

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

CURSO DE MESTRADO EM INFORMÁTICA



IRRIGA: UM SISTEMA DE SELEÇÃO AUTOMÁTICA DE METODOS DE IRRIGAÇÃO.

FRANCISCO XAVIER DE OLIVEIRA FILHO

*12*  
*Dir. de*  
*Coordenação*  
*de*

Campina Grande - PB

Junho - 1990



IRRIGA: UM SISTEMA DE SELEÇÃO AUTOMÁTICA DE MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO.

FRANCISCO XAVIER DE OLIVEIRA FILHO

Dissertação apresentada ao curso de  
MESTRADO EM INFORMÁTICA da  
Universidade Federal da Paraíba, em  
cumprimento às exigências para  
obtenção do grau de mestre.

GIUSEPPE MONGIOVI  
Orientador

HAMILTON M. AZEVEDO  
Co-orientador

Campina Grande - PB

Junho - 1990



048i

Oliveira Filho, Francisco Xavier

Irriga : um sistema de selecao automatica de metodos de irrigacao / Francisco Xavier de Oliveira Filho. - Campina Grande, 1990.

236 f.

Dissertacao (Mestrado em Informatica) - Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.

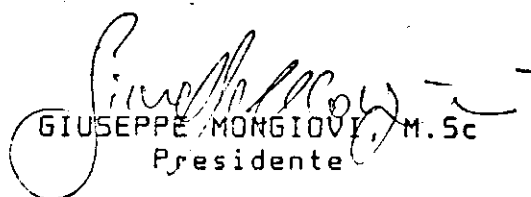
1. Metodos de Irrigacao 2. Irrigacao 3. Irrigacao - Tecnologia 4. Irrigacao - Metodos I. Mongiovi, Giuseppe II. Azevedo, Hamilton M. III. Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) IV. Título

CDU 626.84(043)


IRRIGA: UM SISTEMA DE SELEÇÃO AUTOMÁTICA DE MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

FRANCISCO XAVIER DE OLIVEIRA FILHO

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 01.06.1990

  
GIUSEPPE MONGIOVI, M.Sc  
Presidente

  
HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO, M.Sc  
Componente da Banca

  
HELIO DE MENEZES SILVA, M.Sc  
Componente da Banca

  
FRANCISCO ASSIS DE OLIVEIRA, Dr.  
Componente da Banca

Campina Grande, 01 de junho de 1990



## OFEREÇO

A minha esposa **CORRINHA** e aos meus irmãos **JOSE, MARIA, MESSIAS, ZÉLIA** e **VANDA** que sempre estiveram do meu lado, estimulando-me nas horas mais difíceis.

## DEDICO

A minha mãe **FRANCISCA** (in memoriam) e a meu pai **FRANCISCO** pela ajuda, compreensão e incentivo em todas as etapas de minha vida.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece

Ao Prof. Giuseppe Mongiovi pela orientação dedicada, segura e paciente, durante a execução deste trabalho.

Aos colegas da ESAM José Cipriano, Francisco Nogueira, Nilson Sathier, Odaci Fernandes e Marcos Filgueira pelo estímulo, apoio e ajuda à realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

I - Introdução .....	01
II - Métodos de irrigação .....	04
2.1 - Irrigação por <b>ASPERSÃO</b> .....	10
2.2 - Irrigação por <b>GOTEJAMENTO</b> .....	13
2.3 - Irrigação por <b>SULCO</b> .....	15
2.4 - Irrigação por <b>FAIXA</b> .....	17
III - Seleção do(s) método(s) mais adequado(s) de irrigação ..	20
3.1 - Descrição da metodologia .....	20
3.2 - Parâmetros analisados pelo sistema .....	22
3.2.1 - Espaçamento entre fileiras da cultura .....	22
3.2.2 - Sensibilidade relativa da cultura a doença na copa .....	24
3.2.3 - Sensibilidade relativa da cultura a doença no tronco e raízes .....	25
3.2.4 - Condições de crescimento relativo da cultura ...	27
3.2.5 - Declividade média da área a ser irrigada .....	28
3.2.6 - Taxa relativa de infiltração do solo .....	29
3.2.7 - Concentração de sais na água .....	31
3.2.8 - Material em suspensão na água .....	32
3.2.9 - Habilidade da mão-de-obra .....	34
IV - Projeto, implementação e uso do <b>IRRIGA</b> .....	36
4.1 - Etapas do projeto .....	36
4.1.1 - Editar banco de dados de culturas .....	36
4.1.2 - Selecionar métodos .....	36

