HORA:18 : 00			
		FIM: 16 cm		HORA:19 : 00			
SITUAÇÃO DO CANAL: () sobe () desce (x) estável							
DISTÂNCIA: Margem Esquerda: 20 cm Margem Direita: 20 cm							
x	Nivel (m)	Ponto	Lâmina (m)	REPETIÇÕES			Média Vel. (m/s)
				VEL. 1	VEL. 2	VEL. 3	
x1 (h1)	0,03	1	0,16	1,027	1,058	1,101	1,062
x2 (h1)	0,03	1	0,16	1,205	1,194	1,198	1,199
x3 (h1)	0,03	1	0,16	1,032	1,015	1,002	1,016
x4 (h1)	0,03	1	0,16	0,67	0,772	0,77	0,737
x5 (h2)	0,06	2	0,16	1,206	1,171	1,187	1,188
x6 (h2)	0,06	2	0,16	1,255	1,243	1,238	1,245
x7 (h2)	0,06	2	0,16	1,13	1,145	1,111	1,129
x8 (h2)	0,06	2	0,16	0,888	0,876	0,875	0,880
x9 (h3)	0,09	3	0,16	1,215	1,21	1,223	1,216
x10 (h3)	0,09	3	0,16	1,345	1,328	1,351	1,341
x11 (h3)	0,09	3	0,16	1,198	1,172	1,187	1,186
x12 (h3)	0,09	3	0,16	0,91	0,866	0,91	0,895
x13 (h4)	0,12	4	0,16	1,206	1,186	1,21	1,201
x14 (h4)	0,12	4	0,16	1,37	1,412	1,426	1,403
x15 (h4)	0,12	4	0,16	1,262	1,259	1,244	1,255
x16 (h4)	0,12	4	0,16	0,805	0,82	0,812	0,812
x17 (h5)	0,15	5	0,16	1,176	1,187	1,144	1,169
x18 (h5)	0,15	5	0,16	1,397	1,335	1,133	1,288
x19 (h5)	0,15	5	0,16	1,012	1,235	1,165	1,137
x20 (h5)	0,15	5	0,16	1,114	1,106	1,092	1,104
			0,16				

Tabela 4.6 - Cálculo da vazão observada na Propriedade B

x	Nível (m)	Ponto	Dist. Marg		Larg. (m)	Lâmina (m)	REPETIÇÕES			Med. Vel. (m/s)	Área (m²)	Q (m³/s)
			Esq.(m)	H (m)			VEL. 1	VEL. 2	VEL. 3			
x1 (h1)	0,03	1	0,2	0,045	0,3	0,16	1,027	1,058	1,101	1,062	0,014	0,014
x2 (h1)	0,03	1	0,4	0,045	0,2	0,16	1,205	1,194	1,198	1,199	0,009	0,011
x3 (h1)	0,03	1	0,6	0,045	0,2	0,16	1,032	1,015	1,002	1,016	0,009	0,009
x4 (h1)	0,03	1	0,8	0,045	0,3	0,16	0,67	0,772	0,77	0,737	0,014	0,010
x5 (h2)	0,06	2	0,2	0,03	0,3	0,16	1,206	1,171	1,187	1,188	0,009	0,011
x6 (h2)	0,06	2	0,4	0,03	0,2	0,16	1,255	1,243	1,238	1,245	0,006	0,007
x7 (h2)	0,06	2	0,6	0,03	0,2	0,16	1,13	1,145	1,111	1,129	0,006	0,007
x8 (h2)	0,06	2	0,8	0,03	0,3	0,16	0,888	0,876	0,875	0,880	0,009	0,008
x9 (h3)	0,09	3	0,2	0,03	0,3	0,16	1,215	1,21	1,223	1,216	0,009	0,011
x10 (h3)	0,09	3	0,4	0,03	0,2	0,16	1,345	1,328	1,351	1,341	0,006	0,008
x11 (h3)	0,09	3	0,6	0,03	0,2	0,16	1,198	1,172	1,187	1,186	0,006	0,007
x12 (h3)	0,09	3	0,8	0,03	0,3	0,16	0,91	0,866	0,91	0,895	0,009	0,008
x13 (h4)	0,12	4	0,2	0,03	0,3	0,16	1,206	1,186	1,21	1,201	0,009	0,011
x14 (h4)	0,12	4	0,4	0,03	0,2	0,16	1,37	1,412	1,426	1,403	0,006	0,008
x15 (h4)	0,12	4	0,6	0,03	0,2	0,16	1,262	1,259	1,244	1,255	0,006	0,008
x16 (h4)	0,12	4	0,8	0,03	0,3	0,16	0,805	0,82	0,812	0,812	0,009	0,007
x17 (h5)	0,15	5	0,2	0,025	0,3	0,16	1,176	1,187	1,144	1,169	0,008	0,009
x18 (h5)	0,15	5	0,4	0,025	0,2	0,16	1,397	1,335	1,133	1,288	0,005	0,006
x19 (h5)	0,15	5	0,6	0,025	0,2	0,16	1,012	1,235	1,165	1,137	0,005	0,006
x20 (h5)	0,15	5	0,8	0,025	0,3	0,16	1,114	1,106	1,092	1,104	0,008	0,008
x21	0,16		1			0,16					0,16	0,174

Tabela 4.7 - Planilha do Observador

PLANILHA A				
Planilha de Acompanhamento da Quantidade dos Recursos Hídricos				
Sistema de condução da água: () Gravidade (X) Bombeamento				
Forma de Abastecimento: (X) Rio () Barragem () Outros: _____				
Anotador: Roberto		Município: Restinga Seca		
Coordenadas:		S: 29°48'39.7"		W: 53°14'58.2"
Data	Hora	Nível (cm)	Observações	Ideal para preencher
5/12	07:40	15	Início Aguação	Ligado
6/12	06:56	16	Ligado	
7/12	06:10	17	Ligado	
8/12			Desligado	Desligado
9/12			Desligado	
10/12	06:17	15	Ligado	Ligado
11/12			Desligado	Desligado
12/12	06:30	16	Desligado	
13/12	08:16	17	Ligado	Ligado
14/12	06:30	16	Ligado	
15/12	13:38	17	Ligado	
16/12	12:40	17	Ligado	
17/12	06:40	15	Ligado	
18/12	06:38	15	Ligado	

