UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

GEMAEL BARBOSA LIMA

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS DE BASE FAMILIAR

VITÓRIA
2013

GEMAEL BARBOSA LIMA

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS DE BASE FAMILIAR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Recursos Hídricos.

Orientador: Profº. Dr. Edmilson Costa Teixeira.

Co-orientador: Profº. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis.

VITÓRIA

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Lima, Gemael Barbosa, 1985-
L732a Avaliação de métodos de manejo da irrigação em pequenas propriedades rurais de base familiar / Gemael Barbosa Lima. – 2013.
136 f. : il.

Orientador: Edmilson Costa Teixeira.
Coorientador: Edvaldo Fialho dos Reis.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Água - Uso. 2. Recursos hídricos. 3. Agricultura familiar. 4. Irrigação. 5. Manejo da irrigação. I. Teixeira, Edmilson Costa. II. Reis, Edvaldo Fialho dos. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 628

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

"Avaliação de Métodos de Manejo da Irrigação em Pequenas Propriedades Rurais de Base Familiar".

GEMAEL BARBOSA LIMA

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Edmilson Costa Teixeira
Orientador – DEA/CT/UFES

Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis
Co-Orientador – DEA/CT/UFES

Prof. Dr. Daniel Rigo
Examinador Interno – DEA/CT/UFES

Prof. Dr. Rubens Alves de Oliveira
Examinador Externo – UFV

Coordenadora do PPGEA: Profa. Dra. Regina de Pinho Keller
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Vitória, ES, 27 de agosto de 2013.

A meus pais, Otacilio e Acuelina, e irmão Danthi, pelo apoio e amor incondicional.

A minha madrinha Maria Antônia Barbosa pelo incentivo e inspiração.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter iluminado essa importante fase da minha vida.

Aos meus pais Otacilio e Acuelina que, mesmo longe, sempre me encorajaram e incentivaram em minha carreira estudantil.

Meus eternos e sinceros agradecimentos aos meus orientadores e amigos, Edmilson Teixeira e Edvaldo Reis, pelos momentos de discussões e aprendizagem.

À Banca examinadora, professores Rubens Alves de Oliveira e Daniel Rigo, pelas valiosas contribuições.

Aos meus colegas de LabGest: Andressa; Alessandra; Beatriz; Cristina; Karla; Danielle; Fábio; PC; Gustavo; Natan; Anna Paula; Cintia; Rosiane; Carol; Maurício Sartori; Sara; Lorena; Paulo Eduardo; Geraldo; Gisele; Maurício; Marcos; e, em especial, ao Sirlei e ao Júlio que me ajudaram nos trabalhos de campo.

Aos colaboradores do Sossego na Escola: Schaulla; Lara; Karla; Ingridy; Juliana; Angela e Lorena.

Meus imensos agradecimentos aos produtores rurais que gentilmente cederam suas propriedades para a realização dessa dissertação: Marcelo; Rogério; Osmar; Ricardo; Adair; Sérgio; XeXeu; Jilberto e Edson.

Agradeço ainda aos colegas da turma do mestrado 2011/1 pela convivência e apoio.

Ao Rogério do CAA/UFES pelo auxílio na instalação e operação dos IRRIGÂMETROS®.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao PPGEA pela oportunidade da realização do mestrado.

Ao Leandro, Sérgio e Jean do INCAPER de Itarana, ao Professor Márcio Mota Ramos do Irriga Certo e ao GESAI

Às secretárias, funcionários e professores do PPGEA.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desse trabalho.

RESUMO

A irrigação constitui a forma mais eficiente para o aumento da produção agrícola porém, se praticada de forma inadequada pode causar importantes impactos negativos ao meio ambiente. Nesse contexto, a presente pesquisa objetiva contribuir para o aperfeiçoamento da autogestão comunitária de recursos hídricos através da inserção do IRRIGÂMETRO® e do IRRIPLUS® como instrumentos de auxílio ao manejo da irrigação, propondo diretrizes para a utilização prática de tais ferramentas. Para o desenvolvimento deste trabalho, a cultura agrícola escolhida foi a Banana (*Musa* spp.), em fase final de desenvolvimento; o sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão; cinco propriedades rurais de base agrícola familiar, situadas na bacia hidrográfica do córrego Sossego, em Itarana/ES, foram tomadas como piloto. As irrigações praticadas pela experiência empírica do produtor rural (EXP), geralmente sem critérios técnicos, foram comparadas com as irrigações indicadas pelo IRRIGÂMETRO®, tomando-se como referência as estimadas pelo IRRIPLUS®. Este último, devido à escassez de dados meteorológicos para estimativa da evapotranspiração de referência (ETo), utilizou-se da equação de Hargreaves-Samani (HS). Entretanto, essa equação tende a superestimar ETo e, consequentemente, superestimar a irrigação em relação ao método que é considerado padrão pela FAO: “Penman-Monteith”. Por isso, foi estabelecida uma faixa de 15% a 30% de erro do emprego da HS que serviu de base para as comparações. Outrossim, foi avaliada a influência da melhoria qualitativa do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) da irrigação. Os resultados das comparações entre as irrigações fornecidas por EXP, IRRIGÂMETRO e IRRIPLUS apontaram que, apenas em uma propriedade, a irrigação realizada por EXP não diferiu estatisticamente (pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade) do IRRIPLUS®, e em todas as propriedades, à exceção de uma, houve diferença da lâmina de aplicação média indicada pelo IRRIGÂMETRO® em relação ao IRRIPLUS®, considerando o mesmo teste estatístico. Em quatro propriedades o IRRIGÂMETRO® superestimou a irrigação (de 5,8% a 39,4%) em relação à faixa de erro de 30%, mas, por outro lado, nas cinco propriedades a irrigação foi subestimada (de 2,9% a 33,8%) considerando a faixa de erro de 15%. Quanto à comparação das irrigações pela EXP em relação ao IRRIPLUS®, foi verificado que, em duas propriedades, a irrigação de acordo com o primeiro método foi abaixo (de 10,4% a 15,3%) da estimada pelo segundo método, e para as demais foi acima (de 25,8 a 39,2%) para as faixas de 15% de erro. Considerando a faixa de 30%, a irrigação segundo a EXP foi superestimada (de 2,8% a 63,8%) em relação ao IRRIPLUS® em todas as propriedades avaliadas. A melhoria da uniformidade de distribuição proporcionou uma maior economia da lâmina de aplicação, de 42,1%, quando o CUD de 56,1% foi ajustado para 95%; e uma menor economia, de 10,5%, quando o CUD de 85,6% foi ajustado para 95%. Quanto à utilização prática do IRRIGÂMETRO® e do IRRIPLUS®, verifica-se que para os pequenos produtores o primeiro é mais recomendado, uma vez que o segundo exige um nível de capacitação mais avançado para seu uso.

Palavras-chave: uso/manejo da água na agricultura, agricultura familiar, IRRIGÂMETRO®, IRRIPLUS®.

ABSTRACT

Irrigation is the most effective way to increase agricultural production. However, if inadequately employed, it can cause significant negative impacts to the environment. In this setting, this study aims at contributing to improving community self-management of water resources by introducing IRRIGAMETRO® and IRRIPLUS® as tools to assist in irrigation and propose guidelines to practical use of these tools. In order to develop this study, the culture chosen was banana (*Musa* spp.) in its final stadium of development; the management system chosen was microsprinkler; five agricultural family properties (farms) located in the Sossego creek basin, Itarana, ES, Brazil were chosen as pilot. Irrigation practiced based on agriculturist's empirical experience (EXP) — usually without any technical criteria — were compared to irrigation procedures indicated by IRRIGAMETRO® based on references estimated by IRRIPLUS®. Due to paucity of meteorological data to estimate reference evapotranspiration (ETo), estimation adopted Hargreaves-Samani (HS) equation. However, this equation tends to overestimate ETo and, consequently, overestimate irrigation in relation to the method considered standard by FAO: the "Penman-Monteith". Thus, a 15 to 30% range of error to employ HS was established, which was the basis for comparisons. Furthermore, the influence of qualitative improvement of water uniformity distribution coefficient (CUD) was also evaluated. The results of comparisons between EXP and IRRIGAMETRO® and IRRIPLUS® experiences showed that in only one farm irrigation carried out based on experience did not differ statistically (using Dunnett test at 5% of probability) from IRRIPLUS®. In all but one farm, there was difference in the average amount applied indicated by IRRIGAMETRO® compared to IRRIPLUS® and using the same statistical test. In four farms, IRRIGAMETRO® overestimated irrigation (from 5.8% to 39.4%) in relation to the error range of 30%. On the other hand, in all the five farms irrigation was underestimated (from 2.9 to 33.8%) if error range of 15% is considered. As far as EXP irrigation and IRRIPLUS® irrigation are concerned, the study verified that, in two farms, irrigation according to the first method was below (from 10.4 to 15.3%) the estimates by the second method, and for the other farms, it was above (25.8 to 39.2%) for error range of 15%. As for the range of 30%, irrigation according to EXP was overestimated (from 2.8 to 63.8%) compared to IRRIPLUS® in all the study farms. Distribution uniformity improvement allowed higher economy of water, from 42.1% when CUD of 56.1% was set to 95%; and lower economy (10.5%) when CUD of 85.6% was set to 95%. Regarding practical use of IRRIGAMETRO® and IRRIPLUS®, it is seen that for small farmers, the former is more recommended, because the latter requires more advanced training to be operated.

Keywords: Water handling in agriculture, family farming, IRRIGÂMETRO®, IRRIPLUS®.

LISTA DE TABELA

Tabela 3.1: Distribuição da área irrigada por país e porcentagem da área irrigada em relação à área cultivada. 27

Tabela 3.2: Valores de CUD, com suas respectivas classificações, propostos por Merriam e Keller (1978). 38

Tabela 3.3: Lâmina requerida versus lâmina aplicada para cada propriedade acompanhada.....42

Tabela 3.4: Lâmina requerida versus lâmina aplicada em propriedades do Sul do Estado do Espírito Santo. 42

Tabela 3.5: Valores do nível de água no evaporatório de acordo com as diferentes fases de desenvolvimento da cultura. 44

Tabela 4.1: Formas de irrigação e suas respectivas descrições. 56

Tabela 4.2: Nomenclatura das propriedades pré-selecionadas com suas respectivas coordenadas.....57

Tabela 4.3: Culturas e suas letras correspondentes. 61

Tabela 4.4: Modelos de réguas de manejo, onde os códigos representam as culturas de acordo com a sensibilidade hídrica e os números representam o DTA calculado pela equação 3.1. 62

Tabela 4.5: Valores de DTA com seus respectivos modelos de régua de manejo para cada propriedade. 63

Tabela 4.6: Modelos de régua temporal. 64

Tabela 4.7: Modelo de régua temporal para cada propriedade.....64

Tabela 4.8: valores dos dados da cultura utilizados para alimentar o *software* e suas referencias.....68

Tabela 4.9: Nome dos participantes da oficina com suas respectivas formações, funções e instituições que representam. 73

Tabela 5.1: Caracterização dos sistemas de irrigação das propriedades-piloto quanto a vazão nominal e média, a pressão nominal e média.....77

Tabela 5.2: Características dos sistemas de irrigação de cada propriedade piloto quanto a espaçamento entre plantas e emissores e idade do plantio e do sistema de irrigação.....78

Tabela 5.3: Valores de CUD para cada propriedade analisada. 78

Tabela 5.4: Valores da redução da lâmina de aplicação devido ao ajuste de CUD atual para 95% (Reduc) para cada propriedade-piloto.....82

Tabela 5.5: Valores da lâmina de aplicação média estimados pelos diferentes métodos de irrigação para cada propriedade estudada. 84

Tabela 5.6: Valores da lâmina de aplicação média estimados pelos diferentes métodos de irrigação para cada propriedade estudada. 85

Tabela A.1: Caracterização do sistema de irrigação, Setor 01 – irrigâmetro. 105

Tabela A.2: Caracterização do sistema de irrigação, Setor 02 – hidrômetro. 105

Tabela B.1: Composição granulométrica, Classificação textural, capacidade de campo (CC), ponto de murcha (PM) e densidade do solo das propriedades-piloto. 106

Tabela C.1: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo hidrômetro. 107

Tabela C.2: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo hidrômetro. 108

Tabela C.3: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo hidrômetro. 109

Tabela C.4: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo hidrômetro. 110

Tabela C.5: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo hidrômetro. 111

Tabela C.6: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo IRRIGÂMETRO®. 112

Tabela C.7: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo IRRIGÂMETRO®. 113

Tabela C.8: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo IRRIGÂMETRO®. 114

Tabela C.9: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo IRRIGÂMETRO®. 115

Tabela C.10: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo IRRIGÂMETRO®. 116

Tabela C.11: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo IRRIPLUS®. 117

Tabela C.12: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo IRRIPLUS®. 118

Tabela C.13: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo IRRIPLUS®. 119

Tabela C.14: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo IRRIPLUS®. 120

Tabela C.15: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo IRRIPLUS®. 121

Tabela C.16: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 85,6% para 90%. 122

Tabela C.17: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 85,6% para 92%. 123

Tabela C.18 Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 85,6% para 95%. 124

Tabela C.19: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 78,3 para 90%. 125

Tabela C.20: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 78,3% para 92%. 126

Tabela C.21: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 78,3%para 95%. 127

Tabela C.22: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 84,7% para 92%. 128

Tabela C.23: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 84,7% para 92%. 129

Tabela C.24: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 84,7% para 95%. 130

Tabela C.25: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 56,1% para 90%.....131

Tabela C.26: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 56,1% para 92%.....132

Tabela C.27: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 56,1% para 95%.....133

Tabela C.28: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 71,9% para 90%.....134

Tabela C.29: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 74,9% para 92%.....135

Tabela C.30: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 74,9% para 95%.....136

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Evolução da superfície irrigada ao longo do tempo no Brasil. 29

Figura 3.2: Área irrigada por método de irrigação utilizado no Brasil. 30

Figura 3.3: Sistema de irrigação por microaspersão (A) e por gotejamento (B). 32

Figura 3.4: Disposição dos principais componentes da irrigação localizada. 33

Figura 3.5: Componentes do IRRIGÂMETRO®. 43

Figura 3.6: Parte do IRRIGÂMETRO® 47

Figura 3.7: Vista da página principal do IRRIPLUS®. 48

Figura 3.8: Representação esquemática dos principais dados de entrada. 50

Figura 4.1: Localização da Bacia do Córrego Sossego. 55

Figura 4.2: Localização dos emissores selecionados pela metodologia de Merriam e Keller (1978). 59

Figura 4.3: Pluviômetro (A) e IRRIGÂMETRO® (B) instalados próximo à residência do agricultor 65

Figura 4.4: Oficina com os extensionistas. 73

Figura 5.1: Mapa de localização das propriedades-piloto. 79

Figura 5.2: Valores da lâmina de aplicação e suas datas, obtidos pela experiência do produtor rural para as propriedades “A”, “B”, “C”, “D” e “E”. 81

Figura 5.3: Valores da redução da lâmina de aplicação com ajuste de CUD atual para 95% para as propriedades “A”, “B”, “C”, “D” e “E”. 82

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 20

2. OBJETIVOS 24

2.1 OBJETIVO GERAL 24

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 24

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 25

3.1 IRRIGAÇÃO 25

3.1.1 Panorama da Irrigação no Brasil e no Mundo 26

3.1.2 Irrigação Localizada 30

3.1.2.1 Microaspersão 34

3.2 MANEJO DE IRRIGAÇÃO 34

3.2.1 Disponibilidade de Água no Solo 35

3.2.2 Coeficiente de Uniformidade de Distribuição da Água 36

3.2.2.1 Coeficientes de Uniformidade x Impactos no Uso da água e na Produtividade 39

3.2.3 Indicadores de Eficiência de Irrigação 40

3.2.4 Métodos de Manejo da Irrigação 41

3.2.4.1 Irrigâmetro® 43

3.2.4.1.1 Componentes do IRRIGÂMETRO® 43

3.2.4.1.2 Operação do IRRIGÂMETRO® 46

3.2.4.2 Irriplus® 47

3.2.4.3 Hargreaves-Samani (HS) 52

4. MATERIAIS E MÉTODOS 54

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 54

4.2 IMPLANTAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM PROPRIEDADES-PILOTO 56

4.2.1 Seleção das propriedades-piloto 57

4.2.1.1 Caracterização dos sistemas de irrigação 58

4.2.2 Instalação dos hidrômetros 59

4.2.3 Instalação dos IRRIGÂMETROS® nas propriedades 60

4.2.3.1 Definição da régua de manejo 60

4.2.3.2 Definição da régua temporal 63

4.3 OPERAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO CONSIDERANDAS 65

4.3.1 Monitoramento do Volume de Água Aferida na Situação EXP 65

4.3.2 Monitoramento do Volume de Água Aplicado na Situação IRRIG. . 66

4.3.3 Estimativa do Volume de Água Demandada 67

4.3.3.1 Dados da Cultura 67

4.3.3.2 Dados de solo 68

4.3.3.3 Dados de clima 68

4.3.3.4 Dados do sistema de irrigação 69

4.3.4 Operação do IRRIPLUS® com o Coeficiente de Distribuição Ajustado 70

4.4 AVALIAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO CONSIDERADAS 71

4.4.1 Avaliação entre as Formas de Manejo EXP, IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS® 71

4.4.2 Avaliação do IRRIPLUS® Operando com Coeficiente de Distribuição Ajustado 71

4.5 DEFINIÇÃO DE DIRETRIZES PARA A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DO IRRIGÂMETRO® E IRRIPLUS®. 72

4.5.1 Oficinas com Extensionistas Locais 72

4.5.2 Entrevistas com Produtores Rurais 74

4.5.3 Proposição das Diretrizes 75

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 76

5.1 IMPLANTAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO EM PROPRIEDADES-PILOTO 76

5.1.1 Seleção das propriedades-piloto 76

5.1.1.1 Caracterização dos sistemas de irrigação 77
5.2 OPERAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO CONSIDERADAS 80
5.2.1 Monitoramento do Volume de Água Aplicada na Situação EXP, IRRIGÂMETRO e IRRIPLUS® 80
5.2.1.1 Operação do IRRIPLUS® com os coeficientes de distribuição CUD ajustados81
5.3 AVALIAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO CONSIDERADAS.....83
5.3.1 Avaliação entre as formas de manejo EXP, IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS®.....83
5.3.2 Avaliação entre os arranjos IRRIPLUS®, IRRIPLUS® (90%), IRRIPLUS® (92%) e IRRIPLUS® (95%).....86
5.4 DIRETRIZES PARA A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DO IRRIGÂMETRO® E IRRIPLUS® 86
5.4.1 Oficina com Extensionistas Locais.....87
5.4.2 Entrevista com os produtores rurais 89
5.4.3 Proposição das Diretrizes.....90
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES 95
6.1 CONCLUSÃO 95
6.2 RECOMENDAÇÕES.....97
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 98
ANEXO A.....105
ANEXO B.....106
ANEXO C.....107

1. INTRODUÇÃO

A água é elemento essencial à manutenção da vida, ao desenvolvimento e ao meio ambiente. Por isso, o acesso equitativo à água deve ter como foco os mais diversos usos, sejam eles consuntivos ou não consuntivos.

Dentre os usos consuntivos, em torno de 70% da água disponível é utilizada na agricultura, sendo que maior parte desse volume é desperdiçado e perdido. As análises de cenários mostram que aproximadamente 7.100 $km^3\ ano^{-1}$ de água são consumidos no mundo todo para produzir comida, onde 5.500 $km^3\ ano^{-1}$ são usados em agricultura de sequeiro[1] e 1.600 $km^3\ ano^{-1}$ na agricultura irrigada (de FRAITURE et al., 2007; CA, 2007 citados por ROCKSTRÖM, 2010). A análise também aponta que grande quantidade de água será requerida para produzir alimento em 2050, variando de 8.500 a 11.000 $km^3\ ano^{-1}$, dependendo das suposições sobre melhoria no sistema de agricultura de sequeiro e agricultura irrigada (ROCKSTRÖM, 2010).

Segundo Paz et al. (2000), para uma produção de alimentos sempre crescente, a alternativa está na produção agrícola sob irrigação, pois a mesma tem possibilitado um número maior de safras por ano. Esses autores ainda ressaltam que, mesmo com grande consumo de água, a irrigação representa a maneira mais eficiente de aumento de produção de alimentos.

A falta de manejo de irrigação conduz ao uso ineficiente da água, seja pela aplicação em excesso ou aquém das necessidades da planta. Quando em excesso, podem causar desperdício da água e decréscimo na produção da lavoura, além de contribuir para maiores impactos ambientais negativos sobre o solo e mananciais. Quando a aplicação de água for abaixo da necessidade da planta, pode ocorrer redução da produtividade, do crescimento das plantas, dentre outros (CHAMON, 2002).

Azevedo et al. (2006) realizaram estudo no nordeste brasileiro onde foi aplicado em pomar de côco anão (Cocos nucifera L.) os tratamentos de irrigação 50, 100 e 150

[1] A água disponível à planta vem exclusivamente da chuva, não há irrigação.

L/planta/dia e os autores concluíram que o aumento do volume de água aplicado não aumenta necessariamente a produtividade do côco anão, os valores da eficiência do uso da água (razão entre produtividade da cultura, peso dos grãos ou biomassa e quantidade de água consumida) decresceram com o aumento do nível da irrigação.

Outro fator importante no manejo de irrigação é a uniformidade de distribuição da lâmina de água na lavoura. Para Bonomo (1999), os sistemas de irrigação sofrem, periodicamente, reduções na uniformidade de distribuição devido à falta de manutenções periódicas em tais sistemas.

De fato, sistema de irrigação com baixa uniformidade de distribuição pode acarretar em aumento de volume de água aplicado. Para que as plantas que recebem menos água possam receber quantidades suficientes para atender suas necessidades fisiológicas, deve-se aumentar a quantidade de água aplicada. Isto faz com que as demais plantas recebam excesso de água, que poderá gerar percolação profunda (LÓPEZ et al., 1992 citados por REIS et al., 2005).

Na prática, diversos autores têm verificado grande resistência à adoção de tecnologias de manejo da irrigação por parte da maioria dos produtores que trabalham com agricultura irrigada (ESPÍNDULA NETO, 2002; MANTOVANI, 2008; LOPES, 2011). Para Caixeta (2009), isso é justificado tanto por dificuldades de natureza econômica, a exemplo dos elevados custos dos equipamentos referentes ao manejo da irrigação, baixa capitalização dos produtores, em especial dos pequenos produtores de base familiar, e de natureza técnica, visto que o emprego das tecnologias existentes exige certa qualificação técnica.

Jensen (1983 citado por ESPÍNDULA NETO, 2002) acrescenta ainda que os principais fatores que colaboram para a ausência de manejo da irrigação são os baixos custos da água de irrigação, em comparação aos custos de implantação de um programa de manejo.

Uma pergunta que tem desafiado os especialistas é o porquê do atual atraso da aplicação das técnicas de manejo de irrigação em condições de campo? Tal fato não

é restrito ao Brasil. Na verdade, é exceção a região do mundo onde o manejo tecnificado da irrigação é aplicado de forma sistemática. Nos trabalhos de ensino, pesquisa e extensão, o objetivo não é somente responder ao questionamento inicial, mas, sim, apresentar propostas viáveis para o manejo de irrigação (MANTOVANI, 2008).

O manejo de irrigação é complexo e envolve grande número de variáveis, o que tem levado ao desenvolvimento de programas computacionais (softwares) específicos. No mercado há diversos softwares do tipo, entre eles: REF-ET (ALLEN, 2000 citado por BARBOSA, 2010), AVALIA (BORGES JÚNIOR; MANTOVANI, 2001), IRRIPLUS® (MANTOVANI, 2008). O IRRIPLUS®, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), tem sido largamente usado em pesquisas e extensão, uma vez que o mesmo tem se mostrado eficiente no manejo de irrigação, sobretudo na avaliação do sistema de irrigação quanto à uniformidade de distribuição/aplicação da água na cultura. Como ponto negativo, o adequado manuseio do IRRIPLUS® requer razoável nível de qualificação técnica em irrigação, não o tornando acessível, geralmente, a pequenos produtores rurais de base agrícola familiar.

Com o intuito de reduzir custos com a irrigação e torná-la mais amplamente acessível seu adequado manejo, sem necessariamente exigir do produtor rural, especialmente o de base familiar, conhecimento especializado em irrigação, a Universidade Federal de Viçosa, desenvolveu, recentemente, uma ferramenta de auxílio ao manejo da irrigação chamada IRRIGÂMETRO® (OLIVEIRA; RAMOS, 2008). Depois de ajustada à propriedade agrícola e à cultura, a referida ferramenta oferece informação direta de quando e quanto irrigar, que a torna potencialmente apropriada para o pequeno produtor rural de base agrícola familiar.

Pelo pouco tempo de lançamento do IRRIGÂMETRO®, são poucos os trabalhos disponíveis voltados a avaliações de seu desempenho. A literatura que trata desse assunto tem recomendado o desenvolvimento de estudos com o IRRIGÂMETRO®, considerando aspectos como diversidades climáticas e de culturas agrícolas, com a finalidade de aperfeiçoar o IRRIGÂMETRO® (CONTIN, 2008; PAULA, 2009; BARBOSA, 2010).

Segundo Oliveira e Ramos (2008), em sistemas localizados de irrigação, para que o IRRIGÂMETRO® opere adequadamente, a uniformidade de distribuição/aplicação do sistema deve ser no mínimo de 90%, evitando-se impactos negativos à produção agrícola, bem como a gestão da água. O IRRIGÂMETRO® responde a três questões sobre manejo da irrigação que são: tempo de irrigação, quando e quanto irrigar.

Na literatura observa-se em pesquisas a utilização do IRRIGÂMETRO® e do IRRIPLUS® separadamente para fins de manejo da irrigação (CHAMON, 2002; LOPES, 2006; FREITAS JÚNIOR, 2010; LOPES, 2011; NUNES, 2011, MANTOVANI et al., 2012), além de pesquisas comparativas entre o IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS® (CONTIN, 2008; TAGLIAFERRE, 2010). Adicionalmente, não se verifica na literatura a existência de pesquisas comparativas envolvendo a irrigação praticada pela experiência empírica do pequeno produtor rural (EXP), normalmente sem o auxílio de ferramentas tecnológicas de auxílio ao manejo de irrigação, e a irrigação feita com o uso de tais ferramentas tecnológicas.

Diante do exposto acima, apresentam-se na sequência os objetivos geral e específicos da presente pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Contribuir para o aperfeiçoamento da autogestão comunitária[2] de recursos hídricos, por microbacia hidrográfica, através da inserção do uso do IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS® como instrumento de auxílio ao manejo da irrigação.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Implantar formas de manejo da irrigação (IRRIGÂMETROS® e IRRIPLUS®) em propriedades rurais previamente selecionadas;

- Operar as formas de manejo consideradas;

- Avaliar, comparativamente, o desempenho das formas de manejo implantadas e operadas;

- Definir diretrizes para a utilização prática do IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS®, envolvendo produtor rural e extensionista.

[2] Pequenos produtores rurais de base agrícola familiar e instituições locais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo discorre sobre a fundamentação teórica/estado da arte acerca do uso racional da água na agricultura irrigada. Discute a irrigação localizada, sobretudo a microaspersão, no contexto de baixo consumo de água, bem como suas vantagens e desvantagens.

