

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO  
POR INUNDAÇÃO COM DISTRIBUIÇÃO DE MÚLTIPLAS ENTRADAS  
NA CULTURA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)**

**DARÍO FERNANDO PINEDA SUÁREZ**

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu  
para obtenção do título de Mestre em Agronomia  
(Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU – SP  
Maio – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO  
POR INUNDAÇÃO COM DISTRIBUIÇÃO DE MÚLTIPLAS ENTRADAS  
NA CULTURA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)**

**DARÍO FERNANDO PINEDA SUÁREZ**

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo Máximo Sánchez Román

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu  
para obtenção do título de Mestre em Agronomia  
(Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU – SP  
Maio – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Pineda Suárez, Darío Fernando, 1983-  
P649a Avaliação do consumo de água no sistema de irrigação por inundação com distribuição de múltiplas entradas na cultura de arroz (*Oryza sativa* L.) / Darío Fernando Pineda Suárez.  
- Botucatu : [s.n.], 2014  
xvii, 145 f. : tabs., ils. color., fots. color., grafis.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014  
Orientador: Rodrigo Máximo Sánchez Román  
Inclui bibliografia

1. Arroz - Irrigação. 2. Balanço hidrológico. 3. Água - Uso. 4. Eficiência no uso da água. I. Sánchez Román, Rodrigo Máximo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU**

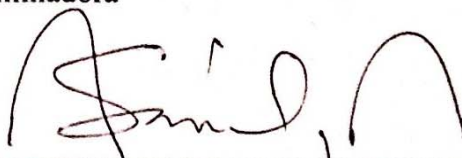
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: “AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO  
POR INUNDAÇÃO COM DISTRIBUIÇÃO DE MÚLTIPLAS ENTRADAS  
NA CULTURA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)”**

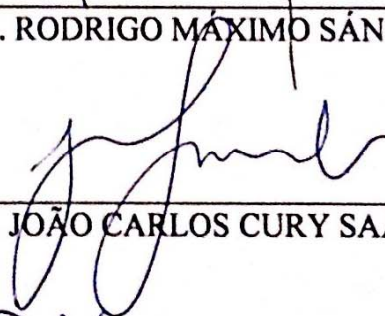
**ALUNO: DARÍO FERNANDO PINEDA SUÁREZ**

**ORIENTADOR: PROF. DR. RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN**

Aprovado pela Comissão Examinadora



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. MARCONI BATISTA TEIXEIRA

**Data da Realização: 27 de junho de 2014.**

**OFEREÇO**

*A Deus, Pai Amado que sempre está comigo.  
A Meus Pais Gloria e Alfredo, a minha irmã  
Natalia, a meus avós no céu Elvia e Federico.*

***DEDICO***

*A minha Esposa Brigette Mairena Lozano Correa  
Companheira Neste Longo Caminho Da Vida,  
quem decidiu empreender esta aventura comigo.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista – UNESP - “Júlio de mesquita Filho” Campus Botucatu pela oportunidade de me permitir realizar meu curso de Pós-Graduação.

A meu orientador Professor Dr. Rodrigo Máximo Sánchez Román, pela orientação, incentivo e confiança na realização do meu mestrado, também pelos bons conselhos para que minha estada no Brasil em minha qualidade de estrangeiro fosse tranqüila e agradável.

A minha empresa Federação Nacional de Arrozeiros de Colômbia – FEDEARROZ, que representa aos produtores de arroz da Colômbia pela oportunidade para meu crescimento intelectual, e acreditar em minhas capacidades profissionais em especial ao Dr. Rafael Hernandez, Dra. Rosa Lucia Rojas, Dra. Patricia Guzmán e companheiros do grupo de pesquisa FEDEARROZ.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Pós-Graduação para a realização do estudo.

À Diretoria e Vice-Diretoria da FCA pela licença para realizar o experimento na várzea do Departamento de Engenharia Rural.

À SABESP pelo empréstimo dos hidrômetros para a condução de meu experimento, em particular ao Eng. Mario Eduardo Pardini Fonseca.

Ao Professor Claudinei Souza e suas alunas Katarina Grecco e Gláucia Pavão da Universidade Federal de São Carlos pelas orientações para o melhor entendimento da técnica TDR e fabricação das sondas.

Ao Eng. Valmir Gaedke Menezes, M.Sc. em Fitotecnia, Diretor Técnico do Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA), pela doação da semente do cultivar IRGA 417 para a realização do estudo.

Ao grupo de docentes do programa de Irrigação e Drenagem pelo oferecimento das aulas para meu fácil entendimento em minha qualidade de estrangeiro.

Ao pessoal administrativo do Departamento de Engenharia Rural, especialmente Márcia, Rafaela e Dejair.

Ao Técnico Mario de Oliveira Munhoz, do Setor de Produção Vegetal das Fazendas de Ensino Pesquisa Extensão pela ajuda e dicas na cultura de arroz irrigado nas condições agroclimáticas de Botucatu.

Aos técnicos do Laboratório do Departamento de Engenharia Rural, Gilberto, Israel, Maury e Ronaldo pela grande ajuda na realização de meu estudo no campo.

Ao pessoal técnico, administrativo e operários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE).

Ao pessoal da Biblioteca Prof. Paulo de Carvalho Mattos pela ajuda e empréstimo do material bibliográfico durante meu curso de mestrado.

Aos companheiros brasileiros que considero meus amigos que fizeram comigo o curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem na FCA UNESP Câmpus Botucatu (Brasil).

Aos Alunos da iniciação científica Débora Pantojo e Camilo Sánchez, pela ajuda no campo.

A meus primeiros amigos colombianos que conheci no Brasil que considero minha Família Juan e Fabíola, que ofereceram sua amizade e ajuda sem condições durante minha estadia.

À comunidade de compatriotas e amigos colombianos em Botucatu, todos aqueles que criaram uma Colômbia no Brasil.

*A todos agradeço de coração.*



## SUMÁRIO

Página

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>1 RESUMO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 SUMMARY</b> .....	<b>3</b>
<b>3 RESUMEN</b> .....	<b>5</b>
<b>4 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>5 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
5.1 A Cultura do Arroz no Mundo e no Brasil .....	11
5.2 Importância e manejo da irrigação na cultura do arroz .....	14
5.3 Métodos de Irrigação na cultura do arroz .....	15
5.3.1 Inundação .....	16
5.3.2 Subirrigação.....	17
5.3.3 Aspersão .....	17
5.4 Comparações entre métodos de irrigação na cultura do arroz.....	18
5.5 Necessidades de água de irrigação por inundação em arroz.....	19
5.6 Balanço hídrico na cultura do arroz irrigado .....	24
5.7 Consumo de água na cultura do arroz irrigado .....	25
5.8 Manejo da irrigação em arroz pelo método de inundação por múltipla entrada.....	26
<b>6 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>31</b>
6.1 Descrição do experimento e delineamento experimental .....	31
6.2 Localização e descrição da área do experimento.....	32
6.3 Características do local.....	32
6.4 Características químicas do solo.....	34
6.5 Características físico-hídricas do solo .....	34
6.5.1 Condutividade hidráulica saturada do solo (Ks).....	35
6.5.2 Retenção de água no solo .....	35

6.6 Disponibilidade total de água no solo (DTA).....	35
6.7 Capacidade total de água no solo (CTA).....	36
6.8 Capacidade real de água no solo (CRA).....	36
6.9 Preparo e sistematização do solo.....	36
6.10 Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação por inundação.....	38
6.10.1 Fonte de água.....	39
6.10.2 Sistema de bombeamento.....	39
6.10.3 Perdas de carga na tubulação de recalque e localizadas.....	39
6.10.4 Vazão utilizada para o enchimento dos tabuleiros.....	40
6.10.5 Número de irrigações e turnos de rega.....	40
6.11 Práticas agronômicas.....	41
6.11.1 Seleção do cultivar.....	41
6.11.2 Aplicação de corretivo de acidez.....	41
6.11.3 Semeadura e estabelecimento da cultura.....	42
6.11.4 Construção das taipas, drenos e tabuleiros.....	42
6.11.5 Controle de plantas daninhas.....	44
6.11.6 Adubação.....	44
6.12 Instalação do sistema de irrigação do experimento para tratamentos CONV e MIRI... 44	44
6.13 Manejo da irrigação nos tratamentos MIRI e CONV.....	48
6.13.1 Início da irrigação.....	49
6.13.2 Enchimento e controle da altura da lâmina de água nos tabuleiros.....	49
6.13.3 Término da irrigação.....	50
6.14 Obtenção de dados.....	50
6.14.1 Vazão média utilizada na irrigação.....	51
6.14.2 Avanço da água sobre a superfície do solo.....	51
6.14.3 Teor de água no solo.....	53
6.14.4 Tempo de enchimento dos tabuleiros.....	57
6.14.5 Parâmetros de consumo.....	57
6.14.6 Variáveis de desenvolvimento do cultivar IRGA 417.....	63
6.14.7 Componentes de rendimento do cultivar IRGA 417.....	64
6.14.8 Produtividade de grãos.....	65

6.14.9 Eficiência no uso da água (EUA) .....	65
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>66</b>
7.1 Características químicas do solo .....	66
7.2 Características físico-hídricas do solo .....	67
7.2.1 Condutividade hidráulica saturada do solo (Ks) .....	67
7.2.2 Retenção de água no solo .....	69
7.2.3 Disponibilidade de água no solo.....	70
7.3 Leituras do levantamento planoaltimétrico, centróide e valores de corte e/ou aterro calculados .....	71
7.4 Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação por inundação.....	73
7.5 Número de irrigações e turnos de rega .....	74
7.6 Vazões médias utilizadas na irrigação.....	75
7.7 Avanço de água sobre a superfície do solo.....	77
7.8 Teor de água no solo.....	83
7.8.1 Teor de água no solo no tempo após de inundação por tratamento.....	84
7.8.2 Médias do teor de água no solo (1, 2 e 3 h) após a inundação por tratamento e profundidade da camada de solo .....	85
7.8.3 Teor de água no solo de acordo ao tempo de inundação e por distância radial.....	87
7.9 Tempo de enchimento dos tabuleiros .....	92
7.10 Componentes de consumo de água no balanço hídrico em arroz irrigado .....	94
7.10.1 Precipitação pluvial .....	94
7.10.2 Evaporação .....	96
7.10.3 Evapotranspiração da cultura (ETc) .....	98
7.10.4 Percolação profunda (P <sub>p</sub> ).....	101
7.10.5 Fluxo lateral (F <sub>L</sub> ) .....	102
7.10.6 Lâmina de água aplicada na irrigação (LAI).....	104
7.11 Balanço hídrico em arroz irrigado nos tratamentos CONV e MIRI.....	107
7.11.1 Componentes do balanço hídrico do cultivar IRGA 417 segundo seu ciclo .....	109
7.12 Variáveis de desenvolvimento da cultura de arroz.....	111
7.13 Componentes de rendimento do cultivar IRGA 417 .....	111

7.14 Produtividade de grão do cultivar IRGA 417 .....	113
7.15 Eficiência no uso de água (EUA) .....	115
7.16 Correlação entre os componentes de consumo e a eficiência no uso de água.....	117
<b>8 CONCLUSÕES .....</b>	<b>119</b>
<b>9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>127</b>
<b>APENDICE 1- VARIÁVEIS DO BALANÇO HÍDRICO EM ARROZ.....</b>	<b>127</b>
<b>APENDICE 2- VARIÁVEIS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DE ARROZ NA FCA BOTUCATU - SP .....</b>	<b>143</b>

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1</b> - Produtividade de arroz e seus componentes sob diferentes métodos de irrigação ..	18
<b>Tabela 2</b> - Consumo de água e perdas por percolação e fluxo lateral em diferentes métodos de irrigação em arroz.....	19
<b>Tabela 3</b> - Distribuição da água consumida nas parcelas durante a irrigação do arroz .....	20
<b>Tabela 4</b> - Lâminas de consumo de água (mm) em diferentes métodos avaliados por diversos autores.....	26
<b>Tabela 5</b> - Levantamento planoaltimétrico das cotas determinadas na área do experimento com estacamento 10 m x 10 m .....	37
<b>Tabela 6</b> - Distância radial a partir da saída da água até cada sonda (S).....	52
<b>Tabela 7</b> - Resultados das análises química do solo na profundidade 0 a 20 cm da área do experimento na FCA Botucatu – SP.....	67
<b>Tabela 8</b> - Resultados das análises das características físico-hídricas do solo a diferentes profundidades da área do experimento na FCA Botucatu – SP .....	67
<b>Tabela 9</b> - Condutividade hidráulica saturada (Ks) obtida nas amostras das camadas do solo coletada em cada tabuleiro na área do experimento na FCA Botucatu - SP .....	68
<b>Tabela 10</b> - Tensões de água no solo (atm) avaliadas e seus respectivos valores de umidade à base de volume (%), solo de 0 a 20 cm de profundidade .....	69
<b>Tabela 11</b> - Resultados de disponibilidade de água no solo do experimento .....	71
<b>Tabela 12</b> - Valores para aterro e corte para cada quadrante na lavoura que foi sistematizada	71
<b>Tabela 13</b> - Resultados de dimensionamento e perdas de carga (hf) na tubulação de recalque	73
<b>Tabela 14</b> - Resultados de dimensionamento e perdas de carga localizadas (hf).....	74
<b>Tabela 15</b> - Número de irrigações, data de irrigação, idade da cultura e turnos de rega durante a condução do experimento na FCA Botucatu-SP .....	74
<b>Tabela 16</b> - Análise de variância para a vazão média ( $L s^{-1}$ ) submetida aos nos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14 na FCA Botucatu - SP.....	75
<b>Tabela 17</b> - Comparação das médias pelo teste Tukey da vazão media ( $L s^{-1}$ ) de cada irrigação realizada durante o experimento na safra 2013/14 na FCA Botucatu-SP .....	77
<b>Tabela 18</b> - Comparação das medias do tempo (minutos) de avanço de água na superfície do	

solo a partir da válvula de passagem da água até distância das sondas (S1, S6 e S7) para os tratamentos CONV e MIRI entre as irrigações 1 e 4.....	78
<b>Tabela 19-</b> Comparação das medias do tempo (minutos) de avanço de água na superfície do solo a partir da válvula de passagem da água até distância das sondas (S2, S5 e S8) para os tratamentos CONV e MIRI entre as irrigações 1 e 4.....	80
<b>Tabela 20-</b> Comparação das medias do tempo (minutos) de avanço de água na superfície do solo a partir da válvula de passagem da água até distância das sondas (S3, S4 e S9) para os tratamentos CONV e MIRI entre as irrigações 1 e 4.....	82
<b>Tabela 21-</b> Comparação de medias do teor de água no solo ( $m^3 m^{-3}$ ) nos tratamentos CONV e MIRI de acordo ao tempo de inundação.....	84
<b>Tabela 22-</b> Comparação de medias do teor de água no solo ( $m^3 m^{-3}$ ) em duas camadas do solo nos tratamentos CONV e MIRI de acordo ao tempo após inundação.....	86
<b>Tabela 23-</b> Comparação de medias do teor de água no solo ( $m^3 m^{-3}$ ) em relação ao tempo de inundação e a distância radial entre a válvula de saída da água.....	88
<b>Tabela 24-</b> Análise de variância para Tempo de Enchimento (h) do tabuleiro, submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14 na FCA Botucatu – SP .....	92
<b>Tabela 25-</b> Comparação de medias do tempo de enchimento (h) do tabuleiro durante cada irrigação realizada no experimento durante a safra agrícola 2013/14. FCA Botucatu – SP .....	94
<b>Tabela 26-</b> Evaporação obtida de tanque classe A durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417 no experimento safra 2013/2014 na FCA - Botucatu – SP.....	98
<b>Tabela 27-</b> Evapotranspiração obtida pelo método de tanque evaporímetro classe A e o coeficiente da cultura ( $K_c$ ) de arroz nos diferentes estágios de desenvolvimento da cultivar IRGA 417 no experimento safra agrícola 2013/14 na FCA - Botucatu – SP.....	100
<b>Tabela 28-</b> Análise de variância para percolação profunda (mm), submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14 na FCA Botucatu – SP .....	101
<b>Tabela 29-</b> Análise de variância para fluxo lateral, submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14 na FCA Botucatu – SP .....	103
<b>Tabela 30-</b> Lâmina de água aplicada em cada irrigação pelos tratamentos CONV e MIRI, durante o ciclo do cultivar IRGA 417 durante a safra 2013/2014 na FCA Botucatu – SP .....	105
<b>Tabela 31-</b> Análise de variância para lâmina de água aplicada na irrigação (LAI), submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14 na FCA Botucatu – SP .....	106

<b>Tabela 32-</b> Lâmina total (mm) dos componentes de entrada e saída do balanço hídrico durante a condução do experimento para a avaliação do consumo de água pelo método de inundação de arroz pelos tratamentos CONV e MIRI. Safra 2013/2014 na FCA Botucatu – SP .....	107
<b>Tabela 33-</b> Lâmina total (mm) dos componentes de entrada e saída de água no balanço hídrico e lâmina utilizada para a saturação do solo e formação da lâmina até uma altura de 10 cm ..	109
<b>Tabela 34-</b> Comparação das médias das variáveis de desenvolvimento do cultivar de arroz IRGA 417 nos tratamentos CONV e MIRI durante a safra 20143/2014 na FCA Botucatu SP.....	111
<b>Tabela 35-</b> Comparação das médias dos componentes de rendimento do cultivar de arroz IRGA 417 nos tratamentos CONV e MIRI durante a safra agrícola 2013/14 na FCA Botucatu SP.....	112
<b>Tabela 36-</b> Análise de variância para a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14 na FCA Botucatu – SP .....	113
<b>Tabela 37-</b> Análise de variância para a EUA produtividade ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ ), submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14 na FCA Botucatu - SP .....	115
<b>Tabela 38-</b> Médias de lâmina de água total aplicada, produtividade de grão e comparação de media da eficiência no uso de água nos tratamentos CONV e MIRI durante a safra 2013/14 na FCA Botucatu–SP .....	116
<b>Tabela 39-</b> Coeficiente de correlação Pearson e probabilidade para tempo de inundação, percolação profunda, fluxo lateral, lâmina de água aplicada na irrigação e eficiência no uso da água (EUA). Safra 2013/2014 na FCA Botucatu-SP .....	117

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1-</b> Mapa de área de produção de arroz no Brasil.....	13
<b>Figura 2-</b> Diagrama do Balanço Hídrico no Arroz Irrigado. ....	25
<b>Figura 3-</b> Representação do sistema de inundação por inundação convencional (a) e o sistema de múltipla saída (MIRI) (b).....	27
<b>Figura 4-</b> Comporta BG40 instalada na mangueira PBD no sistema MIRI. ....	28
<b>Figura 5-</b> Tubulação de polietileno com múltipla entrada na lavoura de arroz.....	29
<b>Figura 6-</b> Mapa de Localização do experimento.. ....	32
<b>Figura 7-</b> Comparação entra as temperaturas máxima e mínima durante a condução do experimento com as médias entre 1971-2012, em FCA Botucatu-SP. ....	33
<b>Figura 8-</b> Comparativa das médias de precipitação pluvial entre os meses de condução do experimento (2013/14) e a Precipitação pluvial média (1971/2012) em FCA Botucatu - SP...34	34
<b>Figura 9-</b> a) Plaina realizando o nivelamento do terreno e b) Estacamento 10 x 10 m e terreno nivelado. ....	38
<b>Figura 10-</b> a) Plantadeira com 17 linhas utilizada. b) Linhas de semeadura a 17 cm entre cada linha.....	42
<b>Figura 11-</b> Construção de drenos entre tabuleiros.....	43
<b>Figura 12-</b> Construção de taipas delimitando os tabuleiros. ....	43
<b>Figura 13-</b> Plano do experimento no campo, linhas de irrigação e dimensionamento da área de irrigação por inundação. ....	45
<b>Figura 14-</b> Tubulação de aço (a) e derivações e válvula de passagem de água colocadas em cada tabuleiro em uma linha de irrigação.....	46
<b>Figura 15-</b> Furador colocado na comporta BG40 (a) e Colocação da comporta B, inserindo o furador na mangueira (PBD) .....	47
<b>Figura 16-</b> (a) Irrigação de múltipla entrada da água no tabuleiro tratamento MIRI, (b) Entrada da água ao tabuleiro pela comporta BG40 .....	47
<b>Figura 17-</b> Irrigação por inundação do tabuleiro com CONV.....	48
<b>Figura 18-</b> Irrigação por inundação do tabuleiro com MIRI .....	49
<b>Figura 19-</b> a) Tabuleiro inundado até a altura da taipa, b) Estaca para o controle da altura da	



lâmina de água no tabuleiro.....	50
<b>Figura 20-</b> Esquema da distribuição espacial das sondas (pontos fixos) para medição do tempo de avanço da água no tratamento (a) MIRI e (b) CONV.....	52
<b>Figura 21-</b> (a) Sondas contínuas de três hastes, (b) Medição do teor de água no campo com equipamento TDR100, (c) sondas instaladas no tabuleiro nas camadas de solo (0 a 20 cm) e (20 a 40 cm) de profundidade.....	54
<b>Figura 22-</b> Construção de sonda contínua de três hastes,.....	55
<b>Figura 23-</b> Regressão lineal do teor de água no solo mediante o método gravimétrico e TDR .....	56
<b>Figura 24-</b> Tanque evaporímetro classe A, utilizado durante a condução do experimento na FCA Botucatu – SP. ....	58
<b>Figura 25-</b> Medidor de fita do nível do lençol freático. ....	60
<b>Figura 26-</b> Curva característica de retenção de umidade do solo na profundidade de 0 a 20 cm .....	70
<b>Figura 27-</b> Teste Tukey de Comparação de médias da vazão utilizada na irrigação por inundação dos tabuleiros de arroz nos tratamentos CONV e MIRI. FCA Botucatu-SP. ....	76
<b>Figura 28-</b> Avanço da água sobre a superfície do solo no tabuleiro nos tratamentos MIRI e CONV.	
<b>Figura 29-</b> Tempo de avanço da água sobre a superfície em relação à distância radial nos tratamentos CONV e MIRI para sondas (S1=2,85 m), (S6=4,83 m) e (S7=6,97 m). ....	79
<b>Figura 30-</b> Tempo de avanço da água sobre a superfície em relação à distância radial nos tratamentos CONV e MIRI para sondas (S2=3,95 m), (S5=5,5 m) e (S8=7,49 m). ....	81
<b>Figura 31-</b> Tempo de avanço da água sobre a superfície em relação à distância radial nos tratamentos CONV e MIRI para sondas (S3=5,25 m), (S4=6,54 m) e (S9=8,25 m). ....	83
<b>Figura 32-</b> Comportamento do teor de água no solo ( $m^3 m^{-3}$ ) nos tratamentos CONV e MIRI antes e após 1, 2 e 3 horas de inundação na irrigação do tabuleiro no experimento conduzido durante a safra 2013/14, na FCA Botucatu – SP. ....	85
<b>Figura 33-</b> Comportamento do teor de água ( $m^3 m^{-3}$ ) das camadas do solo de acordo ao tempo de inundação nos tratamentos CONV e MIRI na irrigação dos tabuleiros de arroz no experimento conduzido durante a safra 2013/14, na FCA Botucatu – SP. ....	87
<b>Figura 34-</b> Valores médios do teor de água na camada do solo (0-20 cm) de acordo com a	

distância radial (m) entre a saída da água e as sondas no tratamento CONV. ....	89
<b>Figura 35-</b> Valores médios do teor de água na camada do solo (0-20 cm) de acordo à distância radial (m) entre a saída da água e as sondas no tratamento MIRI. ....	90
<b>Figura 36-</b> Teor de água nos tratamentos CONV e MIRI de acordo com a distância radial entre a saída da água e as sondas uma hora após inundação dos tabuleiros. ....	91
<b>Figura 37.</b> Teor de água nos tratamentos CONV e MIRI de acordo com a distância radial entre a saída da água e as sondas 2 horas após inundação dos tabuleiros. ....	91
<b>Figura 38-</b> Teor de água nos tratamentos CONV e MIRI de acordo com a distância radial entre a saída da água e as sondas 3 horas após inundação dos tabuleiros. ....	92
<b>Figura 39-</b> Teste Tukey de Comparação de médias do tempo de enchimento do tabuleiro durante a irrigação pelos tratamentos CONV e MIRI na FCA Botucatu-SP. ....	93
<b>Figura 40-</b> Precipitação pluvial (mm) durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417 no experimento safra 2013/2014 na FCA – Botucatu (SP). ....	95
<b>Figura 41-</b> Evaporação total (mm) do tanque evaporímetro classe A durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417 no experimento safra agrícola 2013/2014 na FCA – Botucatu (SP). ....	97
<b>Figura 42-</b> Evapotranspiração (mm) durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417 no experimento IRGA 417 safra 2013/14. FCA Botucatu – SP. ....	99
<b>Figura 43-</b> Teste deTukey de Comparação de médias da lâmina de percolação profunda pelos tratamentos CONV e MIRI na FCA Botucatu-SP. ....	101
<b>Figura 44-</b> Lâmina de água de percolação profunda em cada irrigação na condução do experimento durante a safra 2013/14 na FCA- Botucatu – SP. ....	102
<b>Figura 45-</b> Teste Tukey de Comparação de médias da lâmina de fluxo lateral pelos tratamentos CONV e MIRI na FCA Botucatu–SP. ....	103
<b>Figura 46-</b> Lâmina de água de fluxo lateral em cada irrigação na condução do experimento durante a safra 2013/14 na FCA Botucatu – SP. ....	104
<b>Figura 47-</b> Teste Tukey de Comparação de médias da lâmina aplicada na irrigação pelos tratamentos CONV e MIRI na FCA Botucatu–SP. ....	106
<b>Figura 48-</b> Lâmina de água dos componentes do balanço hídrico no tratamento CONV em cada estágio de desenvolvimento do cultivar IRGA 417. Safra 2013/14 na FCA Botucatu – SP. ....	110

**Figura 49-** Lâmina de água dos componentes do balanço hídrico no tratamento MIRI em cada estágio de desenvolvimento do cultivar IRGA 417. Safra 2013/14 na FCA Botucatu – SP... 110

**Figura 50-** Teste de Tukey de Comparação de médias da produtividade de grão pelos tratamentos CONV e MIRI na FCA Botucatu-SP..... 113

## 1 RESUMO

O Arroz é o cereal mais consumido no mundo e o método de irrigação por inundação é o mais empregado devido às condições agronômicas criadas que favorecem à obtenção de maior produtividade mas também a maior consumo de água. Portanto o objetivo deste estudo foi avaliar o consumo de água no sistema de irrigação com distribuição de múltipla entrada na cultura do arroz, a qual foi desenvolvido durante a safra agrícola 2013/14 na área da várzea do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, no campus Botucatu-SP. A irrigação do arroz no experimento foi realizada pelo método de irrigação por inundação intermitente dos tabuleiros e com altura de lâmina de água de 10 cm. A análise do consumo de água foi mediante a comparação dos componentes de entrada e saída do balanço hídrico em arroz irrigado com dois tratamentos, denominados MIRI para o tratamento de irrigação por distribuição de múltipla entrada e CONV para o tratamento de inundação convencional. Os componentes de entrada para cada tratamento foram a precipitação pluvial e lâmina de água de irrigação e os componentes de saída, a evapotranspiração da cultura (ETc), a percolação profunda e o fluxo lateral. Para a medição da precipitação pluvial foi usado um pluviômetro mediante leituras diárias e para a medição da lâmina de água aplicada na irrigação foram utilizados hidrômetros de vazão nominal de  $15 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . O cálculo diário da ETc foi pelo método de tanque evaporímetro classe A, as perdas de água por percolação profunda e fluxo

lateral foram estimadas mediante a medição da elevação do nível do lençol freático e a relação entre o perímetro irrigado e a altura da taipa. Para determinar o teor de água no solo, foi empregado o método de Reflectometria no Domínio do Tempo, através da medição em campo com equipamento TDR100. O consumo total de água no tratamento MIRI totalizou uma lâmina de água de 1.754,8 mm, sendo este 8,62% menor que o tratamento CONV, devido principalmente à diminuição da lâmina de água aplicada na irrigação, que foi 9,75% menor que no CONV. O consumo de água pelos componentes de saída correspondeu a 44,9 e 48,1% do total da água consumida nos tratamentos CONV e MIRI, respectivamente. Também foram avaliadas variáveis de desenvolvimento da cultura, componentes de rendimento e produtividade, sem apresentar diferenças significativas entre tratamentos. Na eficiência no uso da água, o tratamento MIRI obteve-se uma média de  $4,11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , sendo 9,73 % maior que o CONV, devido ao menor consumo de água, concluindo-se que MIRI é uma alternativa viável do ponto de vista de economia no uso da água para a produção de arroz.

---

**Palavras-chaves:** Arroz, Inundação Intermitente, Balanço Hídrico, Múltipla Entrada, consumo de água, eficiência.

EVALUATION OF WATER CONSUMPTION IN FLOOD IRRIGATION SYSTEM WITH MULTIPLE INLET DISTRIBUTION OF RICE CROP. Botucatu, 2014. 145 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

AUTHOR: DARÍO FERNANDO PINEDA SUÁREZ

ADVISER: Dr. RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN

## 2 SUMMARY

Rice is the most consumed cereal worldwide and flood irrigation method is the most used due to the agronomic conditions that not only favor higher productivity, but also higher water consumption. Therefore, the objective objective of this study was to evaluate water consumption in an irrigation system with multiple inlet distribution in the rice culture. The work was developed during crop 2013/14 in the lowland area of the Rural Engineering Department at the School of Agronomical Sciences of São Paulo State University “Júlio de Mesquita Filho” University, Botucatu Campus- São Paulo. The method of irrigation for rice culture used in the experiment was the intermittent flood with water depth flood of 10 cm. The analysis of water consumption was made by comparing the input and output components of the water balance in the irrigated rice in two treatments, called MIRI for the irrigation treatment by distribution of multiple inlet, and CONV for the conventional flooded treatment. Input components for each treatment were rainfall and irrigation; and output components were the crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), deep percolation and lateral flow. Rainfall measurement was made by a Rain Gauge through daily readings. Measuring the amount irrigation water applied was made by flowmeters of nominal flow rate of 15 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. The daily calculation of ET<sub>c</sub> was made by the class A evaporimeter tank method; water losses by deep percolation, and lateral flow was made by measuring the elevation of the water table and the relation between the irrigated perimeter area and height of the levee, respectively. To determine the water content in the soil the Time Domain Reflectometry method was used, measuring on field with TDR100 equipment. The total water consumption in the treatment MIRI was of 1.754,8 mm, which is 8,62 % lower than CONV treatment,

mainly due to decreased irrigation water applied, which was 9,75% lower than in CONV. The water consumption by output components corresponding to 44,9, and 48,1 % from the total of water used in the treatments CONV and MIRI, respectively. Crop development variables, yield components and productivity were also evaluated, without significant differences between the treatments. Efficiency of water use was obtained with the MIRI treatment with an average of  $4.11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , being a 9.73 % higher than the CONV, due to lower water consumption. Therefore, it can be concluded that the MIRI system is a viable alternative in the economics of water use for rice production.

---

**Keywords:** Rice, Intermittent Flooding, Water Balance, Multiple Inlet, Water Consumption efficiency.

EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL SISTEMA DE RIEGO POR INUNDACIÓN CON DISTRIBUCIÓN DE MULTIPLA ENTRADA EN LA CULTURA DE ARROZ, Botucatu, 2014. 145 f. Disertación (Maestría en Agronomía/Riego y Drenaje)-Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Estatal Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

AUTOR: DARÍO FERNANDO PINEDA SUÁREZ

ORIENTADOR: RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN

### **3 RESUMEN**

El Arroz es el cereal mas consumido en el mundo y el método de riego por inundación es el más empleado, debido a las condiciones agronómicas creadas que favorecen a la obtención de mayor productividad, pero también mayor consumo de agua. Por lo tanto, el objetivo de este estudio, fue evaluar el consumo de agua en el sistema de riego con distribución de múltiple entrada en la cultura de arroz, el cual fue desarrollado durante la cosecha agrícola 2013/14 en área de tierras bajas del Departamento de Ingeniería Rural de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Estatal Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, en el campus de Botucatu-SP. El riego del arroz en el experimento, fue realizado por el método de inundación intermitente en parcelas y con altura de lámina de agua de 10 cm. El análisis de consumo de agua fue mediante la comparación de los componentes de entrada y salida del balance hídrico en arroz de riego en dos tratamientos, denominados MIRI para el tratamiento de riego por distribución de múltiple entrada y CONV para el tratamiento de inundación convencional. Los componentes de entrada para cada tratamiento fueron la precipitación pluvial y la lámina de agua de riego y los componentes de salida, fueron la evapotranspiración del cultivo (ETc), la percolación profunda y el flujo lateral; Para la medición de la precipitación pluvial fue usada un pluviómetro mediante lecturas diarias, para la medición de la lámina de agua en el riego, fueron utilizados hidrómetros de caudal nominal de  $15 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . El cálculo diario de la ETc, fue por el método de tanque evaporímetro Clase A. las pérdidas de agua por percolación profunda y flujo lateral, fue mediante la medición de la



elevación del nivel freático y la relación entre el perímetro irrigado y la altura del caballón, respectivamente. Para determinar del contenido de agua en el suelo, fue empleado el método de Reflectometría en el Dominio del Tiempo, a través de la medición en campo con equipo TDR100. El consumo total de agua en el tratamiento MIRI totalizó una lámina de agua de 1.754,8 mm, siendo este 8,62% menor al tratamiento CONV, debido principalmente a la disminución de la lámina de agua aplicada en el riego, que fue 9,75% menor que en el CONV. El consumo de agua por los componentes de salida correspondió al 44,9 y 48,1% del total de agua consumida en los tratamientos CONV y MIRI, respectivamente. También fueron evaluadas variables de desarrollo del cultivo, componentes de rendimiento y productividad, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos. En la eficiencia en el uso del agua, el tratamiento MIRI obtuvo una media de  $4,11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , siendo 9,73% mayor que el CONV, debido al menor consumo de agua, por eso se concluye que MIRI es una alternativa viable desde el punto de vista del ahorro en el uso de agua para la producción de arroz.

---

**Palabras claves:** Arroz, Inundación Intermitente, Balance Hídrico, Múltiple Entrada, Consumo de Agua, Eficiencia.

#### **4 INTRODUÇÃO**

Existe uma grande preocupação mundial pela segurança alimentar em uma população que aumenta de maneira jamais vista anteriormente. Segundo dados da Organização para a Agricultura e a Alimentação das Nações Unidas (FAO, 2013), no mês de Outubro do ano de 2012, a população mundial atingiu os 7 bilhões de pessoas e, um ano depois, a população atingiu 7,15 bilhões de pessoas, o que significa um aumento de 2,14% em comparação aos valores médios das últimas décadas, que não ultrapassaram 1,8%. Somando esse percentual à diminuição das áreas agrícolas com suficiente estrutura de irrigação e, sabendo que ao redor de 70% da água extraída pelo homem é utilizada para a agricultura, conclui-se que cerca de 12% da população mundial padece de fome, ou seja, uma em cada 8 pessoas, sendo que 95% dessa população faminta encontra-se em países em desenvolvimento.

Diversos estudos estimam que, para reduzir a fome do mundo em desenvolvimento nos próximos anos, é necessário dobrar ou quase triplicar a produtividade agrícola, por meio de geração de novas tecnologias e da ampliação das áreas de irrigação. As áreas agrícolas irrigadas atuais possuem grande importância alimentar no mundo e terão não só que aumentar sua produtividade em si, mas também precisa-se diminuir o consumo de água, situação que se converterá em um novo desafio.

Dos produtos agrícolas mais vulneráveis a este desafio, a cultura do arroz é a de maior interesse, não só pela importância alimentar que tem de abastecer a metade da população mundial, mas também pela extração de água doce. Estima-se que a cultura de arroz irrigado por inundação ocupa 50% da área total do plantio de arroz no mundo, com 79 milhões de hectares, e precisa de uma média de 14.000 m<sup>3</sup> de água por hectare o que equivale a 50% do total de água retirada para uso agrícola no mundo (cerca 1.106 km<sup>3</sup>) (BRUINSMA, 2009).

Segundo Caixeta (1984) apud Stone (2005), a produtividade média na cultura de arroz, utilizando o método de irrigação por inundação contínua, é de 9.006 kg ha<sup>-1</sup> ao passo que a inundação intermitente atingiu 6.144 kg ha<sup>-1</sup>, mesmo com uma eficiência no uso da água de 0,62 e 1,96 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes resultados sugerem que existem duas alternativas: produzir mais arroz, com uma maior demanda de água por hectare ou, então, aumentar as áreas irrigadas de arroz para atender o crescimento da demanda mundial, considerando produzir arroz em solos marginais e com menor aptidão agrícola.

Não existem muitos casos que apresentam uma boa condição de saturação e posterior inundação do solo que torne possível a diminuição do consumo de água e um aumento na produção média, ou ao menos mantê-la. Devido à fácil adaptação que o arroz irrigado possui às condições anaeróbicas, percebe-se melhoria na fertilidade do solo e uma redução da competição de plantas daninhas, fatores que podem influenciar na queda do rendimento.

Os esforços para se produzir arroz com menos água estão direcionados na obtenção de novos cultivares com menor requerimento hídrico, especialmente para regiões com déficit de água. Também estão sendo realizados estudos utilizando-se o método de aspersão na irrigação de arroz em terras altas, embora com produtividades ainda muito menores que as obtidas utilizando o método de inundação. (STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006).

Estudos realizados por pesquisadores do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, em parceria com as Universidades de Arkansas e de Missouri, mostraram que, utilizando o método de irrigação por inundação, e melhorando o sistema de distribuição por múltipla entrada de água na lavoura de arroz, foi possível reduzir o seu consumo de água

por hectare em 24% e aumentar sua eficiência em 36%. Este sistema é conhecido por Multiple Inlet Rice Irrigation (MIRI) (VORIES; TACKER; HOGAN, 2005).

No sistema MIRI, a água dentro da lavoura é conduzida por mangueiras de polietileno de baixa densidade (PBD) e é distribuída por múltiplas entradas, por meio de comportas Bloom Gate (BG40) ajustáveis, que regulam as vazões de maneira uniforme, ao longo da mangueira e por cada seção do tabuleiro. O tempo utilizado para chegar às zonas mais distantes da entrada principal de água é menor, possibilitando, assim, um aumento da eficiência na condução da água e diminuindo-se o volume de água consumido para criar a lâmina de inundação.

No sistema convencional é necessário inundar com uma maior altura de lâmina nas partes mais baixas dos tabuleiros para que se mantenha uma lâmina ideal nas seções mais altas, aumentando o consumo de água.

Visando a diminuição do consumo de água por meio da implementação do sistema de distribuição da água de irrigação por múltiplas entradas em arroz irrigado (MIRI) pelo método de inundação, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o MIRI nas condições do Brasil, por meio da análise dos componentes do balanço hídrico da cultura de arroz, e aportar esta experiência ao conhecimento no país, uma vez que o MIRI ainda não foi avaliado no Brasil.

Os objetivos específicos do estudo foram:

- i. Determinar o consumo de água nos componentes do balanço hídrico na irrigação pelo método de inundação.
- ii. Calcular a lâmina de irrigação aplicada nos métodos de inundação CONV e MIRI.
- iii. Avaliar os componentes de rendimento e produtividade de arroz irrigado pelos tratamentos CONV e MIRI.
- iv. Avaliar a eficiência no uso da água nos tratamentos CONV e MIRI.
- v. Introduzir o MIRI à orizicultura nas condições brasileiras em condições de campo.

Para as conclusões finais, foram formuladas duas hipóteses, as quais foram denominadas como hipótese nula ( $H_0$ ), em que os tratamentos MIRI e Convencional não diferem e hipótese alternativa ( $H_1$ ), na qual os tratamentos mencionados diferem entre si.