Data	Hora	Nível (cm)	Observações	Ideal para preencher
19/12	06:30	16	Ligado	
20/12			Desligado	Desligado
21/12	20:36	15	Ligado	Ligado
22/12			Desligado	Desligado
23/12	13:00	16	Ligado	Ligado
24/12	07:40	15	Ligado - 15 mm	15 mm
25/12			Desligado	Desligado
26/12	06:32	16	Ligado	Ligado
27/12	18:20	17	Ligado - 8mm	8 mm
28/12	10:50	16	Ligado	
29/12			Desligado - 36 mm	Desligado - 36 mm
30/12	17:50	16	Ligado - 13 mm	Ligado- 13 mm
31/12	06:50	17	Ligado	
1/1	06:30	16	Ligado	
2/1	06:32	16	Ligado	
3/1	10:30	16	Ligado	
4/1			Desligado	Desligado
5/1	11:30	17	Ligado	Ligado
6/1			Desligado	Desligado
7/1	06:50	15	Ligado	Ligado
8/1	06:51	16	Ligado	
9/1	06:55	17	Ligado	
10/1	06:55		Desligado	Desligado
11/1	10:50		Desligado	
12/1	06:40	16	Ligado	Ligado
13/1	06:40	13	Ligado	
14/1	06:10	15	Ligado	
15/1	18:00	14	Ligado	
16/1	10:16	14	Ligado	
17/1	18:36	16	Ligado	
18/1	09:36	15	Ligado	
19/1	08:45		Desligado	Desligado
20/1			Desligado	
21/1	07:30	16	Ligado	Ligado
22/1	19:30	15	Ligado	
23/1	20:00	16	Ligado	
24/1	06:30	16	Ligado	
25/1	07:14	16	Ligado	
26/1	06:14	15	Ligado	
27/1	07:14	15	Ligado	
28/1	07:15	16	Ligado	
29/1	17:15	14	Ligado	

Tabela 4.8 - Resultados do cálculo do volume utilizado na propriedade B

Data	Hora	Nível (m)	Observações	Área (m ²)	R _H (A/P)	Q(vazão) m ³ /s	tempo (horas)	tempo (min)	tempo (s)	volume (m ³)	Volume (hm ³)
5/12	07:40	0,15	LIGADO	0,15	0,115	0,158	23	16	83.760	13.274,168	0,013
6/12	06:56	0,16		0,16	0,121	0,175	23	46	85.560	14.946,365	0,015
7/12	06:10	0,17		0,17	0,127	0,191	22	50	82.200	15.727,666	0,016
8/12	05:00		DESLIGADO								
9/12											
10/12	06:17	0,15	LIGADO	0,15	0,115	0,158	23	17	83.820	13.283,677	0,013
11/12	05:00		DESLIGADO								
12/12	06:30	0,16		0,16	0,121	0,175					
13/12	08:16	0,17	LIGADO	0,17	0,127	0,191	26	16	94.560	18.092,556	0,018
14/12	06:30	0,16		0,16	0,121	0,175	22	14	80.040	13.982,083	0,014
15/12	13:38	0,17		0,17	0,127	0,191	31	8	112.080	21.444,730	0,021
16/12	12:40	0,17		0,17	0,127	0,191	23	2	82.920	15.865,426	0,016
17/12	06:40	0,15		0,15	0,115	0,158	18		64.800	10.269,414	0,010
18/12	06:38	0,15		0,15	0,115	0,158	23	58	86.280	13.673,534	0,014
19/12	06:30	0,16		0,16	0,121	0,175	23	52	85.920	15.009,253	0,015
20/12	05:00		DESLIGADO								
21/12	20:36	0,15	LIGADO	0,15	0,115	0,158	9	36	34.560	5.477,021	0,005
22/12	05:00		DESLIGADO								
23/12	13:00	0,16	LIGADO	0,16	0,121	0,175	18	40	67.200	11.739,080	0,012
24/12	07:40	0,15	Prec - (15 mm)	0,15	0,115	0,158	21	20	76.800	12.171,157	0,012
25/12	05:00		DESLIGADO								
26/12	06:32	0,16	LIGADO	0,16	0,121	0,175	36	12	130.320	22.765,431	0,023
27/12	18:20	0,17	Prec. (8mm)	0,17	0,127	0,191	16	30	59.400	11.365,248	0,011
28/12	10:50	0,16		0,16	0,121	0,175	19		68.400	11.948,707	0,012
29/12	05:50		DESLIGADO - 36 mm								
30/12	17:50	0,16	LIGADO - 13 mm	0,16	0,121	0,175	13		46.800	8.175,431	0,008
31/12	06:50	0,17		0,17	0,127	0,191	23	40	85.200	16.301,668	0,016
1/1	06:30	0,16		0,16	0,121	0,175	27	58	100.680	17.587,658	0,018
2/1	06:32	0,16		0,16	0,121	0,175	28	2	100.920	17.629,583	0,018
3/1	10:30	0,16		0,16	0,121	0,175	17	30	63.000	11.005,388	0,011

Data	Hora	Nível (m)	Observações	Área (m ²)	R _H (A/P)	Q(vazão) m ³ /s	tempo (horas)	tempo (min)	tempo (s)	volume (m ³)	Volume (hm ³)
4/1	05:00		DESLIGADO								
5/1	11:30	0,17	LIGADO	0,17	0,127	0,191	17	30	63.000	12.054,050	0,012
6/1	05:00		DESLIGADO								
7/1	06:50	0,15	LIGADO	0,15	0,115	0,158	24	1	86.460	13.702,061	0,014
8/1	06:51	0,16		0,16	0,121	0,175	24	4	86.640	15.135,029	0,015
9/1	06:55	0,17		0,17	0,127	0,191	24		86.400	16.531,269	0,017
10/1	06:55										
11/1	10:50		DESLIGADO								
12/1	06:40	0,16	LIGADO	0,16	0,121	0,175	24		86.400	15.093,103	0,015
13/1	06:40	0,13		0,13	0,103	0,127	24	25	87.900	11.205,422	0,011
14/1	06:10	0,15		0,15	0,115	0,158	12	40	45.600	7.226,625	0,007
15/1	18:00	0,14		0,14	0,109	0,143	16	16	58.560	8.358,377	0,008
16/1	10:16	0,14		0,14	0,109	0,143	20	20	73.200	10.447,971	0,010
17/1	18:36	0,16		0,16	0,121	0,175	15		54.000	9.433,190	0,009
18/1	09:36	0,15		0,15	0,115	0,158	23	9	83.340	13.207,607	0,013
19/1	08:45		DESLIGADO								
20/1											
21/1	07:30	0,16	LIGADO	0,16	0,121	0,175	36		129.600	22.639,655	0,023
22/1	19:30	0,15		0,15	0,115	0,158	24	30	88.200	13.977,813	0,014
23/1	20:00	0,16		0,16	0,121	0,175	10	30	37.800	6.603,233	0,007
24/1	06:30	0,16		0,16	0,121	0,175	25	14	90.840	15.868,721	0,016
25/1	07:14	0,16		0,16	0,121	0,175	23		82.800	14.464,224	0,014
26/1	06:14	0,15		0,15	0,115	0,158	25	10	90.600	14.358,162	0,014
27/1	07:14	0,15		0,15	0,115	0,158	24	5	86.700	13.740,095	0,014
28/1	07:15	0,16		0,16	0,121	0,175	34		122.400	21.381,896	0,021
29/1	17:15	0,14		0,14	0,109	0,143					
							922			567.163,75	0,5671637
										Hectares 65	
										8.725,60	