4.1.3 - Analisar situações .....	39
4.2 - Implementação do IRRIGA .....	44
4.3 - Guia de utilização do sistema .....	48
V - Conclusões e sugestões para futuros trabalhos .....	60
VI - Referências bibliográficas .....	62
VII - Apêndice .....	65

## RESUMO

O sistema IRRIGA seleciona o(s) método(s) mais adequado(s) de irrigação do ponto de vista técnico, a partir de informações sobre a cultura, o solo, a água e a mão-de-obra a serem usados na irrigação. Índices que expressam a adaptabilidade do método de irrigação a fatores tais como densidade de plantio, susceptibilidade da cultura a doenças, declividade e taxa de infiltração do solo, qualidade d'água e qualificação da mão-de-obra são desenvolvidos. O sistema é documentado de modo a fornecer, ao usuário, ajuda sobre a sua execução bem como explicações do procedimento na seleção dos métodos de irrigação. Há opções para análise de situações simuladas, proporcionando treinamento a estudantes e técnicos em irrigação. Quatro métodos de irrigação são analisados: ASPERSÃO, FAIXA, GOTEJAMENTO e SULCO. O sistema é implementado na linguagem de programação PASCAL.

## ABSIRACI

A system is worked out for selecting better irrigation methods as regarded to the technical viewpoint, considering informations on the crop, soil, water, and quality of laborers to be used on the irrigating process. Indexes for expressing the fitness of irrigating method to factors like plant density, crop susceptibility to deseases, soil slope, soil infiltration rate, water quality, and hand labor qualifications are developed. The system is documented in order to provide the user with hints for its execution as well as explanations on the procedure for selecting the irrigating methods. There are options for analyzing simulated irrigating situations, which are useful for training students and technicians. Four irrigating methods are analyzed: sprinkler, border, trickle, and furrow. The system is implemented in the PASCAL programing language.

## I - INTRODUÇÃO

Não existe um método ou sistema de irrigação considerado ideal, ou seja, capaz de atender da melhor maneira possível a todas as condições e interesses envolvidos [SCAL 86], portanto na escolha do método de irrigação mais adequado deve-se reunir o maior número possível de informações inerentes as peculiaridades de cada situação em estudo.

Na escolha de um método de irrigação, dentre outros fatores, deve-se considerar aspectos como, características da cultura irrigada, capacidade de infiltração e retenção d'água no solo, topografia da área irrigada, quantidade e qualidade d'água e custo de implementação e operacionalização do método [FINK 60]. Além desses aspectos, a participação de um especialista em projetos de irrigação, com largo conhecimento da área em que o sistema será implantado é indispensável.

No Brasil, a maioria dos casos de escolha dos métodos de irrigação, nem sempre conta com a presença de um especialista na área. Tal procedimento, via de regra, leva à escolha de métodos inadequados, provocando muitas vezes sérios danos ao solo e diminuição na produtividade, acarretando, assim, o insucesso do empreendimento. Em consequência, um processo criterioso de seleção é imprescindível para assegurar a escolha do método mais



adequado para uma dada situação.

Este trabalho descreve o desenvolvimento do IRRIGA, um sistema para selecionar automaticamente o(s) método(s) mais adequado(s) de irrigação do ponto de vista técnico. Esta seleção é feita com base na cultura, água, solo e fatores humanos. Índices de adequabilidade são desenvolvidos baseados na aceitabilidade técnica dos métodos de irrigação para os parâmetros selecionados. Estes índices expressam o nível de aceitação dos métodos de irrigação para fatores tais como espaçamento entre as fileiras da cultura, susceptibilidade a doenças da cultura, tipo de crescimento da cultura, declividade e taxa de infiltração do solo, taxa de sais e de material em suspensão na água e habilidade da mão-de-obra. Baseados nesses índices, os métodos mais adequados de irrigação são estabelecidos e classificados.