## **5 REVISÃO DE LITERATURA**

### **5.1 A cultura do arroz no mundo e no Brasil**

O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, com uma produção anual de 672 milhões de toneladas em, aproximadamente, 150 milhões de hectares (FAO, 2013). É considerada a espécie de maior potencial de aumento da produção para o combate da fome no mundo (AZAMBUJA; VERNETTI; MAGALHÃES, 2004), portanto, nos países em desenvolvimento, o arroz mantém uma estreita relação com a segurança alimentar (IRRI, 2013).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO), os principais produtores mundiais de arroz são o continente asiático produz 90% e a América, 6%. A China encabeça a lista com 187 milhões de toneladas ano<sup>-1</sup>, a Índia com 128 milhões de toneladas ano<sup>-1</sup>, seguido por Indonésia, Bangladesh e Vietnã, com 53, 37 e 31 milhões de toneladas ano<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto o Brasil e os Estados Unidos ocupam o nono e décimo lugares, com 10,8 e 9 milhões de toneladas ano<sup>-1</sup> (FAO, 2013).

A FAO (2013) afirma que a produção mundial de arroz triplicou nos últimos 50 anos até atingir, em 2010, cerca de 672 milhões de toneladas, sendo superada apenas pelo milho, que atingiu mais de 800 milhões de toneladas. Como é conhecido, a produção de arroz depende em grande parte do abastecimento de água em cada região, de

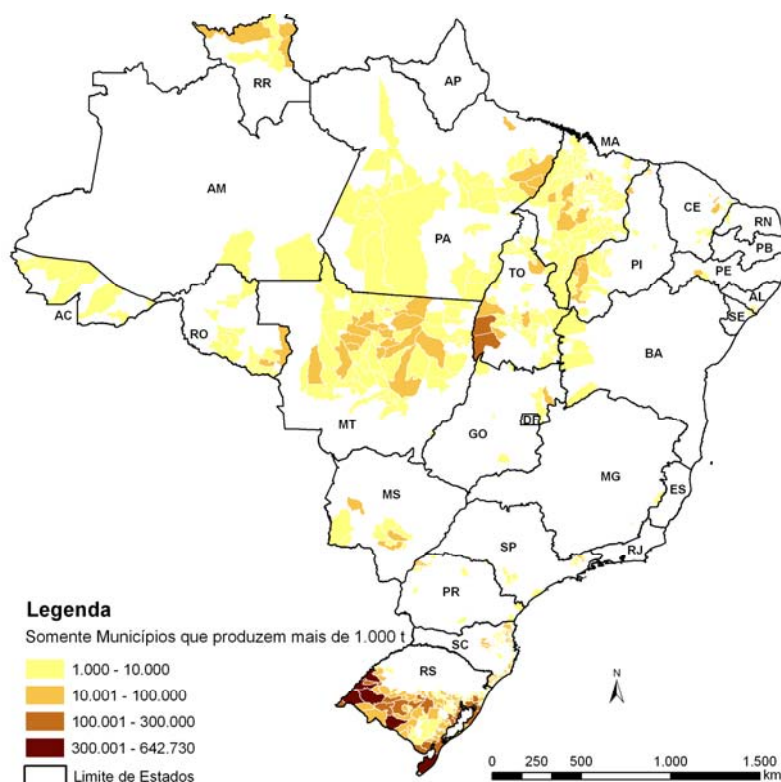
modo que o consumo de água para produzir um quilograma de arroz é maior do que o utilizado em muitas culturas, estimando-se, assim, que no ano 2050, aproximadamente, cerca de 9 bilhões de pessoas vão exigir cerca de 1 bilhão de euros em produção de grãos. O impacto é preocupante, uma vez que existem as necessidades alimentares no que se refere às despesas de água para manter a capacidade de produção para fornecer comida ao aumento inevitável da população mundial.

Ferreira; Rucatti e Mendez (2006) mencionam que em países da Ásia, onde se produz 90% do arroz no mundo, poderiam diminuir as áreas de arroz por disputas pelo uso da água e a redução significativa do trabalho no campo, embora o panorama nos continentes americano e africano seja o oposto, já que, na última década, a produção cresceu, a uma taxa média, entre 3,6 e 3,2%, e as expectativas para a próxima década é aumentar perto de 2,5%.

Khush (1993) apud Fornasieri Filho e Fornasieri (2006), afirmam que a extração de água no mundo depende da distribuição dos ecossistemas no quais se planta arroz, sendo a maior área com irrigação por inundação com 55% da área total, seguido de várzeas úmidas, terras altas, águas profundas e manguezais com 25, 12, 5 e 3% respectivamente.

No Brasil, o arroz é a terceira cultura mais importante depois da soja e do milho, com 11,3 milhões de hectares e uma média, na produtividade, de 4,7 toneladas por hectare, participando com 1,58% da produção mundial de arroz (FAO, 2013).

Na Figura 1, aparece a distribuição das áreas de produção de arroz no Brasil. As diferentes cores indicam a concentração da área, sendo o Estado do Rio Grande do Sul o de maior concentração de área, com cerca de um milhão de hectares cultivados com arroz em sua maioria por arroz irrigado pelo método de inundação.



**Figura 1-** Mapa de área de produção de arroz no Brasil. (Fonte: CONAB/IBGE, 2014).

Ferreira; Rucatti e Mendez (2006) mencionam que, existem diferenças muito importantes de produtividade entre diferentes sistemas de produção. De acordo com um levantamento sistemático da produção agrícola entre 1996 e 2001, observou-se que a produtividade média de grãos de arroz irrigado foi de  $6,3 \text{ t ha}^{-1}$ , enquanto que o arroz cultivado em terras altas foi de  $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ .

Resultados obtidos pelo Instituto Riograndense do Arroz – IRGA, relataram que, na safra 2010/2011, a produção nacional totalizou 11,6 milhões de toneladas em 2,7 milhões de hectares, das quais 43% foram cultivadas no sistema de arroz irrigado, com uma produtividade média de  $7,7 \text{ t ha}^{-1}$  em comparação com 57% da área com arroz no sistema de sequeiro, com uma produtividade média de apenas  $1,1 \text{ t ha}^{-1}$ . Isso significa que as áreas de arroz irrigado representaram 79,3% da produção nacional e o sistema de arroz de sequeiro, contribuiu com apenas 20,7%. Estes resultados demonstram a superioridade da produtividade do sistema de arroz irrigado em comparação ao arroz de sequeiro, uma vez que o fornecimento



de água aumenta a eficiência de cada parte do trabalho agrícola, considerada importante dentro do sistema de produção de arroz (IRGA, 2012).

## **5.2 Importância e manejo da irrigação na cultura do arroz**

É indiscutível que a irrigação faz parte das práticas agronômicas que mais influenciam a produtividade do cultivo de arroz. Mantovani; Bernardo e Palaretti (2009) mencionam que, no caso da cultura de arroz irrigado, sua produtividade aumentou em 140% em relação à produtividade do arroz sequeiro.

No entanto, não é fácil definir qual das diferentes práticas apresenta maior peso em relação à produtividade. Atualmente, admite-se o conceito de manejo integrado das culturas, referindo-se ao uso integrado de todas as boas práticas de gestão agrícola de uma forma eficiente e sustentável.

Os benefícios da irrigação por inundação são conhecidos na cultura de arroz desde o ponto de vista agronômico. Tsutsui (1972) apud Stone; Silveira e Moreira (2006) mencionam alguns benefícios, tais como a diminuição do crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas, funcionando como um mecanismo de controle; o controle da temperatura do solo, devido ao calor específico da água, produzindo um efeito termorregulador, fixação do nitrogênio atmosférico em consórcio com as algas verde-azuis, reduzindo o processo de desnitrificação, que contribui para a diminuição das perdas de amônia do solo; o aumento da disponibilidade dos nutrientes para a planta (P, Fe, Mn, Si) durante as primeiras semanas de inundação, contribuindo para um maior controle da acidez do solo; economia na mão de obra; aumento da taxa fotossintética nas folhas mais baixas devido ao reflexo da luz na água e conjugação com práticas de piscicultura.

Segundo Bernardes (1956) apud Stone; Silveira e Moreira (2006), o manejo da irrigação na cultura de arroz depende das características ecológicas de cada região orizícola. Deve-se levar em consideração a disponibilidade de água, as épocas de semeadura e as fases de desenvolvimento do cultivar escolhido para realizar um adequado planejamento de irrigação.

O início da irrigação por inundação, recomendado por Moscareli e Rosinha (1967) apud Gomes; Pauletto e Franz (2004) deverá ocorrer de 10 a 20 dias após a emergência das plântulas. O mesmo período foi mencionado por Bernardes (1956) apud Stone; Silveira e Moreira (2006), o qual observou maiores produtividades no Rio Grande do Sul (RS). Estudos posteriores, realizados por Amaral e Gomes (1983) apud Stone; Silveira e Moreira (2006) no mesmo Estado, verificaram que para cultivar Bluebelle, de ciclo precoce, as maiores produtividades foram obtidas quando a inundação foi iniciada aos 30 dias após a emergência. Estudos realizados por Ramirez et al. (1999) apud Gomes; Pauletto e Franz (2004) em que foram estabelecidas relações entre épocas de início de irrigação e herbicidas, demonstraram que o retardamento da entrada de água na lavoura, dependendo das características do herbicida utilizado, pode proporcionar produtividades semelhantes às aquelas obtidas quando a inundação se inicia mais cedo.

No caso da drenagem final, ou também conhecida como término da irrigação, diferentes autores ainda discutem o melhor momento da supressão do fornecimento da água na lavoura, devido à variabilidade de respostas encontradas na produtividade. Uma das maiores questões que surge, é determinar a necessidade da submersão do solo para que não haja reduções de produtividade e de qualidade dos grãos. A supressão do fornecimento da água após a floração (30 dias antes da colheita) pode proporcionar produtividades semelhantes às aquelas obtidas quando a inundação é mantida até próximo à colheita. O atraso na drenagem até próximo à colheita pode produzir ruptura do endosperma e afetar a qualidade do grão (TASCON, 1985; GOMES et al., 1987b apud GOMES; PAULETTO; FRANZ 2004).

### **5.3 Métodos de Irrigação na cultura do arroz**

Devido às diferenças agroclimáticas, disponibilidade de água, cultivares, características do solo e costumes de cada região, os métodos de irrigação em arroz podem variar. Todos os métodos oferecem a quantidade de água demandada pela cultura, mas o diferente é a forma como esta é entregue e sua distribuição na lavoura. Conhecer seu manejo, alcances e limitações influenciarão no desenvolvimento e na produtividade da cultura.

### **5.3.1 Inundação**

É considerado um dos métodos de irrigação por superfície, o qual consiste na colocação de água durante um tempo determinado em compartimentos construídos no terreno denominados tabuleiros, que são limitados por diques e/ou taipas de diversas dimensões, a área dos tabuleiros pode variar. Em terrenos sistematizados, com menor declividade, os tabuleiros podem ser retangulares. No caso de terrenos não sistematizados, os tabuleiros são em contorno, limitados por diques em curvas de nível, os quais são construídos em áreas que apresentam maior declive (STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006).

#### **5.3.1.1 Contínua**

A inundação pode ser contínua na lavoura, devido à formação de uma lâmina de água a uma altura determinada. Quando a lâmina é mantida durante o maior tempo, é considerada inundação contínua estática, sendo muito utilizada em regiões onde há escassez de água. Já quando a lâmina é mantida mediante um fluxo contínuo, a inundação é considerada contínua de fluxo corrente, a qual é considerada a de maior consumo de água (GOMES; PAULETTO; FRANZ, 2004).

#### **5.3.1.2 Intermitente**

A inundação intermitente é praticada em áreas com fornecimento limitado de água, muito utilizado em áreas servidas por bombeamento, sendo que a disponibilização de água à lavoura é realizada em intervalos irregulares. O sucesso do método depende da manutenção da umidade do solo em torno do estado de saturação. É recomendável para solos que apresentam elevadas percolações (GOMES; PAULETTO; FRANZ, 2004).

Este método requer maiores exigências em seu manejo, necessitando de um sistema de irrigação e drenagem complexos, desconhecidos na inundação contínua. O controle de plantas daninhas é deficiente pelo baixo tempo no qual é mantida a lâmina de água, criando condições favoráveis para seu desenvolvimento. Além da redução das perdas de

água por percolação em comparação à inundação contínua, a inundação intermitente contribui na economia do uso de água devido à diminuição das perdas por escoamento superficial.

O conhecimento das fases de desenvolvimento da cultura torna-se um fator importante em relação à tolerância da planta à falta de água (STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006).

### **5.3.1.3 Rotacional**

O método se caracteriza pela aplicação de água em intervalos regulares de tempo. Muitas vezes, entre turnos de rega, o tabuleiro pode não apresentar lâmina de água em sua superfície, da mesma forma que a irrigação intermitente é empregada em áreas onde a disponibilidade de água é limitada (GOMES; PAULETTO; FRANZ, 2004).

### **5.3.2 Subirrigação**

A subirrigação na cultura de arroz é feita pela elevação do lençol freático em áreas onde se tem controle do nível desse lençol freático e vem sendo usada no Brasil em áreas não sistematizadas. O consumo de água neste método é menor quando comparado ao método de inundação devido à não formação da lâmina de água, onde o nível do lençol freático sobe até ficar próximo à superfície do solo e criar condições de saturação, porém as plantas daninhas e a toxicidade nas plantas de arroz, por ferro, torna-se um grande problema (STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006). Jha et al. (1978); Alva (1981); Panda et al. (1981) apud Stone; Silveira e Moreira (2006) verificaram menor produtividade de arroz utilizando-se a subirrigação que com inundação contínua.

### **5.3.3 Aspersão**

No Brasil, a produção de arroz em terras altas, conhecida como arroz de sequeiro, corresponde a 30% da produção nacional. Não significa, porém, que a área toda seja irrigada por aspersão, embora tenha sido aumentada, ainda não atinge áreas significativas,

mas os resultados enquanto produtividade, segundo Stone et al. (1986) apud Stone; Silveira e Moreira (2006), tem revelado um aumento com esse tipo de irrigação de forma complementar quando comparados sem essa irrigação, tendo-se que levar em conta a tensão da água no solo, que não deve ultrapassar de 25 kPa. Manzan (1984) apud Stone; Silveira e Moreira (2006), em trabalho desenvolvido em Uberaba, MG, observaram aumentos de até 70% na produtividade de arroz irrigado por aspersão. Embora a produtividade de arroz em terras altas seja incrementado, ficam entre 3 e 4 t ha<sup>-1</sup>, ainda as médias não alcançam as obtidas na irrigação por inundação.

#### 5.4 Comparações entre métodos de irrigação na cultura do arroz

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados de produtividade de grãos de arroz obtidos com diferentes métodos de irrigação, as maiores foram obtidas com os métodos M3 e M1, que correspondem a inundação intermitente até a fase vegetativa, seguido por inundação contínua na fase reprodutiva e a inundação contínua durante o ciclo da cultura.

**Tabela 1** - Produtividade de arroz e seus componentes sob diferentes métodos de irrigação

Método de Irrigação	Panícula m <sup>-2</sup>	Grãos panícula <sup>-1</sup>	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
M1	488,0c <sup>(2)</sup>	82,9a	2,75a	5.132ab
M2	543,1b	69,9bc	2,59ab	4.566bc
M3	550,8ab	76,8ab	2,75a	5.515a
M4	597,6a	62,9c	2,60b	3.989c

<sup>(1)</sup>M1= Inundação contínua. M2= Inundação intermitente M3= Inundação intermitente (Fase vegetativa) seguido Inundação Contínua (Fase reprodutiva). M4= Subirrigação. <sup>(2)</sup>Valores seguidos pela mesma letra não diferem. Teste Tukey (5%). (Fonte: Adaptada de Stone et al. (1990) apud Stone; Silveira e Moreira (2006).

Na Tabela 2, estão os resultados de consumo de água, perdas por percolação e fluxo lateral, em cada método de irrigação em arroz. Observou-se que, com o método de inundação contínua obteve-se maior consumo de água e maiores perdas por percolação e fluxo lateral. Já o método de inundação intermitente foi o que apresentou menor consumo de água e menores perdas por percolação e fluxo lateral.

**Tabela 2** - Consumo de água e perdas por percolação e fluxo lateral em diferentes métodos de irrigação em arroz

Método de irrigação <sup>(1)</sup>	Consumo de água		Percolação + Fluxo lateral
	mm	L s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup>	(mm d <sup>-1</sup> )
M1	7954a <sup>(2)</sup>	7,4a	58,3a
M2	2325d	2,1d	13,0d
M3	5314b	4,9b	32,7b
M4	3846c	3,5c	25,4c

<sup>(1)</sup>M1= Inundação contínua. M2= Inundação intermitente. M3= Inundação intermitente (Fase vegetativa) seguido Inundação Contínua (Fase reprodutiva). M4= Subirrigação. <sup>(2)</sup> Valores seguidos pela mesma letra não diferem. Teste Tukey (5%). (Fonte: Adaptada de STONE et al.,1990 apud STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006).

### 5.5 Necessidades de água de irrigação por inundação em arroz

Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) definem como *"a quantidade de água necessária para cultivo de arroz é o somatório de água necessária para saturar o solo, formar uma lâmina, compensar a evapotranspiração e repôr as perdas por percolação vertical, e as perdas laterais e dos canais de irrigação"*. Stone; Silveira e Moreira (2006) adicionam a este conceito que essas perdas podem ser minimizadas por um manejo adequado da irrigação, mas não eliminadas.

As necessidades de água na cultura de arroz irrigado dependem das variações na topografia, características do solo, condições meteorológicas e do tempo de duração das fases fenológicas da cultivar escolhida, bem como pelas diversas práticas agronômicas e sistema de manejo (YOSHIDA, 1981; FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

De acordo com Righes (2007), a demanda de água para a cultura de arroz irrigado por inundação obtém-se pelo somatório dos volumes de água necessário para saturar o solo, formar lâmina de água sobre a superfície do solo, atender a evaporação da superfície líquida, atender a evapotranspiração da cultura de arroz (ETc) e atender as perdas por infiltração lateral e por percolação.

Segundo Cauduro (1996) apud Righes (2007), o valor aproximado do consumo de água em lavouras de arroz é de 11.513 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, distribuídos conforme apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3-** Distribuição da água consumida nas parcelas durante a irrigação do arroz

<b>Parcelas de consumo</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Consumo (%)</b>
Saturação do perfil	900	8,0
Formação de lâmina	1.000	8,5
Evapotranspiração	5.550	48,0
Infiltração lateral	4.020	35,0
Percolação	43	0,5
<b>Total</b>	<b>11.513</b>	<b>100,0</b>

(Fonte: CAUDURO, 1996 apud RIGHES, 2007)

Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) afirmam que a percolação e a evapotranspiração, são responsáveis pela maior percentagem de demanda de água. Gomes; Pauletto e Franz (2004) referem-se à evapotranspiração como quantidade de água absorvida pela planta para satisfazer a demanda transpiratória e formação de tecido. Entretanto, Stone; Silveira e Moreira (2006) a definem como o movimento ascendente da água do solo para a atmosfera por meio da transpiração da superfície da planta e evaporação da superfície do solo-água.

Tanto a evaporação como a transpiração, são dois elementos que não podem ser vistos separadamente pela dificuldade experimental. Seu efeito combinado é ativado pela radiação solar e influencia diretamente o manejo de irrigação (STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006)

Já Gomes; Pauletto e Franz (2004) procuraram diferenciar os conceitos de evaporação e transpiração, sendo o primeiro, como a transferência de água em forma de vapor a partir da superfície livre de água para a atmosfera, e decorre da diferença de pressão entre a superfície do solo ou da água e atmosfera. A evaporação é, geralmente, mais elevada no início do ciclo da cultura, assemelhando-se à obtida pelo tanque evaporímetro tipo classe A, valor que diminui à medida que a cultura se desenvolve e cobre mais o terreno.

A evaporação da água da superfície livre pode ser medida através do método de tanque evaporímetro. De acordo com Allen et al. (2006), no tanque evaporímetro, obtem-se, facilmente, a taxa evaporativa (mm d<sup>-1</sup>), valor que corresponde à diminuição da altura da água no tanque. A leitura no tanque evaporímetro é afetada pela radiação, velocidade

do vento, temperatura e umidade do ar sobre a superfície da água. O tanque mais utilizado para realizar a medição da evaporação é o chamado tanque USWB Classe A, devido a seu baixo custo e fácil manejo (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2011).

Enquanto a transpiração é o processo pelo qual a planta libera água como vapor de água para a atmosfera por meio dos estômatos, o qual responde a uma demanda atmosférica. A maioria da água evaporada pela planta ocorre durante o dia, enquanto que durante a noite, apenas um pouco é evaporado, variando entre 5 e 10%. A planta de arroz transpira cerca de 1 mm de água por dia para cada  $100 \text{ g cal cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , que corresponde entre 3,3 e 6,6  $\text{mm dia}^{-1}$  nos trópicos (GOMES; PAULETTO; FRANZ, 2004).

Um dos componentes mais importantes na demanda hídrica do arroz irrigado é a evapotranspiração, a qual é comandada pelas condições meteorológicas de cada local. Tsutsui (1972) apud Rosso (2007) afirmam que, os valores médios de evapotranspiração da cultura de arroz irrigado oscilam entre 4 e 7  $\text{mm d}^{-1}$ , os quais equivalem a uma necessidade hídrica durante todo o ciclo, entre 400 e 1.000 mm. Datta et al. (1975) apud Rosso (2007) mencionam valores de 4 a 5  $\text{mm d}^{-1}$  durante épocas chuvosas e de 5 a 7  $\text{mm d}^{-1}$  nas épocas mais secas nas regiões tropicais.

Com resultados muito variáveis, conforme o local e a época do ano, trabalhos realizados por Steinmetz (1984) apud Stone; Silveira e Moreira (2006) afirmam que, a evapotranspiração diária variou de 4,3 a 6,6 mm durante a estação seca, e de 4,3 a 8,4 mm, na estação chuvosa. Dessa forma, a evapotranspiração aumenta com o crescimento das plantas, chegando a um valor máximo após o florescimento, que diminui na fase de maturação (ALLEN et al., 1991 apud ROSSO, 2007).

A evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) de arroz na equação 1, é obtida multiplicando-se o valor de  $ET_o$  pelo coeficiente da cultura ( $K_c$ ), de acordo à equação mencionada por Allen et al. (2006), a qual diz que:

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (1)$$

Em que a  $ET_c$  é a Evapotranspiração da cultura ( $\text{mm d}^{-1}$ ); a  $ET_o$  é a Evapotranspiração de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $K_c$  é o Coeficiente da cultura (valor adimensional).



A evapotranspiração da cultura pode ser calculada a partir dos dados climáticos e integralizando diretamente os fatores da resistência da cultura na estimativa de Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006). A relação entre  $ET_c$  e  $ET_o$ , que pode ser determinada, experimentalmente, para diferentes culturas, é conhecida como Coeficiente da Cultura ( $K_c$ ).

A evaporação de uma superfície livre de água proporciona um índice de radiação, temperatura, umidade do ar e vento na evapotranspiração. Existem diferenças entre superfície livre de água e superfície plantada, as quais são significativas considerando a perda de água de ambas. Deste modo, o tanque evaporímetro classe A possui seu valor prático para a determinação da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), observando a perda por evaporação de uma superfície de água e aplicando coeficientes empíricos com a finalidade de relacionar a evaporação do tanque classe A com a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) (ALLEN et al., 2006).

Steinmetz (1984) apud Stone; Silveira e Moreira (2006), calculou a evapotranspiração ( $ET_c$ ) da cultivar IAC 899 e a evaporação da água em um tanque evaporímetro classe A (ECA), durante a estação chuvosa em Goianira (GO), em quatro estádios fenológicos e encontrou que no início de perfilhamento (IP) até o início do primórdio floral (IPF), a relação  $ET$  e ECA foi 1,02, entre o estádio de IPF até 50% de floração (FI) foi de 1,17, entre FI até a fase leitosa, de 1,14 e da leitosa ao corte da irrigação, 1,02. Estes resultados mostram maior valor da relação  $ET$  e ECA nos estádios de IPF até a fase leitosa.

O coeficiente  $K_c$  varia de acordo com o estádio de desenvolvimento da cultura, além de ser modificado segundo o método utilizado na estimativa da evapotranspiração de referência. Allen et al. (2006) relacionam três coeficientes da cultura de arroz inundado com lâmina de água de 0,10 a 0,20 m, conhecidos como  $K_c$  inicial para o período de germinação até início de primórdio floral e seu valor adimensional é de 1,05. Para o período entre início de primórdio floral até floração, o  $K_c$  médio é igual a 1,20 e o  $K_c$  final de floração à maturação, é igual a 1,0.

Para Gomes; Pauletto e Franz (2004), as perdas de água que apresentam relação direta com os atributos do solo denominam-se percolação profunda e infiltração lateral. Esses tipos de perdas não podem ser eliminadas, mas reduzidas por meio da implementação de manejo planejado da irrigação.

Segundo Stone; Silveira e Moreira (2006), a percolação refere-se ao movimento vertical da água além da zona radicular em direção ao lençol freático. Gomes; Pauletto e Franz (2004) mencionam que, as perdas por percolação dependem das condições texturais, estruturais e topográficas do solo. Entretanto, as perdas por este tipo de movimento de água ocorrem quando a quantidade de água infiltrada no solo supera a sua capacidade de retenção.

Em solos cultivados com arroz, geralmente, a percolação é baixa (menor que  $10 \text{ mm d}^{-1}$ ), devido aos níveis freáticos que são elevados ou com presença de camadas impermeáveis próximas à superfície. Para solos leves, com lâminas de água profundas, as perdas por percolação podem ser maiores, tornando-se difícil manter a lâmina de inundação, por esta razão, nestes tipos de solo não é recomendado utilizar o método de inundação com lâmina permanente (GOMES; PAULETTO; FRANZ, 2004).

Segundo Wickham e Singh (1978) apud Stone; Silveira e Moreira (2006) mencionam que solos com condições favoráveis para o arroz irrigado por inundação devem apresentar 1 a  $2 \text{ mm d}^{-1}$  de perdas por percolação e fluxo lateral, ao passo que solos com perdas que excedem a  $10 \text{ mm d}^{-1}$ , sua aptidão para a produtividade de arroz é questionada.

No Estado de Santa Catarina, Brasil, Eberhardt (1993) apud Stone; Silveira e Moreira (2006) relatam que, perdas de fluxo lateral da ordem de 19% do consumo total são devidas à relação existente entre o perímetro e a área, ou seja, quanto maior o perímetro em relação a área, maior serão as perdas por fluxo lateral.

As perdas por percolação são quase iguais aos valores de condutividade hidráulica saturada. Estas perdas, geralmente, aumentam de acordo com a maior profundidade do lençol freático. No entanto, quando o lençol freático fica próximo da zona radicular, há redução na percolação. O fluxo lateral também aumenta com a profundidade do lençol freático, contudo, as perdas são menores. Geralmente, as perdas por percolação e fluxo lateral aumentam com o incremento da lâmina de água, mas quando aumentam as perdas por evaporação, as perdas por fluxo lateral tendem a ser menores (STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006).

Ilangovan et al. (1991) demonstraram que dependendo da época do ano, as perdas por percolação variaram de 30 a 38% do total de água aplicado na lavoura. Fato

semelhante foi encontrado por Sachet (1977), no Rio Grande do Sul, com perdas da ordem de 30% do consumo total de água. Para Chakrabarti et al. (1991), as perdas por percolação foram de 15% e, por fluxo lateral, entre 17 e 19% (STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006).

### 5.6 Balanço hídrico na cultura do arroz irrigado

O conceito de Balanço Hídrico vem sendo utilizado tanto na pesquisa como na prática, com a finalidade de quantificar o volume de água utilizada pela cultura. O Balanço Hídrico, em uma lavoura de arroz, é composto pelas entradas – precipitações e irrigação – e pelas saídas ou perdas, compostas pela transpiração, evaporação, fluxo lateral e percolação profunda (BOUMAN; LAMPAYAN; TOUNG, 2007).

Conhecendo as entradas e as perdas ou saídas de água, pode-se calcular o ponto de equilíbrio do balanço hídrico. Yoshida (1981) na equação 2, definiu que a diferença entre as entradas ( $W_{in}$ ) e as perdas de água ( $W_{out}$ ), durante um determinado período, é igual às mudanças no volume de água de armazenamento durante o mesmo período:

$$W_{in} - W_{out} = \Delta W \quad (2)$$

Em que  $W_{in}$  é o volume de água que entra na lavoura;  $W_{out}$  é o volume de água que se saída da lavoura e  $\Delta W$  são as mudanças na umidade do solo na lavoura de arroz irrigado.

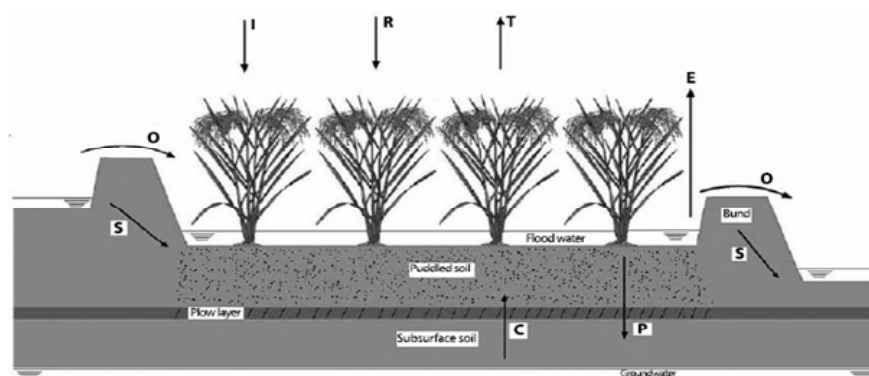
De um modo mais específico, Yoshida (1981) formulou a equação 3, que descreve uma condição normal, levando em consideração os componentes das entradas e saídas do balanço hídrico na lavoura de arroz irrigado:

$$\Delta W: R + I - E - P \& S \quad (3)$$

Em que  $\Delta W$  são as mudanças na umidade do solo na lavoura de arroz irrigado (mm); R é Precipitação (mm); I é Irrigação (mm); E é Evapotranspiração (mm); P é Percolação (mm); S: Fluxo lateral (mm).

A Figura 2, mostra cada um dos componentes que formam o balanço hídrico em arroz irrigado, relação das perdas e ganhos de água no sistema água-solo-planta-atmosfera.

## BALANÇO HÍDRICO EM ARROZ IRRIGADO



- |                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| C : Ascensão capilar | P: Percolação   |
| E : Evaporação       | R: Precipitação |
| I : Irrigação        | S: Infiltração  |
| O : Escoamento       | T: Transpiração |

**Figura 2-** Diagrama do Balanço Hídrico no Arroz Irrigado.  
(Fonte: BOUMAN; LAMPAYAN; TOUNG, 2007).

### 5.7 Consumo de água na cultura do arroz irrigado

Na Tabela 4, apresentam-se os resultados obtidos por diferentes autores sobre o consumo de água (mm) durante o ciclo da cultura de arroz.

**Tabela 4-** Lâminas de consumo de água (mm) em diferentes métodos avaliados por diversos autores

<b>Autor</b>	<b>Método de Irrigação</b>	<b>Lâmina de consumo de água (mm)</b>
Bernardes (1956) apud Stone (2005)	NR*	1.150 ( arroz ciclo precoce)
	NR*	1.700 (arroz ciclo longo)
Caixeta (1982/83) apud Stone (2005)	Sulco	4.050
	Inundação contínua	14.400
	Inundação intermitente	3.129,2
Stone (1990) apud Stone (2005)	Inundação contínua	7.954
	Inundação intermitente	2.325
	Inundação intermitente + contínua	5.314
	Subirrigação	3.846
Stone; Moreira; Silveira (2006)	Inundação contínua estática altura de lâmina de água 2,5 cm	600 -900
	Inundação contínua estática altura de lâmina de água 15 cm	700 -1.000

\*Não registra informação do método utilizado  
(Fonte: Adaptada pelo AUTOR, 2014)

### 5.8 Manejo da irrigação em arroz pelo método de inundação por múltipla entrada

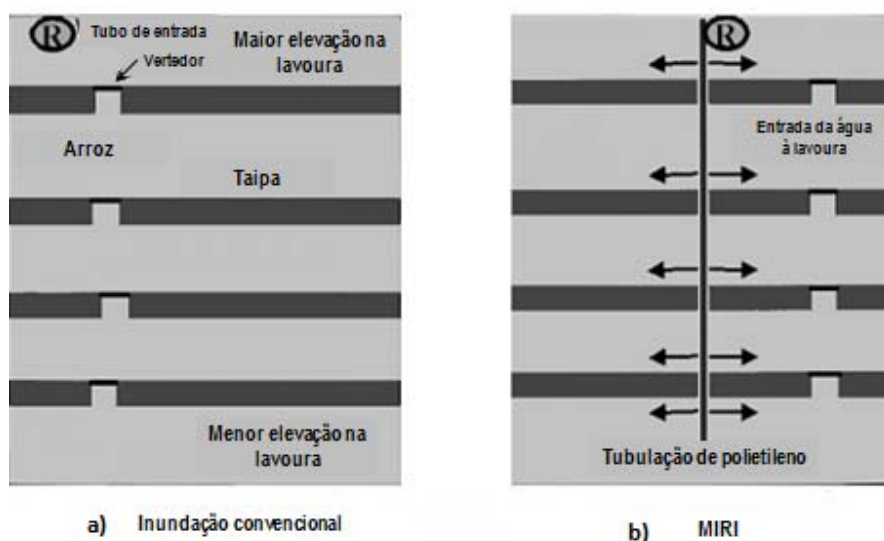
Há muitas pesquisas desenvolvidas para a cultura de arroz irrigado por aspersão ou por inundação, embora os resultados de produtividade demonstrem reduções consistentes de rendimento. (VORIES; TACKER; HOGAN, 2005).

De acordo com Vories; Tacker e Hogan (2005), não é fácil que os agricultores dos Estados Unidos deixem de depender da inundação como o método mais empregado para irrigação em arroz. No sistema convencional utilizado por estes agricultores, a inundação é realizada por meio uma maior altura da lâmina de água, permitindo que esta ultrapasse as taipas para irrigar o próximo tabuleiro, acrescentando o tempo de irrigação e a quantidade de água utilizada para inundar.

O sistema de distribuição de água para irrigação na cultura de arroz que foi analisado neste projeto, foi desenvolvido por pesquisadores associados ao

Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) e à Universidade de Arkansas dos Estados Unidos, conhecido com o nome de MIRI (Multiple Inlet Rice Irrigation) (VORIES; TACKER; HOGAN, 2005) ou irrigação de arroz por múltiplas entradas, é um método alternativo de distribuição da água por inundação, em que uma tubulação de polietileno (mangueira) conduz água a partir da entrada do tabuleiro até o final da lavoura (Figura 3).

Na tubulação, que geralmente é de polietileno, colocam-se comportas BG 40 (Figura 4), as quais regulam a saída de água para cada seção da lavoura. Desta forma, cada seção é irrigada simultaneamente (Figura 3b), diferentemente do método convencional de inundação, que tem que aguardar receber o derrame do tabuleiro de cima (Figura 3a). Devido a não necessidade de maiores vazões, há redução das perdas por percolação profunda e as infiltrações são decrescidas (VORIES; TACKER; HOGAN, 2009).



**Figura 3-** Representação do sistema de inundação por inundação convencional (a) e o sistema de múltipla saída (MIRI) (b). (Fonte: VORIES; TACKER; HOGAN, 2005).



**Figura 4-** Comporta BG40 instalada na mangueira PBD no sistema MIRI.

Vories; Tacker e Hogan (2005) mencionam que, com o objetivo de analisar as necessidades de água para o arroz, a escala de produção comercial em 28 lavouras, com tamanho entre 12,5 e 32,4 hectares, entre os anos de 1999 à 2002, no Estado de Arkansas, Estados Unidos, foram desenvolvidos estudos em duas lavouras por local, com a mesma cultivar, tipo de solo, data de semeadura e manejo das práticas agrônômicas, mas com diferentes métodos de inundação, denominados convencional (CONV) e MIRI.

Para a medição da vazão foi necessário situar, na entrada de cada tabuleiro, hidrômetros de hélice. A inundação começou a partir da fase V-4 (arroz com 4 folhas) de desenvolvimento, ligando-se à tubulação de entrada à tubulação de parede delgada descartável, também conhecida como tubulação de irrigação de polietileno.

Na tubulação de polietileno, foram feitos buracos ao longo do comprimento para serem inseridas comportas BG 40 ajustáveis, com a finalidade de permitir a aplicação da quantidade de água desejada. Vories e Tacker (2003) relatam que, em uma área de 30,3 hectares, cada comporta totalmente aberta poderia abastecer  $17 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Assim, o sistema de inundação de múltipla entrada facilita a inundação de maneira uniforme, regulando a altura da lâmina de água, como é demonstrado na Figura 5.



**Figura 5-** Tubulação de polietileno com múltipla entrada na lavoura de arroz. (Fonte: VORIES; TACKER, 2003).

O resultado obtido neste estudo mostrou que o método MIRI utilizou, em média, 24% menos água para a inundação durante o período avaliado, adotando uma lâmina média de 703 mm e o método convencional com 930 mm. As médias das produtividades obtidas foram de 5,04 Mg ha<sup>-1</sup> para o método convencional e 5,30 Mg ha<sup>-1</sup> para o método MIRI.

Os maiores resultados de produtividade obtidos foram de 7,41 e 7,66 Mg ha<sup>-1</sup>, para o método convencional e MIRI, respectivamente. Estes resultados apontam que o método MIRI apresentou sempre maior produtividade, devido a uma menor altura de lâmina, reduzindo a temperatura da água, melhorando o perfilhamento e, ainda, aumentando a eficiência do nitrogênio. (ZENG et al., 2003, apud VORIES, TACKER E HOGAN, 2005).

O estudo também considerou a Eficiência do Uso da Água (EUA), ou seja, a relação da produtividade e consumo da água aplicada em cada método de inundação. Os resultados também foram favoráveis para o método MIRI, com um aumento médio de 36%, que significa 11,89 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para MIRI e 8,74 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, para o convencional.

Vories e Tacker (2003) mencionam alguns detalhes da instalação do sistema MIRI na cultura de arroz por inundação, em que a taxa de inundação é uniforme em cada seção do tabuleiro, a tubulação de polietileno pode ser colocada nas margens de cada tabuleiro e também em seu centro. Normalmente, as tubulações apresentam diâmetros maiores, devido aos gases que se movem dentro, por isso a tubulação deve ser colocada em uma vala de 2 a 4 cm de profundidade, para evitar que não vire e, no momento que apresentar maior desenvolvimento, a tubulação mantenha-se fixa.



Com relação aos diâmetros e a sua vazão de descarga, Vories e Tacker (2003), mencionam que uma tubulação de 30 cm de diâmetro transporta uma vazão de aproximadamente de  $274 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Já uma tubulação de 38 cm de diâmetro, entre  $274$  e  $500 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  e uma tubulação acima de 45 cm de diâmetro, pode transportar mais de  $500 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .

De acordo com Vories e Tacker (2003) o sistema de inundação em arroz por múltipla entrada (MIRI) tem algumas vantagens sobre o sistema de inundação convencional, a saber:

- i. O tempo de inundação é menor em relação ao sistema convencional, devido à múltipla saída da água pelas comportas ajustáveis.
- ii. No sistema convencional, é necessário inundar com maior lâmina nas seções mais baixas dos tabuleiros para se manter uma lâmina ideal nas seções mais altas, aumentando, desta forma, o consumo de água.
- iii. Devido à condução da água pelas tubulações, o tempo necessário para a água chegar às zonas mais distantes da entrada principal é menor, possibilitando o aumento da eficiência neste processo de condução.
- iv. O sistema de comportas possibilita a regulação das vazões de maneira uniforme em cada seção do tabuleiro.

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 Descrição do experimento e delineamento experimental

O experimento foi conduzido a partir de Outubro de 2013 até Fevereiro de 2014, safra tradicional da cultura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul e na região Sudeste do Brasil. Período que se caracterizou por apresentar uma diminuição da precipitação e aumento da temperatura no município de Botucatu-SP.

O experimento consistiu na avaliação do consumo de água em dois sistemas de distribuição da água na irrigação pelo método de inundação intermitente na cultura de arroz (*Oryza sativa* L.). Cada sistema empregado foi chamado tratamento.