4.2.3 Canal vertedor em madeira - Propriedade C.

Etapa a: Estabelecimento da curva-chave

Para estabelecer a curva-chave teórica das estruturas de monitoramento, é necessário primeiro obter uma amostra de vazão medida no local como ilustra o exemplo da Figura 3.17 do item 3.2.3.

Na Tabela 4.9 apresenta-se a média das velocidades obtida na campanha de medição de vazão. A Tabela 4.9 é referente à Figura 3.16 do item 3.2.3.

A Tabela 4.10 apresenta o cálculo da vazão correspondente às séries de níveis observados. Substituindo essa vazão medida, a largura da base do vertedor (L) e a lâmina d'água estável (H) na equação (1), obtém-se o coeficiente de rugosidade (C) de Chezy com a expressão empírica (Equação 1):

$$C = \frac{0,099}{0,73 * 0,08} \quad (17)$$

$$C = 1,7$$

Substituindo o coeficiente obtém-se a curva chave

$$Q = 1,7 * L * H^{3/2} \quad (18)$$

Etapa b: Estabelecimento das leituras de nível lida pelo observador

A Tabela 4.11 apresenta a planilha do observador com as anotações de nível da lâmina d'água feitas pelo mesmo. Nessa propriedade o automonitoramento foi de 20 dias, não havendo todo o período de automonitoramento da irrigação referente ao motivo apresentado no item 3.1.3.

Etapa c: Cálculo do volume

Para cada nível de lâmina d'água observado uma vazão é calculada pela equação 18.

A Tabela 4.12 apresenta a memória de cálculo do volume utilizado na propriedade **C**. O período monitorado (20 dias) entre os dias 30/01/2008 a 18/02/2008 com **87** horas de aguação apresentando um volume de **899,34** m³/ha para o método de preparo e semeadura cultivo mínimo com um total de **11,5** hectares.

O período de irrigação é entorno de 80 a 110 dias, como foi apresentado na revisão bibliográfica. Como não houve o término do automonitoramento na irrigação

dessa lavoura, fez-se uma estimativa sobre os dados monitorados. Desse período médio entre 80 a 120 dias, trabalhou-se com 100 dias.

Portanto, para o período monitorado de 20 dias tem-se um valor real de **899,34 m³/ha**. Para o período médio com 100 dias estimou-se um total de **4.496,7 m³/ha.ano**.

Tabela 4.9 - Planilha M para leitura das velocidades

PLANILHA M							
MEDIDAS DE VAZÃO - Planilha de Campo							
Propriedade: C							
DATA: 17/01/2007							
MOLINETE: NAUTILUS							
MEDIDORES: Raquel e Adriano							
ALTURA DA RÉGUA: INÍCIO: 8 cm HORA:15 : 00							
FIM: 8 cm HORA:17 : 00							
SITUAÇÃO DO CANAL: () sobe () desce (x) estável							
DISTÂNCIA: argem Esquerda: 18,25 c Margem Direita:18,25 cm							
			Lâmina	Repetições			Média
x(h)	Nível	Ponto	(m)	Vel 1	Vel. 2	Vel. 3	V(m/s)
x1	0,03	1	0,08	1,1	1,09	1,1	1,10
x2	0,03	2	0,08	1,12	1,11	1,1	1,11
x3	0,03	3	0,08	1,03	1,02	1,04	1,03
x4	0,06	1	0,08	1,2	1,03	1,13	1,12
x5	0,06	2	0,08	1,5	1,5	1,55	1,52
x6	0,06	3	0,08	1,02	1,03	1,03	1,03

Tabela 4.10 - Cálculo da vazão observada na Propriedade C

x(h)	nível	Ponto	Dist.Marg. Esq.(m)	Lâmina (m)	H(altura) (m)	Larg (m.)	Área (m ²)	Repetições			Média V(m/s)	Q(m ³ /s)
								Vel 1	Vel. 2	Vel. 3		
x1	0,03	1	0,1825	0,08	0,045	0,274	0,012	1,1	1,09	1,1	1,10	0,014
x2	0,03	2	0,365	0,08	0,045	0,183	0,008	1,12	1,11	1,1	1,11	0,009
x3	0,03	3	0,5475	0,08	0,045	0,274	0,012	1,03	1,02	1,04	1,03	0,013
x4	0,06	1	0,1825	0,08	0,070	0,274	0,019	1,2	1,03	1,13	1,12	0,021
x5	0,06	2	0,365	0,08	0,070	0,183	0,013	1,5	1,5	1,55	1,52	0,019
x6	0,06	3	0,5475	0,08	0,070	0,274	0,019	1,02	1,03	1,03	1,03	0,020
			0,73				0,084				0,099	

Tabela 4.11 - Planilha A do Observador

Planilha A				
Planilha de Acompanhamento da Quantidade dos Recursos Hídricos				
Sistema de condução da água: (x) Gravidade () Bombeamento				
Forma de Abastecimento: () Rio () Barragem (x) Outros: Açude				
Anotador: Gerson Município: Santa Maria				
Coordenadas: S: 29° 46' 02.7" W: 53° 31' 40.4"				
Data	Hora	Nível (m)	Observações	Ideal para preencher
30/1	10:00	0,08	Aberto	Aberto
30/1	12:00	0,08	Fechado	Fechado
31/1			Fechado	
1/2			Fechado - 12 mm	12 mm
2/2			Fechado	
3/2			Fechado	
4/2			Fechado	
5/2			Fechado	
6/2			Fechado	
7/2	07:00	0,035	Aberto	Aberto
8/2	07:00	0,035	Aberto	
9/2	08:00	0,035	Aberto	
10/2			Fechado	Fechado
11/2			Fechado - 20 mm	20 mm
12/2			Fechado	
13/2			Fechado	
14/2			Fechado	
15/2			Fechado	
16/2	18:00	0,04	Aberto	Aberto
17/2	18:00	0,04	Aberto	
18/2	08:00	0,04	Aberto	