Um sistema de seleção automática dessa natureza tem grande aplicação na agricultura irrigada. Além de facilitar bastante a seleção do(s) método(s) mais adequado(s) de irrigação, tem também fins educacionais, proporcionando treinamento a estudantes e técnicos de irrigação, uma vez que ele contém certas facilidades de Sistemas Especialistas tal como a habilidade de explicar o porquê da metodologia empregada [WART 86], [LEVI 88], [WEIS 87] e [GENA 87]. O sistema além de fornecer as adequações e as restrições entre métodos de irrigação, culturas, tipos de solo e tipos de água, apresenta outras



vantagens, tais como facilidade de execução, de transferência de conhecimento e de documentação, bem como disponibilidade e consistência.

#### Organização da Dissertação.

O capítulo II apresenta as principais características dos métodos de irrigação mais usados no Brasil.

O capítulo III faz uma descrição sobre a metodologia usada pelo IRRIGA para seleccionar o(s) método(s) mais adequado(s) de irrigação.

O capítulo IV trata do projeto, implementação e uso do sistema. Serão mostrados os gráficos de estrutura do sistema, aspectos das estruturas de dados e um guia de utilização.

No capítulo V apresentam-se as conclusões e sugestões para desenvolvimento de futuros trabalhos.

Finalmente o apêndice apresenta um exemplo ilustrativo de uma sessão com o IRRIGA.

## II - MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

Irrigação é a aplicação artificial de água à cultura de acordo com a capacidade de retenção e infiltração do solo, a fim de garantir perfeito suprimento hídrico da planta durante todo seu ciclo vegetativo, propiciando melhor desenvolvimento e maior produção. Aspersão, superficial, localizada e subterrânea são basicamente as quatro formas de aplicação da água às plantas. Segundo (DALK 89), tem-se:

**Aspersão** - Neste tipo de irrigação a água é aplicada ao solo na forma de uma chuva artificial, através do fracionamento do jato em um número enorme de gotas d'água que se espalham no ar, caindo sobre o terreno. Este fracionamento é obtido pela passagem d'água sob pressão através de aspersores, pequenos orifícios ou bocais. Este método pode ser classificado em convencional, autopropelido, montagem direta, pivô central e lateral rolante.

a) **Aspersão convencional** - É constituído fundamentalmente de um sistema de captação e bombeamento, de tubulações principal e lateral e aspersores. Em função da movimentação ou não, total ou parcial, de seus componentes é subdividida em sistema móvel ou portátil, fixo ou permanente e semi-portátil.

. Sistema convencional móvel - Utiliza tubulações móveis, tanto na linha principal como nas linhas laterais. Tal sistema é constituído de conjunto de motor-bomba, linha principal ou mestra (tubulação de recalque) e linha secundária (ramal de irrigação).

. Sistema convencional fixo - Seus componentes são fixos e as tubulações principal e laterais são enterradas, com a vantagem de economizar mão-de-obra.

. Sistema convencional semi-portátil - Nesse sistema as tubulações das linhas laterais são móveis e a tubulação da linha principal e o conjunto motor-bomba são fixos.

b) Autopropelido - É constituído de motor para a autopropulsão, um aspersor canhão e uma mangueira de alta pressão, a qual é acoplada à linha principal de tubulação, e de um cabo de aço, instalados sobre uma carreta de quatro rodas. O sistema desloca-se irrigando a área desejada .

c) Montagem direta - É semelhante ao sistema autopropelido, só que a carreta, que leva consigo a motobomba, obtém água de canais em níveis que recebem água da tubulação adutora .

d) Pivô central - É um sistema de movimentação circular a uma velocidade constante. É constituído, de uma linha com vários aspersores, com tubos de aço, suportada por torres dotadas de

rodas, nas quais operam os dispositivos de propulsão, imprimindo à linha um movimento de rotação, em torno de um pivô, que lhe serve de ancoragem e de tomada d'água. É indicado para grandes áreas e reduz substancialmente a necessidade de mão-de-obra.

e) Lateral rolante - É composto de uma linha de tubos de irrigação que, montada sobre rodas, desloca-se transversalmente sobre a área a ser irrigada.

Superficial - Nessa forma de irrigação, a água é conduzida pela própria superfície do solo e é classificada em sulco, faixa e inundação. Segundo [BERN 87], tem-se:

a) Sulco - Pequenos canaletes feitos no solo e localizados paralelamente à linha de plantas, conduzem a água, durante o tempo necessário para umedecer a zona radicular do cultivo. As variações mais comuns nos tipos de sulcos são: sulcos retos, sulcos em contorno, corrugação e sulcos em ziguezague.

