

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**PROGRAMA COMPUTACIONAL (PROIRRIGA) PARA AVALIAÇÃO DA
UNIFORMIDADE EM IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO E SUA VALIDAÇÃO**

MARCELO REISDÖRFER

**CASCADEL – PR
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MARCELO REISDÖRFER

**PROGRAMA COMPUTACIONAL (PROIRRIGA) PARA AVALIAÇÃO DA
UNIFORMIDADE EM IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO E SUA VALIDAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Antônio Vilas Boas.

CASCADEL – Paraná – Brasil

Junho – 2009

Ficha catalográfica

Elaborada pela Biblioteca Central do Campus de Cascavel - Unioeste

R289p Reisdörfer, Marcelo
Programa computacional (PROIRRIGA) para avaliação da
uniformidade em irrigação por gotejamento e sua validação / Marcelo
Reisdörfer — Cascavel, PR: UNIOESTE, 2009.
172 f. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Antônio Vilas Boas
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do
Paraná.
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola,
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.
Bibliografia.

1. Irrigação familiar. 2. Statistical R. 3. Simulação. 4. Distribuição. I.
Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21ed. 631.587

Bibliotecária: Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362

MARCELO REISDÖRFER

Programa Computacional (PROIRRIGA) para avaliação da uniformidade em irrigação por gotejamento e sua validação

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Marcio Antonio Vilas Boas
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer
Departamento de Engenharia de Produção Civil, UTFPR

Prof^a. Dr^a. Simone Damasceno Gomes
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof^a. Dr^a. Cláudia Brandeleiro Rizzi
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Cascavel, 08 de Julho de 2009.

BIOGRAFIA

Nascido em Cascavel - PR em 1973, possui graduação em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas pela UNIVAG - Centro Universitário (2004) e graduação em Tecnologia em Processamento de Dados pela FIC - Faculdades Integradas de Cuiabá (trancado, 1998).

É sócio da Cooperativa Mista de Trabalho Multidisciplinar Ltda. - COOTRADE, onde atua como consultor, tendo parceria em diversas publicações junto à mesma.

Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Metodologia e Técnicas da Computação.

Nos últimos anos atuou como desenvolvedor em projetos de *software* acadêmico e consultor de novas tecnologias para o Curso e Colégio ALFA de Cascavel - PR.

Bolsista de mestrado pelo CNPq no ano de 2008.

Atualmente, faz parte do grupo de pesquisa que atua no projeto Controle da qualidade da irrigação em 57 unidades rurais de base familiar visando à conservação de recursos hídricos no Município de Salto do Lontra – PR, pela UNIOESTE/Cascavel e CNPq.

Dedico...

À minha esposa, Janaina, pela ajuda, apoio, dedicação, compreensão, confiança e amor.

Ao meu filho Pedro Augusto que me faz querer crescer sempre mais como pessoa e profissionalmente.

A meus pais, avôs (in memorian) que colaboram com a formação do meu caráter.

Aos meus sogros, Silvio e Roselane que sempre acreditaram em meu potencial e me apoiaram na carreira acadêmica.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PGEAGRI, pela oportunidade e confiança.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de mestrado concedida, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Márcio Antônio Vilas Boas, pela orientação, dedicação, amizade, paciência, compreensão e conhecimentos essenciais para a elaboração e conclusão deste trabalho.

Aos amigos Ricardo Hernández Hernández, Ricardo Nagamine Costanzi, Adilson Luiz Borssoi, José Robson Nogueira Leite, Franciele Aní Caovilla Follador, Leonardo Guillermo Felipe, pela paciência, pelos ensinamentos, pela contribuição ao trabalho apresentado.

Aos demais professores que integram o corpo docente do curso de mestrado e doutorado da Universidade do Oeste do Paraná, por dividir seus conhecimentos.

Aos colegas mestrandos e doutorandos que, mesmo com dificuldades, mostraram-se solidários e contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do PGEAGRI da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela colaboração e dedicação.

RESUMO

A uniformidade em sistemas de irrigação localizada é afetada por fatores hidráulicos, atmosféricos, falta de manutenção e baixa qualidade de água de irrigação, resultando na má distribuição da água, seja ela excessiva ou insuficiente, ocasionando prejuízos à produtividade. Considerando o aumento da utilização de sistemas de irrigação localizada por gotejamento em propriedades rurais com base na Agricultura Familiar, o presente trabalho estabeleceu como objetivo elaborar o programa computacional proIRRIGA, para *Windows*, em linguagem *Delphi* com suporte a três idiomas (português, espanhol e inglês) com a finalidade de auxiliar o usuário na avaliação da uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação localizada por gotejamento, empregando as metodologias KELLER, KARMELI e DENÍCULI. O sistema sugere ao usuário com base nos dados analisados a correção da lâmina de irrigação total necessária (ITN), classificando o sistema de irrigação de acordo com o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, Coeficiente de Uniformidade Estatístico, Coeficiente de Variação de Fabricação, além de fornecer gráficos de dispersão e distribuição que auxiliam o usuário a encontrar possíveis defeitos ou falhas no sistema de irrigação. Para validação do proIRRIGA, implantou-se um sistema de irrigação por gotejamento no qual se constatou que as metodologias empregadas (12, 16, 32 e 40 gotejadores) submetidas ao Teste T não diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, indicando que são válidas para a análise de uniformidade de aplicação de água a 14 kPa em sistemas de irrigação de pequeno porte. A média geral apresentada, de acordo com o teste, foi de 88,12% para o CUD com um coeficiente de variação de 3,86%, demonstrando que, para sistemas de pequeno porte, a uniformidade de distribuição de água pode ser avaliada utilizando-se o CUD e CUE. Quanto ao CVf os emissores foram classificados como sendo de categoria B – marginal.

Palavras-chave: Irrigação Familiar, *Statistical R*, Simulação, Distribuição.

ABSTRACT

COMPUTER MODEL (PROIRRIGA) FOR EVALUATION OF UNIFORMITY IN DRIP IRRIGATION AND ITS VALIDATION

The uniformity in trickle irrigation systems is affected by factors hydraulic, air, lack of maintenance and poor quality of irrigation water resulting in poor distribution of water, either excessive or insufficient, causing loss of productivity. Considering the increased use of automated drip irrigation on farms based on the Family Farm, this work established the objective of preparing the computer program proIRRIGA for Windows in Delphi language with support for three languages (Portuguese, Spanish and English) in order to assist the user in the assessment of uniformity of water in irrigation systems, drip irrigation, using the methodologies KELLER, KARMELI and DENÍCULI. The system suggests to the user based on the data analyzed to fix the total water depth required (ITN), classifying the irrigation system in accordance with the Coefficient of Uniformity of Distribution, Statistical Uniformity Coefficient, Coefficient of Variation of manufacturing, and provide graphs of dispersal and distribution to help the user to find possible defects or system failures. To validate the proIRRIGA implanted with an irrigation system drip where it was found that the methodologies employed (12,16,32,40 drip) submitted to the T test does not differ statistically from one another at the 5% significance level, indicating that are valid for the analysis of uniformity of water application to 14 kPa irrigation systems in small businesses. The overall average presented in accordance with the test is 88.12% for the CUD with a coefficient of variation of 3.86%, showing that for small systems the uniformity of water distribution can be evaluated using the CUD and CUE. The CVf issuers were classified as category B - marginal.

Keywords: Familiar irrigation, Statistical R, Simulation, Distribution

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Agricultura familiar.....	4
3.2 A técnica de irrigação.....	4
3.2.1 Sistema de irrigação por gotejamento.....	5
3.3 Avaliação do sistema de irrigação.....	6
3.3.1 Método Keller e Karmeli.....	7
3.3.2 Método Denículi.....	7
3.4 Uniformidade de aplicação de água.....	8
3.4.1 Coeficiente de uniformidade de Christiansen.....	9
3.4.2 Coeficiente de uniformidade de distribuição.....	9
3.4.3 Coeficiente de uniformidade estatístico.....	10
3.4.4 Coeficiente de variação de fabricação.....	10
3.5 Programas computacionais.....	11
3.5.1 Ambiente de desenvolvimento borland delphi.....	12
3.5.2 Sistemas gerenciadores de banco de dados relacional (SGBDR).....	13
3.5.3 <i>Software</i> Estatístico R.....	14
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
4.1 O programa computacional proIRRIGA.....	15
4.1.1 Módulo principal.....	16
4.1.2 Módulo de extração de dados.....	17
4.2 Simulação do programa computacional proIRRIGA.....	18

4.2.1	Caracterização da área de simulação	18
4.2.2	Caracterização do conjunto de irrigação	18
4.2.3	Montagem do experimento.....	18
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1	Pré-requisitos do programa.....	25
5.2	Execução do programa proIRRIGA.....	25
5.3	Módulo principal.....	26
5.3.1	Menu cadastro - projetos.....	27
5.3.1.1	Projetos.....	29
5.3.1.2	Coletas.....	31
5.3.1.3	Repetições.....	33
5.3.1.4	Exportação.....	38
5.3.1.5	Avaliar sistema de irrigação	42
6	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	52
	APÊNDICES	55
	APÊNDICE A – FUNÇÃO CUD PARA STATISTICAL “R”	56
	APÊNDICE B – VAZÕES MÉDIAS POR GOTEJADOR.....	57
	APÊNDICE C – RELATÓRIOS DE AVALIAÇÃO GERADO PELO PROIRRIGA.....	58
	APÊNDICE D – FONTES PROGRAMA.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Uniformidade de distribuição (UD) da aplicação de água	9
Tabela 2 -	Classificação do coeficiente de variação (CVf).....	11
Tabela 3 -	Classificação dos emissores em função do CVf.....	11
Tabela 4 -	Metodologias avaliadas.....	20
Tabela 5 -	Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)	21
Tabela 6 -	Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE)	22
Tabela 7 -	Erro relativo da metodologia Todos vs Denículi	23
Tabela 8 -	Erro relativo da metodologia Todos vs Keller	23
Tabela 9 -	Erro relativo da metodologia Todos vs Personalizado	24
Tabela 10 -	Identificação dos ícones do programa computacional	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Esquema de metodologia de determinação da uniformidade em gotejamento por KELLER e KARMELI (1974), adaptado de SILVA & SILVA (2005).	7
Figura 2 -	Esquema de metodologia de determinação da uniformidade em gotejamento por DENÍCULI, adaptado de SILVA & SILVA (2005).	8
Figura 3 -	Tela principal do <i>software Statistical R</i>	14
Figura 4 -	Estrutura geral do programa computacional: proIRRIGA: 1 - Módulo Principal; 2 - Módulo Extração de Dados.	16
Figura 5 -	Ilustração da distribuição das linhas laterais e recipientes de coleta do experimento implantado para simular a utilização do programa computacional proIRRIGA.	19
Figura 6 -	Ilustração do procedimento de coleta de dados em campo.	20
Figura 7 -	Gráfico comparativo do CUD em relação às quatro metodologias empregadas.	21
Figura 8 -	Gráficos de CVf determinado por quatro métodos.	22
Figura 9 -	Status dos pré-requisitos ao funcionamento do programa computacional proIRRIGA.	26
Figura 10 -	Tela principal do programa computacional proIRRIGA.	27
Figura 11 -	Opções de itens de menus do proIRRIGA.	27
Figura 12 -	Tela do repositório de dados ou gerenciador de arquivos do proIRRIGA.	28
Figura 13 -	Tela de criação de novo repositório de dados ou projeto do proIRRIGA.	28
Figura 14 -	Fluxograma de entrada de dados do proIRRIGA.	29
Figura 15 -	Formulário de gerenciamento de projetos do proIRRIGA.	30
Figura 16 -	Detalhe do formulário de inclusão e alteração de projetos do proIRRIGA.	31
Figura 17 -	Detalhe do formulário de leituras (coletas) do proIRRIGA.	32
Figura 18 -	Detalhe do formulário de cadastro de Leituras (coletas) do proIRRIGA.	33
Figura 19 -	Detalhe do formulário de gerenciamento de repetições (coletas) do proIRRIGA.	34
Figura 20 -	Formulário de registro de coleta de dados (vazões) do proIRRIGA.	36
Figura 21 -	Detalhe do formulário de impressão Folha Verificação, gerado pelo proIRRIGA.	37
Figura 22 -	Primeira tela do guia “passo-a-passo” para exportação de dados do proIRRIGA.	38
Figura 23 -	Segunda tela do guia “passo-a-passo” para exportação de dados do proIRRIGA.	39
Figura 24 -	Terceira tela do guia “passo-a-passo” para exportação de dados do proIRRIGA.	40

Figura 25 -	Seleção da pasta destino e nome do arquivo para exportação do proIRRIGA.	41
Figura 26 -	Arquivo exportado, aberto pelo programa computacional <i>Ms-Excel</i> .	41
Figura 27 -	Arquivo exportado aberto pelo programa computacional Bloco de Notas.	42
Figura 28 -	Formulário inicial para avaliação do sistema de irrigação do proIRRIGA.	43
Figura 29 -	Formulário de resultado da avaliação do sistema de irrigação do proIRRIGA.	45
Figura 30 -	Esquema de cores para representação do CUD e CV.	45
Figura 31 -	Relatório de avaliação de uma parcela do sistema de irrigação gerado pelo proIRRIGA.	47
Figura 32 -	Gráfico de distribuição normal das vazões gerado pelo proIRRIGA.	48
Figura 33 -	Gráfico da dispersão dos dados gerado pelo proIRRIGA.	49

LISTA DE SÍMBOLOS

ha	- Hectare
ABNT	- associação brasileira de normas técnicas
AT	- amplitude total
Cc	- capacidade de campo
CSV	- comma separated values (padrão de arquivo)
CUC	- coeficiente de uniformidade de christiansen
CUD	- coeficiente de uniformidade de distribuição
CUE	- coeficiente de uniformidade estatístico
CV	- coeficiente de variação
Da	- densidade aparente do solo (g/cm^3)
Ea	- eficiência de aplicação (%)
f	- fator da cultura
Hd	- Harddisk
kPa	- Kilopascal
L	- Litros
L.h ⁻¹	- litros por hora
m	- Metros
m ²	- metro quadrado
Mb	- Megabytes
mca	- metros coluna d'água
mL.min ⁻¹	- mililitros por minuto
n	- número de emissores
Pe	- precipitação efetiva de chuva
Pm	- ponto de murcha
q _{25%}	- média de 25% das vazões com menores valores
UD	- uniformidade de distribuição
Z	- zona radicular (cm)
σ	- desvio padrão
\bar{q}	- vazão media dos gotejadores
q _i	- vazão de cada emissor

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é a origem de quase toda a alimentação humana e requer técnicas que permitam maior produção com um bom rendimento por área. A irrigação é uma técnica que possibilita melhor rendimento agrícola permitindo a implantação de uma agricultura racional em zonas de clima árido ou semiárido, proporcionando o melhor desenvolvimento das culturas.

A expansão populacional nos grandes centros e a crescente demanda por alimentos exigem que a agricultura busque novas tecnologias que proporcionem uma produção constante sem, contudo, comprometer o meio-ambiente.

A agricultura tem papel fundamental na revolução verde e na segurança alimentar, e caracterizadas por zonas com baixa quantidade e distribuição de água, desde muito cedo o homem preocupou-se em assegurar o abastecimento de água na agricultura por meio de mecanismos que permitiram transpor as barreiras físicas naturais (topografia) para aumentar e facilitar o trabalho nas cultivares. Dentre os diversos métodos utilizados, destacam-se a irrigação por superfície, aspersão, gotejamento e microirrigação.

No Brasil, estas técnicas começaram a ser utilizadas na década de 1970 e 1980. Porém, sua expansão aconteceu nos anos 1990 e hoje, aproximadamente, 3,2 milhões de ha são irrigados o que representa uma parcela diminuta da superfície cultivada. Desta área, 40% são representadas por cultura de arroz irrigado no sul do país, 40% utilizam irrigação por sulcos e aspersão e os 20% restantes são irrigados por gotejamento e microaspersão.

No Brasil, o indicador de relação de área irrigada/cultivada é da ordem de 5,8%, um dos mais baixos dentre os países com mais de 1 milhão de ha irrigados, ficando atrás dos seus vizinhos da América do Sul.

Nas últimas décadas, tem-se dado enfoque à irrigação num contexto científico racional, permitindo a utilização deste recurso com maior eficiência, minimizando efeitos adversos como a erosão, drenagem deficiente e salinização do solo. A irrigação começou a ser utilizada com maior ênfase por pequenas propriedades rurais com base na "agricultura familiar" que são responsáveis em grande parte pelo abastecimento interno do mercado, considerados essenciais para a produção de alimentos tanto da população rural quanto urbana, tendo na irrigação uma ferramenta ideal para produzir mais e melhor.

Considerada uma ferramenta de alta tecnologia, a irrigação permite ampliar as safras aproveitando melhor as práticas agrícolas existentes na propriedade, assegurando alta produtividade sem desgaste físico-químico do solo e sem desperdício de água, reduzindo custos de produção e possibilitando uma produção continuada.

Diversos autores recomendam a avaliação dos sistemas de irrigação por meio de métodos e coeficientes que auxiliam o produtor na avaliação do sistema de irrigação. Estes processos demandam tempo e conhecimento que por muitas vezes não são compreendidos por estas pessoas por não possuírem formação escolar suficiente ou nenhuma.

Este trabalho foi idealizado com o intuito de fornecer ao usuário uma ferramenta que o auxilie na obtenção de parâmetros para a avaliação do sistema de irrigação localizada por gotejamento em agricultura de base familiar, favorecendo o uso racional dos recursos hídricos e meio ambiente, sem, contudo, comprometer a necessidade hídrica da cultura por escassez ou excesso de água.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um programa computacional para auxiliar na avaliação da uniformidade da irrigação por gotejamento em propriedades com base na agricultura familiar propiciando informações que auxiliem o usuário no correto manejo da irrigação sem comprometer os recursos hídricos visando à maximização da produção.

2.2 Objetivos específicos

- Desenvolver um programa computacional de interface amigável, trilingue (português/espanhol/inglês), de fácil utilização.
- Permitir o gerenciamento de vários projetos de irrigação familiar por gotejamento.
- Armazenar e recuperar dados de vazões coletadas e valores de coeficientes em banco de dados.
- Fornecer parâmetros para o manejo da irrigação, favorecendo o controle de recursos hídricos, meio ambiente e melhor desempenho nos resultados da produção.
- Exportar as leituras coletadas e valores de coeficientes armazenados no formato *Comma Separated Values (CSV)*.
- Gerar relatórios dos dados coletados.
- Gerar gráficos que permitam um maior controle do sistema de irrigação localizada.
- Simular metodologia para avaliação da aplicação de água em irrigação por gotejamento.
- Fornecer parâmetros para a correção da aplicação de água na irrigação localizada por gotejamento.
- Implementar um sistema teste e utilizar o programa para avaliá-lo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Agricultura familiar

Segundo SILVA (2006), a agricultura familiar é uma forma de produção na qual predomina a interação entre gestão e trabalho. São os agricultores familiares que dirigem o processo produtivo, enfatizam a diversificação e utilizam o trabalho familiar, eventualmente complementado pelo trabalho assalariado.

A agricultura familiar representa 4,2 milhões de estabelecimentos e correspondem a 70% da população agrícola (SABOURIN, 2007). Ao lado do esforço de adaptação é preciso reconhecer que a agricultura familiar não pode prescindir dos avanços que vêm sendo desenvolvidos pelas redes de pesquisa, incluindo a biotecnologia (transgênicos), a informática e os novos processos de gestão e monitoramento da produção como, por exemplo, o controle do florescimento e maturação dos frutos, microirrigação, etc. (SILVA, 2006).

Sem tecnologia, a agricultura familiar não consegue manter-se competitiva e não conseguirá sobreviver. No Brasil, os agricultores familiares, mesmo os que podem ser economicamente viáveis, enfrentam a restrição do tamanho da propriedade. Neste sentido, tecnologias apropriadas permitem a intensificação da geração de valor agregado a pequenas áreas, a redução da restrição colocada pela disponibilidade da mão-de-obra familiar e a exploração das vantagens organizacionais associadas à base familiar, o que dá sentido a ideia de tecnologia para agricultura familiar (SILVA, 2006).

3.2 A técnica de irrigação

De grande importância para a humanidade a irrigação, proporciona o desenvolvimento sustentável no campo, gerando empregos, diminuição do êxodo rural, índices menores de investimentos, renda e maximização da produção agrícola.

Para WERNECK, FERREIRA e CHRISTOFIDIS (2009), irrigação é o conjunto de técnicas destinadas a deslocar a água no tempo ou no espaço para modificar as possibilidades agrícolas de cada região, visando corrigir a distribuição natural das chuvas e possibilitando que o agricultor alcance a máxima produção.

A irrigação é uma técnica antiga que acompanha o desenvolvimento econômico dos povos. Historicamente é vista como um fator de riqueza, prosperidade e segurança (MANTOVANI; SALASSIER; PALARETTI, 2007). Há relatos históricos que fornecem informações de que a irrigação começou há 4.000 anos, no Egito Antigo, às margens do rio Nilo, com a construção de diques, represas e canais para o melhor aproveitamento do rio, constituindo-se como a primeira obra de “engenharia” relacionada à irrigação, ordenada pelo Faraó Ramsés III. (SILVA, 2006, MANTOVANI; SALASSIER; PALARETTI, 2007).

Mundialmente, a agricultura utiliza cerca de 70,2% de toda água derivada de rios, lagos e aquíferos subterrâneos, enquanto os outros 29,8% são consumidos pelas indústrias e uso doméstico (CHRISTOFIDIS, 2006).

No mundo, do total de área plantada, somente 18% é irrigada, representando 44% da produção mundial de grãos. No Brasil, da área cultivada, 5% são irrigadas, representando 16% da produção de grãos, perfazendo um valor agregado (quantidade + qualidade) da ordem de 25%, em relação ao valor de produção mundial (CHRISTOFIDIS, 2009).

O contínuo crescimento da população mundial vem exigindo uma agricultura competitiva e tecnificada, que possibilite a produção de alimentos de melhor qualidade e em maior quantidade (MANTOVANI; SALASSIER; PALARETTI, 2007).

A irrigação, cuja finalidade é atender às necessidades hídricas dos cultivos, de forma a garantir sua produtividade, pode ser dividida em três grupos: irrigação por superfície, irrigação por aspersão e irrigação localizada (SILVA, 2006).

Na irrigação localizada há vantagens em relação às demais que são: controle da quantidade de água fornecida às plantas; economia de água e energia; suporte a sistemas semiautomatizados ou automatizados; menor utilização de mão-de-obra para manejo; menor incidência de pragas e doenças; permite a quimigação e fertirrigação; excelente uniformidade de aplicação de água.

3.2.1 Sistema de irrigação por gotejamento

De acordo com MEDINA SAN JUAN (1979), o sistema de irrigação por gotejamento começou a ser ensaiado na Alemanha em 1899 e nos E.U.A em 1918, pela utilização de tubos porosos ou perfurados enterrados. O sistema resultou caro, devido ao tipo de tubo utilizado e apresentava problemas de obstrução, porque as raízes das plantas acabavam entupindo as saídas devido à avidez natural por água e oxigênio existentes nos tubos.

Pode-se afirmar que o sistema de irrigação por gotejamento, como conhecido atualmente, iniciou na Inglaterra após a segunda guerra mundial, mas foi na década de 1960, em Israel, por meio do aperfeiçoamento das técnicas de extrusão e injeção dos plásticos que iniciou sua expansão.

Segundo MANTOVANI, SALASSIER e PALARETTI (2007), conceitua-se irrigação localizada como a aplicação da água numa fração do volume do solo explorado pelas raízes da planta, de forma pontual ou em faixa contínua, geralmente com distribuição pressurizada por meio de pequenas vazões (1 a 160 litros por hora) e curtos intervalos de rega (turno de rega de um a quatro dias), mantendo níveis de umidade ideais para a cultura.

Na irrigação localizada, a uniformidade de aplicação da água ao longo da linha lateral está intimamente relacionada à variação de vazão dos emissores. Essa variação é devida às perdas de carga ao longo do tubo e das inserções dos emissores, dos ganhos e perdas de energia de posição, da qualidade do tubo, das obstruções e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento e geometria do emissor (GOMES, 1999).

Para BARRETO FILHO *et al.* (2000), a uniformidade da irrigação tem efeito no rendimento das culturas e é considerada um dos fatores mais importantes no dimensionamento e na operação de sistemas de irrigação.

SOLOMON (1985) afirma que há diversos fatores que afetam a uniformidade de aplicação de água, destacando-se: obstruções, coeficiente de variação de fabricação, expoente de descarga de emissor, sensibilidade do emissor à temperatura e variações de pressão, e que a melhor forma de saber se o sistema está funcionando conforme o projeto é com base nos índices de coeficientes.

3.3 Avaliação do sistema de irrigação

A uniformidade de aplicação de água é um parâmetro que caracteriza o sistema de irrigação em função da diferença de volume aplicado na planta ao longo das linhas laterais. A uniformidade da irrigação tem efeito direto no rendimento de culturas, por isso, é considerada como um dos fatores mais importantes no dimensionamento e na operação de sistemas de irrigação (BARRETO FILHO *et al.*, 2000).

MANTOVANI, SALASSIER e PALARETTI (2007) salientam que a avaliação de um sistema de irrigação localizada tem o mesmo princípio da avaliação de outros sistemas, consistindo na coleta de vazões e ou lâminas aplicadas e as efetivamente utilizadas pelas plantas em provetas (medidores graduados). Seja qual for o método utilizado, recomenda-se paciência e dedicação. O processo de coleta consiste na escolha aleatória dos pontos a

serem amostrados, escolhendo pontos que estejam funcionando corretamente. A metodologia utilizada é válida também para o sistema por microaspersão.

KELLER e BLIESNER (1990) relatam que é recomendável, após a instalação de um sistema de irrigação, avaliar a adequação da irrigação por meio de testes em campo, para propor ajustes na operação e no manejo, visando maximizar a eficiência do sistema.

3.3.1 Método Keller e Karmeli

KELLER e KARMELI (1974) recomendam a coleta de vazão em quatro pontos ao longo da linha lateral, ou seja, do primeiro gotejador, dos gotejadores situados a $1/3$ e $2/3$ do comprimento e o último gotejador. As linhas laterais selecionadas, ao longo da linha de derivação, devem ser as primeiras, as situadas a $1/3$ e $2/3$ do comprimento e a última linha lateral (Figura 1).

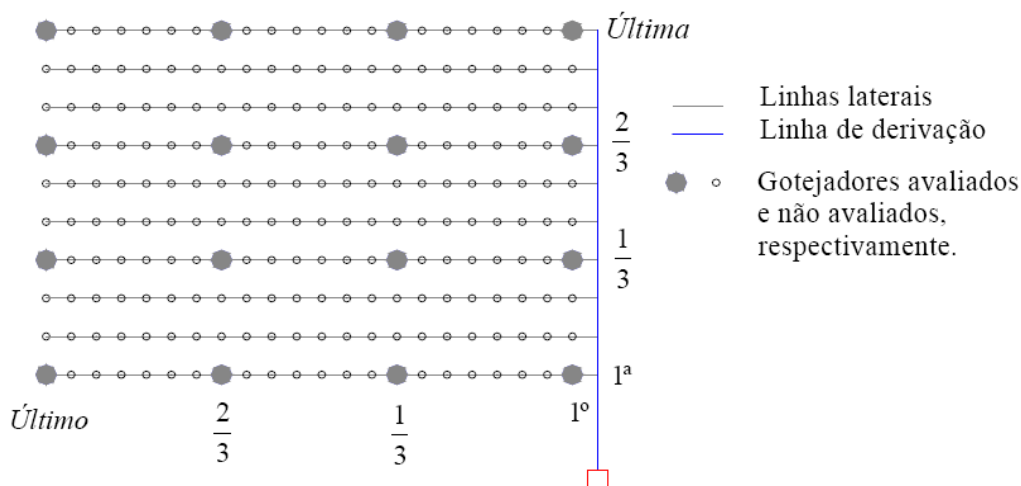


Figura 1 - Esquema de metodologia de determinação da uniformidade em gotejamento por KELLER e KARMELI (1974), adaptado de SILVA & SILVA (2005).