Tabela 4.12 - Resultados do cálculo do volume utilizado na propriedade C

Data	Hora	Nível (m)	Observações	Área (m ²)	Q (m ³ /s)	Tempo horas	Tempo (s)	Volume (m ³)	Volume (hm ³)
30/1	10:00	0,08	ABERTO	0,0584	0,099	2	7.200	712,389	0,000712
30/1	12:00	0,08	FECHADO	0,0584	0,099				
31/1									
1/2			12 mm						
2/2									
3/2									
4/2									
5/2									
6/2									
7/2	07:00	0,035	ABERTO	0,02555	0,029	24	86.400	2473,81	0,002474
8/2	07:00	0,035		0,02555	0,029	23	82.800	2370,73	0,002371
9/2	08:00	0,035		0,02555	0,029				
10/2			FECHADO						
11/2			20 mm						
12/2									
13/2									
14/2									
15/2									
16/2	18:00	0,04	ABERTO	0,0292	0,035	24	86.400	3022,41	0,003022
17/2	18:00	0,04		0,0292	0,035	14	50.400	1763,07	0,001763
18/2	08:00	0,04		0,0292	0,035				
						87		10342,4	0,0103
							Hectares	11,5	
									899,3397

4.3 Dia de Campo

No dia 20 de fevereiro de 2008 aconteceu na localidade do Arroio do Só, no município de Santa Maria o “Dia de Campo”, promovido pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) de Santa Maria.

A equipe técnica (Figura 4.4) formada pela coordenação da Professora Doutora Jussara Cabral Cruz e a estudante de Pós-Graduação Raquel Paula Lorensi, estiveram presentes e expuseram ao público a implantação do automonitoramento em canais condutores de água em lavouras de arroz.



Figura 4.4 - Equipe Técnica no Evento.
Fonte: Acervo GERHI.

Estiveram presentes no evento em torno de 130 participantes, sendo a maioria destes, produtores rurais. Boa parte deles apresentou uma grande aceitabilidade em relação à implantação do automonitoramento, enquanto que alguns mostraram-se receosos, devido à preocupação com a futura implantação da cobrança da água.



Figura 4.5 - Participantes no Dia de Campo.
Fonte: Acervo GERHI.

Com essa apresentação à comunidade, percebeu-se que a maioria dos produtores está ciente da escassez dos recursos hídricos e estão dispostos a colaborarem na redução dos mesmos.

Essa propriedade, local do evento “Dia de Campo”, é uma das propriedades monitoradas pela equipe técnica.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Esta pesquisa teve por objetivo avaliar formas viáveis de implantar o automonitoramento quantitativo de água na irrigação em lavouras orizícolas. Para isso, foi feito um reconhecimento de diferentes arranjos de irrigação em 8 propriedades no estado do Rio Grande do Sul, observando-se que, em nenhuma das lavouras havia registros de medição de vazão nem de nível d'água em canais.

Conforme a identificação de estratégias para o monitoramento contínuo de vazões na irrigação de arroz, verificou-se que em todos os casos observados existe um trecho em canal aberto, com viabilidade de realizar o monitoramento pelo sistema clássico de estações fluviométricas, por medição de nível e cálculo da vazão com o uso de expressões empíricas. Portanto, o sistema de automonitoramento a ser proposto é o mesmo para todos os pontos a serem monitorados, sendo que, as diferenças entre eles, de forma e de estado de conservação dos canais, nos influenciam na validade do método. Para o teste de automonitoramento, selecionou-se 3 propriedades para estudo: uma por gravidade de reservatório em canal de terra, outra por bombeamento largado em canal trapezoidal de terra e a última, por bombeamento largado em canal retangular de alvenaria.

Como a variação de nível nos canais durante o período de irrigação tem pequena variação, menor que 10%, com apenas uma campanha de medição de vazão foi possível ajustar a curva-chave dos canais de irrigação. Ademais, os observadores não tiveram dificuldades com o preenchimento das planilhas.

Com os resultados parciais da aplicação do automonitoramento das vazões nas três propriedades, concluiu-se que existe viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de automonitoramento do uso dos recursos hídricos na agricultura, contribuindo com o sistema de fiscalização da outorga, importante instrumento da Gestão dos Recursos Hídricos. No entanto, para que esse instrumento contribua para a fiscalização da outorga, será necessário investir em assistência técnica especializada para implantação do automonitoramento em lavouras orizícolas, ou seja, é preciso treinar as pessoas para implantar o sistema. Como a cada safra as estruturas são refeitas ou ajustadas, existe também a necessidade de se aferir à curva-chave a cada ano.

A equipe técnica apresentou um dos experimentos de implantação do automonitoramento no evento "Dia de Campo", realizado no dia 20 de fevereiro de

2008, promovido pelo IRGA de Santa Maria, na sede da Fazenda C. Estiveram presentes no evento em torno de 130 produtores, onde a grande maioria deles apresentou uma boa aceitabilidade, enquanto que alguns mostraram-se receosos devido à preocupação com a futura implantação da cobrança da água.

Esse estudo de implantação do automonitoramento de vazões de irrigação em lavouras orizícolas do estado do Rio Grande do Sul terá posteriormente sua continuação em pesquisa do CNPq. Será verificado o volume de água utilizado em plantações de arroz em diferentes tipos de solos.

A grande contribuição desta pesquisa foi a verificação do baixo custo, do monitoramento de vazões em lavouras de arroz, em relação às estruturas, à facilidade na instalação, bem como, a facilidade no cálculo do volume utilizado durante a safra. Com isso, desmistifica-se as dificuldades de quantificação do consumo real de água na lavoura, contribuindo para o processo de racionalização e colaborando como instrumento de apoio ao sistema de outorga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACERVO GERHI. Grupo de Pesquisa Gestão de Recursos Hídricos - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Disponível em: <http://hidroprojetos.ctlab.ufsm.br/gerhi/>. Acesso em: 12 nov. 2007.

ACOSTA, S. P. Estimativas do consumo de água em lavouras orizícolas com o uso de modelo Plúvio-Hidrométrico – MOPH. 2004. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2004.

AMARAL, L. G. H. do. Estruturas automáticas para controle de água nos canais em lavoura de arroz irrigado. 2004. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

ANDRADE, C. L. T. & BRITO, R. A L. Cultivo do milho. (2007). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/imetodos.htm>>. Acesso em: mar. 2007.