São discutidos detalhadamente os coeficientes de aplicação/distribuição da água na cultura, em especial o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e Uniformidade de Distribuição.

Também é abordado o manejo da irrigação no que tange ao uso sustentável dos recursos hídricos, enfatizando as ferramentas existentes de manejo da irrigação, bem como as dificuldades de implantação das mesmas por parte dos pequenos produtores rurais.

3.1 IRRIGAÇÃO

A irrigação tem sido utilizada para a produção de alimentos, sobretudo em regiões áridas, desde as antigas civilizações. Essas, por sua vez, desenvolveram-se às margens dos grandes rios, como o Nilo no Egito, o Ganges na Índia, o Eufrates na Mesopotâmia, entre outros.

Em muitas partes do mundo, a água disponível na zona radicular provém da chuva e da água subterrânea, que nem sempre são suficientes para atender as necessidades vitais da planta. Neste contexto, irrigação, por definição, é a aplicação artificial de água no solo para suplementar as necessidades hídricas na zona radicular da planta, favorecendo a produção agrícola (ASAWA, 2005).

De acordo com Bernardo et al. (2005), considerando uma visão de agronegócio, a irrigação é definida como uma estratégia para elevar a rentabilidade da propriedade

agrícola por meio do aumento da produção e da produtividade, de forma sustentável e com maior geração de renda e de emprego.

3.1.1 Panorama da Irrigação no Brasil e no Mundo

A área cultivada no mundo cresceu aproximadamente 13% no período de 1961 a 2003 (elevando de 1368 milhões de hectares para 1541 milhões de hectares), enquanto a área equipada com infraestrutura de irrigação quase dobrou (elevando-se de 139 milhões para 238 milhões de hectares), o que representou um ampliação da área cultivada sob irrigação de 10% para 18% do total de área cultivada (CHRISTOFIDIS, 2008).

A Tabela 3.1 apresenta a distribuição da área irrigada no mundo e da porcentagem de área irrigada em relação à área plantada. Observa-se que a Índia é o país detentor da maior área irrigada do mundo, com 59 milhões de hectares, porém, não é, necessariamente, o país com a maior porcentagem de área irrigada em relação à área cultivada, que por sua vez é o Egito.

Tabela 3.1: Distribuição da área irrigada por país e porcentagem da área irrigada em relação à área cultivada.

Posição	País	Área Irrigada (milhões de ha)	% da área irrigada/cultivada
1	Índia	59	30
2	China	54	32
3	EUA	22	10
4	Paquistão	18	79
5	Irã	7,5	78
6	México	6,5	21
7	Indonésia	4,8	34
8	Tailândia	4,7	16
9	Rússia	4,6	2
10	Turquia	4,5	12
11	Espanha	3,7	16
12	Brasil	3,5	5
13	Egito	3,3	100
14	Papão	2,7	63
15	Itália	2,7	25
16	Austrália	2,7	1
17	Chile	1,8	13
-	Outros países	57,5	-

Fonte: Christofidis (2002) citado por Mantovani (2008).

Na Tabela 3.1, nota-se que, o Brasil possui uma área irrigada pequena em relação a área cultivada, ou em relação à área potencialmente irrigável, se comparado com os dados de outros países do mundo.

De acordo com Testezlaf et al. (2002a, p. 15):

> O potencial de expansão e aperfeiçoamento da irrigação no Brasil é evidenciado, sendo possível incrementar a sua aplicação visando a aumentar as disponibilidades alimentares e o desenvolvimento econômico nacional.

Shiklomanov (2008 citado por CHRISTOFIDIS, 2008) estima que, a nível mundial, haverá um acréscimo de solos irrigados e que no ano 2025 estarão sendo irrigados cerca de 330 milhões de hectares, ou seja, 52 milhões de hectares acima do observado na estimativa de 2003/04. Esse crescimento da área irrigada representará um acréscimo na demanda por água de cerca de 500 km³ de água por ano.

Assumindo-se que, no período de 2025 a 2050, haverá um crescimento modesto, da ordem de 0,6% por ano, na área irrigada mundial, estima-se que haverá uma expansão na demanda de água azul[3] da ordem de 600 km³ ano^{-1} (CHRISTOFIDIS, 2008).

As estatísticas em processamento projetam a área irrigada do Brasil em cerca de 3,89 milhões de hectares. Ademais, o país conta com uma área agrícola potencial, adicional, para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada, de cerca de 26 milhões de hectares irrigáveis, o que corresponde a 13% das áreas potencialmente irrigáveis no mundo (CHRISTOFIDIS, 2008).

A Figura 3.1 apresenta a evolução da superfície irrigada no Brasil no horizonte de 1950 a 2006. Percebe-se que, nesse período, há um aumento vertiginoso na área, irrigada em torno de 3,59 milhões de hectares. Segundo Christofidis (2008), no

[3] É aquela utilizada das aguadas, dos rios e do subsolo; representa a água que pode ser usada na irrigação.

período de 1980 a 2001 houve um aumento de 1,5 milhões de hectares na área irrigada do país, o que culminou na criação do Ministério da Irrigação e na implantação de diversos programas de financiamento de equipamentos de irrigação, visando incentivar ainda mais o aumento da área irrigada do país.

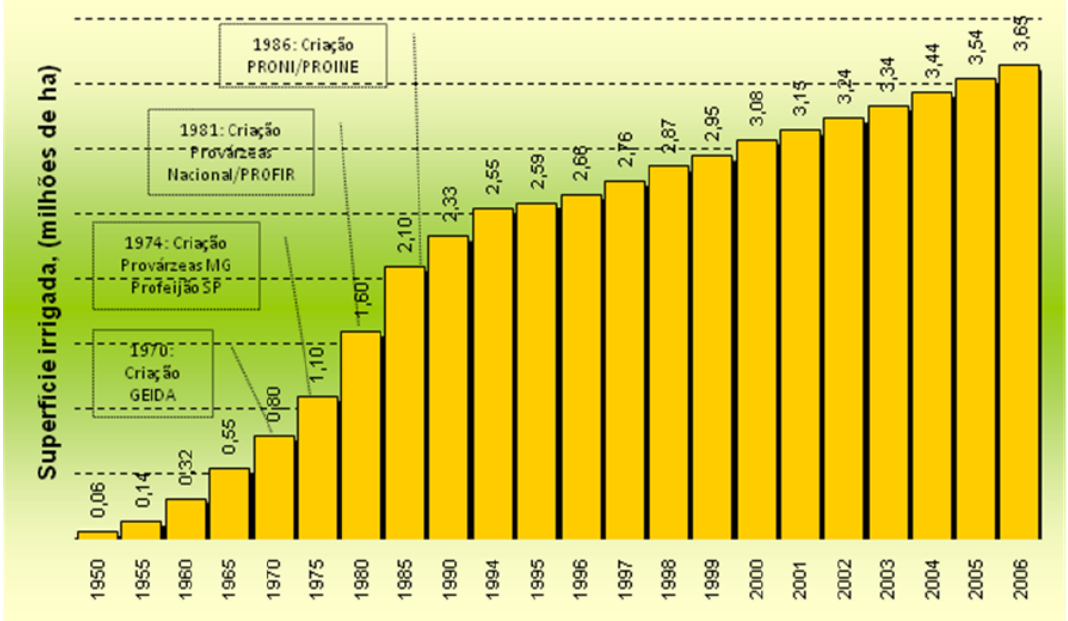

Figura 3.1: Evolução da superfície irrigada ao longo do tempo no Brasil.
Fonte: Christofidis, 2008.

Segundo o censo agropecuário de 2006, 6,3% dos estabelecimentos rurais utilizam alguma técnica de irrigação (localizada, inundação, aspersão, dentre outros). A área irrigada compreendeu 4,45 milhões de hectares ou 7,4% da área total em lavouras temporárias ou permanentes, distribuídos da seguinte forma: 24% da área irrigada no método de inundação; 5,7% por sulco; 18% por pivô central; 35% em outros métodos de irrigação de aspersão; 7,3% com métodos localizados e 8,3% com outros métodos. Comparando-se os censos agropecuários de 1985 e 1996, foi verificado um aumento de 39% no número de estabelecimentos que declararam utilizar irrigação e 42% no total da área irrigada no país (IBGE, 2006).

Na figura 3.2, onde é apresentada a área irrigada por método de irrigação no Brasil, observa-se que, o método mais difundido é a aspersão. Embora a irrigação localizada tenha maior eficiência e gaste menos água, é o segundo método menos utilizado. Isso é explicado devido a seus elevados custos de implantação.

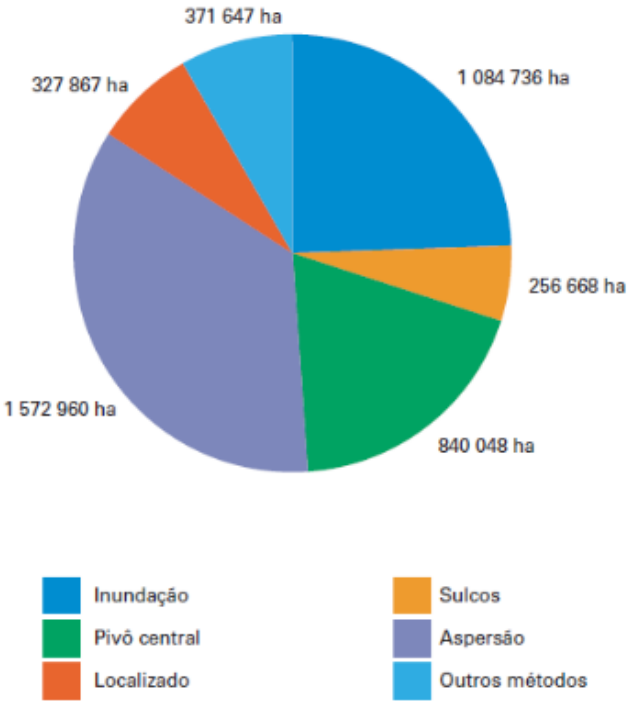

Figura 3.2: Área irrigada por método de irrigação utilizado no Brasil.
Fonte: IBGE, 2006.

Não obstante, no Brasil, o potencial para a expansão da área irrigada é limitado devido à má distribuição dos recursos hídricos nas diversas regiões do país, o que provoca situações de escassez de água em regiões com grande concentração populacional e abundância em regiões com baixa concentração populacional.

3.1.2 Irrigação Localizada

Diversos autores ressaltam a importância de gerar tecnologias que sirvam de base para propor formas de aumentar a rentabilidade dos produtores e ao mesmo tempo proporcionem o uso racional, conservação e recuperação dos recursos naturais (LOPEZ, 1999; WU, 1972; FRIZZONE, 1993 citados por PAZ et al., 2000; TESTEZLAF et al., 2002a; MANTOVANI, 2008). Neste sentido, a irrigação localizada constitui um sistema que visa atender aos requisitos acima.

A irrigação localizada caracteriza-se por aplicar água ao solo de forma direcionada, visando umedecer apenas a área a ser explorada pela região radicular, em

pequenas quantidades e com alta frequência, de modo a deixar a umidade do solo sempre próximo à capacidade de campo.

Os sistemas de irrigação localizada são quase sempre fixos, o que permite total automação das operações. Alguns sistemas permanecem fixos na mesma gleba durante uma safra, mas podem ser removidos para outra área na safra seguinte (ALBURQUERQUE; DURÃES, 2008).

Segundo Alburquerque e Durães (2008), os sistemas de irrigação localizada são recomendados para culturas de alto valor comercial e para maior espaçamento entre plantas, devido seu elevado custo de implantação.

Os sistemas de irrigação localizada têm como vantagens (PIRES et al., 1999; SILVA et al. 2002; BERNARDO et al., 2005):

- Elevar a eficiência no uso da água;
- Reduzir perdas por escoamento superficial e percolação profunda;
- Permitir automação e fertirrigação;
- Não interferir nos tratos culturais;
- Limitar a infestação de ervas daninhas;
- Economizar água por não irrigar áreas não cultivadas;
- Aumentar a produtividade;
- Aumentar a eficiência na adubação;
- Adaptar-se a diferentes tipos de solos e topografia; e
- Economizar recursos com mão de obra.

Entretanto, o sistema de irrigação localizada contém alguns inconvenientes (BERNARDO et al., 2005; MANTOVANI, 2008; ALBURQUERQUE E DURÃES, 2008), a saber:

- Entupimento frequente;
- Limitação na distribuição do sistema radicular; e
- Custo elevado.

A irrigação localizada existe desde 1917, porém, sua aplicação comercial só foi possível após a Segunda Guerra Mundial. Inicialmente, os avanços em irrigação localizada ocorreram em Israel, entre a década de 1950 e 1970. O uso da irrigação localizada nos Estados Unidos cresceu na década de 1970 e ainda continua crescendo (SKAGGS, 2001).

A irrigação localizada é tipicamente representada pelos métodos conhecidos por microaspersão e gotejamento (Figura 3.3). O gotejamento é mais antigo no Brasil e é utilizado desde 1972, enquanto que a microaspersão é mais recente que o gotejamento, datado de 1982 (BERNARDO et al., 2005).

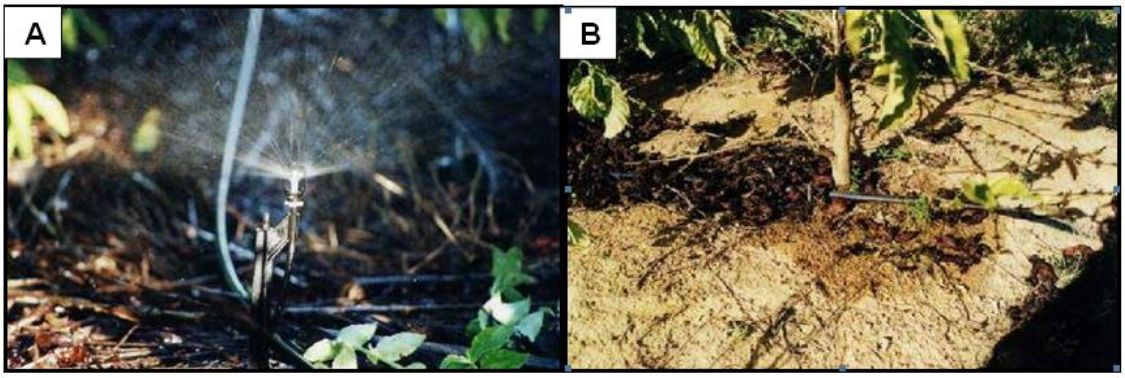

Figura 3.3: Sistema de irrigação por microaspersão (A) e por gotejamento (B).
Fonte: LabGest, 2010.

O sistema de irrigação localizada envolve uma série de componentes essenciais para seu funcionamento adequado, apresentando uma variedade considerável de possibilidades de disposição das linhas para a distribuição da água na área irrigada (SILVA et al., 2002).

A Figura 3.4 ilustra a disposição dos principais componentes do sistema de irrigação localizada, que são os setores, linha principal, linhas laterais e conjunto moto-bomba.

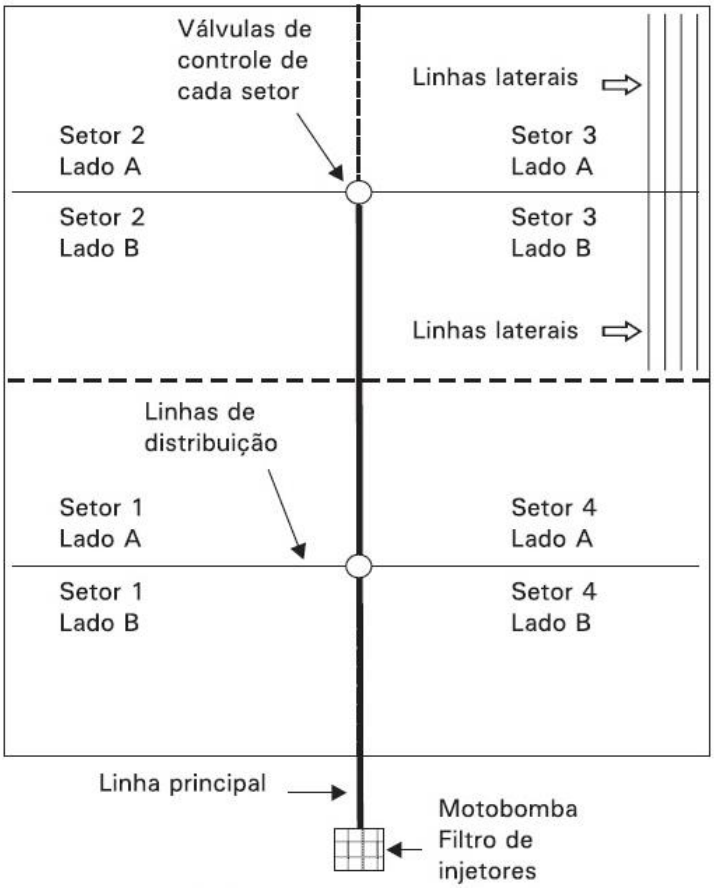

Figura 3.4: Disposição dos principais componentes da irrigação localizada.
Fonte: SILVA et al., 2002.

A linha principal é a que conduz a água da motobomba até as linhas de distribuição (também conhecidas como linha de derivação). Normalmente, na linha principal, são utilizados tubos de polietileno, PVC (rígido ou flexível) e galvanizados. A linha de derivação é aquela que conduz a água da linha principal até a linha lateral, e geralmente, utiliza-se tubo de polietileno flexível quando instalado na superfície do solo ou tubo de PVC rígido quando enterrado (TESTEZLAF, 2002b).

As linhas laterais nada mais não são do que linhas espaçadas geralmente em função da distância entre fileiras de plantas e da distância entre uma planta e outra. Nessas linhas são instalados os gotejadores ou microaspersores que aplicam água nas plantas, e devem ser constituídas por tubulações de polietileno flexíveis (TESTEZLAF, 2002b).

A seguir será discutido mais profundamente, a fim de subsidiar a metodologia, apenas o sistema de irrigação por microaspersão, visto que nessa pesquisa tratou-se apenas desse tipo de sistema.

3.1.2.1 Microaspersão

De acordo com Bernardo et al. (2005), a microaspersão tem particularidades. Sistemas desse tipo trabalham com uma pressão entre 5 a 30 mca, sendo que é mais comum trabalhar com uma pressão de serviço em torno de 20 mca. Outra particularidade é a aplicação das vazões de forma pulverizada variando entre 20 a 150 L h^{-1}.

Alburquerque e Durães (2008) ressaltam ainda que a microaspersão molha um diâmetro de 2 m a 6 m. É recomenda para solos de textura arenosa, quando se deseja um volume maior de solo úmido, bem como para culturas cujo sistema radicular é raso e se espalha lateralmente.

Os efeitos combinados da alta velocidade da água na saída do microaspersor com a presença de silte podem resultar em desgastes dos bocais (ABURQUERQUE; DURÃES, 2008).

A microaspersão não é apropriada para pequenas propriedades, aplicação da água em profundidade muito grande ou muito pequena, solos pesados (solos com teor de argila acima de 35%), terrenos em declive, culturas sensíveis e condições de vento seco (PEREIRA et al., 2002).

3.2 MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Para que se tenha êxito na implantação de sistemas de irrigação, bem como na sustentabilidade tanto da produção quanto da produtividade agrícola, vários aspectos devem ser considerados, como solo, cultura, dentre outros. Todavia, o aspecto mais importante é o manejo adequado da irrigação.

O manejo da irrigação é definido por Mantovani (2008) como a condução da irrigação na cultura suprindo de forma apropriada às necessidades hídricas da lavoura com a lâmina e a data de irrigação mais adequadas. O manejo da irrigação se insere no contexto de maximização/otimização da produtividade agrícola.

3.2.1 Disponibilidade de Água no Solo

Segundo Bernardo et al. (2005, p. 29) “em irrigação, a disponibilidade total de água no solo é uma característica do solo, que corresponde à água nele armazenada entre a capacidade de campo e o ponto de murcha”. A disponibilidade de água no solo é calculada pela equação:

$$DTA = \frac{(CC-PM)}{10} . D_s \quad (3.1)$$

Onde:
DTA = disponibilidade total de água, mm cm^{-1};
CC = capacidade de campo permanente, % em peso;
PM = ponto de murcha permanente, % em peso;
D_s = densidade do solo, g cm^{-3}.

Portanto, a irrigação real necessária é dada pela equação:

$$IRN = \frac{(CC-PM)}{10} . D_s . Z . f \quad (3.2)$$

Onde:
IRN = irrigação real necessária, mm;
Z = profundidade efetiva da raiz[4], cm;
f = fator de disponibilidade de água no solo, depende da cultura e da evapotranspiração de referência (ET_o), adimensional.

[4] É a profundidade do solo onde se concentram cerca de 80% das raízes, que particularmente é útil para a determinação da lâmina de água no solo que pode ser disponível às plantas.

A irrigação total necessária pode ser calculada através da equação:

$$ITN = \frac{\mathbf{IRN}}{\mathbf{Ea}} \quad (3.3)$$

Onde:
ITN = irrigação total necessária, em mm;
Ea = eficiência de aplicação da irrigação, em decimal.

3.2.2 Coeficiente de Uniformidade de Distribuição da Água

Basak (1999) ressalta que em época de seca, quando a capacidade dos reservatórios é limitada, a água deve ser usada de forma cautelosa e econômica para eximir desperdício desnecessário, obtendo o máximo benefício com o mínimo volume de água. Para isso, deve-se considerar o gerenciamento da água na agricultura irrigada. De acordo com o autor, alguns dos objetivos do manejo da irrigação são:

- Suprimento de água para a cultura no tempo certo para a máxima produção do cultivo;
- Uniformização da distribuição;
- Eficiência na irrigação; e
- Manutenção adequada e periódica do sistema de irrigação.

Dentre os objetivos apresentados por Basak (1999), destaca-se a uniformidade de distribuição, também conhecida como uniformidade de aplicação. A uniformidade de distribuição/aplicação expressa o grau de uniformização da lâmina de irrigação, ou seja, como a água está sendo distribuída na lavoura e se as plantas estão recebendo quantidades equivalentes de água.

Para Bernardo et al. (2005), a uniformidade de distribuição/aplicação é considerada como um dos principais parâmetros da eficiência de aplicação. Esses autores ressaltam que há diferentes coeficientes para expressar a uniformidade de

distribuição/aplicação, no entanto, os dois coeficientes mais usados são o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). Tais coeficientes são calculados pelas seguintes equações:

- Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC)

$$CUC = 100 . \left(\frac{1 - |q_i - q_m|}{n . q_m} \right) \quad (3.4)$$

Onde:
CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;
q_i = vazão de cada emissor, L h^{-1};
q_m = vazão média, considerando todos os emissores, L h^{-1}; e
n = número de emissores.

- Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

$$CUD = \left(\frac{q_{1/4}}{Q_m} \right) . 100 \quad (3.5)$$

Onde:
CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, %;
$q_{1/4}$ = vazão média dos 25% total das menores vazões dos emissores, L h^{-1}; e
Q_m = vazão média, considerando todos os emissores, L h^{-1}.

Esse coeficiente leva em consideração os 25% do total dos emissores com menores vazões em relação à vazão média aplicada. Segundo Lopez (1992 citado por BORSSOI, 2009), o coeficiente de uniformidade de distribuição é o mais coerente para avaliar a uniformidade, uma vez que, é calculado em função das áreas que recebem menos água. Pereira et al. (2002) ressalta ainda que o CUD é o coeficiente mais utilizado em sistema de irrigação localizada.

Na Tabela 3.2 estão apresentados os valores da uniformidade de distribuição e sua respectiva classificação proposta por Merriam e Keller (1978).

Tabela 3.2: Valores de CUD, com suas respectivas classificações, propostas por Merriam e Keller (1978).

Valores de CUD	Classificação
<70%	Ruim
Entre 70 e 80%	Razoável
Entre 80 e 90%	Bom
>90%	Excelente

Segundo Wu (1997), a uniformidade de distribuição/aplicação de um sistema de irrigação localizada é afetada não somente pelo dimensionamento hidráulico, mas também pela variação de fabricação, pela série dos emissores, batoque dos emissores e espaçamento dos emissores.

Além dos fatores citados no parágrafo anterior, Capra e Scicolone (1999) destacam que o maior problema encontrado nos sistemas localizados de irrigação, em termos de redução da uniformidade de distribuição/aplicação, é o entupimento dos emissores.

A literatura também aponta resultados ruins quanto ao tema manejo da irrigação, sobretudo no que diz respeito a uniformidade de distribuição no Brasil (BONOMO, 1999; CHAMON, 2002; REIS et al, 2005; LOPES, 2006; COEDEIRO, 2006; LOPES, 2011; FERREIRA, 2012; MARTINS et al.,2013) e no mundo (CAPRA e SCICOLONE, 1998, PEREIRA et al., 2002).

Pitts et al. (1996 citados por Pereira et al., 2002), avaliando 174 sistemas localizados nos Estados Unidos, obteve CUD médio de 70%, com 75% dos casos apresentando CUD abaixo de 85%, ou seja, abaixo do recomendado para esse tipo de sistema de irrigação.

Capra e Scicolone (1998), em estudos realizados em diversas áreas na Sicília, Itália, avaliaram 21 sistemas de irrigação localizada, em operação entre um e vinte anos.

Os autores observaram que cinco sistemas apresentaram CUD maior que 90%, dois entre 80 e 90%, dois entre 70 e 80% e doze menores que 70%.

3.2.2.1 Coeficientes de Uniformidade x Impactos no Uso da água e na Produtividade

Sabe-se que a uniformidade de um sistema de irrigação influencia diretamente no rendimento da cultura (produtividade) e na quantidade de água a ser fornecida a mesma. Quando tal uniformidade for baixa, as lâminas de aplicação serão maiores que as necessárias, além de provocar queda na produtividade agrícola. Mas, por outro lado, sistemas de irrigação com alta uniformidade implicam em menor lâmina aplicada e em aumento da produtividade agrícola.

Para Barragan e Wu (2010, p. 202), “já que grande parte de água é usada para a produção agrícola, sistemas de microaspersão projetados com alta uniformidade podem ser programados para alcançar a conservação de água”.

Santos (1996 citado por PEREIRA, 2002) mostrou que a melhor produtividade do tomate, próximo a 102 t ha^{-1}, foi atingida com lâmina de 470 mm quando a uniformidade de distribuição foi de 90%, enquanto a máxima produtividade foi de 85 t ha^{-1} com aplicação de lâmina de 500 mm quando a uniformidade foi de 60%.

Freitas (2002) estudou o efeito do CUC e da lâmina de aplicação na produtividade da cultura do milho. O autor trabalhou com dois níveis de CUC, 84% e 67%, e com cinco lâminas de irrigação, 50, 75, 100, 125 e 150% da lâmina de irrigação recomendável para atender as necessidades hídricas da cultura. Considerando o tratamento de 100% de reposição da lâmina recomendável e CUC de 84% e 67%, a produtividade do milho foi de 6.413 kg ha^{-1}e 4.675 kg ha^{-1}, respectivamente.

Segundo estudo desenvolvido por Lopes (2006) na região norte do Espírito Santo, considerando sistemas de irrigação localizada (dois por gotejamento e três por microaspersão) para as culturas do café e do mamão, durante o período de agosto de 2005 a janeiro de 2006, ao ajustar o CUD de 86,2% para 90%, 92% e 95% foram

observadas economias de 625,9 m^3 ha^{-1}, 864,4 m^3 ha^{-1} e 1.206,7 m^3 $ha^{-1,}$ respectivamente.