3.3.2 Método Denículi

Segundo MANTOVANI, SALASSIER e PALARETTI (2007), a metodologia proposta por DENÍCULI (1980) propõe a avaliação de maior número de pontos ao longo da linha. Em razão do pequeno número de pontos amostrados em cada linha lateral, principalmente em

se tratando de linhas laterais de maior comprimento, a coleta de vazão é feita em oito gotejadores por linha lateral: do primeiro emissor, dos emissores situados a posição $1/7$, $2/7$, $3/7$, $4/7$, $5/7$, $6/7$ e do último emissor (Figura 2).

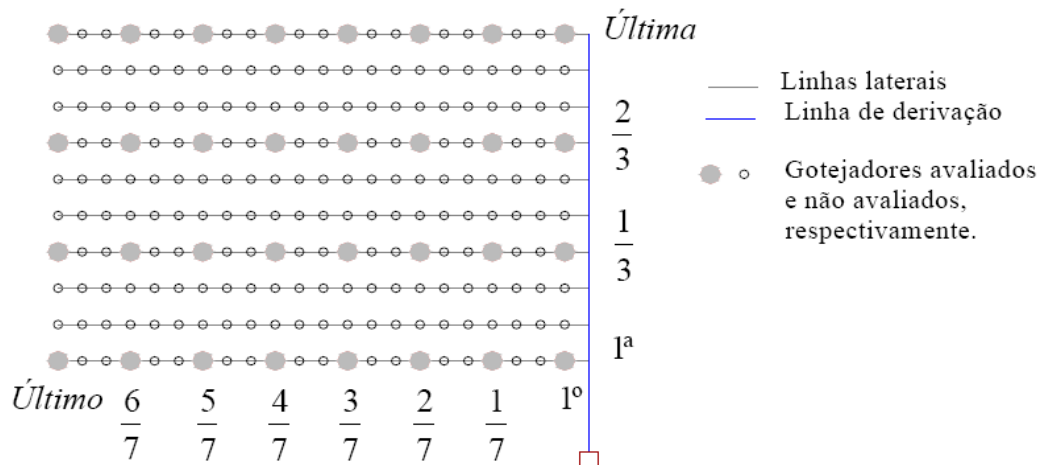


Figura 2 - Esquema de metodologia de determinação da uniformidade em gotejamento por DENÍCULI, adaptado de SILVA & SILVA (2005).

3.4 Uniformidade de aplicação de água

A uniformidade está associada à variabilidade da lâmina de irrigação ao longo da área molhada (FRIZZONE, 1985). Segundo BERNARDO et al.(2006), a uniformidade pode ser expressa por índices ou coeficientes, sendo o mais utilizado o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC). São também utilizados em menor escala o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE).

Quando esses coeficientes são maiores ou iguais a certo valor a uniformidade de distribuição é considerada aceitável. ZOCOLER (2006) afirma que em sistemas por gotejamento, o ideal é que a uniformidade atinja um valor de CUC superior a 90% e CUD entre 85 e 90%.

Para os métodos de KELLER & KARMELI e DENÍCULI são aplicados cálculos de coeficientes para avaliar o desempenho do sistema de irrigação localizada.

3.4.1 Coeficiente de uniformidade de Christiansen

CHRISTIANSEN (1942) citado por BERNARDO et. al. (2007) propôs um índice que avalia a uniformidade, onde o valor mínimo admitido é de 80% dentro da parcela de irrigação.

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_i^n (q_i - \bar{q})}{n \cdot \bar{q}} \right] \quad \text{Eq. (1)}$$

Sendo:

q_i = vazão de cada emissor, L.h⁻¹;
 \bar{q} = vazão média dos gotejadores, L.h⁻¹;
 n = número de emissores.

3.4.2 Coeficiente de uniformidade de distribuição

O Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), apresentado originalmente por KELLER e KARMELI (1974), é baseado na razão entre as vazões mínimas e médias dos emissores. Segundo PIZARRO CABELLO (1996), quanto maior o valor do CUD mais cara será a instalação de irrigação, já que para haver uma menor variação da vazão na subunidade de irrigação a distribuição da pressão na rede hidráulica tem que ficar mais uniforme, exigindo maiores diâmetros de tubulação, menores comprimentos das tubulações laterais e maior investimento em reguladores de pressão.

Como parâmetro para avaliação da uniformidade pode-se utilizar os valores da Tabela 1.

Tabela 1 - Uniformidade de distribuição (UD) da aplicação de água

Valor	Uniformidade
UD ≥ 90%	Excelente
80% ≤ UD < 90%	Boa
70% ≤ UD < 80%	Regular
UD < 70%	Ruim

Fonte: KELLER; KARMELI (1974).

$$CUD = 100 \cdot \left(\frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \right) \quad \text{Eq. (2)}$$

Sendo:

$q_{25\%}$ = média de 25% das vazões com menores valores, L.h⁻¹;
 \bar{q} = vazão média dos gotejadores, L.h⁻¹.

3.4.3 Coeficiente de uniformidade estatístico

A avaliação da uniformidade de irrigação, segundo a ASAE (1996), citado por BARRETO FILHO *et al.* (2000), é baseada no método de estimação de uniformidade em campo proposto por BRALTS e KESNER (1983) e fundamentado no Coeficiente De Uniformidade Estatístico. KELLER (2001) citado por MELO SOUZA *et al.* (2009) recomenda a utilização deste coeficiente na representação da uniformidade de pequenos sistemas de irrigação localizada.

$$CUE = (1 - (\frac{\sigma}{\bar{q}})). 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

Sendo:

σ = desvio-padrão da vazão dos emissores;
 \bar{q} = vazão média dos emissores, L.h⁻¹.

3.4.4 Coeficiente de variação de fabricação

Para MERRIAM e KELLER (1978), os fatores que contribuem para a não uniformidade do sistema de irrigação estão relacionados ao controle de qualidade nos processos de fabricação, falha no manejo, mudanças físicas dos componentes, envelhecimento e entupimento dos emissores.

PIZARRO CABELLO (1996) explica que para classificar os gotejadores em categorias de qualidade utiliza-se o Coeficiente de Variação de Fabricação (CVf).

O CVf é um importante fator que influencia a uniformidade de emissão de água e, segundo SOLOMON (1979), os valores, em geral, situam-se entre 0,02 e 0,10, ou pouco acima disso, e devem ser fornecidos pelo fabricante do emissor. Para a determinação experimental do CVf e da relação vazão x pressão, a Associação Brasileira de Normas Técnicas estabeleceu que fosse estudada uma amostra de, no mínimo, 50 unidades para gotejadores e 20 para microaspersores, obtidas aleatoriamente na linha de produção do fabricante. (ABNT, 1986).

Em irrigação localizada, os emissores possuem dimensões reduzidas, dificultando a precisão em sua fabricação e tornando-se um importante parâmetro para dimensionamento da irrigação. A variação nas vazões provocadas por falhas construtivas apresentam distribuição normal, permitindo utilizar os conceitos de estatística correspondentes a essa distribuição para conclusões quantitativas. Quanto menor o CVf mais homogêneo é o conjunto de dados.

Os valores de referência são apresentados nas Tabela 2 e Tabela 3.

$$CVf = \frac{\sigma}{\bar{q}} \quad \text{Eq. (4)}$$

Sendo:

σ = desvio padrão;

\bar{q} = vazão média dos gotejadores, L.h⁻¹.

Tabela 2 - Classificação do coeficiente de variação (CVf)

Valor	Classificação
≤0.05	Excelente
0.05 a 0.07	Médio
0.07 a 0.11	Marginal
0.11 a 0.15	Pobre
> 0.15	Inaceitável

Fonte: Solomon (1979).

Tabela 3 - Classificação dos emissores em função do CVf

Valor	Categoria
CV < 0,05	Categoria A - Emissores de elevada uniformidade
0,05 ≤ CV < 0,10	Categoria B – Emissores de baixa uniformidade

Fonte: Pizarro Cabello (1996).

3.5 Programas computacionais

MANTOVANI, SALASSIER e PALARETTI (2007) salientam a importância da implementação de um programa computacional de manejo, pois, torna-se ferramenta de utilização fácil para o controle e avaliação das condições de distribuição de água e perdas do sistema de irrigação. Há programas também que simulam cenários, com a possibilidade de auxílio a estudos de demanda hidráulica, de consumo de água e energia, intervalo entre irrigações, etc.

Dentre os programas computacionais conhecidos voltados a irrigação podemos destacar: Irriga Sulco, DimSulco, Proloc, Sulcos 2000, Tobruk, SASIS, MIRRIG e dataHercules.

O programa Irriga Sulco de VILAS BOAS, RODRIGUES e SAMPAIO (2006), desenvolvido em *Visual Basic*, constitui-se como uma ferramenta para o auxílio técnico na simulação do avanço e do dimensionamento de sistemas de irrigação por sulcos.

O DimSulco de ANDRADE JÚNIOR *et al.* (2001), desenvolvido em linguagem *Visual Basic 5*, em ambiente *Windows 95*, objetiva facilitar o dimensionamento e a avaliação de sistemas de irrigação por sulco, a partir do conhecimento prévio de parâmetros básicos.

O Proloc de GUIMARÃES JR e MATTOS (2000) foi desenvolvido em ambiente *Windows* para elaboração de projetos de irrigação localizada, visando minimizar o custo global do sistema e otimizar o dimensionamento das tubulações.

O Sulcos 2000, desenvolvido por BOTREL & MARQUES (2000), utiliza a linguagem *Delphi* 3.0 e objetiva auxiliar a elaboração de projetos de irrigação por sulcos por meio de procedimentos de cálculos automáticos que agilizam e possibilitam testar várias situações durante a fase de projeto.

O Tobruk, de CASTRO, FARIA e SILVA (2002), foi desenvolvido em linguagem de programação *Delphi* 5.0 versão acadêmica e objetiva fornecer o valor da lâmina ótima econômica de irrigação em situações que possuam uma única cultura por sistema de irrigação, em uma área fixa de valor pré-estabelecido pelo usuário, na qual a água não é o fator limitante à produção.

O SASIS, de PORDEUS *et al.* (2008), tem por objetivo validar a simulação da irrigação por sulco com fluxo contínuo por meio do procedimento matemático de ondas cinemáticas.

O MIRRIG (*A decision support system for design and evaluation of microirrigation system*), de PEDRAS, PEREIRA e GONÇALVES (2009), foi desenvolvido para a concepção de sistemas de microaspersão e gotejamento, sendo uma ferramenta construída para assessorar o agricultor a melhorar seu sistema de irrigação com dados obtidos durante a avaliação de campo de sistemas sob operação. É orientado para a concepção e escolha de tubulação e emissores de irrigação e foi desenvolvido em *Visual Basic* para ambiente *Windows*.

O dataHércules, Sistema Computacional para Coleta e Tratamento de Dados em Irrigação e Fertirrigação por Gotejamento, de REISDÖRFER, HERNANDEZ e BORSSOI (2008), foi desenvolvido em linguagem de programação *Delphi* e tabula e trata os dados de vazão coletados ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$) na irrigação por gotejamento, para a obtenção de valores de coeficientes afim de facilitar a avaliação do sistema de irrigação por gotejamento e tratar os dados de vazões coletadas de forma ágil.

3.5.1 Ambiente de desenvolvimento borland delphi

Delphi é um compilador e um ambiente de desenvolvimento Integrado (IDE) para o desenvolvimento de *softwares*. Produzido pela *Borland Software Corporation*, a linguagem utilizada pelo *Delphi*, o *Object Pascal* (Pascal com extensões orientadas a objetos) a partir da versão 7 passou a se chamar *Delphi Language*. Originalmente direcionado para a plataforma *Windows*, chegou a ser usado para desenvolvimento de aplicações nativas para

Linux e *Mac OS*, através do *Kylix* (conhecido como *Delphi* para *Linux*), e para o *framework Microsoft.NET*, em suas versões mais recentes. Atualmente há um projeto chamado *Lazarus* que possui uma interface muito semelhante ao *Delphi* e a característica de ser multiplataforma, ou seja, funciona tanto no sistema *Windows* como no *Linux*. Largamente utilizado no desenvolvimento de aplicações *desktop*, aplicações multicamadas e cliente/servidor, compatível com os bancos de dados mais conhecidos do mercado. Como uma ferramenta de desenvolvimento genérica, o *Delphi* pode ser utilizado para diversos tipos de desenvolvimento de projeto, abrangendo desde Serviços a Aplicações Web e CTI. Pode ser usado para desenvolver aplicações que exijam tanto uma linguagem de alto nível como também de baixo nível. (EMBARCADERO, 2009).

Neste trabalho, optou-se pela linguagem de programação *Delphi* por ser uma ferramenta de desenvolvimento visual bastante conhecida e difundida no mercado de desenvolvimento de programas computacionais e pela experiência do autor com a ferramenta.

3.5.2 Sistemas gerenciadores de banco de dados relacional (SGBDR)

Banco de dados é uma lista organizada de informações que proporciona um meio rápido e fácil de encontrar qualquer informação, de acordo com um ponto de referência escolhido (FEDDEMA, 2007).

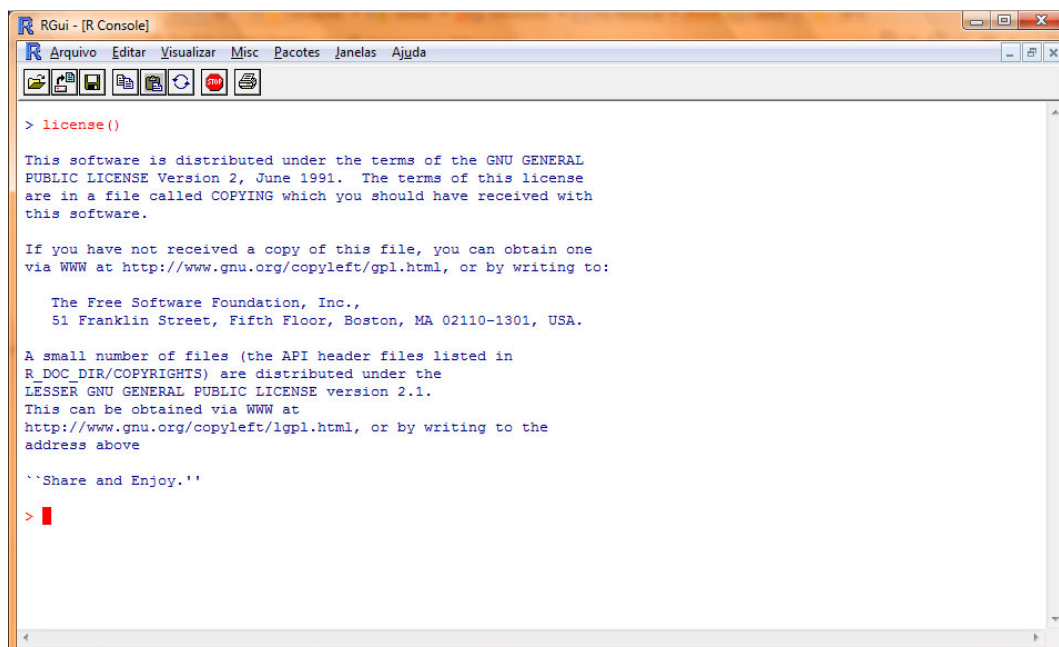
À medida que a área tecnológica evoluiu, surgiu a necessidade de conhecimentos específicos que demandavam custos operacionais para armazenamento e recuperação de informações. Há alguns anos, a tarefa de armazenar e recuperar dados era considerada tediosa e onerosa, devido aos procedimentos adotados para catalogar as informações necessárias. Procurar por informações específicas levava dias, semanas e até meses, conforme o sistema adotado. Com o surgimento da informática na década de 1970, muita coisa começou a mudar. Grandes empresas e órgãos governamentais começaram a criar tecnologias de armazenamento e recuperação de informações. Estes processos eram caros e exigiam equipamentos poderosos. Em meados da década de 1980 e início da década de 1990 surgem os *Personal Computer (PCs)*, computadores pessoais com capacidade igual ou superior aos seus antecessores. Deu-se um grande salto de tecnologia num espaço curto de tempo. Novos computadores vão surgindo a cada ano, e com eles novas tecnologias vão sendo criadas e implementadas. O aporte da tecnologia de armazenamento de informações tais como: *dBase*, *Access*, *Paradox*, *MSSQL*, *Oracle*, *Postgree*, *Mysql*, entre outros, tornam-se de fácil acesso a custos irrisórios ou até gratuitos se comparados com seus antecessores de grande porte.

A escolha do Microsoft ACCESS como banco de armazenamento e recuperação de informações parte do pressuposto que todo equipamento que possua o sistema operacional *Windows* instalado já tem uma versão do Access pré-instalada e os que não o têm podem fazê-lo facilmente.

3.5.3 Software Estatístico R

Segundo PETERNELLI e MELLO (2007), o uso de *softwares* estatísticos é de grande importância no que se refere à análise e interpretação de resultados.

O *Statistical R* é um *software* de domínio público, gratuito, de código fonte aberto, podendo ser modificado ou implementado com novos procedimentos desenvolvidos pelo usuário. Considerado uma importante ferramenta na análise e manipulação de dados por apresentar testes paramétricos e não-paramétricos, modelagem linear e não-linear, análise de séries temporais, análise de sobrevivência, simulação e estatística espacial, além da facilidade na elaboração de diversos tipos de gráficos. Este *software* pode ser baixado gratuitamente no endereço eletrônico: <http://www.r-project.org/index.html>. A área de trabalho do *software Statistical R* é demonstrada conforme Figura 3.



```
RGui - [R Console]
Arquivo  Editar  Visualizar  Misc  Pacotes  Janelas  Ajuda

> license()

This software is distributed under the terms of the GNU GENERAL
PUBLIC LICENSE Version 2, June 1991. The terms of this license
are in a file called COPYING which you should have received with
this software.

If you have not received a copy of this file, you can obtain one
via WWW at http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html, or by writing to:

The Free Software Foundation, Inc.,
51 Franklin Street, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301, USA.

A small number of files (the API header files listed in
R_DOC_DIR/COPYRIGHTS) are distributed under the
LESSER GNU GENERAL PUBLIC LICENSE version 2.1.
This can be obtained via WWW at
http://www.gnu.org/copyleft/lgpl.html, or by writing to the
address above

``Share and Enjoy.``

> █
```

Figura 3 - Tela principal do *software Statistical R*.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 O programa computacional proIRRIGA

O programa computacional proIRRIGA foi desenvolvido em ambiente de programação orientado a objetos em linguagem *Delphi 7*, utilizando controle *activex RDcom*, com banco de dados *Access*, para plataforma de sistema operacional *Windows*.

Para repositório de dados, adotou-se o *Access* por ser uma ferramenta consolidada no mercado e por estar pré-instalada na maioria dos equipamentos que possuem sistema operacional *Windows*.

O *software Statiscal R* foi escolhido por ser uma ferramenta estatística de domínio público, gratuito, e por possuir uma interface *activex* que permite a outras linguagens de programação acesso as suas bibliotecas, permitindo a manipulação das equações e geração dos gráficos.

Em decorrência da globalização, o sistema está apto a uma interface trilingue (português/espanhol/inglês), facilitando a utilização dos sistemas por seus usuários.

O programa trabalha em dois módulos, módulo principal ou entrada de dados e extração de dados. Na Figura 4, mostra-se o fluxograma da estrutura geral do programa.

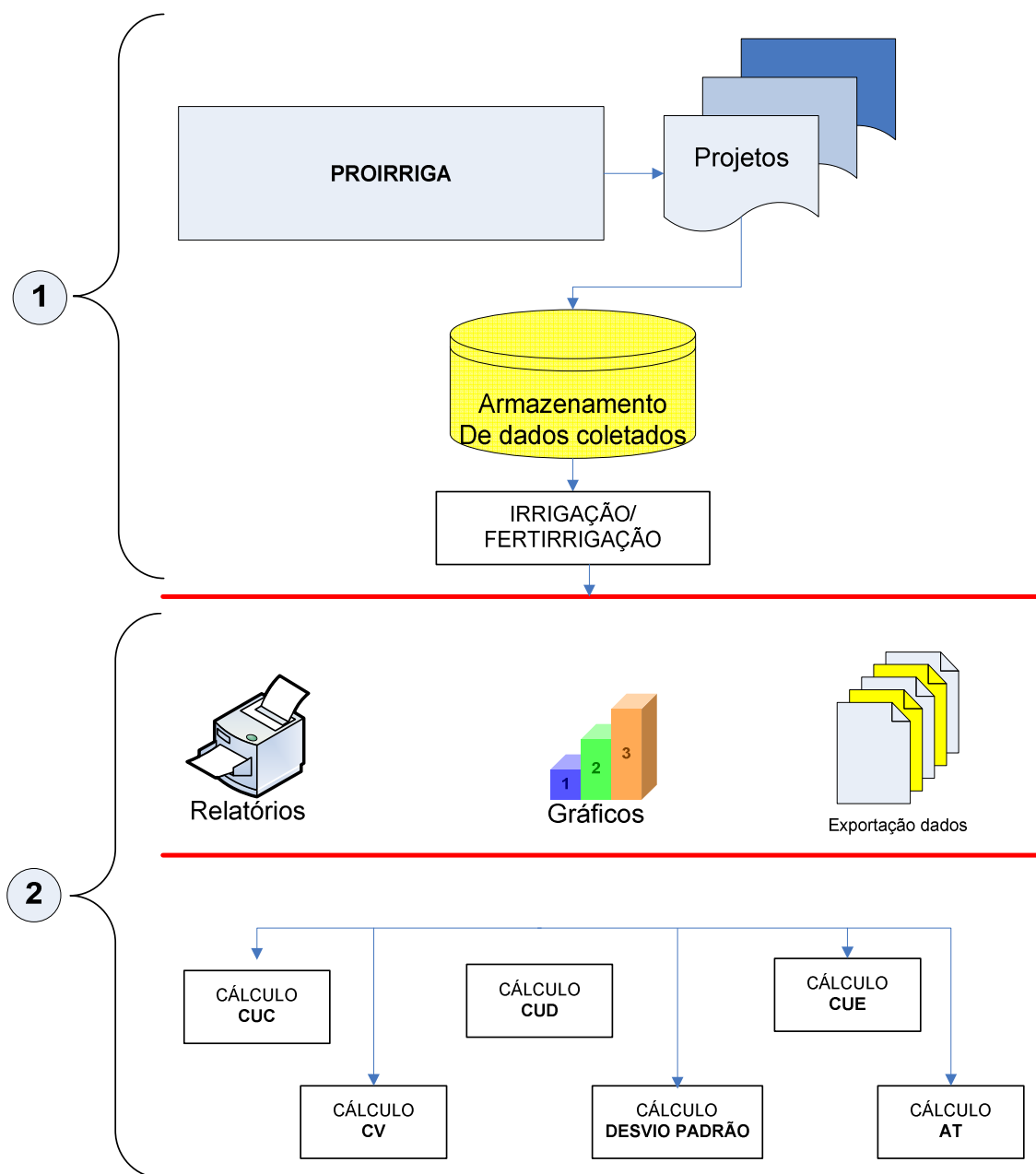


Figura 4 - Estrutura geral do programa computacional: proIRRIGA: 1 - Módulo Principal; 2 - Módulo Extração de Dados.

4.1.1 Módulo principal

A tela principal do programa computacional proIRRIGA permite ao usuário acessar todos os recursos disponíveis no sistema. Dotado de menus intuitivos e visuais, facilita o manuseio pelo usuário. Nele está contido o menu principal que dá acesso às funções do sistema e ao gerenciamento de projetos, permitindo a criação e manutenção dos

repositórios de dados, onde estão armazenadas as informações pertinentes a cada projeto e os dados de vazões. O módulo principal interpreta cada repositório de dados como um projeto individualizado, podendo ser transferido e renomeado independentemente ao programa. Por meio da opção Ferramentas do menu principal, o sistema oferece ao usuário um *link* para baixar os principais recursos necessários ao seu funcionamento.

Pode-se também, escolher no item Idiomas do menu principal, qual dos idiomas (inglês, espanhol, português) será utilizado para operacionalização do sistema.

4.1.2 Módulo de extração de dados

Rotina fundamental do programa computacional, o módulo de Extração de Dados permite ao usuário a extração das informações coletadas e processadas por meio de relatórios, fornecendo ao usuário uma visão geral do sistema de irrigação de forma simplificada e permitindo exportar variáveis (vazões e vazões médias) para o formato padrão CSV, para serem importadas por outros programas.

O módulo de Exportação de Dados está subdividido em três partes:

a) Relatórios

- Visam fornecer ao usuário os dados de vazões coletados a partir de uma pré-seleção dos campos que irão compor o relatório e a folha de controle para coleta dos dados em campo, com base no projeto.

b) Gráficos

- Visam permitir, pela interface *activex* do programa *Statistical R* incorporado ao sistema, a geração de gráficos dos dados pré-selecionados para melhor interpretação e avaliação do sistema de irrigação localizada.

c) Exportação

- Esta interface permite ao usuário a liberdade de escolha de campos e resultados (vazões e vazões médias) oriundos das coletas, para a montagem de um arquivo no formato CSV (*comma separated values*) para exportação. Este formato permite que qualquer outro *software* estatístico (*Ms-Excel*, *Minitab*, etc.) tenha acesso aos dados armazenados em banco de dados.

4.2 Simulação do programa computacional proIRRIGA

Como é esperado de um programa computacional especializado, o proIRRIGA tem que produzir resultados confiáveis com agilidade e precisão. Para que isso seja possível, existe um período de testes e adaptação, em que há uma depuração do programa para verificação de erros e suas correções. Para avaliar o desempenho do programa computacional, implantou-se o experimento de irrigação localizada por gotejamento para fornecer dados para avaliação e comparação, resultando em um delineamento inteiramente casualizado (DIC).

4.2.1 Caracterização da área de simulação

O experimento foi implantado no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola da Unioeste (NEEA), situado no Município de Cascavel, Estado do Paraná, Brasil, com coordenadas geográficas 24° 54' de latitude Sul e 53° 31' de longitude Oeste e altitude de 760 metros, no período de 1 de setembro a 20 de dezembro de 2007.

4.2.2 Caracterização do conjunto de irrigação

Para o experimento foi utilizado um kit de irrigação fabricado pela empresa NetafimTM, modelo *Kif Net-Kit* de irrigação familiar, para áreas de 500 m², utilizando 24 tubos emissores de 16 m de comprimento, espaçamento máximo de 1,30 m entre tubos (conforme a cultura) e distância entre os emissores (microdrip 1,7L.h⁻¹) de 0,30 m para uma carga hidráulica de 200 kPa.

4.2.3 Montagem do experimento

A montagem do experimento consistiu de duas parcelas de 45 m², compostas de seis linhas laterais com 15 m de comprimento, espaçadas em 0,50 m, e gotejadores a cada 0,30 m, perfazendo um total de 50 gotejadores por linha lateral, conforme ilustra a Figura 5.



Figura 5 – Ilustração da distribuição das linhas laterais e recipientes de coleta do experimento implantado para simular a utilização do programa computacional proIRRIGA.

O sistema de irrigação foi testado com carga hidráulica de 1,40 mca ou 14 kPa. Foi utilizado um reservatório (bombona) de 200 L para fornecer água ao sistema de irrigação. A carga hidráulica era controlada por um piezômetro de água graduado, acoplado ao lado do reservatório de água em nível com o sistema de irrigação. O controle da carga hidráulica era feito pela regulação da boia de entrada de água em relação à altura pretendida com o auxílio do piezômetro graduado, mantendo-se o nível de água constante.

As vazões dos emissores foram coletadas em triplicata de acordo com as metodologias propostas no intervalo de 4 minutos e medidas com o auxílio de uma proveta graduada (mL) (Figura 6) e o resultado anotado em folhas de verificação e, posteriormente, digitadas no programa computacional proIRRIGA. O programa computacional encarregou-se da padronização dos dados coletados, visto que algumas repetições tiveram tempo inferior a 4 min. e outras superiores, respeitando as normas ISO 9261 (ISO, 2004) no quesito tempo de coleta mínima de 3 minutos.



Figura 6 - Ilustração do procedimento de coleta de dados em campo.