ARAUZ, I. J. de. Vertedor de Superfície e Escoamento sob Comportas. 2005. 126f. Dissertação de Mestrado (Departamento de Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2005.

AUD - Associação dos Usuários do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro. 2007. Disponível em: < <http://www.aud.org.br/>>. Acesso em: set. 2008.

BACIA ESCOLA. Projeto Bacia escola do Campus da UFSM – Disponível em: < <http://w3.ufsm.br/bc/>> .2000. Acesso em: 15 fev. 2008.

BERNARDO. S. Manual de irrigação. 5. ed. Viçosa. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 1989. 596p.

BRASIL. Código das Águas. Decreto n^o 24.643, de 10 de julho de 1934. <<http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/codigo.html>>. Acesso em: 20 fev. 2008.

Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <<http://www.cca.ufpb.br/>>. Acesso em: out. 2007.

Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Disponível em: <<http://www.cca.ufsc.br>>. Acesso mai. 2007.

CONEJO, J.G.L. (1993). A outorga de usos da água como instrumento de gerenciamento dos recursos hídricos. In: Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, Vol. 27, n^o 2, p. 28-62.

CORREA. N. I. Consumo de água na irrigação do arroz por inundação. Lavoura Arrozreira. Porto Alegre, v. 50, n^o. 432, p. 3-8. jul./ago., 1997.

DAKER, A. A água na Agricultura. 1° vol. 5. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1976. 302 p.

EMBRAPA. Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil. 2005. Disponível em: < [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigado Brasil/index .htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigado%20Brasil/index.htm)>. Acesso em: 26 set. 2006.

EMBRAPA. Sistemas de produção. 2004. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/imetodos.htm>. Acesso em: 30 set. 2006.

FISCHER, M. M. (presidente). Censo da Lavoura Orizícola 2005. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/20060524160029.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2008.

GOMES, A. S.; MAGALHÃES, E. A. Arroz irrigado no sul do Brasil. 21. ed. Brasília, DF. Embrapa Informações Tecnológica, 2004. 899p.

GOMES, A. S.; PAULETTO E. A.; FRANZ, A.F.H. Uso e manejo da água em arroz irrigado. 21. ed. Brasília, DF. Embrapa Informações Tecnológica, 2002. p 417 - 455.

IRGA - Instituto Riograndense do Arroz. 2002. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/20060626143337.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2006.

KING, H. W.; WISLER, C.O.; WOODBURN, J. O. Hidráulica. Rio de Janeiro: COPYRIGHT. Tradução e Adaptação: Henrique de Novaes e Edgar Pereira Braga. 1957. 352 p.

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

MARCHEZAN, E.; VILLA, S.C.C.; MACHADO, S.L. de O. Consumo de água e desempenho de cultivares de arroz irrigado em diferentes sistemas de cultivo. Informe Técnico Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS. n. 3/2005. 10 p. In: Levantamento bibliográfico do uso de água na cultura de arroz irrigado 1997-2006. CD-ROM.

MIRANDA, R. Sistema de monitoramento na barragem do Arroio Duro no município de Camaquã. Camaquã - RS. Associação dos Usuários do perímetro Irrigado do Arroio Duro – AUD, 2007.

MOTTA, F. S., ALVES, E.G. P., BECKER, C. T. Informação climática planejamento da necessidade de água para irrigação do arroz no Rio do Sul. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, v.43, n. 392, 1990, p. 3-6, set./out.

NETTO, A.; ALVAREZ, G. A. Manual de Hidráulica. 7° ed. São Paulo, Edgard Blucher, v 1-2, 1982. 724p.

PARFITT, J. M. B; SILVA, C. A. S. da; PETRINI, J. A. Estruturação e sistematização da lavoura de arroz irrigado. Arroz Irrigado no sul do Brasil. 21. ed. Brasília, DF. Embrapa Informações Tecnológica, 2004. p 237- 257.

PEDROTTI, A.; Pauletto, E. A.; Gomes, A. da S.; Turatti, A. L.; Crestana, S. Sistemas de cultivo de arroz irrigado e a compactação de um Planossolo. (2001). Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 4, p. 709-715, abr. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n4/5154.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2008.

PIMENTA, C. F. Curso de Hidráulica Geral. 4. ed. – Rio de Janeiro. Ed. Guanabara Dois, 1981. cap. 5, p.221-254.

PLANETA ARROZ. A natureza cobra seu preço. Licenciamento ambiental e uso da água entram na planilha de custos do produtor. Rio Grande do Sul: Jornal do Povo, Revista, v. 7, 2003. Disponível em: <<http://www.planetaarroz.com.br/edicoes/07/index.php>>. Acesso em: 23 nov. 2006.

PLANETA ARROZ. Rio Grande do Sul, celeiro da América. Rio Grande do Sul: Jornal do Povo, Revista, v. 1, 2000. Disponível em:<<http://www.planetaarroz.com.br>>. Acesso em: 06 out. 2007.

PORTO, R. M. de. Hidráulica Básica. 3° ed. São Carlos: EESC-USP. 2004. 540 p.

QUINTELA, A. C. Hidráulica. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1981. 539p. RECURSOS FITOGENÉTICOS. Disponível em: <<http://www.fc.up.pt/pessoas/rasilva/her5.html>>. Acesso em: 17 dez. 2006.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. Hidrometria Aplicada. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba. 2001. 372 p.

SILVA, D.D. da.; PRUSKI, F.F. (2000). Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos e sociais. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa: Universidade de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. p.181-183.

SILVEIRA, G. L. da; CRUZ, J. C.; IRION, C. A. de O. ; OLIVEIRA, M. G. ; TUCCI, C. E. M. ; CLARKE, R. T. ; CRUZ, R. C. ; SOUZA, M. A. . Informações Hidrológicas em Pequenas Bacias Hidrográficas Rurais. A Água em Revista, Rio de Janeiro, v. III, n. 4, p. 31-39, 1995.

SILVEIRA, G. L.; REETZ, E. F.; HAMESTER, Â. Avaliação de uso de Calhas Parshall de fundo plano para monitoramento quali-quantitativo de águas de drenagem. In: I Seminário de Drenagem Urbana do Mercosul; V seminário Nacional

de Drenagem Urbana. Soluções para a Drenagem Urbana em países da América Latina. Porto Alegre. Julho, 2001. (Anais).

SISTEMA Irriga. Disponível em: <<http://www.Pioneersementes.com.br>>. Acesso em: 29 set. 2006.