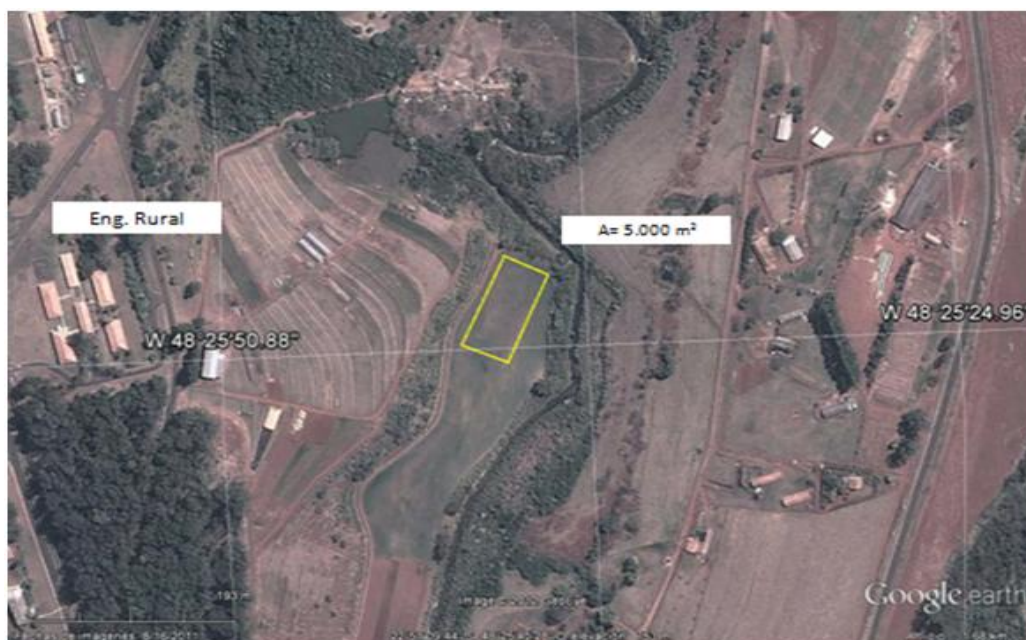
O tratamento de Irrigação de Arroz por Múltipla Entrada (MIRI) consistiu, na distribuição de água pelo método de inundação, através da colocação de uma mangueira de polietileno de baixa densidade (PBD) ao longo da parcela experimental. Esta mangueira de quatro polegadas de diâmetro foi furada cada metro para inserir uma comporta BG 40 ajustável, permitindo a saída da água por cada comporta de diâmetro de duas polegadas permitindo assim, a múltipla entrada da água ao longo do tabuleiro. O tratamento convencional (CONV) consistiu na colocação de água a partir de uma única entrada localizada na parte superior esquerda de cada parcela.

Cada uma das 24 parcelas experimentais que, a partir de agora serão chamados tabuleiros, tinham 9 m de comprimento e 6,5 m de largura totalizando uma área de 58,5 m<sup>2</sup> e o espaçamento entre cada tabuleiro foi um metro.

O delineamento experimental utilizado, foi de blocos casualizados com dois tratamentos e doze repetições, totalizando 24 unidades experimentais. O nível de significância considerado foi 5% ( $p \leq 0,05$ ). O programa empregado para a análise estatística foi o SISVAR.

## 6.2 Localização e descrição da área do experimento

O experimento foi realizado na área de várzea do Departamento de Engenharia Rural, da Fazenda Experimental do Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), no município de Botucatu, Estado de São Paulo. Localizado nas coordenadas geográficas 22° 51' de Latitude Sul e 48° 25' de Longitude Oeste, com altitude de 754 m. A área definida pelas linhas amarelas que aparece na Figura 6, fica a uma distância de 400 m do Departamento de Engenharia Rural, com área bruta de 5.000 m<sup>2</sup>.



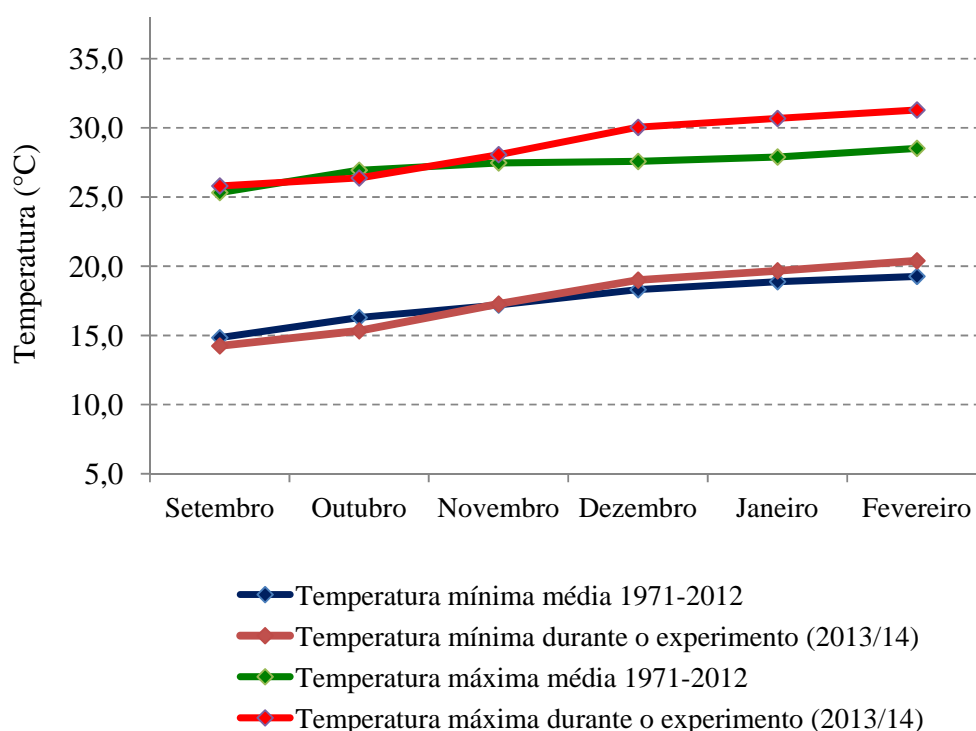
**Figura 6-** Mapa de Localização do experimento.  
(Fonte: Google Earth. Acesso: agosto de 2013.

## 6.3 Características do local

Segundo a classificação de Köppen, o município de Botucatu-SP, apresenta um clima mesotérmico de inverno seco (Cwb). (CARVALHO; ESPÍNDOLA; PACCOLA, 1983). A temperatura média anual é 22,5°C e uma precipitação média anual de 1.500 mm, sendo Julho o mês mais frio e seco com uma temperatura média de 17,2°C e

umidade do ar 63% e Janeiro como o mês mais chuvoso e quente com uma média de precipitação de 284 mm e uma temperatura média de 23,2°C.

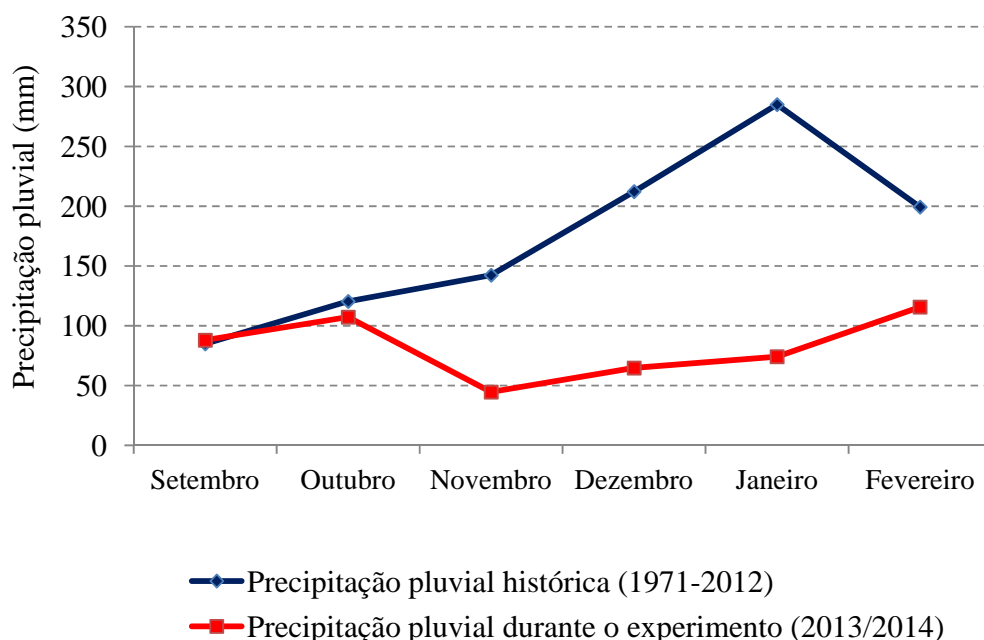
Durante a fase inicial do experimento nos meses de setembro e outubro, as temperaturas mínimas foram inferiores à média histórica. As temperaturas máximas foram muito similares na fase inicial do experimento, mas na fase final entre os meses de dezembro e fevereiro do período 2013/2014 estiveram entre 2,5 e 2,8°C acima da média histórica, superando os 30°C nos meses de janeiro e fevereiro. (Figura 7).



**Figura 7-** Comparação entre as temperaturas máxima e mínima durante a condução do experimento com as médias entre 1971-2012, em FCA Botucatu-SP.

A Figura 8 mostra a precipitação pluvial durante os meses de condução do experimento (2013/2014), a qual foi sempre inferior às médias de precipitação pluvial

histórica (1971/2012), sendo o mês de janeiro o de maior diferença com uma redução de 384%, período no qual a cultura de arroz ficou no final da fase reprodutiva.



**Figura 8-** Comparativa das médias de precipitação pluvial entre os meses de condução do experimento (2013/14) e a Precipitação pluvial média (1971/2012) em FCA Botucatu - SP.

#### 6.4 Características químicas do solo

Para caracterizar a fertilidade do solo e realizar a adubação correspondente, foi necessário antes da instalação do experimento, coletar uma amostra de solo a uma profundidade entre 0 e 0,2 m para realizar as análises químicas correspondentes, de acordo à metodologia descritas por Raij e Quaggio. (1983).

#### 6.5 Características físico-hídricas do solo

Para determinar a disponibilidade de água no solo, foi necessário realizar a amostragem de solo nas camadas de 0 a 0,1 m; 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,3 m. As análises realizadas foram textura, densidade do solo e porosidade total de acordo à metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

### 6.5.1 Condutividade hidráulica saturada do solo ( $K_s$ )

Para calcular o fluxo de água por percolação profunda, foi determinada a condutividade hidráulica do solo, mediante a coleta de três amostras de solo não deformadas em cada tabuleiro, antes da semeadura da cultura. Cada amostra foi coletada entre as profundidades de 0 a 0,1 m; 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,3 m, em anéis de aço de 0,25 m de altura e 0,05 m de diâmetro. A determinação da condutividade hidráulica saturada foi realizada em laboratório, através do método de permeâmetro de carga constante, descrito por Bernardo; Soares e Mantovani (2006).

### 6.5.2 Retenção de água no solo

Para a determinação da retenção da umidade do solo foi empregado o método da curva característica de retenção de água no solo, mediante a utilização da placa de pressão, descrita por Reichardt e Timm, (2012), para a qual foram coletadas amostras do solo da área do experimento na camada entre 0 e 0,2 m, para após ser submetidas a diferentes tensões.

## 6.6 Disponibilidade total de água no solo (DTA)

A DTA foi calculada através da determinação do teor de água no solo a capacidade de campo e no ponto de murcha permanente mediante a Equação 4, descrita por Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009); Bernardo, Soares e Mantovani (2011).

$$DTA = \frac{(C_c - P_m)}{10} \cdot D_s \quad (4)$$

Em que DTA é a Disponibilidade total de água no solo ( $\text{mm cm}^{-1}$ );  $C_c$  é a Capacidade de campo;  $P_m$  é o Ponto de murcha permanente;  $D_s$  é a Densidade aparente do solo.

### **6.7 Capacidade total de água no solo (CTA)**

A CTA representa a quantidade de água total armazenada na zona ativa das raízes que, no caso de arroz corresponde aos primeiros 20 cm de profundidade, onde se considera que ficam 80% da biomassa das raízes. Portanto a CTA foi obtida mediante a Equação 5.

$$CTA = DTA \cdot Z \quad (5)$$

Em que CTA é a Capacidade total de água no solo (mm); DTA é a Disponibilidade total de água no solo ( $\text{mm cm}^{-1}$ ); Z é a Profundidade efetiva do sistema radicular (cm), no caso de arroz foi 20 cm.

### **6.8 Capacidade real de água no solo (CRA)**

A CRA, definida como a fração de água disponível que a cultura de arroz poderá utilizar sem afetar significativamente a sua produtividade, foi obtida mediante a Equação 6.

$$CRA = CTA \cdot f \quad (6)$$

Portanto o valor de CRA é igual a CTA, mas tendo em conta, o fator de disponibilidade hídrica (f), que para o caso do arroz se estima em 0,6 (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2011).

### **6.9 Preparo e sistematização do solo**

Para fins da condução do projeto de irrigação por inundação intermitente, foi necessário estruturar a lavoura, a qual consistiu na adequação através do preparo convencional e sistematização do solo. O preparo do solo foi de forma convencional

em solo seco, através de uso de duas passagens de grade pesada, seguido por dois passes de grade intermediária e finalizando com um passe com grade leve. O preparo do solo atingiu uma profundidade de 0,2 m permitindo o normal desenvolvimento das raízes da cultura.

Para garantir uma altura de lâmina de água uniforme na inundação dos tabuleiros, foi necessário realizar a sistematização do solo, tendo em conta o levantamento planoaltimétrico com estaqueamento de 10 m x 10 m (Tabela 5) e, seguindo as normativas técnicas descritas por Bernardo, Soares e Mantovani (2011). A sistematização da área da lavoura foi realizada mediante o corte e aterro do solo através de grade niveladora, procurando obter o plano com declive em nível.

**Tabela 5-** Levantamento planialtimétrico das cotas determinadas na área do experimento com estacamento 10 m x 10 m

Estaca	Cota (m)	Estaca	Cota (m)	Estaca	Cota (m)	Estaca	Cota (m)	Estaca	Cota (m)
A1*	1,07	B1	1,33	C1	1,4	D1	1,5	E1	1,53
A2	1,22	B2	1,34	C2	1,4	D2	1,44	E2	1,64
A3	1,36	B3	1,4	C3	1,47	D3	1,46	E3	1,52
A4	1,30	B4	1,4	C4	1,47	D4	1,5	E4	1,48
A5	1,44	B5	1,4	C5	1,43	D5	1,5	E5	1,48
A6	1,37	B6	1,4	C6	1,44	D6	1,5	E6	1,53
A7	1,24	B7	1,33	C7	1,46	D7	1,5	E7	1,43
A8	1,23	B8	1,31	C8	1,44	D8	1,52	E8	1,50
A9	1,21	B9	1,31	C9	1,33	D9	1,44	E9	1,49
A10	1,15	B10	1,25	C10	1,32	D10	1,44	E10	1,39
A11	1,09	B11	1,22	C11	1,26	D11	1,43	E11	1,39
A12	1,02	B12	1,18	C12	1,19	D12	1,18	E12	1,25
A13	0,90	B13	1,10	C13	1,02	D13	1,21	E13	1,25

\*Cada letra combinada com um número corresponde a um ponto com espaçamento de 10 m entre eles.

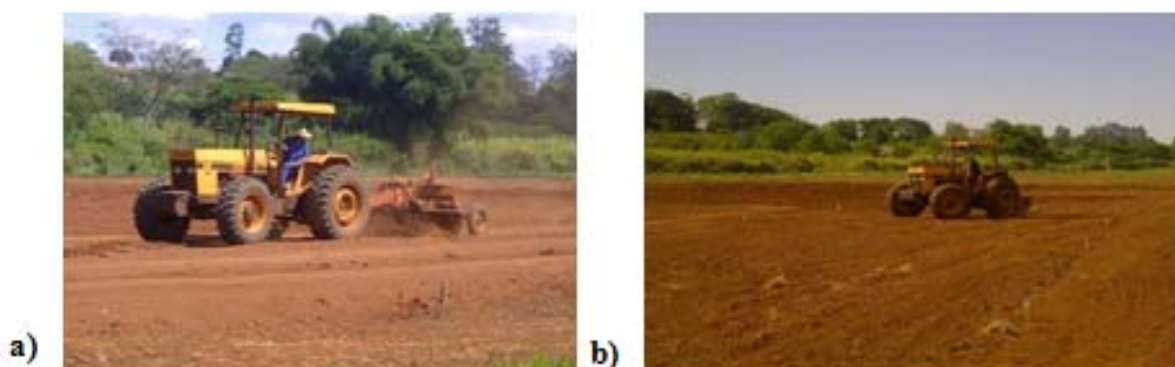


Após determinadas as cotas no levantamento planialtimétrico, foi calculado o centróide pela Equação 7, o qual é a altura de referência que define a altura de aterro ou profundidade de corte no terreno.

$$H_m = \frac{\sum_{i=1}^N (Clc)}{C} \quad (7)$$

Em que  $H_m$  é Centróide calculado (m);  $\sum_{i=1}^N (Clc)$  é a Somatória das leituras das cotas linhas e colunas;  $C$  é Número de cotas totais.

Na Figura 9, ilustra-se o nivelamento do terreno e o estacamento na área do experimento com espaçamento 10 m x 10 m como guia para realizar o corte e/o aterro do solo.



**Figura 9-** a) Plaina realizando o nivelamento do terreno e b) Estacamento 10 x 10 m e terreno nivelado. (Fonte: AUTOR)

### 6.10 Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação por inundação

Para a irrigação do experimento foi necessária a utilização do método por inundação intermitente, devido à baixa disponibilidade de água durante a condução do experimento, além disso, é o manejo de inundação em que o consumo de água é menor sem quedas na produtividade (STONE, 2005).

### 6.10.1 Fonte de água

Na irrigação do experimento, a fonte de água utilizada foi do reservatório localizado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural, a uma cota 5 m acima do projeto.

### 6.10.2 Sistema de bombeamento

A bomba hidráulica utilizada foi de marca KSB, tipo centrífuga, de serie Megabloc 40-200, de 2.900 rotações por minuto, diâmetro nominal do rotor de 209 mm, cuja vazão de saída é  $35 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . O motor de marca WEG tem uma potencia de 20 cv de 3.520 rpm. Enquanto à cota de seu eixo em relação à cota da água do reservatório de captação da água, a bomba hidráulica é considerada não afogada, por ficar a um metro acima da cota do nível de água no reservatório.

### 6.10.3 Perdas de carga na tubulação de recalque e localizadas

Aplicando a Equação de Hazen-Williams (AZEVEDO NETO et al. 1998), calculo-se a perda de carga ao longo da tubulação de recalque.(Eq. 8)

$$hf = 10,65 \times L \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} D^{4,87}} \quad (8)$$

Em que hf é a perda de carga em metros de coluna de água (m.c.a), L é o comprimento da tubulação de recalque (m); Q é vazão do projeto ( $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ); C é coeficiente de rugosidade interna (aço galvanizado) (adimensional) e D é o diâmetro da tubulação de recalque (m).

O cálculo das perdas de carga localizadas produzidas nos acessórios contidos no sistema de condução da água até os tabuleiros, foi realizado com a equação 9.

$$hf = \sum Ki \left( \frac{v^2}{2g} \right) \quad (9)$$

Em que hf são as Perdas de carga (m.c.a); Ki é coeficientes para cada acessório (adimensional);  $v^2$  é velocidade média de escoamento ( $m s^{-1}$ ) e g é aceleração da gravidade ( $m s^{-2}$ ).

#### **6.10.4 Vazão utilizada para o enchimento dos tabuleiros**

Para a irrigação por inundação dos tabuleiros foi necessária uma vazão média de  $2,82 L s^{-1} ha^{-1}$ , a qual é muito similar às relatadas por Stone et al. (1990) para inundação intermitente. O IRGA (2010) mencionam que vazões para manutenção da lâmina de água em torno de  $1 L s^{-1} ha^{-1}$ , são suficientes, tendo em vista a baixa percolação da água no solo, devido à formação da lâmina. No caso da reposição da lâmina de água após aplicações de herbicidas são necessárias vazões mínimas entre 2 e  $3 L s^{-1} ha^{-1}$  (STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006).

#### **6.10.5 Número de irrigações e turnos de rega**

No caso da inundação intermitente, foi necessário estabelecer a época para cada irrigação, mediante o método do turno de irrigação descrito por Bernardo; Soares e Mantovani (2011), através do calculo da capacidade real de água no solo (CRA) e evapotranspiração média diária estimada em cada fase de desenvolvimento da cultura que, segundo Ishimaru (1975), apud Fornasieri Filho e Fornasieri, (2006) é inferior a  $1 mm d^{-1}$  na fase vegetativa e entre 6 e  $7 mm d^{-1}$  na fase reprodutiva do ciclo da cultura, portanto foram realizadas 14 irrigações e o turno de rega durante a fase vegetativa foi em torno de 8 dias e durante a fase reprodutiva entre 2 e 4 dias.

## **6.11 Práticas agronômicas**

### **6.11.1 Seleção do cultivar**

O cultivar selecionado para o experimento foi IRGA 417, produzido no estado do Rio Grande do Sul (Brasil). A categoria da semente foi considerada básica e pureza de 100,0%, com uma porcentagem de germinação de 80%.

De acordo a Silva et al. (2004), o cultivar IRGA 417 provem da hibridação múltipla de NEWREX/IR 19743-25-2-2//BR –IRGA 409, realizada pela Estação Experimental de Arroz do IRGA em 1983. A IRGA 417 foi liberada para cultivo comercial no ano 1995. Possui ciclo médio de 115 dias da emergência à maturação.

O grão é tipo patna, de casca clara e pilosa, podendo apresentar aristas e plantas do tipo moderno, com folhas eretas e pilosas. A altura média das plantas é de 0,79 m. O peso médio de mil grãos com casca é de 27,6 g e o rendimento industrial é de 62% de grãos inteiros quando polidos.

O cultivar IRGA 417 possui sensibilidade média à toxicidade por Ferro, mesmo como ao frio na fase reprodutiva das plantas.

Com respeito à fitossanidade o cultivar IRGA 417 tem reação média - resistente a Brusone e à mancha dos grãos.

A produtividade o cultivar IRGA 417 em condições experimentais é de 7.500 kg de grãos com casca por hectare seco a 13% de umidade.

A cultivar IRGA 417, nos anos 1998/1999, ocupou uma área correspondente a 20% dos 970 mil hectares cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

### **6.11.2 Aplicação de corretivo de acidez**

A correção da acidez no solo foi realizada com seis meses de antecedência à sementeira através de calagem com a aplicação e incorporação de calcário em forma de Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). A dose utilizada para corrigir acidez do solo foi de

três toneladas por hectare, dose que foi calculada de acordo com o resultado da porcentagem de saturação de bases (V%) obtido no análise química do solo.

### 6.11.3 Semeadura e estabelecimento da cultura

A semeadura de arroz foi realizada no sistema de plantio direto empregando plantadeira mecanizada marca Semeato<sup>®</sup> após retirar os resíduos da colheita da cultura anterior, a que foi o trigo. A densidade de semeadura selecionada foi de 120 kg ha<sup>-1</sup>, porém a quantidade média de plantas foi de 459 plantas de arroz m<sup>-2</sup>, que equivalem a 78 plantas por metro linear com espaçamento entre linhas de 0,17 m (Figura 10).



**Figura 10-** a) Plantadeira com 17 linhas, b) Linhas de semeadura com 17 cm entre linhas. (Fonte: AUTOR).

### 6.11.4 Construção das taipas, drenos e tabuleiros

Para não permitir o escoamento da água entre parcelas, foi necessária a construção de drenos e taipas entre os limites ou bordaduras de cada tabuleiro.

Os drenos foram construídos com valeta mecanizada até uma profundidade de 0,4 m, desta forma foi mantido a independência entre tabuleiros para não ter influência no consumo de água entre tabuleiros próximos (Figura 11).



**Figura 11-** Construção de drenos entre tabuleiros (Fonte: AUTOR).

As taipas tinham 0,3 m de largura e 0,1 m de altura, desta forma foram capazes de controlar a altura da lâmina de água no enchimento dos tabuleiros. Cada parede da taipa foi reforçada com plaina niveladora (Figura 12).



**Figura 12-** Construção de taipas delimitando os tabuleiros (Fonte: AUTOR).

### **6.11.5 Controle de plantas daninhas**

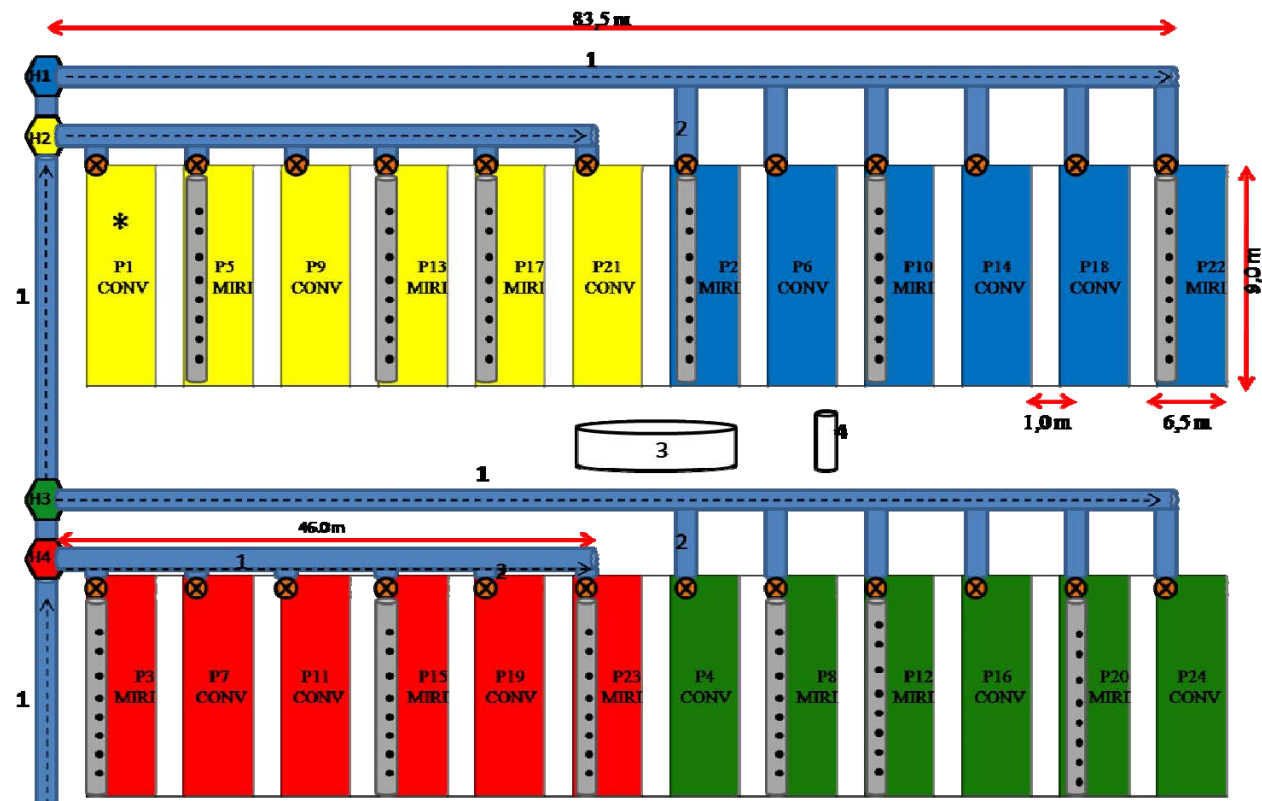
No controle químico de plantas daninhas antes da semeadura do arroz foi necessária a pulverização de glifosato a doses de  $5 \text{ L ha}^{-1}$ . Os herbicidas aplicados na pós emergência com arroz de 5 folhas para o controle de plantas daninhas gramíneas e de folha larga foram propanil em mistura com clomazone em doses de 5.0 e  $1.2 \text{ L ha}^{-1}$  respectivamente. Após 25 dias de emergência da cultura de arroz, foi necessária a aplicação de herbicida com ingrediente ativo a base de etoxissulfurom para o controle de plantas daninhas da espécie *Cyperus iria*.

### **6.11.6 Adubação**

Durante a condução do experimento foram realizadas três adubações químicas; a adubação base realizada no momento da semeadura com  $16 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ;  $56 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ ;  $32 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ , a adubação de cobertura em arroz de 10 dias após emergência com  $43,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ;  $54 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$  e a adubação de cobertura em arroz de 40 dias após emergência com  $39,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ;  $49,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ . Totalizando  $98,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ;  $56 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  e  $135 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ .

## **6.12 Instalação do sistema de irrigação do experimento para tratamentos CONV e MIRI**

Após semeadura do arroz, foi instalado a tubulação de recalque de aço de 75 mm de diâmetro, esta tubulação foi derivada na área do experimento, em quatro linhas de irrigação, cada linha irrigou seis tabuleiros de forma independente, definidos com diferente cor, totalizando 24 tabuleiros. A partir da derivação de cada linha de irrigação, foi colocado um hidrômetro (H) de vazão nominal de  $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . A seguir ilustra-se na Figura 13, o plano do experimento com a distribuição dos tratamentos CONV e MIRI e as quatro linhas de irrigação.



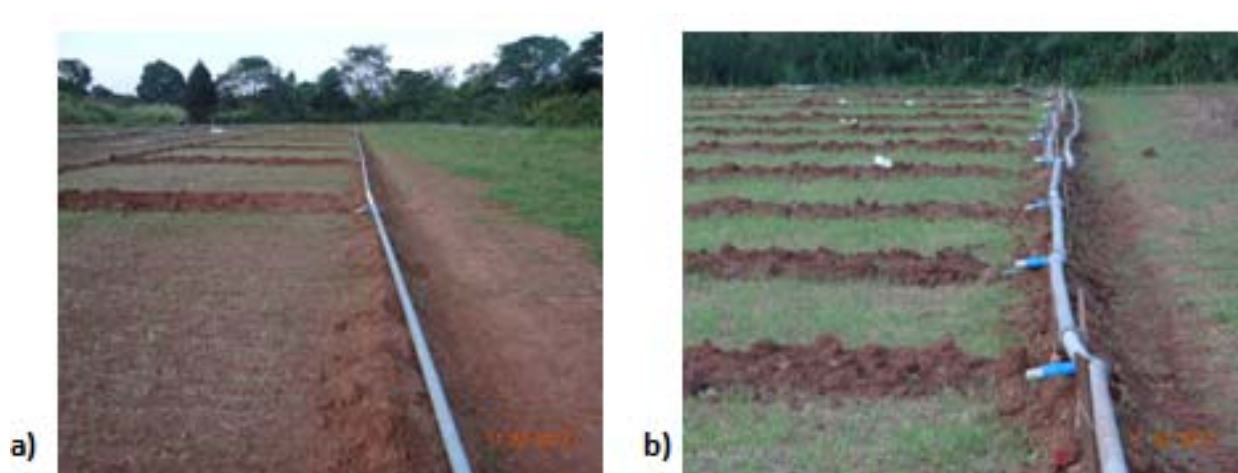
CONV: Tratamento de Inundação Convencional;  
 MIRI: Tratamento de Irrigação Arroz por Múltipla Entrada;  
 H1: Hidrômetro da linha de irrigação 1 (cor azul);  
 H2: Hidrômetro da linha de irrigação 2 (cor amarelo);  
 H3: Hidrômetro da linha de irrigação 3 (cor verde);  
 H4: Hidrômetro da linha de irrigação 4 (cor vermelho);  
 ⊗: Registro de passagem de água (50 mm).

\*: Tabuleiro  
 1: Tubulação de recalque de diâmetro de 75 mm.  
 2: Derivação de diâmetro de 50 mm  
 3: Tanque evaporímetro classe A;  
 4: Pluviômetro.  
 5: Mangueira (PBD)

**Figura 13-** Plano do experimento no campo, linhas de irrigação e dimensionamento da área de irrigação por inundação.

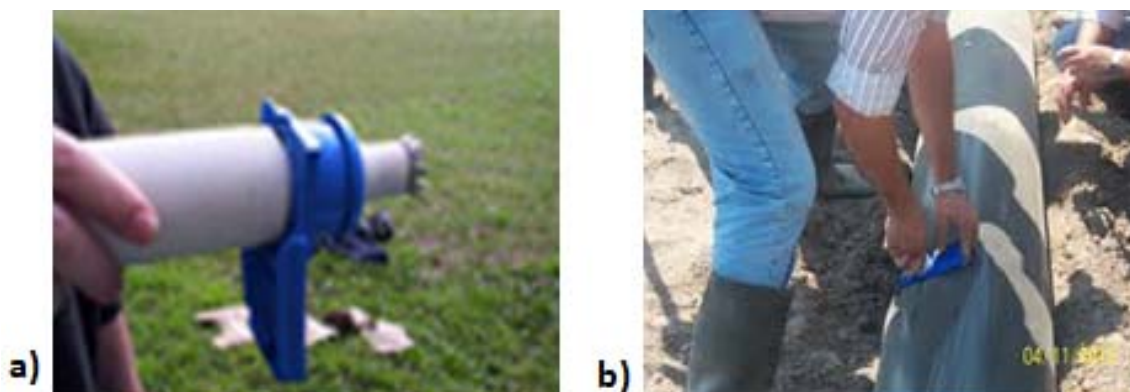


Em cada tabuleiro, foi colocada no limite superior esquerda uma derivação (Tê) junto a uma válvula de passagem, ambas em PVC e de 50 mm de diâmetro, desta forma permitindo a entrada da água ao tabuleiro. Até este ponto foi considerada a instalação do tratamento CONV. No caso da instalação do tratamento MIRI, além do descrito no tratamento CONV, foi colocada uma mangueira (PBD) de 100 mm de diâmetro e de 9 m de comprimento, ao longo do tabuleiro, para logo, esta ser furada a cada metro de distância e posteriormente inserir uma comporta BG40, permitindo a passagem da água por cada comporta ao tabuleiro. A seguir na Figura 14, ilustra-se a tubulação de recalque e as derivações utilizadas em cada tabuleiro.



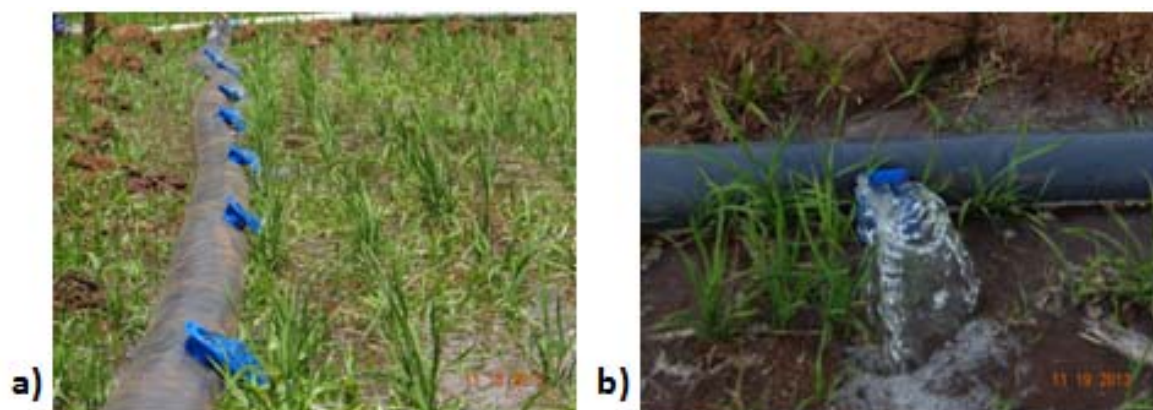
**Figura 14-** Tubulação de PVC (a) e derivações e válvula de passagem de água colocadas em cada tabuleiro em uma linha de irrigação (Fonte: AUTOR).

Na Figura 15, ilustra-se a comporta, o furador da mangueira (PBD) e o a furação da mangueira após encher com água.



**Figura 15-** Furador colocado na comporta BG40 (a) e Colocação da comporta B, inserindo o furador na mangueira (PBD) (Fonte: PyR ARGENTINA, 2012).

Na Figura 16, ilustra-se a múltipla entrada da água ao longo do tabuleiro no tratamento MIRI, com vazões que oscilam entre  $0,3$  e  $0,7 \text{ L s}^{-1}$  e em cada comporta BG40.



**Figura 16-** (a) Irrigação de múltipla entrada da água no tabuleiro tratamento MIRI, (b) Entrada da água ao tabuleiro pela comporta BG40 (Fonte: AUTOR).

### 6.13 Manejo da irrigação nos tratamentos MIRI e CONV

Após ter instalado o sistema de irrigação, começou-se a irrigar quatro tabuleiros da forma simultânea, um tabuleiro por cada linha de irrigação, ilustrada na Figura 13, até obter uma lâmina de água de 0,1 m de altura. Foram irrigados mais quatro tabuleiros dessa forma até irrigar os 24 tabuleiros.

Na Figura 17, ilustra-se a irrigação do tabuleiro de arroz com tratamento CONV; note-se a entrada da água a partir da válvula de passagem, localizada na parte superior do tabuleiro.



**Figura 17-** Irrigação por inundação do tabuleiro com CONV (Fonte: AUTOR)

Na Figura 18, ilustra-se a irrigação do tabuleiro de arroz com o tratamento MIRI a partir da mangueira (PBD) ao longo do tabuleiro.



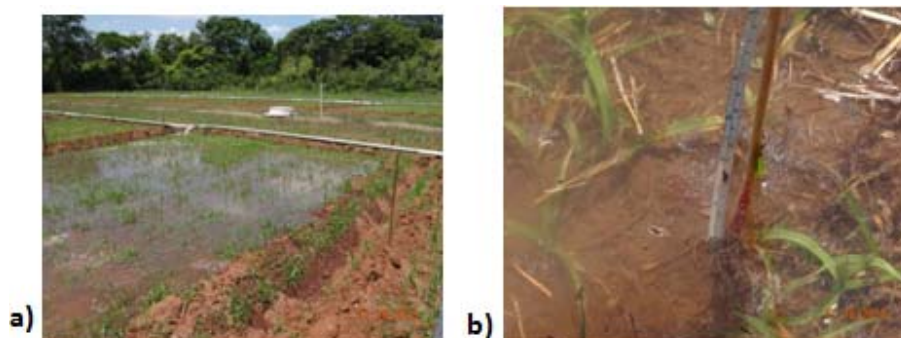
**Figura 18-** Irrigação por inundação do tabuleiro com MIRI (Fonte: AUTOR).

### **6.13.1 Início da irrigação**

Tendo em vista o estágio de desenvolvimento da planta de arroz, o início da irrigação foi a partir da aparição da quinta folha, o que ocorreu na data 15 de novembro de 2013, quando o arroz possuía 20 dias de idade a partir de sua emergência.

### **6.13.2 Enchimento e controle da altura da lâmina de água nos tabuleiros**

Para o controle da altura de lâmina de inundação dos tabuleiros, foi preciso, além de construir as taipas com 10 cm de altura, colocar, no centro de cada tabuleiro, uma estaca fixa com marcação de cor vermelha com até 10 cm de altura a partir da superfície do solo. (Figura 19).



**Figura 19-** a) Tabuleiro inundado até a altura da taipa, b) Estaca para o controle da altura da lâmina de água no tabuleiro (Fonte: AUTOR)

### 6.13.3 Término da irrigação

No experimento, seguindo as recomendações técnicas propostas por Stone et al. (1979) e descritas por Gomes; Pauletto e Franz (2004), o término da irrigação do arroz por inundação intermitente ocorreu 15 dias antes da colheita, ou seja, com 104 dias de idade, durante a fase de maturação de grão. A duração do ciclo da cultivar IRGA 417 foi de 119 dias para as condições climáticas de Botucatu – SP.

### 6.14 Obtenção de dados

Em cada tratamento foram avaliados a vazão média utilizada, o tempo de avanço da água sobre a superfície do solo, o teor de água no solo antes e após inundação, o tempo de enchimento, e os componentes que fazem parte do Balanço Hídrico em arroz, descritos por Yoshida (1981) e Bouman, Lampayan e Toung (2007). Cada componente foi chamado variável de consumo de água. Também foram avaliadas variáveis de desenvolvimento da cultura de arroz assim como os componentes de rendimento, a produtividade de grão e a eficiência no uso da água. Os resultados obtidos foram comparados entre os dois tratamentos estudados.