Foram realizadas coletas para dez eventos com três repetições cada, totalizando 300 coletas submetidas ao programa computacional proIRRIGA para análise de uniformidade, resultando nas Tabela 5 e Tabela 6. Além das vazões foram coletadas outras informações, tais como: temperatura ambiente, temperatura da água, carga hidráulica inicial e final, etc.

As vazões médias por gotejador encontra-se no Apêndice B.

O relatório das avaliações feitas pelo programa computacional proIRRIGA encontra-se no Apêndice C.

As avaliações dos emissores foram realizadas de acordo com as metodologias propostas na Tabela 4.

Para o período de coleta de dados foram desconsiderados os dias que houve chuva.

Tabela 4 - Metodologias avaliadas

Metodologia	Núm. gotejadores avaliados	Critério de seleção dos gotejadores por linha
Todos	40	Todos
Keller	16	1º, 1/3, 2/3, último
Denículi	32	1º, 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7, último
Personalizada	12	1º, ½, último

A metodologia personalizada é uma facilidade do programa computacional proIRRIGA que permite ao usuário a livre escolha dos gotejadores para fazer análise de uniformidade, ou seja, simular uma análise destes gotejadores. Optou-se por demonstrar nesse trabalho a análise com 12 gotejadores, conforme escolha descrita na Tabela 4. As

demais metodologias seguem o que é proposto nas metodologias de KELLER e KARMELI (1974) e DENÍCULI. (1980)

Tabela 5 - Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

Evento	CUD			
	Todos	Keller	Deniculi	Personalizada
1	84,73	91,21	82,82	90,90
2	91,26	90,62	90,72	88,88
3	89,89	87,21	89,48	85,53
4	87,63	83,83	87,11	80,27
5	87,59	83,52	87,05	79,90
6	93,58	91,40	93,00	89,83
7	90,08	90,12	89,46	88,97
8	91,13	92,10	90,46	91,29
9	90,73	87,08	90,38	86,66
10	86,90	83,59	86,47	81,47

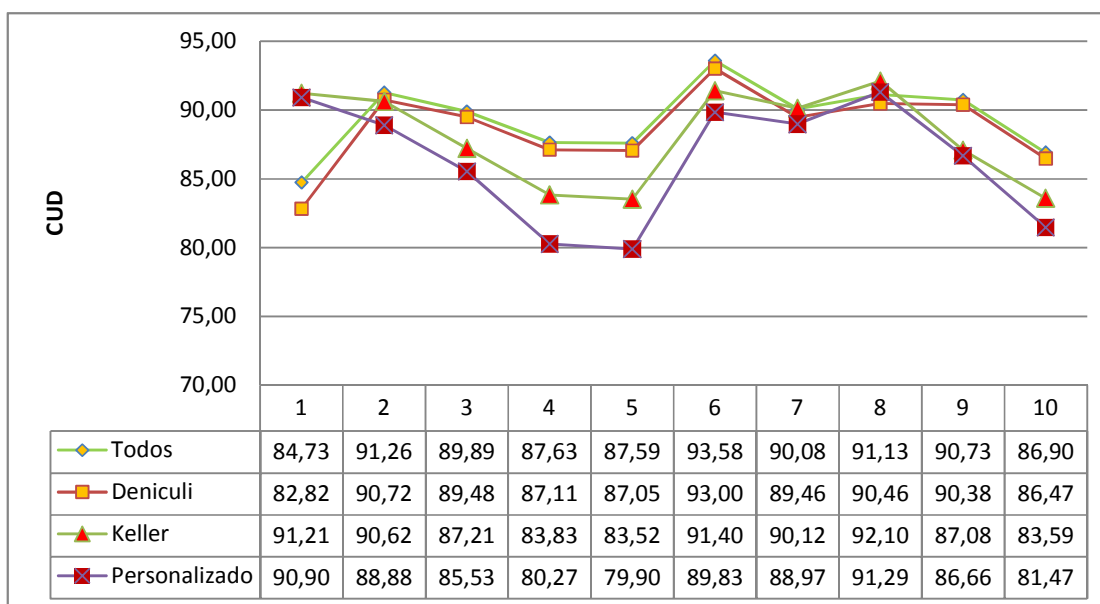


Figura 7 - Gráfico comparativo do CUD em relação às quatro metodologias empregadas.

Na análise da uniformidade de distribuição (Figura 7), nota-se que todas as metodologias estão de acordo com o esperado, obedecendo a um padrão, variando a uniformidade conforme o número de gotejadores avaliados. Segundo ZOCOLER (2006), o coeficiente de uniformidade de distribuição para sistemas de irrigação por gotejamento tem que estar entre 85 e 90%, classificando a uniformidade de boa a excelente. As médias dos dez eventos correspondem a uma uniformidade de 89,35% para Todos, 88,07% para KELLER & KARMELI (1974), 88,70% para DENICULI (1980) e 86,37% para Personalizada, classificando-as como “boa”. Contudo, o CUE proposto por BRALTS e KESNER (1983), e recomendado por Keller (2001), demonstrou ter a uniformidade “excelente”, visto que os

índices, de acordo com as metodologias, tiveram valores acima de 90%, conforme descritos na Tabela 6.

Tabela 6 - Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE)

Evento	CUE			
	Todos	Keller	Deniculi	Personalizado
1	99,13	99,61	98,99	99,70
2	99,73	99,69	99,71	99,68
3	99,70	99,54	99,67	99,51
4	99,57	99,23	99,53	99,13
5	99,52	99,11	99,47	98,93
6	99,86	99,77	99,83	99,70
7	99,68	99,70	99,65	99,62
8	99,78	99,75	99,75	99,75
9	99,73	99,54	99,70	99,46
10	99,51	99,20	99,49	99,17

O CUC demonstrou ser ineficaz para a análise de uniformidade de sistemas de irrigação por gotejamento por manter índices em 100%.

Na Figura 8, mostra-se o CVf resultante das quatro metodologias aplicadas. A maioria oscila entre 0,05 e 0,15, não permitindo a escolha da melhor metodologia, que proporciona o menor coeficiente de variação de fabricação, classificando os emissores segundo a norma ISO 9261 como B (emissores de baixa uniformidade). A média do CVf, de acordo com as metodologias, varia entre 0,09 e 0,10, classificando os emissores como "Marginal".

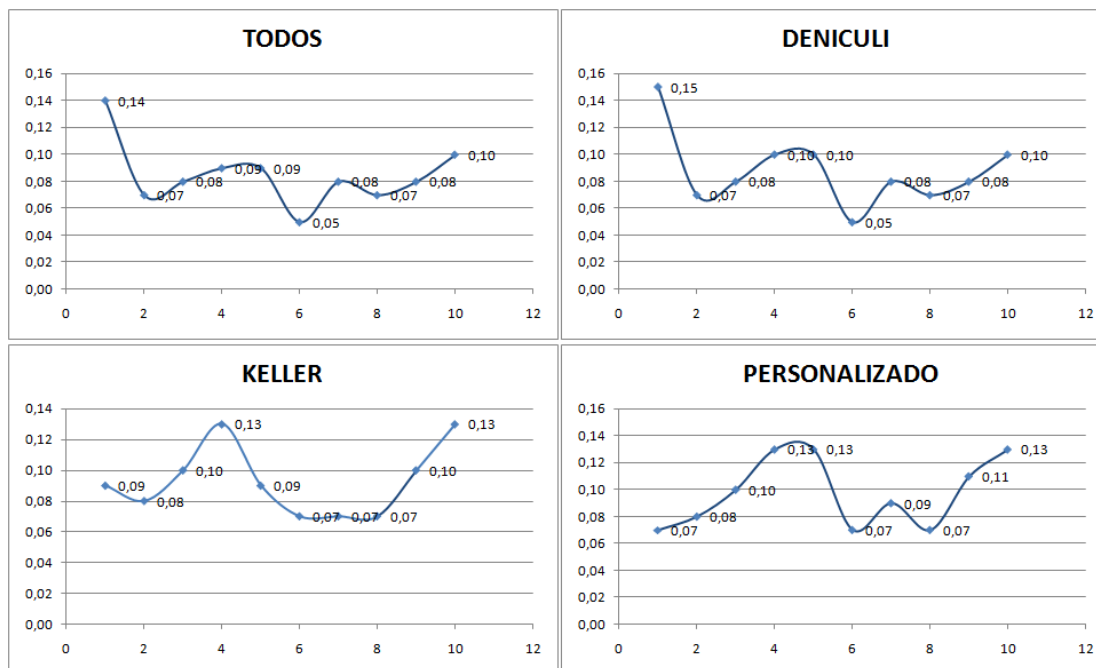


Figura 8 - Gráficos de CVf determinado por quatro métodos.

Também foi determinado o erro relativo entre os valores de uniformidade de distribuição (Tabela 7 Tabela 8 Tabela 9 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**),

expressa pela Equação 5, em que, Err é o erro relativo (%); X a uniformidade de distribuição dos 40 gotejadores (todos); X_0 a uniformidade de distribuição de acordo com as metodologias de Keller (16 gotejadores), Deniculi (32 gotejadores), personalizado (12 gotejadores).

$$Err = \frac{(X - X_0)}{X} \cdot 100 \quad \text{Eq. (5)}$$

Percebe-se pela análise das Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9 que o erro relativo comparado entre os eventos situa-se abaixo dos 5% de significância, com exceção da Tabela 9 em que o erro relativo está acima dos 5%, sugerindo um distanciamento significativo dos valores de uniformidade de distribuição. Já o erro relativo médio foi igual a $89,35\% \pm 0,74\%$, gerado por um erro absoluto de 0,66 para a comparação entre as metodologias “Todos vs Deniculi”, $89,35\% \pm 1,44\%$ gerado por um erro absoluto de 1,28 para a comparação entre as metodologias “Todos vs Keller” e $89,35\% \pm 3,34\%$ gerado por um erro absoluto de 2,98 para as metodologias “Todos vs Personalizado”, sugerindo que não há diferença significativa de erro relativo entre as metodologias aplicadas.

Tabela 7 - Erro relativo da metodologia Todos vs Deniculi

Eventos	Todos	Deniculi	Err (%)
1	84,73	82,82	2,25%
2	91,26	90,72	0,59%
3	89,89	89,48	0,46%
4	87,63	87,11	0,59%
5	87,59	87,05	0,62%
6	93,58	93,00	0,62%
7	90,08	89,46	0,69%
8	91,13	90,46	0,74%
9	90,73	90,38	0,39%
10	86,90	86,47	0,49%

Tabela 8 - Erro relativo da metodologia Todos vs Keller

Eventos	Todos	Keller	Err(%)
1	84,73	91,21	-7,65%
2	91,26	90,62	0,70%
3	89,89	87,21	2,98%
4	87,63	83,83	4,34%
5	87,59	83,52	4,65%
6	93,58	91,40	2,33%
7	90,08	90,12	-0,04%
8	91,13	92,10	-1,06%
9	90,73	87,08	4,02%
10	86,90	83,59	3,81%

Tabela 9 - Erro relativo da metodologia Todos vs Personalizado

Eventos	Todos	Personalizado	Err(%)
1	84,73	90,90	-7,28%
2	91,26	88,88	2,61%
3	89,89	85,53	4,85%
4	87,63	80,27	8,40%
5	87,59	79,90	8,78%
6	93,58	89,83	4,01%
7	90,08	88,97	1,23%
8	91,13	91,29	-0,18%
9	90,73	86,66	4,49%
10	86,90	81,47	6,25%

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa computacional proIRRIGA foi desenvolvido em linguagem *Delphi*, interagindo com o *software* estatístico *Statistical R*, por meio do controle *activex RDcom*. Sua função é auxiliar na avaliação de uniformidade de aplicação de água em irrigação familiar localizada por gotejamento, propondo ajuste no manejo e visando maximizar a eficiência do sistema de irrigação.

5.1 Pré-requisitos do programa

Como parte dos pré-requisitos para funcionalidade do sistema é aconselhável:

- Sistema operacional *Windows XP* ou superior.
- Espaço mínimo em HD de 1 gigabyte.
- Memória RAM de 256 MB ou superior.
- Engine do banco de dados *Microsoft Access*.
- Programa estatístico *Statistical R 2.5.1* ou superior
- Controle *Activex R(D)COM Server* (maiores detalhes podem ser obtidos no *link*:

http://www.sciviews.org/_rgui/projects/RDcom.html.

5.2 Execução do programa proIRRIGA

O programa computacional proIRRIGA não requer instalação específica, bastando para sua execução que os pré-requisitos estejam instalados no equipamento em questão. Salvo isto, será somente copiar o executável proIRRIGA.exe para a pasta destino e executá-lo. No momento da execução do programa é mostrada no canto inferior direito da tela principal (Figura 9) uma caixa de diálogo na qual são explicitados os requisitos necessários. Para evitar erros na execução do programa computacional ele faz uma checagem dos pré-requisitos quando de sua utilização, advertindo ao usuário sobre a sua presença ou ausência.

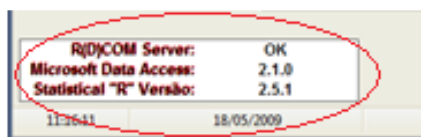




Figura 9 - Status dos pré-requisitos ao funcionamento do programa computacional proIRRIGA.

A Tabela 10 apresenta o ícone da forma como o programa computacional e o repositório de dados podem ser visualizados no *Windows Explorer*.

Tabela 10 - Identificação dos ícones do programa computacional

	Ícone do aplicativo executável proIRRIGA.exe
	Ícone do repositório de dados individualizado.

5.3 Módulo principal

A primeira tela do programa computacional proIRRIGA (Figura 10) constitui o *menu* principal. Ela é dotada de um *layout* simples e intuitivo (Figura 11). A opção Arquivo dá acesso ao gerenciador de arquivos ou repositório de dados. A opção Idiomas permite ao usuário eleger o idioma padrão (inglês, espanhol, português) do programa, alterando a apresentação dos títulos e descrição de variáveis de acordo com a seleção, ficando registrada a opção escolhida para a próxima execução do programa. A opção Ferramentas permite ao usuário por meio do *link* de *internet* baixar os arquivos de pré-requisitos para o bom funcionamento do sistema. Caso o usuário não tenha acesso à *internet* há uma subpasta junto ao disco de distribuição denominada Útil, onde estarão disponíveis as três instalações de pré-requisitos necessários ao funcionamento do proIRRIGA. A opção Ajuda fornece uma descrição sucinta do objetivo do programa computacional e informa sobre os colaboradores que fizeram parte do projeto. Nesta mesma tela há informação de data e hora local do equipamento, e *status* dos pré-requisitos (Figura 9).

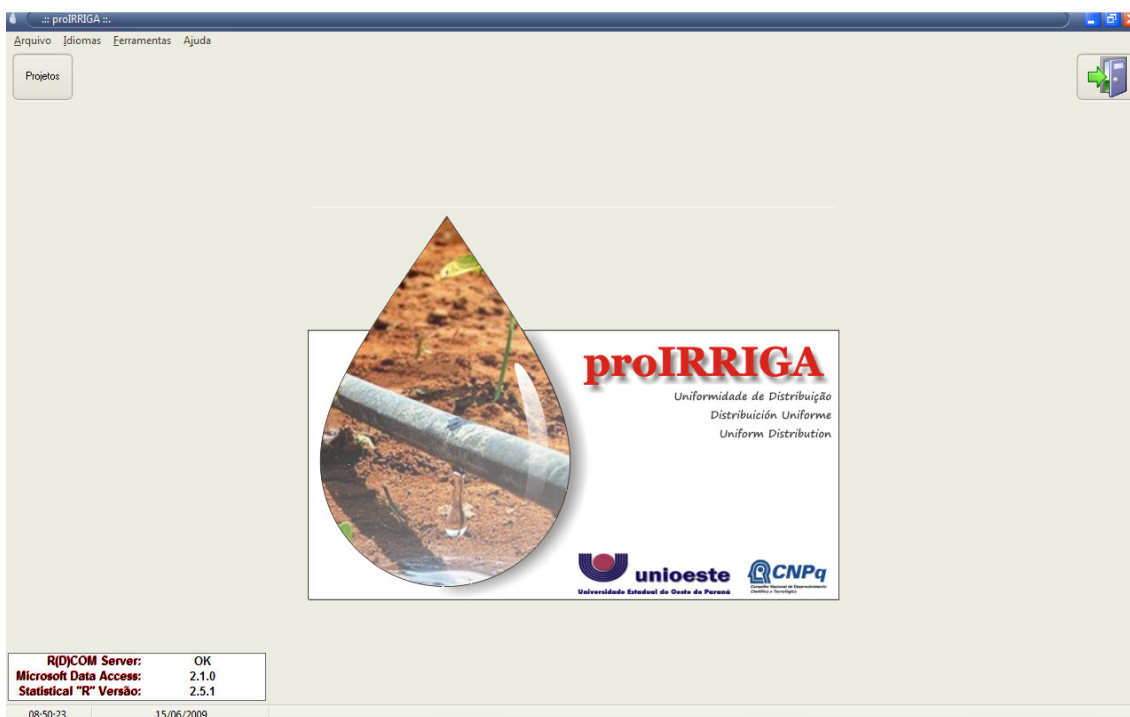


Figura 10 - Tela principal do programa computacional proIRRIGA.



Figura 11 - Opções de itens de menus do proIRRIGA.

5.3.1 Menu cadastro - projetos

O menu Cadastro – Projetos é composto por uma tela (Figura 12) disposta em duas colunas. A primeira elenca todos os repositórios de dados disponíveis. A segunda coluna permite a seleção da pasta onde os arquivos de repositório de dados ficarão armazenados no computador, conforme mostrado no rodapé da tela, bem como a criação, manutenção e

exclusão de arquivos de repositório de projetos. Uma vez selecionada a pasta de armazenamento do repositório de dados, ela fica pré-salva no sistema, e quando se retorna a esta opção ela estará “setada” como padrão.

A opção Arquivo Novo permite ao usuário criar um novo repositório de dados (Figura 13) de acordo com o caminho selecionado em Selecionar pasta e visível no rodapé da tela (Figura 12).

A opção Abrir permite ao usuário acesso ao repositório de dados selecionado. O duplo-click do *mouse* na primeira coluna sobre o arquivo selecionado tem a mesma função aqui descrita. Apesar de ser um arquivo padrão *Ms-Access* renomeado, o programa computacional no ato de abrir o arquivo verifica a sua integridade para averiguar se a estrutura é aceita pelo sistema, alertando ao usuário da inconsistência encontrada.

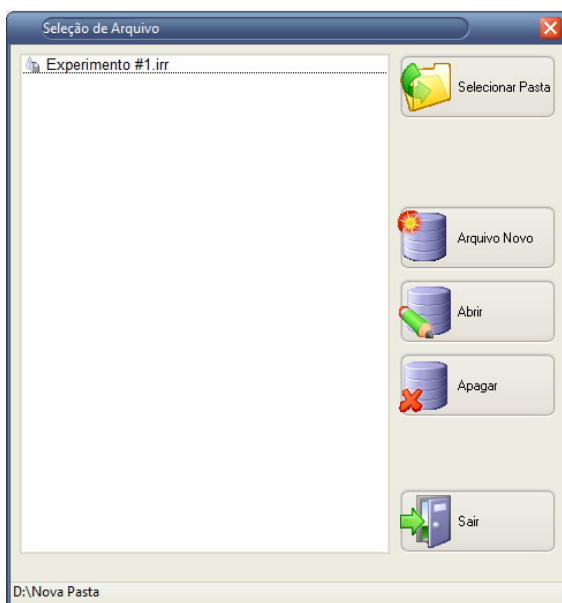


Figura 12 - Tela do repositório de dados ou gerenciador de arquivos do proIRRIGA.

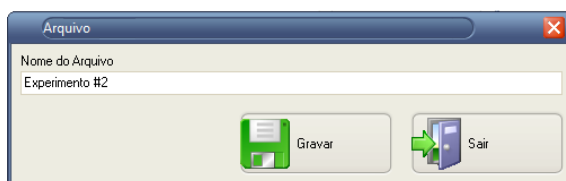


Figura 13 - Tela de criação de novo repositório de dados ou projeto do proIRRIGA.

As demais opções seguem o que sugere a descrição do botão. Após o usuário ter criado um repositório de dados o sistema está apto a receber informações complementares dos projetos (leituras, dados de vazões, etc.). Cada repositório de dados permite a

manutenção de vários projetos distintos, ou seja, um repositório de dados pode conter “n” projetos distintos.

O funcionamento do proIRRIGA segue uma estrutura lógica de entrada de dados (Figura 14). A princípio, para utilizar o programa deve-se ter em mente que haverá um arquivo (repositório de dados) que será responsável pelo armazenamento das informações colhidas em campo (temperaturas, cargas hidráulicas, vazões, tempo de coleta, etc.). Anterior a esta etapa deve-se ter um projeto com a descrição das principais características a serem analisadas, como: nome do projeto, tempo de coleta padrão, responsáveis, data inicial e final, etc. Conseqüentemente, haverá coletas e repetições (de acordo com o número que foi projetado e estipulado no projeto) e, respectivamente, as vazões coletadas em cada repetição. Após todas estas informações, é que se terá os resultados por meio de relatórios e gráficos.

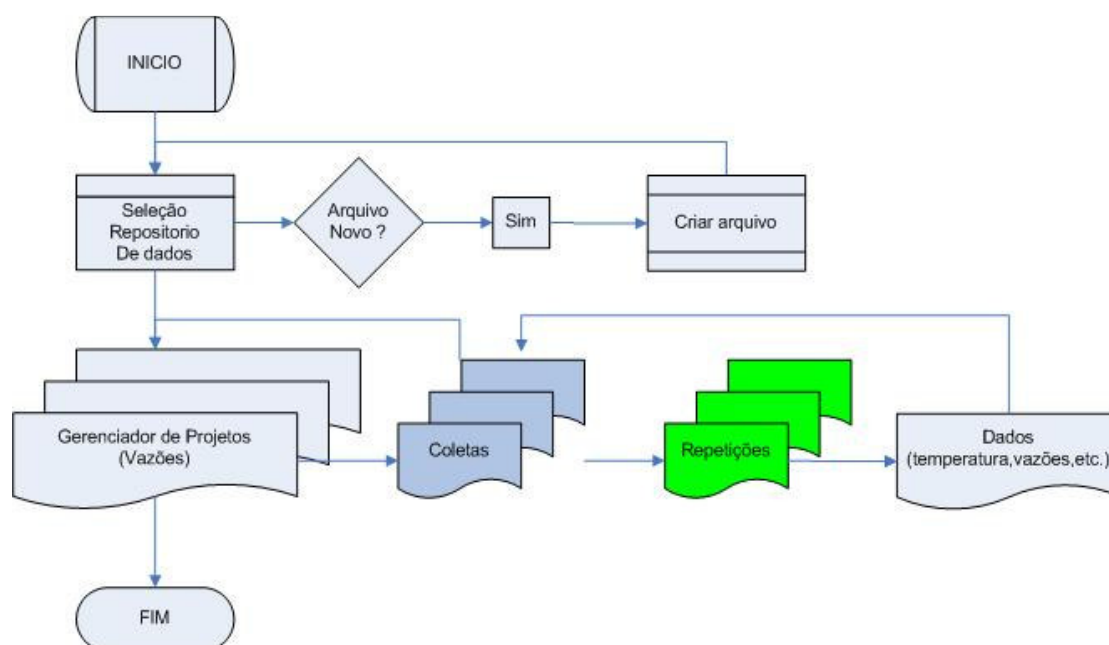


Figura 14 - Fluxograma de entrada de dados do proIRRIGA.

5.3.1.1 Projetos

Após a seleção do repositório de dados (botão Abrir da seleção de arquivo) o usuário visualizará o formulário denominado Projetos (Figura 15). Este formulário nada mais é que um gerenciador de projetos, podendo ser inseridos quantos projetos forem necessários. Esta facilidade fornece ao usuário um resumo do projeto, visto que, o campo Nr. Leituras Realizadas reflete a quantidade de leituras já feitas, de acordo com o projetado. O programa

computacional não permite ao usuário acrescentar mais leituras e ou repetições do que foi projetado.

Dotado de seis botões, o programa permite ao usuário o retorno ao formulário de repositório de dados, viabilizando Criar Novo, Alterar e Excluir Projetos, Acessar os Dados de Coletas e Atualizar a Tela caso o programa computacional esteja trabalhando em rede com outros usuários.



Figura 15 - Formulário de gerenciamento de projetos do proIRRIGA.

O botão Novo permite ao usuário criar um novo projeto com suas próprias características (Figura 16).

Podendo ser utilizado por agricultores e pesquisadores o programa computacional permite ao usuário registrar informações básicas referentes à área a ser pesquisada, como:

- Descrição: descrição sucinta do projeto.
- Data de início e término da pesquisa.
- Tempo coleta padrão: esse campo é importante, porque serve como referência nas coletas de vazões.
- Responsáveis e observações: campo de digitação livre, no qual podem ser relatadas as pessoas responsáveis e peculiaridades do projeto.

- Número de leituras, repetições e gotejadores: definem de que forma vai ser montada a estrutura para armazenamento dos dados coletados.
- Status: serve somente para informar ao usuário qual a situação do projeto em questão.
- Disponibilidade de água: estes campos estão relacionados com o cálculo de lâmina bruta e lâmina líquida de água para a irrigação. Maiores detalhes podem ser encontrados em MANTOVANI, SALASSIER e PALARETTI (2007), capítulo 2.

The screenshot shows the 'proIRRIGA' software interface. The window title is 'Projetos'. The main content area is divided into several sections:

- Descrição:** Experimento Irrigação Localizada - NEEA
- Data Início:** 01/09/2008
- Data Término:** 20/12/2007
- Tempo coleta:** 00:04:00
- Responsáveis:** Marcelo Reisdorfer, Ricardo Hernandez Hernandez, Adilson Luiz Barsoti, Marcio A. Vilas Boas
- Observações:** Experimento realizado somente com Água
- Coefficiente Uniformidade Fabrica:** 0,000
- Número de Leituras:** 25
- Número de Repetições:** 3
- Número de Gotejadores:** 40
- Status:** Aberto, Cancelado, Encerrado
- [Disponibilidade de Água]:**
 - Cc = 42,00 %
 - Pm = 20,00 %
 - Da = 1,100 g/cm³
 - Z = 30,000 cm
 - Ea = 85,00 %
 - f = 0,30
 - Pe = 0,00 mm/dia
- Irrigação Real Necessária:** 21,78 mm (highlighted in red)
- Irrigação Total Necessária:** 25,62 mm (highlighted in yellow)

At the bottom right, there are two buttons: 'Gravar' (Save) and 'Cancelar' (Cancel). The system tray shows the time 14:13:40 and the date 18/05/2009.

Figura 16 - Detalhe do formulário de inclusão e alteração de projetos do proIRRIGA.

O botão Alterar permite ao usuário alterar as características acima mencionadas.

O botão Excluir permite ao usuário realizar a exclusão do projeto selecionado.

O botão Coletas permite ao usuário dar continuidade a captação dos dados, descrita no próximo item.

5.3.1.2 Coletas

O formulário de coletas ou leituras é responsável pelo gerenciamento das leituras a serem realizadas de acordo com as características que constam no projeto (Figura 16).

Permite ao usuário gerenciar as leituras realizadas. Na coluna Coletas realizadas tem-se a informação sobre o número das coletas já executadas pelo usuário. Ordenadas automaticamente pelo programa computacional, as leituras contam com dois campos para controle (Figura 17). O primeiro campo Carga Hidráulica aplicada permite ao usuário fazer menção a qual carga hidráulica (mca) o sistema de irrigação avaliado está sendo submetido. Já o campo Observações é de livre digitação, e serve de histórico para consultas futuras.

Os botões Novo, Alterar, Excluir, Atualizar e Retornar têm suas funções condizentes com seus títulos.

The screenshot displays the 'Leituras' (Readings) management interface in the proIRRIGA software. The window title is 'Projetos'. The interface features a table with the following data:

Nr. Leituras	Carga Hidráulica	Coletas realizadas
1	1,20 m.c.a	3
2	1,20 m.c.a	0
3	1,20 m.c.a	0
4	1,20 m.c.a	0

Below the table, there are several functional buttons: 'Novo' (New), 'Alterar' (Edit), 'Excluir' (Delete), 'Atualizar' (Update), and 'Exportar' (Export). Additionally, there are buttons for 'Repetições' (Repetitions) and 'Avaliar sistema de irrigação' (Evaluate irrigation system). A 'Retornar' (Return) button is located at the bottom right. The status bar at the bottom indicates the time as 23:02:41 and the date as 22/05/2009.