MONTOVANI et al. (2012) demonstraram que a maior produtividade de feijão Carioca foi de 2.946,52 kg ha^{-1} com o maior coeficiente de uniformidade de aplicação de água para sistema de irrigação por aspersão (90%), o que resultou também na menor lâmina média (418,16 mm). Esses autores verificaram também que a lâmina média aplicada (ITN) variou de 492,65 mm a 732,64 mm para valores de CUC iguais a 90% e 65%, respectivamente. Isso representou uma economia de água de 240 mm (32,8%) durante todo o ciclo da cultura do feijão.

3.2.3 Indicadores de Eficiência de Irrigação

Diversos são as eficiências de um sistema de irrigação, a saber: (I) eficiência de aplicação (Ea); (II) eficiência de armazenagem (Es), dentre outros. Todavia, essas eficiências não refletem a adequação da irrigação, visto que, elas podem atingir valores altos, podendo levar a uma interpretação errônea sobre o desempenho do sistema de irrigação. Para Bernardo et al. (2005), a eficiência deve levar em conta todas as perdas possíveis de um sistema de irrigação, como perdas por percolação, por evaporação e arraste pelo vento e por vazamentos.

Nesse contexto, surge o conceito de adequabilidade, ou grau de adequação, da irrigação, que, nada mais é que a fração da área que recebe, no mínimo, o volume de água para suprir o déficit hídrico. Foi com base no conceito de adequabilidade, incorporando ao da eficiência de irrigação que Keller e Bliesner (1990 citado por LOPES 2006 e COSTA, 2006) propuseram a Eipad, uma vez que esta traduz melhor a interpretação e o significado dos coeficientes de uniformidade. A equação para obter a Eipad é:

$$Eipad = EDad.\ EPa_{Keller}.\ Ec \qquad (3.6)$$

Onde:

EDad = eficiência de distribuição para uma porcentagem de área adequadamente irrigada, %;
EPa_{Keller} = porcentagem efetiva de água lançada na superfície do solo, ou eficiência potencial de aplicação, %; e
Ec = eficiência de condução, %.

Em sistemas localizados, adota-se a EPa_{Keller} de 100%, pois, essa eficiência considera as perdas referentes a evaporação e ao arraste do vento, e em tais sistemas de irrigação essas perdas são desprezíveis. O mesmo acontece com a Ec, uma vez que, esta eficiência considera as perdas por vazamento na condução, em sistemas localizados com boas condições de manutenção pode ser considerada 100%.

A EDad é estimada com a aplicação de uma lâmina de irrigação que possibilite atingir uma porcentagem de área adequadamente irrigada. Para calcular a EDap utiliza-se a seguinte expressão:

$$EDad = 100 + (606 - 24{,}9.Pad + 0{,}349.Pad^2 - 0{,}00186.Pad^3).(1 - CUC.100^{-1}) \quad (3.7)$$

Onde:
Pad = porcentagem de área adequadamente irrigada, %.
CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %, obtido pela equação 4.4.

3.2.4 Métodos de Manejo da Irrigação

De acordo com Bernardo et al. (2005, p. 558), “o ponto-chave no manejo da irrigação é decidir quando irrigar e quanto de água aplicar. Isso está inserido no contexto de maximização da produção”.

Para Baptestini (2010), vários métodos são utilizados para estimar o consumo de água pelas culturas, porém, na maioria das áreas irrigadas, é comum observar ausência de manejo racional da água.

Ao avaliar oito propriedades de café Conilon no Norte do Estado do Espírito Santo, Sousa et al. (2003) constataram que, em sete delas, as lâminas aplicadas pelos produtores foram bem menores do que as lâminas requeridas (Tabela 3.3).

Tabela 3.3: Lâmina requerida versus lâmina aplicada para cada propriedade acompanhada.

Sistema	**Lâmina requerida (mm)**	**Lâmina aplicada (mm)**
Localizado 1	4,50	3,17
Localizado 2	2,83	2,20
Localizado 3	9,84	1,43
Localizado 4	8,20	1,12
Aspersão 1	25,50	14,42
Aspersão 2	16,98	15,11
Pivô 1	39,80	7,14
Pivô 2	31,40	8,12

Fonte: Sousa et al., 2003.

Por outro lado, Reis et al. (2005) estudaram quatro sistemas de irrigação localizada por gotejamento em propriedades localizadas na bacia do rio Itapemirim (região sul do Espírito Santo). Os autores observaram que a lâmina aplicada pelo produtor rural foi superior à necessária em todas as situações estudadas (Tabela 3.4).

Tabela 3.4: Lâmina requerida versus lâmina aplicada em propriedades do Sul do Estado do Espírito Santo.

Sistema	Lâmina requerida (mm)	Lâmina aplicada (mm)
Gotejo A	6,44	8,03
Gotejo B	5,44	11,83
Gotejo C	6,20	12,00
Gotejo D	7,70	9,03

Fonte: Adaptado Reis et al., 2005.

Diversos são os métodos de manejo da irrigação utilizados no Brasil e no mundo; porém, com o intuito de subsidiar a metodologia, apenas três desses métodos são apresentados nas seções 3.2.4.1, 3.2.4.2 e 3.2.4.3 a seguir.

3.2.4.1 Irrigâmetro®

O IRRIGÂMETRO® é uma tecnologia desenvolvida recentemente por pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa, de simples utilização e que responde questões básicas sobre manejo de irrigação que são: Quando irrigar? Qual a lâmina de água necessária à cultura? Quanto tempo o sistema de irrigação deve ficar ligado? Para que o IRRIGÂMETRO® funcione adequadamente, o mesmo deve ser ajustado para as condições do solo, da cultura e do equipamento de irrigação.

3.2.4.1.1 Componentes do IRRIGÂMETRO®

O IRRIGÂMETRO® é composto por pluviômetro (Figura 3.5 A) e por evaporímetro (Figura 3.5 B).

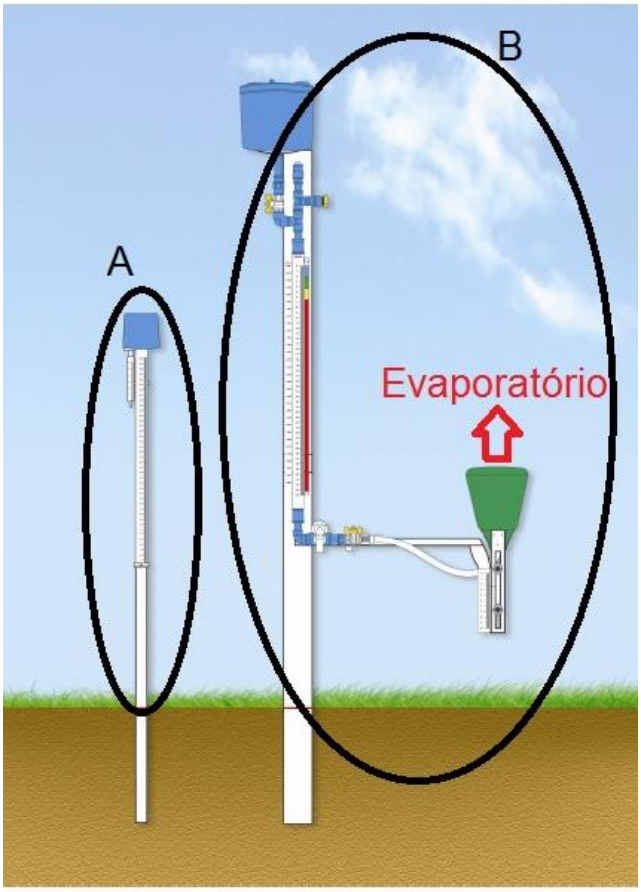

Figura 3.5: Componentes do IRRIGÂMETRO®.
Fonte: Adaptado de Oliveira e Ramos (2008).

O IRRIGÂMETRO® possui vários componentes (válvulas, réguas, dentre outros), dentre os quais se destaca o evaporatório (Figura 3.5 B) que é um recipiente de forma cônica, cor verde, que mantém uma superfície de água exposta à atmosfera. A altura do nível da água no seu interior pode ser modificada para que a área de superfície exposta à atmosfera seja alterada, permitindo estimar a evapotranspiração.

O nível de água dentro do evaporatório (Figura 3.5 B) é recomendado pelo fabricante, de acordo com as diferentes fases de desenvolvimento da cultura. A Tabela 3.5 indica a quantidade de água recomendado para cada fase da cultura.

Tabela 3.5: Valores do nível de água no evaporatório de acordo com as diferentes fases de desenvolvimento da cultura.

Fases de Desenvolvimento da cultura	Face da régua de manejo	Faixas de valores do nível de água no evaporatório (cm)	Nível recomendável (cm)
Germinação	G	1,0 a 2,5	2,0
1	1	1,5 a 3,0	2,5
2	2	2,5 a 4,0	3,5
3	3	3,5 a 5,0	4,5
4	3	2,5 a 4,0	3,5

Fonte: Oliveira e Ramos (2008).

Diversas pesquisas têm sido feitas com o IRRIGÂMETRO® referente ao manejo da irrigação, bem como estudos comparativos do IRRIGÂMETRO® com outros métodos. A seguir são citados alguns estudos.

Contin (2008) conduziu estudo sobre a lâmina média de irrigação no feijoeiro cultivado na área experimental da Universidade Federal de Viçosa, utilizando os seguintes métodos para a estimativa da lâmina de irrigação: método padrão da estufa; tanque classe A; balanço hídrico calculado pelo software REF-ET; IRRIGÂMETRO®**;** e IRRIPLUS®. O autor concluiu que o IRRIGÂMETRO® indicou lâmina de aplicação superior em 10,1% e 29,9% em relação ao método padrão da estufa e ao IRRIPLUS®, respectivamente. O autor concluiu ainda que, não houve

diferença significativa entre os métodos na estimativa da lâmina média de irrigação pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Tagliaferre et al. (2010) avaliaram o desempenho do IRRIGÂMETRO®- no manejo da irrigação conduzido na cultura do feijão cultivado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), comparativamente com os métodos padrão da estufa, tensiômetro, Bouyoucos, Pennam-Monteith-FAO 56 e o Tanque Classe A. Os autores concluíram que não houve diferença significativa entre os diferentes métodos pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade. Sendo assim, o IRRIGÂMETRO® apresentou desempenho satisfatório na estimativa da evapotranspiração da cultura do feijão.

Freitas Júnior (2010) estimou a lâmina média de irrigação da cultura do meloeiro cultivado em Porto Nacional, no estado do Tocantins, utilizando os métodos, balanço hídrico, tanque classe A e IRRIGÂMETRO®. O autor conclui que todos os tratamentos foram diferentes entre si de acordo com o teste Tukey a 5% de probabilidade.

Nunes (2011) realizou estudo comparativo entre o IRRIGÂMETRO® e o tanque classe A na estimativa da lâmina média de irrigação para a cultura da soja em Bossoroca, RS. O IRRIGÂMETRO® subestimou a lâmina média de irrigação em 39,9% em relação ao tanque classe A. Ou seja, o autor verificou que o IRRIGÂMETRO® forneceu a lâmina de irrigação no momento em que a cultura começou a atingir seu déficit hídrico, fazendo com que houvesse uma menor demanda de água e de energia elétrica, sem, necessariamente, diminuir a produção da soja.

Rosa (2012) avaliou o manejo da irrigação conduzido na cultura da cenoura indicado pelo IRRIGÂMETRO® e o estimado pelo método Penman-Monteith. O autor concluiu que, de acordo com o teste Dunnett a 5% de probabilidade, a lâmina de aplicação média indicada pelo primeiro método não diferiu significativamente em relação à lâmina de aplicação média estimada pelo segundo. No entanto, o IRRIGÂMETRO® superestimou tal lâmina em 23,6% em relação à Penman-Monteith.

3.2.4.1.2 Operação do IRRIGÂMETRO®

O momento de irrigar é indicado pela régua de manejo (Figura 3.6 A), bastando observar o nível de água no tubo de alimentação (Figura 3.6 B) em relação às faixas coloridas da régua de manejo. Se o nível de água dentro do tubo de alimentação estiver alinhado com a faixa azul ou verde da régua de manejo, é indicativo de boa disponibilidade de água no solo, sendo assim não necessitando irrigar. Quando o nível de água no tubo de alimentação estiver alinhado com a faixa amarela é um alerta que deve irrigar (Figura 3.6 B). O comprimento da faixa amarela estabelece uma margem de segurança no indicativo do momento de irrigar. Neste caso a decisão de irrigar ou não depende do irrigante. Caso haja indício de chuva o irrigante pode esperar o dia seguinte. Se o nível de água atingir a faixa vermelha indica baixa disponibilidade de água e que o momento de irrigar já passou. Caso essa situação ocorra pode haver riscos significativos na produtividade.

Quando houver a necessidade de fazer irrigação (nível da água alinhado com cor amarela da régua de manejo), o tempo que o sistema de irrigação deve ficar ligado está indicado na régua temporal (Figura 3.6 B) que indica o tempo, em horas, de funcionamento do sistema de irrigação.

Observa-se que na Figura 3.6 B o nível de água no tubo de alimentação está em 12 mm, e a linha pontilhada passa pela faixa amarela da régua de manejo, indicado que é momento de irrigar. Neste caso especificamente, o tempo que o sistema de irrigação deve ficar ligado é de uma hora e doze minutos, pois, a água do tubo de alimentação está alinhada nesse tempo na régua temporal.

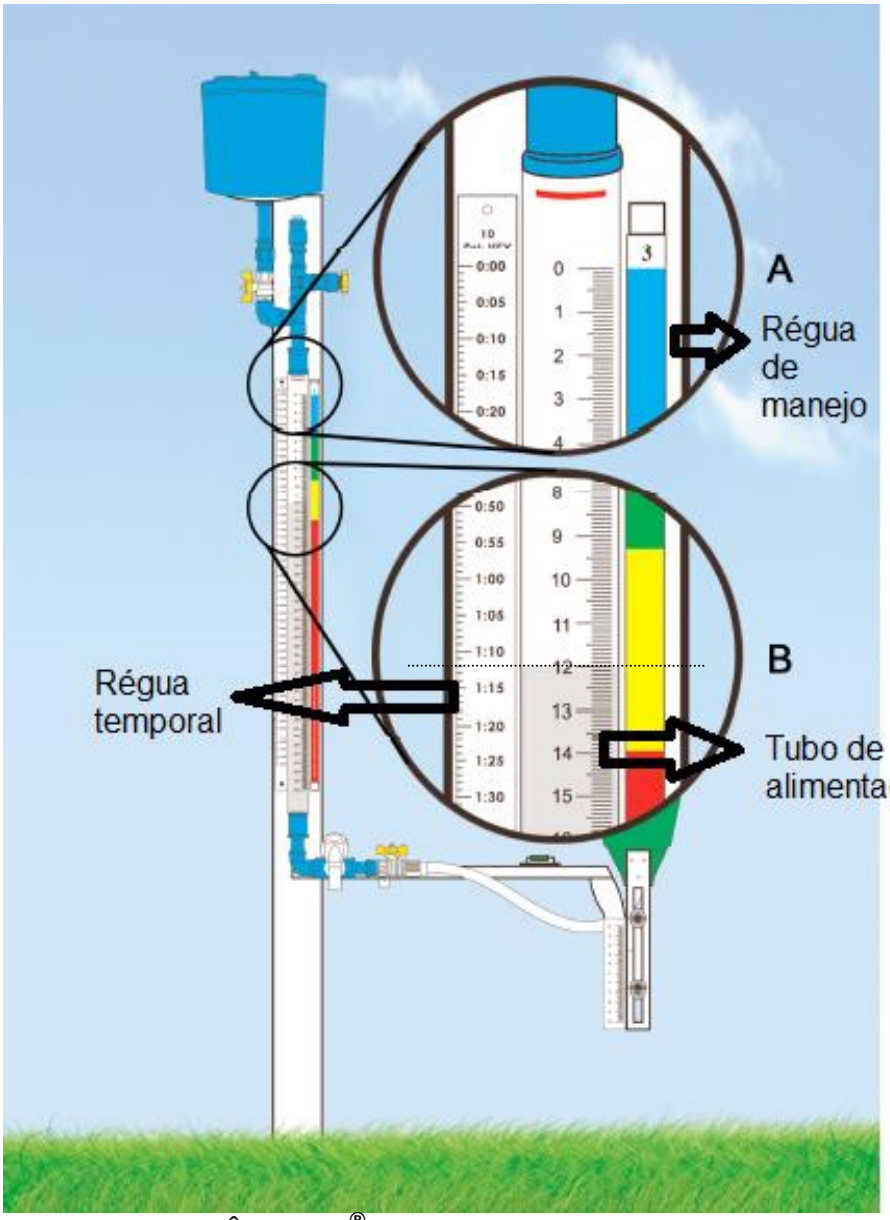

Figura 3.6: Parte do IRRIGÂMETRO®.
Fonte: adaptado de Oliveira e Ramos (2008).

3.2.4.2 Irriplus®

O IRRIPLUS® é um sistema desenvolvido pelo GESAI (Grupo de Estudo e Soluções para Agricultura Irrigada) do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), compostos de vários módulos voltados para o manejo da água (simulação, manejo e decisão) direcionados a agricultura irrigada que auxilia na tomada de decisão. A Figura 3.7 apresenta a tela principal do IRRIPLUS®.

Figura 3.7: Vista da página principal do IRRIPLUS®.

Na filosofia de manejo e decisão do IRRIPLUS®, essa ferramenta controla o momento adequado para irrigar e a lâmina ou tempo necessário de irrigação. Já em sua filosofia de avaliação do sistema, o IRRIPLUS® avalia e define as condições de distribuição de água e perdas do sistema de irrigação.

O programa conta com os seguintes módulos (MANTOVANI, 2008):

- Decisão: saída simplificada do programa que indica o déficit de água no solo, lâmina de irrigação e o tempo de irrigação em cada uma das parcelas do campo. Apresenta uma escala de cores (azul, amarela e vermelha) para auxiliar a identificação das parcelas com maior déficit hídrico. Fácil acesso para ser utilizado dia a dia pelo pessoal de campo e escritório;

- Manejo: saída mais completa, e indica o déficit, momento, lâmina de irrigação e cerca de outras 50 variáveis, de forma gráfica ou relatório. Acesso para técnicos visando analisar cada parcela de forma detalhada, análise de safra, etc;

- Simula: simulação de cenários para fins de planejamento (lâmina de projeto, necessidade de irrigação, déficit hídrico, veranico, horas de irrigação, consumo de energia e cerca de outras cinquenta variáveis). Dispõe de dados climáticos de mais de 700 estações climatológicas de todo o Brasil, permitindo utilização de critérios de probabilidade de forma muito simples;

- Avalia: sistema que orienta e permite os cálculos de eficiência de irrigação (uniformidade e outras perdas).

O IRRIPLUS® derivou–se do antigo IRRIGA-GESAI® que também é um sistema de suporte a decisão da agricultura irrigada e também faz simulações, manejo e decisões, porém o primeiro incorpora avaliação tanto da fertirrigação (NPK) quanto da rentabilidade da área irrigada (lucro).

O IRRIGA-GESAI®, por sua vez é a versão atualizada do SISDA® – Sistema de Suporte a Decisão Agrícola - desenvolvido em parceria entre o Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa e a Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA).

O programa é alimentado com dados da cultura, do solo, do clima, do sistema de irrigação e da água utilizada, possibilitando ao usuário a definição adequada do manejo da irrigação a ser adotado (LOPES, 2006).

Nesse sentido, na Figura 3.8 apresentam-se os principais dados de entrada do Irriplus.

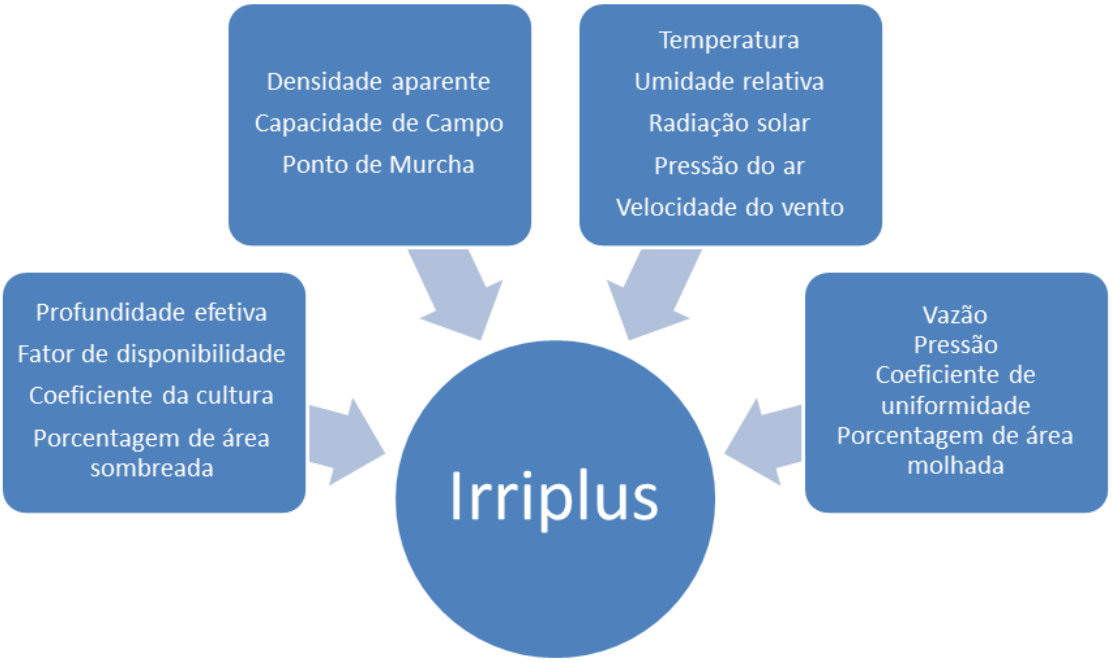

Figura 3.8: Representação esquemática dos principais dados de entrada.

Desde a versão mais antiga, o IRRIPLUS® vem sendo utilizado em trabalhos técnicos e em trabalhos científicos sobre manejo da irrigação em todo o Brasil, apresentando bons resultados. Logo, nessa seção serão apresentados alguns trabalhos científicos desenvolvidos com o software IRRIPLUS®.

Antunes et al. (2000) utilizaram o software SISDA® em propriedades de café em Rio Preto, MG, onde foi efetuado manejo diário da irrigação, e aplicando nitrogênio via fertirrigação. Os resultados do primeiro e segundo anos de pesquisa mostraram que a produtividade média na propriedade de 25,5 e 8,40 sacas por hectare nos anos de 1997 e 1998, respectivamente, sem irrigação, aumentou para 42,8 sacas por hectare em 1999. Para o ano de 2000 a produtividade foi de 35, 58 e 78 sacas por hectare para as áreas não irrigada, irrigada e irrigada com fertirrigação, respectivamente.

Espíndula Neto (2002) conduziu estudo na fazenda Alegre localizada no município de Jaboticatubas, MG, portando, dados do ano de 2001 e os utilizando no SISDA®, comparando o manejo de irrigação tradicional (a critério do produtor) e com o manejo realizado pelo SISDA® no cultivo do café irrigado por pivô central e gotejamento; os resultados observados foram: (I) tanto para o pivô central quanto para gotejamento, a lâmina de aplicação foi abaixo da capacidade de campo no manejo tradicional resultando em baixa produtividade com média entre 18 a 30

sacas por hectare; e (II) quanto o manejo simulado no SISDA® com aplicação da lâmina de água próxima a capacidade de campo, a produtividade foi de 30 a 50 sacas de café por hectare.

Chamon (2002) conduziu estudo comparativo entre a lâmina total aplicada pelo produtor e a lâmina necessária simulada pelo SISDA®, cujo período de monitoramento foi de 01 de setembro a 31 de dezembro de 2000 para a cultura do café cultivada na bacia do Córrego Farias, situado entre os municípios de Linhares e Sooretama no norte do estado do Espírito Santo, considerando os sistemas de irrigação do tipo canhão hidráulico, aspersor convencional, gotejamento e caninho. O autor observou que para todos os sistemas de irrigação estudados, a aplicação da lâmina por critério do produtor foi aquém da lâmina necessária simulada.

Cordeiro (2006) conduziu pesquisa em propriedades de mamão na região norte do estado do Espírito Santo, comparando a irrigação da cultura em dois diferentes tratamentos; No primeiro, a irrigação foi recomendada, pelo técnico responsável pela propriedade, com base em observações de campo; o segundo tratamento consistiu no manejo de irrigação utilizando o IRRIGA-GESAI®. O autor observou que as irrigações praticadas no primeiro tratamento não atenderam a demanda hídrica da planta em várias ocasiões, sendo que o déficit hídrico ultrapassou 80% da disponibilidade total de água no solo.

Lopes (2006) utilizou o IRRIGA-GESAI® a fim de informar se os momentos de irrigação e as quantidades de água aplicada nas culturas de café e mamão em propriedades rurais de Pinheiros/ES seriam feitas de forma precisa. O autor concluiu que, em geral, as irrigações realizadas nas propriedades acompanhadas foram inadequadas, sendo em excesso ou déficit, incluindo a falta de critérios técnicos para a definição da lâmina.

Lopes (2011) utilizou o IRRIPLUS® para investigar com maior clareza se a umidade do solo chegou à capacidade de campo em função da irrigação ou da precipitação e comparou a irrigação aplicada com a irrigação real necessária (IRN). O autor concluiu que os valores de IRN foram superiores na maioria das vezes. A irrigação chegou mais próximo da capacidade de campo tanto pela precipitação quanto pela

irrigação excessiva na cultura de banana, pois como tal cultura é sensível ao déficit hídrico os produtores sobre-irrigam com medo que haja perdas na produção; já no café há déficit de aplicação, devido ao fato da cultura ser mais resistente à seca.

3.2.4.3 Hargreaves-Samani (HS)

Ao aplicar análise de regressão em dados diários da evapotranspiração potencial de referência em Davis na Califórnia, Hargreaves e Samani obtiveram a seguinte equação (HARGREAVES; ALLEN, 2003):

$$ETo = 0{,}0023\ Ra\ (Tmax - Tmin)^{1/2}\ (Tmed + 17{,}8) \qquad (3.8)$$

Onde:
ETo = evapotranspiração de referência, mm d^{-1};
Tmed = temperatura média, ºC, [Tméd = 0,5 (Tmax - Tmin)];
Tmax = temperatura máxima, ºC;
Tmin = temperatura mínima, ºC; e
Ra = radiação solar no topo da atmosfera, mm d^{-1}.

A equação 3.8 tem sido largamente utilizada para estimar a ETo, sobretudo em regiões onde os dados climatológicos são limitados (HARGREAVES, 1989; ALLEN et al., 1998; HARGREAVES; ALLEN, 2003; ITENFISU, et al., 2003; FRANÇA NETO et al., 2011). Porém, a equação 3.8 tende a superestimar a ETo em relação a equação que é considerada padrão pela FAO, a Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

Apesar de superestimar a ETo, a aplicação da equação de HS tem fornecido bons resultados em estudos conduzidos no Brasil (BONOMO, 1999; REIS et al., 2006; TAGLIAFERRE et al., 2010; ARAÚJO, et al., 2011; FRANÇA NETO et al., 2011) e no mundo (AMATYA et al., 1995; ITENFISU et al., 2003; TRAJKOVIC, 2005; TEMESGEN et al., 2005).