### 6.14.1 Vazão média utilizada na irrigação

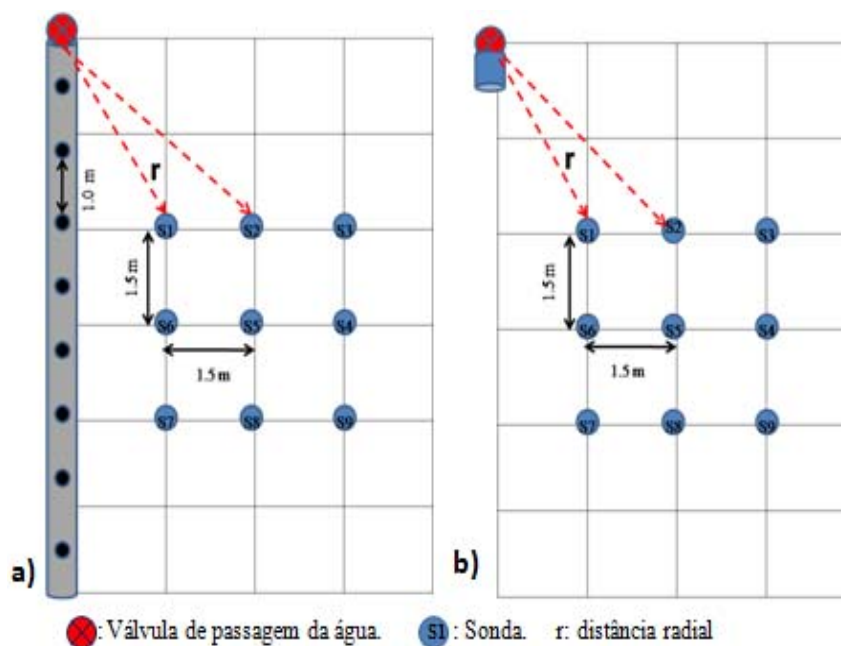
A vazão média utilizada na irrigação foi calculada para cada tabuleiro durante cada irrigação, mediante a equação fundamental  $Q = V/t$ , sendo  $Q$  a vazão ( $L s^{-1}$ ),  $V$  o volume de descarga de água durante a irrigação do arroz no tabuleiro, (L), e  $t$ , o tempo da irrigação em segundos (s). A equação 10 ilustra que:

$$Q = \frac{V_f - V_i}{t} \quad (10)$$

Em que  $Q$  é a vazão da irrigação ( $L s^{-1}$ );  $V_i$  é a leitura do volume de água no hidrômetro no início da irrigação. (L);  $V_f$  é a leitura do volume de água no hidrômetro ao final da irrigação. (L) e  $t$  é o tempo de irrigação (s).

### 6.14.2 Avanço da água sobre a superfície do solo

Para a avaliação do avanço da água na superfície do solo em cada tabuleiro foram instaladas (em pontos fixos) nove sondas (S) contínuas de três hastes como ponto de referência para medir o tempo de avanço da água sobre a superfície do solo. Além disso, as sondas foram utilizadas para a medição do teor de água no solo. Na Figura 20, é mostrada a distribuição espacial das sondas no tabuleiro para os tratamentos CONV e MIRI.



**Figura 20-** Esquema da distribuição espacial das sondas (pontos fixos) para medição do tempo de avanço da água no tratamento (a) MIRI e (b) CONV.

A medição do tempo de avanço foi realizada nas quatro primeiras irrigações, através de cronômetro digital, devido à facilidade de observar o deslocamento da água pela superfície do solo em cada tabuleiro, a qual consistiu em calcular o tempo de deslocamento da água sobre a superfície do solo, a partir da passagem da água pela válvula até sua chegada a cada sonda, localizada no tabuleiro a uma distância radial ( $r$ ). Na Tabela 6 aparece a distância radial entre a válvula de passagem e cada sonda (S).

**Tabela 6-** Distância radial a partir da saída da água até cada sonda (S)

Sonda (S)	Distância radial em relação válvula de passagem da água (m)
S1	2,85
S2	3,95
S3	5,25
S4	6,54

Continua

Sonda (S)	Distância radial em relação válvula de passagem da água (m)
S5	5,50
S6	4,83
S7	6,97
S8	7,49
S9	8,25

### 6.14.3 Teor de água no solo

Para a determinação do teor de água no solo, utilizou-se a técnica de Reflectometria de Domínio no Tempo (TDR), introduzido por Fellner-Feldegg (1969) apud Tommaselli (2001), para medir a permissividade dielétrica dos líquidos, mediante a determinação da constante dielétrica de água no solo ( $K_a$ ).

O  $K_a$  é calculada a partir da medida do tempo que um pulso eletromagnético leva para transitar entre duas hastes metálicas que operam como guias de onda que são introduzidas no solo. (BISCEGLI et al., 1996 apud HERRMANN, 2001).

O cálculo do  $K_a$  foi obtido através da medição da velocidade de propagação do pulso eletromagnético e o comprimento das hastes da sonda, esta medição foi obtida através do equipamento TDR100 e o cálculo do teor de água no solo mediante o software PCTDR100, ambos produzidos pela empresa CAMPBELL SCIENTIFIC ®. Neste caso, o valor da  $K_a$  obtido foi de 2,56.

Uma vez conhecida a constante  $K_a$ , o software PCTDR calculou o teor de água no solo, por meio do modelo polinomial cúbico descrito na Equação 11, reconhecido como a equação universal proposta por Topp et al. (1980), apud Andrade Junior; Da Silva, Coelho (2013) a qual tem sido aplicada a diversos estudos, mostrando-se adequada para determinar umidade do solo, relacionando a  $K_a$  e o teor de água no solo (SOUZA; MATSURA; TESTEZLAF, 2006).

$$\theta = -5,3 \times 10^{-2} + 2,92 \times 10^{-2} K_a - 5,5 \times 10^{-4} K_a^2 + 4,3 \times 10^{-6} K_a^3 \quad (11)$$



As sondas utilizadas para medir o teor de água do solo, conhecidas como sondas contínuas de três hastes (SOUZA; MATSURA; TESTEZLAF, 2006), tem 20 cm de comprimento e foram construídas no Laboratório de Hidráulica da FCA UNESP Botucatu – SP, de acordo com as recomendações de fabricação de Souza et al. (2006). A seguir na Figura 21, mostra-se o dispositivo TDR100 e as sondas empregadas.



**FIGURA 21-** (a) Sondas contínuas de três hastes, (b) Medição do teor de água no campo com equipamento TDR100, (c) sondas instaladas no tabuleiro nas camadas de solo (0 a 20 cm) e (20 a 40 cm) de profundidade (Fonte: AUTOR).

Para a medição do teor de água no solo, foram utilizadas as sondas instaladas na medição do tempo de avanço de água. Em cada sonda, foi obtida a leitura do teor de água no solo em valores de  $m^3 m^{-3}$ , antes do início da irrigação, uma, duas e três horas após a inundação de cada tabuleiro. Para conhecer o teor de água na zona radicular da cultura de arroz nos dois tratamentos, estabeleceu-se uma profundidade efetiva, até 20 cm, já que nesta profundidade se concentram quase 80% da biomassa radicular. Também foi calculado o teor de água no solo a través de nove sondas colocadas em quatro repetições, a uma profundidade de 20 a 40 cm.

#### **6.14.3.1 Fabricação de sondas de três hastes contínuas para medição do teor de água no solo com o equipamento TDR100**

Na Figura 22, a seguir, aparecem representados os procedimentos realizados para a fabricação das sondas de três hastes contínuas de acordo à metodologia descrita por Souza et al. (2006).

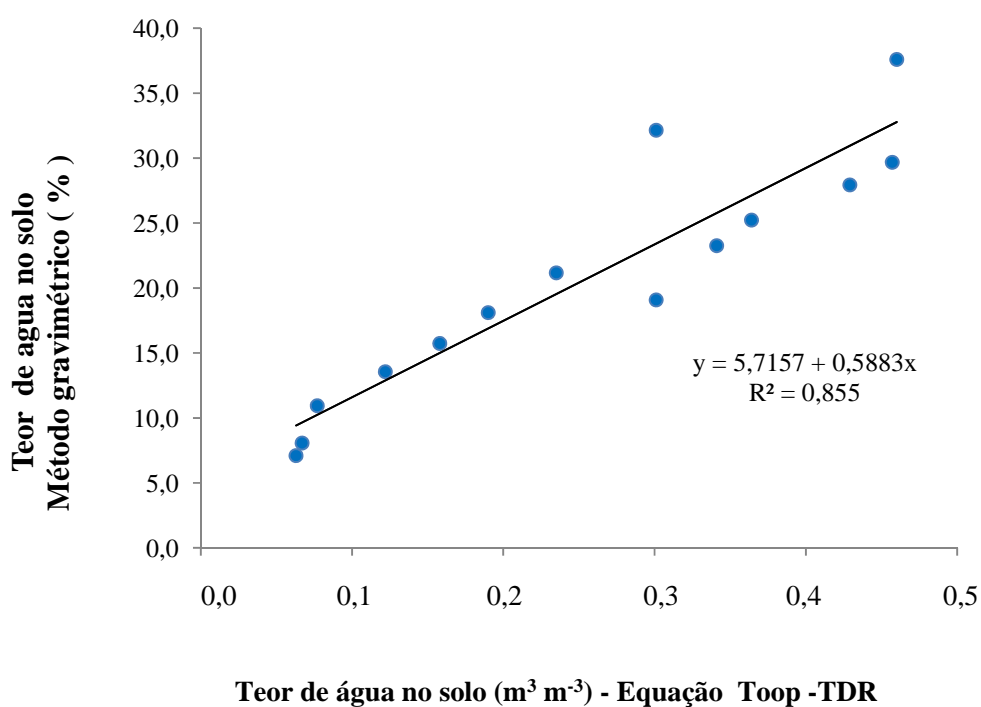


**Figura 22-** Construção de sonda contínua de três hastes, (a) fabricação do molde para as sondas a partir de borracha de silicone misturado com catalisador, (b) molde para construção de sondas após de 24 horas de secagem, (c) extremo com três pontas preparado do cabo coaxial RG 58 de 50 ohms, (d) extremo do cabo coaxial após da soldagem das três pontas às três hastes de 23, 5 e 24 cm de comprimento, sendo menor é o haste do centro, (e) extremo outro do cabo coaxial com conector BNC com mola e parafuso, (f) colocação do cabo com as hastes soldados dentro de cada molde, (h), aplicação da mistura de resina epoxi e endurecedor em cada molde, (g) Sonda de três hastes contínua pronta após de 8 horas de secagem (Fonte: AUTOR).

### 6.14.3.2 Calibração de sondas de três hastas

Para a calibração das sondas foi usada a equação Toop (1980) descrita por Andrade Junior; Da Silva, Coelho (2013). A calibração foi realizada de acordo ao procedimento descrito Ferreira et al., (2007) apud Salomão et al., (2009).

Os resultados obtidos mostram os valores das medições do teor de água no método gravimétrico comparado com os valores obtidos no equipamento TDR utilizando a equação Toop (1990) apud Andrade Junior; Da Silva, Coelho (2013). Os resultados obtidos pelas sondas TDR mostraram uma relação linear com os obtidos pelo método gravimétrico, sendo considerados resultados confiáveis (Figura 23).



**Figura 23-** Regressão linear do teor de água no solo mediante o método gravimétrico e TDR.

#### **6.14.4 Tempo de enchimento dos tabuleiros**

O tempo de enchimento de água em cada tabuleiro foi medido a partir do início da entrada da água ao tabuleiro até formar uma lâmina de água de 10 cm altura. O tempo de enchimento foi determinado para cada tabuleiro em cada irrigação; o resultado final para cada tratamento corresponde à média obtida entre as irrigações.

#### **6.14.5 Parâmetros de consumo**

##### **6.14.5.1 Precipitação pluvial**

Para a determinação da precipitação pluvial, foi instalado um pluviômetro na área do experimento. As leituras de precipitação pluvial foram diárias, em milímetros (mm), desta forma, estabeleceram-se os componentes de entrada de água por aportes da precipitação pluvial no balanço hídrico no arroz irrigado. Para a confiabilidade dos resultados obtidos pelo pluviômetro, estes foram conferidos pelos dados fornecidos pela estação meteorológica do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA Botucatu-SP.

##### **6.14.5.2 Evapotranspiração da cultura**

Na determinação das perdas de água por evapotranspiração da cultura, utilizou-se o método indireto do tanque evaporímetro Classe A (Figura 24), que mede a evaporação da água da superfície do solo. A medição foi diária e contabilizada durante o ciclo total da cultura. Os valores obtidos foram em milímetros de água por dia ( $\text{mm d}^{-1}$ ).



**Figura 24-** Tanque evaporímetro classe A, utilizado durante a condução do experimento. FCA Botucatu – SP (Fonte: AUTOR).

O tanque foi colocado no centro da área do experimento, com fácil acesso e próximo aos tabuleiros de arroz. Seu dimensionamento, instalação e utilização, foram de acordo com a descrição realizada por Bernardo, Soares e Mantovani (2011).

A partir dos resultados de evaporação diária e tendo em conta o coeficiente do tanque evaporímetro Classe A ( $K_t$ ) que segundo Doorenbos e Pruit (FAO) apud Allen et al, (2006), é igual a 0,80 para as condições meteorológicas e as características onde foi instalado. A evapotranspiração de referência diária foi obtida mediante a equação 12.

$$ET_o = K_t \cdot ECA \quad (12)$$

Em que a  $ET_o$  é a Evapotranspiração potencial de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $K_t$  é o coeficiente de Evaporação do tanque Classe A (adimensional) e  $ECA$  é a leitura de evaporação no tanque ( $\text{mm d}^{-1}$ );

Para determinar a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), foi associada a  $ET_o$  ao coeficiente da cultura ( $K_c$ ) em cada fase de desenvolvimento. Allen et al. (2006)

menciona que o  $K_c$  da cultura do arroz na fase vegetativa é igual a 1,05, para a fase reprodutiva é igual a 1,2 e para a fase de maturação é 0,9. Portanto a evapotranspiração da cultura foi calculada mediante a Equação 13.

$$ET_c = ETo \cdot K_c \quad (13)$$

Em que  $ET_c$  é a Evapotranspiração da cultura ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $ETo$  é a Evapotranspiração potencial de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $K_c$  é o Coeficiente da cultura de arroz (adimensional).

#### 6.14.5.3 Percolação profunda ( $P_p$ )

A avaliação das perdas de água por percolação profunda foi realizada através da determinação do gradiente hidráulico e do fluxo vertical de água no solo, ambos relacionados diretamente com condutividade hidráulica do solo.

Para determinar o gradiente hidráulico, foi empregado um trado para realizar um furo de duas polegadas de diâmetro e profundidade até encontrar o nível do lençol freático, o qual foi aproximadamente de 2 m. No centro de cada tabuleiro, foi instalado um piezômetro de duas polegadas de diâmetro, cuja extremidade inferior ficou localizada na profundidade inicial do lençol freático e a outra a 50 cm acima da superfície do solo do tabuleiro. Para o monitoramento da elevação do nível do lençol freático foram realizadas leituras antes da irrigação e 72 horas após, pois esse é o tempo necessário para que a água percolada chegue até o lençol freático e assim possa elevar o seu nível. A condutividade hidráulica média para a área foi  $4,4 \text{ cm h}^{-1}$ . Esta elevação foi medida utilizando-se um carretel de fita que leva em seu extremo uma resistência com cobertura em chumbo, como ilustra-se na Figura 25.



**Figura 25-** Medidor de fita do nível do lençol freático (Fonte: AUTOR).

De acordo com a Lei de Darcy, o gradiente hidráulico foi calculado mediante a equação 14, conforme descrito por Bernardo, Soares e Mantovani (2011):

$$i = \frac{\Delta\Psi_t}{L} = \frac{\Psi_{t2} - \Psi_{t1}}{L} \quad (14)$$

Em que  $i$  é o gradiente hidráulico (Adimensional);  $\Psi_{t2}$  é o potencial total no ponto 2;  $\Psi_{t1}$  é o potencial total no ponto 1;  $L$  é a profundidade do lençol freático. O fluxo vertical de água no solo foi calculado mediante a equação 15, descrita por Bernardo; Soares e Mantovani (2011):

$$q = -K_0 \cdot i \quad (15)$$

Em que  $q$  é o fluxo vertical de água no solo ( $L \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ );  $K_0$  é a condutividade hidráulica ( $\text{cm h}^{-1}$ ), sabendo que  $1 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$  é igual a  $10 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ .

Calculou-se a lâmina de água de percolação profunda, tendo em conta o tempo (T) em que a água desceu até chegar o lençol freático (Pp), mediante a equação 16.

$$P_p = q \cdot T \quad (16)$$

Em que Pp é a lâmina de água de água perdida por percolação profunda (mm); q é o fluxo vertical de água no solo ( $L m^{-2} h^{-1}$ ) e T é o tempo (h).

#### 6.14.5.4 Fluxo lateral ( $F_L$ )

As perdas de água por fluxo lateral no tabuleiro de 58,5 m<sup>2</sup>, foram consideradas de acordo com a relação entre o perímetro irrigado e a altura da taipa no tabuleiro, as quais foram 0,1m de altura e 31m de perímetro. Além disso, foram considerados a condutividade hidráulica do solo, o gradiente hidráulico e o tempo em que a lâmina de água ficou sobre a superfície do solo.

De acordo com a Lei de Darcy, o cálculo das perdas de água, por fluxo lateral descrita por Helfer (2006) estima-se pela equação 17:

$$F_L = \frac{p}{A} h K_s i T \quad (17)$$

Em que  $F_L$  é o fluxo lateral ( $m^3 h^{-1}$ ); p é o perímetro irrigado do tabuleiro (m); A é a Área do tabuleiro (m<sup>2</sup>); h é a Altura da taipa (m);  $K_s$  é a Condutividade hidráulica ( $cm h^{-1}$ ); i é o gradiente hidráulico (adimensional); T é o tempo de permanência da lâmina (h).

#### 6.14.5.5 Lâmina de água aplicada na irrigação (LAI)

A lâmina de água aplicada na irrigação, foi calculada pela diferença entre a leitura do volume de água no hidrômetro antes de cada irrigação ( $V_i$ ) e a leitura do volume de água no hidrômetro ao final de cada irrigação ( $V_f$ ) dividida pela área do tabuleiro, representada na equação 18.



$$LAI = \frac{V_f - V_i}{A} \quad (18)$$

Em que LAI é a lâmina de água aplicada na irrigação (mm);  $V_f$  é a leitura do volume de água no hidrômetro ao final da irrigação (L);  $V_i$  é a leitura do volume de água no hidrômetro no início da irrigação (L); A é a Área do tabuleiro ( $m^2$ ).

Após a finalização das 14 irrigações, foram somadas as lâminas de cada irrigação, para obter lâmina total aplicada durante o ciclo da cultura.

#### 6.14.5.6 Consumo total de água

O consumo total de água nos tratamentos CONV e MIRI representados em valores de lâmina, foi obtido pelo somatório dos componentes de entrada do balanço hídrico durante o ciclo total do cultivar IRGA 417, os quais são, a lâmina de precipitação pluvial e a lâmina de água da irrigação. (Equação 19).

$$\text{Consumo total de água} = P + LAI \quad (19)$$

Em que Consumo total de água (mm); P é a precipitação pluvial total (mm) e LAI é a Lâmina de água na irrigação (mm).

#### 6.14.5.7 Balanço hídrico na cultura de arroz irrigado

O balanço hídrico em arroz, corresponde aos componentes de entrada ( $W_{in}$ ) e saída ( $W_{out}$ ) representadas pela equação 20, proposta por Yoshida (1981).

$$W_{in} - W_{out} = \Delta W \quad (20)$$

Em que  $W_{in}$  é a somatória dos componentes de entrada na lavoura (mm);  $W_{out}$  é a somatória dos componentes de saída da lavoura (mm);  $\Delta W$  é a quantidade de água destinada para saturar o solo e formar lâmina a 10 cm de altura (mm).

Portanto o balanço hídrico do experimento em arroz, considerou na Equação 21 que:

$$P + LAI - ETc - Pp - F_L = \Delta W \quad (21)$$

Em que P é a precipitação pluvial (mm); LAI é a lâmina de água na irrigação (mm); ETc é a Evapotranspiração da cultura (mm); Pp é a percolação profunda (mm); F<sub>L</sub> é o fluxo lateral (mm); ΔW é a quantidade de água destinada para saturar o solo e formar lâmina a 10 cm de altura (mm).

#### **6.14.6 Variáveis de desenvolvimento do cultivar IRGA 417**

##### **6.14.6.1 Altura de planta ao final da fase vegetativa (cm)**

Mediu-se a distância compreendida entre o nível do solo e a extremidade da folha mais longa da planta, a qual foi determinada aos 50 dias de idade da cultura em 10 plantas, ao acaso, na área útil de cada tabuleiro.

##### **6.14.6.2 Altura da planta na colheita**

Mediu-se a distância compreendida entre o nível do solo e a extremidade da folha mais longa da planta, a qual foi determinada na colheita em 10 plantas, ao acaso, na área útil de cada tabuleiro.

##### **6.14.6.3 Colmos por metro quadrado**

Contagem do número de colmos existentes em uma área de 0,25 m<sup>2</sup>, dispostos em um marco fixo de 50 cm x 50 cm, sendo a contagem realizada no momento da colheita.

## **6.14.7 Componentes de rendimento do cultivar IRGA 417**

### **6.14.7.1 Panículas por metro quadrado**

Contagem do número de panículas existentes em uma área de 0,25 m<sup>2</sup>, dispostos em um marco fixo de 50 cm x 50 cm, sendo a contagem realizada no momento da colheita.

### **6.14.7.2 Porcentagem de colmos férteis**

Foi determinada no momento da colheita, em cada tabuleiro, através da relação do número de panículas, por metro quadrado, pelo número de colmos, na fase de maturação, multiplicada por cem.

### **6.14.7.3 Espiguetas totais por panícula**

A Contagem de número de espiguetas totais, contidas em cada panícula, foi determinada no laboratório, após a colheita.

### **6.14.7.4 Espiguetas granadas e chochas por panícula**

A Contagem de número de espiguetas granadas e chochas, contidas em cada panícula, foi determinada mediante a separação das mesmas através de fluxo de ar.

### **6.14.7.5 Massa de mil grãos**

Foi determinado mediante a pesagem de mil espiguetas granadas, ao acaso, com 13% de base úmida após a colheita.

#### 6.14.8 Produtividade de grãos

A colheita dos grãos foi feita de forma manual e individual, em cada tabuleiro, quando os grãos de arroz apresentaram 23% de umidade, de acordo com recomendações sugeridas por Silva e Fonseca (2006). Para a colheita dos grãos nos tabuleiros, foi colocado um marco de área de quatro metros quadrados e cortado com faca. Após a extração, foi realizada a separação dos grãos granados da palha e grãos chochos, mediante a trilha mecanizada e limpeza manual com auxílio de uma peneira. Os grãos granados, correspondentes a cada tabuleiro, foram pesados em balança digital devidamente calibrada e foi calculada a produtividade de grãos, por hectare, a 13% de base úmida. Mediante a equação 22, descrita a seguir:

$$P_g = P_c \cdot \frac{100 - U_i}{100 - U_f} \cdot F \quad (22)$$

Em que  $P_g$  é a produtividade do grão ( $\text{kg ha}^{-1}$ );  $P_c$  é a produtividade no campo em área  $4 \text{ m}^2$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ );  $U_i$  é a porcentagem de umidade do grão na colheita (%);  $U_f$  é a porcentagem de umidade de grão (13% base úmida);  $F$  é o Fator de correção de área do tabuleiro (adimensional).

#### 6.14.9 Eficiência no uso da água (EUA)

Para avaliar os tratamentos no que diz respeito à EUA, na equação 23, relaciona-se a produtividade de grão obtida pela cultura e o consumo total de água durante o ciclo da cultura em cada tratamento (STONE, 2005).

$$EUA = \frac{P_g}{\text{Consumo total de água}} \quad (23)$$

Em que EUA é a Eficiência no Uso da água ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ );  $P_g$  é a produtividade de grão ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e o consumo total de água (mm).

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados obtidos da caracterização química, físico-hídrica, sistematização do terreno e dimensionamento hidráulico do experimento.

### 7.1 Características químicas do solo

Na Tabela 7, estão contidos os resultados das análises realizados no Departamento de Solos da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP Campus Botucatu., os quais mostram que o pH de 5,3 foi considerado fortemente ácido, a Matéria Orgânica (M.O) de valor  $27 \text{ g dm}^{-3}$  que segundo Cochrane et al. (1985) conforme Fageira e Santos (2003) foi considerada valor médio; o Fósforo (P), valor de  $27 \text{ mg dm}^{-3}$ , foi considerado baixo; para o Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), o valor de  $1,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  foi considerado baixo e não tóxico. A capacidade de troca catiônica (CTC) foi considerada baixa, por ser menor que  $100 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . A saturação de bases (V) igual a 66% é considerada adequada. No caso dos micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn), apresentaram valores adequados (FAGEIRA; BAÊTA, 2003).

**Tabela 7** - Resultados das análises química do solo na profundidade 0 a 20 cm da área do experimento. FCA Botucatu – SP

pH	M.O (CaCl <sub>2</sub> ) (g dm <sup>-3</sup> )	P (resina) (mg dm <sup>-3</sup> )	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						(%)	(mg dm <sup>-3</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )					
5,3	27	27	1,2	31	2,3	42	16	61	92	66	10	0,32	9,9	75	16,3	12

(Fonte: Laboratório de Química de solo, em FCA UNESP Botucatu-SP, 2013).

## 7.2 Características físico-hídricas do solo

Na Tabela 8, estão os resultados das características físico-hídricas do solo a diferentes profundidades. No caso da textura, a porcentagem de areia diminui a maior profundidade, os resultados do silte e argila são menores aos encontrados por Vasconcellos (1993) apud Pauletto; Gomes e Pinto (2004). No caso da densidade do solo, é menor às encontradas em solos tradicionalmente orizícolas, pois é um solo com vários anos sem atividade agrícola e uso de maquinaria, portanto se considera um solo não compactado. A porosidade total é considerada adequada, devido principalmente a sua estruturação e ao conteúdo médio de matéria orgânica.

**Tabela 8**- Resultados das análises das características físico-hídricas do solo a diferentes profundidades da área do experimento. FCA Botucatu – SP

Camada de amostragem (cm)	Textura			Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	Porosidade Total (%)
	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)		
0-10	66	21	13	1,44	47,3
10-20	54	22	24	1,46	46,8
20-30	42	18	40	N.R*	N.R*

\*: valor não registrado. (Fonte: Laboratório de Física de Solos, em FCA UNESP Botucatu – SP, 2013).

### 7.2.1 Condutividade hidráulica saturada do solo (Ks)

Os resultados de condutividade hidráulica do solo (Ks) apresentados na Tabela 9, mostram ser muito variáveis entre as amostras de solo coletadas em cada tabuleiro. Ao

comparar o  $K_s$  entre profundidades, os maiores valores de  $K_s$  foram obtidos na camada entre 0 e 10 cm, tendo como valor máximo 22,32  $\text{cm h}^{-1}$  e valor mínimo 0,40  $\text{cm h}^{-1}$  e valor médio igual a 6,98  $\text{cm h}^{-1}$ . No caso da camada de 10 a 20 cm, os valores máximo e mínimo foram 10,35 e 0,20  $\text{cm h}^{-1}$ , respectivamente, e um valor médio de 3,65  $\text{cm h}^{-1}$ . No caso da camada mais profunda o valor médio foi 3,86  $\text{cm h}^{-1}$ , tendo como valores máximo e mínimo 11,50 e 0,32  $\text{cm h}^{-1}$ . O coeficiente de variação para as camadas 0 a 0,1 m, 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,3 m foram 65,43; 80,62 e 78,55%. Portanto estes resultados são considerados de alta variabilidade.

De acordo a Ferreira (2001) apud Bernardo; Soares e Mantovani (2011), as medias de  $K_s$  obtidas entre as camadas 0 a 0,1 m e entre 0,2 a 0,3 m classificam-se em moderadamente lenta, enquanto, à camada 0 a 20 cm classifica-se em moderada.

**Tabela 9-** Condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ) obtida nas amostras das camadas do solo coletada em cada tabuleiro na área do experimento. FCA Botucatu - SP

Tabuleiro	Camada de solo (m)		
	0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3
Condutividade hidráulica ( $\text{cm h}^{-1}$ )			
1	10,64	0,20	0,88
2	5,81	1,19	1,08
3	6,82	4,10	9,11
4	13,88	2,35	4,57
5	10,54	3,59	1,65
6	22,32	9,99	2,70
7	7,12	1,99	4,82
8	5,37	2,30	2,19
9	9,49	4,17	1,62
10	9,73	2,37	7,96
11	5,84	0,44	2,81
12	4,59	1,17	0,76

Continua...

Tabuleiro	Camada de solo (m)		
	0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3
	Condutividade hidráulica (cm h <sup>-1</sup> )		
13	3,04	4,78	2,06
14	9,19	9,65	11,50
15	3,12	1,14	6,90
16	3,38	4,17	3,66
17	6,19	4,08	8,50
18	4,72	10,35	4,25
19	4,95	1,12	5,58
20	0,40	4,45	4,69
21	9,63	1,54	1,63
22	4,52	7,25	1,09
23	4,21	2,46	2,25
24	2,08	2,66	0,32

(Fonte: Laboratório de física de solo, na FCA UNESP Botucatu – SP, 2013)

### 7.2.2 Retenção de água no solo

**Tabela 10-** Tensões de água no solo (atm) avaliadas e seus respectivos valores de umidade à base de volume (%), camada de solo de 0 a 0,2 m

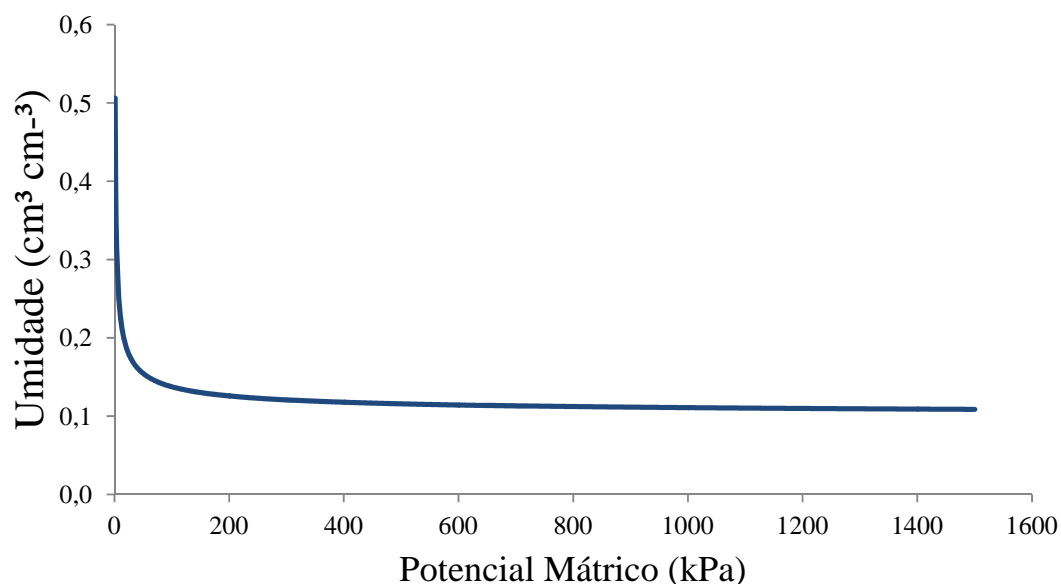
Tensão matricial (kPa)						
-1500	-500	-300	-100	-50	-30	-10
Umidade do solo ( cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )						
0,108	0,109	0,118	0,143	0,159	0,165	0,229

(Fonte: Laboratório de Relação Solo- Água -Planta-Atmosfera, na FCA UNESP Botucatu – SP, 2013)

A Figura 26 mostra a curva característica da retenção de água do solo obtida a partir dos resultados da placa de pressão. Através da curva característica pode-se determinar que, com tensão matricial de -0,1 e -1500 kPa, que correspondem à tensão do solo a capacidade de campo e no ponto de murcha permanente respectivamente (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009; BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2011;



REICHARDT; TIMM, 2012) obteve-se o teor de água no solo que equivalem a 0,229 e 0,108%, respectivamente.



**Figura 26-** Curva característica de retenção de umidade do solo na camada de 0 a 0,2 m, pelo modelo Van Genuchten (1990).

### 7.2.3 Disponibilidade de água no solo

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados da Disponibilidade Total de Água no solo (DTA), a capacidade Total de Água no solo (CTA) e a Capacidade Real de Água no solo (CRA), os quais foram obtidos a partir dos dados de entrada, tais como, Capacidade de campo ( $C_c$ ), Ponto de murcha ( $P_m$ ), Profundidade efetiva das raízes ( $Z$ ), fator de disponibilidade de água no solo para a cultura de arroz ( $f$ ) e Densidade aparente do solo ( $D_s$ ), este último corresponde ao valor médio obtido a partir da análise física do solo. A DTA foi obtida mediante a equação 4; a CTA foi obtida através da equação 5 e a CRA mediante a equação 6.

**Tabela 11-** Resultados de disponibilidade de água no solo do experimento

Cc (%)	Pm (%)	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	DTA (mm cm <sup>-1</sup> )	Z (cm)	CTA (mm)	Fator de disponibilidade de água no solo (f)	CRA (mm)
22,96	10,86	1,40	1,69	20	33,86	0,6	20,32

(Fonte: AUTOR)

A DTA calculada mostra que a água armazenada no intervalo entre a capacidade de campo e ponto de murcha é 1,69 mm cm<sup>-1</sup>. No caso da CTA, esta mostra que a quantidade de água no perfil do solo até 20 cm de profundidade, zona onde geralmente fica o 80% de biomassa radicular da cultura de arroz é igual a 33,86 mm. No caso do CRA, tendo em conta só usar uma fração da CTA, através do fator de disponibilidade de água no solo (f), portanto a CRA é igual a 20,32 mm.

### 7.3 Leituras do levantamento planialtimétrico, centróide e valores de corte e/ou aterro calculados

Na Tabela 12, estão as leituras de cada estaca de acordo com o levantamento planialtimétrico, o valor de centróide calculado mediante a equação 7 e os valores de corte e/ou aterro que foram realizados durante a sistematização do terreno na área do experimento.

**Tabela 12-** Valores para aterro e corte para cada quadrante na lavoura que foi sistematizada

Estaca	Leitura	Centróide (m)	Aterro (+)	Corte (-)
A2	1,22	1,35	----	-0,13
A3	1,36	1,35	0,01	----
A4	1,30	1,35	----	-0,05
A5	1,44	1,35	0,09	----
A6	1,37	1,35	0,02	----
A7	1,24	1,35	----	-0,11
A8	1,23	1,35	----	-0,12

Continua..

**Tabela 12-** Valores para aterro e corte para cada quadrante na lavoura sistematizada

Estaca	Leitura	Centróide	Aterro (+)	Corte (-)
	(m)			
A9	1,21	1,35	----	-0,14
A10	1,15	1,35	----	-0,20
A11	1,09	1,35	----	-0,26
A12	1,02	1,35	----	-0,33
A13	0,90	1,35	----	-0,45
B1	1,33	1,35	----	-0,02
B3	1,40	1,35	0,05	----
B4	1,40	1,35	0,05	----
B5	1,40	1,35	0,05	----
B6	1,40	1,35	0,05	----
B7	1,33	1,35	----	-0,02
B8	1,31	1,35	----	-0,04
B9	1,31	1,35	----	-0,04
B10	1,25	1,35	----	-0,10
B11	1,22	1,35	----	-0,13
B12	1,18	1,35	----	-0,17
B13	1,10	1,35	----	-0,25
C1	1,4	1,35	0,05	----
C2	1,4	1,35	0,05	----
C3	1,47	1,35	0,12	----
C4	1,47	1,35	0,12	----
C5	1,43	1,35	0,08	----
C6	1,44	1,35	0,09	----
C7	1,46	1,35	0,11	----
C8	1,44	1,35	0,09	----
C9	1,33	1,35	----	-0,02
C10	1,32	1,35	----	-0,03
C11	1,26	1,35	----	-0,09
C12	1,19	1,35	----	-0,16
D1	1,50	1,35	0,15	----
D2	1,44	1,35	0,09	----
D3	1,46	1,35	0,11	----
D4	1,50	1,35	0,15	----
D5	1,50	1,35	0,15	----
D6	1,50	1,35	0,15	----

Continua..

**Tabela 12-** Valores para aterro e corte para cada quadrante na lavoura que foi sistematizada

Estaca	Leitura	Centróide	Aterro (+)	Corte (-)
	(m)			
D7	1,50	1,35	0,15	-----
D8	1,52	1,35	0,17	-----
D9	1,44	1,35	0,09	-----
D10	1,44	1,35	0,09	-----
D11	1,43	1,35	0,08	-----
D12	1,18	1,35	-----	-0,17
D13	1,21	1,35	-----	-0,14
E1	1,53	1,35	0,18	-----
E2	1,64	1,35	0,29	-----
E3	1,52	1,35	0,17	-----
E4	1,48	1,35	0,13	-----
E5	1,48	1,35	0,13	-----
E6	1,53	1,35	0,18	-----
E7	1,43	1,35	0,08	-----
E8	1,50	1,35	0,15	-----
E9	1,49	1,35	0,14	-----
E10	1,39	1,35	0,04	-----
E11	1,39	1,35	0,04	-----
E12	1,25	1,35	-----	-0,10
E13	1,25	1,35	-----	-0,10

(Fonte: AUTOR)

#### 7.4 Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação por inundação

Mediante a equação 8 foram calculadas as perdas de carga (hf) na tubulação de recalque. Na Tabela 13, estão os resultados.

**Tabela 13-** Resultados de dimensionamento e perdas de carga (hf) na tubulação de recalque

L (m)	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Coefficiente de rugosidade para tubulação em aço (C)	Diâmetro da tubulação de recalque (m)	hf (m.c.a)
335	0,0105	125	0,075	30,36

Mediante a Equação 9 foram calculadas as perdas de carga (hf) nos acessórios, na Tabela 14, estão os resultados.

**Tabela 14-** Resultados de dimensionamento e perdas de carga localizadas (hf)

$\sum K_i$	$v^2$ (m s <sup>-1</sup> )	g (m s <sup>-2</sup> )	hf (m.c.a)
6,84	2,36	9,80	0,823

Por tanto a somatória das perdas de carga na tubulação de recalque e localizada equivalem a 31,18 m.c.a.

### 7.5 Número de irrigações e turnos de irrigação

Na Tabela 15 estão contidos o número de irrigações realizadas, a data correspondente às irrigações, a idade da cultura e os turnos de rega durante a condução do experimento.

**Tabela 15-** Número de irrigações, data de irrigação, idade da cultura e turnos de rega durante a condução do experimento. FCA Botucatu-SP

Número de irrigações	Data de irrigação	Idade da cultura (d)	Turno de irrigação (d)
1	15/11/2013	20	---
2	28/11/2013	33	13
3	12/12/2013	47	14
4	20/12/2013	55	8
5	29/12/2013	64	9
6	08/01/2014	74	10
7	11/01/2014	77	3
8	15/01/2014	80	3
9	18/01/2014	83	3
10	22/01/2014	87	4
11	29/01/2014	94	7
12	02/02/2014	98	4
13	06/02/2014	100	2
14	10/02/2014	104	4

### 7.6 Vazões médias utilizadas na irrigação

Na Tabela 16, estão contidos os resultados obtidos a partir da análise de variância pelo teste F. No caso dos tratamentos CONV e MIRI, não houve diferenças estatisticamente significativas enquanto a vazão média, já que  $F$  calculado  $<$   $F$  Tabelado ao 5% de probabilidade. Estes resultados demonstram que a vazão média utilizada na irrigação pelos dois tratamentos é similar, portanto é aceita a hipótese nula ( $H_0$ ).