Figura 17 - Detalhe do formulário de leituras (coletas) do proIRRIGA.

Figura 18 - Detalhe do formulário de cadastro de Leituras (coletas) do proIRRIGA.

O botão Exportar , como o próprio título já diz, fornece acesso ao formulário de exportação de dados. Este item será abordado individualmente mais adiante.

O botão Avaliar sistema de irrigação introduz o usuário a um formulário para avaliação do sistema de irrigação e será abordado num item posterior.

O botão Repetições fornece acesso ao formulário de repetições.

5.3.1.3 Repetições

Este formulário (Figura 19) é um gerenciador das repetições realizadas que fornece ao usuário uma visão parcial dos dados. Cada repetição corresponde a uma coleta de dados com informações relevantes ao momento da leitura. Vale salientar que, em todos os gerenciadores, o número de dados para registro permitido pelo programa computacional será equivalente ao número projetado pelo formulário Projetos (Figura 16).

Os botões Novo e Alterar permitem ao usuário acessar o formulário de coleta de dados.

Os botões Excluir, Atualizar e Retornar têm suas funções condizentes com seus títulos.

The screenshot shows a web application window titled 'Projetos' with the 'proIRRIGA' logo. The main content area is titled 'Repetições' and contains a table with the following columns: Descrição, Data Coleta, Hora da Coleta, Tempo coleta, Temp. Ambient °C, Temp. Agua Entrada. °C, and Temp. Agua Final Linha °C. Below the table, there is a navigation bar with a 'Retornar' button (left arrow) and four action buttons: 'Novo' (plus icon), 'Alterar' (pencil icon), 'Excluir' (trash icon), and 'Atualizar' (refresh icon). The status bar at the bottom shows the time '22:13:14' and the date '19/05/2009'.

Figura 19 - Detalhe do formulário de gerenciamento de repetições (coletas) do proIRRIGA.

O formulário de coletas de dados (Figura 20) permite ao usuário registrar diversas informações que poderão ser úteis numa análise mais criteriosa, quando necessária. O usuário pode ter a impressão, em um primeiro momento, que neste formulário há campos desnecessários. Porém, todos os campos são de preenchimento obrigatório. Quando necessário o programa computacional irá solicitar ao usuário o preenchimento do campo específico. O que se pretendeu, ao introduzir esses campos no formulário, foi proporcionar ao usuário a capacidade de armazenar o maior número de informações referentes à coleta e formar subsídios para uma análise mais criteriosa, quando necessária, visto que, em se tratando de variáveis ambientais, elas definem o bom funcionamento do sistema de irrigação.

Dentre as inúmeras variáveis que podem ocorrer durante a coleta de dados, optou-se por armazenar as seguintes:

- Descrição - não obrigatória, serve apenas para referenciar a coleta.

- Data coleta - data da coleta das vazões. Esta opção é importante, pois o usuário pode iniciar a coleta da repetição numa determinada data e concluir as demais em outra. Exemplo disto, o usuário começa a coleta dos dados no fim do dia e não consegue terminar o número de coletas no mesmo dia, deixando para o próximo dia a conclusão das leituras restantes. Este fator é importante porque influencia na avaliação da uniformidade dependendo das variáveis ambientais ocorridas no dia (temperatura, chuva, etc.).
- Hora coleta – de extrema importância na avaliação do sistema de irrigação, não sendo de preenchimento obrigatório, permite ao usuário avaliar em qual período do dia houve maior ou menor vazão.
- Tempo Projeto e Tempo Coletado - o primeiro vem como referência padrão registrado no projeto. O segundo campo é o tempo que gasto para coletar os dados de vazões. Uma tarja de cor vermelha pode surgir quando há divergência entre os dois tempos. Com base nesses tempos o sistema fará uma correção das vazões coletadas no momento da transformação de $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ para $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$, para manter a uniformidade das vazões coletadas em relação às demais.
- Carga Hidr. Início Linha - faz menção à carga hidráulica aplicada no início da linha lateral em solo, não sendo a carga hidráulica aplicada pelo reservatório.
- Carga Hidr. Final Linha - faz menção à carga hidráulica aplicada no final da linha lateral.
- Temp. AR – registro da temperatura ambiente.
- Temp. Entrada Linha – registro da temperatura da água no início da linha de derivação.
- Temp. Final Linha – registro da média das temperaturas da água no final de cada linha de derivação.
- Observação – campo livre, para histórico de observações decorrentes durante a coleta das vazões.
- Tabela Vazões Coletadas – Esta tabela é estruturada de acordo com o número de gotejadores estipulado em “projetos”. Contém três colunas: a primeira representa o gotejador, a segunda as vazões coletas em $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e a terceira é a transformação das vazões para $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ de acordo com o tempo de coleta e o tempo padrão definido no início do projeto. A tabela permite ao usuário a digitação contínua das vazões mudando de campo automaticamente.

O botão Imprimir Folha de Verificação permite ao usuário a impressão dos dados contidos neste formulário para verificação e armazenamento, conforme exemplificado na Figura 21.

Projetos

 **proIRRIGA**

Descrição

Breve descrição

Data coleta: 19/05/2009
 Hora coleta: 12:00:00
 Tempo Projeto: 00:04:00
 Tempo coletado: 00:03:30

Carga Hidr. Início Linha: 1,20 mca
 Carga Hidr. Final Linha: 1,18 mca

Temp. AR: 25,00 °C
 Temp. Entrada Linha: 25,80 °C
 Temp. Final Linha: 27,20 °C

Observação

Campo de livre digitação, podendo ser anotados aqui observações decorrentes do momento da coleta das vazões.

Vazões Coletadas			
N. Gotejador	Vazão		L/h
	mL/min		
1	55,000		0,942857
2	53,000		0,908571
3	44,000		0,754286
4	52,000		0,891429
5	51,000		0,874286
6	24,000		0,411429
7	34,000		0,582857
8	56,000		0,960000
9	0,000		0,000000
10	0,000		0,000000
11	0,000		0,000000
12	0,000		0,000000
13	0,000		0,000000
14	0,000		0,000000
15	0,000		0,000000
16	0,000		0,000000
17	0,000		0,000000
18	0,000		0,000000
19	0,000		0,000000
20	0,000		0,000000

Imprimir Folha Verificação | Gravar | Cancelar

22:23:11 19/05/2009

Figura 20 - Formulário de registro de coleta de dados (vazões) do proIRRIGA.

Experimento Irrigação Localizada - NEEA			
Data Inicio	01/09/2008	Data término	20/12/2007
		Tempo Coleta	00:04:00
Nr. Leituras	25	Nr. Repetições	3
		Nr. Gotejadores	40
Descrição: 1a Repeticao - coleta 1			
Data da coleta	30/10/2007	Hora da coleta:	09:40:00
		Tempo coletado:	00:04:00
Carga Hídr. Inicial:	114,60 mca	Carga Hidráulica Fina	74,10 mca
Temperatura AR:	26	Temp Agua entrada:	26
		Temp. Agua Final:	27,2
Gotejador	Vazão coletada		
1	44,00 mL/mm	0,66 L/h	
2	42,00 mL/mm	0,63 L/h	
3	41,00 mL/mm	0,62 L/h	
4	41,00 mL/mm	0,62 L/h	
5	41,00 mL/mm	0,62 L/h	
6	44,00 mL/mm	0,66 L/h	
7	38,00 mL/mm	0,57 L/h	
8	32,00 mL/mm	0,48 L/h	
9	38,00 mL/mm	0,57 L/h	
10	36,00 mL/mm	0,54 L/h	
11	46,00 mL/mm	0,69 L/h	
12	42,00 mL/mm	0,63 L/h	
13	43,00 mL/mm	0,65 L/h	
14	41,00 mL/mm	0,62 L/h	
15	42,00 mL/mm	0,63 L/h	
16	43,00 mL/mm	0,65 L/h	
17	43,00 mL/mm	0,65 L/h	
18	43,00 mL/mm	0,65 L/h	
19	39,00 mL/mm	0,59 L/h	
20	37,00 mL/mm	0,56 L/h	
21	49,00 mL/mm	0,74 L/h	
22	41,00 mL/mm	0,62 L/h	
23	45,00 mL/mm	0,68 L/h	
24	40,00 mL/mm	0,60 L/h	
25	39,00 mL/mm	0,59 L/h	
26	41,00 mL/mm	0,62 L/h	
27	40,00 mL/mm	0,60 L/h	
28	15,00 mL/mm	0,23 L/h	
29	38,00 mL/mm	0,57 L/h	
30	38,00 mL/mm	0,57 L/h	
31	46,00 mL/mm	0,69 L/h	
32	44,00 mL/mm	0,66 L/h	
33	42,00 mL/mm	0,63 L/h	
34	39,00 mL/mm	0,59 L/h	
35	40,00 mL/mm	0,60 L/h	
36	40,00 mL/mm	0,60 L/h	
37	40,00 mL/mm	0,60 L/h	
38	42,00 mL/mm	0,63 L/h	
39	38,00 mL/mm	0,57 L/h	
40	39,00 mL/mm	0,59 L/h	

22/05/2009 15:21:42 1 de 1

Figura 21 - Detalhe do formulário de impressão Folha Verificação, gerado pelo proIRRIGA.

5.3.1.4 Exportação

O formulário Exportação fornece ao usuário um mecanismo para exportação dos dados no formato CSV, ou seja, valores separados por vírgula. Trata-se de um formato de dados utilizado universalmente para troca de informações entre programas computacionais (*Ms-Excel*, *Minitab*, *Statistical R*, etc.).

No primeiro formulário (Figura 22), o usuário deve escolher entre as opções Vazões individuais e Vazões médias. De acordo com a escolha efetuada, o programa computacional conduzirá o usuário para a seleção de novas opções.



Figura 22 - Primeira tela do guia “passo-a-passo” para exportação de dados do proIRRIGA.

No segundo formulário (Figura 23), estão dispostas na tela duas informações. A primeira elenca as repetições cadastradas e a segunda o número de coletas projetadas. Conforme a escolha da opção pelo usuário na sequência “passo-a-passo” o programa computacional irá liberar ou bloquear as ações seguintes. O item Repetições permanecerá disponível ao usuário para seleção quanto for escolhida a opção Vazões individuais.



Figura 23 - Segunda tela do guia “passo-a-passo” para exportação de dados do proIRRIGA.

A terceira tela (Figura 24) fornece ao usuário a opção de escolher quais gotejadores irão fazer parte da exportação dos dados. Há quatro possibilidades:

1. Todos - seleciona todos os gotejadores para exportação.
2. Personalizado - permite ao usuário a livre escolha dos gotejadores que serão avaliados para exportação de dados, bastando para isso que o usuário selecione ou não o gotejador desejado com um duplo-click do *mouse* sobre ele. Aparecerá um sinal de autenticação ao lado no número do gotejador quando selecionado. Este processo pode ser repetido para todos os gotejadores.
3. Método DENÍCULI - permite ao usuário a seleção dos gotejadores que fazem parte desta metodologia. Esta opção só estará ativa se o número de gotejadores projetados satisfizer a quantidade de 32 gotejadores avaliados pelo método.
4. Método Keller – permite ao usuário a seleção dos gotejadores que fazem parte desta metodologia. Esta opção só estará ativa se o número de 16 gotejadores projetados satisfizer a quantidade de gotejadores avaliados pelo método

O botão Exportar (Figura 25) permite ao usuário a seleção da pasta destino do arquivo e eleição do nome do arquivo para exportação. Como resultado desta exportação, tem-se um arquivo no formato texto padrão CSV importável pela maioria dos programas computacionais disponíveis no mercado.



Figura 24 - Terceira tela do guia “passo-a-passo” para exportação de dados do proIRRIGA.

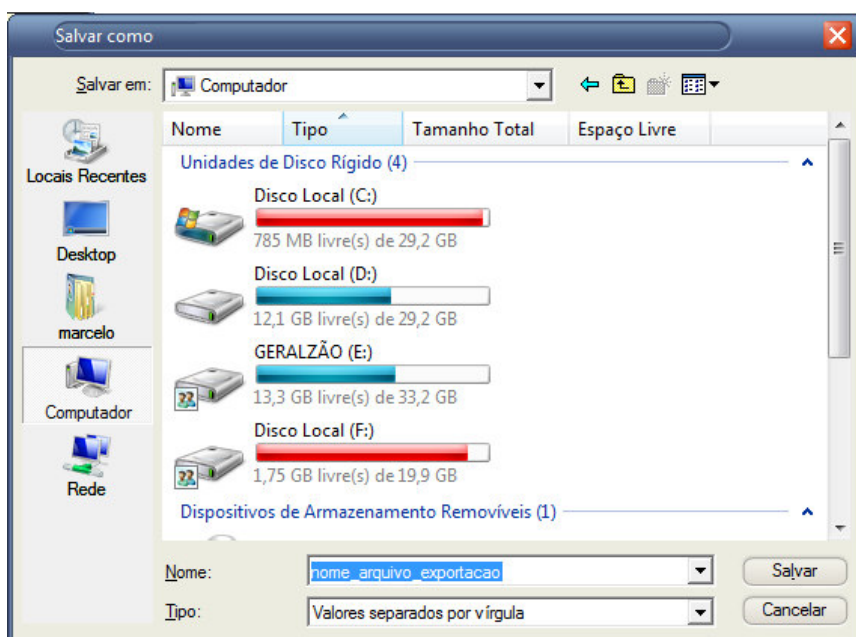
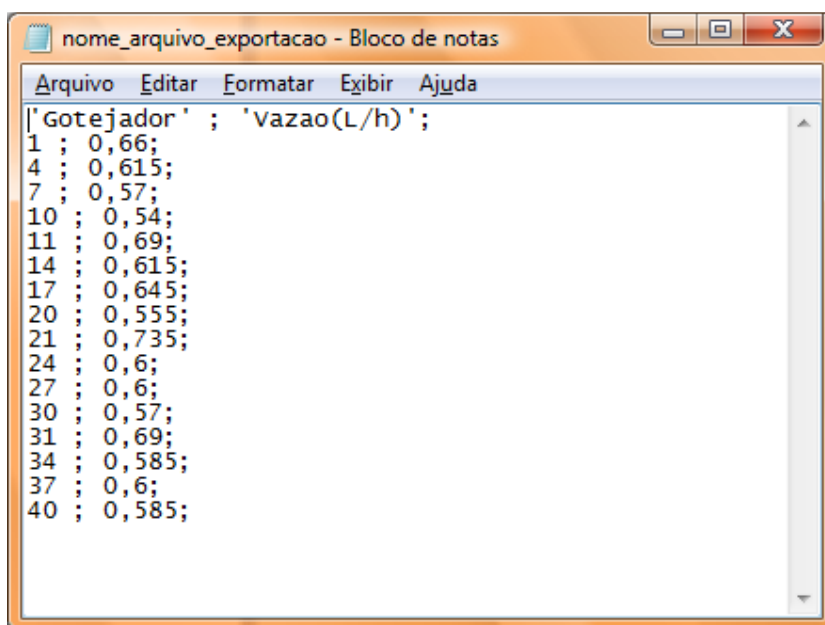


Figura 25 - Seleção da pasta destino e nome do arquivo para exportação do proIRRIGA.

Nas Figura 26 e Figura 27 são mostradas a abertura do arquivo gerado pela exportação de dados no *MS-excel* e *notepad* do *Ms-Windows*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	'Gotejador'	'Vazao(L/h)'							
2	1	0,66							
3	4	0,615							
4	7	0,57							
5	10	0,54							
6	11	0,69							
7	14	0,615							
8	17	0,645							
9	20	0,555							
10	21	0,735							
11	24	0,6							
12	27	0,6							
13	30	0,57							
14	31	0,69							
15	34	0,585							
16	37	0,6							
17	40	0,585							

Figura 26 - Arquivo exportado, aberto pelo programa computacional *Ms-Excel*.



```

nome_arquivo_exportacao - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
'|Gotejador' ; 'vazao(L/h)';
1 ; 0,66;
4 ; 0,615;
7 ; 0,57;
10 ; 0,54;
11 ; 0,69;
14 ; 0,615;
17 ; 0,645;
20 ; 0,555;
21 ; 0,735;
24 ; 0,6;
27 ; 0,6;
30 ; 0,57;
31 ; 0,69;
34 ; 0,585;
37 ; 0,6;
40 ; 0,585;

```

Figura 27 - Arquivo exportado aberto pelo programa computacional Bloco de Notas.

5.3.1.5 Avaliar sistema de irrigação

Este formulário (Figura 28) é responsável pela avaliação do sistema de irrigação. A avaliação parte do pressuposto que existe pelo menos uma leitura e suas respectivas repetições (coletas de vazões) para que a análise possa ser feita. Portanto, para se ter uma certeza dos dados coletados a triplicata é essencial, pois ela vai apontar se houve ou não defeito que comprometa algum gotejador. Este formulário só será acessado quando os pré-requisitos de sistema R(D)COM e *Statistical R* estiverem instalados, caso contrário o programa computacional irá alertar o usuário sobre a ausência.

O ponto de partida da avaliação do sistema de irrigação é o formulário Leituras (Figura 17). Por meio do botão Avaliar sistema de irrigação o usuário seleciona qual a leitura que servirá como base para a avaliação.

Neste primeiro formulário (Figura 28), estão dispostas no tópico Gotejadores quatro opções:

1. Todos – seleciona todos os gotejadores coletados.
2. Personalizado – permite ao usuário por um duplo-click do *mouse* a seleção dos gotejadores que farão parte da análise.
3. Método Denículi – pré-seleciona os 32 gotejadores que fazem parte da metodologia proposta por Denículi.
4. Método Keller – pré-seleciona os 16 gotejadores que fazem parte da metodologia proposta por Keller.

Em todos os casos os gotejadores a serem avaliados estarão identificados por um símbolo de conferido [✓]. Vale ressaltar que nas últimas duas opções (metodologias DENÍCULI e KELLER & KARMELI) só estará disponível a seleção destes métodos se o número de gotejadores projetados corresponderem ao número de gotejadores requeridos pela metodologia.



Figura 28 - Formulário inicial para avaliação do sistema de irrigação do proIRRIGA.

O próximo passo é submeter os gotejadores a avaliação por meio do botão Avaliar. Este botão ao ser clicado gera uma pequena pausa no aplicativo e faz uma chamada em segundo plano ao *software Statistical R* via *activex RDCOM* para execução dos cálculos necessários. Ele retorna ao programa computacional (Figura 29) os resultados no formato de tabela e gráficos. Este formulário por sua vez está subdividido em dois *folders*: resumo e gráficos.

A aba “resumo” traz o resultado da análise dos dados descritos abaixo:

- Método utilizado - faz referência ao método utilizado e está relacionado diretamente à seleção dos gotejadores que fazem parte da análise, podendo ser

todos gotejadores, personalizado, gotejadores segundo método Keller ou gotejadores segundo método Denículi.

- Nr. gotejadores avaliados - é o número de gotejadores utilizados para análise do processo.
- Média L/h – é a média das vazões coletadas nas repetições.
- Desvio padrão – é o grau de dispersão dos dados em torno de um valor médio,
- Coeficiente de variação - é a variabilidade dos dados em relação à média. O resultado deste cálculo pode ser comparado com a Tabela 2 e a Tabela 3. O programa computacional apresenta a classificação de acordo com a Tabela 2, destacando a linha por cores que vão do verde para excelente e vermelho para inaceitável.
- Amplitude Total - é caracterizada pela faixa inicial e final das médias das repetições.
- Mediana – é uma medida de tendência central, servindo para resumir em apenas uma informação a característica do conjunto de dados. É também chamada de medida de posição.
- Coeficiente de Uniformidade de Distribuição – representada pela Equação 2, é a razão das vazões mínimas e médias dos emissores. Sua classificação se dá de acordo com a Tabela 1 e é também representada por linhas de cores diferentes, conforme mostrado na Figura 30. Para se obter esse coeficiente criou-se uma função no *Statistical R*, na qual ela é chamada, retornando como parâmetro o conjunto de dados no formato de matriz e o resultado obtido de duas formas: o primeiro em decimal e o segundo em percentual.
- Coeficiente de Uniformidade Estatístico – é recomendada a sua utilização para representação da uniformidade de pequenos sistemas de irrigação localizada. Sua determinação se dá pela Equação 3.
- Irrigação total necessária – Segundo MANTOVANI, SALASSIER e PALARETTI (2007), é a quantidade de água necessária para a planta. Este campo está disponível no formulário projetos (Figura 16) e é calculado com base na Capacidade de Campo (Cc), Ponto de murcha (Pm), Fator da Cultura (f), Densidade aparente do Solo (Da), Profundidade da Raiz (Z) e Precipitação Efetiva (Pe).
- Irrigação real necessária – é expressa pela quantidade de água requerida pelo sistema para que a cultura se desenvolva sem déficit naquele determinado solo (MANTOVANI; SALASSIER; PALARETTI, 2007)).
- Vazão Ajustada – ocorre pela razão entre a irrigação total necessária e o coeficiente de uniformidade de distribuição.



Figura 29 - Formulário de resultado da avaliação do sistema de irrigação do proIRRIGA.

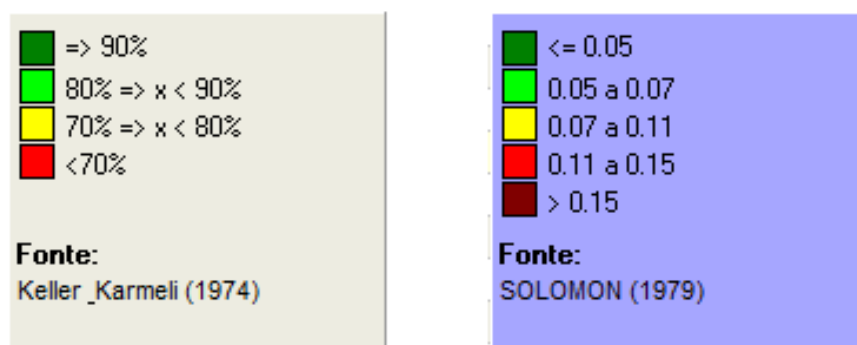


Figura 30 - Esquema de cores para representação do CUD e CV.

Conforme descrito, toda vez que o processo de avaliação do sistema de irrigação é acionado, por meio do botão Avaliar (Figura 28), o proIRRIGA faz uma requisição pelo *activex RDCOM*, gerando o arquivo denominado *proirriga_workspace.rdata*, que corresponde ao arquivo de área de trabalho da interface RGUI do *Statistical R*. Este arquivo

se encontra disponível na mesma pasta onde está armazenado o executável proirriga.exe, contendo todas as variáveis utilizadas para os cálculos acima descritos. Outro arquivo gerado pelo programa computacional é o arquivo de função unioeste-irriga.r que é a função para cálculo do CUD. Ambos os arquivos podem ser lidos pela interface do padrão *Statistical R* e estão descritos no Apêndice A.

Ainda nesta mesma aba encontra-se o botão Imprimir, que permite a impressão dos resultados e gráficos em papel, conforme Figura 31.

Experimento Irrigação Localizada - NEEA

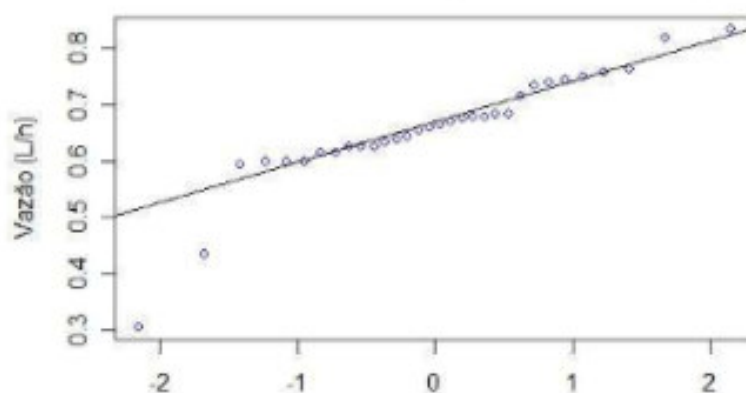
Evento:1

Nr. Repetições:3

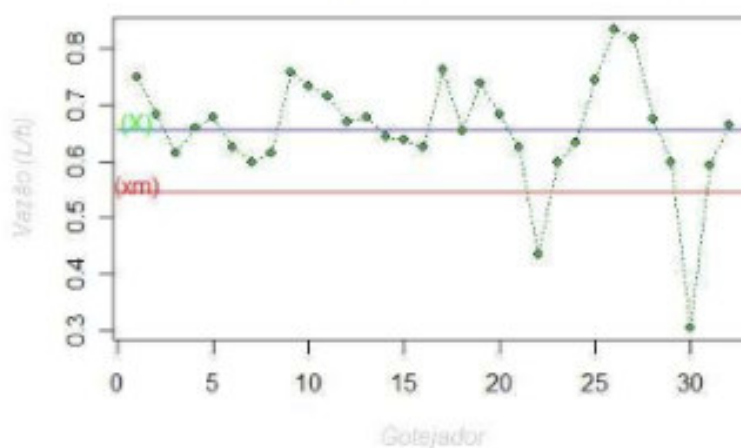
Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método DENÍCULI
Nr. gotejadores avaliados	32
Média (L/h)	0,659 L/h
Desvio padrão	0,1
Coefficiente de Variação	0,152 Inaceitável
Amplitude total	0,305, 0,835
Mediana	0,663 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,828 - 82,827% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	98,998 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	29,217 L/h

Distribuição Normal (Método DENÍCULI)



Vazão x Gotejador (Método DENÍCULI)



14/06/2009 18:53:38

Figura 31 - Relatório de avaliação de uma parcela do sistema de irrigação gerado pelo proIRRIGA.

A aba Gráficos gera dois gráficos. O primeiro: Distribuição normal, (Figura 31) faz a representação das médias das vazões em torno da linha de tendência; o segundo gráfico: Dispersão (Figura 33), faz a representação gráfica das vazões em relação à média das vazões e o quartil representando as 25% menores vazões.

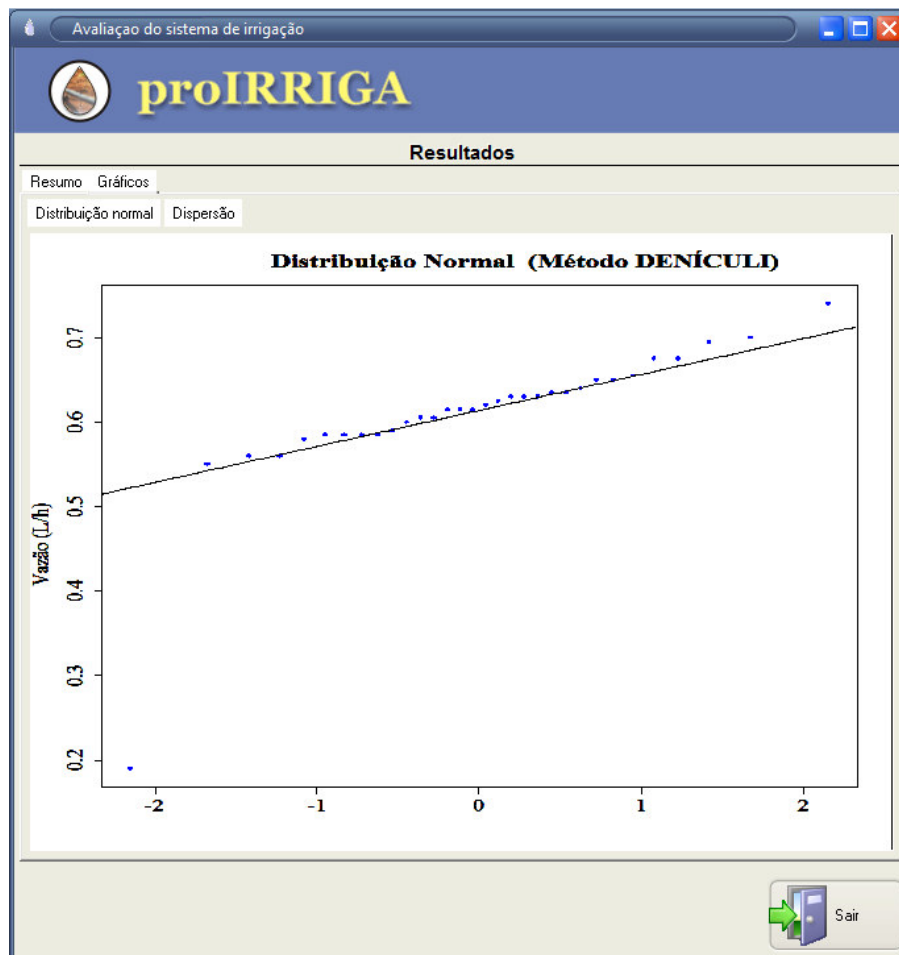


Figura 32 - Gráfico de distribuição normal das vazões gerado pelo proIRRIGA.