Bonomo (1999) ao estimar a ETo por diferentes métodos, em seis regiões do estado de Minas Gerais, o autor observou que o método de HS superestimou a ETo, em relação a Penman-Monteith, para o período de setembro a março em quatro das seis regiões estudadas, sendo que, para o período de abril a agosto, a ETo foi bem próxima à estimada pela equação de Penman-Monteith. Nas demais regiões, a equação de HS superestimou a ETo durante todos os meses do ano.

Reis et al. (2006), em estudo comparativo das equações empíricas para a estimativa da ETo, nas condições climáticas dos municípios de Sooretama, Cachoeiro de Itapimirim e Venda Nova do Imigrante/ES, em período seco, concluíram que o método de HS superestimou a ETo em torno de 30% em todos os municípios estudados.

Araújo et al. (2011), em estudo comparativo do desempenho de diversos métodos para a estimativa da ETo em relação ao método de Penman-Monteith para as condições climáticas do município de Alegre/ES, observaram que o método de HS superestimou a ETo em 30,52%, 30,69% e 30,69% paras os intervalos de 3, 5 e 7 dias, respectivamente.

Temesgen et al. (2005) comparou quatro equações que estimam a ETo usando dados climáticos de 37 estações do estado da Califórnia/EUA e, os autores constataram que, para a maioria das estações a HS superestimou a ETo de 1% a 24% em relação a Penman-Monteith. Mas, por outro lado, para as demais estações a equação de HS subestimou a ETo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada na bacia do Córrego Sossego, situada no município de Itarana-ES, região essa que concentra em sua maior parte pequenos agricultores de base agrícola familiar e é caracterizada por ser escassa em recursos hídricos, caracterizada também por ser uma região de conflito pelo uso da água, bem como ter muita área em estágio avançado de degradação.

Nesse contexto, o Laboratório de Gestão de Recursos Hídricos e Desenvolvimento Regional – LABGEST/UFES está inserido na comunidade do Sossego desde 2003, onde vem desenvolvendo estudos técnicos/científicos acerca de co/auto gestão de recursos hídricos, além de estudos voltados para a linha de pesquisa “Uso Racional da Água na Agricultura Irrigada” na qual a presente dissertação está inserida.

As pesquisas de campo foram realizadas no período de 28 de agosto a 31 de dezembro de 2012 em cinco propriedades rurais de base agrícola familiar, produtoras de banana (*Musa* spp.) e que utilizam sistemas de irrigação localizados por microaspersão.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Córrego Sossego (Figura 4.1) está localizada no município de Itarana-ES, a 130 km de distância da capital Vitória, e que por sua vez está inserida na bacia hidrográfica do Rio Santa Joana, uma sub-bacia do Rio Doce. A bacia do Córrego Sossego tem uma área de 65 km². Segundo SEBRAE (2006 citado por LABGEST, 2010) há 148 propriedades rurais de base familiar na referida bacia hidrográfica.

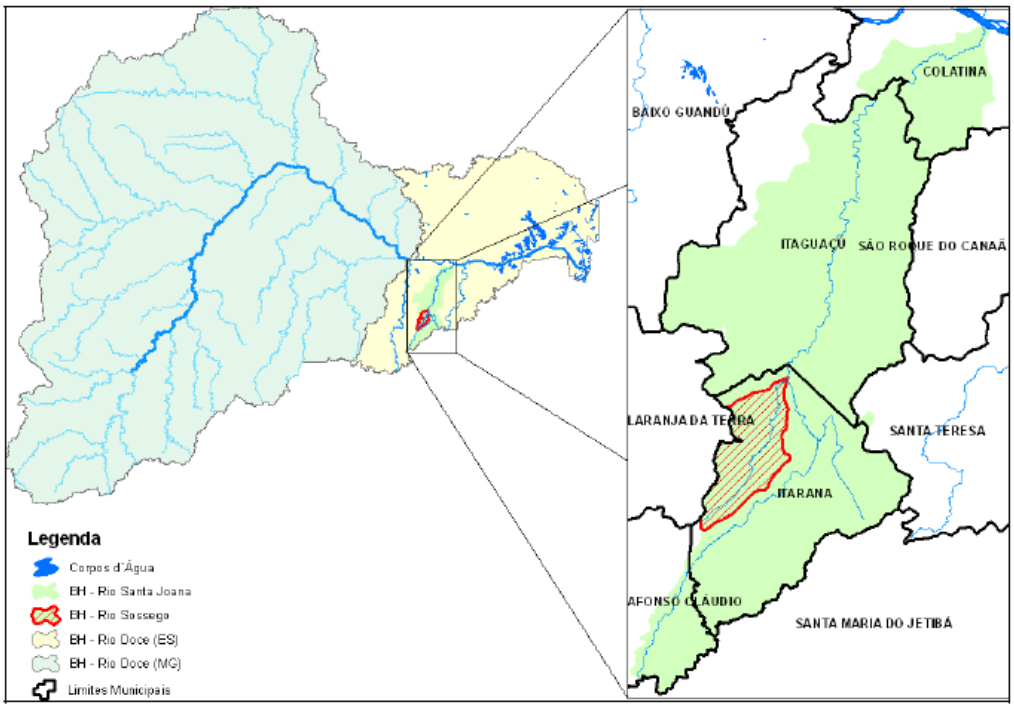

Figura 4.1: Localização da Bacia do Córrego Sossego.
Fonte: Poloni (2010).

O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência técnica e Extensão Rural – INCAPER[5] classifica a bacia do Córrego Sossego quanto às questões climáticas:

> […] está localizada na zona 3 e zona 6. A zona 3 é caracterizada por apresentar terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas/secas, apresenta temperatura média mínima nos meses mais frios de 9,4 a 11,8 ºC e temperaturas médias máximas nos meses mais quentes de 27,8 a 30,7 ºC. Já a zona 6 é caracterizada por apresentar terras quentes, secas e acidentadas e possuir temperaturas médias mínimas nos meses mais frios de 11,8 a 18 ºC e a precipitação média do município de Itarana são de 960 mm, onde os períodos mais secos são os meses de maio a agosto e o período úmido são os meses de janeiro a abril e outubro a dezembro (LABGEST, 2010, p. 16).

As culturas agrícolas que mais se destacam são o café, a banana e o inhame. O café (Arábica e Conilon) possui área total de 743,4 ha e em algumas áreas o café é consorciado com outras culturas como mamão, banana e limão. A olericultura possui área de 252,6 ha, onde se destaca o inhame. A fruticultura possui área de 227,5 ha, que por sua vez tem-se observado importante expansão na bacia com ampliação de áreas produtoras de banana, limão, laranja, tangerina, maracujá, manga, goiaba, coco e mamão (LABGEST, 2010).

[5] Instituto vinculado à Secretaria de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca do estado do Espírito Santo.

4.2 IMPLANTAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM PROPRIEDADES-PILOTO

Para que os hidrômetros (para verificar o uso da água pela experiência do produtor rural) e IRRIGÂMETROS® fossem implantados nas propriedades-piloto, algumas etapas foram seguidas. A utilização do *software* IRRIPLUS® ficou centralizada nas dependências do LabGest, sendo que os dados para a sua alimentação foram coletados em campo. Nesse tópico serão descritos a metodologia para cada etapa referente à implantação das formas de manejo e para a coleta de dados que foram inseridos no IRRIPLUS®.

Apresentam-se na Tabela 4.1 descrições das 3 (três) formas de manejo da irrigação consideradas no desenvolvimento da pesquisa.

Tabela 4.1: Formas de irrigação e suas respectivas descrições.

Formas de manejo da irrigação	**Descrição**
Experiência do produtor (EXP)	Foram instalados hidrômetros no sistema de irrigação, em setor diferente ao manejado pelo IRRIGÂMETRO®, para verificar o uso da água pelos produtores sem auxílio de ferramentas de manejo.
IRRIGÂMETRO®	Conduziu o manejo da irrigação nas cinco propriedades-piloto, a fim de verificar/comparar seu desempenho em relação às demais formas de irrigação.
IRRIPLUS®	Esse método foi tomado como referência e foi feita a associação dos demais em relação a esse.

4.2.1 Seleção das propriedades-piloto

Primeiramente, seis propriedades-piloto foram pré-selecionadas e nelas realizaram-se visitas para verificar quais enquadravam-se nos critérios de seleção descritos a seguir. Entretanto, das seis propriedades, apenas cinco foram escolhidas, visto que, para a presente pesquisa havia apenas cinco irrigâmetros disponíveis.

As propriedades pré-selecionadas foram nomeadas por letras “A”, “B”, “C”, “D” e “E” . Na Tabela abaixo estão sumarizados a nomenclatura das propriedades pré-selecionadas e suas respectivas coordenadas geográficas em UTM.

Tabela 4.2: Nomenclatura das propriedades pré-selecionadas com suas respectivas coordenadas.

Nomenclatura	**Coordenadas geográficas (m)***
Propriedade A	(E) 0299028
	(N) 7796091
Propriedade B	(E) 0300005
	(N) 7794701
Propriedade C	(E) 0301053
	(N) 7798672
Propriedade D	(E) 0301221
	(N) 7799084
Propriedade E	(E) 0301221
	(N) 7799084

* Datum WGS 84, zona 24 K.

Para selecionar as cinco propriedades-piloto, foram utilizados os seguintes critérios de escolha: (I) mesma variedade da banana; (II) mesmo tipo de sistema de irrigação – microaspersão; (III) proximidade entre as propriedades-piloto; (IV) propriedades onde o lençol freático não influencia na irrigação; (V) sistemas de irrigação que tenham mais de um setor e que esses, necessariamente, estivessem no mesmo nível de topografia, bem como próximas um do outro e (VI) os sistemas de irrigação terem CUD em torno de 50% (ruim), 70% (regular) e 80% (bom).

4.2.1.1 Caracterização dos sistemas de irrigação

Para a caracterização dos sistemas de irrigação coletou-se os seguintes dados: (a) marca do emissor; (b) vazão nominal do emissor (consulta ao catálogo); (c) vazão média observada - metodologia de Merriam e Keller, (1978) descrita a seguir; (d) pressão nominal (consulta ao catálogo); (e) pressão média observada (metodologia descrita a seguir); espaçamento entre linhas laterais e entre emissores – com auxílio de uma trena – e; (f) idade tanto do sistema de irrigação quanto da planta.

Com o intuito de verificar as condições do critério VI, descrito acima, o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi calculado no IRRIPLUS® através da utilização de dados de entrada levantados em campo. A descrição de levantamento de dados para o cálculo dos referidos coeficientes são descritos detalhadamente abaixo.

De acordo com a metodologia de Merriam e Keller (1978), foram coletados os volumes de água para determinação das vazões em 16 emissores escolhidos em quatro linhas laterais (duas de cada lado da linha de derivação), ou seja: a primeira linha lateral; a posicionada 1/3 da origem; a situada 2/3 da origem e a última (Figura 4.2). Em cada uma das linhas laterais, foram selecionados 4 emissores: o primeiro; o posicionado a 1/3 da origem; o posicionado a 2/3 da origem e o último. Esses volumes foram coletados com o auxílio de um recipiente plástico adequado, durante um minuto. O tempo foi controlado por um cronômetro digital e, posteriormente, feita à leitura do volume de água coletado através de proveta graduada. De posse dos volumes, o CUD foi calculado pelo *software* IRRIPLUS, através da equação 3.5.

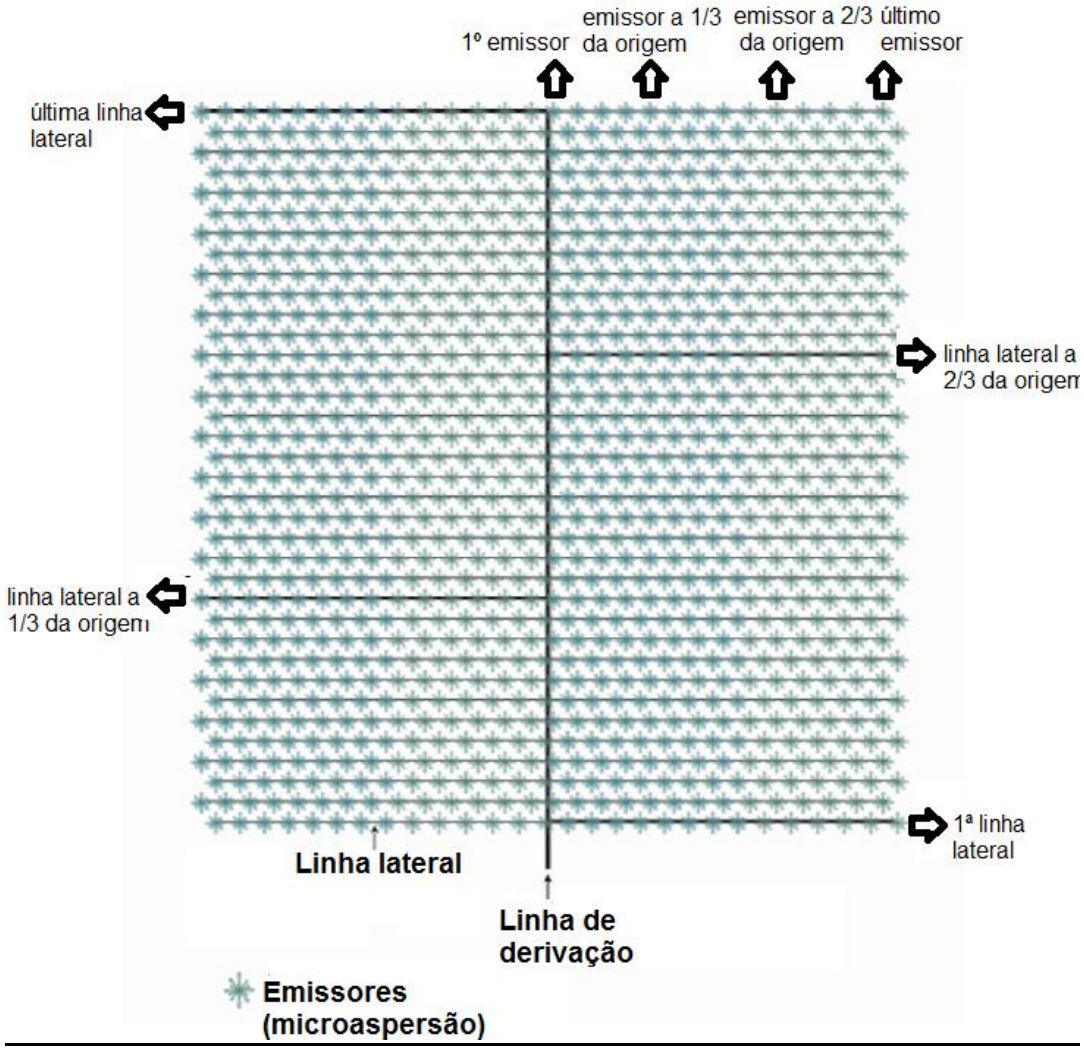

Figura 4.2: Localização dos emissores selecionados pela metodologia de Merriam e Keller (1978).

Para aferir a pressão de serviço do microaspersor, foi utilizado um manômetro da marca AZUD EN837-1 de 10 Bar ou 140 Psi.

4.2.2 Instalação dos hidrômetros

Com a finalidade de monitorar o uso da água na irrigação na situação EXP, foram instalados hidrômetros nas cinco propriedades utilizadas na presente pesquisa, em setor diferente do manejado pelo IRRIGÂMETRO®. Os hidrômetros foram instalados próximos às válvulas de controle de pressão, essas localizadas na linha de derivação, para evitar que os hidrômetros contabilizassem água que possam ir para outro setor, mascarando assim a leitura.

4.2.3 Instalação dos IRRIGÂMETROS® nas propriedades

O IRRIGÂMETRO® foi ajustado de acordo com o tipo de cultura, do sistema de irrigação localizada e de solo. Portanto para instalar os IRRIGÂMETROS® em campo, os mesmos foram configurados para cada uma das cinco propriedade-pilotos. O ajustamento dos IRRIGÂMETROS® consistiu na escolha da régua de manejo (Figura 3.6 A) e da régua temporal (Figura 3.6 B). A metodologia para a seleção das réguas de manejo e temporal encontra-se descrita em Oliveira e Ramos (2008) sendo apresentada resumidamente a seguir.

4.2.3.1 Definição da régua de manejo

A régua de manejo é codificada por letras seguidas por número (exemplo CS 1.4, CMS 2.0, CPS 1.2, entre outros). Os códigos podem ser CMS, CS ou CPS que correspondem à cultura muito sensível, cultura sensível e cultura pouco sensível ao déficit hídrico, respectivamente. Já o número corresponde à disponibilidade total de água no solo (DTA). Identificam-se quais culturas correspondem às letras acima pela Tabela 4.3, já o valor de DTA é calculada pela equação 3.1. No caso da cultura utilizada na presente pesquisa – cultura da banana – o código correspondente é CS.

Tabela 4.3: Culturas e suas letras correspondentes.

Letras	Culturas
CMS	Alface
	Beteraba
	Tomate
CS	Banana
	Inhame
	Mamão
CPS	Batata-doce
	Braquiária
	Café

Fonte: adaptado Oliveira e Ramos (2008).

Para o cálculo da DTA (equação 3.1) foram necessários parâmetros do solo, como capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PM) e densidade de solo (Ds), que foram determinados através de análise de solo para as cinco propriedades. Para a determinação dos dois primeiros parâmetros e da classificação textural, foram coletadas amostras de solo em nove pontos com o auxílio de um trado tubular. Os nove pontos foram coletados no início, no meio e no fim das linhas laterais, e essas, por sua vez, situadas no início, no meio e no fim da linha de derivação do sistema de irrigação. Em cada ponto foram retiradas amostras de solo nas camadas de 0 a 20 cm, conforme recomendado pela EMBRAPA (1997).

As amostras foram coletadas com o auxílio de um balde e em seguidas homogeneizadas. Feito isso, foram retirados 500 g de solo do balde e transferidos para sacos plásticos, que por sua vez, foram devidamente identificados com o nome da propriedade e do proprietário, cultura, camada de solo retirada, dentre outros. Para a determinação da Ds foram retiradas amostras cravando anéis coletores no solo, que posteriormente foram acondicionados em sacos plásticos e também devidamente identificados. Tanto a amostragem de solo para CC e PM como a amostragem de solo para Ds foram encaminhadas para análise no laboratório do Incaper, em Linhares. Já a amostragem de solo referente à classificação textural foi enviada ao laboratório de física do solo, do Centro de Ciências Agrárias da UFES. Os resultados da amostragem de solo são dispostos na Tabela B.1 no anexo B.

A partir do tipo de cultura e do valor da DTA, foram identificadas as réguas de manejo para cada IRRIGÂMETRO® instalado nas propriedades-piloto entre as oferecidas pelo fabricante (Tabela 4.4).

Tabela 4.4: Modelos de réguas de manejo, onde os códigos representam as culturas de acordo com a sensibilidade hídrica e os números representam o DTA calculado pela equação 3.1.

Cultura muito sensível ao déficit hídrico	Cultura sensível ao déficit hídrico	Cultura pouco sensível ao déficit hídrico
CMS 0.3	CS 0.3	CPS 0.3
CMS 0.4	CS 0.4	CPS 0.4
CMS 0.5	CS 0.5	CPS 0.5
CMS 0.6	CS 0.6	CPS 0.6
CMS 0.7	CS 0.7	CPS 0.7
CMS 0.8	CS 0.8	CPS 0.8
CMS 0.9	CS 0.9	CPS 0.9
CMS 1.0	CS 1.0	CPS 1.0
CMS 1.1	CS 1.1	CPS 1.1
CMS 1.2	CS 1.2	CPS 1.2
CMS 1.3	CS 1.3	CPS 1.3
CMS 1.4	CS 1.4	CPS 1.4
CMS 1.5	CS 1.5	CPS 1.5
CMS 1.6	CS 1.6	CPS 1.6
CMS 1.7	CS 1.7	CPS 1.7
CMS 1.8	CS 1.8	CPS 1.8

Fonte: adaptado de Oliveira e Ramos (2008).

Na tabela 4.5 são apresentados os valores de DTA (equação 3.1) e os modelos das réguas de manejo para as cinco propriedades-piloto.

Tabela 4.5: Valores de DTA com seus respectivos modelos de régua de manejo para cada propriedade.

Propriedade	DTA (mm cm^{-1})	Modelo de régua de manejo
A	1,38	CS 1.4
B	1,47	CS 1.5
C	1,59	CS 1.6
D	1,92	CS 1.9
E	1,23	CS 1.2

4.2.3.2 Definição da régua temporal

A régua temporal é codificada por número que corresponde à intensidade líquida de aplicação de água do sistema de irrigação (Ll). Calculou-se a Ll pela equação:

$$Ialiq. = \frac{Q_m}{E_L \cdot E_{LL}} \quad (4.1)$$

Em que:

$Ia_{líq.}$ = intensidade líquida de aplicação de água, mm h^{-1};

E_L = espaçamento entre emissores, m;

E_{LL} = espaçamento entre linhas laterais, m; e

Q_m = vazão média, L h^{-1}.

De posse do valor da $Ia_{líq.}$ foram definidas as réguas temporais na Tabela 4.6 para cada propriedade.

Tabela 4.6: Modelos d régua temporal.

0.1	1.5	2.9	4.3	5.7	8.5
0.2	1.6	3	4.4	5.8	8.75
0.3	1.7	3.1	4.5	5.9	9
0.4	1.8	3.2	4.6	6	9.25
0.5	1.9	3.3	4.7	6.25	9.5
0.6	2	3.4	4.8	6.5	9.75
0.7	2.1	3.5	4.9	6.75	10
0.8	2.2	3.6	5	7	10.5
0.9	2.3	3.7	5.1	7.25	11
1	2.4	3.8	5.2	7.5	11.5
1.1	2.5	3.9	5.3	7.75	12
1.2	2.6	4	5.4	8	12.5
1.3	2.7	4.1	5.5	8.25	13
1.4	2.8	4.2	5.6	8.5	13.5

Fonte: adaptado de Oliveira e Ramos (2008).

Na Tabela 4.7 estão dispostos os modelos de réguas temporais para cada propriedade, com base nos valores de intensidade líquida de aplicação de água.

Tabela 4.7: Modelo de régua temporal para cada propriedade.

Propriedade	Intensidade líquida de aplicação (mm h^{-1})	Modelo da régua temporal (adimensional)
A	4,23	4.2
B	3,05	3
C	10,2	10
D	4,02	4
E	1,86	1.9

Após a definição do modelo das réguas, os IRRIGÂMETROS® foram instalados em locais que fossem mais adequados. Optou-se por lugares próximos as residências de agricultores e que, ao mesmo tempo, não fosse muito longe do plantio. A Figura 4.3 a seguir mostra o IRRIGÂMETRO® instalado em uma das propriedades.

Figura 4.3: Pluviômetro (A) e IRRIGÂMETRO® (B) instalados próximo à residência do agricultor.

4.3 OPERAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO CONSIDERANDAS

4.3.1 Monitoramento do Volume de Água Aferida na Situação EXP

No setor em que foram instalados os hidrômetros, os produtores rurais foram orientados a conduzir a irrigação como normalmente feitas por eles, caracterizado na tabela 4.1 (EXP). Diariamente, foram levantados os dados das leituras dos hidrômetros, os volumes de água aplicados nas irrigações, bem como os momentos em que se realizaram as aplicações. Com esse volume, determinou-se a lâmina de aplicação, através da equação abaixo:

$$LA = \frac{V}{Q\ sist.irrigação} . Ialíq \qquad (4.2)$$

Onde:

LA = lâmina de aplicação, mm; e

$Ia_{líq.}$= intensidade líquida de aplicação obtida pela equação 4.1, mm h^{-1}.

V = volume de água gasto em cada irrigação, L;

$Q_{sist.\ Irrigação}$ = vazão do sistema de irrigação, L h^{-1}.

4.3.2 Monitoramento do Volume de Água Aplicado na Situação IRRIG.

Foi realizado diariamente o levantamento de dados acerca do manejo de irrigação através de leituras diretas no aparelho. Tais dados foram anotados em planilha estruturada. Abaixo, estão descritos quais dados foram levantados e o procedimento para obtê-los.

A necessidade de irrigar ou não, de acordo com o IRRIGÂMETRO®, foi definida através da leitura do nível de água no interior do tubo de alimentação (Figura 3.6 B) – para obter o valor da lâmina de aplicação – em relação à régua de manejo (Figura 3.6 A). O processo de decisão em fazer ou não a irrigação foi descrito detalhadamente na seção 3.2.4.1.2 que depende da observação da régua de manejo do IRRIGÂMETRO®. Quando houve a necessidade de se fazer irrigação, o tempo que o sistema de irrigação ficou ligado foi observado na régua temporal (Figura 3.6 B). Nesse caso, precisou fazer com que o nível da água dentro do tubo de alimentação voltasse para a posição zero.

Os cinco IRRIGÂMETROS® foram operados com o nível de água de 3,5 cm dentro do evaporatório (Figura 3.5 B). Esse valor é recomendado por Oliveira e Ramos (2008) para culturas em fase de desenvolvimento 4 (fase final), conforme apresentado na Tabela 3.5.

Dados referentes à pluviosidade também foram observados através da leitura do pluviômetro instalado ao lado do IRRIGÂMETRO®. Esses dados foram anotados em

planilha estruturada, uma vez que a precipitação deve ser considerada no manejo de irrigação.

4.3.3 Estimativa do Volume de Água Demandada

O *software* IRRIPLUS®, versão 2.25, foi utilizado na estimativa do volume de água demandado para as propriedades-piloto.

Com a ajuda de tal *software* foram calculadas as necessidades hídricas (irrigação total necessária - ITN), para cada propriedade, durante o período acompanhado, que teve início em 01/09/2012 e término em 25/12/2012.

Para a utilização do IRRIPLUS® foram levantados dados por meio de pesquisa bibliográfica e de avaliações de campo. Os dados que alimentam o IRRIPLUS® são apresentados a seguir.

4.3.3.1 Dados da Cultura

Na Tabela 4.8 estão dispostos os valores de profundidade efetiva da raiz (Z), fator de disponibilidade de água no solo (f), coeficiente de cultura (Kc), porcentagem de área sombreada pela lavoura (Pas), temperatura basal (T basal), temperatura (T ótima) e salinidade, que foram utilizados para alimentar o *software* IRRIPLUS®. Todos os referidos valores, com exceção da Pas e do Z, foram definidos através de revisão bibliográfica.

Tabela 4.8: valores dos dados da cultura utilizados para alimentar o *software* e suas referencias.

Dados da cultura	Valor	Referência
Z	0,5 m	Constatado em campo
f	0,4	Bernardo et al. (2005)
Kc	0,9	Allen et al. (1998)
Pas	100 %	Constatado em campo
T basal	16 ºC	Borges e Souza (2004)
T ótima	Acima de 27ºC	Coelho (2009)
Salinidade	Inferior a 1 dS m^{-1}	Borges e Souza (2004)

4.3.3.2 Dados de solo

Para análise física, foram realizadas amostragens de solo para a determinação da densidade do solo (Ds) e da retenção: na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PM), além da classificação textura e a metodologia referente à amostragem de solo está descrita detalhadamente no item 4.2.3.1.