SOSBAI. Arroz irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil. Sociedade Sul-Brasileira de arroz irrigado; IV Congresso Brasileiro de arroz irrigado, XXVI Reunião da cultura do arroz irrigado - Santa Maria. 2005. 159p.

SOSBAI. Arroz irrigado: Recomendações Técnicas para o Sul do Brasil. Sociedade Sul-Brasileira de arroz irrigado. Itajaí. 2003. 126 p.

UFSM/FINEP. Metodologia para iniciar a implantação de outorga em bacias carentes de dados de disponibilidade e demanda – IOGA – Bacia do Rio Ibicuí. Relatório Técnico, 2005. Convênio FINEP/CT-Hidro/ FATEC/HDS-UFSM. Santa Maria, v. 3 Conv. 01.04.0056.00.

UFSM/SEMA. Desenvolvimento de ações para implantação de outorga na bacia do rio Santa Maria - RS. Rel. Técnico 1, 2003. Santa Maria: UFSM. 186 p.

APÊNDICE

Visitas de Reconhecimento em Lavouras Orizícolas

As visitas de reconhecimento em lavouras orizícolas foram realizadas em alguns municípios do Estado do Rio Grande do Sul. Iniciaram-se as visitas no ano de 2006, totalizando oito propriedades em sete municípios.

A equipe técnica visou identificar no canal principal ou nas entradas de parcelas um local próprio para a implantação do sistema de automonitoramento. Denomina-se um local próprio por possuir fácil acesso e ter regularidade e estabilidade geométrica no local e também por possuir estrutura definida. A seguir, apresenta-se em ordem cronológica cada propriedade visitada.

1ª Visita - Município de Manoel Viana

As visitas de reconhecimento nas lavouras orizícolas iniciaram-se pelo município de Manoel Viana, em uma propriedade cujo arranjo de irrigação da lavoura é realizado somente por gravidade, e cujos canais conduzem a água da captação até as lavouras sem nenhum sistema de bombeamento. A área totaliza 700 hectares de arroz irrigado, como mostra o croqui da Figura 1 e possui como métodos de preparo e semeadura o pré-germinado, o plantio direto e o cultivo mínimo.

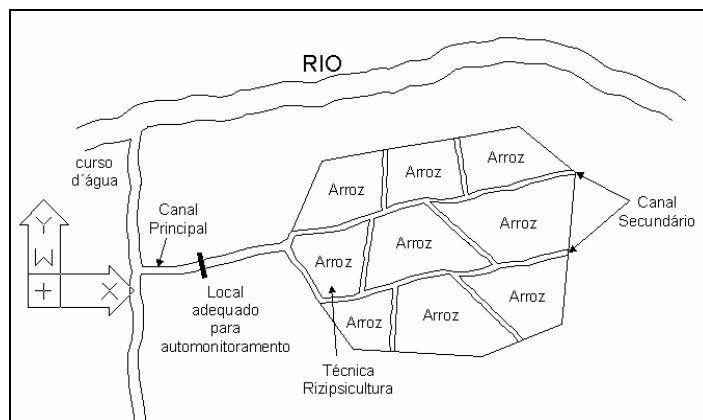


Figura 1 - Croqui da propriedade.
Fonte: Acervo GERHI.

Nessa propriedade o plantio não é feito todo de uma vez, e sim, realizado progressivamente. O plantio em todas as quadras implicaria em problemas operacionais na hora de colher e também no manejo da água.

Nenhuma forma de estação de bombeamento é atualmente usada na propriedade tendo-se assim, uma economia de energia considerável. A água entra a

propriedade através de um canal principal sendo desaguado em dois canais secundários como se pode ver no croqui da Figura 1.

O controle nessa propriedade é feito por meio de controle das águas semelhante ao método de comportas. O controle das águas ocorre pelo fato da lavoura estar em dois níveis de altura (patamares). Assim, a água que sobra da irrigação a montante é depositada num canal, e quando esse estiver cheio abre-se a comporta (Figura 2) fazendo a água da lavoura de cota inferior. Esse método evita desperdício de água na propriedade.



Figura 2 - Método de comporta.
Fonte: Acervo GERHI.

Ainda na propriedade usa-se a técnica da rizipiscicultura. Essa técnica implantada no primeiro quadro da lavoura orizícola (Figura 1), recupera a terra infestada de arroz vermelho, reduzindo o uso de máquinas e produzindo acima da média por hectare, segundo relato do produtor. Além disso, mostrou-se uma técnica que não necessita de aplicação de herbicidas e oferece um rendimento adicional para a área com peixes. Essa característica permite um produto mais natural.

As Figuras 3a e 3b, mostram o canal principal, do tipo estável ou estruturado, com parede de tijolo delimitando o formato do canal. No local das fotos, o canal possui um desnível. Esse local foi identificado como adequado para a implantação do sistema de automonitoramento, por possuir uma pré-estrutura definida, ter uma singularidade com desnível que difere escoamento livre, ter fácil acesso para coletas de dados e por ser o primeiro ponto de entrada da água na propriedade.



a

b

Figura 3 - Canal principal estruturado.
Fonte: Acervo GERHI.

2ª Visita - Município de Cacequi

Continuando nas visitas de reconhecimento em propriedades do estado do Rio Grande do Sul, o croqui da Figura 4 apresenta uma lavoura no município de Cacequi com aproximadamente 340 hectares de arroz irrigado, com métodos de preparo e semeadura plantio direto e cultivo mínimo.

A área plantada a cada safra é irrigada por diferentes reservatórios. O reservatório maior suporta um volume de aproximadamente 2.200.000 m³, na cota máxima, abrangendo uma área de alague de 88,32 hectares. Quanto ao reservatório menor, a capacidade é de 500.000 m³ e com área de alague de 17,28 hectares.

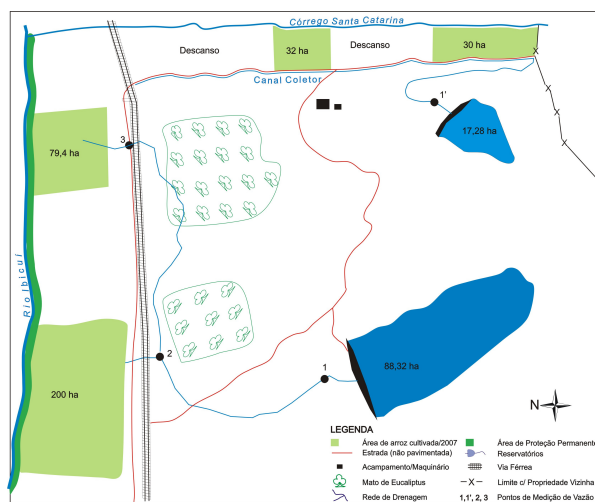


Figura 4 - Croqui da propriedade.
Fonte: Acervo GERHI.