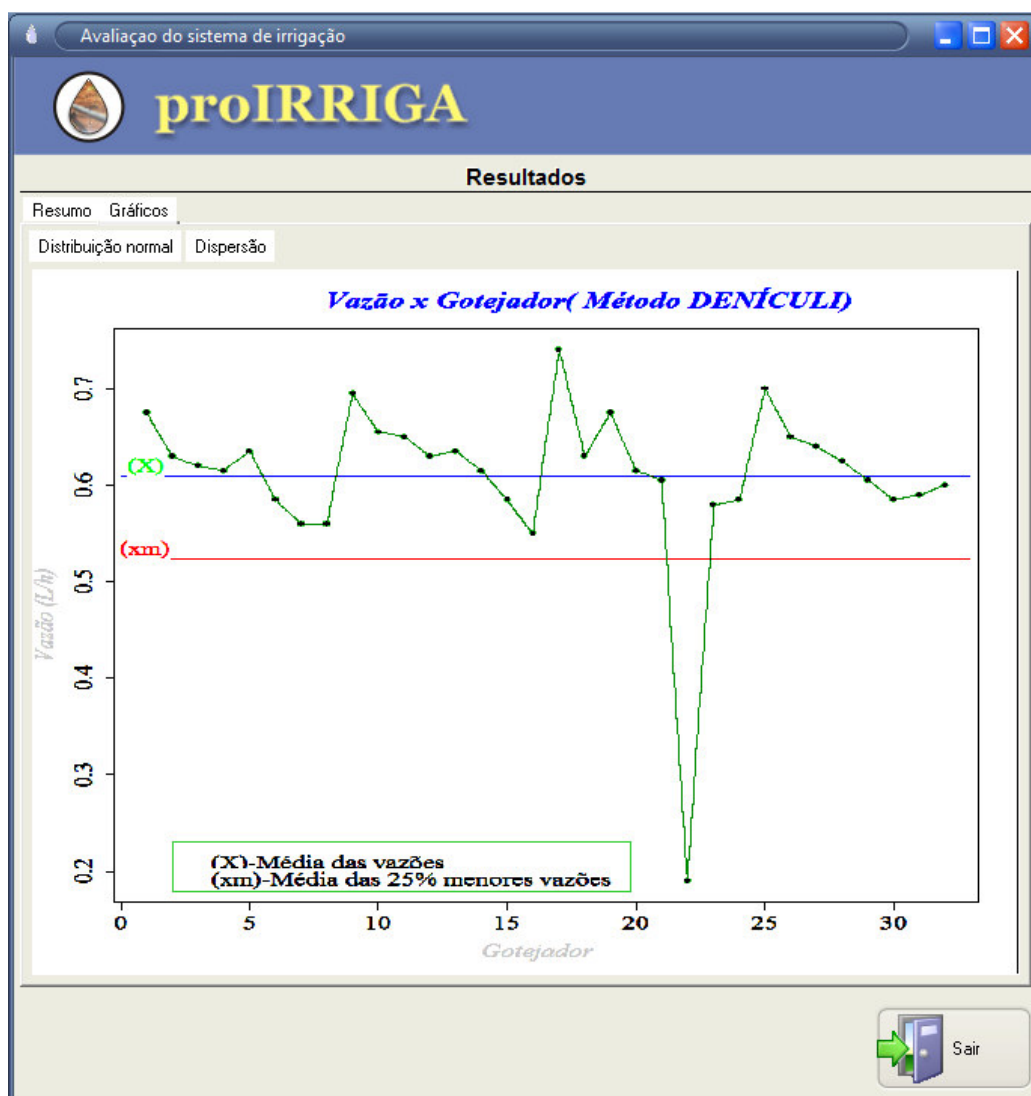


Figura 33 - Gráfico da dispersão dos dados gerado pelo proIRRIGA.

A grande vantagem de se utilizar gráficos é que se pode analisar os dados visualmente de forma mais simplificada, tornando assim a representação dos dados mais agradável e de fácil assimilação.

6 CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos na pesquisa, foi possível concluir que:

1. Quanto ao programa computacional proIRRIGA:

- É capaz de avaliar a uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação localizada por gotejamento, fornecendo de maneira eficiente dados para o controle da irrigação por meio de coeficientes de uniformidade de distribuição de água e gráficos de distribuição normal e dispersão.
- Pode ser usado como recurso didático em disciplinas de irrigação.
- Armazena o histórico do sistema de irrigação em banco de dados.
- Facilita a troca de informações entre programas pela exportação de dados no formato CSV.
- Pode ser utilizado por técnicos, pesquisadores e agricultores com conhecimentos de irrigação e informática.
- Possui interface trilingue para os idiomas português, inglês e espanhol.
- Sugere ao usuário a lâmina de irrigação, corrigida em função do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de água.

A uniformidade em sistemas de irrigação localizada é afetada por diversos fatores, dentre os quais: hidráulicos, atmosféricos, falta de manutenção e baixa qualidade de água de irrigação, resultando na má distribuição da água, seja ela excessiva ou insuficiente, ocasionando prejuízos à produtividade.

2. Quanto à pesquisa realizada conclui-se:

- Todas as metodologias aplicadas mostraram-se eficientes, classificando como “Boa” a uniformidade do sistema de irrigação, variando seus índices entre 89,35% para Todos (40 gotejadores), 88,07% para Keller (16 gotejadores), 88,70% para Deniculi (32 gotejadores) e 86,37% para Personalizada (12 gotejadores).
- O coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) demonstrou ter a uniformidade “Excelente”, visto que os índices, de acordo com as metodologias aplicadas, tiveram valores acima de 90%, sendo recomendado para irrigação por gotejamento valores acima de 80% (ZOCOLER, 2006).
- O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) mostrou-se ineficaz para a análise de uniformidade de sistema de irrigação por gotejamento, por apresentar uniformidade igual a 100% em todas as análises, em virtude do sistema de irrigação ser de porte pequeno.

- O coeficiente de variação (CVf) classificou os emissores como sendo de categoria B – marginal.
- As metodologias empregadas (12, 16, 32 e 40 gotejadores), quanto ao CUD submetidos ao Teste T, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, indicando que são válidas para a análise de uniformidade de aplicação de água a 14 kPa em sistemas de irrigação de pequeno porte. A média geral apresentada de acordo com o teste é de 88,12% com um coeficiente de variação de 3,86%.
- O erro relativo de $\pm 3,34\%$, encontrado na comparação das metodologias de maior e menor número de gotejadores avaliados, não sugere diferença significativa ($<5\%$), possibilitando a utilização de qualquer um dos métodos propostos para a análise da uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada por gotejamento.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, A. S. *et al.* Programa computacional para dimensionamento e avaliação de sistemas de irrigação por sulco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 353-356, 2001.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS – ASAE. **Field Evaluation of Microirrigation Systems**, St. Joseph, p. 792-797. 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **PNBR 12:02.08 – 022**. Requisitos mínimos para elaboração de projeto de sistema de irrigação localizada. São Paulo, 1986, 8 p.
- BARRETO FILHO, Antônio de Almeida *et al.* Field performance of a microsprinkler system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, 2000.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006, 625 p.
- BOTREL, T. A.; MARQUES, P. A. A. *Software* para dimensionamento de irrigação por sulcos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 4 out./dez. 2000.
- BRALTS, V. F.; KESNER, C. D. Drip irrigation field uniformity estimation. **Transactions of the ASAE**, v. 26, p. 1369-1374, 1983.
- CASTRO, M. C.; FARIA, M. A.; SILVA, A. M. Sistema computacional para a determinação da lâmina ótima econômica em irrigação pressurizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 372-378, 2002.
- CHRISTOFIDIS, D. Água na produção de alimentos: o papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável. **Revista de Ciências Exatas**, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 37-46, 2006.
- CHRISTOFIDIS, D. **Irrigação no mundo e no Brasil**. Brasília: ABIMAQ/CSEI. 2004. Disponível em: <http://www.pivotvalley.com.br/valley/mestre/irrig_mundo_e_brasil.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2009.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J.T.L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa. 1980. v 27, n. 50, p.155-162.
- EMBARCADERO TECHNOLOGIES INC. (Ee.uu.). **Delphi®**. Disponível em: <<http://www.embarcadero.com/products/delphi>>. Acesso em: 21 ago. 2009.
- FEDDEMA, H., **Access 2007 VBA bible for data-centric Microsoft Office Applications**. Indianapolis: Wiley Publishing Inc., 2007. 722 p.
- FRIZZONE, J. A. *et al.* **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985, 31 p. (Boletim técnico 2)
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação**: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. 3. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 412 p.

GUIMARÃES JR, J. A.; MATTOS, A. Programa PROLOC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2000, 24, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CONBEA, 2000. p.1-1

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9261**: Agricultural irrigation equipment: emitters and emitting pipe: specification and test methods. 2. ed. Geneva, 2004, 18 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v. 17, p. 678-684, 1974.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

MANTOVANI, E. C.; SALASSIER, B.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 2. ed. Atual. e ampl. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 358 p.

MEDINA SAN JUAN, J. **Riego por goteo**: teoría y práctica. Madrid: Ed. Mundi-prensa, 1979. 205 p.

MELO SOUZA, R. O. R. de, MIRANDA, E. P., NASCIMENTO NETO, J.R. do; Irrigação localizada por gravidade em comunidades agrícolas do Ceará. **Revista Ciências Agrônômica**, 2009, v.40, n.1, p 34-40,

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

PEDRAS, C. M. G.; PEREIRA, L. S.; GONÇALVES, J. M. MIRRIG: A decision support system design and evaluation of microirrigation systems. **Elsevier: Agricultural Water Management**, v. 96, issue 4, p. 691-701. apr. 2009.

PETERNELI, L. A.; MELLO, M. P. **Conhecendo o R**: uma visão estatística. Viçosa: Ed. UFV, 2007, 118 p.

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**: goteo, microaspersión, exudación, 3. ed., Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996, 413 p.

PORDEUS, R. V. *et al.* O modelo SASIS: Validação da simulação da irrigação por sulco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 12-20, 2008.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2007). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em: <http://www.R-project.org>.

REISDÖRFER, M. ; HERNANDEZ, R. H. ; BORSSOI, A. L. . Assessment software to the performance of irrigation systems and fertirrigation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, CIGR, 37, BRAZILIAN CONGRESS OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 7, ASABE ILES, 2008, Foz do Iguaçu. **Proceedings....** Botucatu : SBEA, 2008. v. 1. p..

SABOURIN, E. Que política pública para a agricultura familiar no segundo governo lula? **Sociedade e Estado**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 715-751, set./dez. 2007.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, ano IV, n. 8, dez. 2005.

SILVA, L. F. D. **Avaliação de unidades produtivas da agricultura familiar no perímetro irrigado de sumé, PB**. 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) , Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2006.

SOLOMON, K. Manufacturing Variation of Trickle emitters. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 5, p. 1034-1038; 1043, 1979.

SOLOMON, K. H. Global uniformity of trickle irrigation system. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 4, p. 1151-1158, 1985.

SOUZA, I. H.; ANDRADE, E. M.; SILVA, E. L.; Avaliação de um sistema de irrigação localizada de baixa pressão, projetado pelo *software* "BUBBLER". **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 1, p. 264-271, jan./abr. 2005.

VILAS BOAS, M. A.; RODRIGUES, V. M.; SAMPAIO, S. C. Programa computacional para simulação em irrigação por sulcos In: **Infocomp - Journal of Computer Science**, Lavras - MG, v. 5, n. 2, jun. 2006.

WERNECK, J. E. F.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da água para irrigação**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.cf.org.br/cf2004/irrigacao.doc>>. Acesso em: 20 fev. 2009.

ZOCOLER, J. L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação**. Ilha Solteira – SP, UNESP. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.html>>. Acesso em: 20 maio 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A – FUNÇÃO CUD PARA STATISTICAL “R”**FUNÇÃO “CUD” STATISTICAL “R”**

```
CUD<-function(smatriz,empercentual = FALSE)
{ sordem<-sort(smatriz)
  mediageral<-mean(smatriz)
  n<-length(smatriz)
  nquarter<-trunc(n*.25)
  for (j in 1:nquarter)
  {
  if (j == 1)
  {
  snova<-c(sordem[j])
  }
  else
  {
  snova<- rbind(snova,sordem[j])
  }
  }
  if (empercentual == TRUE)
  return(c(100*mean(snova)/mediageral,mean(snova)))
  else
  return(c(mean(snova)/mediageral,mean(snova)))
  }
```


APÊNDICE B – VAZÕES MÉDIAS POR GOTEJADOR

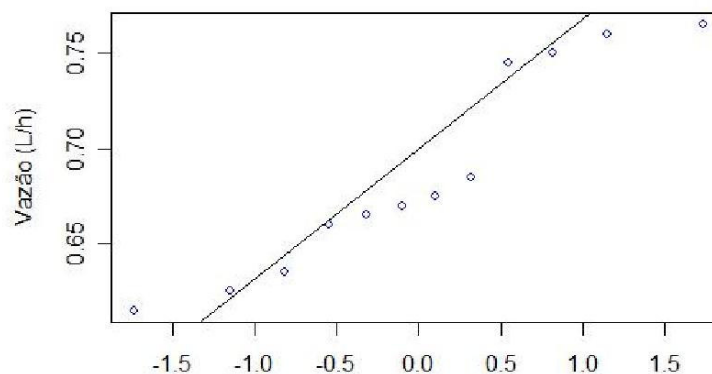
Gotejador	Média das triplicata das Vazoes (mL/h)										Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,7500	0,7550	0,7550	0,7771	0,8200	0,7450	0,7500	0,7500	0,7200	0,7300	0,7552
2	0,6850	0,6900	0,5950	0,6950	0,7350	0,6800	0,6750	0,7050	0,6600	0,6850	0,6805
3	0,6150	0,6950	0,6650	0,6836	0,7200	0,6700	0,6600	0,6900	0,6450	0,6800	0,6724
4	0,6800	0,6850	0,6800	0,7043	0,7600	0,6700	0,6750	0,7050	0,6350	0,6200	0,6814
5	0,6600	0,7300	0,6900	0,6886	0,7250	0,6650	0,6550	0,6750	0,6150	0,6750	0,6779
6	0,6800	0,6600	0,6550	0,6736	0,7100	0,6650	0,6850	0,6900	0,6100	0,6300	0,6659
7	0,6550	0,6450	0,6450	0,6750	0,7100	0,6500	0,6700	0,6400	0,6050	0,5650	0,6460
8	0,6250	0,6450	0,6650	0,6786	0,7150	0,6550	0,6750	0,6550	0,5550	0,6100	0,6479
9	0,6000	0,6250	0,6250	0,5979	0,6300	0,6300	0,6250	0,5950	0,5700	0,6100	0,6108
10	0,6150	0,6050	0,5800	0,6879	0,7200	0,6100	0,6100	0,6550	0,5600	0,4800	0,6123
11	0,7600	0,7650	0,7550	0,7921	0,8350	0,7350	0,7350	0,7600	0,7450	0,7500	0,7632
12	0,7350	0,7350	0,7200	0,7450	0,7850	0,7150	0,7200	0,7350	0,6550	0,7050	0,7250
13	0,7150	0,7200	0,7050	0,7357	0,7750	0,7150	0,7050	0,7200	0,6700	0,6950	0,7156
14	0,6950	0,6850	0,6700	0,7021	0,7400	0,6800	0,6900	0,7200	0,6450	0,6650	0,6892
15	0,6700	0,6950	0,6900	0,7136	0,7500	0,6600	0,5950	0,7000	0,6200	0,6550	0,6749
16	0,6800	0,6850	0,6650	0,6936	0,7300	0,6750	0,6850	0,6800	0,5950	0,6250	0,6714
17	0,6550	0,6450	0,6600	0,6164	0,6500	0,6750	0,6350	0,6700	0,6150	0,6100	0,6431
18	0,6450	0,6300	0,6350	0,6400	0,6750	0,6500	0,6550	0,6600	0,5650	0,5750	0,6330
19	0,6400	0,8300	0,6200	0,6414	0,6750	0,6250	0,6400	0,6300	0,5800	0,6200	0,6501
20	0,6250	0,6350	0,5900	0,5886	0,6200	0,6100	0,6000	0,6350	0,5750	0,5700	0,6049
21	0,7650	0,7450	0,7600	0,7671	0,8100	0,7700	0,7750	0,7300	0,6800	0,8150	0,7617
22	0,6550	0,7100	0,7550	0,7521	0,7950	0,7350	0,7700	0,6200	0,6700	0,7150	0,7177
23	0,7400	0,6700	0,7000	0,7329	0,7750	0,7150	0,7400	0,6850	0,6150	0,7300	0,7103
24	0,6550	0,5950	0,6200	0,6129	0,6500	0,6450	0,7150	0,6500	0,6400	0,6950	0,6478
25	0,6850	0,6750	0,6700	0,7000	0,7400	0,6900	0,7050	0,6750	0,6250	0,6750	0,6840
26	0,6250	0,6400	0,6450	0,6371	0,6750	0,6650	0,6600	0,6100	0,5750	0,6500	0,6382
27	0,6350	0,6300	0,6450	0,6521	0,6900	0,6800	0,7550	0,6400	0,6000	0,6500	0,6577
28	0,4350	0,6250	0,6200	0,6393	0,6750	0,6550	0,4700	0,6250	0,5900	0,6700	0,6004
29	0,6000	0,6050	0,5950	0,6150	0,6500	0,6400	0,6550	0,5800	0,5900	0,5650	0,6095
30	0,6350	0,6000	0,5750	0,5821	0,6150	0,6350	0,6500	0,6150	0,5650	0,6750	0,6147
31	0,7450	0,7150	0,7550	0,7571	0,8000	0,7450	0,7200	0,7350	0,7000	0,6250	0,7297
32	0,8350	0,7300	0,7150	0,7150	0,7550	0,6950	0,6900	0,7050	0,6850	0,7800	0,7305
33	0,8200	0,7100	0,6950	0,7107	0,7500	0,6650	0,7000	0,6850	0,6550	0,7700	0,7161
34	0,8200	0,7100	0,5650	0,7543	0,7950	0,7100	0,7250	0,6850	0,7200	0,7700	0,7254
35	0,6750	0,6950	0,6900	0,6914	0,7300	0,7050	0,6900	0,6600	0,5950	0,6550	0,6786
36	0,6000	0,6600	0,6300	0,6464	0,6850	0,6950	0,6650	0,6400	0,5950	0,6750	0,6491
37	0,6300	0,6450	0,6900	0,6029	0,6400	0,6900	0,6500	0,6200	0,6000	0,5900	0,6358
38	0,3050	0,6250	0,7500	0,6386	0,6750	0,6650	0,6300	0,7050	0,5950	0,6800	0,6269
39	0,5950	0,6550	0,6200	0,5821	0,6150	0,6700	0,6400	0,5700	0,5850	0,6600	0,6192
40	0,6650	0,6650	0,6500	0,4800	0,4950	0,6900	0,6300	0,6250	0,5000	0,5500	0,5950

APÊNDICE C – RELATÓRIOS DE AVALIAÇÃO GERADO PELO PROIRRIGA

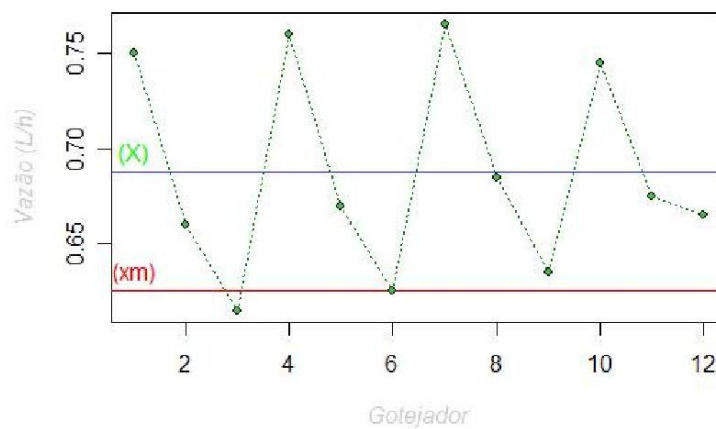
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:1	Nr. Repetições:3	Carga Hidraulica: 1,40 mca
Método utilizado	Personalizado	
Nr. gotejadores avaliados	12 (1,5,10,11,15,20,21,25,30,31,35,40)	
Média (L/h)	0.688 L/h	
Desvio padrão	0.054	
Coefficiente de Variação	0.079 Marginal	
Amplitude total	0.615, 0.765	
Mediana	0.673 L/h	
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.909 - 90.909% Excelente	
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,708 %	
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%	
Irrigação total necessária	24,2 L/h	
Irrigação real necessária	21,78 L/h	
Vazão reajustada	26.62 L/h	

Distribuição Normal (Personalizado)



Vazão x Gotejador (Personalizado)



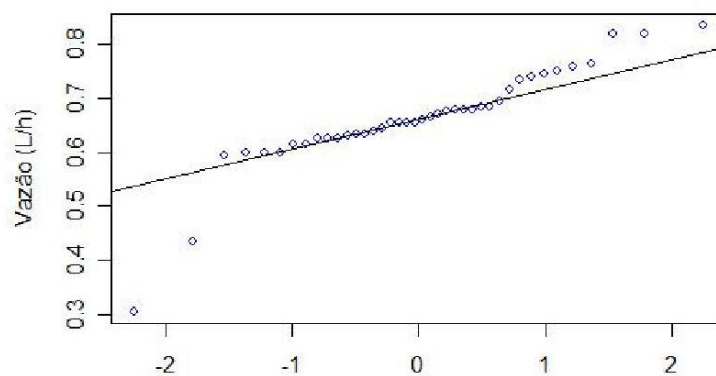
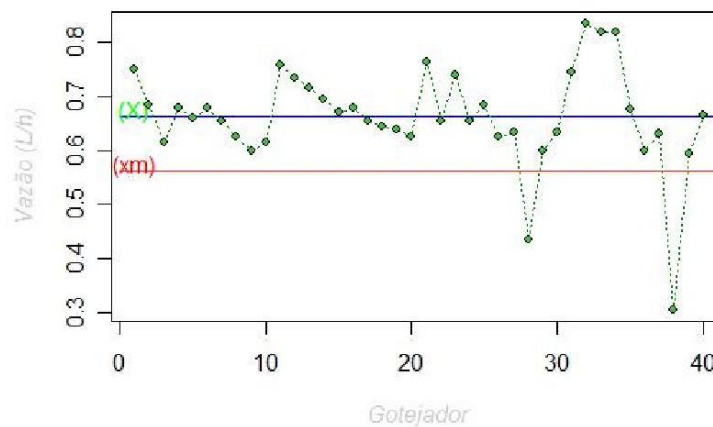
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:1

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Todos
Nr. gotejadores avaliados	40
Média (L/h)	0.663 L/h
Desvio padrão	0.093
Coefficiente de Variação	0.141 Pobre
Amplitude total	0.305, 0.835
Mediana	0.657 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.847 - 84.739% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,13 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	28.558 L/h

Distribuição Normal (Todos)**Vazão x Gotejador (Todos)**

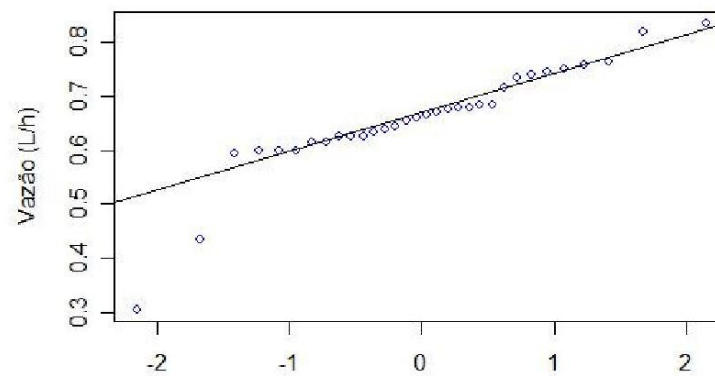
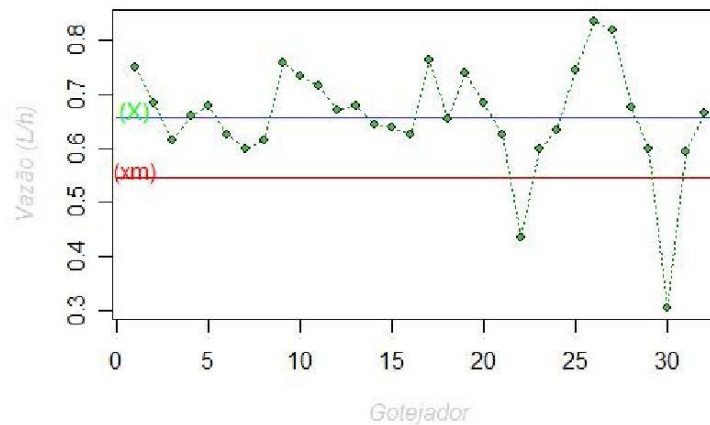
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:1

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método DENÍCULI
Nr. gotejadores avaliados	32
Média (L/h)	0,659 L/h
Desvio padrão	0,1
Coefficiente de Variação	0,152 Inaceitável
Amplitude total	0,305, 0,835
Mediana	0,663 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,828 - 82,827% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	98,998 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	29,217 L/h

Distribuição Normal (Método DENÍCULI)**Vazão x Gotejador (Método DENÍCULI)**

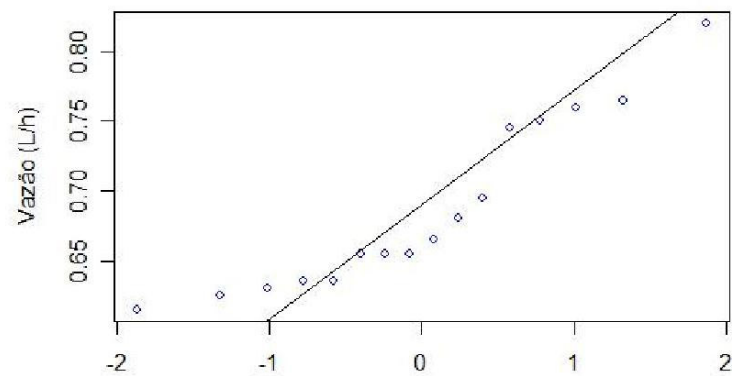
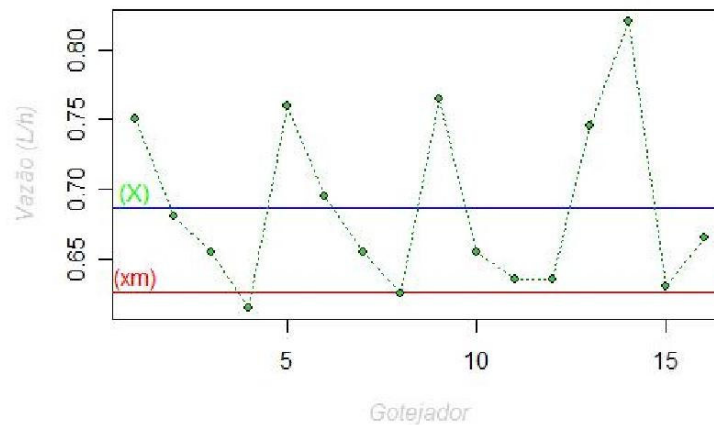
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:1