4.3.3.3 Dados de clima

Os dados climáticos utilizados para alimentação do IRRIPLUS® foram obtidos junto ao Incaper, para a estação meteorológica localizada no município de Itarana cujas coordenadas geográficas 19º 52’ S e 40º53’ W. Os dados obtidos referem-se a valores diários de temperaturas máximas, mínimas e médias e valores de precipitação. Como tal estação fornece apenas estes valores, o cálculo da evapotranspiração de referência (ETo) foi realizado por meio da equação de Hargreaves-Samani (HS).

A equação de Penman-Monteith (FAO 56) é considerada padrão para estimativa da ETo, entretanto, alguns autores recomendam a utilização da equação de HS, quando os dados climáticos são limitados (HARGREAVES, 1989; ALLEN et al. 1998; HARGREAVES; ALLEN, 2003; FRANÇA NETO et al., 2011).

Como mencionado na revisão de literatura, em diversos estudos no Brasil e no mundo, a equação de HS tem fornecido bons resultados quanto a estimativa da ETo; todavia, esta equação tende a superestimar tal parâmetro em regiões úmidas.

Para o ajuste da ETo, além do Kc, utilizou-se o coeficiente de umidade do solo (Ks) pela metodologia logarítmica, e, ainda, o coeficiente de localização (Kl). Para a cultura da banana, utilizou-se de acordo com a metodologia de Fereres, proposta em 1981 (Rodrigo López, 1992 citados por Lopes, 2006; Lopes, 2011).

4.3.3.4 Dados do sistema de irrigação

a) Porcentagem de área molhada

Através de observações de campo, notou-se que, em todas as propriedades-piloto, os microaspersores estavam dispostos entre as linhas da cultura, de forma a irrigar toda a área cultivada. Desta forma, considerou-se que a porcentagem de área molhada foi de 100%.

b) Coeficiente de Christiansen

A partir dos valores de CUD, calcularam-se os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), utilizando a equação 4.3 proposta por Tarjuelo Martín-Benito (1995 citado por BONOMO, 1999 e LOPES, 2006):

$$CUC = 100 - 0,63\ (100 - CUD) \qquad (4.3)$$

Onde:
CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %; e

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, %.

4.3.4 Operação do IRRIPLUS® com o Coeficiente de Distribuição Ajustado

Considerando a influência da melhoria de uniformidade de distribuição na lâmina de irrigação, simulou-se a irrigação de cada propriedade-piloto, ajustando o CUD atual para valores mais condizentes com sistemas de irrigação localizados (90%, 92% e 95%). Por exemplo, na propriedade “A”, o CUD atual de 85,6% (vide Tabela 5.3) foi ajustado para 90%, 92% e 95%; na propriedade “B”, o CUD atual de 78,3% também foi ajustado para 90%, 92% e 95%. Portanto, puderam-se analisar as reduções nas irrigações decorrentes desses ajustes.

Primeiramente, para cada valor de CUD ajustado, o IRRIPLUS® calculou a eficiência de irrigação: Eficiência para Área Adequadamente Irrigada (Eipad) através da equação 3.6.

Para o cálculo da EDap, utilizada na Eipad, foi utilizado a equação 3.7. No entanto, para o emprego da referida equação o CUC foi obtido pela relação proposta por Tarjuelo Martín-Benito (equação 4.3). Como a cultura da banana tem alto valor comercial, considera-se a porcentagem de área adequadamente irrigada de 90%.

A partir dos valores da irrigação real necessária (IRN) e da Eipad, o IRRIPLUS® calculou as lâminas de aplicação correspondentes aos valores de CUD de 90%, 92% e 95% para cada propriedade-piloto através da equação:

$$ITN = IRN.\ Eipad^{-1} \quad (4.4)$$

Onde:
IRN = irrigação real necessária, mm;
ITN = irrigação total necessária, mm;

4.4 AVALIAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO CONSIDERADAS

4.4.1 Avaliação entre as Formas de Manejo EXP, IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS®

Para avaliar o desempenho dos sistemas de manejo, foram comparadas as lâminas totais de aplicação segundo a EXP com as estimada pelo IRRIGÂMETRO® e pelo IRRIPLUS®. Foi verificado se houve diferença estatística entre as formas de manejo EXP e IRRIGÂMETRO® em relação ao IRRIPLUS®**,** através da aplicação do teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Conforme dito anteriormente, o IRRIPLUS® utilizou a equação de HS para estimar a ETo, e consequentemente, a irrigação, mas tal equação tende a superestimar a irrigação em relação ao Penman-Monteith.

Para Jensen (1990 citado por TAGLIAFERRE et al., 2010) a equação de HS superestima a ETo de 15% a 25%. Porém, Reis et al. (2006) e Araújo et al. (2011) observaram que a referida equação superestima a ETo em torno de 30% para o estado do Espírito Santo. Diante do exposto, foi estabelecida uma faixa de 15% a 30% de erro da equação de HS para comparar os resultados obtidos para as outras formas de manejo.

4.4.2 Avaliação do IRRIPLUS® Operando com Coeficiente de Distribuição Ajustado

Considerando a influência do coeficiente de uniformidade de distribuição na lâmina de aplicação, bem como a melhoria de tal coeficiente nas eficiências do sistema de irrigação e, por consequência, a economia no uso da água, simulou-se a economia para as cinco propriedades-piloto, através do IRRIPLUS®, com o ajuste do CUD atual para 90%, 92% e 95%. Nesse caso, não foi considerada a faixa de erro de 15 a 30% da equação de HS.

Assim como na comparação da EXP, IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS®, também foram comparadas as economias de água das propriedades com o intuito de saber se as mesmas foram expressivas.

4.5 DEFINIÇÃO DE DIRETRIZES PARA A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DO IRRIGÂMETRO® E IRRIPLUS®.

Nessa seção será apresentado todo o procedimento metodológico para a coleta de informações junto aos extensionistas locais (por meio de oficina) e aos produtores rurais responsáveis pelas propriedades-piloto (por meio de entrevistas), assim como a metodologia referente à proposição das diretrizes para a utilização prática do IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS®.

4.5.1 Oficinas com Extensionistas Locais

Como parte das atividades de coleta de informações, a fim de subsidiar a definição das diretrizes, foi realizada oficina no escritório do Incaper de Itarana/ES (figura 4.4) no dia 24 de janeiro de 2013. Participaram da oficina extensionistas da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente e do Incaper do município de Itarana (Tabela 4.9).

Figura 4.4: Oficina com os extensionistas.

Tabela 4.9: Nome dos participantes da oficina com suas respectivas formações, funções e instituições que representam.

Participante	Formação	Função/Instituição
Leandro de Almeida Rezende	Engenheiro Agrônomo	Extensionista do INCAPER
Sérgio Luiz Gaiba	Técnico Agrícola	Extensionista do INCAPER
Sirlei de Oliveira	Engenheiro Agrônomo e mestre em Fitotecnia	Representante de extensionista da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Itarana

O procedimento de condução da oficina foi da seguinte maneira: primeiramente apresentaram-se os resultados das irrigações realizadas pelas formas de manejo EXP, IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS®, bem como os resultados das comparações entre eles. Posteriormente foram realizados discussões sobre os seguintes questionamentos:

a) Quais são os atores da sociedade que podem operar adequadamente o IRRIPLUS®?

b) Os órgãos de extensão rural têm condições de operar o IRRIPLUS® a fim de auxiliar no manejo da irrigação de propriedades rurais?

Sim:_____ por quê?

Não: _____ quem poderia assumir esse papel?

c) O produtor rural tem condições de manusear o IRRIGÂMETRO® e/ou IRRIPLUS®? Por quê?

d) Qual seria o papel dos extensionistas locais quanto à utilização do IRRIGÂMETRO® e do IRRIPLUS®?

e) Com foco na gestão de recursos hídricos quais são as vantagens e as desvantagens do IRRIGÂMETRO® e do IRRIPLUS® para o manejo da irrigação?

Vale ressaltar que os debates não foram gravados, com o intuito de “deixar mais a vontade” os participantes, favorecendo assim o melhor desenvolvimento da conversa. No entanto, foram apenas tomadas notas dos principais pontos de discussão, para posterior sistematização.

4.5.2 Entrevistas com Produtores Rurais

O levantamento de informações para a definição das diretrizes envolvendo produtor rural foi realizada por meio de entrevistas. Essas não foram realizadas em dia específico, e sim realizadas ao longo do período de campo dessa pesquisa.

Os questionamentos realizados durante esse período foram:

a) O senhor tem conhecimento/domínio acerca de informática e programas de computador em geral?

b) Como o senhor considera seus conhecimentos em manejo da irrigação, básicos ou avançados?

c) O senhor considera que seus conhecimentos em manejo da irrigação são suficientes para a utilização de programas de computador sobre esse tema?

d) O que o senhor achou quanto à facilidade de operação e quanto à confiabilidade do IRRIGÂMETRO®?

e) Na visão do senhor quais são as vantagens e desvantagens do IRRIGÂMETRO®?

Da mesma forma que informado sobre a oficina com os extensionistas, as entrevistas não foram gravadas, apenas foram tomadas notas dos elementos principais.

4.5.3 Proposição das Diretrizes

A elaboração das diretrizes para a utilização prática do IRRIGÂMETRO® e do IRRIPLUS® deu-se a partir da sistematização e análises das informações coletadas tanto na oficina dos extensionistas locais quanto nas entrevistas com os produtores rurais.

As diretrizes foram apresentadas na forma de tópicos e, por conseguinte, discorreu-se acerca de como elas surgiram, sua importância, o que mudaria com a implantação de cada uma das diretrizes, os atores da sociedade que seriam responsáveis por cada uma delas, dentre outros.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 IMPLANTAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO EM PROPRIEDADES-PILOTO

Nessa seção será apresentado e discutido o procedimento da implantação dos HIDROMETROS (experiência do produtor rural) e IRRIGÂMETROS®. Para que os HIDRÔMETROS e os IRRIGÂMETROS® fossem instalados em campo, algumas etapas foram seguidas, que são: seleção das propriedades-piloto e caracterização dos sistemas de irrigação Não obstante, a instalação dos hidrômetros e dos IRRIGÂMETROS®, propriamente dita, nas propriedades selecionadas, foi apresentada nos itens 4.2.2 e 4.2.3.

5.1.1 Seleção das propriedades-piloto

Das propriedades pré-selecionadas, através de visitas a campo, verificou-se que as mesmas enquadravam-se nos critérios descrito na seção 4.2.1. Nessas visitas, foram constatados que todas as seis propriedades tinham mesma variedade de banana (prata), mesmo tipo de sistema de irrigação (microaspersão) e apresentavam-se relativamente próximas uma das outras.

Como nas propriedades “A”, “B”, “C”, “D” e “E” a cultura da banana apresentava-se em mesma fase de desenvolvimento (fase final), as condições de sombreamento eram semelhantes. Nessas propriedades, constatou-se que a porcentagem de área sombreada era de 100%.

Ademais, verificou que nas cinco propriedades pré-selecionadas, havia mais de uma parcela/setor destinada à cultura da banana, conforme os critérios de seleção das propriedades-piloto, estabelecidos na seção 4.2.1.

5.1.1.1 Caracterização dos sistemas de irrigação

Na Tabela 5.1 são apresentadas algumas características sobre os sistemas de irrigação por microaspersão, utilizados na presente pesquisa, tais como: marca do emissor, pressão nominal e pressão média observada (pressão de serviço), vazão nominal e vazão média observada para cada propriedade. Pode-se observar na tabela que, nas propriedades “C” e “D”, as vazões médias observadas são de 51,25% e 17,32% maiores que as vazões nominais, respectivamente. Isso deve-se ao fato que nas propriedades em questão os valores de pressão média observada são maiores que os recomendados pelo fabricante.

Tabela 5.1: Caracterização dos sistemas de irrigação das propriedades-piloto quanto a vazão nominal e média, a pressão nominal e média.

Propriedade	Marca do emissor	Vazão nominal do emissor (L h^{-1})*	Vazão média observada (L h^{-1})	Pressão nominal (kPa)*	Pressão Média Observada (kPa)
A	Amanco	100,0	85,2	147,1	86,7
B	Amanco	80,0	61,3	147,1	23,3
C	Amanco	112,0	169,4	147,1	181,7
D	Amanco	112,0	131,4	147,1	141,7
E	Amanco	70,0	43,2	147,1	8,3

* valores verificados no catálogo da Amanco.

A Tabela 5.2 apresenta os valores dos espaçamentos entre plantas e dos espaçamentos entre emissores, da idade do plantio e do sistema de irrigação para cada propriedade-piloto. Na referida tabela, observa-se que os espaçamentos entre plantas e entre emissores não são os mesmos. Nesse caso, toda área é irrigada, contradizendo, assim, o conceito da irrigação localizada, que preconiza que tal sistema irriga apenas parte da área. Segundo os agricultores responsáveis pelas propriedades, isso ocorre pelo fato dos sistemas de irrigação por microaspersão possuírem custos elevados e por ser mais viável economicamente colocar um emissor para cada quatro plantas.

Tabela 5.2: Características dos sistemas de irrigação de cada propriedade piloto quanto a espaçamento entre plantas e emissores e idade do plantio e do sistema de irrigação.

Propriedade	Espaçamento (m)		Idade (meses)	
	Plantas	Emissores	Plantio	Sistemas de irrigação
A	3,0 X 2,0	5,0 x 4,0	24	24
B	4,0 x 2,0	4,0 x 5,0	12	12
C	3,0 x 2,0	4,0 x 4,0	15	15
D	3,0 x 2,0	4,0 x 5,0	36	48
E	3,0 x 2,0	6,0 x 4,0	16	16

Os valores de CUD calculados pela equação 3.5 são apresentados na Tabela 5.3, serviram para verificar se as propriedades em questão atendem ao critério de seleção das propriedades-pilotos VI descrito na seção 4.2.1.

Tabela 5.3: Valores de CUD para cada propriedade analisada.

Propriedade	CUD	Classificação*
A	85,6	Bom
B	78,3	Razoável
C	84,7	Bom
D	56,1	Ruim
E	74,9	Razoável

*Classificação de acordo com Merian e Keller (1978).

De acordo com a Tabela 5.3, as propriedades “A”, “B”, “C”, “D” e “E” apresentaram CUD dentro do que foi estabelecido nos critérios de escolha das propriedades-pilotos (VI) descrito no item 4.2.1

A Figura 5.1 apresenta o mapa de localização das propriedades pilotos na bacia do córrego Sossego. Observa-se que a propriedade “A” localiza-se na divisa de três sub-regiões hidrográficas da bacia, a saber: Baixo Sossego, Bananal e Alto

Sossego, e a propriedade “B” está na microbacia Penedo. As demais propriedades – “C”, “D” e “E” – encontram-se na região hidrográfica do Baixo Sossego.

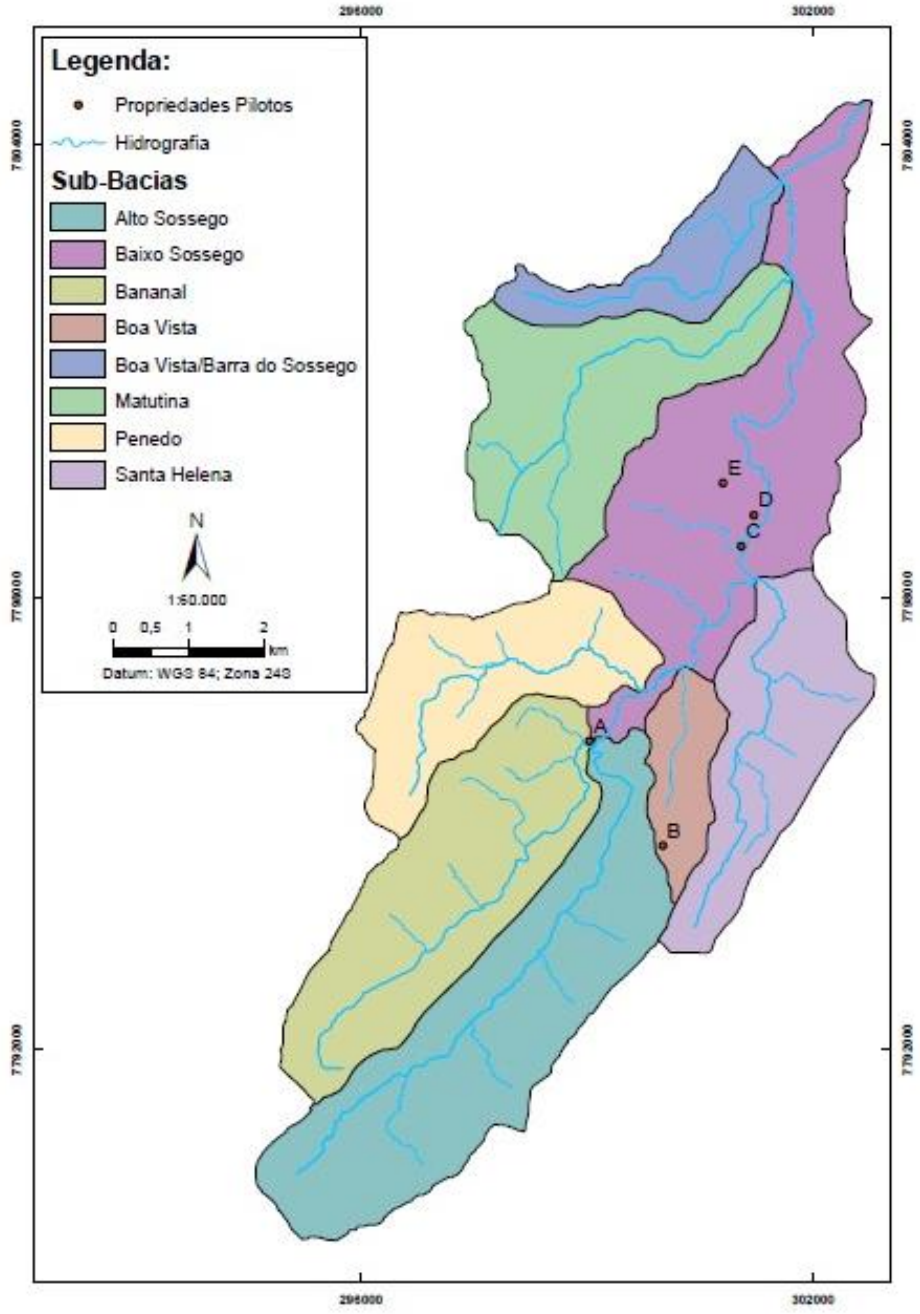

Figura 5.1: Mapa de localização das propriedades-piloto.

Com o objetivo de acompanhamento das leituras dos sistemas de manejo implantados, considerou-se que as propriedades não estavam muito distantes uma das outras: entre “A” e “B”, aproximadamente 2 km; entre “C”, “D” e “E”, cerca de 0,5 km; e entre “A” e “C”, em torno de 6 km..

Após ter selecionado as propriedades-piloto, os IRRIGÂMETROS® e hidrômetros foram instalados nas mesmas, conforme apresentado nas seções 4.2.2 e 4.2.3.

5.2 OPERAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO CONSIDERADAS

Nesse item será apresentada e discutida a operação dos arranjos de sistema de manejo da irrigação, instalados em campo, o HIDRÔMETRO, (experiência do produtor), o IRRIGÂMETRO® e o IRRIPLUS® (método padrão), durante o período de monitoramento, esse teve iniciou no dia 28/08/2012, dia em que os IRRIGÂMETROS® e hidrômetros foram instalados nas cinco propriedades-piloto localizadas na bacia do córrego Sossego, e foi concluído no dia 31/12/2012.

5.2.1 Monitoramento do Volume de Água Aplicada na Situação EXP, IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS®

Na Figura 5.2 estão dispostos os valores das lâminas totais de aplicação para as propriedades “A”, “B”, “C”, “D” e “E”, para os métodos de manejo da irrigação: EXP, IRRIGÂMETRO® E IRRIPLUS®.

Em estudo na bacia do córrego Sossego, Lopes (2011) observou que a irrigação dos produtores da região é fortemente baseada na troca de experiências pela comunidade e no conhecimento adquirido através das gerações. Essa prática de irrigação sem embasamento em critérios técnicos pode levar ao uso excessivo ou deficiente de água na agricultura, como analisado neste trabalho.

Não obstante, essa realidade não se restringe apenas à bacia do córrego Sossego. Também foi verificada em outras regiões do estado do Espírito Santo e do país. Estudos de Sousa et al. (2003), Reis et al. (2005) e Cordeiro (2006) abordam a realidade do Espírito Santo, enquanto que outras regiões brasileiras são tratadas no trabalho de Espíndula Neto (2002).

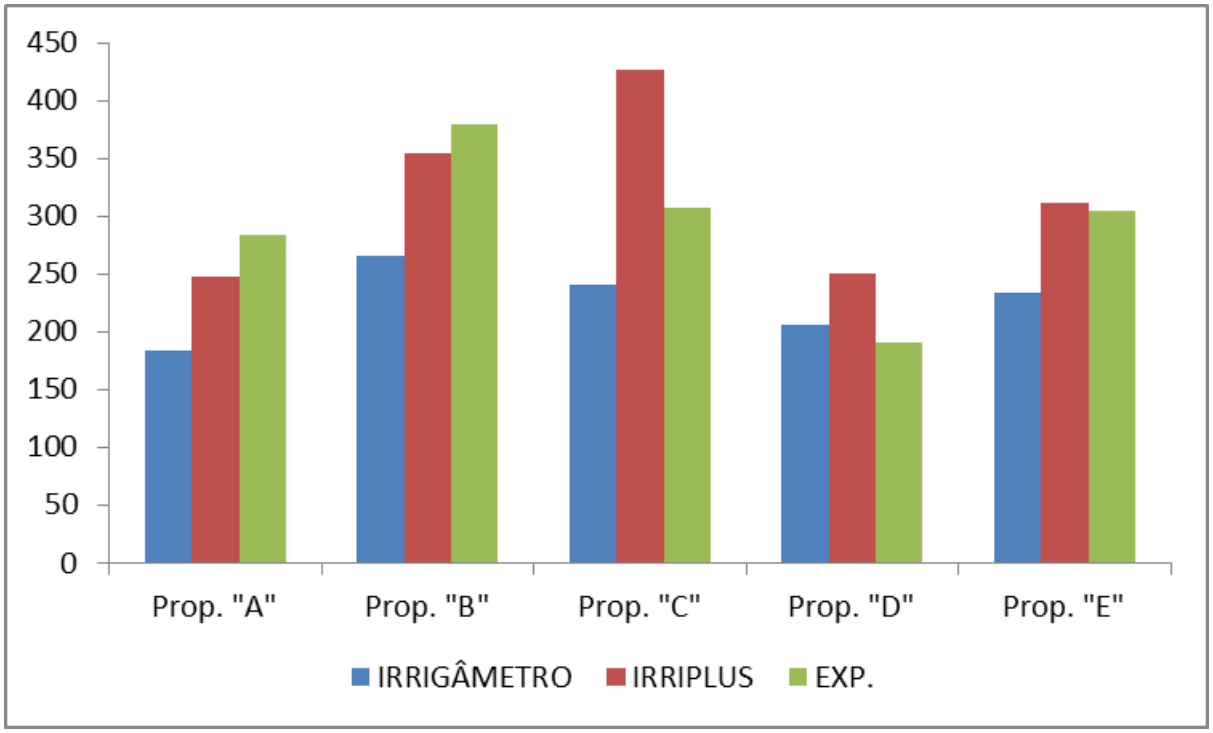

Figura 5.2: Valores da lâmina total de aplicação, obtidos por diferentes formas de manejo da irrigação para as propriedades “A”, “B”, “C”, “D” e “E”.

5.2.1.1 Operação do IRRIPLUS® com os coeficientes de distribuição CUD ajustados

Considerando a estimativa da irrigação para as propriedades feita pelo uso do IRRIPLUS®, bem como o ajuste da uniformidade de distribuição, os valores da redução da lâmina de aplicação devido ao ajuste de CUD atual para 95% (Reduc), em mm, estão representados na Figura 5.3 e a Reduc em % está sumarizada na tabela 5.4.

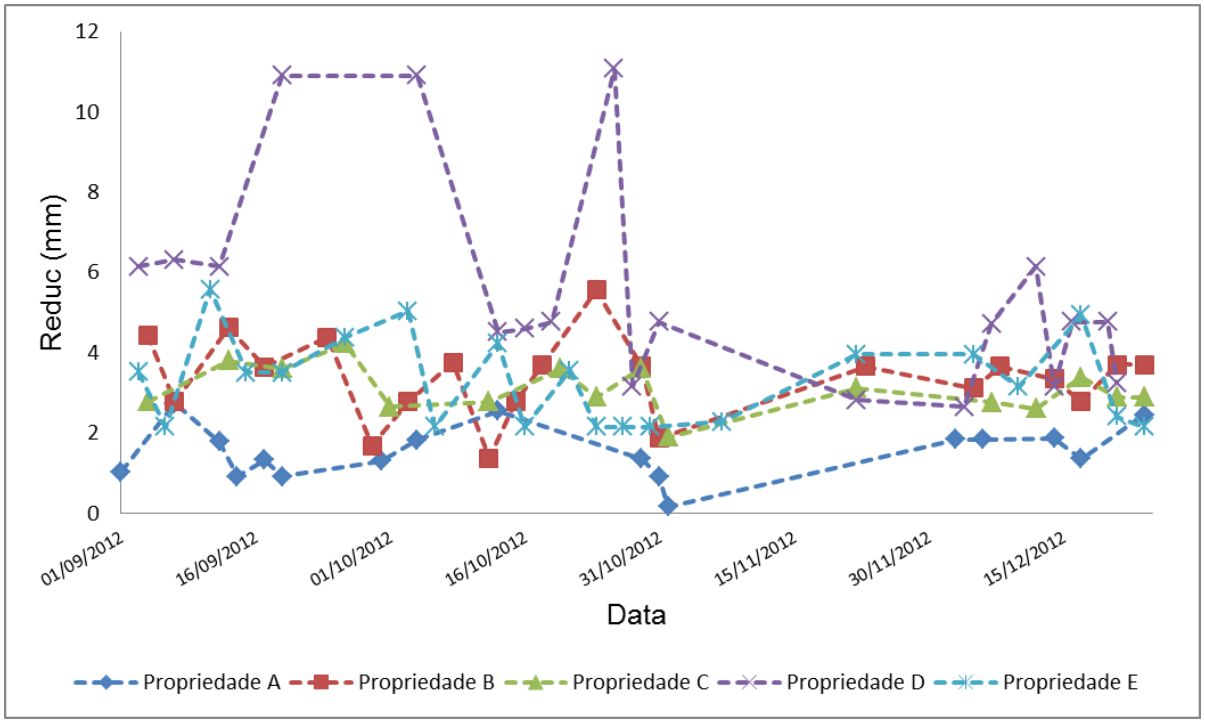

Figura 5.3: Valores da redução da lâmina de aplicação com ajuste de CUD atual para 95% para as propriedades “A”, “B”, “C”, “D” e “E”.

Tabela 5.4: Valores da redução da lâmina de aplicação média devido ao ajuste de CUD atual para 95% (Reduc) em cada propriedade-piloto.