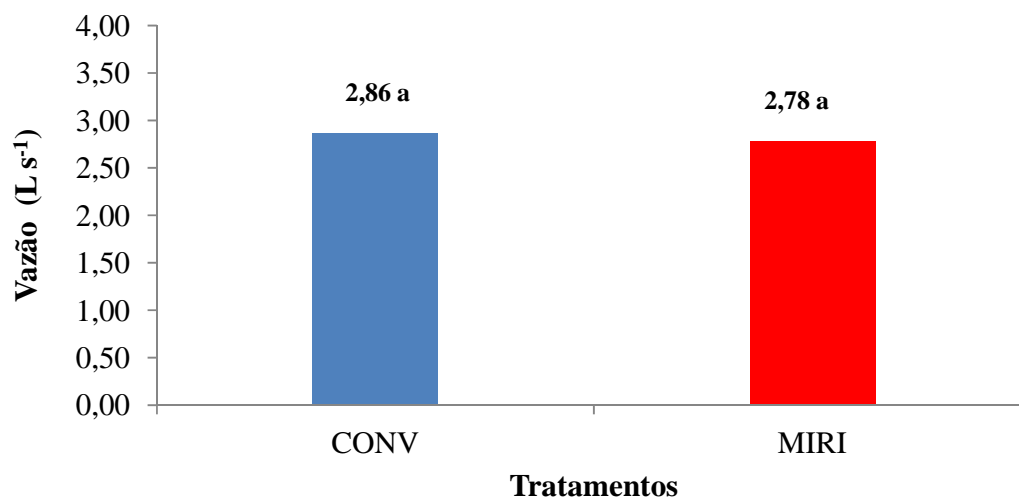
**Tabela 16-** Análise de variância para a vazão média ( $L s^{-1}$ ) submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14. FCA Botucatu - SP

FV	GL	SQ	QM	Fc
Blocos	11	1,582	0,43861	4,05*
Tratamentos	1	0,041	0,04175	1,18 <sup>ns</sup>
Erro	11	0,390	0,035486	
Total	23	2,014		

CV (%) = 6,68

\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, <sup>ns</sup> não significativo.

Na Figura 27, observa-se a comparação das médias da vazão ( $L s^{-1}$ ) utilizada durante a irrigação por inundação nos tratamentos CONV e MIRI, com uma diferença mínima significativa (DMS) igual a 0,16, as médias da vazão foram 2,86 e 2,78  $L s^{-1}$  para os tratamentos CONV e MIRI. Portanto, esta variável teve um comportamento similar entre os tratamentos.



**Figura 27-** Comparação de médias pelo teste Tukey para vazão utilizada na irrigação por inundação dos tabuleiros de arroz nos tratamentos CONV e MIRI. FCA Botucatu-SP.

Na Tabela 17, estão apresentados os valores médios das vazões utilizadas durante cada irrigação. Os resultados obtidos da comparação das médias pelo teste Tukey, mostram que não houve diferenças estatisticamente significativas entre tratamentos nas 14 irrigações ( $p > 0,05$ ). Estas vazões assemelham-se às recomendadas por IRGA (1996) apud Rosso (2007). Stone; Marques e Alves (2006) mencionam que, para a reposição de água, após a aplicação de herbicida pós-plantio do arroz, é recomendável uma vazão mínima de 2 a 3 L s<sup>-1</sup>.

**Tabela 17-** Comparação das médias pelo teste Tukey da vazão média ( $L s^{-1}$ ) de cada irrigação realizada durante o experimento na safra 2013/14 FCA Botucatu-SP

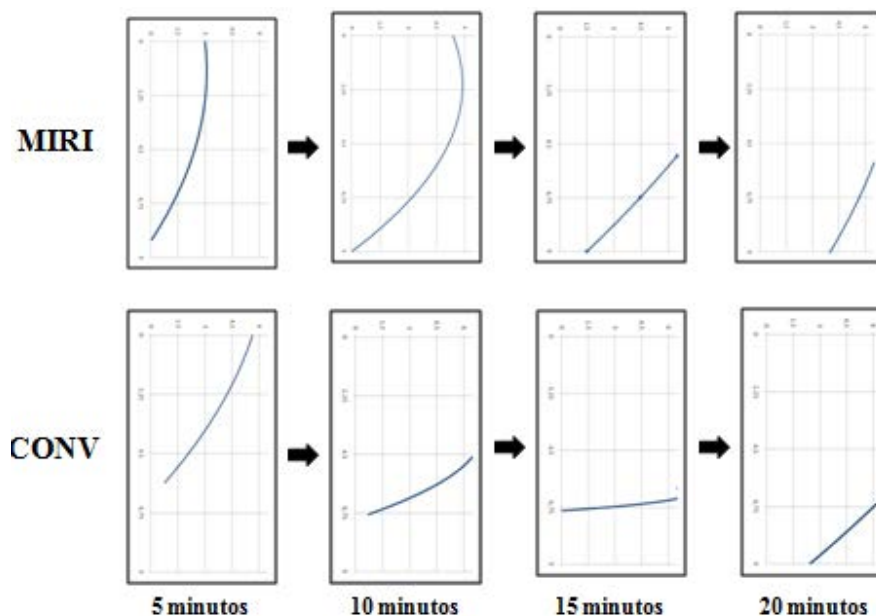
Turno de Rega	Tratamento		p	CV
	CONV	MIRI		
1	2,82a	2,99a	0,4360	17,11
2	2,73a	2,49a	0,1877	16,30
3	3,11a	2,70a	0,1312	21,29
4	3,26a	3,28a	0,8795	13,28
5	3,08a	3,06a	0,9066	10,52
6	3,00a	2,95a	0,7809	14,44
7	2,49a	2,41a	0,4227	9,59
8	2,77a	2,80a	0,8983	22,95
9	3,33a	2,82a	0,3704	43,14
10	3,31a	3,06a	0,3568	20,38
11	2,66a	2,76a	0,6053	16,55
12	2,60a	2,65a	0,7323	13,30
13	2,22a	2,31a	0,2959	9,36
14	2,67a	2,59a	0,5524	12,02

\*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

### 7.7 Avanço de água sobre a superfície do solo

Na Figura 28 observa-se o avanço da água aos 5, 10, 15 e 20 minutos após início de irrigação nos tratamentos MIRI e CONV, nota-se que no tratamento MIRI houve maior área irrigada no tabuleiro que o tratamento CONV, devido ao princípio de oportunidade que oferece a mangueira PBD.





**Figura 28-** Avanço da água sobre a superfície do solo no tabuleiro nos tratamentos MIRI e CONV.

Para a análise do avanço da água sobre a superfície do solo, os tempos de avanço (minutos) foram agrupados e comparados entre sondas localizadas ao longo do tabuleiro da forma (S1, S6 e S7) na Tabela 18; (S2, S5 e S8) na Tabela 19; (S3, S4 e S9) na Tabela 20.

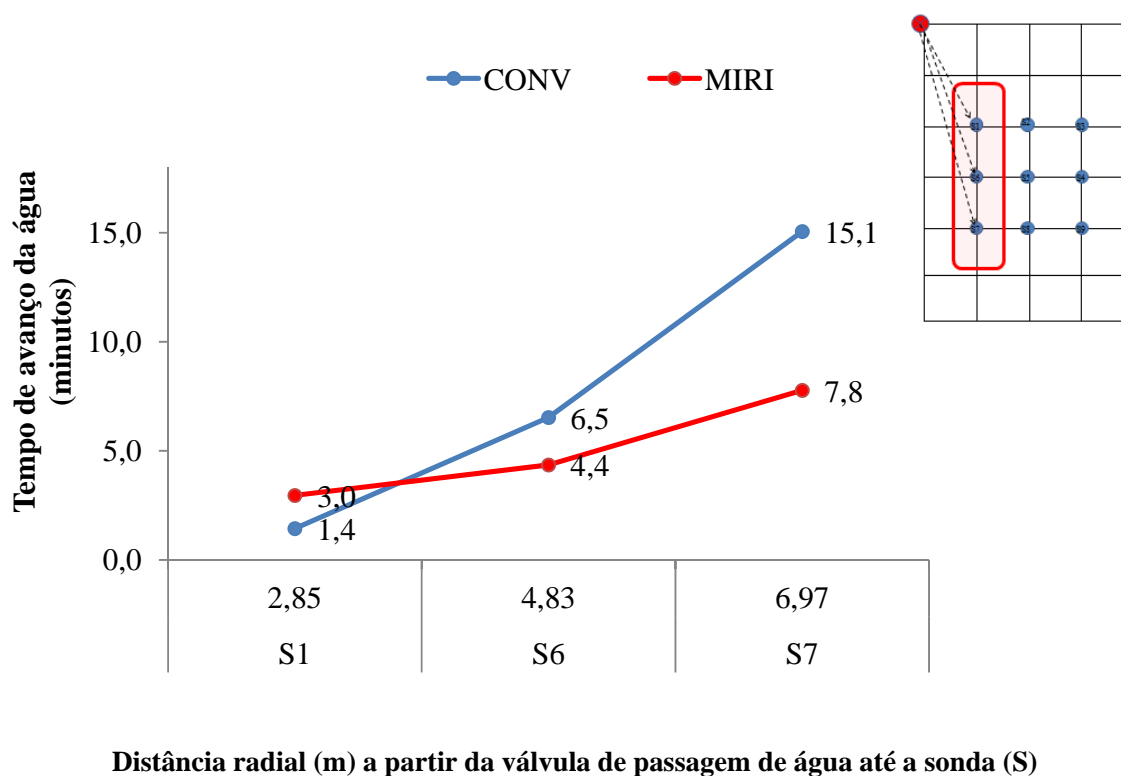
**Tabela 18-** Comparação das médias do tempo de avanço da água (minutos) na superfície do solo a partir da válvula de passagem da água até a distância das sondas (S1, S6 e S7) para os tratamentos CONV e MIRI entre as irrigações 1 e 4

		Tempo de avanço da água (minutos)					
		Distância radial (m) entre válvula de passagem de água até a sonda (S) no tabuleiro					
		até S1=2,85 m		até S6=4,83 m		até S7=6,97 m	
Irrigação		CONV	MIRI	CONV	MIRI	CONV	MIRI
1		0,90a	2,86b	6,11a	3,91a	13,35b	7,88a
2		2,08a	2,88a	7,24a	5,85a	18,13b	5,80a
3		1,87a	3,21a	6,66b	3,75a	15,41b	9,53a
4		0,90a	2,86b	6,11a	3,91a	13,35b	7,88a
Média		1,44a	2,96b	6,53a	4,36a	15,06b	7,78a

Médias seguidas pela mesma letra na linha entre CONV e MIRI, não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Na comparação das médias do tempo de avanço (Tabela 18), apresentaram diferenças estatísticas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamentos para S1 e S7. No caso da S1, o menor tempo de avanço foi no CONV com 1,44 minutos. No caso da S7, o menor tempo foi no tratamento MIRI com 7,78 minutos, sendo este resultado a metade do tempo de avanço que no tratamento CONV.

Na Figura 29, ilustra-se o tempo de avanço da água em relação à distância radial entre a válvula de passagem da água na entrada ao tabuleiro e a sonda, como aparece no esquema na parte superior direita da mesma Figura. No caso do MIRI, o tempo de avanço foi menor em comparação ao CONV a partir de 4,83 m com uma diferença de dois minutos. A maior diferença no tempo de avanço foi de 7,3 minutos na S7 a uma distância de 6,97 m, sendo menor o tempo de avanço no MIRI.



**Figura 29-** Tempo de avanço da água sobre a superfície em relação à distância radial nos tratamentos CONV e MIRI para sondas S1=2,85 m, S6=4,83 m e S7=6,97 m.

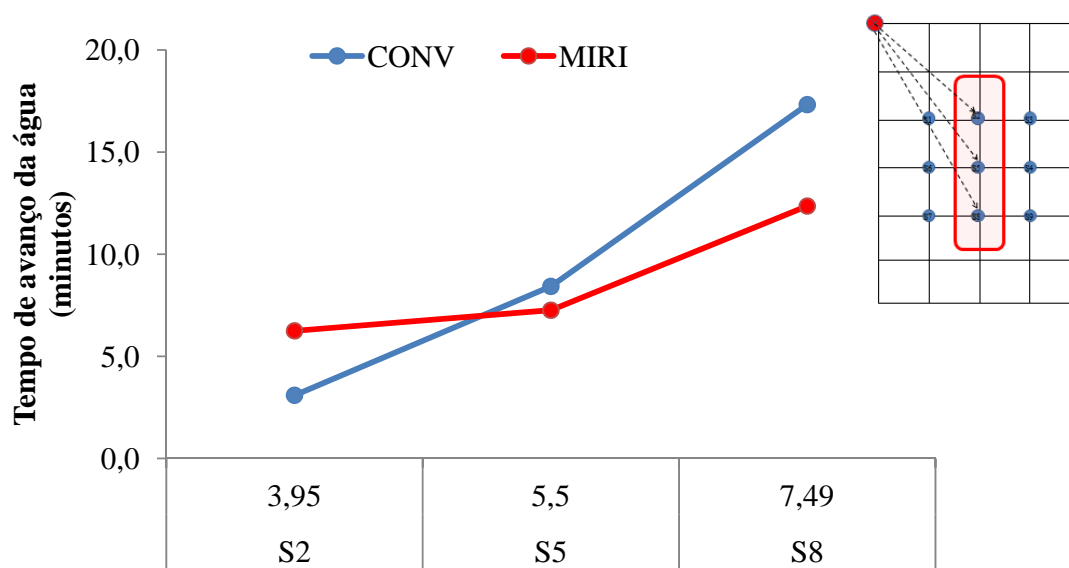
Na comparação de médias do tempo de avanço (Tabela 19), apresentaram diferenças estatísticas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamentos para as S2 e S8. No caso da S2, o menor tempo de avanço foi no CONV com 3,09 minutos. No caso da S8, o menor tempo foi no tratamento MIRI com 12,35 minutos. Esta diferença de tempo é devido à utilização da mangueira PBD, como condução da água ao longo do tabuleiro, porém, diminuindo o tempo de avanço.

**Tabela 19-** Comparação das medias do tempo (minutos) de avanço da água na superfície do solo a partir da válvula de passagem da água até distância das sondas (S2, S5 e S8) para os tratamentos CONV e MIRI entre as irrigações 1 e 4

		Tempo de avanço da água (minutos)					
		Distância radial (m) entre válvula de passagem de água até a sonda (S) no tabuleiro					
		S2=3,95m		S5=5,50 m		S8=7,49 m	
Irrigação		CONV	MIRI	CONV	MIRI	CONV	MIRI
1		2,52a	5,92b	7,48a	7,04a	14,18a	12,69a
2		3,64a	5,14a	10,40a	6,87a	22,94b	11,24a
3		3,68a	7,97b	8,33a	8,06a	18,00a	12,80a
4		2,52a	5,92b	7,48a	7,04a	14,18a	12,69a
Média		3,09a	6,24b	8,42a	7,25a	17,32b	12,35a

Médias seguidas pela mesma letra na linha entre CONV e MIRI, não diferiram estatisticamente pelo Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 30, ilustra-se o tempo de avanço da água em relação à distância radial entre a válvula de passagem da água na entrada ao tabuleiro e a sonda, como aparece no esquema na parte superior direita da Figura mesma. No caso do MIRI, o tempo de avanço é menor que o CONV a partir de 5,5 m (S5), mas a maior diferença no tempo de avanço foi de quase 5 minutos, sendo menor para MIRI na S8.



**Distância radial (m) a partir da válvula da passagem da água até a sonda**

**Figura 30-** Tempo de avanço da água sobre a superfície em relação à distância radial nos tratamentos CONV e MIRI para sondas S2=3,95 m, S5=5,5 m e S8=7,49 m.

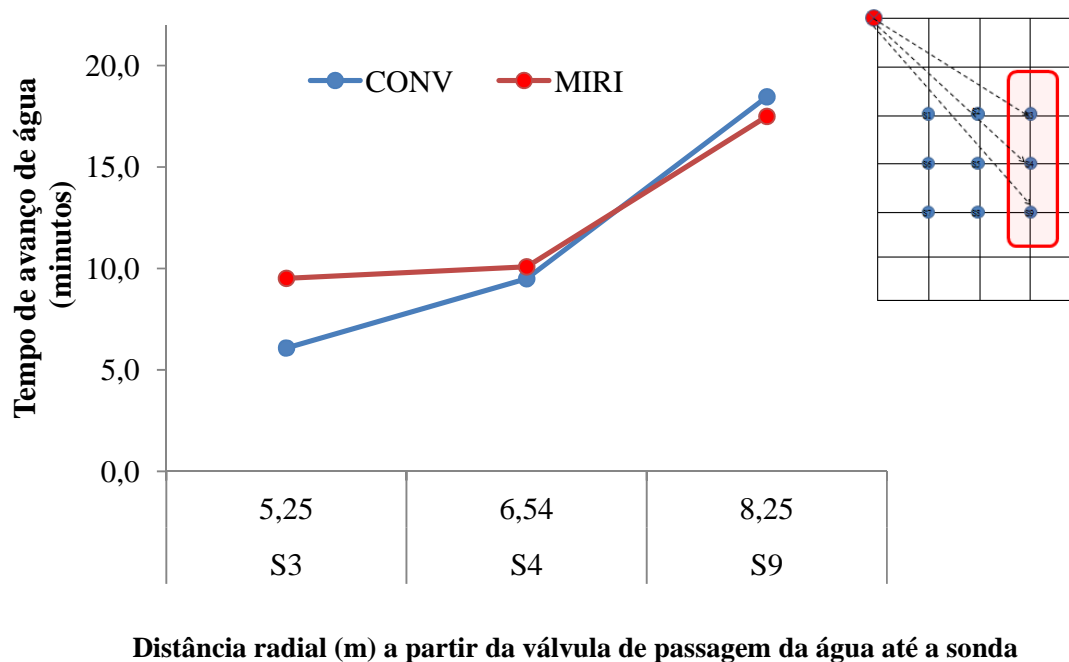
Na comparação de médias do tempo de avanço (Tabela 20), apresentou diferenças estatísticas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamentos CONV e MIRI na S3 a uma distância 5,25 m, sendo menor o tempo de avanço no tratamento CONV, o qual foi de 6,08 minutos. Nas outras distâncias, o tempo de avanço foi similar.

**Tabela 20-** Comparação das médias do tempo (minutos) de avanço da água na superfície do solo a partir da válvula de passagem da água até distância das sondas (S3, S4 e S9) para os tratamentos CONV e MIRI entre as irrigações 1 e 4

Tempo de avanço da água (minutos)						
Distância radial (m) entre válvula de passagem de água até a sonda (S) no tabuleiro						
S3=5,25 m		S4=6,54 m		S9=8,25 m		
Irrigação	CONV	MIRI	CONV	MIRI	CONV	MIRI
1	5,14a	9,02b	8,90a	9,42a	15,92a	16,60a
2	7,32a	8,56a	11,16a	10,18a	22,97a	18,27a
3	6,71a	11,44b	9,00a	11,30a	19,03a	18,50a
4	5,14a	9,02b	8,90a	9,42a	15,92a	16,60a
Média	6,08a	9,51b	9,49a	10,08a	18,46a	17,49a

Médias seguidas pela mesma letra na linha entre CONV e MIRI, não diferiram estatisticamente pelo Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 31, ilustra-se o tempo de avanço da água em relação à distância radial entre a válvula de passagem da água na entrada ao tabuleiro e a sonda, como aparece no esquema na parte superior direita da mesma Figura. No caso do tratamento CONV, o tempo de avanço é menor que o MIRI a menor distância, mas a maior distância o tempo de avanço é similar nos dois tratamentos.



**Distância radial (m) a partir da válvula de passagem da água até a sonda**

**Figura 31-** Tempo de avanço da água sobre a superfície em relação à distância radial nos tratamentos CONV e MIRI para sondas S3=5,25 m, S4=6,54 m e S9=8,25 m.

Na prática, no caso do MIRI, o comportamento do avanço da água poderia ser mais acentuado em lavouras de arroz que apresentam maior comprimento com relação a sua área, já que esta análise demonstrou que em tabuleiros de 9 m de comprimento obteve-se diferenças significativas, devido à vantagem que apresentou o MIRI em relação à condução e distribuição da água na área do tabuleiro.

### 7.8 Teor de água no solo

Os resultados obtidos do teor de água no solo foram analisados em cada tratamento considerando uma, duas e três horas após inundação, profundidade da camada de solo e por distância radial entre a válvula de passagem e as sondas.

### 7.8.1 Teor de água no solo no tempo após inundação por tratamento

Na Tabela 21, aparece a comparação de médias do teor de água no solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), pelo teste Tukey dos tratamentos CONV e MIRI em relação ao tempo de inundação.

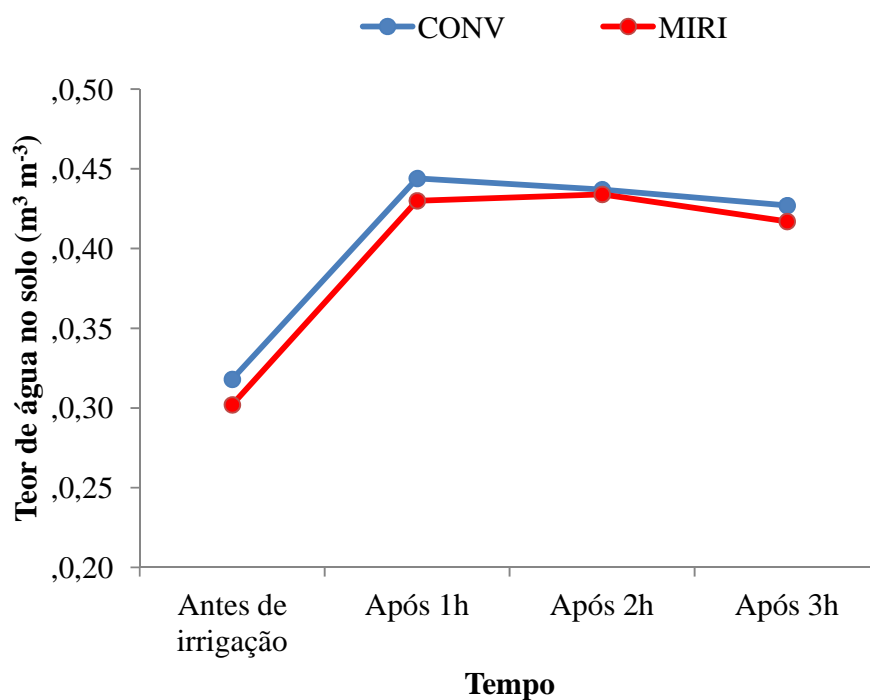
Os valores de teor de água no solo apresentaram diferenças estatísticas ( $p < 0,01$ ) entre antes da irrigação e 1, 2 e 3 horas após a inundação sendo maior 1 h após inundação.

**Tabela 21-** Comparação de médias do teor de água no solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) nos tratamentos CONV e MIRI de acordo com o tempo de inundação

Tratamento	Tempo de inundação				Média
	Antes Irrigação	Após 1h	Após 2h	Após 3h	
	Teor de água no solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )				
CONV	0,318	0,444	0,437	0,427	0,407a
MIRI	0,302	0,430	0,434	0,410	0,396a
Média	0,310B	0,437A	0,436A	0,422A	
C.V (%) = 7,54	Tratamento p = 0,9293	Tempo inundação p < 0,001	Tratamento x tempo inundação p = 0,1679		

\*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 32, constata-se o comportamento do teor de água no solo nos tratamentos CONV e MIRI, sendo estatisticamente diferente ( $p < 0,001$ ), após uma hora de inundação, tanto para CONV como para MIRI, passando de 0,318 para 0,444  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  e de 0,302 para 0,434  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , respectivamente. Após esse período de tempo, ou seja, 2 e 3 horas, o teor de água no solo nos dois tratamentos foi similar, mas apresentou uma leve diminuição devido às perdas de água que acontecem por percolação profunda, fluxo lateral, e evapotranspiração da cultura.



**Figura 32-** Comportamento do teor de água no solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) nos tratamentos CONV e MIRI antes e após 1, 2 e 3 horas de inundação na irrigação do tabuleiro no experimento conduzido durante a safra 2013/14, na FCA Botucatu – SP.

#### **7.8.2 Médias do teor de água no solo (1, 2 e 3 h) após a inundação por tratamento e profundidade da camada de solo**

Na Tabela 22 apresenta-se a comparação de médias do teor de água ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) pelo teste Tukey, nas camadas do solo a profundidade (0 – 20 cm) e (20 -40 cm), nos tratamentos CONV e MIRI em relação ao tempo da inundação. Os resultados estatísticos mostram que houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre antes da irrigação e 1, 2 e 3 horas após a inundação.

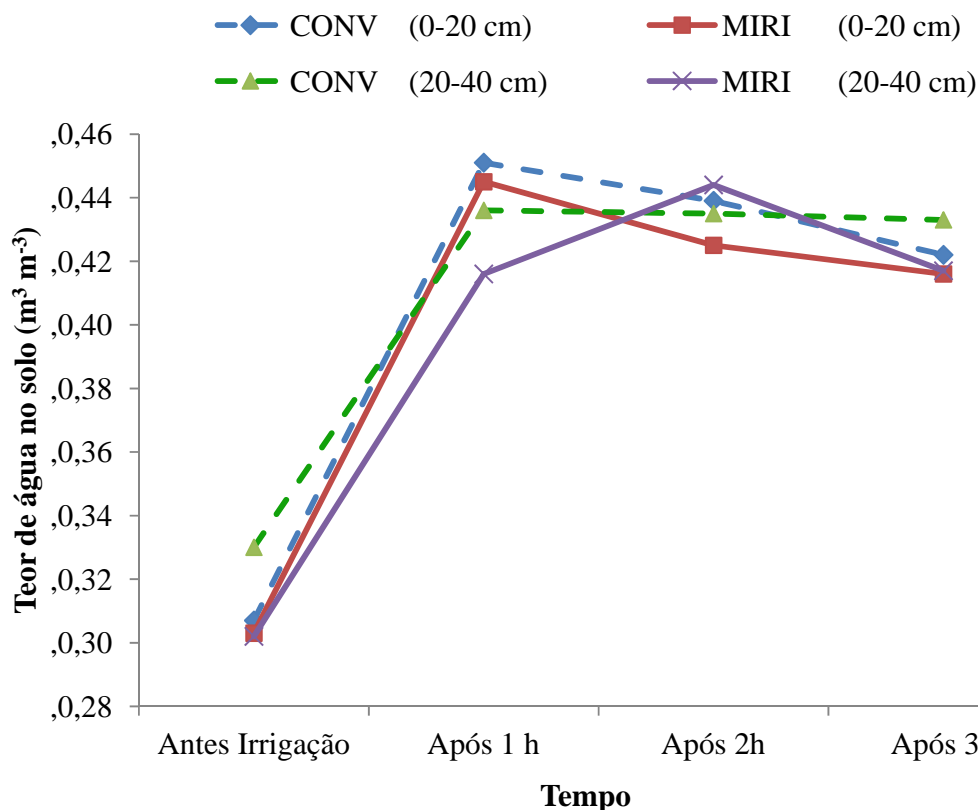


**Tabela 22-** Comparação de médias do teor de água no solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) em duas camadas do solo nos tratamentos CONV e MIRI de acordo com o tempo após inundação.

Tratamento	Profundidade da camada do solo (cm)	Tempo após inundação				Média
		Antes Irrigação	1h	2h	3h	
Teor de água no solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )						
CONV	0-20	0,307	0,451	0,439	0,422	0,405a
	20-40	0,330	0,436	0,435	0,433	0,408a
MIRI	0-20	0,303	0,445	0,425	0,416	0,397a
	20-40	0,302	0,416	0,444	0,417	0,395a
	Média	0,310B	0,437A	0,436A	0,422A	
	CV (%)	Tratamento	Tempo inundação	Tratamento x Tempo inundação		
	6,85	p = 0,5841	p < 0,001	p = 0,8736		

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 33, aparece o comportamento do teor de água ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) das camadas do solo (0 a 20 cm) e (20 a 40 cm) em relação ao tempo de inundação nos tratamentos CONV e MIRI. Os valores das médias do teor de água no solo após a inundação foram similares, mas vale a pena destacar que no tratamento MIRI, a lâmina aplicada na irrigação foi menor, por tanto se pode deduzir que, o tratamento MIRI atinge similar teor de água no solo que o tratamento CONV, mas com menor quantidade de água aplicada, devido à melhor distribuição da água pela múltipla entrada na mangueira PBD, considerando uma vantagem na economia no uso da água.



**Figura 33-** Comportamento do teor de água ( $m^3 m^{-3}$ ) das camadas do solo de acordo com o tempo de inundação nos tratamentos CONV e MIRI na irrigação dos tabuleiros de arroz no experimento conduzido durante a safra 2013/14, na FCA Botucatu – SP.

### 7.8.3 Teor de água no solo de acordo com tempo de inundação e por distância radial

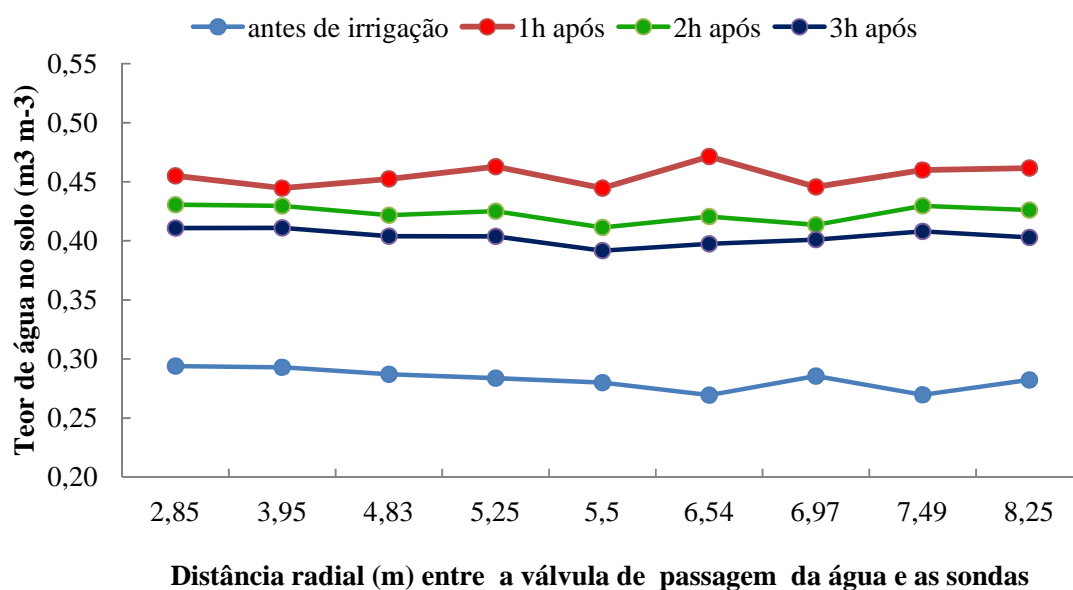
Na Tabela 23, aparecem contidos os valores médios do teor de água do solo em relação ao tempo após inundação e a distância radial (m) entre a válvula de passagem da água e cada sonda colocada no tabuleiro na profundidade de 0 a 20 cm. Os resultados estatísticos mostram que houve diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) entre tempo após inundação, sendo o teor de água no solo, menor antes da irrigação com  $0,28 m^3 m^{-3}$  e maior após 1 hora de inundação com  $0,46 m^3 m^{-3}$ . No caso das médias do teor de água obtidas entre as sondas e a interação, tratamento e tempo após a inundação, observou-se que não apresentaram diferenças significativas ( $p = 0,1020$ ) e ( $p = 0,3064$ ). No caso o coeficiente de variação foi de 1,83% (menor variação entre as médias).

**Tabela 23-** Comparação de médias do teor de água no solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) em relação com o tempo de inundação e a distância radial entre a válvula de saída da água na profundidade de 0 a 20 cm.

Tempo	Distância radial entre a válvula de passagem da água e a sonda (m)									
	2,85	3,95	5,25	6,54	5,5	4,83	6,97	4,49	8,25	
	Teor de água no solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )									
										Média
Antes Irrigação	0,291	0,288	0,291	0,281	0,284	0,274	0,289	0,275	0,281	0,28d
Após 1 h	0,464	0,452	0,453	0,466	0,452	0,468	0,454	0,466	0,467	0,46a
Após 2h	0,430	0,425	0,421	0,429	0,419	0,422	0,422	0,428	0,434	0,43b
Após 3h	0,410	0,406	0,402	0,410	0,398	0,398	0,407	0,404	0,412	0,41c
Média	0,39A	0,39A	0,39A	0,39A	0,38A	0,39A	0,39A	0,39A	0,39A	0,39A
	C.V (%)			Sondas		Tempo de inundação		Tratamento x Tempo de inundação		
	1,83			p = 0,1020		p < 0,001		p = 0,3064		

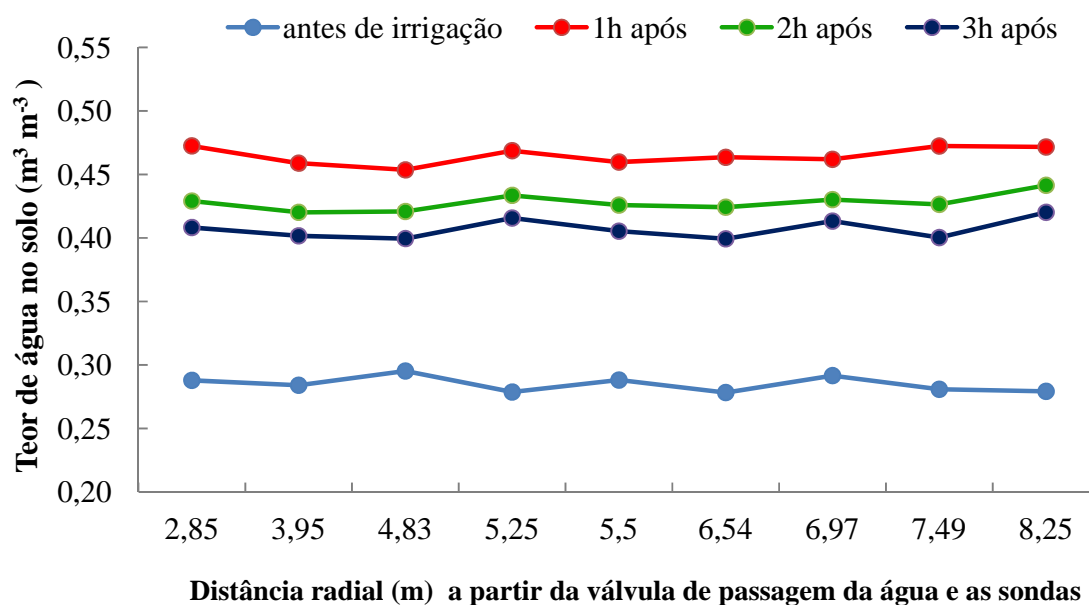
\*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 34 ilustra-se que o teor de água no solo, antes da irrigação, foi cerca de  $0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de solo em quase todas as distâncias radiais. Os maiores teores de água foram obtidos após uma hora de inundação em torno de  $0,45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . O teor de água diminuiu à medida em que se aumentou o tempo após a inundação. Depois de duas horas de inundação, o teor de água ficou entre  $0,43$  e  $0,41 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de solo. No caso do teor de água, três horas após inundação, ficou entre  $0,41$  e  $0,39 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de solo. Portanto, no tratamento CONV não se evidencia diferenças no teor de água na camada de solo de 0 a 20 cm entre as distâncias radiais nos tabuleiros. Só houve diferenças no teor de água entre tempos de inundação.



**Figura 34-** Valores médios do teor de água na camada do solo (0-20 cm) de acordo com a distância radial (m) entre a saída da água e as sondas no tratamento CONV.

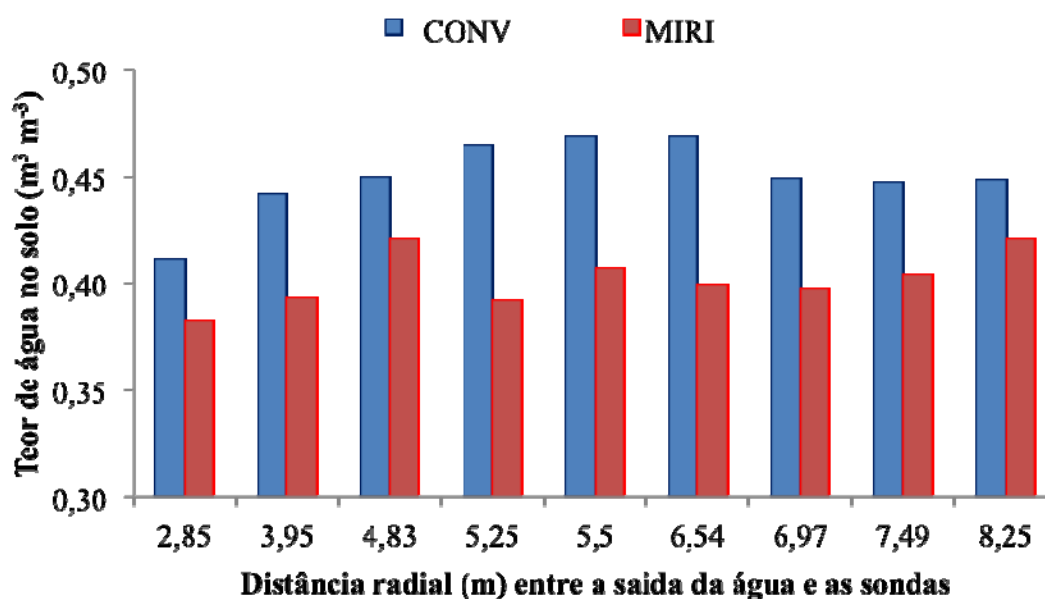
A Figura 35 ilustra que o teor de água no solo foi cerca de  $0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  em quase todas as distâncias radiais, sendo parecido ao encontrado no tratamento CONV. Os maiores teores de água foram obtidos uma hora após inundação, com valores médios entre  $0,46$  e  $0,47 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de solo em quase todas as distâncias radiais. O teor de água diminuiu à medida em que aumentou o tempo após inundação. Após duas horas de inundação, o teor de água decresceu até ficar entre  $0,42$  e  $0,44 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  em todas as distâncias radiais. No caso do teor de água, após três horas de inundação, este ficou entre  $0,40$  e  $0,42 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de solo.



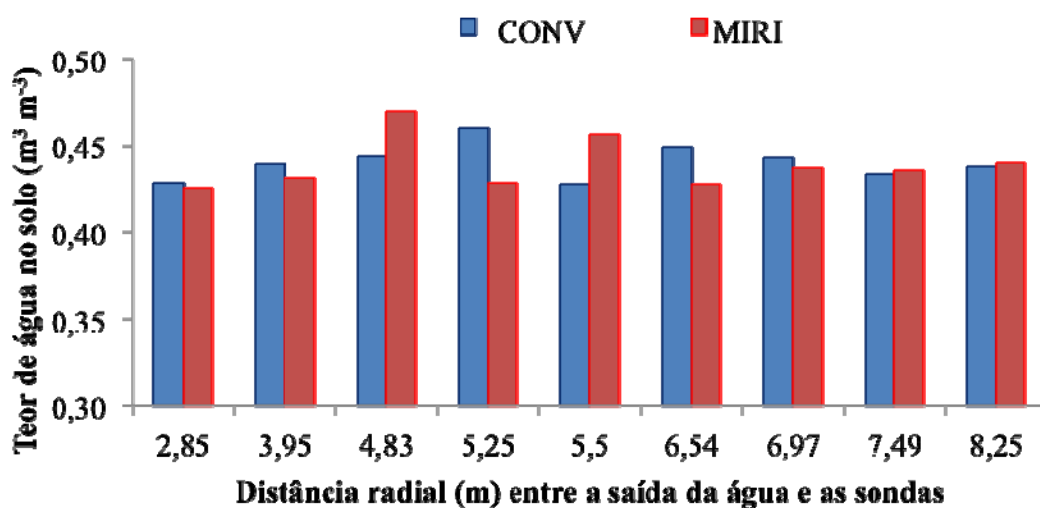
**Figura 35-** Valores médios do teor de água na camada do solo (0-20 cm) de acordo à distância radial (m) entre a saída da água e as sondas no tratamento MIRI.