Depois de visitados e analisados todos os pontos estratégicos da propriedade, foram identificados os seguintes locais adequados para a implantação do sistema de automonitoramento.

A partir do reservatório maior, têm-se três pontos para a implantação do automonitoramento. O primeiro ponto (Ponto 1 da Figura 4, Figura 5a) localiza-se a jusante do reservatório, a jusante do ponto de saída da água localizado bem próximo ao pé da taipa. O ponto para monitoramento deve se localizar após a zona de turbulência. Esse ponto é um local de grande significância, pois toda a água que irriga as lavouras do norte da propriedade passa por ele e, portanto, um integrador dos volumes de interesse do sistema de gestão dos Recursos Hídricos além de ter fácil acesso.

O segundo ponto (Ponto 2 da Figura 4, Figura 5b) localiza-se na tomada d'água, no bosque de eucaliptos. E o terceiro ponto (Ponto 3 da Figura 4, Figura 5c), localizado no cruzamento com a linha férrea. Como no trecho entre os pontos das Figuras 5b e 5c há uma captação de águas superficiais provenientes das chuvas, a medição nos dois pontos favorece a avaliação dos volumes aportados pelas chuvas. Nesses locais *a* e *b* necessitam de estruturação, ou seja, uma seção estável no canal enquanto ao local *c*, apresenta sinais de canal estruturado.

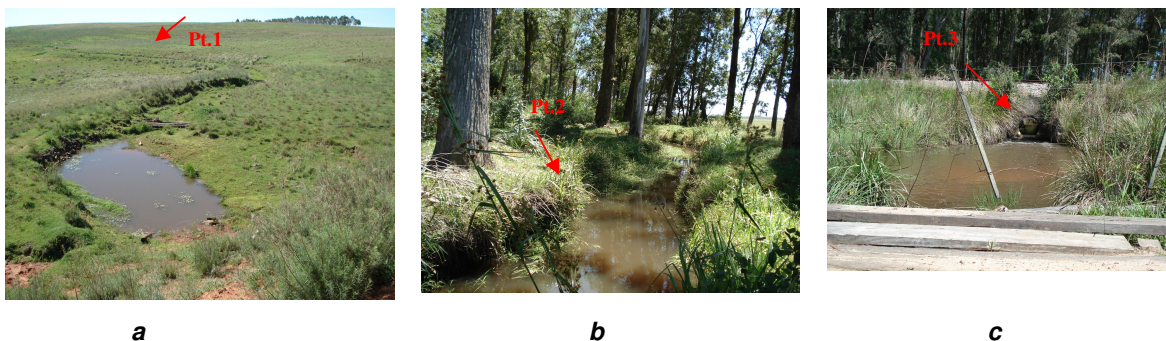


Figura 5 - Pontos de implantação do automonitoramento.
Fonte: Acervo GERHI.

Com relação à captação a partir do reservatório menor, observou-se apenas um ponto (Ponto 1' da Figura 4, Figura 6) considerado adequado para o automonitoramento das parcelas da parte leste da propriedade. Esse ponto fica a jusante do reservatório, após a zona turbulência e também possui fácil acesso para a coleta de dados. Neste local há necessidade de implantação de uma seção estável.



Figura 6 - Ponto de implantação do automonitoramento.
Fonte: Acervo GERHI.

3º Visita - Município de Itaquí

A terceira propriedade visitada localiza-se no município de Itaquí. O arranjo da irrigação das lavouras de arroz pode ser visto no croqui da Figura 7 no arroio lateral. O sistema predominante de captação de água é o levante elétrico com 2 conjuntos moto-bomba (representados pelos números 1 e 2) exigindo um gasto considerável de energia para a distribuição da água nas lavouras. É uma propriedade de grande extensão com aproximadamente 1.130 hectares com métodos de preparo e semeadura convencional e plantio direto. Após a captação de água por levante elétrico, a água é conduzida por gravidade por dois canais principais: CP1 e CP2.

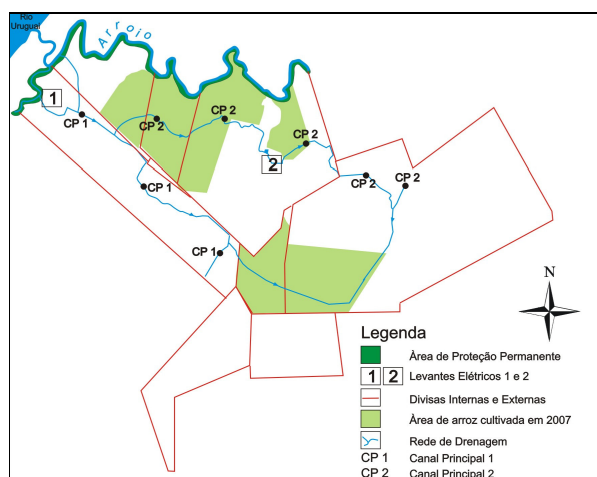


Figura 7 - Croqui da propriedade.
Fonte: Acervo GERHI.

Na Figura 8 apresenta-se o método de captação da água do arroio através do sistema de bombeamento.



Figura 8 - Sistema de bombeamento.
Fonte: Acervo GERHI.

Observou-se que o ponto ideal para que se possam coletar dados reais do volume de água captados para a irrigação de toda a lavoura, encontra-se no início do canal principal (Figura 9). O canal apresenta geometria estruturada, com paredes laterais de pedras, o que permite o estabelecimento de uma curva chave de boa qualidade.



Figura 9 - Início do canal principal
Fonte: Acervo GERHI.

O segundo levante elétrico da propriedade está representado pelo número 2 na Figura 7, Figura 10. Esse ponto está localizado no início do canal principal 2 (CP2) e capta água no canal CP1 para irrigar a parcela cultivada localizada na parte norte do local.



Figura 10 - Segundo levante elétrico.
Fonte: Acervo GERHI.

Portanto, para saber a quantidade de água que está sendo utilizada nas parcelas cultivadas, é necessário implantar o monitoramento no início do canal principal (Figura 9) do levante elétrico 1 da Figura 7, Figura 8, porque nesse local toda a água utilizada nas parcelas cultivadas passa por ele. Outro ponto de monitoramento fica num trecho do CP2 (canal principal 2), localizado logo acima do levante elétrico 2 da Figura 7, Figura 10.