Propriedade	Lâmina média (mm)		Reduc (%)
	Atual	Ajustada	
A	14,6	13	10,5
B	16,9	13,5	20
C	26,7	24,4	11,6
D	13,2	7,6	42,1
E	14,8	11,5	22,1

Conforme observado na Figura 5.3, a propriedade “D” apresentou os maiores valores de redução da lâmina de aplicação (42,1%). Isso se deve ao fato de que na propriedade em questão, obteve-se a maior diferença entre o CUD atual (56,1%) e o CUD ajustado (95%), em relação às demais propriedades-piloto. Já na propriedade “A”, observaram-se os menores valores de redução na lâmina de aplicação, proporcionando uma economia de 10,5%. Nesta propriedade, observou-se a menor diferença entre o CUD atual (85,6%) e o CUD ajustado (95%).

É nesse contexto que, quanto maior for o salto qualitativo dos valores de CUD (diferença entre CUD atual e ajustado), maiores serão as economias de água, e, consequentemente, menor será o consumo de energia elétrica e o tempo de irrigação, e melhor será a distribuição da água entre as plantas.

A economia de água utilizada na irrigação, obtida através de ajustes dos coeficientes de uniformidade/distribuição, foi verificada nos estudos de Santos (1996 citado por PEREIRA et al., 2002), Freitas (2002), Lopes (2006), Barragam et al. (2010) e Mantovani (2012).

5.3 AVALIAÇÃO DAS FORMAS DE MANEJO CONSIDERADAS

5.3.1 Avaliação entre as formas de manejo EXP, IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS®

Na Tabela 5.5 estão sumarizados os valores da lâmina total de aplicação estimados pelos diferentes métodos de irrigação para cada propriedade-piloto. Verifica-se que, nas propriedades “C”, “D” e “E” a lâmina total de aplicação de acordo com a EXP foi menor que a estimada pelo IRRIPLUS®, em 28%, 23,8% e 2,4%, respectivamente, corroborando assim com estudos realizados por Espíndula Neto (2002), Chamon (2002) e Cordeiro (2006).

Por outro lado, nas propriedades “A” e “B”, a lâmina total de aplicação obtida pela EXP foi maior que a estimada pelo IRRIPLUS® em 14,7% e 6,9%, respectivamente. Isso também foi verificado por Lopes (2006 e 2011).

Na propriedade “D”, a lâmina total de aplicação de acordo com a EXP foi 7,7% menor que a estimada pelo IRRIGÂMETRO®, enquanto nas propriedades “A”, “B”, “C”, e “E” a lâmina total de aplicação foi aquém da estimada por esta ferramenta, em 65,8%, 42,4%, 27,9% e 29,8%, respectivamente.

Tabela 5.5: Valores da lâmina total de aplicação estimados pelos diferentes métodos de irrigação para cada propriedade estudada.

Propriedades	Lâmina total (mm)		
	EXP.	IRRIGÂMETRO®	IRRIPLUS® (faixa 15 – 30%)
A	284,4	183,6	248 (210,8 - 173,6)
B	379,3	265,5	354,8 (301,6 - 248,4)
C	307,3	240,2	426,9 (362,9 - 298,8)
D	190,9	206,8	250,6 (213,0 - 175,4)
E	304,3	234,4	311,9 (265,1 - 218,3)

Pela análise da tabela acima, nota-se que o IRRIGÂMETRO® subestimou a lâmina total de aplicação, em relação ao IRRIPLUS®, em todas as propriedades estudadas: em 30,8% na propriedade “A”; 25,2% na propriedade “B”; 43,8% na propriedade “C”; 17,5% na propriedade “D”; e 24,8% na propriedade “E”. Tal fato contraria o único estudo encontrado comparando IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS®, desenvolvido por Contin (2008), onde o irrigâmetro superestimou a irrigação em relação ao IRRIPLUS®.

Conforme já apresentado, o IRRIPLUS® utilizou a equação de HS para estimar a lâmina de aplicação. Porém, a referida equação tende a superestimar a irrigação, em especial no estado do Espírito Santo, em valores em torno de 30% em relação à equação de Penman-Monteith (REIS et al., 2006; ARAUJO et al., 2011). Na tabela 5.5, estão dispostos os valores das lâminas de aplicação média estimados pelos IRRIPLUS®, bem como a faixa de erro (de 15% a 30%).

Em relação aos erros associados à equação de HS, nas propriedades “A”, “B” “D” e “E”, o IRRIGÂMETRO® superestimou a lâmina total de aplicação em 5,8%, 6,9%, 17,9% e 39,4%, respectivamente, considerando que o IRRIPLUS® superestima a irrigação em 30%. Isso vai ao encontro de estudo realizado por ROSA (2012). Na propriedade “C”, o IRRIGÂMETRO® subestimou a irrigação considerando limite da faixa de erro de 30%, em relação ao IRRIPLUS® em 19,6%.

Já em relação à faixa de 15%, para todas as propriedades, o IRRIGÂMETRO® subestimou a lâmina total de aplicação em relação ao IRRIPLUS® em 12,9%, 11,9%, 33,8%, 2,9% e 11,6%, para as “A”, “B”, “C”, “D” e “E”, respectivamente.

Nas propriedades “A”, “B” e “E”, a lâmina total de aplicação segundo a EXP foi superior à faixa de 15% que o IRRIPLUS® superestima, em 34,9%, 25,8% e 39,2%, respectivamente. Ao passo que, nas propriedades “C” e “D”, a irrigação pela EXP foi inferior em 15,3% e 10,4%, respectivamente.

Para a faixa de 30% de erro do IRRIPLUS®, nas propriedades “A”, “B”, “C”, “D” e “E” as lâminas totais de aplicação pela EXP foram acima das estimadas pelo IRRIPLUS®**,** em 63,8%, 52,7%, 2,8%, 8,8% e 39,4%, respectivamente.

Na Tabela 5.6 estão sumarizados os valores das lâminas de aplicação média para as formas de manejo EXP, IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS® (para este, sem considerar a faixa de erro), para cada uma das cinco propriedades-piloto.

Tabela 5.6: Valores da lâmina de aplicação média estimados pelos diferentes formas de irrigação, para cada propriedade estudada.

Propriedade	Lâmina de aplicação média (mm)		
	EXP	IRRIGÂMETRO®	IRRIPLUS®
A	9,9	10,8	14,6
B	17,1*	12,8	16,9*
C	10,9	15	26,7
D	8,2	10,9*	13,2*
E	11,9	11,4	14,8

Nota: Médias seguidas por * na mesma linha, não diferem significamente pelo teste Dunnett, a 5% de probabilidade, em relação ao IRRIPLUS®.

De acordo com a tabela acima, apenas na propriedade “B” a irrigação realizada segundo a EXP não difere significativamente em relação à irrigação estimada pelo IRRIPLUS®, pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade. Ainda de acordo com o referido teste, apenas na propriedade “D” não houve diferença significativa entre a lâmina de aplicação média estimada pelo IRRIGÂMETRO® em relação à lâmina de aplicação média estimada pelo IRRIPLUS®.

5.3.2 Avaliação entre os arranjos IRRIPLUS®, IRRIPLUS® (90%), IRRIPLUS® (92%) e IRRIPLUS® (95%)

Nessa pesquisa, a economia de água está sendo considerada em cada propriedade isoladamente. Sendo assim, considerando as economias de água pela melhoria do CUD, a redução da lâmina de aplicação média não foi muito expressiva. Ao ajustar a uniformidade de distribuição de 90% para 92% e para 95%, ocorreu uma diminuição na lâmina aplicada média em torno 2,9% e 7,3%.

Contudo, se em todas as propriedades inseridas numa microbacia hidrográfica o CUD fosse ajustado para valores mais adequados, a soma das reduções do consumo de água atribuída a esses ajustes certamente levaria a uma economia de água mais significativa. Tal economia poderia ser destinada para outros usos ou para minimizar os problemas por falta de água nas épocas mais secas.

Para a melhoria da uniformidade de distribuição e, consequentemente, economia de água na irrigação, diversas medidas corretivas podem ser implementadas, tais como: (I) substituição de emissores de vazões diferentes ou desgastados; (II) limpezas/manutenções periódicas para desentupimentos e vazamentos em geral; (III) redimensionamento do sistema em geral, sobretudo o conjunto moto-bomba.

5.4 DIRETRIZES PARA A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DO IRRIGÂMETRO® E IRRIPLUS®

A proposição das diretrizes para a utilização prática do IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS® foi realizada através de apresentação e, posteriormente, do levantamento de informações junto à extensionista do Incaper e extensionista da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município de Itarana, em oficina específica, e junto aos produtores rurais responsáveis pelas propriedades-piloto acerca da utilização do IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS®. A partir das informações, tanto dos extensionistas quanto dos produtores rurais, foram definidos os papéis institucionais para a utilização do IRRIGÂMETRO® e IRRIPLUS®.

5.4.1 Oficina com Extensionistas Locais

Na oficina, todos os extensionistas foram categóricos em dizer que pessoas com capacitação técnica, como engenheiros e técnicos de nível médio em agronomia e áreas fins, são os mais capacitados para manusear o IRRIPLUS®, uma vez que, no referido *software*, há grande número de terminologia técnica, além de necessitar de análise/interpretação dos resultados gerados pelo *software*.

Foi observado que, atualmente, os órgãos de extensão rural possuem número limitado de recursos humanos para atender a todo o município, sobretudo o município de Itarana que é essencialmente agrícola e possui uma demanda por assistência técnica considerável. Nesse contexto, o manejo da irrigação estimado pelo IRRIPLUS® e operado por extensionistas locais se torna impraticável.

Mas, por outro lado, observou-se também que apesar de alguns produtores rurais não possuírem conhecimento em computadores/*softwares*, existem pessoas ligadas às associações de produtores rurais que após capacitação se tornam aptas a operar adequadamente o IRRIPLUS®.

Além disso, foi informado ainda que os produtores rurais não possuem os conhecimentos em manejo de irrigação necessários para a utilização do IRRIPLUS®, contando apenas com os conhecimentos adquiridos pela vivência prática. Logo, na visão dos extensionistas, o produtor não enfrentaria problemas no uso do IRRIGÂMETRO® devido a sua simplicidade de operação. No entanto, se comparado ao IRRIPLUS®, o IRRIGÂMETRO® ainda seria mais indicado para os produtores rurais.

Outro dado extraído da oficina foi que os extensionistas dos órgãos de extensão rural possuem conhecimentos superficiais sobre o tema manejo da irrigação, assim como conhecimentos limitados acerca da existência de softwares específicos sobre o tema. Geralmente, os produtores costumam procurar os extensionistas para assuntos ligados à fertilização do solo, identificação de doenças, prescrição de defensivo agrícola, entre outros. Isso força os extensionistas locais a buscarem

informações e a se capacitarem mais nestes assuntos, deixando os temas relacionados ao manejo da irrigação em segundo plano.

Em relação às economias de água, ao realizar melhorias na uniformidade de distribuição, os extensionistas apontam que antes da instalação dos IRRIGÂMETROS® em propriedades rurais de Itarana, não foi realizado nenhum ajuste quanto à uniformidade. Isso pode provocar problemas, como desperdício de água, perdas de produtividade, lixiviação de nutrientes, dentre outros, mesmo com o IRRIGÂMETRO® fazendo o manejo da irrigação. Portanto, nessas condições, o produtor rural acaba fazendo o manejo da irrigação de forma incompleta.

Ainda na oficina foram levantadas as vantagens e desvantagens do IRRIGÂMETRO®:

- Vantagens: atende melhor a planta por fornecer água de acordo com as suas necessidades, economiza água e, consequentemente, pode vir a aumentar a produtividade das culturas. Além disso, destaca-se pela simplicidade de operação.
- Desvantagens: mais indicado para grandes áreas que praticam monocultura, pois, agricultores que empregam diversificação de cultura, teoricamente, deveriam ter um irrigâmetro para cada cultura. Nesse caso, o custo da aquisição dos IRRIGÂMETROS® adicionais, pode se tornar superior ao custo de utilização de algum outro método de manejo da irrigação, que ainda poderia ser capaz de abranger um maior número de produtores e de culturas e atender ao manejo da irrigação por microbacia.

Em relação ao IRRIPLUS® foram levantadas as seguintes vantagens e desvantagens:

- Vantagens: atende melhor a planta por fornecer água de acordo com as suas necessidades hídricas, economia de água, aumento da produção, pode auxiliar no planejamento/manejo da irrigação para várias culturas em uma mesma propriedade.

- Desvantagens: qualificação técnica; necessidade de muitas informações técnicas para o bom funcionamento e custo considerável.

5.4.2 Entrevista com os Produtores Rurais

Em análise das entrevistas com os produtores rurais, foi verificado que, devido ao baixo nível de escolaridade, quatro dos cinco produtores não possuem qualquer conhecimento/domínio para a utilização de computadores e *softwares* de maneira geral, sobretudo, programas de manejo da irrigação. O único produtor rural que mencionou possuir domínio em informática disse ainda que, não conhece e não sabe manusear *software* específico de manejo da irrigação. O produtor em questão tem o ensino médio completo, ou seja, é um pouco mais esclarecido.

Porém, pode-se extrair que todos os produtores rurais não possuem conhecimento técnico especializado em irrigação. Os conhecimentos deles advêm da vivência prática e da troca de experiências com vizinhos, pais, dentre outros. Tais conhecimentos não são suficientes para a utilização de programas de computador acerca de manejo da irrigação e para a coleta de dados a serem inseridos no IRRIPLUS®, visto que tal *software* necessita de um grande número de informações técnicas para sua operação adequada.

Noutro plano, todos os produtores ressaltaram que o IRRIGÂMETRO® é um aparelho fácil de utilizar, bem como confiável, pois, segundo eles, tal aparelho reduziu a quantidade de água aplicada na irrigação e os custos com energia elétrica. Ao mesmo tempo não foi verificado danos em aspectos visuais na planta. Ressaltaram ainda que, com o IRRIGÂMETRO®, pelo menos agora têm algo em que se basear, fornecendo maior segurança, o que não ocorria com a irrigação sem critérios técnicos.

Além da facilidade e confiabilidade do IRRIGÂMETRO®, os produtores destacaram que a grande vantagem de tal aparelho é que ele indica, quando há ocorrência de chuva, se a mesma foi ou não suficiente para atender às necessidades hídricas da

planta, além de conseguir estimar quantos dias após a ocorrência de chuva poderá voltar a irrigar.

Porém, dois dos produtores entrevistados informaram que a grande desvantagem de seguir com o uso do IRRIGÂMETRO® na região do córrego Sossego, em época seca, é que muitas vezes não é possível irrigar a quantidade de água indicada pelo aparelho, devido à grande escassez. Nestas épocas mais críticas, normalmente não há água suficiente nem para deixar o solo com boa disponibilidade – faixa verde da régua de manejo do IRRIGÂMETRO®.

5.4.3 Proposição das Diretrizes

A partir dos dados levantados, pode-se sugerir as seguintes diretrizes:

a) Incentivar jovens residentes da bacia hidrográfica

É de suma importância o incentivo de jovens no que tange às questões ligadas ao manejo da irrigação, com foco na gestão de recursos hídricos. Isso, devido ao fato deles possuírem maior facilidade para lidar com informática, podendo, dessa forma, atuar na operação de *softwares* de manejo para os produtores rurais da bacia hidrográfica.

A princípio, o incentivo poderia ser realizado através da conscientização dos jovens por meio de cursos e palestras sobre o tema “manejo da irrigação/gestão de recursos hídricos”. Posteriormente, esses jovens passariam por capacitação mais específica acerca do uso de *softwares*, em especial, o uso do IRRIPLUS®.

Com isso, certamente, o uso da água na agricultura seria mais racional, ou seja, a irrigação seria definida de acordo com a necessidade da planta, propiciando maiores ganhos em produção/produtividade e menores impactos ambientais relativos ao uso da água em excesso ou em déficit.

b) Capacitar pessoas ligadas às associações de produtores rurais

Em associações de produtores rurais, observa-se sempre a participação de pessoas que se destacam quanto ao seu nível de conhecimento e que possuem relativa capacidade de operar programas computacionais para o manejo da irrigação, podendo replicar tal conhecimento aos associados, auxiliando-os nas tomadas de decisões em relação a quando e quanto irrigar, visando à sustentabilidade no uso da água na agricultura.

A capacitação das pessoas ligadas às associações, acerca do IRRIPLUS®, é possível, uma vez que o *software* pode ser utilizado por uma gama de usuários de formação distinta (IRRIPLUS, 2008). Assim como constatado por Chamon (2002), o IRRIPLUS® pode ser usado por associações de produtores após capacitação técnica. Além disso, o referido *software* mostrou bons resultados em pesquisas relacionadas ao manejo da irrigação.

Assim, para o correto manejo da irrigação, o produtor não dependeria exclusivamente dos extensionistas para operar o IRRIPLUS®, e, consequentemente, não geraria mais uma demanda para os órgãos de extensão rural.

c) Contratar técnico para a operação do IRRIPLUS®

Considerando o número limitado de extensionistas locais nos órgãos de extensão rural, é de capital importância a contratação de técnico exclusivo para dar suporte na operacionalização do IRRIPLUS®, visando o uso mais racional da água na agricultura em nível de propriedade, e, consequentemente, em nível de bacia hidrográfica.

Essa contratação poderia ocorrer por meio de convênio entre prefeitura municipal, governo do estado ou ainda governo federal, bem como por meio de editais lançados por instituições de fomento à pesquisa e extensão.

Além de operar o IRRIPLUS® e encaminhar as informações de manejo para os produtores, o(s) técnico(s) contratado(s) realizaria(m) assessoria técnica quanto aos cuidados e a manutenção dos sistemas de irrigação, para que a aplicação da água ocorra de forma mais uniforme nas lavouras.

d) Realizar palestras e cursos para a capacitação de produtores e extensionistas

Essa diretriz surgiu a partir do que foi relatado por Costa (2006) no que tange a dificuldade de visualização, por parte dos produtores rurais, dos benefícios ao meio ambiente e à produtividade ao empregar corretamente o manejo da irrigação; bem como, a partir das análises dos dados: (I) falta de conhecimento técnico dos produtores rurais em manejo da irrigação; (II) falta de conhecimento mais aprofundado de manejo da irrigação; (III) conhecimento limitado dos extensionista quanto à existência de software de manejo da irrigação; e (IV) o manejo da irrigação deixado em segundo plano pelos produtores rurais.

Diante do exposto, as palestras e cursos para produtores rurais deverão ser ministradas em uma linguagem simples e direta, com exemplos práticos para que ocorra melhor aproveitamento da capacitação. As palestras e cursos deverão ressaltar não somente a importância do manejo da irrigação como forma de promover a sustentabilidade ambiental e o uso racional da água, mas, principalmente, os impactos da ausência do manejo adequado na produtividade da lavoura e nos custos de produção.

Noutro plano, os cursos e palestras para os extensionistas locais deverão possuir um teor mais aprofundado, com o objetivo de aprimorar e atualizar os conhecimentos. Os extensionistas também poderão auxiliar na conscientização e na capacitação de produtores rurais com relação ao manejo da irrigação, favorecendo a percepção desse tema como um fator tão importante quanto às questões ligadas à fertilidade do solo, controle de pragas, dentre outros.

e) Extensionistas locais como prestadores de assessoria técnica

O papel dos extensionistas na operacionalização do IRRIPLUS® deverá ser o auxílio na coleta de dados de entrada e o apoio na instalação dos IRRIGÂMETROS®, assim como na assessoria técnica para a melhoria do sistema de irrigação em geral, sobretudo no que tange ao aumento dos coeficientes de uniformidade/distribuição.

Os extensionistas também poderão ajudar nas capacitações técnicas para as pessoas ligadas a associações de produtores, produtores rurais e jovens moradores da bacia hidrográfica. Além disso, tais extensionistas poderão articular a indicação e obtenção de profissionais para ministrar as capacitações direcionadas.

f) Dotar o produtor rural de reponsabilidade pela operacionalização do IRRIGÂMETRO

O IRRIGÂMETRO® é mais indicado para ser operado pelo próprio agricultor, devido ao fato de o aparelho ser de simples manuseio, por não precisar da realização de cálculos e nem necessitar conhecimentos técnicos especializados em irrigação.

Isso corrobora com o que foi dito por Oliveira e Ramos (2008): “o momento de irrigar é decidido pelo operador que não precisa ter formação técnica especializada”.

g) Ajustar a uniformidade de distribuição antes de instalar o IRRIGÂMETRO®

Conforme dito pelos extensionistas locais, tem-se observado que, antes da instalação de IRRIGÂMETROS®, os sistemas de irrigação não têm sido avaliados quanto à uniformidade de distribuição. Portanto, apesar do IRRIGÂMETRO® indicar quando e quanto irrigar, o sistema de irrigação não estará distribuindo a água para as plantas de forma uniforme.

Nesse caso, o produtor, ao adquirir e instalar o IRRIGÂMETRO®, tem a sensação de que está fazendo o correto manejo da irrigação, porém, o manejo é realizado de forma incompleta.

No entanto, como a uniformidade de distribuição dos sistemas de irrigação tende a reduzir-se ao longo do tempo (BONOMO, 1999), as avaliações e os ajustes quanto à uniformidade de distribuição deverão ser realizados não somente antes da instalação dos IRRIGÂMETROS®, mas também com certa frequência.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÃO

A partir do objetivo de aperfeiçoar o manejo da irrigação através do uso do IRRIGÂMETRO® e do IRRIPLUS®, em suporte ao uso racional da água na agricultura, em pequenas propriedades rurais de base familiar, conclui-se que:

- As irrigações praticadas pelos produtores rurais sem o auxílio de ferramentas tecnológicas de manejo de irrigação podem resultar em lâminas totais de aplicação de até 28% inferiores ou de até 14,7% superiores aos valores estimados pelo uso do IRRIPLUS® (sem considerar a faixa de erro de 15 a 30%).
- Considerando a faixa de erro de 15%, a irrigação segundo EXP foi de 39,2% maior e de até 15,3% menor que a irrigação estimada pelo IRRIPLUS®, e considerando a faixa de 30%, a irrigação pela EXP foi acima em todas as propriedades, variando de 2,8% a 63,8%.
- As irrigações na situação EXP resultaram em lâminas totais de aplicação de até 65,8% maior e de até 7,7% menor aos valores indicados pelo IRRIGÂMETRO®.
- Considerando as faixas de 15 e 30%, as lâminas totais de aplicação dadas pelos IRRIGÂMETRO® foram bem próximas às irrigações estimadas pelo IRRIPLUS®;
- O IRRIGÂMETRO® demonstrou desempenho satisfatório no manejo da irrigação conduzido na cultura da banana no período analisado, sendo recomendado como instrumento de auxílio no manejo da irrigação/gestão da água na agricultura irrigada para pequenos produtores rurais de base agrícola familiar. Por outro lado, em alguns momentos a disponibilidade hídrica da região não foi suficiente para atender a demanda indicada pelo IRRIGÂMETRO®;
- O IRRIPLUS® mostrou-se eficiente ao conduzir o manejo da irrigação na cultura da banana em pequenas propriedades rurais de base agrícola familiar,

sendo assim uma boa ferramenta para o auxílio da co/auto-gestão de recursos hídricos; e

- Apesar dos ganhos observados com a melhoria qualitativa do coeficiente de uniformidade, em sistema de irrigação localizada, por propriedade ter sido pouco significativo, é de se esperar que tais ganhos sejam maiores se considerada em nível de microbacia.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Como recomendações técnicas, tem-se:

- A realização de limpeza/manutenção mais frequente nos sistemas de irrigação;
- A utilização de emissores de mesma vazão em um mesmo sistema de irrigação, bem como a utilização de equipamentos, sobretudo conjunto moto-bomba, mais adequado a cada sistema de irrigação.
- Produtores e extensionistas locais devem dar mais atenção ao manejo da irrigação, visando à racionalização do uso da água.
- Melhor utilização dos equipamentos instalados que auxiliam no melhoramento do manejo da irrigação, como estação meteorológica.
- Instalação de IRRIGÂMETRO® em outras propriedades da bacia do córrego Sossego, considerando outras culturas.

Para desenvolvimento de estudos futuros, recomenda-se:

- A replicação desse estudo em outras áreas, especialmente em regiões de escassez hídrica, bem como para diferentes métodos de irrigação para engrossar estatística. Bem como a replicação desse estudo, porém avaliando os impactos do sistema IRRIGÂMETRO®-IRRIPLUS® em nível de microbacia.
- A realização de estudos comparando o impacto do sistema IRRIGÂMETRO®-IRRIPLUS® com a produtividade.
- A utilização do uso integrado do IRRIGÂMETRO® com outros sistemas de suporte a decisão, visando não somente o aperfeiçoamento do manejo da irrigação, mas também a melhor distribuição de água em uma microbacia.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. **Uso e Manejo de Irrigação.** 1ª Ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. 528 p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Guidelines for computing crop water requirement. Rome: FAO, 1998. 310 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

AMATYA, D. M., SKAGGS, R. W., GREGORY, J. D. Comparison of methods for estimating REF-ET, **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 121, n. 6, p. 427–435, 1995.

ANTUNES, R. C. B.; MONTOVANI, E. C.; SOARES, A. R.; RENA, A. B.; BONOMO, R. Área de Observação e Pesquisa em Cafeicultura Irrigada na Região das Vertentes de Minas Gerais: Resultados de 1998/2000. In: **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil.** 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos**... Brasília: Embrapa Café, 2000. V. 2, p. 823-826.

ARAÚJO, G. L.; REIS, E. F.; MARTINS, C. A. S.; BARBOSA, V. S.; RODRIGUES, R. R. Desempenho comparativo de métodos para a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo), **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.5, nº. 2, p. 84-95, 2011.

ASAWA, G. L. Irrigation and water resources engineering. Nava Deli: New Age Internacional (P) Limited, 1ª ed. 2005. 608p.

AZEVEDO, P. V. de, SOUSA, I. F. de.; SILVA, B. B. da S.SILVA, V. de P. R. da. Water-use efficiency of dwarf-green coconut (Cocos nucifera L.) orchards in northeast Brazil, **Agricultural Water Management**, v. 84, p. 259-264. 2006.

BARBOSA, V. S. **Avaliação do desempenho do irrigâmetro® na estimativa da evapotranspiração de referência para as condições da região Sul do Estado do Espírito Santo**. 2010. 67 f. dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES, 2010.

BARRAGAN, J.; COTS, L.; MONSERRAT, R.; LOPEZ, R.; WU, I. P. Water distribution uniformity and scheduling in micro-irrigation systems for water saving and environmental protection, **Biosystems Engineering**, v. 107, p. 202-211, 2010.

BASAK, N. N. **Irrigation engineering**. Nova Deli: McGraw-Hill, 1999.

BAPTESTINI, J. C. M. **Efeitos de elementos meteorológicos na evapotranspiração estimada pelo irrigâmetro® na região sul do Estado do Tocanins**. 2010. 49 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2010.

BERNADO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 7 ed. Viçosa: ED. UFV, 2005. 611 p.

BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas do cerrado de Minas Gerais**. 1999. 244 p. tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG,1999.

BORGES JÚNIOR, J.C.F., MANTOVANI, E.C. Desenvolvimento de um programa para avaliação da irrigação por sistemas pressurizados. In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, p. 42-48, 2001, Araguari – MG, Anais…Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. O cultivo da Bananeira. 1ª ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

BORSSOI, A. L. **Uniformidade de aplicação de água e fertirrigação em um sistema modular de irrigação por gotejamento**. 2009. 65 f. dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel-PR, 2009.