Ao comparar estes resultados entre tratamentos, não existiram diferenças significativas no teor de água na camada de solo de 0 a 20 cm de profundidade que, para o caso do arroz, ficou em torno de 80% das raízes, demonstrando, desta forma, a economia da água no tratamento MIRI, tendo em vista que se aplicou menor lâmina de água, mas obteve-se teor de água similar ao tratamento CONV em todos os tabuleiros.

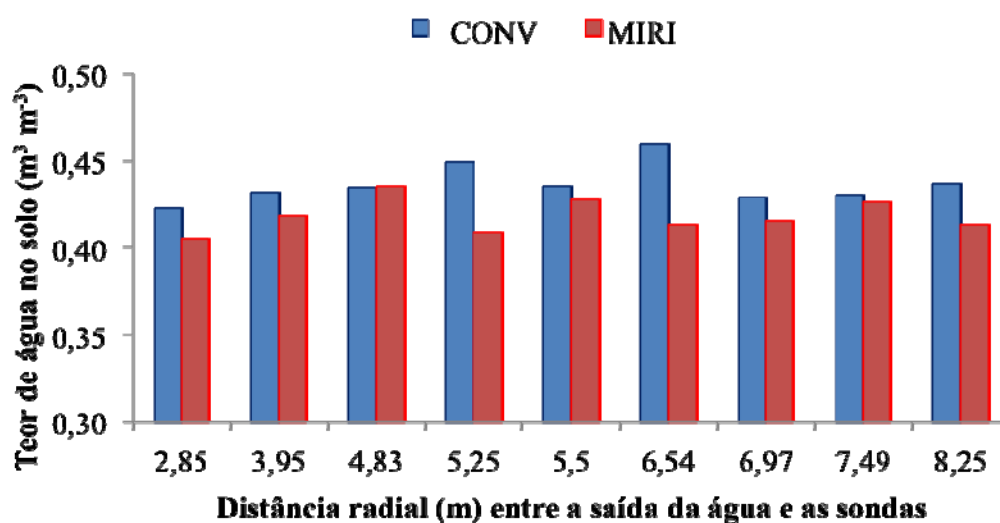
Para a análise do teor de água na camada de solo de 20 a 40 cm de profundidade, foram comparadas de maneira separada de acordo com os tempos de inundação (1, 2 e 3 horas) em relação a cada distância radial. As Figuras 36, 37 e 38 mostram que, o teor de água na camada de solo de 20 a 40 cm foi maior em quase todas as distâncias radiais, significando que, houve maior percolação da água para a camada de 20 a 40 cm no tratamento CONV, devido à maior lâmina aplicada neste tratamento para conseguir alcançar os 10 cm de altura na lâmina de água.



**Figura 36-** Teor de água nos tratamentos CONV e MIRI de acordo com a distância radial entre a saída da água e as sondas uma hora após inundação dos tabuleiros.



**Figura 37.** Teor de água nos tratamentos CONV e MIRI de acordo com a distância radial entre a saída da água e as sondas duas horas após inundação dos tabuleiros.



**Figura 38-** Teor de água nos tratamentos CONV e MIRI de acordo com a distância radial entre a saída da água e as sondas três horas após inundação dos tabuleiros.

### 7.9 Tempo de enchimento dos tabuleiros

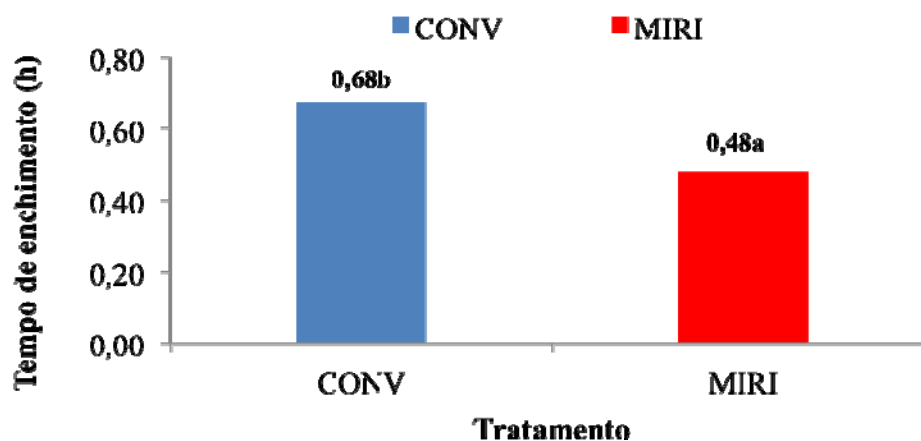
Na Tabela 24, aparecem os resultados obtidos a partir da análise de variância pelo teste F, para a variável Tempo de enchimento (h) do tabuleiro. Observa-se diferença estatística significativa a 1% de probabilidade no tempo de enchimento do tabuleiro pelos tratamentos CONV e MIRI, portanto é aceita a hipótese alternativa ( $H_i$ ), na qual os tratamentos mencionados diferem entre si.

**Tabela 24-** Análise de variância para Tempo de Enchimento (h) do tabuleiro, submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14, na FCA Botucatu – SP

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	11	0,063146	0,005741	4,32*
Tratamentos	1	0,238004	0,238004	1,80**
Erro	11	0,014546	0,001322	
Total	23	0,315696		
CV (%) =	6,30			

\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, <sup>ns</sup> não significativo.

A Figura 39, mostra as médias do tempo de enchimento do tabuleiro durante a irrigação entre os dois tratamentos, sendo menor no tratamento MIRI, com 0,48 h, e o tratamento CONV com 0,68 h. Portanto, o tratamento MIRI demorou 0,20 h menos que o tratamento CONV, que equivalem a 12 minutos a menos para encher o tabuleiro de 58,5 m<sup>2</sup> até alcançar uma altura de lâmina de água de 10 cm.



**Figura 39-** Teste Tukey de Comparação de médias do tempo de enchimento do tabuleiro durante a irrigação pelos tratamentos CONV e MIRI na FCA Botucatu-SP.

Embora, a topografia do solo em cada tabuleiro, não fosse muito diferente, devido à sistematização homogênea do terreno, os tempos de inundação para os dois tratamentos foram diferentes (Tabela 25), devido ao rápido deslocamento da água sobre a superfície do solo no tratamento MIRI, comportamento demonstrado no tempo de avanço da água como resultado da utilização da mangueira e a melhor distribuição da água dentro do tabuleiro durante a irrigação e, a chegada antecipada da água a cada ponto permitiu que nos tabuleiros com MIRI a saturação do perfil começasse mais rápido, portanto o grau de saturação foi progressivamente maior até a formação da lâmina de água na altura de 0,1 m.

De acordo com a comparação de médias do tempo de inundação dos tabuleiros, nas 14 irrigações realizadas durante o experimento (Tabela 25), o tratamento MIRI encheu em menor tempo e portanto a formação da lâmina de água foi mais rápida. Observa-se que nas irrigações 1, 2 e 3 apresentaram maior tempo de enchimento devido à baixa umidade antecedente do solo no momento da irrigação devido ao fato da primeira irrigação ter sido realizada a partir dos 20 dias após a emergência da cultura, já que na primeira fase de desenvolvimento da cultura, as necessidades hídricas ainda são baixas. Desta forma, pode-se



reduzir o consumo final de água na cultura. Para Duarte (1969) apud Stone; Silveira e Moreira (2006) as épocas de 20 e 30 dias após a germinação do arroz são consideradas como as melhores para o início da irrigação.

**Tabela 25-** Comparação de médias do tempo de enchimento (h) do tabuleiro durante cada irrigação realizada no experimento durante a safra agrícola 2013/14. FCA Botucatu – SP

Irrigação	Tratamento (Tempo de enchimento (h))		p	CV
	CONV	MIRI		
1	<b>0,79</b>	<b>0,56</b>	<0,01	22,51
2	<b>0,97</b>	<b>0,72</b>	<0,01	21,00
3	<b>1,13</b>	<b>0,93</b>	0,01	24,41
4	0,80	0,54	0,01	30,22
5	0,58	0,4	<0,01	19,89
6	0,70	0,49	<0,01	15,77
7	0,64	0,50	0,012	21,06
8	0,49	0,28	<0,01	16,07
9	0,56	0,37	<0,01	29,91
10	0,48	0,30	<0,01	16,93
11	0,59	0,36	<0,01	16,87
12	0,57	0,38	<0,01	18,74
13	0,55	0,44	<0,01	17,61
14	0,60	0,43	<0,01	15,34

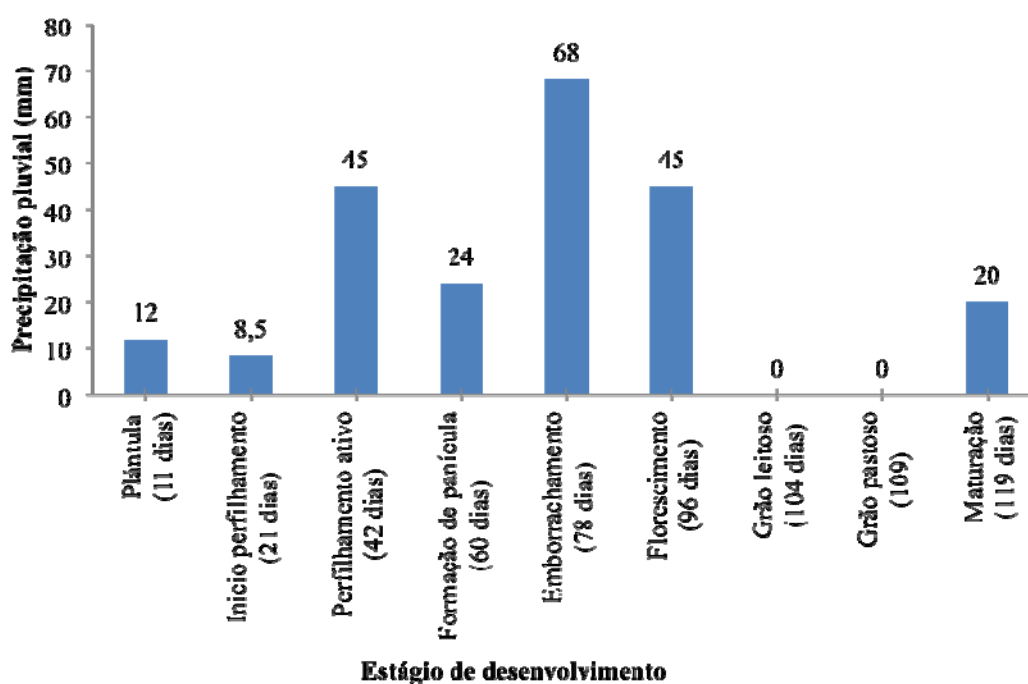
Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

## 7.10 Componentes de consumo de água no balanço hídrico em arroz irrigado

### 7.10.1 Precipitação pluvial

Durante a condução do experimento, entre 25 de outubro de 2013 e 20 de fevereiro de 2014, a precipitação pluvial total foi de 222,5 mm, enquanto que, para as mesmas datas, a média histórica entre os anos 1971 e 2012 foi de 838,93 mm, o que demonstra uma redução da precipitação, durante o experimento, de 73,12%. O consumo de água no

balanço hídrico do arroz tem uma relação direta com a precipitação, já que quanto maior a precipitação durante o ciclo da cultura, menor a lâmina de irrigação a ser aplicada (YOSHIDA, 1981). Estudos realizados na China, por Atlin et al. (2006), mostraram que durante as safras de arroz irrigado, nos anos de 2002 e 2003, a precipitação foi de 337 e 674 mm e a lâmina irrigada foi de 1.407 e 476 mm, respectivamente (BOUMAN; LAMPAYAN; TOUNG, 2007). Ao conferir estes resultados com os obtidos neste experimento, encontrou-se que, para 222,5 mm de precipitação, foi necessário aplicar uma lâmina de água de 1.697,9 e 1.532,4 mm nos tratamentos CONV e MIRI, respectivamente. Estes resultados demonstram a vantagem da MIRI na diminuição da lâmina irrigada com uma eventual redução da precipitação pluvial.



**Figura 40-** Precipitação pluvial (mm) durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417 no experimento safra 2013/2014 na FCA – Botucatu (SP).

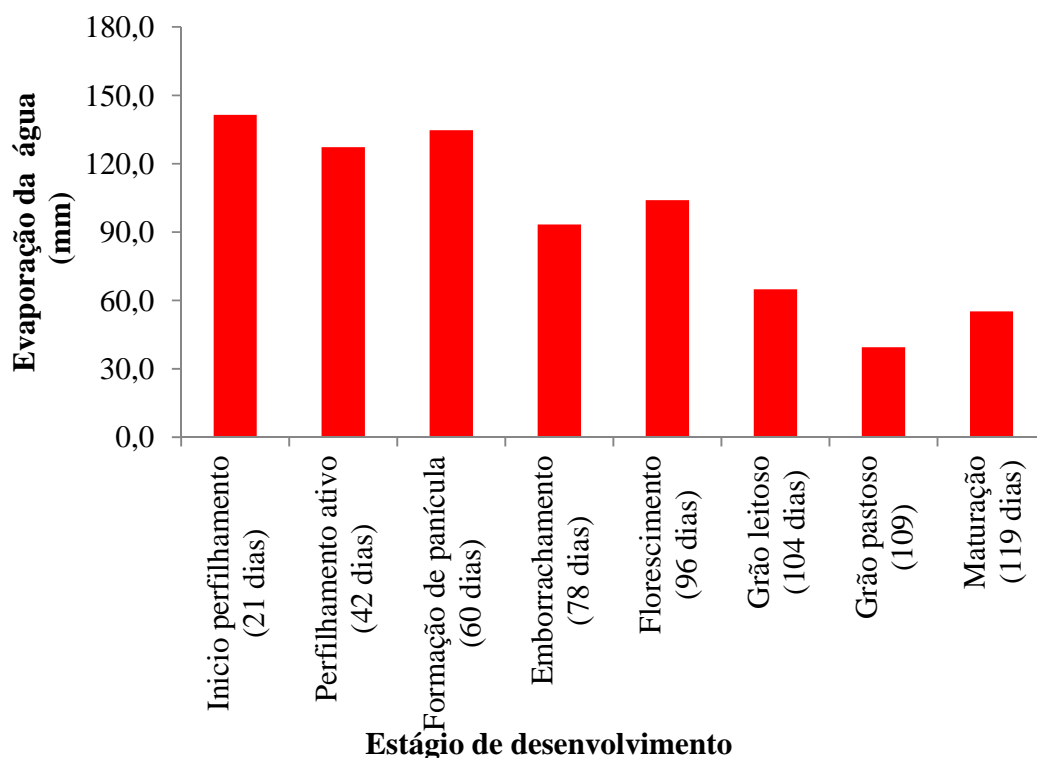
A Figura 40, mostra a precipitação pluvial durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417. O período de 30 dias compreendido entre a formação da panícula ao florescimento, que se caracteriza por sua maior demanda hídrica da cultura de arroz, segundo Tsutsui (1972b) e Tsutsui (1972c) apud Gomes; Pauletto e Franz (2004),

Ishimaru (1975) apud Fornasieri e Fornasieri (2006), totalizou 137 mm, ou seja, nesse período, que correspondeu à quarta parte do total do ciclo da cultivar, a precipitação foi muito baixa, condição limitante não só pelo oferecimento de água da chuva, como também pela possibilidade da irrigação que dependeu da quantidade de água no reservatório, o qual apresentou níveis muito baixos devido à redução da precipitação. Portanto, a precipitação pluvial foi um fator limitante por ser um ano atípico e a irrigação participou de maneira importante na condução do experimento.

### **7.10.2 Evaporação**

Segundo Stone; Silveira e Moreira (2006) e Gomes; Pauletto e Franz, a evaporação da água da superfície livre do solo define junto à transpiração, o consumo de água pela planta ou evapotranspiração de cultura (ETc). Neste capítulo a evaporação da água na superfície do solo livre foi calculada e discutida para melhor entendimento da ETc.

A Figura 41 apresenta a evaporação (mm) ocorrida durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417. Os valores correspondem às somatórias dos valores diários durante cada estágio de desenvolvimento. O comportamento mostra que a maior perda de água, por evaporação, aconteceu no começo do desenvolvimento da cultura nos estágios de início de perfilhamento e perfilhamento ativo, uma vez que durante as primeiras irrigações, a lâmina de água fica com maior exposição à radiação solar, portanto a transferência de água em forma de vapor que vai para a atmosfera é maior. Gomes; Pauletto e Franz (2004) mencionam que a evaporação é maior no início do cultivo do arroz, assemelhando-se à obtida em evaporímetros e decresce à medida que a cultura se desenvolve e cobre o solo.



**Figura 41-** Evaporação total (mm) do tanque evaporímetro classe A durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417 no experimento safra agrícola 2013/2014 na FCA - Botucatu (SP).

Nos primeiros 42 dias de desenvolvimento, nos estágios de início de perfilhamento e perfilhamento ativo da cultivar IRGA 417 (Tabela 26), as perdas de água por evaporação corresponderam a 35,3% do total das perdas, confirmando o mencionado por Gomes; Pauletto e Franz (2004). Os valores médios diários obtidos neste experimento são similares aos encontrados por Kung (1971) apud Yoshida (1981), que estiveram entre 1,0 e 6,2 mm d<sup>-1</sup>, em 43 locais do sudeste asiático. No caso deste experimento, as perdas totais por evaporação durante o ciclo da cultura foram de 760,3 mm.

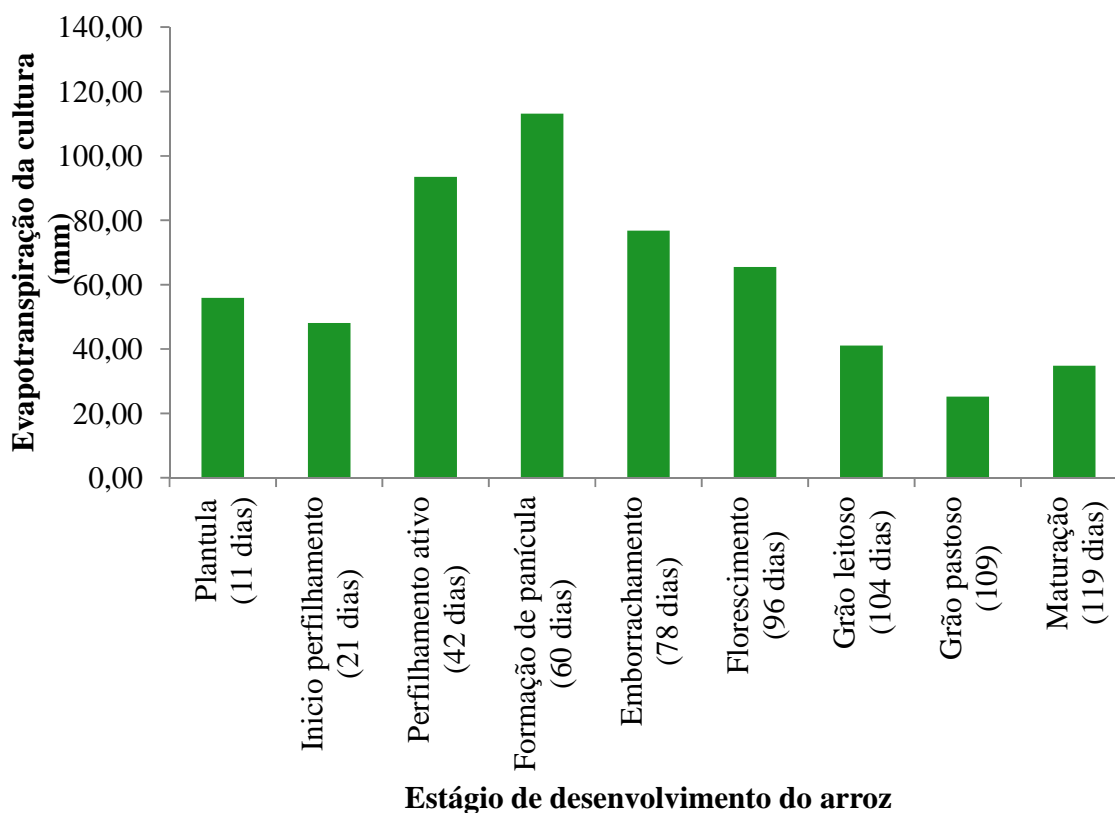
**Tabela 26-** Evaporação obtida de tanque classe A durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417 no experimento safra 2013/2014 na FCA - Botucatu (SP)

Estágio de desenvolvimento da cultura	Idade da cultura (dias)	Evaporação			
		Total durante o estágio (mm)	Total acumulada (mm)	Porcentagem do total (%)	Média diária (mm d <sup>-1</sup> )
Início perfilhamento	21	141,0	141,0	18,5	6,7*
Perfilhamento ativo	42	127,2	268,2	<b>35,3</b>	6,1
Formação de panícula	60	134,7	402,9	53,0	7,5
Emborrachamento	78	93,4	496,3	65,3	5,2
Florescimento	96	104,0	600,3	78,9	5,8
Grão leitoso	104	64,9	665,2	87,5	8,1
Grão pastoso	109	39,5	704,7	92,7	7,9
Maturação	119	55,2	759,9	100,0	5,5
<b>Média</b>					<b>6,6</b>

\* A média diária foi obtida da evaporação total para cada estágio de desenvolvimento dividido no período (dias) que ocorreu o estágio.

### 7.10.3 Evapotranspiração da cultura

Na Figura 42 observa-se o comportamento da evapotranspiração da cultivar de arroz IRGA 417 nas condições de Botucatu-SP, durante seus estágios de desenvolvimento na safra 2013/2014. Neste sentido, os maiores consumos de água pela cultura, foram obtidos na fase reprodutiva entre os estágios de perfilhamento ativo aos 42 dias e emborrachamento aos 78 dias, sendo o maior deles durante a formação da panícula, aos 60 dias, com 133,15 mm, um dos órgãos responsáveis pela produtividade da cultura. Este aumento é devido ao maior tamanho e número de folhas na cultura. Comportamento similar foi observado por Ishimaru (1975) apud Fornasieri Filho e Fornasieri (2006), tendo o maior consumo 20 dias antes do florescimento. Da mesma forma, Tsutsui (1972) apud Stone; Silveira e Moreira (2006) afirmam que o maior consumo de água pela evapotranspiração ocorre durante a diferenciação da panícula até o florescimento.



**Figura 42-** Evapotranspiração da cultura (mm) durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417 no experimento IRGA 417 safra 2013/14, na FCA Botucatu – SP.

Na Tabela 27, estão contidos os valores totais e as médias diárias da ETc durante os estágios de desenvolvimento. No caso da evapotranspiração total da cultura, na fase vegetativa que foi até os primeiros 42 dias de idade da cultura, foi de 197,4 mm que correspondem a 35,64% do total. A fase de maior consumo de água pela cultura foi a reprodutiva, com duração de 36 dias, consumindo 254,8 mm, que correspondem a 46% do total e a fase de maturação, com 101 mm, que correspondem a 18,2% do total.

**Tabela 27-** Evapotranspiração obtida pelo método de tanque evaporímetro classe A e o coeficiente da cultura (Kc) de arroz nos diferentes estágios de desenvolvimento da cultivar IRGA 417 no experimento safra agrícola 2013/14. FCA - Botucatu (SP)

Fase de desenvolvimento	Estádio de desenvolvimento do arroz	dias	(Kc)*	ETc			
				Total durante o estágio (mm)	Total acumulada (mm)	Porcentagem do total (%)	Media diária** (mm d <sup>-1</sup> )
Vegetativa	Plântula	11	1,05	55,88	55,88	10,08	5,08
	Início perfilhamento	21	1,05	48,07	103,95	18,76	4,81
	Perfilhamento ativo	42	1,05	93,49	197,44	<b>35,64</b>	4,45
Reprodutiva	Formação de panícula	60	1,20	113,15	310,59	56,07	6,29
	Emborrachamento	78	1,20	76,76	387,35	69,92	4,26
	Florescimento	96	0,90	65,52	452,87	81,75	3,64
Maturação	Grão leitoso	104	0,90	41,08	493,95	89,17	5,13
	Grão pastoso	109	0,90	25,20	519,15	93,72	5,04
	Maturação fisiológica	119	0,90	34,79	553,93	100,00	3,48
<b>Média</b>							<b>4,69</b>

\*Coeficiente da cultura de arroz para as condições do experimento de acordo a Allen et al., 2006.

\*\* A média diária foi obtida dividindo o ETc total durante o estágio e o número de dias no estágio de desenvolvimento.

As médias obtidas, neste experimento, durante o ciclo do arroz foram similares às obtidas por Kato et al. 1965a apud Yoshida (1981), as quais foram  $6 \pm 2$  mm d<sup>-1</sup>. Ishimaru (1975) apud Fornasieri e Fornasieri (2006) mencionam 6 a 7 mm dia<sup>-1</sup>, 20 dias antes do florescimento, e 4 a 2 mm d<sup>-1</sup> após o florescimento. Datta et al. (1981) apud Gomes; Pauletto e Franz (2004), relatam que em regiões tropicais, durante a estação chuvosa, a média da ETc fica entre 5 e 6 mm d<sup>-1</sup>. Enquanto em regiões temperadas para arroz irrigado por inundação, varia entre 6,7 e 7,7 mm d<sup>-1</sup>. Steinmetz (1984) apud Stone; Silveira e Moreira (2006) relata que em, Goianira (GO), a ETc diária variou de 4,3 a 6,6 mm durante a estação seca e de 4,3 a 8,4 mm, na estação chuvosa. Bouman; Lampayan e Toung (2007) mencionam que para a estação seca, as médias variam entre 4 e 5 mm e para a estação chuvosa, entre 6 e 7 mm d<sup>-1</sup>. Os resultados destes autores confirmam os obtidos neste experimento, ou seja, 3,48 a 6,29 mm d<sup>-1</sup>, embora no sudeste e no sul do Brasil, o arroz irrigado seja plantado durante a época chuvosa.

### 7.10.4 Percolação profunda (P<sub>p</sub>)

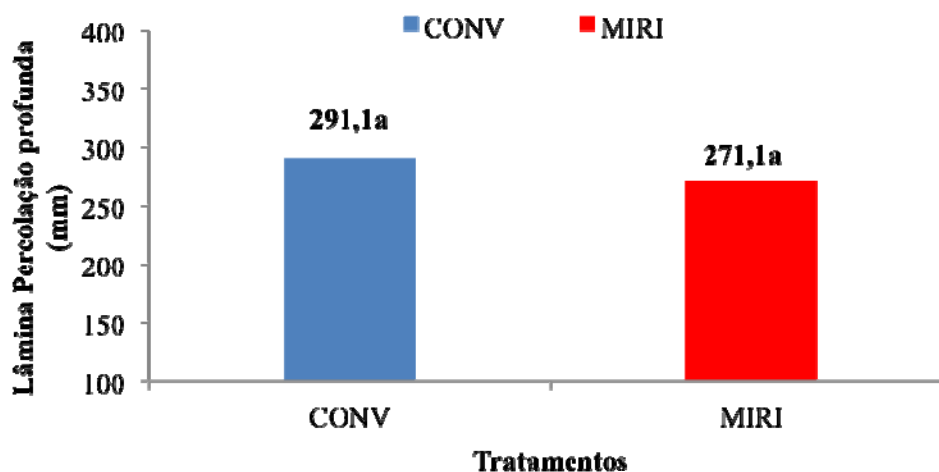
Na Tabela 28, aparecem os resultados obtidos a partir da análise de variância pelo teste F, para a variável Percolação profunda (P<sub>p</sub>). O teste F mostra que, não houve diferenças entre tratamentos CONV e MIRI, portanto é aceita a hipótese nula (H<sub>0</sub>), onde as perdas de água por percolação profunda não diferiram entre tratamentos.

**Tabela 28-** Análise de variância para percolação profunda (mm), submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14. FCA Botucatu – SP

FV	GL	SQ	QM	Fc
Blocos	11	17823,8	1620,3	0,8890 <sup>ns</sup>
Tratamentos	1	2403,0	2403,0	1,3180 <sup>ns</sup>
Erro	11	20047,8	1822,5	
Total	23	40275		

\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, <sup>ns</sup> não significativo.

Na Figura 43 ilustra-se a comparação das médias das lâminas totais de água (mm) de percolação profunda nos tratamentos CONV e MIRI, as quais não apresentaram diferenças significativas, sendo 291,1 e 271,1 mm respectivamente.

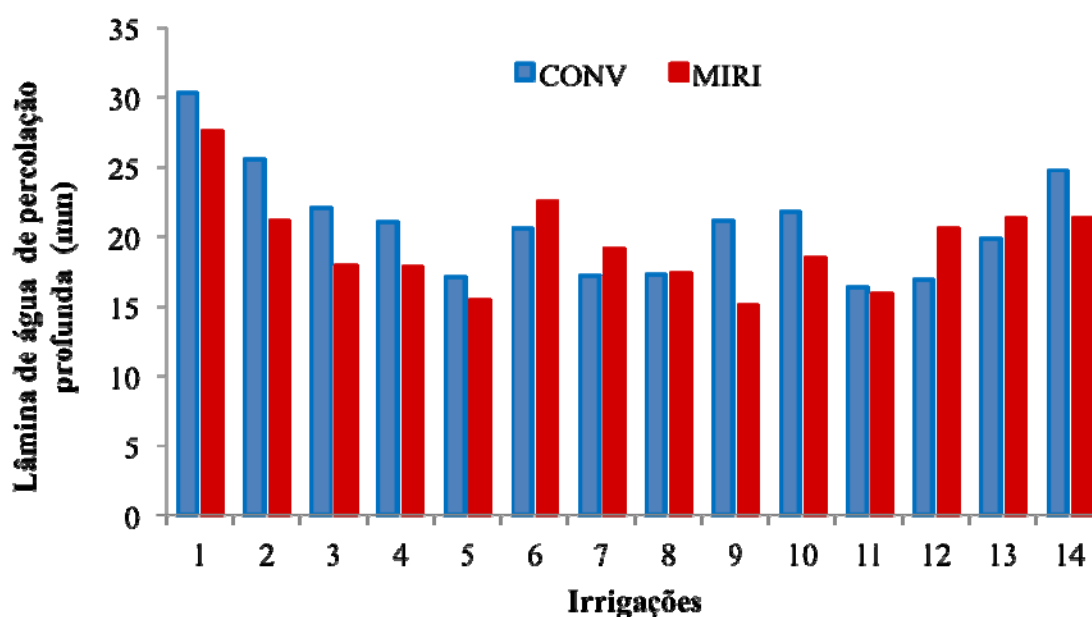


Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 43-** Teste Tukey de Comparação de médias da lâmina de percolação profunda pelos tratamentos CONV e MIRI, na FCA Botucatu-SP.



Ao comparar as lâminas de percolação profunda, nota-se na Figura 44 que, as perdas de água foram maiores nas primeiras duas irrigações e menores nas irrigações posteriores. Este comportamento é relatado por Sivanappan et al. (1974) apud Stone; Silveira e Moreira (2006), no qual as perdas por percolação são maiores no estágio inicial da cultura e alcançam um mínimo durante o estágio de máximo perfilhamento e, subseqüentemente, não apresentam aumento significativo, uma das razões da diminuição das perdas de água por percolação é atribuída ao re-estabelecimento das partículas do solo que selam os macroporos.



**Figura 44-** Lâmina de água de percolação profunda em cada irrigação na condução do experimento durante a safra 2013/14, FCA- Botucatu – SP.

#### 7.10.5 Fluxo lateral ( $F_L$ )

Na Tabela 29, estão descritos os resultados obtidos a partir da análise de variância pelo teste F, para a variável Fluxo lateral ( $F_L$ ), não houve diferenças entre os tratamentos CONV e MIRI, sendo aceita a hipótese nula ( $H_0$ ), onde as perdas de água por fluxo lateral não diferem entre si.

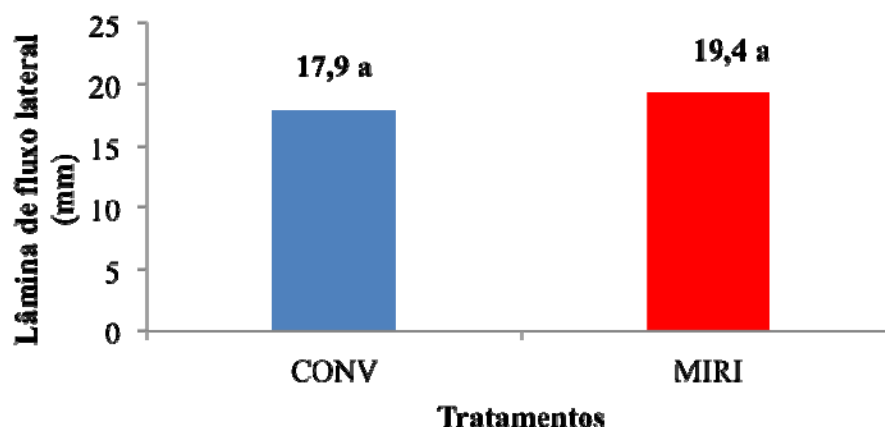
**Tabela 29-** Análise de variância para fluxo lateral, submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14 na FCA Botucatu - SP

F.V	GL	SQ	QM	Fc
Blocos	11	394,33	35,85	1,35 <sup>ns</sup>
Tratamentos	1	12,85	12,85	0,47 <sup>ns</sup>
Erro	11	299,88	27,26	
Total	23	707		

CV (%) = 27,96

\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, <sup>ns</sup> não significativo.

Na Figura 45 ilustra-se a comparação das médias das lâminas totais de água (mm) de fluxo lateral nos tratamentos CONV e MIRI, as quais não apresentaram diferenças significativas, sendo 17,9 e 19,4 mm respectivamente.

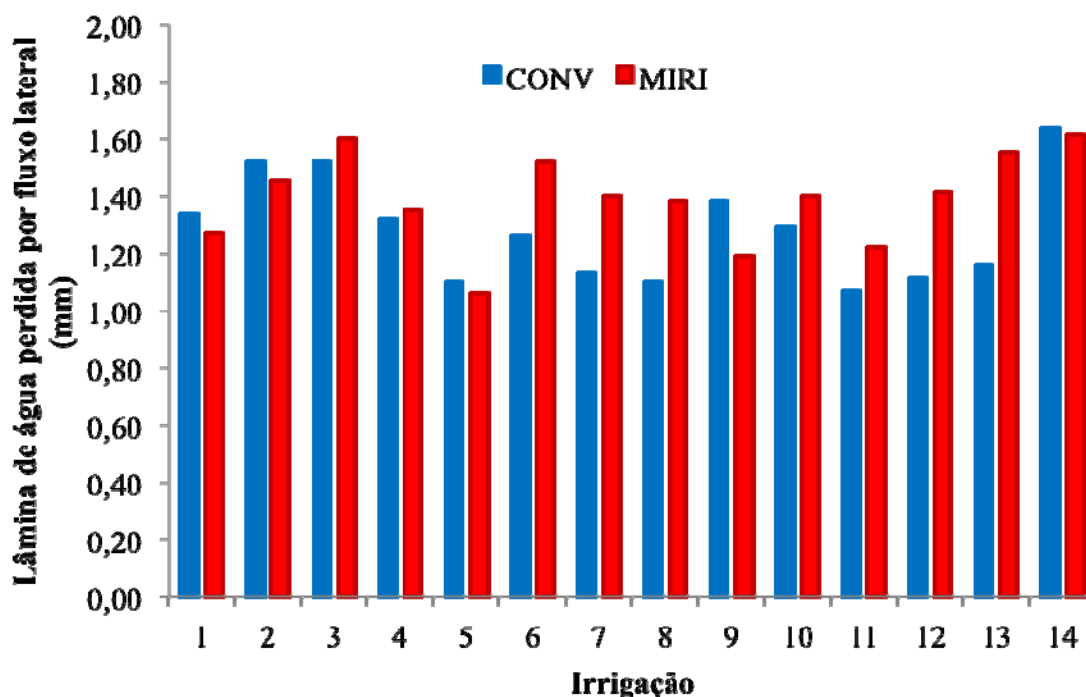


Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 45-** Comparação de médias por teste Tukey para lâmina de fluxo lateral nos tratamentos CONV e MIRI, na FCA Botucatu-SP.

As perdas de água por fluxo lateral em cada irrigação (Figura 46), não superaram 2 mm, e são consideradas menores que as perdas por percolação, devido principalmente à declividade da superfície dos tabuleiros que após a sistematização do solo ficou menor que 0,1%, condição esta que diminui as perdas por fluxo lateral. Stone; Silveira e Moreira (2006) mencionam que as perdas por fluxo lateral também aumentam quando a textura do solo é de franco-argilosa a argilosa. No caso do experimento, o solo é de textura

franco-arenosa a arenosa, contribuindo para que as menores perdas sejam por fluxo lateral. Devido ao desaparecimento da lâmina de água na maioria dos tabuleiros, após 3 horas, por percolação, ocasionou-se a diminuição da água em contato com as taipas e, também, as infiltrações laterais (fluxo lateral) nas mesmas.



**Figura 46-** Lâmina de água de fluxo lateral em cada irrigação na condução do experimento durante a safra 2013/14, FCA- Botucatu – SP.

#### 7.10.6 Lâmina de água aplicada na irrigação (LAI)

Na Tabela 30 aparecem as lâminas de água aplicadas em cada irrigação pelos tratamentos CONV e MIRI em relação à idade da cultura e à fase de desenvolvimento. Nota-se que ao final da fase vegetativa aos 46 dias de idade da cultura, o tratamento MIRI aplicou uma lâmina de 468,9 mm, que equivale a 30,6% do total da lâmina aplicada e sendo 76 mm a menos que o aplicado no tratamento CONV para a mesma fase.

Para a fase reprodutiva a lâmina aplicada no tratamento MIRI foi 619,3 mm o que corresponde a 40,4% do total da lâmina aplicada, sendo 75,5 mm menor que o tratamento CONV.

Na fase de maturação, a lâmina do tratamento MIRI foi 444,2 mm, que equivale a 28,9% do total, foi 14 mm menor que o tratamento CONV.

**Tabela 30-** Lâmina de água aplicada em cada irrigação pelos tratamentos CONV e MIRI, durante o ciclo do cultivar IRGA 417 durante a safra 2013/2014, na FCA Botucatu – SP

No.	Idade da cultura	Fase desenvolvimento	CONV	MIRI
Irrigação	(dae)*	da cultura	Lâmina aplicada (mm)	
1	20		177,5	160,0
2	32	Vegetativa	156,1	128,7
3	46		211,3	180,2
		Subtotal	544,9 (32,1%)	468,9 (30,6%)
4	54		159,7	139,8
5	63		109,4	98,3
6	73	Reprodutiva	129,6	117,7
7	76		98,8	97,6
8	79		83,2	76,0
9	82		114,1	89,9
		Subtotal	694,8 (40,9%)	619,3 (40,4%)
10	86		95,7	86,6
11	93		96,9	88,0
12	97	Maturação	91,6	87,7
13	99		75,0	87,5
14	104		99,0	94,4
		Subtotal	458,2 (26,9%)	444,2 (28,9%)
		<b>Total</b>	<b>1.697,9</b> <b>(100%)</b>	<b>1.532,3</b> <b>(100%)</b>

\*: dias após da emergência.

Na Tabela 31, estão descritos os resultados obtidos a partir da análise de variância pelo teste F, para a variável lâmina de água aplicada na irrigação (LAI) ocorreram diferenças estatisticamente significativas a 1% de probabilidade no tempo de enchimento do tabuleiro para os tratamentos CONV e MIRI, sendo aceita a hipótese alternativa (H<sub>i</sub>), na qual os tratamentos mencionados diferem entre si.