4º Visita - Município de Uruguaiana

A quarta propriedade visitada conta com uma lavoura de mais de 300 hectares de arroz irrigado, com método de preparo e semeadura convencional, localizada no município de Uruguaiana e é semelhante à referida anteriormente, ou seja, utiliza captação do recurso hídrico pelo sistema de bombeamento. O que difere uma lavoura da outra é o local de captação, sendo a primeira em um curso d'água e essa em reservatório (Figura 11) da propriedade.

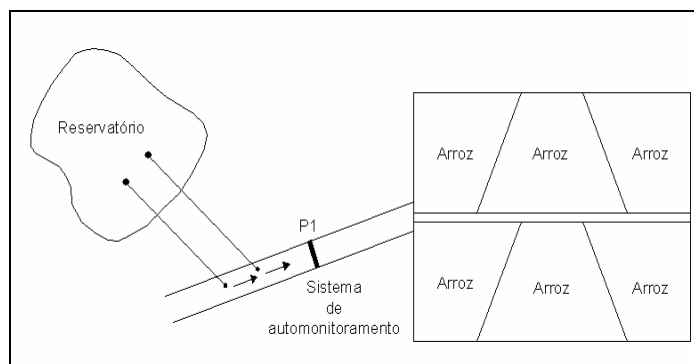


Figura 11 - Croqui da propriedade

A captação na barragem é feita por dois conjuntos moto-bomba (Figura 12), sendo um conjunto com motor de 75 CV e o outro de 200 CV fixados sobre bóias, o que garante seu funcionamento em caso de variação do nível de água.



Figura 12 - Sistema de captação.
Fonte: Acervo GERHI.

A Figura 13 mostra o ponto de monitoramento localizado ao final da canalização e início do canal condutor, sendo um canal não-estável e, portanto, prescinde de projeto de estrutura fixa para a implementação de monitoramento sistemático. Esse ponto é um local de monitoramento pelo fato de que toda a água utilizada nas parcelas cultivadas passa por ele. Percebe-se então, que nessa propriedade o local ideal para monitoramento, ou seja, para quantificação do real volume de água utilizado nas lavouras de arroz, localiza-se no canal condutor representado pelo ponto P1 na Figura 11, Figura 13.



Figura 13 - Final da canalização.
Fonte: Acervo GERHI.

5º Visita - Área experimental do IRGA – Cachoeira do Sul

Além de propriedades particulares, a equipe técnica visitou o perímetro irrigado da barragem do Capané (Figura 14), localizada no município de Cachoeira do Sul, administrada pelo Instituto Riograndense do Arroz (IRGA). A barragem do Capané proporciona a captação de água para 60 lavouras orizícolas e para a área experimental do IRGA.

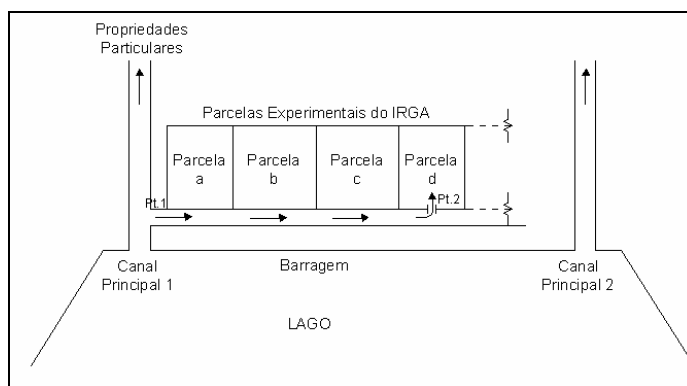


Figura 14 - Croqui do perímetro irrigado do IRGA pela barragem do Capané

A barragem possui dois canais principais sendo estes subdivididos em dois canais secundários de adução (Figura 14). Nesses canais, há presença de estrutura

estável que proporciona as condições necessárias para quantificação do volume utilizado nas parcelas. Isto é mostrado na Figura 15, na qual se percebe a instalação de uma régua para medição de nível e também a subdivisão da água no canal principal na Figura 16.



Figura 15 - Régua de medição
Fonte: Acervo GERHI.



Figura 16 - Subdivisão da água no canal
Fonte: Acervo GERHI.

A área experimental não tem um sistema de controle definido acerca do volume captado no momento, somente uma estimativa por área de cultivo. Por essa razão, a cobrança pelo uso da água entre os usuários da mesma é calculada através da multiplicação da área de cultivo pela estimativa de 9000 a 12000 m³ utilizados na irrigação. Esse não é um dos métodos mais válidos, mas por enquanto é o que tem dado resultado no local.

Não é um método válido, pois utiliza apenas valores médios, o que, para a gestão dos recursos hídricos, não é o suficiente; é necessário, isto sim, trabalhar com dados reais de consumo de água em lavouras orizícolas. Portanto, segundo os técnicos, a implantação do automonitoramento vem ao encontro das necessidades de quantificação da água utilizada em cada lavoura, a fim de proporcionar uma cobrança mais justa para ambos os interessados.

Em visita ao local, identificou-se uma área para testar o sistema de automonitoramento, ao pé da barragem, na área experimental do IRGA que possui 17 hectares plantados, com sistema de preparo e semeadura cultivo mínimo e plantio direto (Figura 14). É uma área plana, com parcelas bem definidas, cuja implantação do automonitoramento poderá seguir duas alternativas:

- 1º alternativa: a implantação na saída do canal condutor representado pelo Pt.1 no croqui da Figura 14, Figura 17a. No local existe uma estrutura de canal estável ou estruturada (Figura 17b), com possibilidades de estabelecimento de uma curva-chave ou a utilização de expressões empíricas. Esse local monitora toda a água de todas as parcelas experimentais do IRGA.

Percebe-se, pelas fotos (Figura 17), que o canal necessita de uma limpeza e manutenção para dar início ao monitoramento.



Figura 17 - Canal principal.
Fonte: Acervo GERHI.

- 2º alternativa: implantação do sistema de automonitoramento em cada uma das parcelas cultivadas na área experimental, representado pelo exemplo do Pt.2 do croqui da Figura 6.14, para monitorar a área “d”. Com isso, será possível avaliar quanto de água estará entrando em cada parcela cultivada.

Ficou acertada, com o coordenador do IRGA do município de Cachoeira do Sul, a realização de testes futuros com o sistema de automonitoramento na área experimental, testes estes que ainda não foram possíveis.