CAIXETA, S. P. **Efeitos de elementos meteorológicos na evapotranspiração estimada pelo irrigâmetro® nas condições climáticas da Zona da Mata Mineira**. 2009. 40 f. dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. **Journal of agricultural Engineering Research**, n.70, p. 355-365, 1998.

CHAMON, O. **Estudo comparativo da demanda de água e do manejo de irrigação em lavoura de café.** 2002.135 p. dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2002.

CHRISTOFIDIS, D. ***Água, um desafio para a sustentabilidade do setor agropecuário***, Agrianual – 2007, p. 37 a 42, FNP, São Paulo, 2007.

CHRISTOFIDIS, D. **O futuro da irrigação e a gestão das águas**. Brasília-DF: Ministério da Integração Nacional/Secretaria de Infraestrutura Hídrica/Departamento de Desenvolvimento Hidroagrícola. Série Irrigação e Água: I. 2008.

COELHO, E. F. Curso de Bananicultura Irrigada. 1ª Ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2009, 220 p.

CONTIN, F. S. **Tecnologia do irrigâmetro® aplicada no manejo da irrigação do feijão**. 2008. 52 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008.

CORDEIRO, E. de A. **Diagnóstico e manejo da irrigação na cultura do mamoeiro em região Norte do Estado do Espírito Santo**. 2006. 109 f. tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.

COSTA, M. B. Avaliação da irrigação por pivô central na cultura no café (*Coffea canefhora* L.) e na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no município de Pinheiros – ES. 2006. 88p. (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de São Paulo, Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2006.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

ESPÍNDULA NETO, D. **Uso racional de água e de energia elétrica na cafeicultura irrigada por pivô central e gotejamento**. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

FERREIRA, G. H.; **Avaliação do manejo de irrigação na cultura da bananeira no perímetro irrigado Gorutuba no norte de Minas Gerais**. 2012. 70 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2012.

FONSECA, S. O.; ARAÚJO, G.L.; FARIA, B.H.G.; LIPARIZI JÚNIOR, A.; COSTA, J. REIS, E.F. Avaliação do método do forno elétrico para determinação de umidade do solo em relação ao método padrão da estufa. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13, 2009, São José dos Campos. **Anais** … São José dos Campos: UNIPAV, 2009. p. 1-4

FRANÇA NETO; et al. Comparação entre métodos simplificados de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) para regiões produtoras de café Brasileiras, **Coffee Science**, v. 6, n. 2, p. 159-171, 2011.

FREITAS JÚNIOR, R. R. de. **Comparação dos métodos de manejo da irrigação do meloeiro (*Cucumis melo L.*) cultivado na região central do Estado do Tocantins**. 2010. 37 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2010.

FREITAS, P.S.L.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C.; SEDIYAMA, G.C. Influencia da uniformidade de aplicação de água e da lâmina de irrigação na produção da cultura do milho. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 31.,2002, Salvador, BA. **Anais**... Salvador: COMBEA, 2002.

HARGREAVES, G. H. Accuracy of Estimated Reference Crop Evapotranspiration, Journal of Irrigation and Drainage Enginnering, 115 (6), p. 1000 – 1007, 1989.

HARGREAVES, G. H.; ALLEN, R. G. History and evolution of Hargreaves evapotranspiration equation, **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, 129 , p. 53-63, 2003.

IBGE, Censo agropecurário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro, p. 1-777. 2006.

IRRIPLUS. 2008. Manual do usuário. GESAI.

ITENFISU, D., ELLIOTT, R. L., ALLEN, R. G., WALTER, I. A. Comparison of reference evapotranspiration calculations as part of the ASCE standardization effort, **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, 129(6), 440–448, 2003.

LABGEST. Estudo da Influencia do Manejo da Irrigação na Produtividade de Café, Banana e Inhame na Bacia Experimental do Córrego Sossego – ES. Relatório Final de Pesquisa. Vitória, 2010.

LOPES, M. E. P. A. **Avaliação do uso da água em sistemas de irrigação localizada nas culturas do café e do mamão**. 2006. 148 f. dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES, 2006.

LOPES, M. E. P. de A. **Avaliação de racionalidade do uso da água na agricultura: desenvolvimento de modelos conceituais e de procedimento metodológico em apoio à co/auto-Gestão de microbacia**. 2011. 406 f. tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES, 2011.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV. 2001.

MANTOVANI, E. C. **Aspectos básicos da irrigação de sistemas pressurizados**. 2008. Apostila do curso de capacitação em irrigação oferecido pelo Banco do Nordeste do Brasil AS, Montes Claros, 2008.

MANTOVANI, E. C.; MONTES, D.R.P.; VIEIRA, G.H.S. RAMOS, M.M.; SOARES, A.A. Estimativa de produtividade da cultura do feijão irrigado em Cristalina-GO, para diferentes lâminas de irrigação como função da uniformidade de aplicação. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v.23, n.1, p. 110 a 120, 2012.

MARTINS, C. A. S.; REIS, E. F.; PASSOS, R. R. GARCIA, G. O. Desempenho de sistema de irrigação por aspersão convencional na cultura do milho (*Zea mays* L.), **Idesia,** v. 29, nº. 3, 2013.

MEDEIROS, E. de A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. **Relações entre coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo**. Acta Scientiarum, Maringá, v. 26, n.4, p. 513-519, 2004.

MEDEIROS, E. de A. **Diagnóstico e manejo da irrigação na cultura do mamoeiro na região norte do Estado do Espírito Santo**. 2006. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation:** a guide for management. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

NUNES, M. S. **Desempenho e aplicabilidade do irrigâmetro para a cultura da soja na região de Bossoroca, RS**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2011.

OLIVEIRA, R. A. de; RAMOS, M. M. **Manual do irrigâmetro®**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008. 161 p.

PAULA, A. L. T. **Tecnologia do irrigâmetro® e da válvula intermitente para aspersor aplicadas no perímetro irrigado do Jaíba**. 2009. 50 f. dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

PEREIRA, L. S.; OWEIS, T.; ZAIRI, A. Irrigation management under water scarcity, **Agricultural Water Management**, n. 57, p. 175-206, 2002.

PIRES, Regina C. de M. et al. **Agrometeorologia como Suporte ao Manejo de Recursos Hídricos e Preservação de Mananciais:** Métodos e Manejo da Irrigação. São Paulo: Fehidro, 1999. 28 p.

POLONI, D. M. **Desenvolvimento e aplicação de procedimento metodológico em suporte ao planejamento participativo para a redução de perda de solos em pequenas bacias Hidrográficas com emprego da EUPS**. 2010. 124 f. dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES, 2010.

REIS, E. F.; BARROS, F. M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPONE, J. E. M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 13, p. 74-81. 2005.

REIS, E. F.; BRAGANÇA, R.; GARCIA, G. O.; PEZZOPANE, J. E. M.; TAGLIAFERRE, C. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades do estado do Espírito Santo no período seco, **IDESIA**, v. 25, nº. 3, 2006.

ROCKSTRÖM, J. et al. Managing water in rainfed agriculture – the need for a paradigm shift, **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 543-550. 2010.

ROSA, D. R. Q. **Resposta da cultura da cenoura à irrigação conduzida com diferentes métodos de manejo**. 2012. 62 f . Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, ES, 2012.

SKAGGS, R. K. Predicting drip irrigation use and adoption in a desert region, **Agricultural Water management**, n. 51, p. 125-142, 2001.

SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A. de; LIMA, J. E. F. W. Análise de desempenho da irrigação. Planaltina, DF: Embrapa, 2002. 84 p.

SOUSA, M. B. A. de et al. Estudo das necessidades hídricas do cafeeiro adulto, irrigado por pivô central na região norte do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 5., 2002, Araguarí, MG. **Anais**… Uberlândia: UFU, 2002. p. 116-120.

SOUZA, L. O. C de; MANTOVANI, E. C.; SOUSA, M. B. A. de; BUFFON, V. B.; BONOMO, R.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M. Uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por gotejamento utilizados na agricultura irrigada. In: MANTOVANI, E. C., SOARES, A. R. (Ed.) **Irrigação do Cafeeiro**: informações técnicas e coletâneas de trabalho (boletim técnico; 8), Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais: UFV; DEA, 2003. P. 81-86.

TAGLIAFERRE, C. OLIVEIRA, R. A. de; OLIVEIRA, E. M. de; BAPTESTINI, C. B.; SANTOS, L. da C. Desempenho do irrigâmetro® no manejo de irrigação na cultura de feijoeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 3, p. 110-117, 2010.

TEMESGEN, B., ECHING, S., DAVIDOFF, B., FRAME, K. Comparison of some reference evapotranspiration equations for California, **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 131, n.1, p. 73–84, 2005.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. Importância da Irrigação na Desenvolvimento do agronegócio. Campinas, SP: Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, 2002a. 45p.

TESTEZLAF, R. FA876. Técnicas de irrigação. Irrigação: técnicas, usos e impactos. Unicampi, 2002b. (nota de aula).

TRAJKOVIC, S. Temperature-based approaches for estimating reference evapotranspiration, **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 131, n. 4, p. 316–323, 2005.

WU, I. P. An assessment of hydraulic design of micro-irrigation systems, **Agricultural Water Management,** n. 32, p. 275-284, 1997.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela A.1: Caracterização do sistema de irrigação, Setor 01 – irrigâmetro.

Propriedade	Vazão do emissor (L h^{-1})	Intensidade de aplicação (mm h^{-1})	Uniformidade		Área (m^2)	Espaçamento entre emissores
			CUC	CUD		
A	86,58	4,2	89,55	85,59	3102,8	5,0 x 4,0
B	61,00	3	85,41	78,28	3911,3	4,0 x 5,0
C	163,21	10	92,26	84,67	2848,4	4,0 x 4,0
D	112,59	4	70,43	56,13	1841,0	4,0 x 5,0
E	44,64	1,9	83,32	74,94	3218,6	6,0 x 4,0

Tabela A.2: Caracterização do sistema de irrigação, Setor 02 – hidrômetro.

Propriedade	Vazão (L h^{-1})		Intensidade de aplicação (mm h^{-1})	Uniformidade (%)		Área (m^2)	Espaçamento entre emissor (m)
	Emissor	Sistema		CUC	CUD		
A	86,58	12554,1	4,2	89,55	85,59	3102,8	5,0 x 4,0
B	66,21	9335,61	3,31	89,64	87,91	3285,1	4,0 x 5,0
C	97,93	15776,73	4,9	76,63	53,30	3457,2	5,0 x 4,0
D	75,15	11587,8	3,76	89,76	80,28	20000	4,0 x 5,0
E	42,39	6400,89	1,77	86,74	78,73	5402,2	6,0 x 4,0

ANEXO B

Tabela B.1: Composição granulométrica, Classificação textural, capacidade de campo (CC), ponto de murcha (PM) e densidade do solo das propriedades-piloto.

Propriedade	Camada (m)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação textural	CC (%)	PM (%)	Ds (g cm^{-3})
A	0 – 0,2	61,2	0,4	38,4	Argilosa	24,97	14,69	1,34
B	0 – 0,2	64,6	5,3	30,1	Média	23,36	12,52	1,36
C	0 – 0,2	72,5	4,2	23,3	Média	23,07	11,81	1,41
D	0 – 0,2	54,5	7,8	37,7	Argilosa	26,31	13,58	1,51
E	0 – 0,2	54,4	11	34,6	Argilosa	25,12	15,79	1,32

ANEXO C

Tabela C.1: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo hidrômetro.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	05/09/2012	13,4	03h11min	40	134
2ª	07/09/2012	6,7	01h35min	20	67
3ª	10/09/2012	10,0	02h23min	30	100
4ª	12/09/2012	10,0	02h23min	30	100
5ª	15/09/2012	10,0	02h23min	30	100
6ª	19/09/2012	13,4	03h11min	40	134
7ª	20/09/2012	16,7	03h59min	50	167
8ª	24/09/2012	3,4	00h49min	10	34
9ª	28/09/2012	10,0	02h23min	30	100
10ª	01/10/2012	6,7	01h35min	20	67
11ª	03/10/2012	10,4	02h23min	30	104
12ª	06/10/2012	6,7	01h35min	20	67
13ª	13/10/2012	10,0	02h23min	30	100
14ª	15/10/2012	10,0	02h23min	30	100
15ª	18/10/2012	6,7	01h35min	20	67
16ª	20/10/2012	16,7	03h59min	50	167
17ª	24/10/2012	6,7	01h35min	20	67
18ª	27/10/2012	10,0	02h23min	30	100
19ª	30/10/2012	3,4	00h49min	10	34
20ª	01/11/2012	3,4	00h49min	10	34
21ª	06/11/2012	6,7	01h35min	20	67
22ª	23/11/2012	16,7	03h59min	50	167
23ª	08/12/2012	10,0	02h23min	30	100
24ª	11/12/2012	10,0	02h23min	30	100
25ª	13/12/2012	10,0	02h23min	30	100
26ª	15/12/2012	16,7	03h59min	50	167
27ª	18/12/2012	10,0	02h23min	30	100
28ª	21/12/2012	10,0	02h23min	30	100
29ª	24/12/2012	10,0	02h23min	30	100
Total		284,4	67h32min	850	2844
Média		9,8	02h19min	29,3	98

Tabela C.2: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo hidrômetro.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	03/09/2012	7,1	02h09min	20	71
2ª	04/09/2012	17,7	05h21min	50	177
3ª	06/09/2012	17,7	05h21min	50	177
4ª	12/09/2012	17,7	05h21min	50	177
5ª	17/09/2012	17,7	05h21min	50	177
6ª	19/09/2012	10,6	03h13min	30	106
7ª	24/09/2012	17,7	05h21min	50	177
8ª	28/09/2012	17,7	05h21min	50	177
9ª	06/10/2012	28,4	08h34min	80	284
10ª	13/10/2012	14,2	04h17min	40	142
11ª	16/10/2012	14,2	04h17min	40	142
12ª	19/10/2012	21,3	06h26min	60	213
13ª	21/10/2012	17,7	05h21min	50	177
14ª	25/10/2012	14,2	04h17min	40	142
15ª	27/10/2012	14,2	04h17min	40	142
16ª	29/10/2012	21,3	06h26min	60	213
17ª	30/10/2012	10,6	03h13min	30	106
18ª	10/11/2012	14,2	04h17min	40	142
19ª	09/12/2012	17,7	05h21min	50	177
20ª	14/12/2012	21,3	06h26min	60	213
21ª	18/12/2012	21,3	06h26min	60	213
22ª	24/12/2012	24,8	07h30min	70	248
Total		379,3	144h33min	1070	3793
Média		17,2	05h12min	48,6	172

Tabela C.3: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo hidrômetro.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada ($m^3 ha^{-1}$)
1ª	07/09/2012	12,4	02h32min	40	124
2ª	11/09/2012	12,4	02h32min	40	124
3ª	13/09/2012	12,4	02h32min	40	124
4ª	17/09/2012	9,3	01h54min	30	93
5ª	19/09/2012	3,1	00h38min	10	31
6ª	20/09/2012	9,3	01h54min	30	93
7ª	24/09/2012	15,5	03h10min	50	155
8ª	30/09/2012	12,4	02h32min	40	124
9ª	04/10/2012	6,2	01h16min	20	62
10ª	05/10/2012	12,4	02h32min	40	124
11ª	07/10/2012	9,3	01h54min	30	93
12ª	10/10/2012	6,2	01h16min	20	62
13ª	11/10/2012	3,1	00h38min	10	31
14ª	15/10/2012	12,4	02h32min	40	124
15ª	18/10/2012	9,3	01h54min	30	93
16ª	20/10/2012	6,2	01h16min	20	62
17ª	21/10/2012	9,3	01h54min	30	93
18ª	24/10/2012	6,2	01h16min	20	62
19ª	26/10/2012	6,2	01h16min	20	62
20ª	29/10/2012	6,2	01h16min	20	62
21ª	31/10/2012	9,3	01h54min	30	93
22ª	07/11/2012	3,1	00h38min	10	31
23ª	08/11/2012	9,3	01h54min	30	93
24ª	23/11/2012	18,7	03h48min	60	187
25ª	07/12/2012	15,6	03h10min	50	156
26ª	11/12/2012	15,6	03h10min	50	156
27ª	15/12/2012	18,7	03h48min	60	187
28ª	18/12/2012	9,3	01h54min	30	93
29ª	20/12/2012	12,4	02h32min	40	124
30ª	24/12/2012	15,5	03h10min	50	155
Total		307,3	61h58min	990	3073
Média		10,2	02h39min	33	102

Tabela C.4: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo hidrômetro.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	03/09/2012	3,2	00h52min	10	32
2ª	04/09/2012	6,5	01h44min	20	65
3ª	06/09/2012	12,9	03h28min	40	129
4ª	11/09/2012	9,7	02h36min	30	97
5ª	14/09/2012	9,7	02h36min	30	97
6ª	17/09/2012	6,5	01h44min	20	65
7ª	20/09/2012	3,2	00h52min	10	32
8ª	24/09/2012	12,9	03h28min	40	129
9ª	28/09/2012	6,5	01h44min	20	65
10ª	02/10/2012	6,5	01h44min	20	65
11ª	11/10/2012	6,5	01h44min	20	65
12ª	15/10/2012	6,5	01h44min	20	65
13ª	18/10/2012	9,7	02h36min	30	97
14ª	21/10/2012	12,9	03h28min	40	129
15ª	23/10/2012	6,5	01h44min	20	65
16ª	27/10/2012	9,7	02h36min	30	97
17ª	29/10/2012	3,2	00h52min	10	32
18ª	01/11/2012	6,5	01h44min	20	65
19ª	20/11/2012	6,5	01h44min	20	65
20ª	23/11/2012	6,5	01h44min	20	65
21ª	04/12/2012	12,9	03h28min	40	129
22ª	10/12/2012	6,5	01h44min	20	65
23ª	15/12/2012	16,2	04h20min	50	162
24ª	19/12/2012	3,2	00h52min	10	32
Total		190,9	51h03min	590	1909
Média		7,6	02h07min	24,6	76

Tabela C.5: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo hidrômetro.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada ($m^3 ha^{-1}$)
1ª	04/09/2012	22,1	12h30min	80	221
2ª	05/09/2012	8,3	04h41min	30	83
3ª	06/09/2012	5,5	03h07min	20	55
4ª	11/09/2012	11,0	06h15min	40	110
5ª	13/09/2012	5,5	03h07min	20	55
6ª	17/09/2012	19,4	10h38min	70	194
7ª	20/09/2012	11,0	06h15min	40	110
8ª	24/09/2012	13,8	07h49min	50	138
9ª	28/09/2012	11,1	06h15min	40	111
10ª	02/10/2012	13,8	07h49min	50	138
11ª	04/10/2012	16,6	09h22min	60	166
12ª	11/10/2012	8,3	04h41min	30	83
13ª	13/10/2012	11,1	06h15min	40	111
14ª	18/10/2012	8,3	04h41min	30	83
15ª	22/10/2012	16,6	09h22min	60	166
16ª	26/10/2012	2,8	01h33min	10	28
17ª	27/10/2012	11,1	06h15min	40	111
18ª	29/10/2012	11,1	06h15min	40	111
19ª	01/11/2012	13,8	07h49min	50	138
20ª	06/11/2012	11,1	06h15min	40	111
21ª	05/12/2012	16,6	09h22min	60	166
22ª	09/12/2012	11,1	06h15min	40	111
23ª	11/12/2012	11,1	06h15min	40	111
24ª	14/12/2012	19,4	10h38min	70	194
25ª	17/12/2012	13,8	07h49min	50	138
Total		304,3	168h06min	1100	3043
Média		12,2	06h43min	44	122

Tabela C.6: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo IRRIGÂMETRO®.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada ($m^3 ha^{-1}$)
1ª	01/09/2012	10,0	02h20min	31,0	100
2ª	07/09/2012	11,0	03h00min	34,1	110
3ª	12/09/2012	8,40	02h20min	26,0	84
4ª	14/09/2012	8,10	02h10min	25,1	81
5ª	17/09/2012	7,40	02h00min	22,9	74
6ª	19/09/2012	5,60	02h20min	17,4	56
7ª	30/09/2012	10,0	02h40min	31,0	100
8ª	04/10/2012	7,3	02h20min	22,7	73
9ª	13/10/2012	13,1	03h35min	40,7	131
10ª	29/10/2012	10,5	02h55min	32,6	105
11ª	31/10/2012	10,6	02h55min	23,9	106
12ª	01/11/2012	9,1	01h55min	28,2	91
13ª	06/12/2012	15,2	04h00min	47,2	152
14ª	14/12/2012	14,0	03h45min	43,4	140
15ª	17/12/2012	14,0	03h45min	43,4	140
16ª	24/12/2012	17,2	04h30min	53,4	172
Total		171,5	46h28min	523	1715
Média		10,7	02h54min	10,7	107,2

Tabela C.7: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo IRRIGÂMETRO®.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada ($m^3\ ha^{-1}$)
1ª	04/09/2012	12,3	04h30min	48,1	123
2ª	07/09/2012	7,50	02h45min	29,3	75
3ª	13/09/2012	10,4	04h10min	40,7	104
4ª	17/09/2012	13,5	05h10min	52,8	135
5ª	24/09/2012	17,0	06h20min	66,5	170
6ª	29/09/2012	9,0	02h40min	35,2	90
7ª	03/10/2012	14,4	05h20min	56,3	144
8	08/10/2012	16,8	04h40min	65,7	168
9	12/10/2012	14,3	05h15min	55,9	143
10ª	15/10/2012	11,1	04h00min	43,4	111
11ª	18/10/2012	13,0	04h30min	50,9	130
12ª	24/10/2012	10,0	03h40min	39,1	100
13ª	29/10/2012	12,9	04h40min	50,5	129
14ª	31/10/2012	11,9	04h20min	56,5	119
15ª	23/11/2012	11,1	04h10min	43,4	111
16ª	05/12/2012	11,3	04h20min	44,2	113
17ª	08/12/2012	14,2	05h10min	55,5	142
18ª	14/12/2012	14,0	05h10min	54,8	140
19ª	17/12/2012	14,2	05h10min	55,5	142
20ª	21/12/2012	11,5	04h15min	44,9	115
21ª	24/12/2012	15,1	05h30min	59,0	151
Total		265,5	95h40min	1048,2	2655
Média		12,6	04h33min	49,9	126

Tabela C.8: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo IRRIGÂMETRO®.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	04/09/2012	14,6	01h40min	41,6	146
2ª	13/09/2012	15,4	01h42min	43,9	154
3ª	19/09/2012	15	01h40min	42,7	150
4ª	26/09/2012	13	01h27min	37,0	130
5ª	01/10/2012	16,2	01h48min	46,1	162
6ª	12/10/2012	14,1	01h35min	40,2	141
7ª	20/10/2012	15	01h40min	42,7	150
8ª	24/10/2012	14,2	01h35min	44,5	142
9ª	29/10/2012	22,9	02h30min	65,2	229
10ª	01/11/2012	13,9	01h20min	39,6	139
11ª	22/11/2012	14,4	01h37min	41,0	144
12ª	07/12/2012	14,5	01h40min	41,3	145
13ª	12/12/2012	14,5	01h40min	41,3	145
14ª	17/12/2012	17	02h00min	48,4	170
15ª	21/12/2012	11,3	01h15min	32,2	113
16ª	24/12/2012	14,2	01h35min	40,5	142
Total		240,2	26h42min	688,2	2402
Média		15,0	01h39min	43,0	150,1

Tabela C.9: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo IRRIGÂMETRO®.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	03/09/2012	10,0	03h00min	18,4	100,0
2ª	07/09/2012	11,0	03h30min	20,3	110,0
3ª	12/09/2012	9,8	03h00min	18,0	98,0
4ª	19/09/2012	11,0	03h05min	20,3	110,0
5ª	04/10/2012	9,0	02h35min	16,6	90,0
6ª	13/10/2012	11,0	02h30min	21,6	117,0
7ª	16/10/2012	13,0	03h40min	23,9	130,0
8ª	19/10/2012	9,0	02h30min	16,6	90,0
9ª	26/10/2012	8,6	02h30min	15,8	86,0
10ª	28/10/2012	8,5	02h30min	15,7	85,0
11ª	31/10/2012	10,9	03h15min	20,1	109,0
12ª	22/11/2012	14,2	04h00min	26,1	142,0
13ª	04/12/2012	7,8	02h20min	14,4	78,0
14ª	07/12/2012	13,5	03h50min	24,9	135,0
15ª	12/12/2012	18,0	05h00min	33,1	180,0
16ª	14/12/2012	7,5	02h10min	13,8	75,0
17ª	16/12/2012	8,0	02h15min	14,7	80,0
18ª	19/12/2012	14,9	04h15min	27,4	149,0
19ª	21/12/2012	11,1	03h15min	20,4	111,0
20ª	26/12/2012	10,2	02h45min	18,8	102,0
Total		217	61h53min	400,9	2177
Média		10,8	03h06min	20,0	108,9

Tabela C.10: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo IRRIGÂMETRO®.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	03/09/2012	11,3	06h30min	36,4	113,0
2ª	06/09/2012	9,2	06h00min	29,6	92,0
3ª	11/09/2012	8,9	05h15min	28,7	89,0
4ª	15/09/2012	9,2	06h00min	29,6	92,0
5ª	19/09/2012	9,2	05h30min	29,6	92,0
6ª	26/09/2012	11,3	06h30min	36,4	113,0
7ª	03/10/2012	12,5	07h15min	40,2	125,0
8ª	06/10/2012	11,5	07h00min	37,0	115,0
9ª	13/10/2012	11,5	07h00min	37,0	115.0
10ª	16/10/2012	9,9	06h15min	31,9	99,0
11ª	21/10/2012	11,0	06h45min	35,4	110,0
12ª	24/10/2012	11,5	07h00min	37,0	115,0
13ª	27/10/2012	11,3	06h30min	36,4	113,0
14ª	30/10/2012	10,5	06h50min	33,8	105,0
15ª	07/11/2012	10,6	06h00min	34,1	106,0
16ª	22/11/2012	12,4	07h15min	39,9	124,0
17ª	05/12/2012	14,9	09h00min	47,9	149,0
18ª	10/12/2012	9,1	05h30min	29,3	91,0
19ª	17/12/2012	14,7	08h00min	47,3	147,0
20ª	21/12/2012	7,3	04h30min	23,5	73,0
21ª	24/12/2012	16,6	09h30min	53,4	166,0
Total		234,4		754,4	2344
Média		11,2		35,9	112

Tabela C.11: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo IRRIPLUS®.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada ($m^3 ha^{-1}$)
1ª	01/09/2012	9,7	01h58min	25,7	82,8
2ª	07/09/2012	25,9	06h11min	80,6	259,8
3ª	12/09/2012	16,9	04h00min	52,7	169,8
4ª	14/09/2012	8,7	02h03min	26,9	86,6
5ª	17/09/2012	12,6	03h03min	39,2	126,2
6ª	19/09/2012	8,7	02h06min	26,9	86,6
7ª	30/09/2012	12,3	02h55min	38,1	122,7
8ª	04/10/2012	17,3	04h07min	53,7	173,2
9ª	13/10/2012	24,2	05h46min	75,2	242,4
10ª	29/10/2012	12,9	03h05min	40,3	129,9
11ª	31/10/2012	8,7	02h03min	26,9	86,6
12ª	01/11/2012	1,5	01h03min	4,8	15,3
13ª	03/12/2012	17,4	04h08min	53,9	173,9
14ª	06/12/2012	17,4	04h08min	53,9	173,9
15ª	14/12/2012	17,7	04h12min	54,8	176,6
16ª	17/12/2012	12,9	03h05min	10,3	129,9
17ª	24/12/2012	23,2	05h32min	72,0	232,1
Total		248,3	28h47min	765,5	2468,3
Média		14,6	03h29min	45,4	146,2