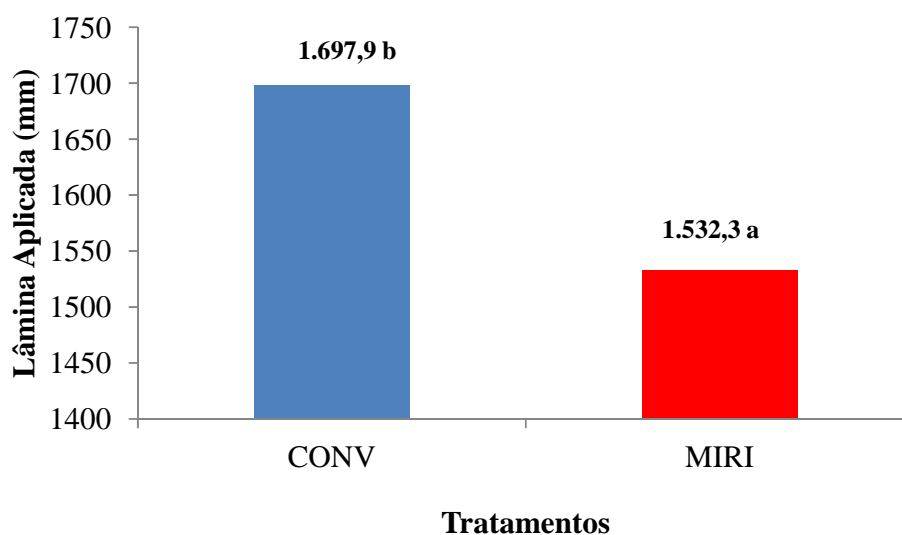
**Tabela 31-** Análise de variância para lâmina de água aplicada na irrigação (LAI), submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14 na FCA Botucatu – SP

F.V	GL	SQ	QM	F
Blocos	11	507537,41	46139,76	6,55**
Tratamentos	1	164594,81	164594,81	23,35**
Erro	11	77539,07	7049,01	
Total	23	749671,30		

CV (%) = 5,20

\*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade.

Na Figura 47, ilustra-se a comparação de médias pelo teste Tukey entre os dois tratamentos, mostrando diferenças estatisticamente significativas a 1% de probabilidade. Em que o tratamento MIRI com uma lâmina total 1.532,3 mm obteve uma redução de 9,75% da lâmina aplicada em comparação com o tratamento CONV, a qual foi de 1.697,9 mm.



**Figura 47-** Comparação de médias pelo teste Tukey para lâmina aplicada na irrigação dos tratamentos CONV e MIRI na FCA Botucatu-SP.

Ao final do ciclo da cultura, o tratamento MIRI apresentou uma redução do total da lâmina aplicada quando comparada com o tratamento CONV, de 165,6mm, resultando, desta forma, em uma economia da lâmina total aplicada. A lâmina de água aplicada na irrigação foi menor no tratamento MIRI que no CONV, devido ao menor tempo gasto no avanço da água sobre a superfície do solo ao longo do tabuleiro, porém o tempo de oportunidade foi menor, permitindo o enchimento do tabuleiro em menor tempo até alcançar a altura da lâmina de água de 10 cm.

Ao comparar a redução de lâmina aplicada neste experimento com a obtida por Vories; Tacker e Hogan (2005) que foi de 24,4% em lavouras comerciais, esta diferença poderia ser sustentada pela área da lavoura, as propriedades do solo e nas condições ambientais (STONE; SILVEIRA E MOREIRA, 2006).

### 7.11 Balanço hídrico em arroz irrigado nos tratamentos CONV e MIRI

Tendo em vista as entradas ( $W_{in}$ ) e saídas ( $W_{out}$ ) de água no balanço hídrico, para quantificar o consumo de água em arroz, no método de inundação descrito por Yoshida (1981) e Bouman; Lampayan e Toung (2007), na Tabela 32 estão descritos os valores de lâminas totais dos tratamentos CONV e MIRI.

**Tabela 32-** Lâmina total (mm) dos componentes de entrada e saída do balanço hídrico durante a condução do experimento para a avaliação do consumo de água pelo método de inundação de arroz para tratamentos CONV e MIRI. Safra 2013/2014, na FCA Botucatu – SP

Tratamento	Componentes de entrada ( $W_{in}$ )			Componentes de saída ( $W_{out}$ )			
	P	LAI	Total	ETc	Pp	F <sub>L</sub>	Total
	Lâmina de água (mm)			Lâmina de água (mm)			
CONV	222,5	1.697,9	1.920,4	553,9	291,1	17,94	862,9
MIRI	222,5	1.532,3	1.754,8	553,9	271,1	19,41	844,4

P: Precipitação pluvial; LAI: Lâmina de irrigação aplicada; ETc: Evapotranspiração da cultura; Pp: Percolação profunda; F<sub>L</sub>: Fluxo lateral.

No caso dos componentes de entrada (P + LAI), os tratamentos CONV e MIRI totalizaram uma lâmina de água de 1.920,4 e 1.754,8 mm, respectivamente. Este último obteve uma redução de 8,62% em relação ao tratamento CONV, influenciado pela redução da lâmina de irrigação aplicada, que foi de 9,75%. Para os componentes de saídas ( $W_{out}$ ) ou perdas de água, a ETc de ambos os tratamentos foi 553,93 mm que equivalem a 64,19 e 65,59 % do total das perdas para os tratamentos CONV e MIRI, sendo a maior proporção de perdas no balanço hídrico, seguido pelas perdas de água por percolação profunda, que foram de 291,1 e 271,1 mm para os tratamentos CONV e MIRI, correspondendo a 33,73 e 32,1%, respectivamente. O fluxo lateral obteve a perda de água em menor proporção, já que nos tratamentos CONV e MIRI apresentaram 17,94 e 19,41 mm, os quais correspondem a 2,1 e 2,3%, respectivamente. Logo, totalizando os componentes de saída no balanço hídrico, estas foram equivalentes a 45,16 e a 48,12% do total do consumo da água para os tratamentos CONV e MIRI.

Vários autores consideram a necessidade de água para arroz irrigado, como a quantidade usada pelas plantas para crescer e transpirar, assim como satisfazer as perdas por percolação e fluxo lateral e, ainda, para atender as demandas decorrentes para saturar o solo e formar a lâmina (GOMES; PAULETTO; FRANZ, 2004; STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006).

Neste experimento, foram consideradas as diferenças de lâmina de água entre os componentes de entrada e saída como a lâmina de água utilizada para a saturação do solo e a formação da lâmina de 10 cm de altura, as quais foram 1047,5 e 910,4 mm que correspondem a 54,8 e 51,8 % do total do consumo de água nos tratamentos CONV e MIRI respectivamente (Tabela 33). Estes resultados demonstram que o tratamento MIRI precisou de menor quantidade de água durante as irrigações para saturar o solo e formar a lâmina, apresentando uma redução relativa do 13,1% em relação ao tratamento CONV, portanto, foi mais eficiente.

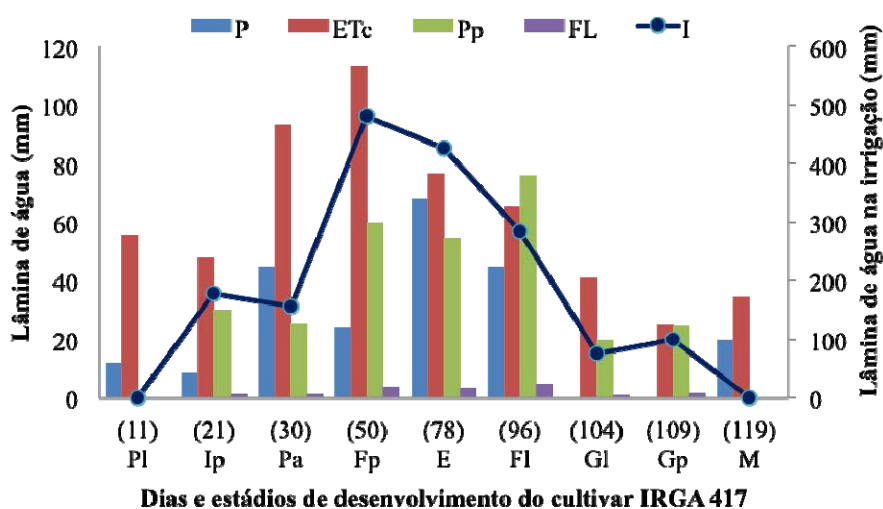
**Tabela 33-** Lâmina total (mm) dos componentes de entrada e saída de água no balanço hídrico e lâmina utilizada para a saturação do solo e formação da lâmina até uma altura de 10 cm

Tratamento	Componentes (mm)		Saturação do solo e formação da lâmina (mm)	Porcentagem do total da água de consumo (%)
	Entradas ( $W_{in}$ )	Saídas ( $W_{out}$ )		
CONV	+1920,4	-862,6	= 1047,5	54,8
MIRI	+1754,8	-843,6	= 910,4	51,8

### 7.11.1 Componentes do balanço hídrico do cultivar IRGA 417 segundo seu ciclo

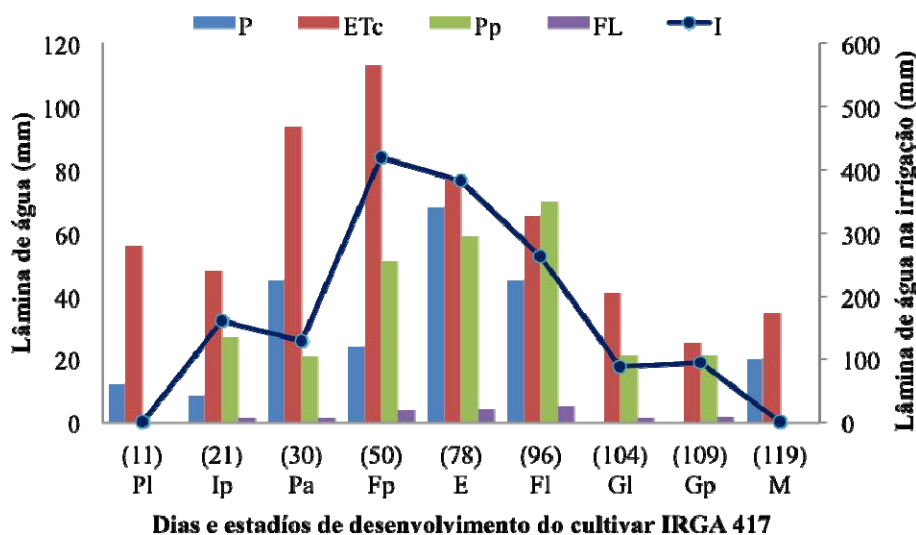
Nas Figuras 47 e 48, estão descritas as lâminas de água dos componentes do balanço hídrico para os tratamentos CONV e MIRI, respectivamente. Nas duas Figuras, é coincidente o aumento da  $ET_c$  à partir do estágio de perfilhamento ativo (Pa) até a formação da panícula (Fp), igual à lâmina aplicada na irrigação, mas sendo menor no tratamento MIRI, concluindo que, quando a cultura teve maior requerimento hídrico, ocorre maior aporte da lâmina aplicada de irrigação, resultando em um manejo da irrigação mais eficiente de acordo com os requerimentos hídricos da cultura. Para o caso das perdas por percolação profunda e fluxo lateral, foram maiores nos dois tratamentos nos estágios de emborrachamento (E) e florescimento (Fl), na medida em que a lâmina aplicada na irrigação foi maior. No caso da precipitação, esta foi muito baixa durante todo o ciclo da cultura, sendo inferior nos estágios perfilhamento ativo (Pa) e formação de panícula (Fp) de maior  $ET_c$ , porém a lâmina de irrigação aumentou nesses estágios e seu manejo foi muito importante para reduzir o risco de ocorrer estresse por déficit hídrico na planta de arroz.





P: Precipitação, ETc: Evapotranspiração da cultura, Pp: Percolação profunda, FL: Fluxo lateral, I: Lâmina de irrigação, Pl: Plântula, Ip: Início perfilhamento, Pa: Perfilhamento ativo, Fp: Formação panícula, Fl: Florescimento, Gl: Grão leitoso, Gp: Grão pastoso M: Maturação.

**Figura 48-** Lâmina de água dos componentes do balanço hídrico no tratamento CONV em cada estágio de desenvolvimento do cultivar IRGA 417. Safra 2013/14. FCA Botucatu – SP.



P: Precipitação, ETc: Evapotranspiração da cultura, Pp: Percolação profunda, FL: Fluxo lateral, I: Lâmina de irrigação, Pl: Plântula, Ip: Início perfilhamento, Pa: Perfilhamento ativo, Fp: Formação panícula, Fl: Florescimento, Gl: Grão leitoso, Gp: Grão pastoso, M: Maturação.

**Figura 49-** Lâmina de água dos componentes do balanço hídrico no tratamento MIRI em cada estágio de desenvolvimento do cultivar IRGA 417. Safra 2013/14. FCA Botucatu – SP.

### 7.12 Variáveis de desenvolvimento da cultura de arroz

Os resultados obtidos entre as comparações das médias das variáveis de desenvolvimento da cultura (Tabela 34) nos tratamentos CONV e MIRI, não apresentaram diferenças significativas. As diferenças obtidas na lâmina de água aplicada na irrigação não influenciaram no desenvolvimento da cultura, sendo importante destacar que, no caso do tratamento MIRI, o consumo de água foi menor. Estes resultados demonstram vantagem da MIRI, a qual corresponde à redução do consumo de água, já que não afeta o desenvolvimento da cultura.

**Tabela 34-** Comparação das médias das variáveis de desenvolvimento do cultivar de arroz IRGA 417 nos tratamentos CONV e MIRI durante a safra 2014/2014, na FCA Botucatu-SP

Variáveis de desenvolvimento da cultura	CONV	MIRI	p	CV (%)
Altura planta ao final Fase Vegetativa (cm)	39,9a*	40,5a	0,5851	6,23
Altura planta à colheita (cm)	80,8a	79,8a	0,6267	5,99
Colmos m <sup>-2</sup>	549,7a	571,3a	0,1523	6,16

\*Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### 7.13 Componentes de rendimento do cultivar IRGA 417

As comparações das médias na Tabela 35, obtidas dos componentes de rendimento da cultura de arroz entre os tratamentos CONV e MIRI, não apresentaram diferenças significativas. Destaca-se que o tratamento MIRI, com uma redução da lâmina de irrigação de 9,75% em relação ao tratamento CONV, obteve, em todos seus componentes de rendimento, valores similares. Portanto, pode-se deduzir que, uma redução de 9,75 % na lâmina aplicada de irrigação, com o tratamento MIRI não afetou os componentes de rendimento da cultura de arroz.

**Tabela 35-** Comparação das médias dos componentes de rendimento do cultivar de arroz IRGA 417 nos tratamentos CONV e MIRI durante a safra agrícola 2013/14. FCA Botucatu-SP

Componentes de rendimento	CONV	MIRI	p	CV (%)
Panículas m <sup>-2</sup>	457,7a*	477,0a	0,1327	6,24
Porcentagem de colmos férteis (%)	83,2a	83,4a	0,8852	3,42
Espiguetas totais por panícula	76,2a	73,3a	0,5696	16,13
Espiguetas granadas por panícula	62,8a	58,9a	0,3146	15,01
Espiguetas chochas por panícula	13,4a	14,4a	0,5483	29,67
Porcentagem de fertilidade das espiguetas (%)	82,6a	80,8a	0,2817	4,83
Massa de mil grãos (g)	26,61a	26,61a	0,9919	4,43

\*Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05).

No caso da produção de panículas por m<sup>-2</sup>, ao comparar os resultados obtidos neste experimento com os encontrados em inundação intermitente por Stone et al. (1990) apud Stone (2005), nota-se que estes foram inferiores a 15,7 e 12,2% nos tratamentos CONV e MIRI respectivamente; e ao compará-los com os encontrados em inundação contínua pelo mesmo autor, mostraram ser inferiores a 6,3 e 2,41% nos tratamentos CONV e MIRI, respectivamente.

Ao comparar os resultados obtidos das espiguetas totais por panícula, nos tratamentos CONV e MIRI, com os obtidos em inundação intermitente, nesse mesmo experimento, houve uma aumento de 9 e 4,7% e, com a inundação contínua, houve uma redução de 8 e 11,6%, respectivamente.

No caso das variáveis que refletem a fertilidade das espiguetas, tais como, espiguetas granadas e chochas por panícula e massa de mil grãos, a comparação com os resultados obtidos por Stone (1990) apud Stone (2005) foram muito similares.

### 7.14 Produtividade de grão do cultivar IRGA 417

Na Tabela 36 estão descritos os resultados obtidos a partir da análise de variância pelo teste F, para a variável Produtividade de grãos. O teste F mostra que, não houve diferenças entre tratamentos CONV e MIRI, portanto aceita-se a hipótese nula ( $H_0$ ).

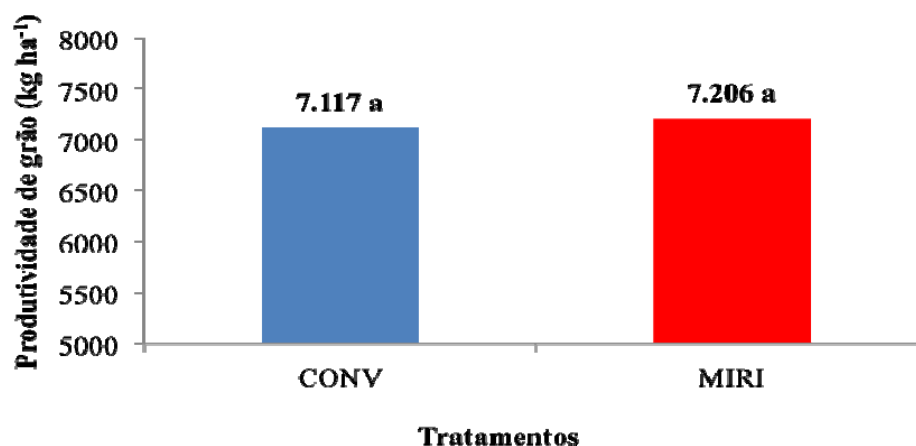
**Tabela 36-** Análise de variância para a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14, na FCA Botucatu - SP

F.V	GL	SQ	QM	F
Blocos	11	19990129	1817284	1,99 <sup>ns</sup>
Tratamentos	1	47094,44	47094	0,052 <sup>ns</sup>
Erro	11	10031608	911964	
Total	23	30068832		

CV (%) = 13,33

\*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade, ns: não significativo.

Os resultados obtidos na comparação de médias da produtividade de grãos na cultivar IRGA 417 (Figura 49), não apresentaram diferenças significativas nos tratamentos CONV e MIRI, sendo 7.117 e 7.206  $\text{kg ha}^{-1}$  de arroz em casca a 13% de umidade de grãos, respectivamente.



**Figura 50-** Comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância para produtividade de grãos pelos tratamentos CONV e MIRI. FCA Botucatu-SP.

Estes resultados foram maiores que os obtidos por Caixeta (1984) apud Stone; Silveira e Moreira (2006), em inundação intermitente com turno de irrigação de 3 e 6 dias, que foram 6.144 e 4.930 kg ha<sup>-1</sup>. No entanto, a produtividade de grão utilizando o mesmo método de inundação pode variar, já que existem diversos fatores limitantes, como a quantidade de chuva durante a safra, a qual define a lâmina de irrigação aplicada.

Borrell et al. (1997) apud Stone (2005) demonstraram que, no método de inundação intermitente, na estação seca, a produtividade foi de 5.070 kg ha<sup>-1</sup> e, na estação chuvosa, de 3.630 kg ha<sup>-1</sup>.

Outro fator limitante, que afeta a produtividade, é a época de semeadura. Sartori et al. (2013) mencionam que, semeando no meses de setembro e dezembro da safra 2011/2012 e utilizando o método de inundação intermitente, com uma altura da lâmina de água de 10 cm, obteve uma redução na produtividade de 23,7% para o mês de dezembro.

Enquanto que o manejo da irrigação não afeta a produtividade de grãos, o qual foi demonstrado por Medeiros; Cordeiro e Bendahan (2008), nas cultivares IRGA 414 e IRGA 416 pelo método de inundação com manejo intermitente e contínua, sendo a produtividade para cultivar IRGA 414 igual a 6.291 e 6.152 kg ha<sup>-1</sup> e para cultivar IRGA 417, de 6.487 e 6.280 kg ha<sup>-1</sup> no manejo intermitente e contínuo, respectivamente.

A cultivar IRGA 417, que foi utilizada neste experimento, foi testado em diversos ambientes do Brasil e sua produtividade teve uma alta variabilidade, sendo que, para a safra 1998/1999, semeada em 20% da área total do país com 190 mil hectares, obteve-se uma produtividade média de 7.500 kg ha<sup>-1</sup>.

SILVA et al. (2011) cita que, a área de semeadura de IRGA 417 vem diminuindo e, para a safra 2013/2014, com 32.266 ha correspondendo à 3,05% do total da área do Estado de Rio Grande do Sul (IRGA, 2014).

Diversos resultados de produtividade obtida nos últimos anos com o cultivar IRGA 417 confirmam os resultados deste experimento. Ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) durante as safras 2002/03 e 2005/06, em diversas regiões orizícolas do Rio Grande do Sul (RS), apresentaram uma média de produtividade de 7.850 kg ha<sup>-1</sup> (LOPES et al., 2007). Em Santa Vitória do Palmar (RS), a média foi 7.300 kg ha<sup>-1</sup> (IRGA, 2007).

Cordeiro e Medeiros (2011) encontraram um desempenho produtivo, em Roraima, de 7.330 kg ha<sup>-1</sup>. Simão (2014) menciona que na região Depressão Central do RS, a produtividade média foi de 7.100 kg ha<sup>-1</sup>.

Os resultados de produtividade do cultivar IRGA 417 obtidos neste experimento demonstraram que podem ser referência para futuras pesquisas.

### 7.15 Eficiência no uso de água (EUA)

Na Tabela 37, estão descritos os resultados obtidos a partir da análise de variância pelo teste F, para a variável EUA. O teste F mostrou que, não houve diferença entre os tratamentos CONV e MIRI, portanto aceita-se a hipótese alternativa (H<sub>i</sub>), onde a EUA difere entre os tratamentos.

**Tabela 37-** Análise de variância para a Eficiência no Uso da Água (kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), submetida aos tratamentos CONV e MIRI, durante a safra 2013/14, na FCA Botucatu - SP

F.V	GL	SQ	QM	Fc
Blocos	11	13,89	1,26	4,15**
Tratamentos	1	1,733	1,73	5,70*
Erro	11	3,34	0,30	
Total	23	18,96		

CV (%) =12,27

\*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade, ns: não significativo.

Na Tabela 38, são apresentados os valores médios da lâmina de água total aplicada, produtividade de grãos e eficiência no uso de água obtida nos tratamentos CONV e MIRI, as quais foram de 3,72 e 4,11 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes resultados obtidos referem-se à produtividade de grãos obtida e à lâmina de água total aplicada durante a condução do experimento, apresentando diferenças significativas. A maior eficiência no uso da água foi obtida no tratamento MIRI, embora houvesse obtido uma diferença de produtividade de 88 kg ha<sup>-1</sup> maior que o tratamento CONV, a lâmina de água utilizada foi 8,62% menor que CONV.

**Tabela 38-** Médias de lâmina de água total aplicada, produtividade de grãos e comparação de médias da eficiência no uso de água nos tratamentos CONV e MIRI durante a safra 2013/14. FCA Botucatu-SP

Tratamento	Lâmina de água total aplicada	Produtividade	Eficiência no
	(P + I)	de grãos	Uso da Água
	(mm)	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>
CONV	1.920,4	7.117,5	3,71 a
MIRI	1.754,8	7.206,1	4,11 b

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Ao comparar os resultados de EUA do experimento com os obtidos, por Vories e Tacker (2003), mostraram ser inferiores, já que eles obtiveram 8,54 e 11,80 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> nos tratamentos CONV e MIRI. No entanto, o tratamento MIRI continua sendo o mais eficiente. As diferenças obtidas nesta comparação referem-se à lâmina aplicada na irrigação, já que Vories e Tacker (2003) aplicaram uma lâmina de irrigação de 930 e 703 mm para os tratamentos CONV e MIRI e, neste experimento, as lâminas de irrigação aumentaram para 1.910,4 e 1.754,8 mm, respectivamente, porém diminuindo de forma proporcional a eficiência no uso da água na cultura de arroz irrigado.

Os resultados da eficiência no uso da água deste experimento, foram comparados com os obtidos por Caixeta (1984) apud Stone (2005) com irrigação intermitente com três dias entre tempos de rega, os obtidos neste experimento, mostraram ser maiores em 189 e 209% aos obtidos por Caixeta (1984) com tratamentos CONV e MIRI, respectivamente, devido à maior produtividade e menor consumo de água.

Em estudos realizados por Stone et al. (1990) apud Stone (2005), a irrigação intermitente com uma lâmina de água aplicada de 2.325 mm apresentou uma eficiência no uso da água de 1,96 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, sendo esta inferior em 47,2 e 52,3% em relação às obtidas pelos tratamentos CONV e MIRI, neste experimento, respectivamente.

A eficiência no uso da água pode variar muito, devido a fatores que a influenciam, já que é o resultado da relação da produtividade de grãos obtida e o consumo da água, e esta, por sua vez, é o resultado do manejo agrônomo, das características do local, da

cultivar, entre outras, porém a eficiência no uso da água se converte em um indicador de gestão agrícola.

### 7.16 Correlação entre os componentes de consumo e a eficiência no uso de água

Na Tabela 39, estão contidos os valores dos coeficientes de correlação e o valor de probabilidade  $p$  ( $\leq 0,05$ ) para o tempo de inundação, percolação profunda, fluxo lateral, lâmina de água aplicada na irrigação e eficiência no uso da água (EUA).

**Tabela 39-** Coeficiente de correlação Pearson e probabilidade para tempo de inundação, percolação profunda, fluxo lateral, lâmina de água aplicada na irrigação e eficiência no uso da água (EUA). Safra 2013/2014. FCA Botucatu-SP

	Tempo de Inundação	Percolação Profunda	Fluxo Lateral	Lâmina de água aplicada na irrigação	EUA
Tempo de inundação	X	-0,084	-0,109	<b>0,565*</b>	<b>-0,557</b>
		0,697	0,613	<b>&lt;0,001**</b>	<b>&lt;0,001</b>
Percolação Profunda		X	0,285	-0,013	-0,002
			0,177	0,952	0,993
Fluxo lateral			X	-0,16	0,187
				0,456	0,382
Lâmina de água aplicada na irrigação				X	<b>-0,669</b>
					<b>&lt;0,001</b>
EUA					X

\* Coeficiente de correlação Pearson

\*\*Valor  $p$  ( $\leq 0,05$ )

Os valores de  $p \leq 0,05$  apresentaram correlação. No caso da lâmina aplicada na irrigação, houve uma correlação de 0,565, referindo-se ao tempo de inundação que afetou diretamente a lâmina de água aplicada na irrigação. No caso da eficiência no uso da água (EUA), obteve-se uma correlação de -0,557 e -0,669 com o tempo de inundação e a lâmina de água aplicada na irrigação, respectivamente. Estes resultados mostram que o tempo de inundação influenciou na lâmina de água aplicada na irrigação e na eficiência no uso da



água. Portanto, o tratamento MIRI apresentou maior eficiência no uso da água, devido à menor lâmina aplicada, e ao menor tempo que demorou para inundar o tabuleiro.

## 8 CONCLUSÕES

1. De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, concluiu-se que o método de inundação com distribuição de múltipla entrada (MIRI) apresentou menor consumo de água comparado com o método de inundação convencional, nas condições do experimento, devido principalmente à diminuição da lâmina de água aplicada na irrigação que foi 9,75% menor que no CONV.
2. No tratamento MIRI, com menor lâmina de água aplicada na irrigação, obteve-se um teor de água no solo similar ao tratamento CONV, entre as camadas (0 a 20 cm) e (20 a 40 cm) durante 1, 2 e 3 horas após inundação.
3. O menor tempo de enchimento dos tabuleiros com MIRI foi o responsável pela menor lâmina aplicada e, portanto, maior eficiência no uso da água.
4. Em relação aos componentes de saída do balanço hídrico, as perdas de água por percolação profunda e fluxo lateral, nos dois tratamentos, não apresentaram diferenças significativas. A ETc correspondeu a 64,19 e 65,59% do total da água consumida no balanço hídrico para os tratamentos CONV e MIRI, respectivamente.

5. O MIRI precisou de 13,1% menos água durante as irrigações para saturar o solo e formar a lâmina a uma altura de 10 cm em comparação com CONV.
6. Não houve diferenças significativas nas variáveis de desenvolvimento, componentes de rendimento e produtividade de grãos da cultura no tratamento MIRI e CONV.
7. Houve diferenças significativas na eficiência no uso da água (EUA), sendo mais eficiente o tratamento MIRI, com  $4,11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ .
8. Sem mudar o método de irrigação, mas diminuindo o consumo de água na cultura de arroz, mediante a utilização do tratamento MIRI, demonstrou-se que não houve queda na produtividade, portanto, obteve-se maior economia no uso da água.
9. O MIRI demonstrou-se ser uma alternativa na economia no uso da água na cultura de arroz nas condições do Brasil. Portanto, a adoção e adaptação deste sistema às condições do Brasil deve começar com os testes em lavouras de maior área e em diversas condições.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G; PEREIRA L.S; RAES, D; SMITH, M. **Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.** Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma, 2006. 299p. Disponível em: <http://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>. Acesso: Ago. 2012.

ANDRADE JUNIOR, A.S; DA SILVA, C.R; COELHO, E. F. Monitoramento do teor de água no solo. In: AGUIAR NETO, A. De O; BASTOS, E. A; **Princípios da Irrigação.** Brasília, DF. Embrapa Meio- Norte. 2013. p.31-68

AZAMBUJA, I. H; VERNETI JUNIOR, F; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. De. Aspectos Socioeconômicos Da Produção Do Arroz. In: GOMES, A. da S; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de. **Arroz Irrigado No Sul Do Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap.1. p. 23-44.

AZEVEDO NETTO, J.M; FERNANDEZ, F.R; ARAUJO DE, R; ITO, E. A. **Manual de Hidráulica.** 8. Ed. São Paulo – SP. Edgar Blücher Ltda. 1998. 669 p.

BERNARDO, S; SOARES, A. A; MANTOVANI, C. E; **Manual de Irrigação.** 8. ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 2011. 625 p.

BOUMAN, B. A. M; LAMPAYAN, R.M; TOUNG, T.P. **Water Management in Irrigated Rice: Coping with Water Scarcity.** International Rice Research Institute. Los Baños, Filipinas. 2007. 54p.

BRUINSMA, J. B. **By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?** Publicações da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a agricultura. (FAO). Roma (Itália). p. 1-33. 2009. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/ResourceOutlookto2050.pdf>. Acesso em: Jul. 2012.

CARVALHO, W.A; ESPÍDOLA, C.R; PACCOLA. **Levantamento de solos da fazenda Lageado Estação Experimental “Presidente Médici” Botucatu.** Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” 1983. 94 p.

CLAESSEN, M. E; BARRETO, DE O. W; PAULA DE, L. J; DUARTE, N. M. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 2. Ed.. Rio de Janeiro. Embrapa 1997. 212 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos. Sétimo levantamento.** Brasília DF. Abr. 2014 v.1. n. 1.86 p. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_04\\_14\\_11\\_56\\_28\\_boletim\\_graos\\_abril\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_04_14_11_56_28_boletim_graos_abril_2014.pdf). Acesso: Fev.2014.

FAGEIRA, N. K; BAÊTA, A. Classificação e Atributos Físicos e Químicos dos Solos de Várzeas. In: FAGEIRA, N. K; STONE, L; BAÊTA, A. **Manejo da Fertilidade do Solo para o Arroz Irrigado.** 1. Ed. Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão. 2003. Cap 1. p. 9-34.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat** .2013. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/O/OA/S>. Acesso em: Set. 2013.

FERREIRA, V. M; RAMOS, C. M; PINTO, M. C; ROCHA DA, M.G; NASCIMENTO, P; COSTA, C. T. Métodos de determinação da umidade do solo. In: SALOMÃO, C. L; SANCHES, C. L, SAAD, J.C; LYRA, R. V. B. **Manejo de irrigação: Um guia prático para o uso racional da água.** Botucatu. FEPAF. 2009. p.27-45.

FERREIRA, C; RUCATTI, E; MENDEZ, P. Produção e Aspectos Econômicos. In: SANTOS, A. dos; STONE, L.; VIEIRA, N. De. **A Cultura do Arroz no Brasil.** 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz E Feijão. 2006. Cap. 4. p 97-116.

FORNASIERI FILHO, D; FORNASIERI, J. L. **Manual da Cultura do Arroz.** ed. 1. Jaboticabal. Funesp. 2006. 589 p.

GOMES, A. DA S; PAULETTO, E. A.; FRANZ, A. F. H. Uso E Manejo Da Água Em Arroz Irrigado. In: GOMES, A. DA S; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. DE. **Arroz Irrigado No Sul do Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. 14. p. 417-455.

HELPER, F. **Demandas e disponibilidades hídricas da bacia hidrográfica do rio pardo (RS) nos cenários atuais e futuros para diferentes sistemas de produção de arroz irrigado.** 2006. 236 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)

Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2006.

HERRMANN, P. S. Aspectos básicos de Reflectometria no domínio do tempo (TDR) e potencialidades de aplicação na física do solo. In: MATSURA, E. E; JAVAREZ JUNIOR, A; GOMES, P. E; SOUZA, F. C. **Aplicações da Técnica de TDR na Agricultura**. Campinas. Unicamp. 2001. p.37-50.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Área, Produção e Produtividade**. Porto Alegre, RS. IRGA. 2012. p 1-14. Disponível em:  
<http://www.irga.rs.gov.br/uploads/asesos/1329418135areaproducaoeprodutividade.pdf>.  
Acesso: Fev. 2014.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Cultivares Regionais 2013/14**. Porto Alegre, RS. IRGA 2014. Disponível em:  
[http://www.irga.rs.gov.br/upload/20140224154739cultivares\\_regionais\\_2013\\_14.pdf](http://www.irga.rs.gov.br/upload/20140224154739cultivares_regionais_2013_14.pdf). Acesso: abr. 2014.

IRRI (2013). **Rice And Food Security**. International Rice Research Institute Disponível em:  
[Http://Irri.Org/Index.Php?Option=Com\\_K2&View=Item&Layout=Item&Id=9081&Lang=En](Http://Irri.Org/Index.Php?Option=Com_K2&View=Item&Layout=Item&Id=9081&Lang=En).  
Acesso em: Set 2013.

LOPES, S. I; LOPES, M. C; CARMONA, P. S; ROSSO, A. F; CRUZ, R; AVOZANI, O; KEMPF, D; FUNCK, G. D; FAGUNDES, C. A; IRGA 423: **Nova cultivar com excelente qualidade de grãos**. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. 5. 2007. Pelotas, RS. Anais. 2007. Embrapa Clima Temperado. Pelotas. p.50-53.

MANTOVANI, C. E; BERNARDO, S; PALARETTI, L. F. **IRRIGAÇÃO princípios e métodos**. 3. Ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 2009. 355 p.

MEDEIROS, R. D; CORDEIRO, C. A. C; BENDAHAN, B. A. **Irrigação e Manejo de água para a Cultura do Arroz Irrigado em Roraima**. Circular Técnica 04. Boa Vista. Embrapa Roraima. 2005. 9p.

PyR. Argentina S.A. **Informação Técnica**. Manual De Mangas De Polietileno PyR e Compuertas Bloom Gate. Buenos Aires (Arg). 2012. Disponível Em: <http://www.pyrargentina.com.ar>

RAIJ, B; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise para fins de fertilidade**. Campinas. Boletim técnico Instituto Agrônômico de Campinas, n.81. 1983. 131 p.

REICHARDT, K; TIMM, L. C. Solo, **Planta e Atmosfera. Conceitos, processo e aplicações**. 2. Ed. Barueri-SP. Manole. 2012. 500 p.

RIGHES, A. **Eficiência em Sistema com Inundação o Caso do Arroz**. In: I Simpósio Nacional sobre o uso da Água na Agricultura. 2007. Painel. p. 1-17 Disponível em:

<http://www.upf.br/coaju/.../sistemainundaçãoII.pdf>. Acesso: Ago.2012.

ROSSO, J. **Avaliação do consumo de água em lavouras de arroz irrigado no sistema pré-germinado nas condições climáticas do sul Catarinense**. 2007. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma. 2007.

SARTORI, G. M; MARCHESAN, E; AZEVEDO, C. F; STRECK, N. A; ROSO, R; COELHO, L; OLIVEIRA DE. M. L. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 43. n. 3. p.397-403. Mar. 2013.

SILVA DA, J.G; FONSECA, J. R. Colheita. In: SANTOS, A. dos; STONE, L.; VIEIRA, N. De. **A Cultura do Arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio De Goiás: Embrapa Arroz E Feijão, 2006. Cap. 18. p 731-749.

SIMÃO SEMENTES. **Cultivares de arroz**. Rio Grande do Sul. 2014. Disponível em: <http://www.sementessimao.com.br/site/index.php?secao=produto&mostraconteudo=147#conteudo>. Acesso: 10 abr. 2014.

SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para Sul do Brasil**. In: XXVIII Reunião técnica da cultura de arroz irrigado. 2010. Livro. 188p.

SOUZA, C. F; MATSURA, E. E; TESTEZLAF, R; Experiência do Laboratório de Hidráulica, Irrigação e Drenagem da Faculdade de Engenharia Agrícola/Unicamp no uso da técnica da TDR. In: MATSURA, E. E; JAVAREZ JUNIOR, A; GOMES, P. E; SOUZA, F. C. **Aplicações da técnica de TDR na agricultura**. Campinas. UNICAMP. 2001. p.147-178.

SOUZA, C. F; MATSURA, E. E, FOLEGATTI, M.V; COELHO, E. F. OR, D. Sondas de TDR para estimativa da umidade e da condutividade elétrica do solo. **Irriga**. Botucatu. v. 11. n.1. p. 12-25. jan/mar. 2006.

STONE, L. F. **Eficiência do Uso da Água na Cultura de Arroz Irrigado**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão. 2005. 48 p.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. Irrigação. In: SANTOS, A. dos; STONE, L.; VIEIRA, N. de (Ed.). **A Cultura do Arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz E Feijão, 2006. cap. 17. p. 683-730.

TERRES, A. L; FAGUNDES, P. R; MACHADO, M.O; MAGALHÃES DE, A. M; NUNES, C. D. Melhoramento Genético E Cultivares De Arroz Irrigado. In: Gomes, A. Da S; Magalhães Junior, A. M. De. **Arroz Irrigado No Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. 7. p. 161-235.

TOMMASELLI, G. J. T. Critérios para calibração de sondas TDR. In: MATSURA, E. E; JAVAREZ JUNIOR, A; GOMES, P. E; SOUZA, F. C. **Aplicações da técnica de TDR na agricultura**. Campinas. UNICAMP. 2001. p. 88-114.

VORIES, E. D; TACKER, L. Investigating A Multiple Inlet Approach To Reduce Water Requirements For Rice Production. **The Society for engineering in agricultural, food, and biological systems**. Keiser, AR. N. 032014. 1-7p. (2003).

VORIES, E. D; TACKER, P. L; HOGAN, R. Multiplet Inlet Approach to Reduce Water Requirements For Rice Production. **American Society Agricultural Engineers**. Missouri. v 21. n.4. p. 611-616 2005. Disponível em: <http://naldc.nal.usda.gov/catalog/1754> Acesso: Maio 2012.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. 1. Ed. Los Baños. International Rice Research Institute. 1981. 269p.