. Sulcos retos - É o principal tipo e o mais usado nos sistemas de irrigação por sulco. São longos e retos. Quando as condições são favoráveis não há motivo para considerar outro tipo de sulco.

. Sulcos em contorno - São construídos em terrenos com declividade acentuada ou superfície desuniforme e na direção das curvas de nível. São baratos porque dispensam a regularização e

sistematização do terreno.

. Sulcos em corrugação - São sulcos de seção pequena, construídos na direção da maior declividade do terreno. Este tipo de irrigação adapta-se melhor em solos que possibilitam uma boa movimentação d'água na horizontal.

. Sulcos em ziguezague - São usados em terrenos com baixa capacidade de infiltração e com declividade moderada, pois aumentando-se o comprimento do sulco, pode-se reduzir a sua declividade média e a velocidade de avanço d'água no solo.

b) Faixa - É usado em faixas de terrenos com pouca ou nenhuma declividade transversal mas com certa declividade longitudinal e para culturas com alta densidade de plantio, como o trigo, aveia, centeio, cevada e culturas forrageiras.

c) Inundação - É um dos métodos de irrigação mais simples. Consiste na colocação de uma lâmina d'água sobre áreas quase planas. É indicado para cultura com alta densidade de plantio como cultura do arroz, culturas forrageiras e em particular as plantas tolerantes a excesso d'água e pouca aeração do solo.

Localizada - A aplicação d'água é lenta, em pequena quantidade, mas frequente, mantendo a umidade do solo sempre próximo da capacidade de campo. Segundo [DALK 86] os tipos de irrigação localizada são: gotejamento, microaspersão, tubos

perfurados ou porosos, jato pulsante, xique-xique, potejamento e cápsulas porosas.

a) - Gotejamento - No gotejamento a água é levada até ao pé da planta por uma extensa rede de tubulação fixa e de baixa pressão. A liberação d'água para o solo é feita pontualmente através de gotejadores, e em vazões reduzidas.

b) - Microaspersão - A água é localmente aspergida pelos microaspersores em pequenos círculos junto ao pé da planta. A condução também é feita por rede fixa e extensa de tubos que opera com baixas pressões que no entanto são superiores às do gotejamento.

c) Tubos perfurados ou porosos - Nesse sistema não existem emissores cujas funções são desempenhadas pelos orifícios ou poros. As agressões provocadas pelo calor e outros fatores pioram consideravelmente a uniformidade das vazões de irrigação.

d) - Jato pulsante - A água é distribuída aos pontos de irrigação em pequenos jatos provocados por válvulas irrigadoras dispostas a intervalos regulares de uma tubulação de pequeno diâmetro. O sistema é formado por circuitos (anéis) fechados alimentados por uma tubulação principal.

e) Xique-Xique - Pode ser considerado como um aperfeiçoamento ou adaptação do tipo tubos perfurados. É constituído de tubos perfurados, sendo que cada furo é envolvido

por uma luva que direciona o jato d'água.

f) Potejamento - A distribuição d'água é feita através de potes de barro cozido, isolados ou interconectados por meio de eletrotubos. Os potes ficam semi-enterrados no solo.

g) Cápsulas porosas - Semelhante ao potejamento, porém é mais tecnificado. Apresenta a grande vantagem de uma vazão mais uniforme, por unidade porosa, e maior liberação d'água. Opera por sucção através de um sistema fechado.

**Subterrânea** - A água é aplicada no interior do solo por elevação ou abaixamento do nível do lençol freático ou através de canais, tubos perfurados, manilhas porosas ou dispositivos permeáveis instalados à pequena profundidade [D'ALK 86].