Tabela C.12: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo IRRIPLUS®.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada ($m^3 ha^{-1}$)
1ª	04/09/2012	22,2	07h24min	86,9	222,1
2ª	07/09/2012	13,9	04h38min	54,3	138,9
3ª	13/09/2012	23,1	07h41min	90,2	230,5
4ª	17/09/2012	18,2	06h32min	71,0	181,6
5ª	24/09/2012	21,9	07h17min	85,6	218,7
6ª	29/09/2012	8,4	02h48min	32,8	83,8
7ª	03/10/2012	13,9	04h38min	54,3	138,9
8ª	08/10/2012	18,8	06h16min	73,6	188,2
9ª	12/10/2012	6,8	02h16min	26,6	67,9
10ª	15/10/2012	13,9	04h38min	54,3	138,9
11ª	18/10/2012	18,5	06h10min	72,4	185,2
12ª	24/10/2012	27,8	09h16min	108,7	277,8
13ª	29/10/2012	18,3	06h06min	71,6	183,1
14ª	31/10/2012	9,3	09h16min	36,2	92,6
15ª	23/11/2012	18,3	06h05min	71,4	182,6
16ª	05/12/2012	15,6	05h13min	61,2	156,4
17ª	08/12/2012	18,3	06h05min	71,4	182,6
18ª	14/12/2012	16,7	05h34min	65,4	167,1
19ª	17/12/2012	13,9	04h37min	54,2	138,6
20ª	21/12/2012	18,5	06h10min	72,4	185,2
21ª	24/12/2012	18,5	06h10min	72,4	185,2
Total		354,6	118h12min	1387,1	3545,9
Média		16,9	05h38min	66,1	168,9

Tabela C.13: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo IRRIPLUS®.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	04/09/2012	24,0	02h02min	68,4	240,2
2ª	13/09/2012	32,8	03h17min	93,4	327,9
3ª	19/09/2012	31,1	03h06min	88,5	310,8
4ª	26/09/2012	36,5	03h39min	104,0	365,3
5ª	01/10/2012	22,9	02h17min	65,3	229,2
6ª	12/10/2012	23,9	02h24min	68,1	239,2
7ª	20/10/2012	31,1	03h06min	88,6	311,2
8ª	24/10/2012	24,9	02h30min	70,9	249,2
9ª	29/10/2012	31,2	03h07min	88,7	311,5
10ª	01/11/2012	16,3	01h38min	46,4	162,9
11ª	22/11/2012	26,9	02h42min	76,8	269,7
12ª	07/12/2012	23,8	02h23min	67,7	237,5
13ª	12/12/2012	22,5	02h15min	64,1	225,1
14ª	17/12/2012	29,2	02h55min	83,0	291,5
15ª	21/12/2012	24,9	02h30min	70,9	249,2
16ª	24/12/2012	24,9	02h30min	70,9	249,2
Total		426,9	42h42min	1216,2	4269,6
Média		26,7	02h31min	71,5	251,2

Tabela C.14: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo IRRIPLUS®.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	03/09/2012	14,6	03h39min	26,9	146,2
2ª	07/09/2012	15,0	03h46min	27,7	150,4
3ª	12/09/2012	14,6	03h39min	26,9	146
4ª	19/09/2012	25,9	06h29min	47,8	259,6
5ª	04/10/2012	25,9	06h29min	47,7	259,1
6ª	13/10/2012	10,7	02h41min	19,7	107,1
7ª	16/10/2012	10,9	02h44min	20,1	109,2
8ª	19/10/2012	11,3	02h49min	20,8	112,8
9ª	26/10/2012	26,3	06h35min	48,5	263,2
10ª	28/10/2012	7,5	01h53min	13,8	75,2
11ª	31/10/2012	11,3	02h49min	20,8	112,8
12ª	22/11/2012	6,7	01h40min	12,3	66,8
13ª	04/12/2012	6,3	01h34min	11,5	62,7
14ª	07/12/2012	11,2	02h48min	20,7	112,3
15ª	12/12/2012	14,6	03h39min	26,9	146,4
16ª	14/12/2012	7,5	01h53min	13,8	75,2
17ª	16/12/2012	11,3	02h49min	20,8	112,8
18ª	20/12/2012	11,3	02h49min	20,8	112,8
19ª	21/12/2012	7,7	01h56min	14,2	77,2
Total		250,8	62h42min	461,7	2507,8
Média		13,2	03h18min	24,3	131,9

Tabela C.15: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo IRRIPLUS®.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada ($m^3 ha^{-1}$)
1ª	03/09/2012	15,9	08h13min	50,3	156,2
2ª	06/09/2012	9,7	05h05min	31,1	96,6
3ª	11/09/2012	25,2	13h15min	81,1	251,9
4ª	15/09/2012	15,8	08h19min	50,9	158
5ª	19/09/2012	15,8	08h18min	50,7	157,6
6ª	26/09/2012	19,8	10h24min	63,6	197,7
7ª	03/10/2012	22,8	11h46min	72,0	223,7
8ª	06/10/2012	9,7	05h05min	31,1	96,6
9ª	13/10/2012	19,1	10h04min	61,5	191,2
10ª	16/10/2012	9,7	05h02min	31,1	96,6
11ª	21/10/2012	16,1	08h28min	51,8	161
12ª	24/10/2012	9,7	05h05min	31,1	96,6
13ª	27/10/2012	9,7	05h05min	31,1	96,6
14ª	30/10/2012	9,7	05h05min	31,1	96,6
15ª	07/11/2012	10,3	05h24min	33,0	102,6
16ª	22/11/2012	17,9	09h26min	57,7	179,3
17ª	05/12/2012	17,9	09h27min	57,8	179,5
18ª	10/12/2012	14,2	07h28min	45,7	142
19ª	17/12/2012	22,3	11h44min	71,8	223,1
20ª	21/12/2012	10,9	05h44min	35,0	108,8
21ª	24/12/2012	9,7	05h05min	31,1	96,6
Total		311,2	163h37min	1000,6	3108,8
Média		14,8	07h47min	47,7	148,0

Tabela C.16: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 85,6% para 90%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	01/09/2012	9,3	02:12	28,7	92,6
2ª	07/09/2012	24,7	05:53	76,7	247,3
3ª	12/09/2012	16,1	03:50	50,0	161,4
4ª	14/09/2012	8,3	01:58	25,7	83,0
5ª	17/09/2012	12,0	02:52	37,3	120,3
6ª	19/09/2012	8,3	01:58	25,7	83,0
7ª	30/09/2012	11,7	02:47	36,4	117,4
8ª	04/10/2012	16,5	03:56	51,2	165,2
9ª	13/10/2012	23,1	05:30	71,7	231,1
10ª	29/10/2012	12,3	02:56	38,2	123,2
11ª	31/10/2012	8,3	01:58	25,7	83,0
12ª	01/11/2012	1,4	00:20	4,4	14,3
13ª	03/12/2012	16,6	03:57	51,5	166,1
14ª	06/12/2012	16,6	03:57	51,5	166,1
15ª	14/12/2012	16,9	04:00	52,4	169,0
16ª	17/12/2012	12,3	02:56	38,2	123,2
17ª	24/12/2012	22,2	05:16	68,7	221,5
Total		236,8	56:23	734,9	2368,5
Média		13,9	03:19	43,2	139,3

Tabela C.17: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 85,6% para 92%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	01/09/2012	8,9	02:08	27,8	89,6
2ª	07/09/2012	23,9	05:41	74,2	239,2
3ª	12/09/2012	15,6	03:43	48,4	156,1
4ª	14/09/2012	8,0	01:55	24,9	80,3
5ª	17/09/2012	11,6	02:46	36,1	116,4
6ª	19/09/2012	8,0	01:55	24,9	80,3
7ª	30/09/2012	11,4	02:42	35,2	113,6
8ª	04/10/2012	15,9	03:48	49,5	159,8
9ª	13/10/2012	22,3	05:19	69,3	223,5
10ª	29/10/2012	11,9	02:50	36,9	119,1
11ª	31/10/2012	8,0	01:55	24,9	80,3
12ª	01/11/2012	1,4	00:19	4,3	13,8
13ª	03/12/2012	16,1	03:49	49,8	160,7
14ª	06/12/2012	16,0	03:49	49,8	160,7
15ª	14/12/2012	16,3	03:53	50,7	163,5
16ª	17/12/2012	11,9	02:50	36,9	119,1
17ª	24/12/2012	21,4	05:06	66,5	214,3
Total		229,1	54:33	710,9	2291,3
Média		13,5	03:12	41,8	134,7

Tabela C.18 Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade A, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 85,6% para 95%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	01/09/2012	8,6	02:04	26,9	86,7
2ª	07/09/2012	23,1	05:31	71,9	231,7
3ª	12/09/2012	15,1	03:36	46,9	151,2
4ª	14/09/2012	7,8	01:51	24,1	77,8
5ª	17/09/2012	11,3	02:41	34,9	112,7
6ª	19/09/2012	7,7	01:51	24,1	77,8
7ª	30/09/2012	11,0	02:37	34,1	110,0
8ª	04/10/2012	15,4	03:41	48,0	154,7
9ª	13/10/2012	21,6	05:09	67,1	216,5
10ª	29/10/2012	11,5	02:44	35,8	115,4
11ª	31/10/2012	7,7	01:51	24,1	77,8
12ª	01/11/2012	1,3	00:18	4,1	13,4
13ª	03/12/2012	15,5	03:42	48,3	155,6
14ª	06/12/2012	15,5	03:42	48,3	155,6
15ª	14/12/2012	15,8	03:46	49,1	158,3
16ª	17/12/2012	11,5	02:44	35,8	115,4
17ª	24/12/2012	20,7	04:56	64,4	207,5
Total		221,9	52:50	688,4	2218,9
Média		13,0	03:06	40,4	130,5

Tabela C.19: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 78,3 para 90%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	04/09/2012	18,9	06:19	74,1	189,5
2ª	07/09/2012	11,8	03:57	46,4	118,6
3ª	13/09/2012	19,7	06:34	77,1	197,2
4ª	17/09/2012	15,5	05:11	60,7	155,4
5ª	24/09/2012	18,7	06:14	73,1	187,0
6ª	29/09/2012	7,17	02:23	28,0	71,7
7ª	03/10/2012	11,8	03:57	46,4	118,6
8ª	08/10/2012	16,0	05:21	62,7	160,5
9ª	12/10/2012	5,8	01:56	22,7	58,0
10ª	15/10/2012	11,8	03:57	46,4	118,6
11ª	18/10/2012	15,7	05:16	61,7	157,9
12ª	24/10/2012	23,7	07:55	92,8	237,3
13ª	29/10/2012	15,6	05:12	61,1	156,2
14ª	31/10/2012	7,9	02:38	31,0	79,4
15ª	23/11/2012	15,6	05:12	61,1	156,2
16ª	05/12/2012	13,3	04:26	52,1	133,2
17ª	08/12/2012	15,6	05:12	61,1	156,2
18ª	14/12/2012	14,2	04:45	55,7	142,6
19ª	17/12/2012	11,8	03:57	46,4	118,6
20ª	21/12/2012	15,7	05:16	61,7	157,9
21ª	24/12/2012	15,7	05:16	61,7	157,9
Total		302,9	100:59	1185,0	3029,7
Média		14,4	04:48	56,4	144,2

Tabela C.20: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 78,3% para 92%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	04/09/2012	18,3	06:07	71,7	183,3
2ª	07/09/2012	11,4	03:49	44,9	114,8
3ª	13/09/2012	19,0	06:22	74,6	190,8
4ª	17/09/2012	15,0	05:06	58,8	150,3
5ª	24/09/2012	18,0	06:02	70,7	180,9
6ª	29/09/2012	6,9	02:19	27,1	69,3
7ª	03/10/2012	11,4	03:49	44,9	114,8
8ª	08/10/2012	15,5	05:10	60,7	155,3
9ª	12/10/2012	5,6	01:52	21,9	56,1
10ª	15/10/2012	11,4	03:49	44,9	114,8
11ª	18/10/2012	15,2	05:05	59,7	152,8
12ª	24/10/2012	22,9	07:39	89,8	229,6
13ª	29/10/2012	15,1	05:02	59,1	151,1
14ª	31/10/2012	7,6	02:34	30,0	76,8
15ª	23/11/2012	15,1	05:02	59,1	151,1
16ª	05/12/2012	12,8	04:17	50,4	128,8
17ª	08/12/2012	15,1	05:02	59,1	151,1
18ª	14/12/2012	13,7	04:35	53,9	137,9
19ª	17/12/2012	11,4	03:49	44,9	114,8
20ª	21/12/2012	15,2	05:05	59,7	152,8
21ª	24/12/2012	15,2	05:05	59,7	152,8
Total		293,0	97:41	1146,3	2930,9
Média		13,9	04:39	54,5	139,5

Tabela C.21: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade B, estimados pelo IRRIPLUS®, onde o CUD foi ajustado de 78,3%para 95%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	04/09/2012	17,7	05:55	69,4	177,6
2ª	07/09/2012	11,1	03:42	43,4	111,2
3ª	13/09/2012	18,4	06:09	72,2	184,8
4ª	17/09/2012	14,5	04:51	56,9	145,6
5ª	24/09/2012	17,5	05:50	68,5	175,2
6ª	29/09/2012	6,7	02:14	26,2	67,2
7ª	03/10/2012	11,1	03:42	43,4	111,2
8ª	08/10/2012	15,0	05:06	58,8	150,4
9ª	12/10/2012	5,4	01:49	21,2	54,4
10ª	15/10/2012	11,1	03:42	43,4	111,2
11ª	18/10/2012	14,8	04:56	57,8	148
12ª	24/10/2012	22,2	07:25	86,9	222,4
13ª	29/10/2012	14,6	04:53	57,2	146,4
14ª	31/10/2012	7,4	02:29	29,1	74,4
15ª	23/11/2012	14,6	04:53	57,2	146,4
16ª	05/12/2012	12,4	04:10	48,8	124,8
17ª	08/12/2012	14,6	04:53	57,2	146,4
18ª	14/12/2012	13,3	04:27	52,2	133,6
19ª	17/12/2012	11,1	03:42	43,4	111,2
20ª	21/12/2012	14,8	04:56	57,8	148
21ª	24/12/2012	14,8	04:56	57,8	148
Total		283,8	94:37	1110,1	2838,4
Média		13,5	04:30	52,8	135,1

Tabela C.22: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 84,7% para 92%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	04/09/2012	23,4	02:20	66,8	234,6
2ª	13/09/2012	32,0	03:12	91,3	320,6
3ª	19/09/2012	30,4	03:02	86,5	304,0
4ª	26/09/2012	35,6	03:34	101,6	356,7
5ª	01/10/2012	22,3	02:14	63,7	223,8
6ª	12/10/2012	23,3	02:20	66,5	233,6
7ª	20/10/2012	30,4	03:02	86,5	304,0
8ª	24/10/2012	24,3	02:26	69,3	243,4
9ª	29/10/2012	30,4	03:02	86,8	304,9
10ª	01/11/2012	15,9	01:35	45,3	159,3
11ª	22/11/2012	26,2	02:37	74,9	262,9
12ª	07/12/2012	23,2	02:19	66,2	232,6
13ª	12/12/2012	21,9	02:11	62,6	219,9
14ª	17/12/2012	28,5	02:51	81,3	285,4
15ª	21/12/2012	24,3	02:26	69,3	243,4
16ª	24/12/2012	24,3	02:26	69,3	243,4
Total		417,3	41:44	1188,6	4173,0
Média		26,0	02:36	74,2	260,8

Tabela C.23: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 84,7% para 92%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	04/09/2012	22,6	02:16	64,6	226,9
2ª	13/09/2012	31,0	03:06	88,3	310,1
3ª	19/09/2012	29,4	02:56	83,7	294,0
4ª	26/09/2012	34,5	03:27	98,3	345,1
5ª	01/10/2012	21,6	02:09	61,6	216,5
6ª	12/10/2012	22,6	02:16	64,3	226,0
7ª	20/10/2012	29,4	02:56	83,7	294,0
8ª	24/10/2012	23,5	02:21	67,0	235,4
9ª	29/10/2012	29,5	02:57	84,0	295,0
10ª	01/11/2012	15,4	01:32	43,9	154,1
11ª	22/11/2012	25,4	02:32	72,4	254,3
12ª	07/12/2012	22,5	02:15	64,1	225,0
13ª	12/12/2012	21,2	02:07	60,6	212,7
14ª	17/12/2012	27,6	02:46	78,6	276,1
15ª	21/12/2012	23,5	02:21	67,0	235,4
16ª	24/12/2012	23,5	02:21	67,0	235,4
Total		403,6	40:22	1149,8	4036,9
Média		25,2	02:31	71,8	252,3

Tabela C.24: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade C, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 84,7% para 95%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	04/09/2012	21,9	02:11	62,6	219,7
2ª	13/09/2012	30,0	03:00	85,5	300,3
3ª	19/09/2012	28,4	02:50	81,1	284,8
4ª	26/09/2012	33,4	03:20	95,2	334,2
5ª	01/10/2012	20,9	02:05	59,7	209,7
6ª	12/10/2012	21,8	02:11	62,3	218,8
7ª	20/10/2012	28,4	02:50	81,1	284,8
8ª	24/10/2012	22,8	02:17	64,9	228,0
9ª	29/10/2012	28,5	02:51	81,3	285,7
10ª	01/11/2012	14,9	01:29	42,5	149,2
11ª	22/11/2012	24,6	02:28	70,1	246,3
12ª	07/12/2012	21,7	02:10	62,0	217,9
13ª	12/12/2012	20,6	02:04	58,6	206,0
14ª	17/12/2012	26,7	02:40	76,1	267,4
15ª	21/12/2012	22,8	02:17	64,9	228,0
16ª	24/12/2012	22,8	02:17	64,9	228,0
Total		390,9	39:05	1113,5	3909,5
Média		24,4	02:26	69,5	244,3

Tabela C.25: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 56,1% para 90%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	03/09/2012	9,0	02:15	16,6	90,2
2ª	07/09/2012	9,2	02:19	17,0	92,6
3ª	12/09/2012	9,0	02:15	16,6	90,2
4ª	19/09/2012	16,0	04:00	29,4	160,0
5ª	04/10/2012	16,0	04:00	29,4	160,0
6ª	13/10/2012	6,6	01:39	12,1	66,1
7ª	16/10/2012	6,7	01:40	12,4	67,3
8ª	19/10/2012	6,9	01:44	12,8	69,8
9ª	26/10/2012	16,2	04:04	29,9	162,5
10ª	28/10/2012	4,6	01:09	8,5	46,3
11ª	31/10/2012	6,9	01:44	12,8	69,8
12ª	22/11/2012	4,1	01:02	7,6	41,4
13ª	04/12/2012	3,8	00:58	7,1	38,9
14ª	07/12/2012	6,9	01:44	12,7	69,2
15ª	12/12/2012	9,0	02:15	16,6	90,2
16ª	14/12/2012	4,6	01:09	8,5	46,3
17ª	16/12/2012	6,9	01:44	12,8	69,8
18ª	20/12/2012	6,9	01:44	12,8	69,8
19ª	21/12/2012	4,7	01:11	8,7	47,5
Total		154,8	38:43	285,1	1548,6
Média		8,1	02:02	15,0	81,5

Tabela C.26: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 56,1% para 92%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	03/09/2012	8,7	02:11	16,0	87,2
2ª	07/09/2012	8,9	02:14	16,5	89,6
3ª	12/09/2012	8,7	02:11	16,0	87,2
4ª	19/09/2012	15,4	03:52	28,5	154,8
5ª	04/10/2012	15,4	03:52	28,5	154,8
6ª	13/10/2012	6,3	01:35	11,7	63,9
7ª	16/10/2012	6,5	01:37	11,9	65,1
8ª	19/10/2012	6,7	01:37	12,4	67,5
9ª	26/10/2012	15,7	03:56	28,9	157,2
10ª	28/10/2012	4,4	01:07	8,2	44,8
11ª	31/10/2012	6,7	01:37	12,4	67,5
12ª	22/11/2012	4,0	01:00	7,3	40,0
13ª	04/12/2012	3,7	00:56	6,9	37,6
14ª	07/12/2012	6,6	01:40	12,3	66,9
15ª	12/12/2012	8,7	02:11	16,0	87,2
16ª	14/12/2012	4,4	01:07	8,2	44,8
17ª	16/12/2012	6,7	01:41	12,4	67,5
18ª	20/12/2012	6,7	01:41	12,4	67,5
19ª	21/12/2012	4,6	01:09	8,4	46,0
Total		149,8	37:27	275,8	1498,1
Média		7,8	01:58	14,5	78,8

Tabela C.27: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade D, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 56,1% para 95%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	03/09/2012	8,4	02:06	15,5	84,5
2ª	07/09/2012	8,6	02:10	15,9	86,8
3ª	12/09/2012	8,4	02:06	15,5	84,5
4ª	19/09/2012	14,9	03:44	27,6	149,9
5ª	04/10/2012	14,9	03:44	27,6	149,9
6ª	13/10/2012	6,1	01:32	11,4	61,9
7ª	16/10/2012	6,3	01:34	11,6	63,1
8ª	19/10/2012	6,5	01:38	12,0	65,4
9ª	26/10/2012	15,2	03:48	28,0	152,2
10ª	28/10/2012	4,3	01:05	7,9	43,4
11ª	31/10/2012	6,5	01:38	12,0	65,4
12ª	22/11/2012	3,8	00:58	7,1	38,7
13ª	04/12/2012	3,6	00:55	6,7	36,4
14ª	07/12/2012	6,4	01:37	11,9	64,8
15ª	12/12/2012	8,4	02:06	15,5	84,5
16ª	14/12/2012	4,3	01:05	7,9	43,4
17ª	16/12/2012	6,5	01:38	12,0	65,4
18ª	20/12/2012	6,5	01:38	12,0	65,4
19ª	21/12/2012	4,4	01:07	8,2	44,5
Total		145,0	36:16:00	267,1	1450,8
Média		7,6	01:54	14,0	76,3

Tabela C.28: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 71,9% para 90%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	03/09/2012	13,2	06:57	42,5	132,2
2ª	06/09/2012	8,0	04:14	25,9	80,6
3ª	11/09/2012	20,9	11:01	67,4	209,5
4ª	15/09/2012	13,1	06:55	42,2	131,3
5ª	19/09/2012	13,1	06:55	42,2	131,3
6ª	26/09/2012	16,4	08:40	52,9	164,6
7ª	03/10/2012	18,9	09:58	61,0	189,5
8ª	06/10/2012	8,0	04:14	25,9	80,6
9ª	13/10/2012	15,8	08:21	51,1	158,8
10ª	16/10/2012	8,0	04:14	25,9	80,6
11ª	21/10/2012	13,3	07:02	43,0	133,8
12ª	24/10/2012	8,0	04:14	25,9	80,6
13ª	27/10/2012	8,0	04:14	25,9	80,6
14ª	30/10/2012	8,0	04:14	25,9	80,6
15ª	07/11/2012	8,5	04:30	27,5	85,6
16ª	22/11/2012	14,8	07:50	47,9	148,8
17ª	05/12/2012	14,8	07:50	47,9	148,8
18ª	10/12/2012	11,8	06:13	38,0	118,0
19ª	17/12/2012	18,5	09:45	59,6	185,4
20ª	21/12/2012	9,0	04:46	29,1	90,6
21ª	24/12/2012	8,0	04:14	25,9	80,6
Total		259,3	136:29	834,6	2593,3
Média		12,3	06:29	39,7	123,4

Tabela C.29: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 74,9% para 92%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	03/09/2012	12,7	06:44	41,1	127,8
2ª	06/09/2012	7,8	04:06	25,1	78,0
3ª	11/09/2012	20,2	10:40	65,2	202,6
4ª	15/09/2012	12,7	06:41	40,9	127,0
5ª	19/09/2012	12,7	06:41	40,9	127,0
6ª	26/09/2012	15,9	08:23	51,2	159,2
7ª	03/10/2012	18,3	09:39	59,0	183,3
8ª	06/10/2012	7,8	04:06	25,1	78,0
9ª	13/10/2012	15,3	08:05	49,4	153,6
10ª	16/10/2012	7,8	04:06	25,1	78,0
11ª	21/10/2012	12,9	06:49	41,6	129,5
12ª	24/10/2012	7,8	04:06	25,1	78,0
13ª	27/10/2012	7,8	04:06	25,1	78,0
14ª	30/10/2012	7,8	04:06	25,1	78,0
15ª	07/11/2012	8,2	04:22	26,6	82,8
16ª	22/11/2012	14,3	07:34	46,3	143,9
17ª	05/12/2012	14,3	07:34	46,3	143,9
18ª	10/12/2012	11,4	06:06	36,7	114,2
19ª	17/12/2012	17,9	09:26	57,7	179,3
20ª	21/12/2012	8,7	04:37	28,2	87,6
21ª	24/12/2012	7,8	04:06	25,1	78,0
Total		250,8	132:02	807,4	2508,7
Média		11,9	06:17	38,4	119,4

Tabela C.30: Valores da lâmina de aplicação, tempo de irrigação, volume total e volume de água por área em cada irrigação na propriedade E, estimados pelo IRRIPLUS® onde o CUD foi ajustado de 74,9% para 95%.

Irrigação	Data	Lâmina de aplicação (mm)	Tempo de irrigação (hora)	Volume total (m^3)	Volume por área irrigada (m^3 ha^{-1})
1ª	03/09/2012	12,3	06:31	39,8	123,8
2ª	06/09/2012	7,5	03:58	24,3	75,5
3ª	11/09/2012	19,6	10:20	63,1	196,2
4ª	15/09/2012	12,3	06:28	39,6	123,0
5ª	19/09/2012	12,3	06:28	39,6	123,0
6ª	26/09/2012	15,4	08:06	49,6	154,2
7ª	03/10/2012	17,7	09:20	57,1	177,6
8ª	06/10/2012	7,5	07:33	24,3	75,5
9ª	13/10/2012	14,8	07:50	47,8	148,7
10ª	16/10/2012	7,5	03:58	24,3	75,5
11ª	21/10/2012	12,5	06:36	40,3	125,4
12ª	24/10/2012	7,5	03:58	24,3	75,5
13ª	27/10/2012	7,5	03:58	24,3	75,5
14ª	30/10/2012	7,5	03:58	24,3	75,5
15ª	07/11/2012	8,0	04:13	25,8	80,2
16ª	22/11/2012	13,9	07:20	44,8	139,4
17ª	05/12/2012	13,9	07:20	44,8	139,4
18ª	10/12/2012	11,0	05:49	35,6	110,6
19ª	17/12/2012	17,3	09:08	55,9	173,7
20ª	21/12/2012	8,4	04:28	27,3	84,9
21ª	24/12/2012	7,5	03:58	24,3	75,5
Total		242,9	127:52	781,9	2429,5
Média		11,5	06:05	37,2	115,6