**ANEXOS**

**APENDICE 1- VARIÁVEIS DO BALANÇO HÍDRICO EM ARROZ**

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>F<sub>L</sub> (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
MIRI	4	2	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
MIRI	7	3	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
CONV	10	4	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
MIRI	1	5	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
CONV	4	6	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
CONV	7	7	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
MIRI	10	8	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
CONV	2	9	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
MIRI	5	10	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
CONV	8	11	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
MIRI	11	12	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
MIRI	2	13	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
CONV	5	14	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
MIRI	8	15	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
CONV	11	16	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
MIRI	2	17	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
CONV	6	18	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
CONV	9	19	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>F<sub>L</sub> (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
MIRI	12	20	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
CONV	3	21	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
MIRI	6	22	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
MIRI	9	23	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95
CONV	12	24	Sem Irrigação	141,43	20,50	NR	NR	103,95

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>F<sub>L</sub> (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	1	3,19	0,90	176,58	127,20	45,00	24,35	1,03	93,49
MIRI	4	2	1	2,08	1,03	132,14	127,20	45,00	26,24	0,97	93,49
MIRI	7	3	1	3,33	0,65	133,16	127,20	45,00	22,73	0,88	93,49
CONV	10	4	1	3,09	0,65	123,76	127,20	45,00	26,73	1,4	93,49
MIRI	1	5	1	3,40	0,98	205,47	127,20	45,00	32,47	2,05	93,49
CONV	4	6	1	2,56	0,95	149,74	127,20	45,00	30,85	1,37	93,49
CONV	7	7	1	3,14	0,58	112,65	127,20	45,00	35,46	2,3	93,49
MIRI	10	8	1	2,98	0,58	106,84	127,20	45,00	25,48	2,08	93,49
CONV	2	9	1	2,50	0,63	120,34	127,20	45,00	24,35	1,03	93,49
MIRI	5	10	1	3,60	0,62	167,01	127,20	45,00	20,85	2,1	93,49
CONV	8	11	1	3,50	0,65	331,62	127,20	45,00	30,59	1,8	93,49
MIRI	11	12	1	2,99	0,62	273,68	127,20	45,00	30,85	2,2	93,49
MIRI	2	13	1	2,45	0,63	152,31	127,20	45,00	27,60	1,05	93,49
CONV	5	14	1	1,82	0,68	233,33	127,20	45,00	27,86	1,1	93,49
MIRI	8	15	1	3,02	0,60	194,87	127,20	45,00	24,10	1,1	93,49
CONV	11	16	1	2,97	0,65	278,80	127,20	45,00	35,72	0,9	93,49
MIRI	2	17	1	2,96	0,83	151,62	127,20	45,00	27,60	0,6	93,49
CONV	6	18	1	2,14	1,35	177,95	127,20	45,00	31,11	0,57	93,49
CONV	9	19	1	3,85	0,50	118,46	127,20	45,00	32,73	0,65	93,49
MIRI	12	20	1	2,40	0,97	142,74	127,20	45,00	22,73	0,49	93,49
CONV	3	21	1	2,75	0,87	146,50	127,20	45,00	30,85	1,06	93,49
MIRI	6	22	1	3,42	0,65	136,92	127,20	45,00	28,70	1,28	93,49
MIRI	9	23	1	3,25	0,62	123,25	127,20	45,00	32,47	0,42	93,49
CONV	12	24	1	2,40	1,08	160,00	127,20	45,00	32,73	2,9	93,49

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>FL (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	2	2,86	0,92	161,37	36,10	19,00	30,56	2,3	30,32
MIRI	4	2	2	2,92	0,67	119,66	36,10	19,00	13,71	2,1	30,32
MIRI	7	3	2	2,33	0,72	102,56	36,10	19,00	19,19	1,3	30,32
CONV	10	4	2	2,87	0,70	123,42	36,10	19,00	19,19	1,33	30,32
MIRI	1	5	2	3,14	0,63	122,56	36,10	19,00	17,41	1,88	30,32
CONV	4	6	2	3,07	0,60	113,50	36,10	19,00	26,04	1,43	30,32
CONV	7	7	2	3,07	0,72	135,38	36,10	19,00	38,37	1,06	30,32
MIRI	10	8	2	2,83	0,62	107,52	36,10	19,00	16,45	0,86	30,32
CONV	2	9	2	3,35	0,70	144,27	36,10	19,00	30,56	0,78	30,32
MIRI	5	10	2	2,74	0,72	120,85	36,10	19,00	26,04	1,89	30,32
CONV	8	11	2	3,32	0,58	119,32	36,10	19,00	34,26	2,6	30,32
MIRI	11	12	2	3,24	0,68	136,24	36,10	19,00	26,04	2,5	30,32
MIRI	2	13	2	2,12	0,83	108,72	36,10	19,00	23,30	2,1	30,32
CONV	5	14	2	2,39	1,33	195,73	36,10	19,00	15,08	1,89	30,32
MIRI	8	15	2	2,56	0,82	128,72	36,10	19,00	18,78	0,69	30,32
CONV	11	16	2	2,55	1,02	159,83	36,10	19,00	30,15	0,89	30,32
MIRI	2	17	2	1,37	1,38	116,24	36,10	19,00	23,30	1,16	30,32
CONV	6	18	2	2,09	1,52	195,38	36,10	19,00	17,82	2,5	30,32
CONV	9	19	2	2,40	0,93	137,95	36,10	19,00	19,19	1,33	30,32
MIRI	12	20	2	2,33	1,45	207,52	36,10	19,00	19,19	1,05	30,32
CONV	3	21	2	2,53	1,33	207,18	36,10	19,00	26,04	0,88	30,32
MIRI	6	22	2	1,98	1,23	149,91	36,10	19,00	32,08	0,88	30,32
MIRI	9	23	2	2,32	0,87	123,59	36,10	19,00	17,41	1,03	30,32
CONV	12	24	2	2,31	1,27	179,83	36,10	19,00	19,19	1,19	30,32

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>F<sub>L</sub> (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	3	3,05	1,22	228,55	75,00	5,00	21,63	1,28	63,00
MIRI	4	2	3	2,15	1,17	154,70	75,00	5,00	14,42	1,16	63,00
MIRI	7	3	3	1,83	1,17	131,62	75,00	5,00	20,18	1,24	63,00
CONV	10	4	3	2,84	0,93	162,91	75,00	5,00	20,18	2,68	63,00
MIRI	1	5	3	2,70	1,78	296,75	75,00	5,00	18,83	1,24	63,00
CONV	4	6	3	2,30	1,83	260,00	75,00	5,00	27,39	1,01	63,00
CONV	7	7	3	3,29	0,83	168,55	75,00	5,00	30,37	0,68	63,00
MIRI	10	8	3	2,84	0,85	148,72	75,00	5,00	17,30	0,89	63,00
CONV	2	9	3	3,47	1,12	238,63	75,00	5,00	21,63	0,86	63,00
MIRI	5	10	3	3,11	1,08	207,01	75,00	5,00	27,39	1,89	63,00
CONV	8	11	3	3,16	1,43	278,46	75,00	5,00	36,04	1,24	63,00
MIRI	11	12	3	2,96	1,12	203,08	75,00	5,00	27,39	0,98	63,00
MIRI	2	13	3	1,63	1,08	108,72	75,00	5,00	10,00	1,78	63,00
CONV	5	14	3	2,78	1,08	185,13	75,00	5,00	12,00	2,16	63,00
MIRI	8	15	3	3,37	1,08	224,79	75,00	5,00	14,00	2,88	63,00
CONV	11	16	3	3,17	1,08	211,45	75,00	5,00	16,00	2,11	63,00
MIRI	2	17	3	1,62	1,17	116,24	75,00	5,00	14,00	1,06	63,00
CONV	6	18	3	2,67	1,17	191,45	75,00	5,00	15,00	1,23	63,00
CONV	9	19	3	3,27	1,17	235,04	75,00	5,00	16,00	0,88	63,00
MIRI	12	20	3	3,18	1,08	212,14	75,00	5,00	13,00	1,27	63,00
CONV	3	21	3	3,53	0,83	181,03	75,00	5,00	20,00	2,89	63,00
MIRI	6	22	3	3,11	0,83	159,66	75,00	5,00	25,00	2,78	63,00
MIRI	9	23	3	3,88	0,83	198,97	75,00	5,00	13,00	1,98	63,00
CONV	12	24	3	3,79	0,83	194,53	75,00	5,00	28,00	1,2	63,00

Tratamento	Bloco	Tabuleiro	Irrigação	Vazão (L s <sup>-1</sup> )	Tempo enchimento (h)	LAI (mm)	E (mm)	P (mm)	Pp (mm)	FL (mm)	ETc (mm)
CONV	1	1	4	3,43	1,00	210,77	60,60	22,00	15,00	1,44	50,90
MIRI	4	2	4	2,55	1,13	177,61	60,60	22,00	22,00	3,68	50,90
MIRI	7	3	4	3,96	0,58	142,05	60,60	22,00	14,00	1,09	50,90
CONV	10	4	4	3,64	0,80	179,32	60,60	22,00	14,00	1,74	50,90
MIRI	1	5	4	2,98	0,83	152,99	60,60	22,00	24,00	1,26	50,90
CONV	4	6	4	3,08	0,67	126,50	60,60	22,00	15,00	0,71	50,90
CONV	7	7	4	3,67	0,83	188,21	60,60	22,00	30,00	1,71	50,90
MIRI	10	8	4	3,71	0,75	171,28	60,60	22,00	12,00	1,17	50,90
CONV	2	9	4	3,12	0,58	111,97	60,60	22,00	23,00	0,94	50,90
MIRI	5	10	4	2,62	0,58	94,02	60,60	22,00	20,00	1,10	50,90
CONV	8	11	4	3,31	0,67	135,90	60,60	22,00	25,00	1,51	50,90
MIRI	11	12	4	3,60	0,50	110,77	60,60	22,00	19,00	1,05	50,90
MIRI	2	13	4	2,36	0,75	108,72	60,60	22,00	14,00	0,64	50,90
CONV	5	14	4	2,98	1,00	183,25	60,60	22,00	21,00	0,44	50,90
MIRI	8	15	4	3,50	0,67	143,42	60,60	22,00	21,00	1,24	50,90
CONV	11	16	4	3,25	1,00	200,17	60,60	22,00	22,00	0,60	50,90
MIRI	2	17	4	2,98	0,63	116,24	60,60	22,00	15,00	0,63	50,90
CONV	6	18	4	2,62	0,83	134,36	60,60	22,00	20,00	0,71	50,90
CONV	9	19	4	3,72	0,67	152,65	60,60	22,00	24,00	2,49	50,90
MIRI	12	20	4	3,47	0,83	177,78	60,60	22,00	14,00	1,27	50,90
CONV	3	21	4	3,04	0,87	162,22	60,60	22,00	19,00	1,04	50,90
MIRI	6	22	4	4,22	0,45	116,92	60,60	22,00	18,00	0,98	50,90
MIRI	9	23	4	3,44	0,78	165,64	60,60	22,00	20,00	2,11	50,90
CONV	12	24	4	3,20	0,67	131,28	60,60	22,00	24,00	2,51	50,90

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>F<sub>L</sub> (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	5	3,17	0,73	142,91	41,00	26,00	31,00	2,98	32,66
MIRI	4	2	5	2,28	0,78	109,74	41,00	26,00	14,00	1,91	32,66
MIRI	7	3	5	3,41	0,45	94,53	41,00	26,00	16,00	1,35	32,66
CONV	10	4	5	2,91	0,62	110,43	41,00	26,00	10,00	1,24	32,66
MIRI	1	5	5	2,68	0,68	112,82	41,00	26,00	25,00	1,38	32,66
CONV	4	6	5	2,66	0,68	111,97	41,00	26,00	11,00	0,42	32,66
CONV	7	7	5	3,94	0,43	105,13	41,00	26,00	15,00	1,48	32,66
MIRI	10	8	5	2,82	0,50	86,67	41,00	26,00	10,00	0,96	32,66
CONV	2	9	5	2,93	0,77	138,12	41,00	26,00	18,00	0,75	32,66
MIRI	5	10	5	2,73	0,70	31,62	41,00	26,00	17,00	0,77	32,66
CONV	8	11	5	3,16	0,55	107,01	41,00	26,00	11,00	0,64	32,66
MIRI	11	12	5	2,85	0,45	78,80	41,00	26,00	16,00	0,88	32,66
MIRI	2	13	5	3,21	0,55	108,72	41,00	26,00	15,00	0,76	32,66
CONV	5	14	5	2,57	0,45	71,11	41,00	26,00	16,00	0,33	32,66
MIRI	8	15	5	3,06	0,35	65,98	41,00	26,00	12,00	0,66	32,66
CONV	11	16	5	2,92	0,45	80,85	41,00	26,00	24,00	0,68	32,66
MIRI	2	17	5	4,20	0,45	116,24	41,00	26,00	15,00	0,62	32,66
CONV	6	18	5	2,55	0,77	120,17	41,00	26,00	16,00	0,57	32,66
CONV	9	19	5	3,20	0,53	104,96	41,00	26,00	10,00	1,03	32,66
MIRI	12	20	5	2,93	0,70	126,32	41,00	26,00	11,00	1,04	32,66
CONV	3	21	5	3,37	0,50	103,59	41,00	26,00	22,00	1,24	32,66
MIRI	6	22	5	3,16	0,72	139,49	41,00	26,00	21,00	1,11	32,66
MIRI	9	23	5	3,42	0,52	108,72	41,00	26,00	13,00	1,29	32,66
CONV	12	24	5	3,56	0,53	116,75	41,00	26,00	20,00	1,87	32,66



<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>FL (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	6	3,85	0,67	157,78	14,50	20,00	20,00	1,92	13,02
MIRI	4	2	6	2,52	0,78	121,71	14,50	20,00	18,44	2,51	13,02
MIRI	7	3	6	3,04	0,52	96,75	14,50	20,00	23,12	1,95	13,02
CONV	10	4	6	2,86	0,58	102,74	14,50	20,00	20,16	2,49	13,02
MIRI	1	5	6	2,69	0,67	110,43	14,50	20,00	30,88	1,66	13,02
CONV	4	6	6	2,61	0,78	125,81	14,50	20,00	49,38	1,90	13,02
CONV	7	7	6	3,35	0,65	133,85	14,50	20,00	6,44	0,63	13,02
MIRI	10	8	6	2,82	0,67	115,73	14,50	20,00	20,47	1,96	13,02
CONV	2	9	6	2,88	0,72	126,84	14,50	20,00	11,24	0,49	13,02
MIRI	5	10	6	2,64	0,50	81,20	14,50	20,00	36,51	1,65	13,02
CONV	8	11	6	3,08	0,73	139,15	14,50	20,00	15,61	0,91	13,02
MIRI	11	12	6	2,80	0,73	126,50	14,50	20,00	15,12	0,83	13,02
MIRI	2	13	6	2,65	0,67	108,72	14,50	20,00	15,10	0,69	13,02
CONV	5	14	6	2,64	0,73	118,97	14,50	20,00	20,31	0,42	13,02
MIRI	8	15	6	3,10	0,72	136,58	14,50	20,00	15,88	0,89	13,02
CONV	11	16	6	2,12	0,67	87,01	14,50	20,00	20,48	0,60	13,02
MIRI	2	17	6	2,46	0,77	116,24	14,50	20,00	25,52	1,05	13,02
CONV	6	18	6	2,62	0,82	131,45	14,50	20,00	18,71	0,68	13,02
CONV	9	19	6	3,39	0,73	152,99	14,50	20,00	18,18	1,87	13,02
MIRI	12	20	6	3,84	0,62	145,81	14,50	20,00	9,90	0,95	13,02
CONV	3	21	6	3,49	0,57	121,54	14,50	20,00	20,76	1,17	13,02
MIRI	6	22	6	3,35	0,63	130,60	14,50	20,00	37,89	2,01	13,02
MIRI	9	23	6	3,50	0,57	122,22	14,50	20,00	20,71	2,11	13,02
CONV	12	24	6	3,12	0,82	156,58	14,50	20,00	24,76	2,09	13,02

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>F<sub>L</sub> (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	7	2,54	0,65	101,54	27,00	30,00	20,00	1,92	17,01
MIRI	4	2	7	1,94	0,50	59,83	27,00	30,00	23,77	3,35	17,01
MIRI	7	3	7	2,84	0,52	90,26	27,00	30,00	9,22	0,86	17,01
CONV	10	4	7	1,94	0,65	77,61	27,00	30,00	13,93	1,87	17,01
MIRI	1	5	7	2,31	0,67	94,70	27,00	30,00	20,58	1,11	17,01
CONV	4	6	7	2,29	0,50	70,43	27,00	30,00	20,00	0,95	17,01
CONV	7	7	7	2,78	0,52	88,55	27,00	30,00	9,66	0,95	17,01
MIRI	10	8	7	2,51	0,50	77,26	27,00	30,00	9,45	0,98	17,01
CONV	2	9	7	2,54	0,57	88,55	27,00	30,00	14,31	0,62	17,01
MIRI	5	10	7	2,12	0,60	78,12	27,00	30,00	22,30	1,16	17,01
CONV	8	11	7	2,75	0,58	98,80	27,00	30,00	20,81	1,21	17,01
MIRI	11	12	7	2,54	0,58	91,28	27,00	30,00	14,53	0,83	17,01
MIRI	2	13	7	2,30	0,77	108,72	27,00	30,00	19,46	0,92	17,01
CONV	5	14	7	2,36	0,73	106,32	27,00	30,00	18,76	0,42	17,01
MIRI	8	15	7	2,78	0,73	125,64	27,00	30,00	30,50	1,78	17,01
CONV	11	16	7	2,61	0,73	117,61	27,00	30,00	14,16	0,45	17,01
MIRI	2	17	7	1,77	1,07	116,24	27,00	30,00	27,52	1,26	17,01
CONV	6	18	7	2,08	0,58	74,53	27,00	30,00	19,70	0,71	17,01
CONV	9	19	7	2,90	0,57	101,03	27,00	30,00	22,22	2,28	17,01
MIRI	12	20	7	2,53	0,55	85,47	27,00	30,00	21,80	1,89	17,01
CONV	3	21	7	2,49	0,82	125,13	27,00	30,00	19,24	1,17	17,01
MIRI	6	22	7	2,45	0,75	113,16	27,00	30,00	8,95	0,57	17,01
MIRI	9	23	7	2,88	0,73	129,91	27,00	30,00	20,71	2,11	17,01
CONV	12	24	7	2,65	0,83	135,90	27,00	30,00	12,38	1,05	17,01

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>F<sub>L</sub> (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	8	3,37	0,42	86,32	15,00	10,00	20,00	1,92	9,45
MIRI	4	2	8	2,32	0,40	57,09	15,00	10,00	15,37	2,51	9,45
MIRI	7	3	8	3,33	0,37	75,21	15,00	10,00	16,65	1,56	9,45
CONV	10	4	8	2,98	0,37	67,35	15,00	10,00	9,29	1,25	9,45
MIRI	1	5	8	2,68	0,45	74,19	15,00	10,00	19,42	1,11	9,45
CONV	4	6	8	2,47	0,43	65,81	15,00	10,00	9,22	0,48	9,45
CONV	7	7	8	3,50	0,57	122,22	15,00	10,00	11,93	1,14	9,45
MIRI	10	8	8	2,50	0,47	71,79	15,00	10,00	9,45	0,98	9,45
CONV	2	9	8	2,09	0,50	64,27	15,00	10,00	47,69	2,05	9,45
MIRI	5	10	8	1,79	0,55	60,68	15,00	10,00	21,24	1,10	9,45
CONV	8	11	8	2,16	0,47	62,05	15,00	10,00	15,61	0,91	9,45
MIRI	11	12	8	1,97	0,52	62,56	15,00	10,00	9,30	0,55	9,45
MIRI	2	13	8	4,24	0,42	108,72	15,00	10,00	9,05	0,46	9,45
CONV	5	14	8	2,58	0,52	81,88	15,00	10,00	8,60	0,21	9,45
MIRI	8	15	8	3,15	0,37	71,11	15,00	10,00	30,50	1,78	9,45
CONV	11	16	8	2,89	0,55	97,78	15,00	10,00	14,16	0,45	9,45
MIRI	2	17	8	3,78	0,50	116,24	15,00	10,00	16,97	0,84	9,45
CONV	6	18	8	2,42	0,55	81,88	15,00	10,00	19,70	0,71	9,45
CONV	9	19	8	3,23	0,50	99,49	15,00	10,00	10,10	1,04	9,45
MIRI	12	20	8	2,71	0,43	72,31	15,00	10,00	19,80	1,89	9,45
CONV	3	21	8	2,74	0,50	84,44	15,00	10,00	17,71	1,17	9,45
MIRI	6	22	8	2,22	0,37	50,09	15,00	10,00	8,95	0,57	9,45
MIRI	9	23	8	2,98	0,50	91,62	15,00	10,00	31,07	3,17	9,45
CONV	12	24	8	2,83	0,48	84,27	15,00	10,00	22,29	1,88	9,45

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigaçã o</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>FL (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	9	3,97	0,42	101,88	28,00	0,00	20,00	1,92	17,64
MIRI	4	2	9	2,88	0,40	70,94	28,00	0,00	10,25	1,67	17,64
MIRI	7	3	9	3,28	0,32	63,93	28,00	0,00	16,65	1,56	17,64
CONV	10	4	9	3,56	0,40	87,69	28,00	0,00	20,16	2,49	17,64
MIRI	1	5	9	2,54	0,55	85,98	28,00	0,00	18,25	1,11	17,64
CONV	4	6	9	2,45	0,55	82,91	28,00	0,00	20,00	0,95	17,64
CONV	7	7	9	3,07	0,55	103,76	28,00	0,00	11,93	1,14	17,64
MIRI	10	8	9	2,63	0,53	86,32	28,00	0,00	9,45	0,98	17,64
CONV	2	9	9	2,00	0,78	96,41	28,00	0,00	35,84	1,64	17,64
MIRI	5	10	9	1,61	0,72	70,94	28,00	0,00	9,84	0,55	17,64
CONV	8	11	9	2,13	0,78	102,91	28,00	0,00	20,81	1,21	17,64
MIRI	11	12	9	1,94	0,78	93,50	28,00	0,00	9,30	0,55	17,64
MIRI	2	13	9	3,66	0,48	108,72	28,00	0,00	19,46	0,92	17,64
CONV	5	14	9	2,53	0,48	75,38	28,00	0,00	8,60	0,21	17,64
MIRI	8	15	9	3,22	0,48	95,73	28,00	0,00	20,33	1,18	17,64
CONV	11	16	9	2,85	0,50	87,69	28,00	0,00	18,88	0,60	17,64
MIRI	2	17	9	3,54	0,53	116,24	28,00	0,00	18,34	0,84	17,64
CONV	6	18	9	2,46	0,60	90,77	28,00	0,00	19,70	0,71	17,64
CONV	9	19	9	3,09	0,53	101,37	28,00	0,00	10,10	1,04	17,64
MIRI	12	20	9	2,78	0,50	85,47	28,00	0,00	22,77	2,18	17,64
CONV	3	21	9	3,31	0,57	115,38	28,00	0,00	28,85	1,75	17,64
MIRI	6	22	9	2,49	0,58	89,40	28,00	0,00	8,95	0,57	17,64
MIRI	9	23	9	3,30	0,55	111,79	28,00	0,00	17,14	2,11	17,64
CONV	12	24	9	8,52	0,62	323,42	34,00	5,00	38,00	2,93	17,64

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>F<sub>L</sub> (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	10	3,41	0,53	111,97	34,00	5,00	15,00	1,44	21,42
MIRI	4	2	10	2,34	0,48	69,74	34,00	5,00	16,60	2,51	21,42
MIRI	7	3	10	3,43	0,42	87,86	34,00	5,00	17,80	1,56	21,42
CONV	10	4	10	3,07	0,52	97,61	34,00	5,00	10,08	1,25	21,42
MIRI	1	5	10	2,87	0,40	70,60	34,00	5,00	19,42	1,11	21,42
CONV	4	6	10	2,76	0,47	79,15	34,00	5,00	49,38	1,90	21,42
CONV	7	7	10	3,37	0,48	100,17	34,00	5,00	22,13	1,90	21,42
MIRI	10	8	10	2,84	0,45	78,63	34,00	5,00	20,47	1,96	21,42
CONV	2	9	10	2,97	0,50	91,45	34,00	5,00	19,08	0,82	21,42
MIRI	5	10	10	2,49	0,50	76,75	34,00	5,00	24,34	1,10	21,42
CONV	8	11	10	3,33	0,48	99,15	34,00	5,00	20,81	1,21	21,42
MIRI	11	12	10	2,48	0,60	91,62	34,00	5,00	13,02	0,78	21,42
MIRI	2	13	10	3,79	0,47	108,72	34,00	5,00	19,46	0,92	21,42
CONV	5	14	10	2,56	0,52	81,37	34,00	5,00	13,77	0,34	21,42
MIRI	8	15	10	3,11	0,47	89,40	34,00	5,00	20,33	1,18	21,42
CONV	11	16	10	3,65	0,37	82,39	34,00	5,00	30,72	0,89	21,42
MIRI	2	17	10	3,78	0,50	116,24	34,00	5,00	16,51	0,76	21,42
CONV	6	18	10	2,55	0,50	78,46	34,00	5,00	18,20	0,71	21,42
CONV	9	19	10	3,29	0,47	94,53	34,00	5,00	20,20	2,08	21,42
MIRI	12	20	10	2,98	0,47	85,64	34,00	5,00	16,83	1,61	21,42
CONV	3	21	10	3,27	0,45	90,43	34,00	5,00	15,00	0,88	21,42
MIRI	6	22	10	2,52	0,43	67,18	34,00	5,00	19,40	1,15	21,42
MIRI	9	23	10	4,08	0,38	96,24	34,00	5,00	17,14	2,11	21,42
CONV	12	24	10	5,54	0,42	142,05	34,00	5,00	27,14	2,09	21,42

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>F<sub>L</sub> (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	11	2,95	0,55	99,83	39,00	0,00	20,00	1,92	19,85
MIRI	4	2	11	2,13	0,55	71,97	39,00	0,00	17,21	2,51	19,85
MIRI	7	3	11	2,72	0,38	64,10	39,00	0,00	18,96	1,56	19,85
CONV	10	4	11	2,77	0,53	90,77	39,00	0,00	10,08	1,25	19,85
MIRI	1	5	11	2,43	0,58	87,35	39,00	0,00	25,24	1,44	19,85
CONV	4	6	11	2,40	0,57	83,76	39,00	0,00	19,75	0,76	19,85
CONV	7	7	11	3,12	0,57	108,89	39,00	0,00	14,75	1,27	19,85
MIRI	10	8	11	2,57	0,55	86,84	39,00	0,00	20,47	1,96	19,85
CONV	2	9	11	2,02	0,68	85,13	39,00	0,00	9,54	0,41	19,85
MIRI	5	10	11	2,18	0,48	64,96	39,00	0,00	24,34	1,10	19,85
CONV	8	11	11	2,90	0,52	92,31	39,00	0,00	14,57	0,85	19,85
MIRI	11	12	11	2,65	0,53	87,01	39,00	0,00	4,65	0,28	19,85
MIRI	2	13	11	3,21	0,55	108,72	39,00	0,00	9,05	0,46	19,85
CONV	5	14	11	2,32	0,53	76,07	39,00	0,00	18,76	0,42	19,85
MIRI	8	15	11	2,88	0,62	109,40	39,00	0,00	10,17	0,59	19,85
CONV	11	16	11	2,69	0,50	82,91	39,00	0,00	10,24	0,30	19,85
MIRI	2	17	11	4,36	0,43	116,24	39,00	0,00	9,17	0,42	19,85
CONV	6	18	11	2,34	0,65	93,50	39,00	0,00	15,76	0,57	19,85
CONV	9	19	11	2,81	0,58	100,85	39,00	0,00	22,18	2,08	19,85
MIRI	12	20	11	2,78	0,52	88,38	39,00	0,00	17,82	1,70	19,85
CONV	3	21	11	2,78	0,73	125,64	39,00	0,00	15,00	0,88	19,85
MIRI	6	22	11	2,20	0,60	81,37	39,00	0,00	20,90	1,15	19,85
MIRI	9	23	11	3,02	0,48	89,74	39,00	0,00	12,00	1,48	19,85
CONV	12	24	11	2,86	0,70	123,25	39,00	0,00	24,76	2,09	19,85

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>FL (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	12	3,21	0,63	125,13	37,40	0,00	16,00	1,54	21,23
MIRI	4	2	12	2,21	0,60	81,54	37,40	0,00	16,52	2,34	21,23
MIRI	7	3	12	3,22	0,48	95,73	37,40	0,00	23,70	1,95	21,23
CONV	10	4	12	2,92	0,58	104,96	37,40	0,00	20,16	2,49	21,23
MIRI	1	5	12	2,69	0,43	71,62	37,40	0,00	15,51	0,94	21,23
CONV	4	6	12	2,40	0,53	78,63	37,40	0,00	27,16	1,05	21,23
CONV	7	7	12	3,11	0,52	98,97	37,40	0,00	14,75	1,27	21,23
MIRI	10	8	12	2,43	0,47	69,91	37,40	0,00	9,45	0,98	21,23
CONV	2	9	12	2,60	0,40	63,93	37,40	0,00	17,17	0,74	21,23
MIRI	5	10	12	2,15	0,58	77,26	37,40	0,00	18,26	0,83	21,23
CONV	8	11	12	2,72	0,60	100,34	37,40	0,00	15,61	0,91	21,23
MIRI	11	12	12	2,55	0,58	91,62	37,40	0,00	20,16	1,11	21,23
MIRI	2	13	12	3,53	0,50	108,72	37,40	0,00	19,46	0,92	21,23
CONV	5	14	12	2,28	0,57	79,49	37,40	0,00	13,13	0,29	21,23
MIRI	8	15	12	2,77	0,47	79,66	37,40	0,00	12,20	0,71	21,23
CONV	11	16	12	2,64	0,48	78,63	37,40	0,00	15,36	0,45	21,23
MIRI	2	17	12	3,43	0,55	116,24	37,40	0,00	18,34	0,84	21,23
CONV	6	18	12	2,13	0,67	87,18	37,40	0,00	14,77	0,53	21,23
CONV	9	19	12	2,50	0,57	87,35	37,40	0,00	16,63	1,56	21,23
MIRI	12	20	12	2,39	0,82	120,17	37,40	0,00	14,85	1,42	21,23
CONV	3	21	12	2,34	0,70	100,68	37,40	0,00	14,43	0,88	21,23
MIRI	6	22	12	1,87	0,50	57,61	37,40	0,00	60,99	2,76	21,23
MIRI	9	23	12	2,60	0,52	82,74	37,40	0,00	17,14	2,11	21,23
CONV	12	24	12	2,39	0,63	93,33	37,40	0,00	16,79	1,57	21,23

<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>F<sub>L</sub> (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	13	2,40	0,62	90,94	28,00	0,00	16,00	1,54	10,71
MIRI	4	2	13	1,71	0,53	56,24	28,00	0,00	22,43	3,18	10,71
MIRI	7	3	13	2,83	0,53	92,82	28,00	0,00	13,35	1,17	10,71
CONV	10	4	13	2,14	0,55	72,48	28,00	0,00	10,21	1,37	10,71
MIRI	1	5	13	2,18	0,67	89,40	28,00	0,00	11,33	0,72	10,71
CONV	4	6	13	1,86	0,53	61,20	28,00	0,00	13,88	0,57	10,71
CONV	7	7	13	2,47	0,57	86,15	28,00	0,00	11,06	0,95	10,71
MIRI	10	8	13	1,98	0,55	67,01	28,00	0,00	9,45	0,98	10,71
CONV	2	9	13	2,23	0,52	70,94	28,00	0,00	12,02	0,53	10,71
MIRI	5	10	13	1,80	0,62	68,38	28,00	0,00	20,95	0,94	10,71
CONV	8	11	13	2,30	0,47	66,15	28,00	0,00	11,54	0,67	10,71
MIRI	11	12	13	2,03	0,50	62,56	28,00	0,00	20,16	1,11	10,71
MIRI	2	13	13	2,41	0,73	108,72	28,00	0,00	9,73	0,46	10,71
CONV	5	14	13	2,03	0,47	58,29	28,00	0,00	18,56	0,40	10,71
MIRI	8	15	13	2,55	0,57	88,89	28,00	0,00	22,00	1,18	10,71
CONV	11	16	13	2,23	0,50	68,55	28,00	0,00	23,76	0,65	10,71
MIRI	2	17	13	2,70	0,70	116,24	28,00	0,00	29,69	1,47	10,71
CONV	6	18	13	1,85	0,82	92,82	28,00	0,00	39,74	1,25	10,71
CONV	9	19	13	2,49	0,42	63,93	28,00	0,00	23,31	2,28	10,71
MIRI	12	20	13	2,94	0,65	117,78	28,00	0,00	12,87	1,23	10,71
CONV	3	21	13	2,43	0,63	94,53	28,00	0,00	39,01	2,04	10,71
MIRI	6	22	13	1,94	0,60	71,45	28,00	0,00	45,43	2,18	10,71
MIRI	9	23	13	2,69	0,67	110,43	28,00	0,00	38,68	4,02	10,71
CONV	12	24	13	2,19	0,55	74,02	28,00	0,00	18,10	1,67	10,71



<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Tabuleiro</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Vazão (L s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tempo enchimento (h)</b>	<b>LAI (mm)</b>	<b>E (mm)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pp (mm)</b>	<b>FL (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>
CONV	1	1	14	3,15	0,58	113,16	55,20	20,00	28,00	2,23	10,71
MIRI	4	2	14	2,22	0,58	79,66	55,20	20,00	20,00	2,08	49,28
MIRI	7	3	14	3,54	0,58	127,18	55,20	20,00	14,00	1,16	49,28
CONV	10	4	14	3,07	0,58	110,09	55,20	20,00	21,00	0,80	49,28
MIRI	1	5	14	2,37	0,62	89,91	55,20	20,00	12,30	0,96	49,28
CONV	4	6	14	2,04	0,48	60,68	55,20	20,00	34,50	1,00	49,28
CONV	7	7	14	2,94	0,58	105,47	55,20	20,00	21,00	1,80	49,28
MIRI	10	8	14	2,23	0,55	75,38	55,20	20,00	20,00	2,16	49,28
CONV	2	9	14	2,39	0,48	71,11	55,20	20,00	25,00	1,80	49,28
MIRI	5	10	14	2,01	0,52	63,93	55,20	20,00	20,00	1,56	49,28
CONV	8	11	14	2,80	0,58	100,51	55,20	20,00	21,00	1,20	49,28
MIRI	11	12	14	2,62	0,55	88,55	55,20	20,00	20,00	1,11	49,28
MIRI	2	13	14	3,03	0,58	108,72	55,20	20,00	29,00	2,03	49,28
CONV	5	14	14	2,32	0,65	92,82	55,20	20,00	18,00	1,08	49,28
MIRI	8	15	14	2,77	0,58	99,49	55,20	20,00	22,00	0,83	49,28
CONV	11	16	14	2,65	0,60	97,78	55,20	20,00	23,00	0,76	49,28
MIRI	2	17	14	2,64	0,72	116,24	55,20	20,00	20,00	1,78	49,28
CONV	6	18	14	2,34	0,62	88,89	55,20	20,00	30,00	2,69	49,28
CONV	9	19	14	3,00	0,65	120,00	55,20	20,00	25,00	2,43	49,28
MIRI	12	20	14	2,67	0,47	76,75	55,20	20,00	14,00	1,90	49,28
CONV	3	21	14	2,71	0,67	111,11	55,20	20,00	30,00	3,01	49,28
MIRI	6	22	14	2,13	0,77	100,51	55,20	20,00	35,00	2,15	49,28
MIRI	9	23	14	2,88	0,60	106,32	55,20	20,00	30,00	1,55	49,28
CONV	12	24	14	2,65	0,72	116,75	55,20	20,00	20,00	0,89	49,28

**APENDICE 2- VARIÁVEIS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DE ARROZ NA FCA BOTUCATU - SP**

<b>TRATAMENTO</b>	<b>BLOCO</b>	<b>TABULEIRO</b>	<b>Altura de planta ao final fase vegetativa(cm)</b>	<b>Altura planta à colheita (cm)</b>	<b>Colmos m<sup>-2</sup></b>
CONV	1	1	39,3	78,5	504
MIRI	4	2	35,3	70,5	560
MIRI	7	3	45,3	90,5	544
CONV	10	4	40,1	80,2	580
MIRI	1	5	46,6	93,1	596
CONV	4	6	36,8	73,7	480
CONV	7	7	49,2	98,3	592
MIRI	10	8	40,1	80,2	600
CONV	2	9	40,1	84,7	616
MIRI	5	10	43,0	80,2	552
CONV	8	11	41,1	85,9	496
MIRI	9	12	42,2	82,1	648
MIRI	2	13	36,3	84,4	604
CONV	5	14	37,2	72,7	480
MIRI	8	15	42,7	74,4	524
CONV	11	16	40,4	85,3	648
MIRI	3	17	35,9	80,8	544
CONV	6	18	40,0	71,8	440
CONV	9	19	38,6	79,9	616
MIRI	12	20	39,5	77,2	532
CONV	3	21	33,5	79,0	584
MIRI	6	22	38,8	67,0	512
MIRI	9	23	39,9	77,6	640
CONV	12	24	42,4	79,8	560

<b>TRATAMENTO</b>	<b>BLOCO</b>	<b>TABULEIRO</b>	<b>Panículas m<sup>-2</sup></b>	<b>Porcentagem colmos férteis (%)</b>	<b>Espiguetas totais por panícula</b>	<b>Espiguetas granadas Panículas</b>
CONV	1	1	436	86,51	54,68	47,97
MIRI	4	2	464	82,86	87,38	63,57
MIRI	7	3	432	79,41	55,13	50,63
CONV	10	4	488	84,14	64,55	54,10
MIRI	1	5	484	81,21	56,50	48,60
CONV	4	6	408	85,00	82,33	61,20
CONV	7	7	488	82,43	87,96	73,72
MIRI	10	8	488	81,33	82,18	62,09
CONV	2	9	504	81,82	88,48	78,44
MIRI	5	10	456	82,61	83,88	66,46
CONV	8	11	396	79,84	95,61	75,78
MIRI	9	12	544	83,95	93,88	75,20
MIRI	2	13	508	84,11	66,23	55,80
CONV	5	14	420	87,50	72,48	55,90
MIRI	8	15	416	79,39	72,63	59,66
CONV	11	16	528	81,48	69,22	58,91
MIRI	3	17	456	83,82	77,40	69,08
CONV	6	18	340	77,27	77,16	61,05
CONV	9	19	512	83,12	63,77	54,62
MIRI	12	20	476	89,47	69,26	51,14
CONV	3	21	492	84,25	82,72	69,44
MIRI	6	22	428	83,59	69,91	49,22
MIRI	9	23	572	89,38	65,25	54,91
CONV	12	24	480	85,71	75,29	62,35

TRATAMENTO	BLOCO	TABULEIRO	Espiguetas Chochas por panícula	Fertilidade das espiguetas (%)	Massa 1000 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	EUA (kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )
CONV	1	1	6,71	87,73	26,43	5639,11	2,95
MIRI	4	2	23,81	72,75	26,59	7168,76	5,26
MIRI	7	3	4,50	91,84	28,21	7612,82	5,45
CONV	10	4	10,45	83,81	28,51	8439,42	5,58
MIRI	1	5	7,90	86,02	26,12	6723,29	4,04
CONV	4	6	21,13	74,33	27,56	5990,72	4,08
CONV	7	7	14,24	83,81	23,71	9703,79	5,85
MIRI	10	8	20,09	75,55	26,00	8535,11	6,32
CONV	2	9	10,04	88,65	26,94	6131,01	4,05
MIRI	5	10	17,42	79,23	25,95	5774,87	4,57
CONV	8	11	19,83	79,26	26,78	8097,96	4,42
MIRI	9	12	18,68	80,10	26,55	8237,07	5,16
MIRI	2	13	10,43	84,25	27,12	7302,35	4,66
CONV	5	14	16,57	77,14	26,31	5687,96	3,47
MIRI	8	15	12,97	82,14	26,68	7505,05	4,54
CONV	11	16	10,30	85,11	26,05	6484,26	3,74
MIRI	3	17	8,33	89,24	27,54	6993,80	4,21
CONV	6	18	16,11	79,13	25,47	6777,57	4,14
CONV	9	19	9,15	85,65	27,29	8141,15	4,87
MIRI	12	20	18,11	73,84	26,72	4813,87	2,76
CONV	3	21	13,28	83,95	28,33	7209,26	4,07
MIRI	6	22	20,70	70,40	25,78	8384,45	5,73
MIRI	9	23	10,34	84,15	26,09	7422,09	4,47
CONV	12	24	12,94	82,82	26,03	7108,18	3,50