A seguir daremos as principais características dos métodos de irrigação mais usados no Brasil (vide Fig.2.1), segundo o Ministério da Irrigação [FRAN 88], os quais foram escolhidos para serem objetos de nosso estudo: **ASPERSÃO, GOTEJAMENTO, SULCO e INUNDAÇÃO.**

REGIÃO	MÉTODOS EMPREGADOS (%)	
NORDESTE	ASPERSÃO	54%
	LOCALIZADA	2%
	SULCOS	30%
	INUNDAÇÃO	14%
SUDESTE	INUNDAÇÃO	37%
	ASPERSÃO	60%
	SULCOS	3%
CENTRO OESTE	ASPERSÃO	54%
	INUNDAÇÃO	11%
	SULCOS	1%
SUL	INUNDAÇÃO	95%
	ASPERSÃO	5%
NORTE	INUNDAÇÃO	100%

Fig.2.1 - Percentual de uso dos métodos

## 2.1 - IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL.

Neste método, a água é aplicada através de uma chuva artificial, provocada pela passagem da água sob pressão através de pequenos orifícios ou bocais de aspersores (OLIT 76). O método requer:

**SOLO** - A irrigação por aspersão terá maior vantagem quando aplicada em solos de textura grossa, baixa capacidade de retenção da água e para plantas com alta densidade de cultivo. Este método leva vantagens sobre os métodos de irrigação por superfície para terrenos com declividade acentuada, já que não há exigência de sistematização do solo.



**CLIMA** - Deve-se rejeitar esse tipo de irrigação em regiões sujeitas a ventos fortes e constantes, baixa umidade relativa do ar e temperaturas elevadas, pois esses fatores afetam a uniformidade de distribuição dos aspersores e provocam aumento da perda d'água por evaporação.

**ÁGUA** - A água a ser usada na irrigação por aspersão não deve apresentar alta taxa de salinidade, para não reduzir a vida útil dos aspersores e nem provocar danos nas folhas dos vegetais.

**CULTURAS** - A irrigação por aspersão adapta-se a uma grande variedade de culturas, principalmente aquelas de porte baixo, a exemplo das hortaliças. Ela sofre restrições com relação a culturas de grande porte, pois estas exigem equipamentos especiais para lançar água acima da copa e a culturas sensíveis a doenças na copa, visto que a irrigação por aspersão faz uma lavagem nas folhas levando os defensivos.

**MÃO-DE-OBRA** - Os métodos de irrigação pressurizados geralmente não requerem do trabalhador altos níveis de habilidade técnica em irrigação para a operação do sistema.

De acordo com [SCAL 86] o método apresenta:

#### **VANTAGENS.**

- Não exige sistematização do terreno;
- mantém a fertilidade natural do solo;
- pode ser empregado em qualquer tipo de solo;
- provoca uma grande oxigenação d'água;
- permite a aplicação de fertilizantes e de defensivos diluídos na água de irrigação;
- elimina praticamente as perdas por condução;
- permite a irrigação durante a noite;
- mais fácil incorpora-lo em plantações permanentes já estabelecidas.

#### **DESVANTAGENS**

- Requer mão-de-obra habilitada para manutenção do sistema;
- sofre a interferência do vento;
- O impacto das gotas pode derrubar os frutos ainda no início do desenvolvimento;
- pode facilitar o desenvolvimento de doenças;
- pode lavar inseticidas e fungicidas aplicados sobre a parte aérea da planta.

## 2.2 - IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO.

Este método tem como característica principal a aplicação d'água apenas nos locais de interesse, isto é, diretamente ao solo sobre a região radicular da planta, em pequena intensidade e com alta frequência, de modo que mantenha a umidade desejada na zona radicular [DALK 86]. Gotejadores ou tubos perfurados com orifícios de diâmetros reduzidos são os responsáveis pela aplicação d'água. O método requer:

**SOLO** - Este método de irrigação adapta-se melhor que os demais métodos a diferentes tipos de solos e topografia irregular.

**CLIMA** - Não sofre interferência dos fatores climáticos.

**ÁGUA** - A água deve ser limpa, isenta de partículas sólidas para evitar obstrução nos emissores. Geralmente a filtragem d'água faz parte desse sistema.

**CULTURAS** - Irrigação por gotejamento é muito aceita para culturas de fileiras espaçadas ou pomares. Há restrições com relação a cultura com alta densidade de plantio (pequeno espaçamento entre fileiras de plantas), pois aumenta o número de tubos por unidade de área, afetando os custos de implementação do método. Outra restrição, segundo [BERN 87], é com relação a culturas de grande porte em regiões de ventos fortes, uma vez que as raízes dos vegetais tendem a concentrarem-se na região

umedecida, diminuindo a sua estabilidade.

**MÃO-DE-OBRA** - Este método é o menos exigente com relação a qualidade e quantidade da mão-de-obra. Seu funcionamento é automático reduzindo ao mínimo a utilização da mão-de-obra.