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método KELLER
Nr. gotejadores avaliados	16
Média (L/h)	0.687 L/h
Desvio padrão	0.062
Coefficiente de Variação	0.09 Marginal
Amplitude total	0.615, 0.82
Mediana	0.66 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.912 - 91.215% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.615 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26.531 L/h

Distribuição Normal (Método KELLER)**Vazão x Gotejador (Método KELLER)**

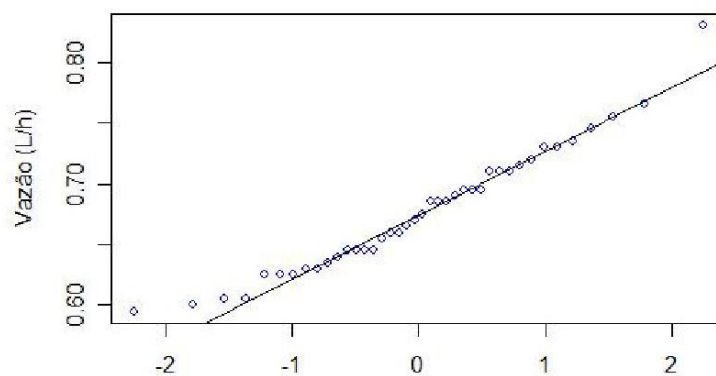
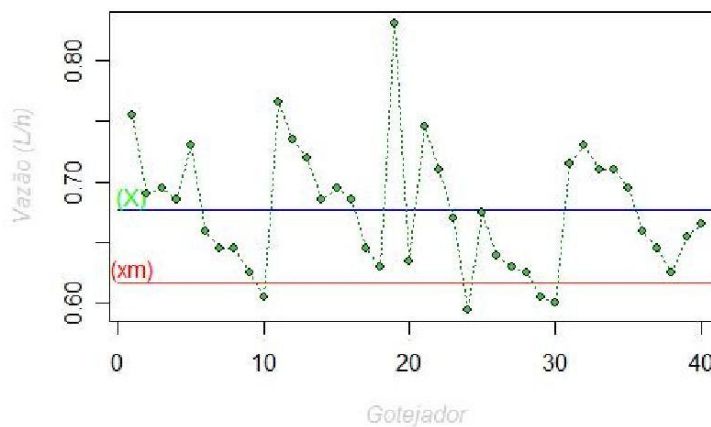
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:2

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Todos
Nr. gotejadores avaliados	40
Média (L/h)	0.677 L/h
Desvio padrão	0.051
Coefficiente de Variação	0.076 Marginal
Amplitude total	0.595, 0.83
Mediana	0.673 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.913 - 91.262% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.736 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26.517 L/h

Distribuição Normal (Todos)**Vazão x Gotejador (Todos)**

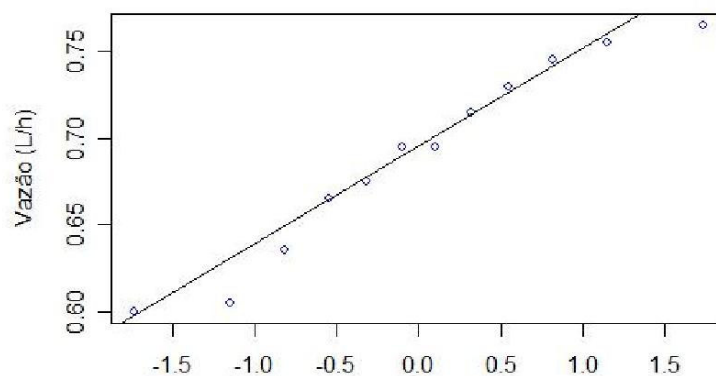
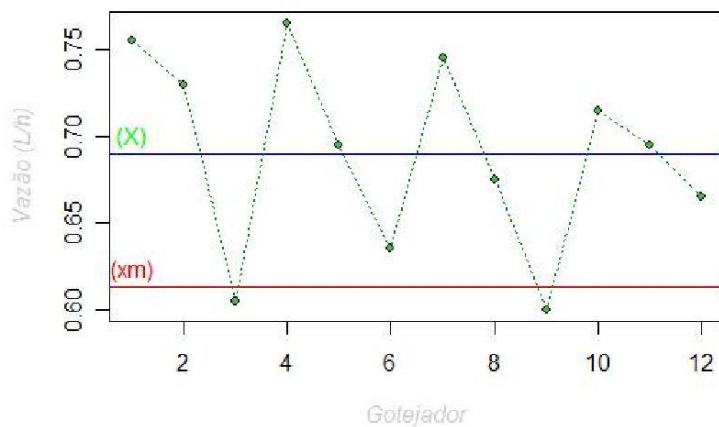
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:2

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Personalizado
Nr. gotejadores avaliados	12 (1,5,10,11,15,20,21,25,30,31,35,40)
Média (L/h)	0.69 L/h
Desvio padrão	0.056
Coefficiente de Variação	0.081 Marginal
Amplitude total	0.6, 0.765
Mediana	0.695 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.889 - 88.889% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.688 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27.225 L/h

Distribuição Normal (Personalizado)**Vazão x Gotejador (Personalizado)**

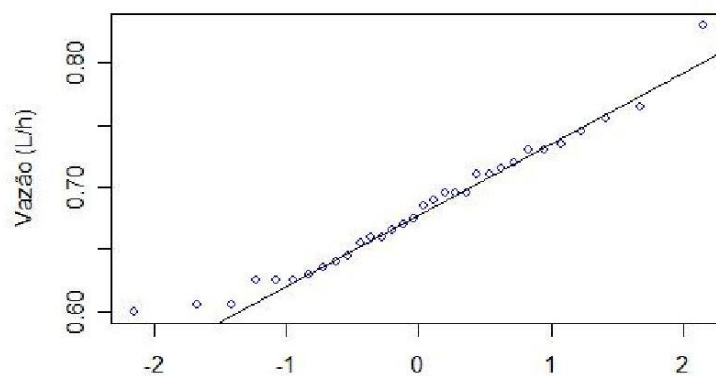
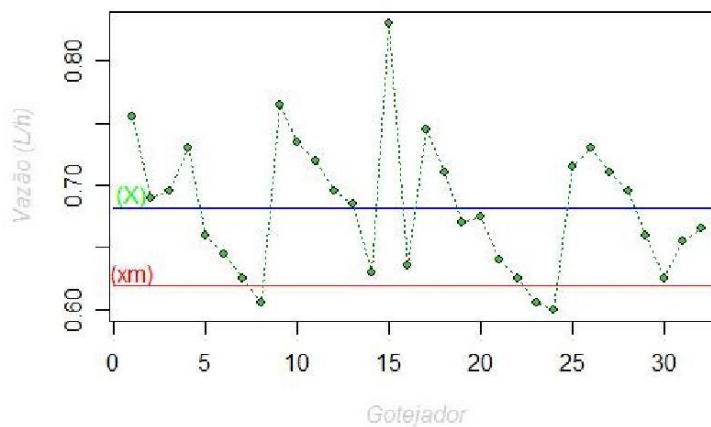
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:2

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método DENÍCULI
Nr. gotejadores avaliados	32
Média (L/h)	0,682 L/h
Desvio padrão	0,054
Coefficiente de Variação	0,078 Marginal
Amplitude total	0,6, 0,83
Mediana	0,68 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,907 - 90,722% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,714 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,675 L/h

Distribuição Normal (Método DENÍCULI)**Vazão x Gotejador (Método DENÍCULI)**

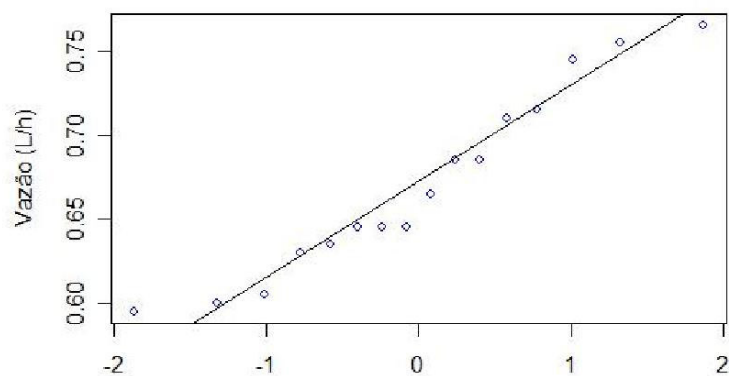
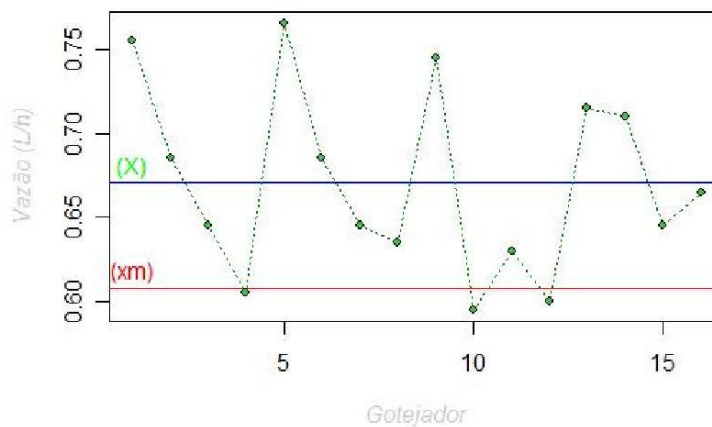
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:2

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método KELLER
Nr. gotejadores avaliados	16
Média (L/h)	0,67 L/h
Desvio padrão	0,055
Coefficiente de Variação	0,082 Marginal
Amplitude total	0,595, 0,765
Mediana	0,655 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,906 - 90,629% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,697 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,702 L/h

Distribuição Normal (Método KELLER)**Vazão x Gotejador (Método KELLER)**

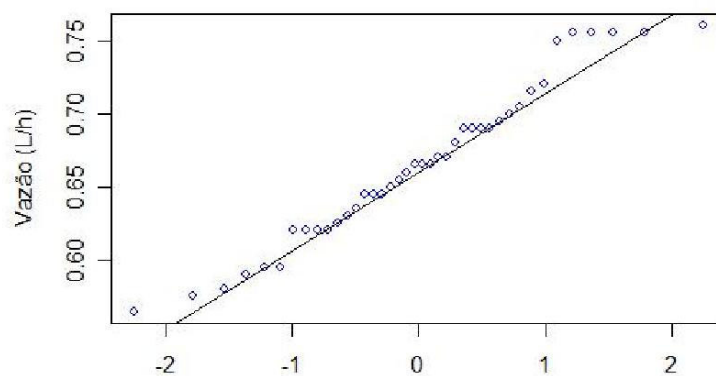
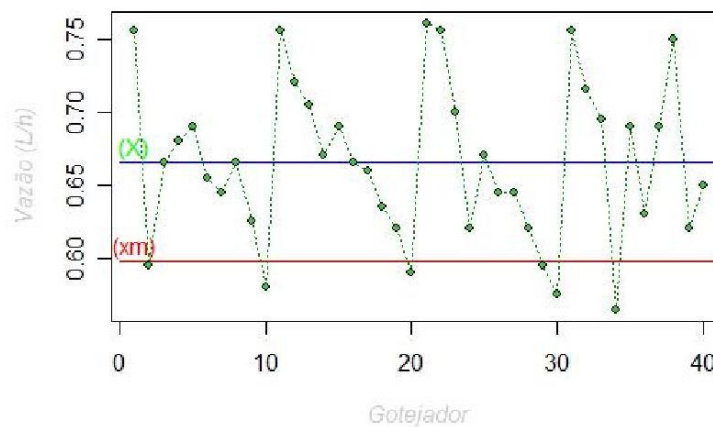
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:3

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Todos
Nr. gotejadores avaliados	40
Média (L/h)	0,665 L/h
Desvio padrão	0,054
Coefficiente de Variação	0,082 Marginal
Amplitude total	0,565, 0,76
Mediana	0,665 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,899 - 89,891% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,706 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,921 L/h

Distribuição Normal (Todos)**Vazão x Gotejador (Todos)**

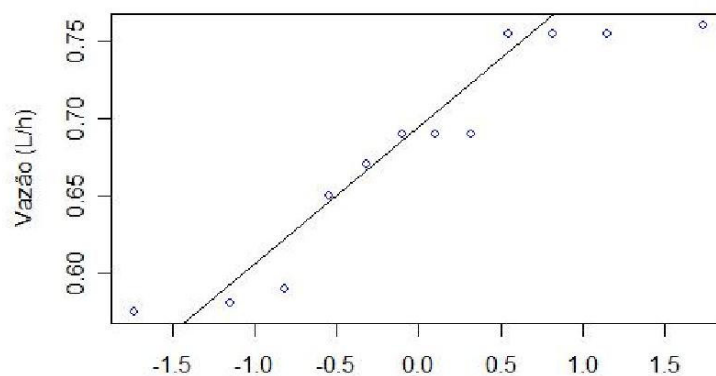
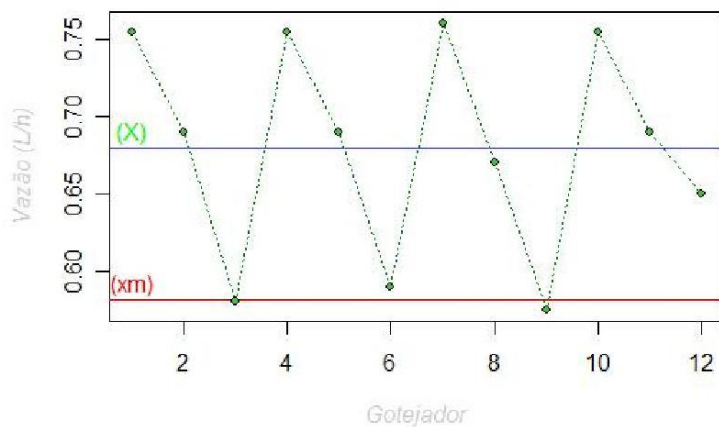
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:3

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Personalizado
Nr. gotejadores avaliados	12 (1,5,10,11,15,20,21,25,30,31,35,40)
Média (L/h)	0,68 L/h
Desvio padrão	0,07
Coefficiente de Variação	0,103 Marginal
Amplitude total	0,575, 0,76
Mediana	0,69 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,855 - 85,539% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,512 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	28,291 L/h

Distribuição Normal (Personalizado)**Vazão x Gotejador (Personalizado)**

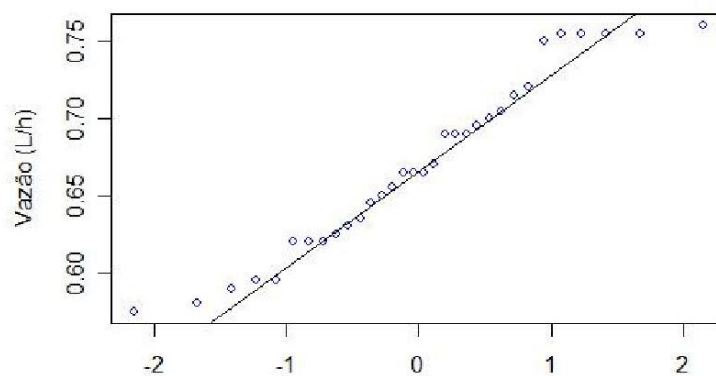
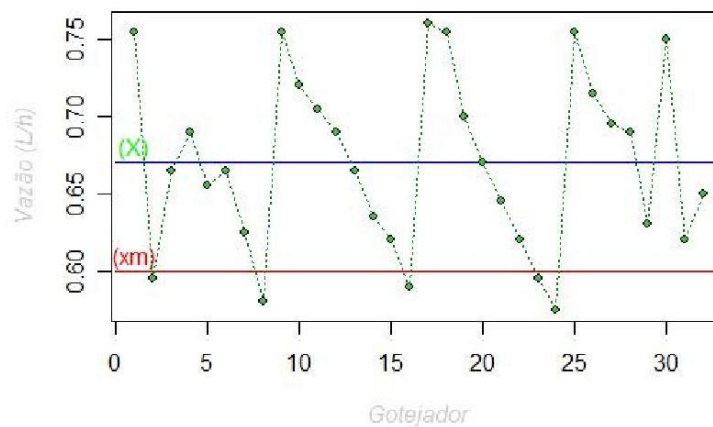
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:3

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método DENÍCULI
Nr. gotejadores avaliados	32
Média (L/h)	0.67 L/h
Desvio padrão	0.057
Coefficiente de Variação	0.085 Marginal
Amplitude total	0.575, 0.76
Mediana	0.665 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.895 - 89.48% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.676 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27.045 L/h

Distribuição Normal (Método DENÍCULI)**Vazão x Gotejador (Método DENÍCULI)**

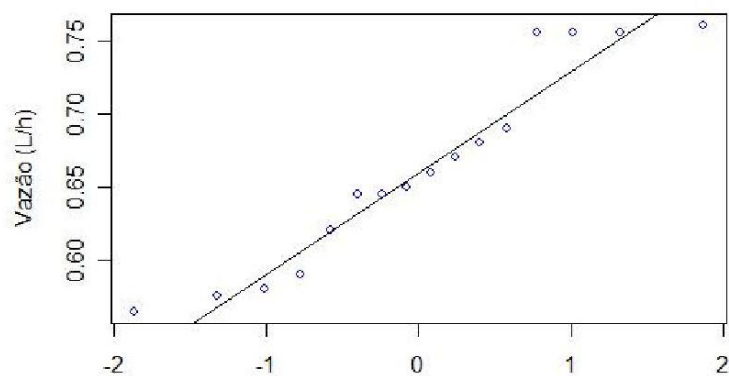
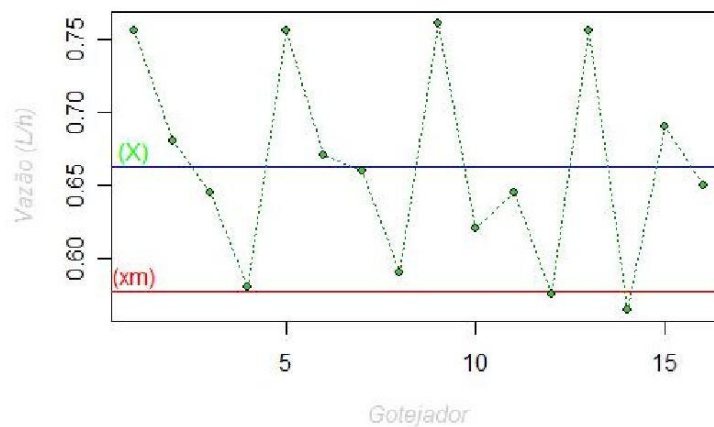
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:3

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método KELLER
Nr. gotejadores avaliados	16
Média (L/h)	0,662 L/h
Desvio padrão	0,067
Coefficiente de Variação	0,102 Marginal
Amplitude total	0,565, 0,76
Mediana	0,655 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,872 - 87,211% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,546 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27,749 L/h

Distribuição Normal (Método KELLER)**Vazão x Gotejador (Método KELLER)**

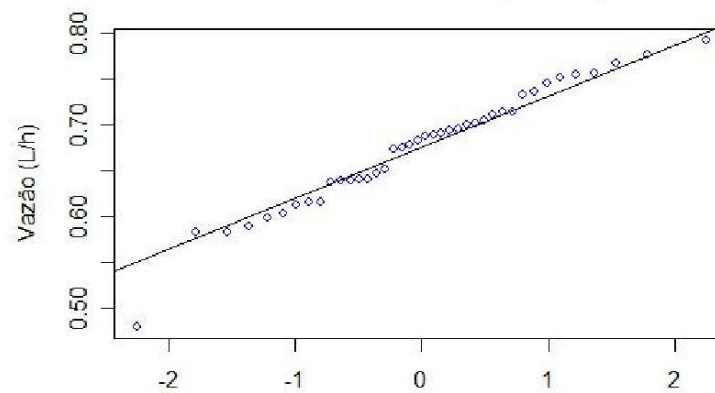
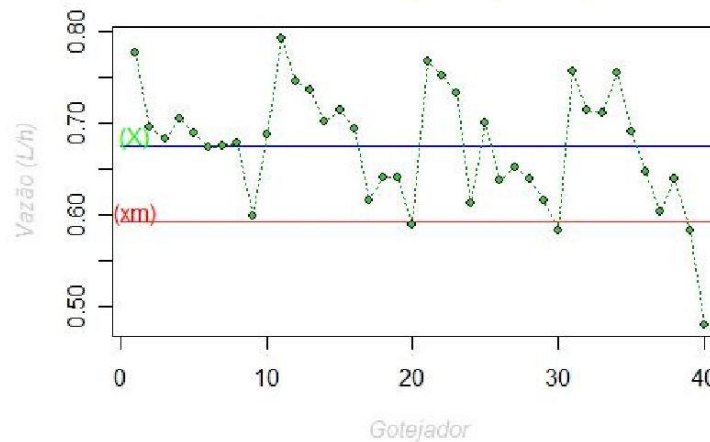
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:4

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Todos
Nr. gotejadores avaliados	40
Média (L/h)	0.675 L/h
Desvio padrão	0.065
Coefficiente de Variação	0.096 Marginal
Amplitude total	0.48, 0.792142857142857
Mediana	0.686 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.876 - 87.632% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.579 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27.615 L/h

Distribuição Normal (Todos)**Vazão x Gotejador (Todos)**

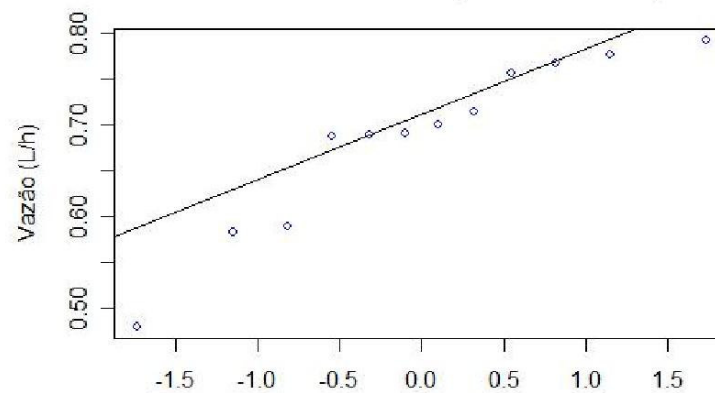
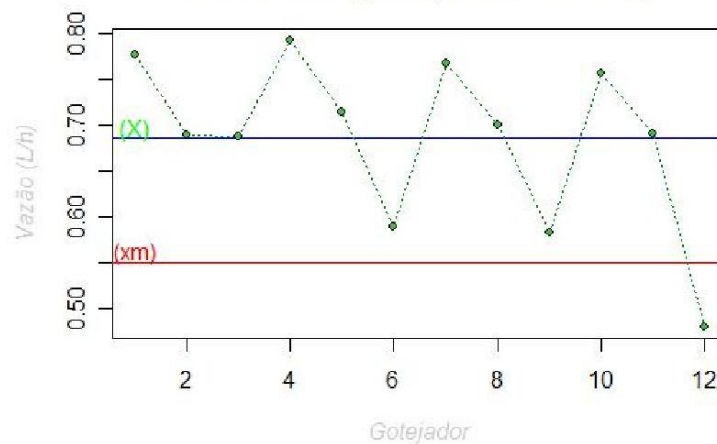
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:4

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Personalizado
Nr. gotejadores avaliados	12 (1,5,10,11,15,20,21,25,30,31,35,40)
Média (L/h)	0,685 L/h
Desvio padrão	0,093
Coefficiente de Variação	0,136 Pobre
Amplitude total	0,48, 0,792142857142857
Mediana	0,696 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,803 - 80,271% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,137 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	30,148 L/h

Distribuição Normal (Personalizado)**Vazão x Gotejador (Personalizado)**

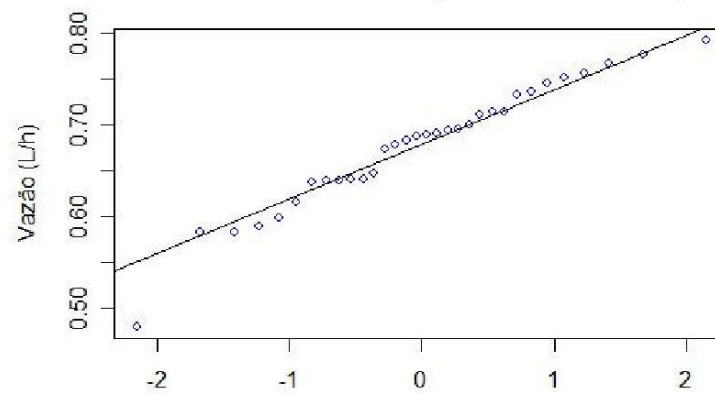
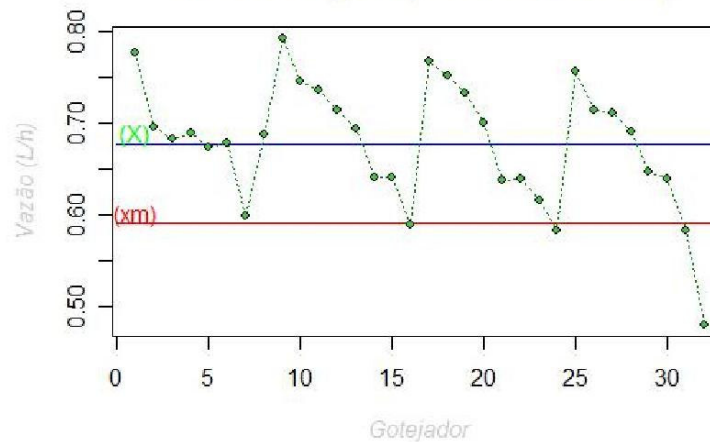
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:4

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método DENÍCULI
Nr. gotejadores avaliados	32
Média (L/h)	0,677 L/h
Desvio padrão	0,068
Coefficiente de Variação	0,1 Marginal
Amplitude total	0,48, 0,792142857142857
Mediana	0,688 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,871 - 87,114% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,539 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27,78 L/h

Distribuição Normal (Método DENÍCULI)**Vazão x Gotejador (Método DENÍCULI)**

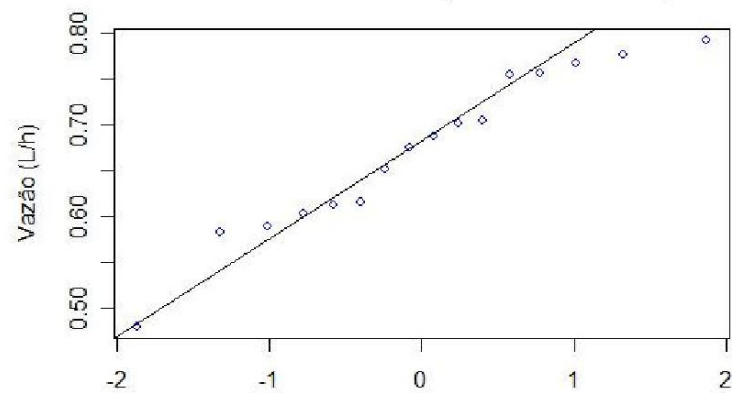
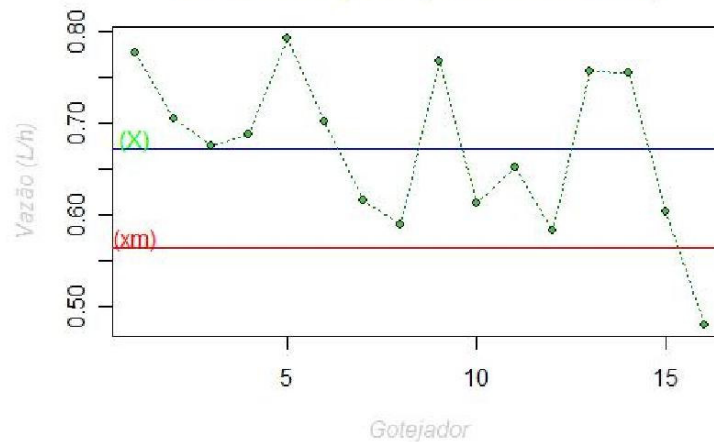
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:4

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método KELLER
Nr. gotejadores avaliados	16
Média (L/h)	0.672 L/h
Desvio padrão	0.087
Coefficiente de Variação	0.13 Pobre
Amplitude total	0.48, 0.792142857142857
Mediana	0.681 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.838 - 83.837% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,237 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	28.865 L/h

Distribuição Normal (Método KELLER)**Vazão x Gotejador (Método KELLER)**

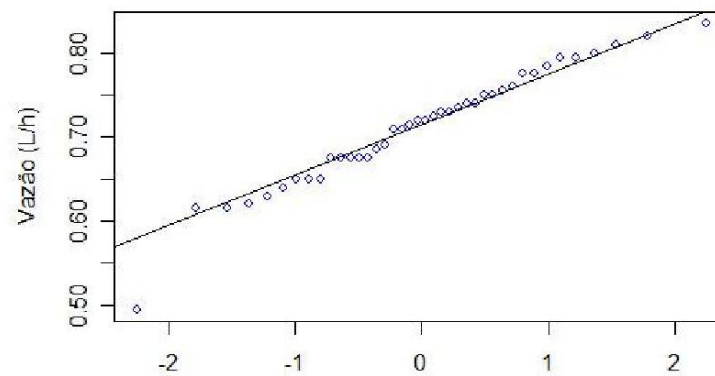
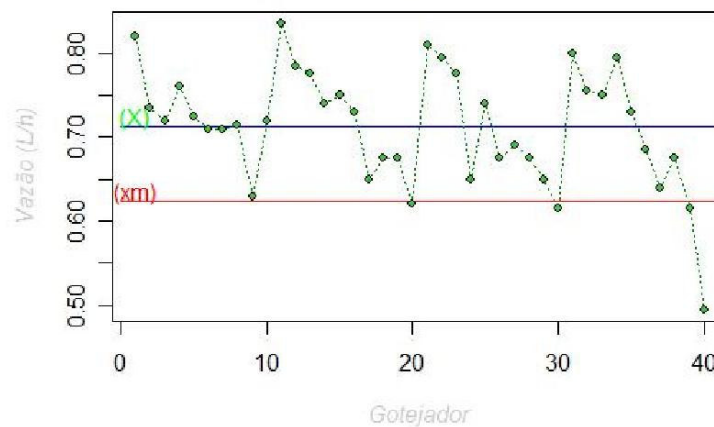
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:5

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Todos
Nr. gotejadores avaliados	40
Média (L/h)	0.712 L/h
Desvio padrão	0.069
Coefficiente de Variação	0.097 Marginal
Amplitude total	0.495, 0.835
Mediana	0.72 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.876 - 87.594% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,52 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27.627 L/h

Distribuição Normal (Todos)**Vazão x Gotejador (Todos)**

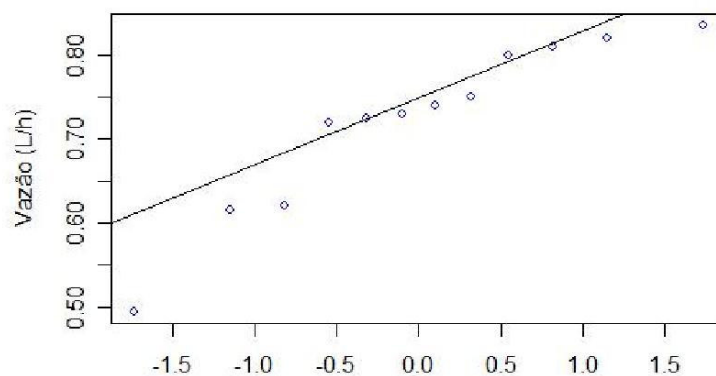
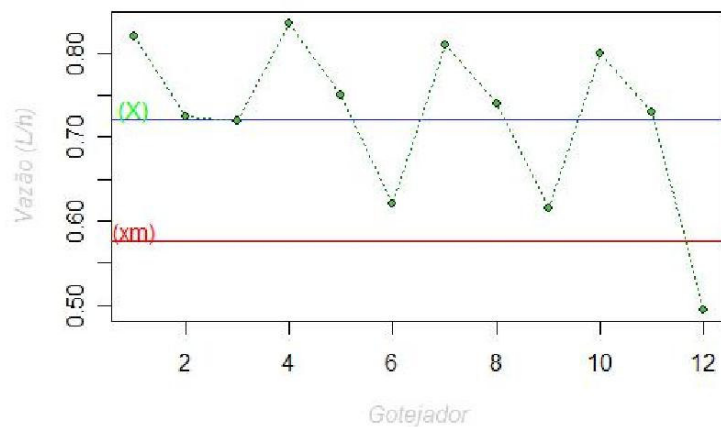
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:5

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Personalizado
Nr. gotejadores avaliados	12 (1,5,10,11,15,20,21,25,30,31,35,40)
Média (L/h)	0.722 L/h
Desvio padrão	0.1
Coefficiente de Variação	0.139 Pobre
Amplitude total	0.495, 0.835
Mediana	0.735 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.799 - 79.908% Regular
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	98,993 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	30.285 L/h

Distribuição Normal (Personalizado)**Vazão x Gotejador (Personalizado)**

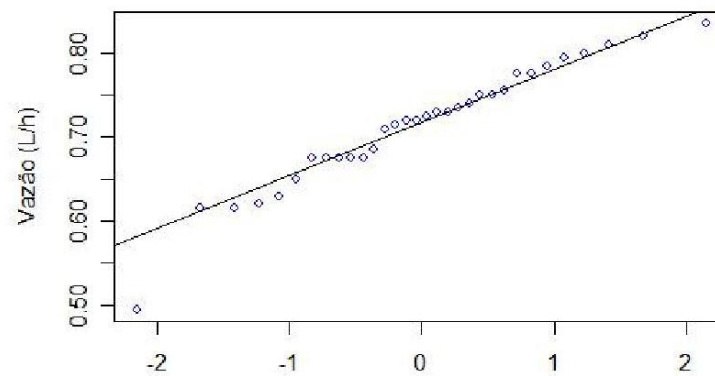
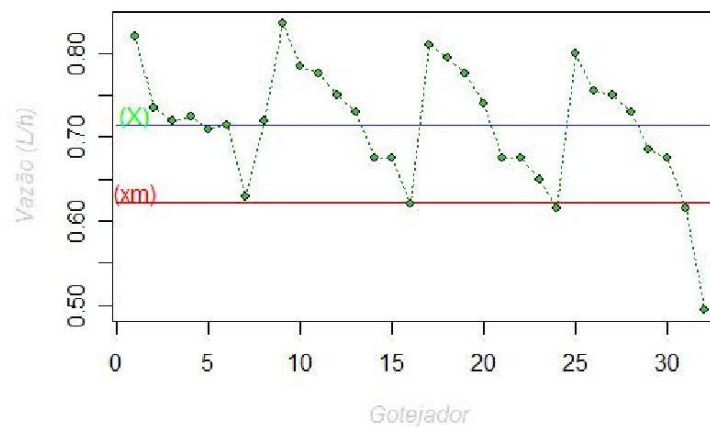
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:5

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método DENÍCULI
Nr. gotejadores avaliados	32
Média (L/h)	0.714 L/h
Desvio padrão	0.073
Coefficiente de Variação	0.102 Marginal
Amplitude total	0.495, 0.835
Mediana	0.722 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.871 - 87.052% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.472 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27.8 L/h

Distribuição Normal (Método DENÍCULI)**Vazão x Gotejador (Método DENÍCULI)**

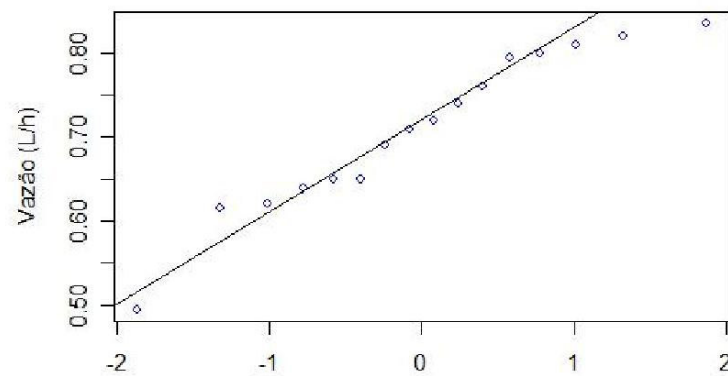
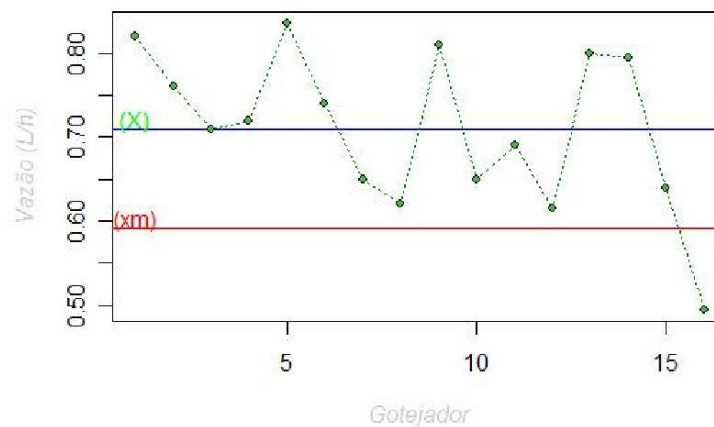
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:5

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método KELLER
Nr. gotejadores avaliados	16
Média (L/h)	0.709 L/h
Desvio padrão	0.094
Coefficiente de Variação	0.132 Pobre
Amplitude total	0.495, 0.835
Mediana	0.715 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.835 - 83.524% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,117 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	28.974 L/h

Distribuição Normal (Método KELLER)**Vazão x Gotejador (Método KELLER)**

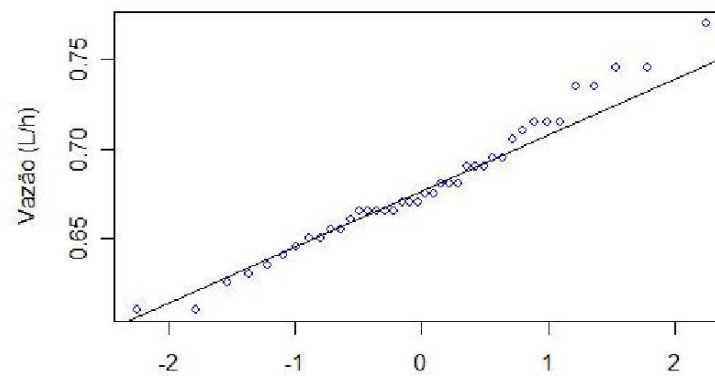
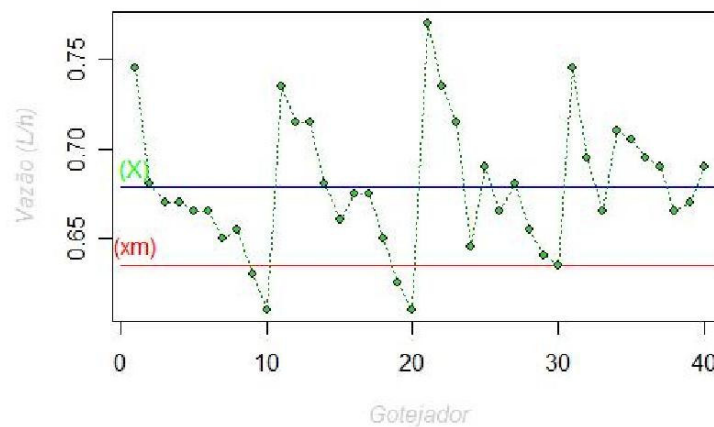
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:6

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Todos
Nr. gotejadores avaliados	40
Média (L/h)	0.678 L/h
Desvio padrão	0.037
Coefficiente de Variação	0.055 Boa
Amplitude total	0.61, 0.77
Mediana	0.673 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.936 - 93.589% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.863 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	25.858 L/h

Distribuição Normal (Todos)**Vazão x Gotejador (Todos)**

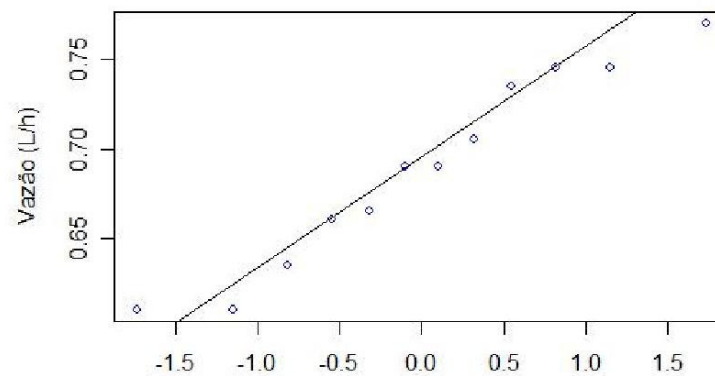
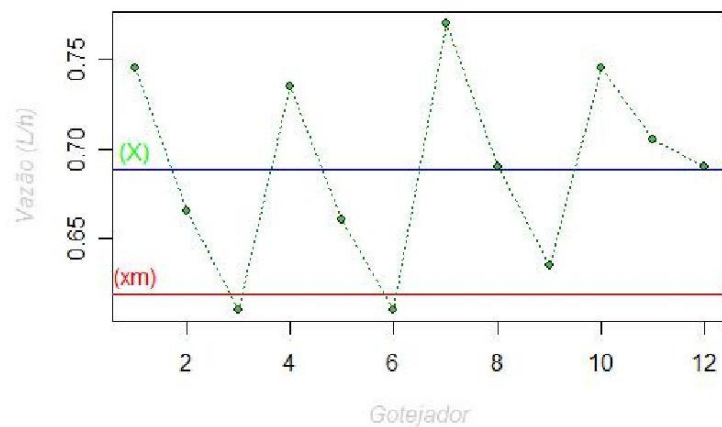
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:6

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Personalizado
Nr. gotejadores avaliados	12 (1,5,10,11,15,20,21,25,30,31,35,40)
Média (L/h)	0,688 L/h
Desvio padrão	0,054
Coefficiente de Variação	0,078 Marginal
Amplitude total	0,61, 0,77
Mediana	0,69 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,898 - 89,831% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,709 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,94 L/h

Distribuição Normal (Personalizado)**Vazão x Gotejador (Personalizado)**

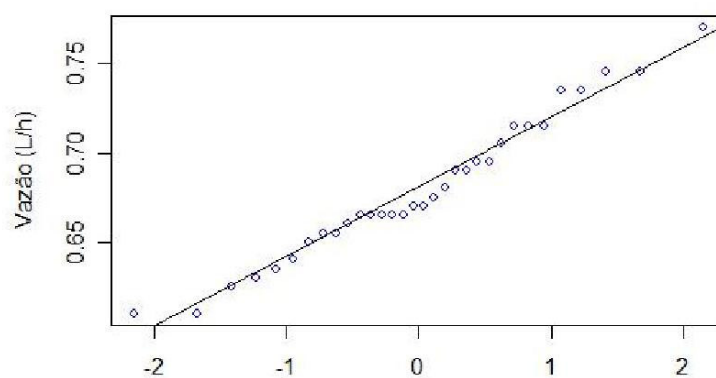
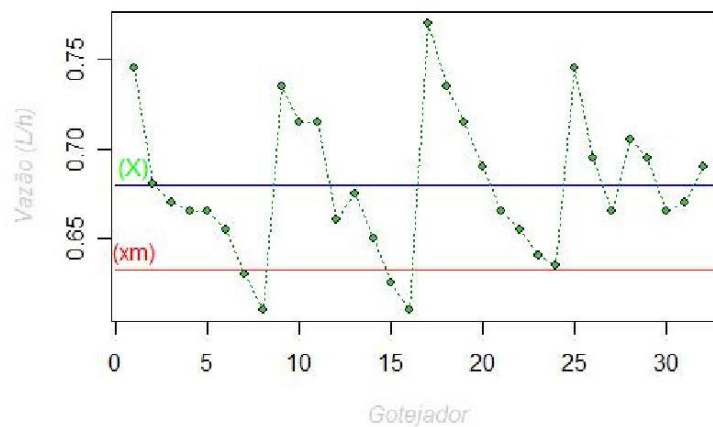
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:6

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método DENÍCULI
Nr. gotejadores avaliados	32
Média (L/h)	0,679 L/h
Desvio padrão	0,04
Coefficiente de Variação	0,059 Boa
Amplitude total	0,61, 0,77
Mediana	0,67 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,93 - 93,008% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,837 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,019 L/h

Distribuição Normal (Método DENÍCULI)**Vazão x Gotejador (Método DENÍCULI)**

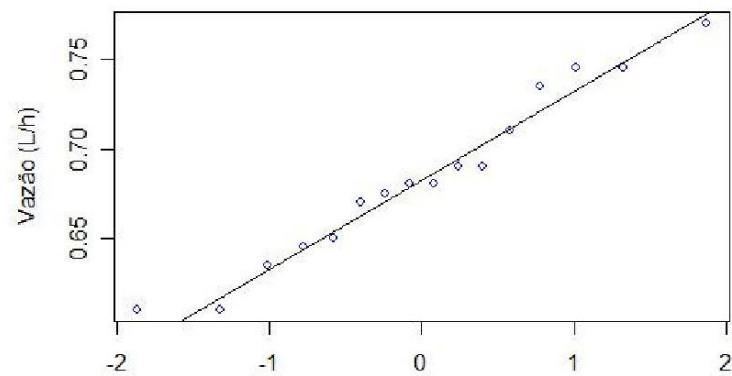
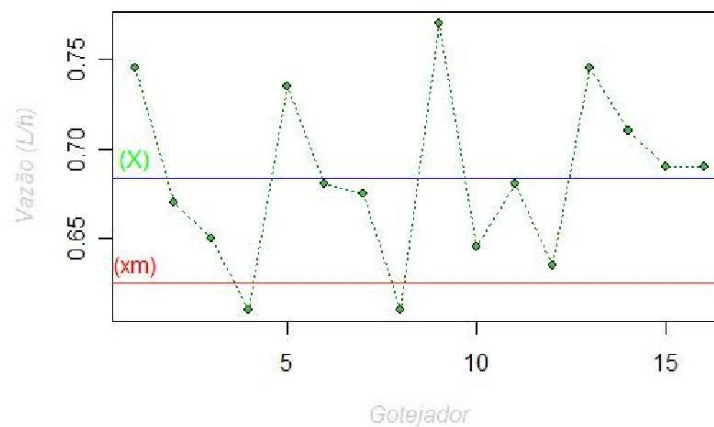
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:6

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método KELLER
Nr. gotejadores avaliados	16
Média (L/h)	0,684 L/h
Desvio padrão	0,048
Coefficiente de Variação	0,07 Marginal
Amplitude total	0,61, 0,77
Mediana	0,68 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,914 - 91,408% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,77 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,475 L/h

Distribuição Normal (Método KELLER)**Vazão x Gotejador (Método KELLER)**

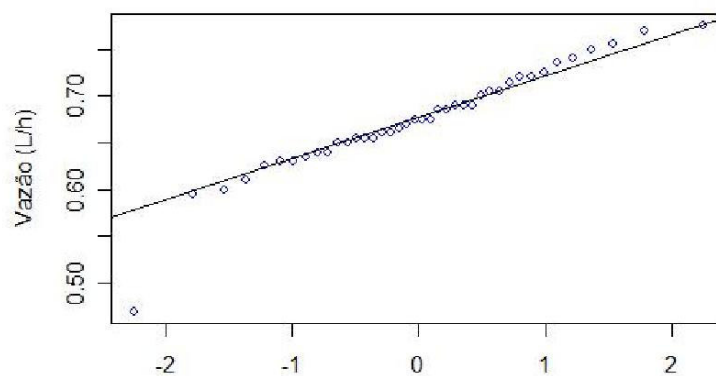
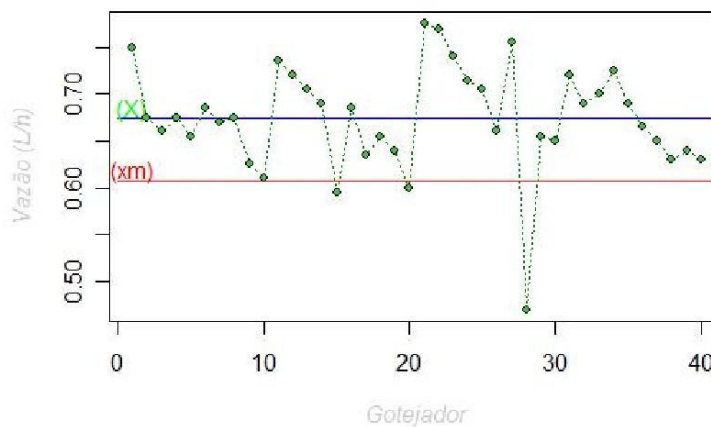
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:7

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Todos
Nr. gotejadores avaliados	40
Média (L/h)	0.674 L/h
Desvio padrão	0.056
Coefficiente de Variação	0.083 Marginal
Amplitude total	0.47, 0.775
Mediana	0.675 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.901 - 90.083% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.687 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26.864 L/h

Distribuição Normal (Todos)**Vazão x Gotejador (Todos)**

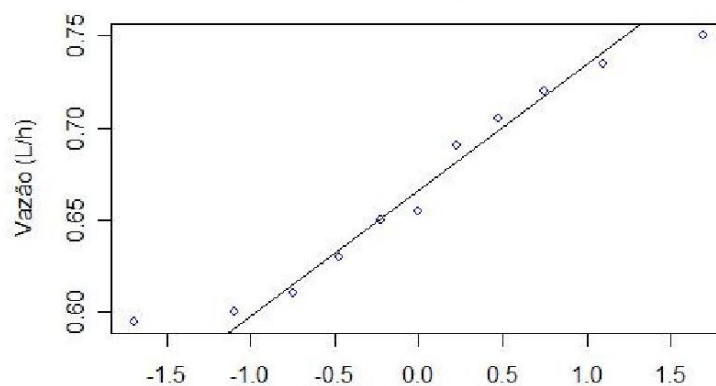
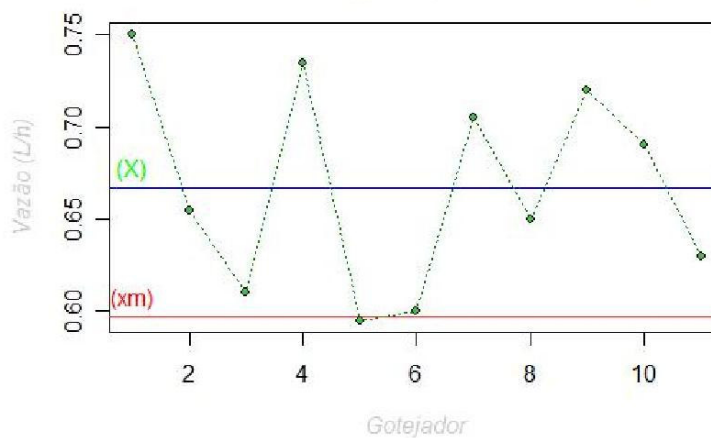
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:7

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Personalizado
Nr. gotejadores avaliados	11 (1,5,10,11,15,20,25,30,31,35,40)
Média (L/h)	0,667 L/h
Desvio padrão	0,056
Coefficiente de Variação	0,083 Marginal
Amplitude total	0,595, 0,75
Mediana	0,655 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,895 - 89,544% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,69 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27,026 L/h

Distribuição Normal (Personalizado)**Vazão x Gotejador (Personalizado)**

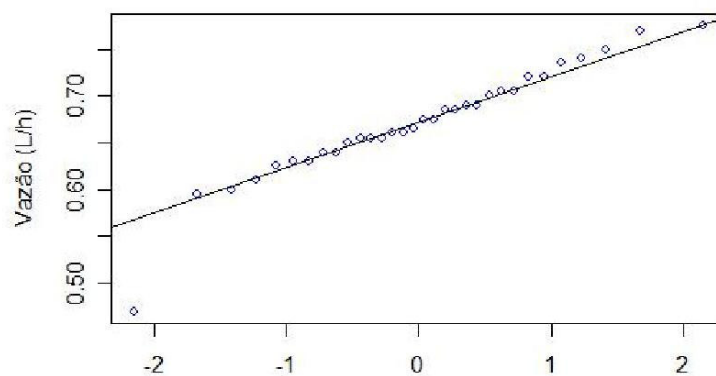
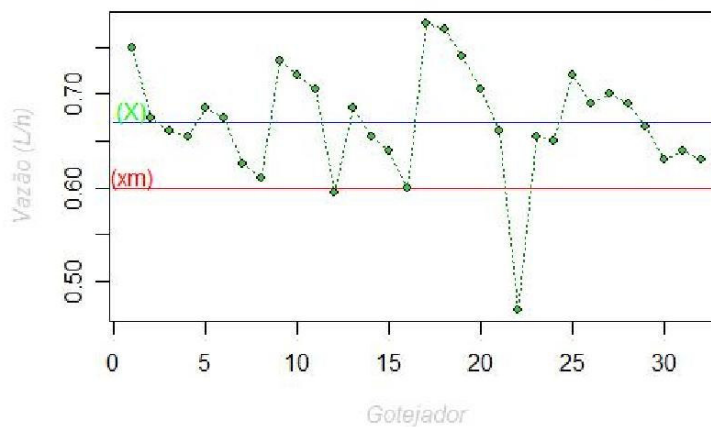
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:7

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método DENÍCULI
Nr. gotejadores avaliados	32
Média (L/h)	0.671 L/h
Desvio padrão	0.059
Coefficiente de Variação	0.088 Marginal
Amplitude total	0.47, 0.775
Mediana	0.67 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.895 - 89.469% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.65 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27.049 L/h

Distribuição Normal (Método DENÍCULI)**Vazão x Gotejador (Método DENÍCULI)**

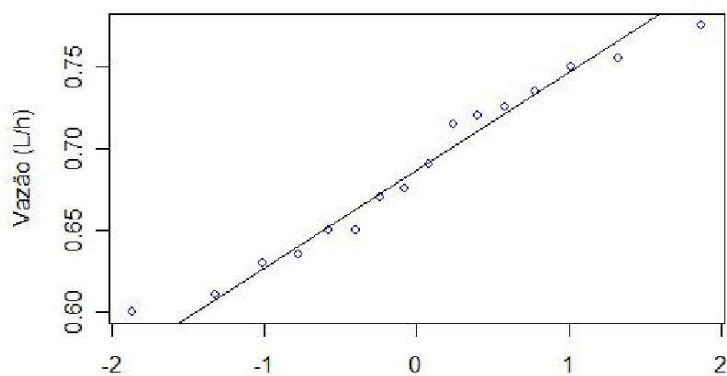
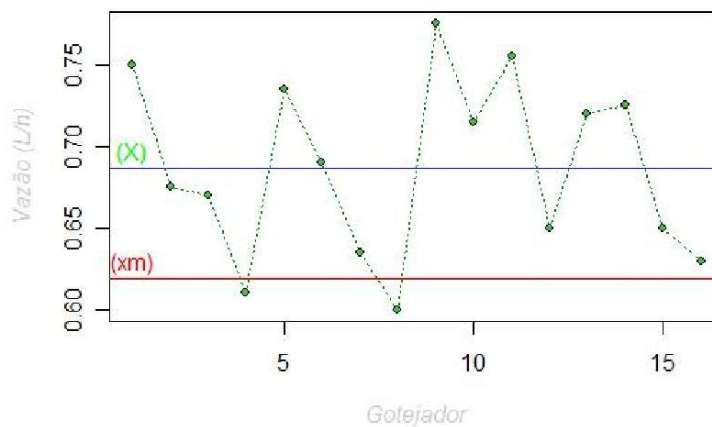
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:7

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método KELLER
Nr. gotejadores avaliados	16
Média (L/h)	0,687 L/h
Desvio padrão	0,055
Coefficiente de Variação	0,079 Marginal
Amplitude total	0,6, 0,775
Mediana	0,682 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,901 - 90,123% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,703 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,852 L/h

Distribuição Normal (Método KELLER)**Vazão x Gotejador (Método KELLER)**

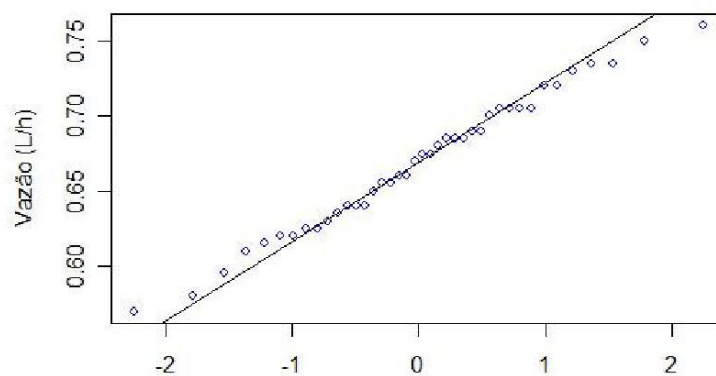
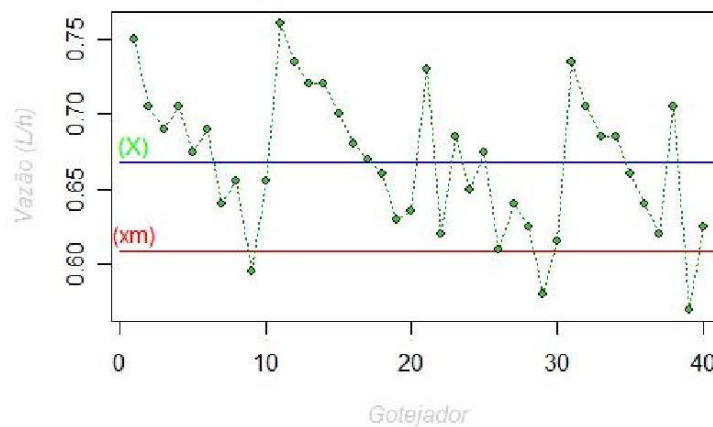
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:8

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Todos
Nr. gotejadores avaliados	40
Média (L/h)	0,668 L/h
Desvio padrão	0,047
Coefficiente de Variação	0,07 Marginal
Amplitude total	0,57, 0,76
Mediana	0,673 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,911 - 91,134% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,782 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,554 L/h

Distribuição Normal (Todos)**Vazão x Gotejador (Todos)**

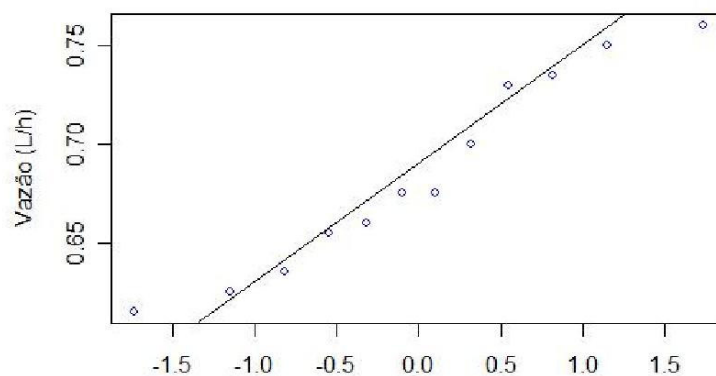
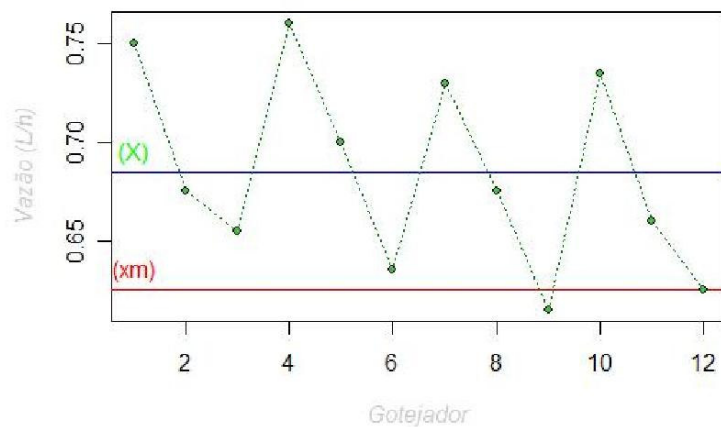
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:8

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Personalizado
Nr. gotejadores avaliados	12 (1,5,10,11,15,20,21,25,30,31,35,40)
Média (L/h)	0,685 L/h
Desvio padrão	0,05
Coefficiente de Variação	0,073 Marginal
Amplitude total	0,615, 0,76
Mediana	0,675 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,913 - 91,296% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,752 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,507 L/h

Distribuição Normal (Personalizado)**Vazão x Gotejador (Personalizado)**

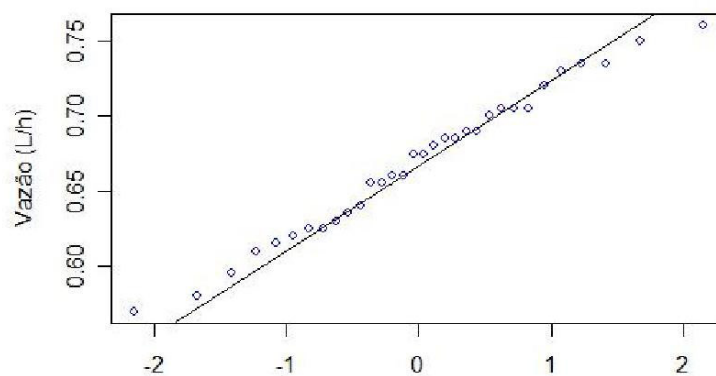
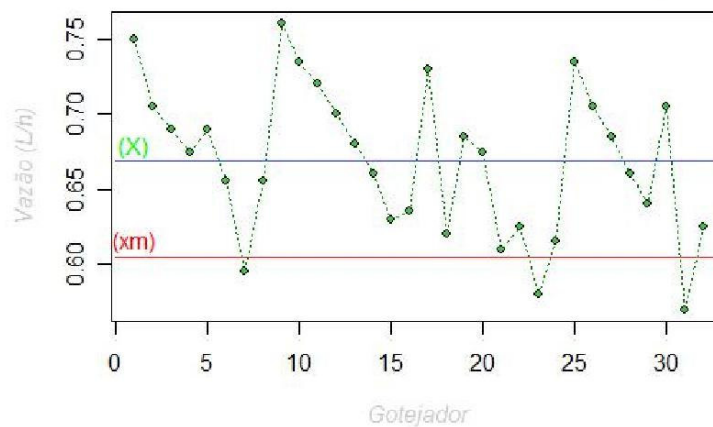
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:8

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método DENÍCULI
Nr. gotejadores avaliados	32
Média (L/h)	0,669 L/h
Desvio padrão	0,05
Coefficiente de Variação	0,074 Marginal
Amplitude total	0,57 - 0,76
Mediana	0,675 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,905 - 90,467% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,754 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,75 L/h

Distribuição Normal (Método DENÍCULI)**Vazão x Gotejador (Método DENÍCULI)**

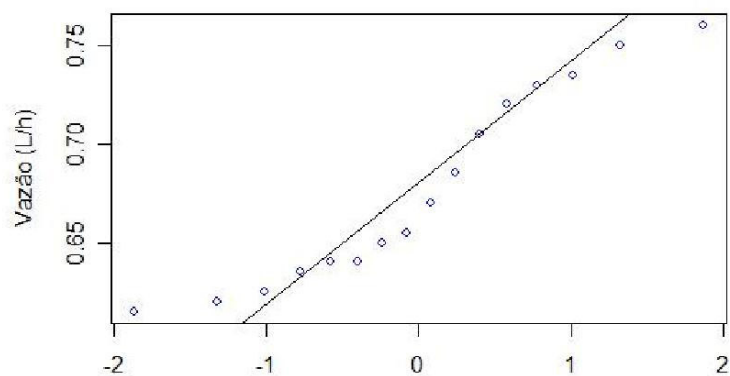
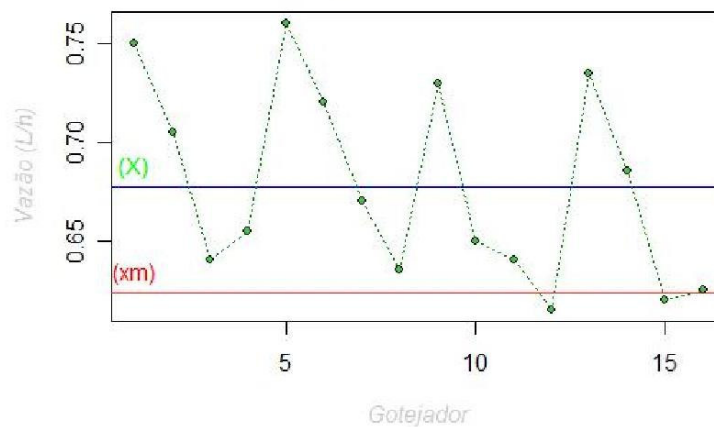
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:8

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método KELLER
Nr. gotejadores avaliados	16
Média (L/h)	0,677 L/h
Desvio padrão	0,049
Coefficiente de Variação	0,073 Marginal
Amplitude total	0,615, 0,76
Mediana	0,663 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,921 - 92,109% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,756 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,273 L/h

Distribuição Normal (Método KELLER)**Vazão x Gotejador (Método KELLER)**

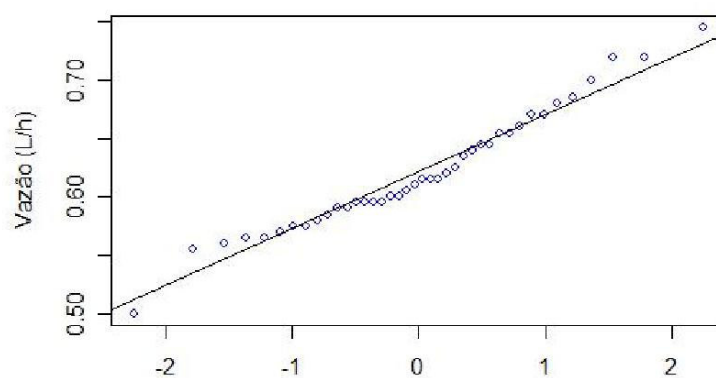
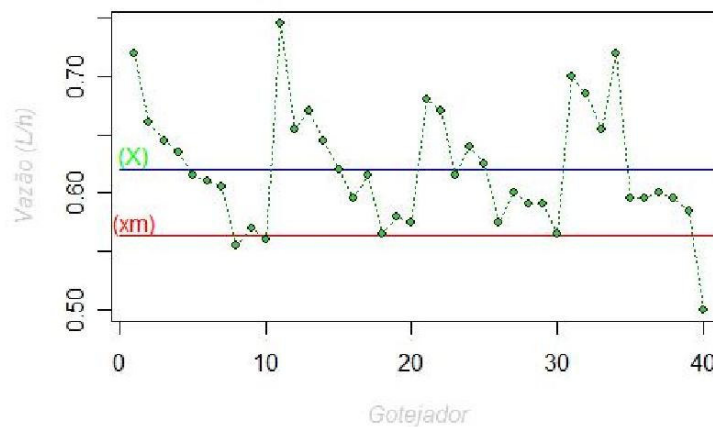
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:9

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Todos
Nr. gotejadores avaliados	40
Média (L/h)	0.62 L/h
Desvio padrão	0.052
Coefficiente de Variação	0.083 Marginal
Amplitude total	0.5, 0.745
Mediana	0.613 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.907 - 90.733% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.733 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26.672 L/h

Distribuição Normal (Todos)**Vazão x Gotejador (Todos)**

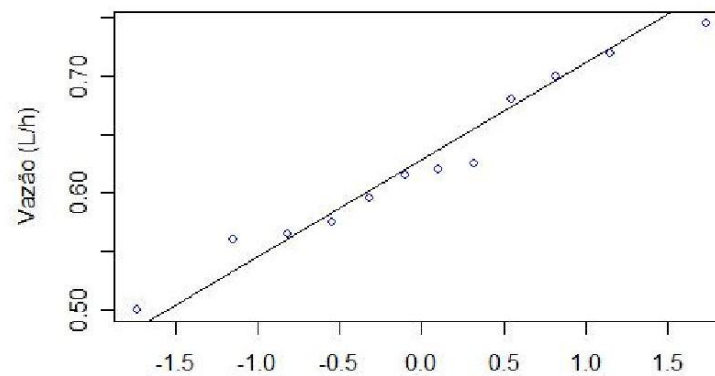
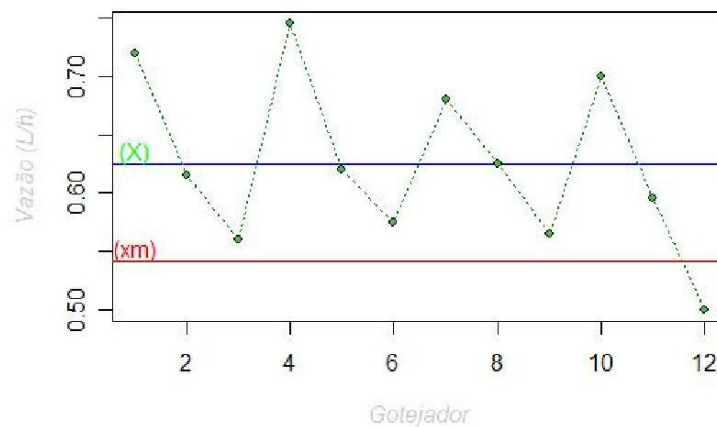
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:9

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Personalizado
Nr. gotejadores avaliados	12 (1,5,10,11,15,20,21,25,30,31,35,40)
Média (L/h)	0,625 L/h
Desvio padrão	0,073
Coefficiente de Variação	0,117 Pobre
Amplitude total	0,5, 0,745
Mediana	0,617 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,867 - 86,667% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,463 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27,923 L/h

Distribuição Normal (Personalizado)**Vazão x Gotejador (Personalizado)**

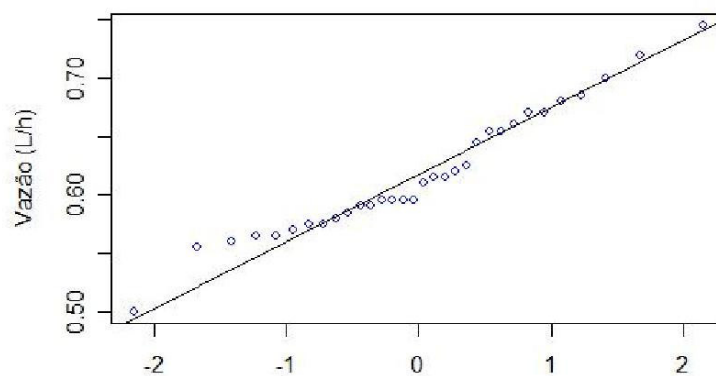
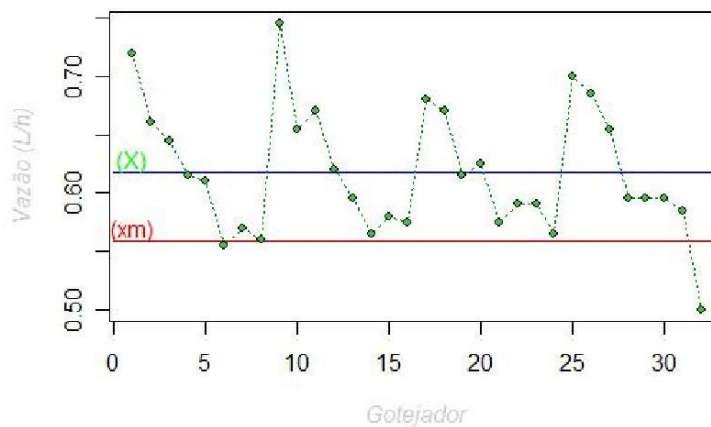
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:9

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método DENÍCULI
Nr. gotejadores avaliados	32
Média (L/h)	0,617 L/h
Desvio padrão	0,054
Coefficiente de Variação	0,088 Marginal
Amplitude total	0,5, 0,745
Mediana	0,603 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,904 - 90,385% Excelente
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,705 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	26,774 L/h

Distribuição Normal (Método DENÍCULI)**Vazão x Gotejador (Método DENÍCULI)**

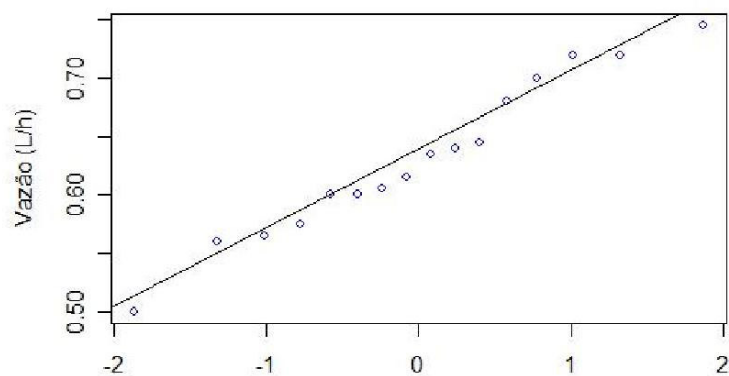
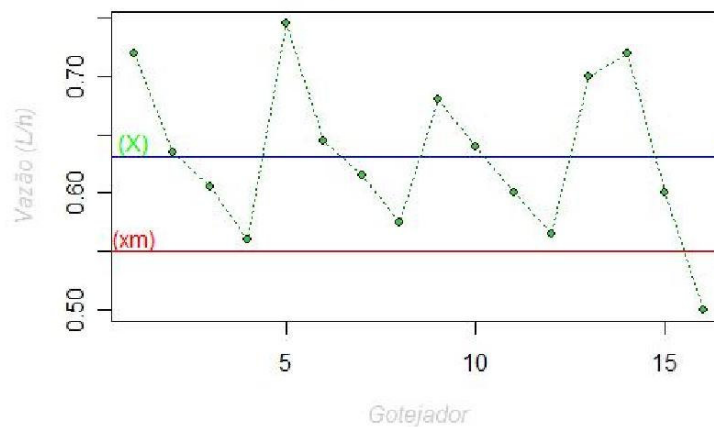
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:9

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método KELLER
Nr. gotejadores avaliados	16
Média (L/h)	0.632 L/h
Desvio padrão	0.068
Coefficiente de Variação	0.107 Marginal
Amplitude total	0.5, 0.745
Mediana	0.625 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.871 - 87.086% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.541 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27.789 L/h

Distribuição Normal (Método KELLER)**Vazão x Gotejador (Método KELLER)**

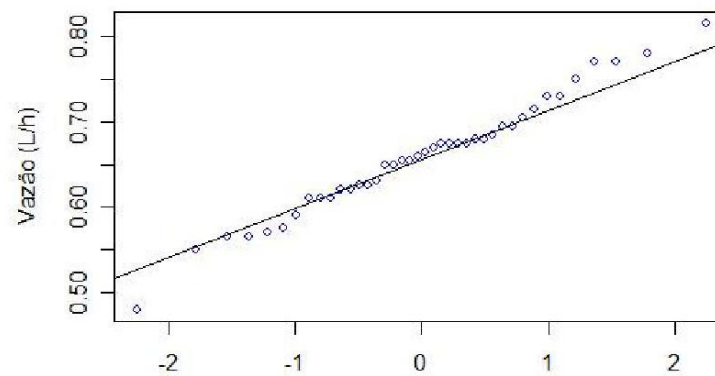
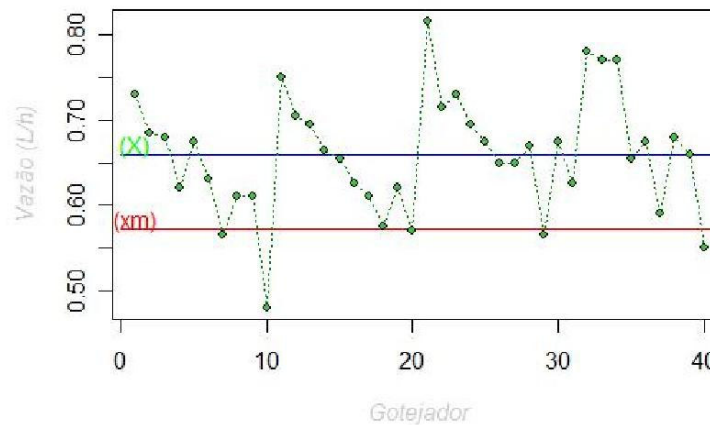
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:10

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Todos
Nr. gotejadores avaliados	40
Média (L/h)	0.659 L/h
Desvio padrão	0.069
Coefficiente de Variação	0.105 Marginal
Amplitude total	0.48, 0.815
Mediana	0.663 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.869 - 86.907% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.519 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27.846 L/h

Distribuição Normal (Todos)**Vazão x Gotejador (Todos)**

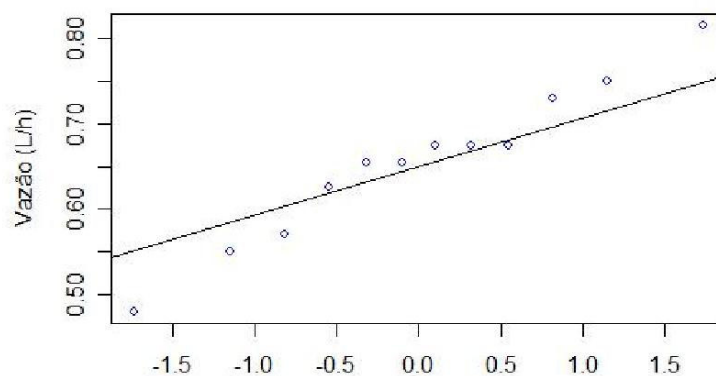
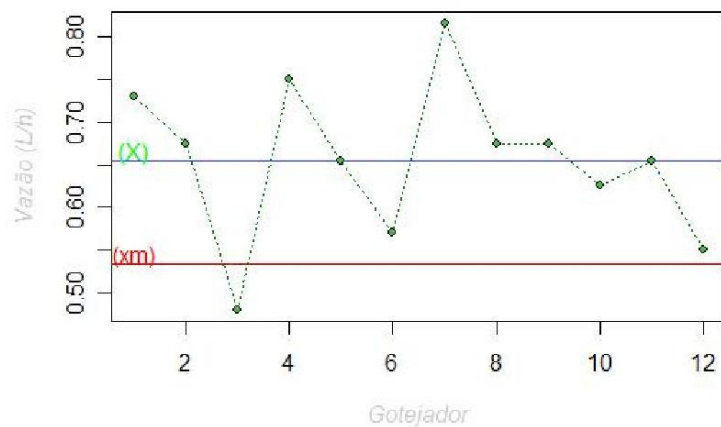
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:10

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Personalizado
Nr. gotejadores avaliados	12 (1,5,10,11,15,20,21,25,30,31,35,40)
Média (L/h)	0,655 L/h
Desvio padrão	0,091
Coefficiente de Variação	0,139 Pobre
Amplitude total	0,48, 0,815
Mediana	0,665 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,815 - 81,477% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,171 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	29,702 L/h

Distribuição Normal (Personalizado)**Vazão x Gotejador (Personalizado)**

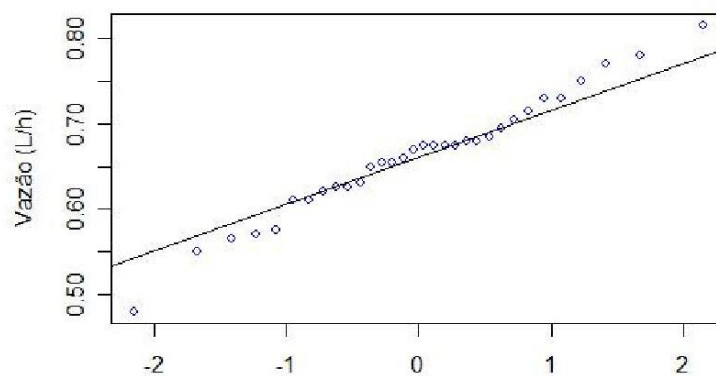
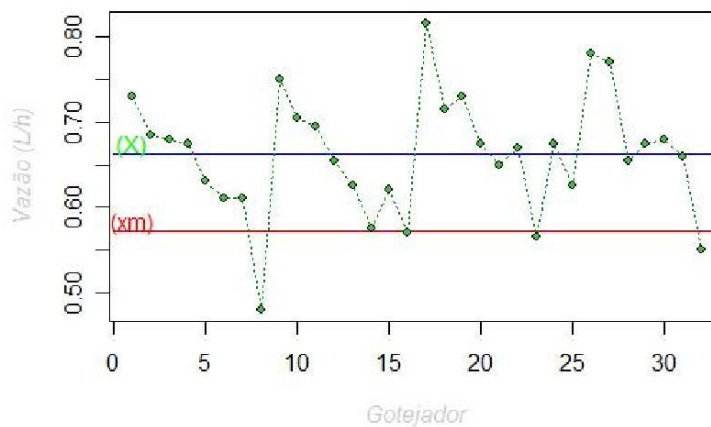
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:10

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método DENÍCULI
Nr. gotejadores avaliados	32
Média (L/h)	0.662 L/h
Desvio padrão	0.071
Coefficiente de Variação	0.107 Marginal
Amplitude total	0.48, 0.815
Mediana	0.673 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0.865 - 86.476% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99.497 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	27.985 L/h

Distribuição Normal (Método DENÍCULI)**Vazão x Gotejador (Método DENÍCULI)**

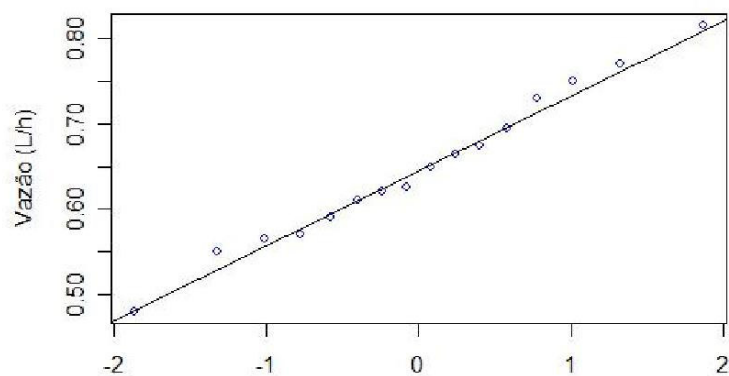
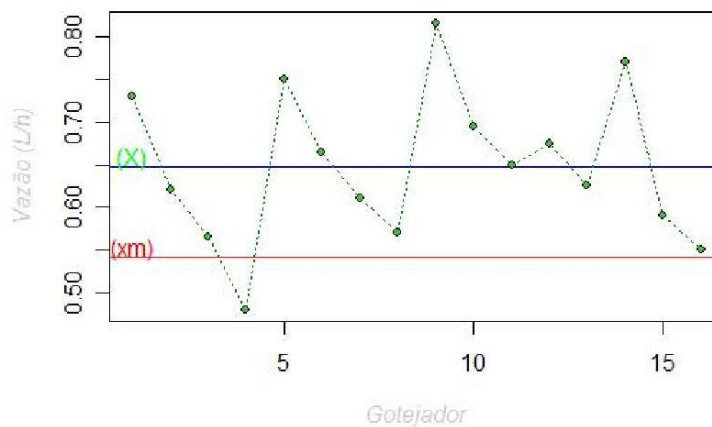
Experimento Irrigação Localizada - NEEA

Evento:10

Nr. Repetições:3

Carga Hidraulica: 1,40 mca

Método utilizado	Método KELLER
Nr. gotejadores avaliados	16
Média (L/h)	0,647 L/h
Desvio padrão	0,089
Coefficiente de Variação	0,138 Pobre
Amplitude total	0,48, 0,815
Mediana	0,637 L/h
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	0,836 - 83,591% Boa
Coefficiente de Uniformidade Estatístico	99,2 %
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	100%
Irrigação total necessária	24,2 L/h
Irrigação real necessária	21,78 L/h
Vazão reajustada	28,951 L/h

Distribuição Normal (Método KELLER)**Vazão x Gotejador (Método KELLER)**

APÊNDICE D – FONTES PROGRAMA

Os fontes do programa estão disponíveis com o autor e podem ser solicitados através do e-mail: marcelo@cootrade.com.br

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)