Conforme [D'ALK 86] o método apresenta:

#### **VANTAGENS**

- Assegura uma distribuição uniforme de água e de fertilizantes;
- pode ser instalada em superfícies irregulares;
- é um sistema permanente podendo ser automático;
- permite a utilização contínua do equipamento;
- a água é levada diretamente à zona radicular da planta. Não há perda por percolação e mínima por evaporação;
- pode ser aplicada com sucesso em uma grande variedade de solos, desde o ligeiramente arenoso até aos pesados e argilosos;
- tem-se registrado uma economia de 25,0% a 75,0% d'água, com relação aos demais métodos e portanto de energia também;
- praticamente elimina tanto a erosão horizontal como a vertical;
- não sofre influência do vento.

## DESVANTAGENS.

- Exige a filtragem da água de irrigação;
- há possibilidade de obstrução dos emissores;
- fornece água apenas na zona das raízes, induzindo o sistema radicular da planta a ficar limitado aos arredores de cada emissor.

## 2.3 - IRRIGAÇÃO POR SULCO.

Neste método de irrigação a água é conduzida em pequenos canais escavados no terreno ou sulcos, situados paralelos as fileiras das plantas, durante o tempo necessário para umedecer a zona radicular da cultura [BERN 87]. Para se obter boa eficiência com este método, via de regra, é necessário que o terreno seja sistematizado. O método requer:

**SOLO** - Solos com textura média a argiloso e solos com baixa capacidade de retenção d'água exigem irrigações leves e frequentes, as quais são de difícil manejo na irrigação por sulco. Solos excessivamente permeáveis, rasos ou pedregosos são inadequados.

**CLIMA** - Os métodos de irrigação por superfície não sofrem interferência significativa dos fatores climáticos.

**ÁGUA** - Pode-se usar água de baixa qualidade física ou microbiológica, porém deve-se evitar água com alta taxa de

sais para não provocar salinização nos picos dos sulcos.

**CULTURAS** - Irrigação por sulco é pouco prática para cultivo muito denso e distribuído aleatoriamente no campo, já que a construção de sulcos requer uma faixa direta do solo sem plantas. Culturas com desenvolvimento rasteiro podem afetar o avanço da água no sulco e reduzir a eficiência da distribuição d'água no campo. Adapta-se melhor a culturas cultivadas em fileiras como olerícolas, milho, feijão, algodão, batatinha, pomares, etc.

**MÃO-DE-OBRA** - Exige muita mão-de-obra para implementação e operacionalização do sistema.

De acordo com [D'ALK 86] o método apresenta:

#### **VANTAGENS.**

- Baixo custo de implantação, quando o terreno não necessitar de movimento de terra e de sistematização;
- não exige a filtragem d'água;
- não sofre influência do vento;
- não se utiliza de dispositivos mecânicos.

#### **DESVANTAGENS.**

- Baixa eficiência de irrigação;
- exige bom preparo do terreno a cada safra;
- só é viável em terreno relativamente plano.
- formação de crostas em terrenos argilosos e risco de

erosão em solos arenosos;

- pode trazer problemas em solos salinos ou quando a água é salina.
- Requer áreas uniformes sem elevações ou depressões para evitar a falta ou acúmulo d'água.

#### 2.4 - IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO.

É um dos métodos de irrigação mais simples e mais usados no mundo, e o que melhor se adapta à cultura do arroz. Com manejo intermitente, pode ser usado em outras culturas, tais como algodão, cebola, pastagens, capineiras, pomares, etc. [BERN 87].

**SOLO** - A irrigação por inundação é mais adequada em solos de textura média a argilosa, com pouca ou nenhuma declividade transversal e nenhuma declividade longitudinal que determinará o movimento d'água por gravidade sobre a faixa. Solos com alta taxa de infiltração devem ser evitados para não ocorrer grandes perdas por percolação.

**CLIMA** - Não há restrições significativas aos fatores climáticos.

**ÁGUA** - Irrigação por inundação é o método menos exigente com relação a qualidade da água, deve-se apenas evitar água com alto teor salino para não prejudicar o solo.

**CULTURAS** - O método INUNDAÇÃO adapta-se melhor a culturas com alta densidade de plantio ou que cobrem toda a superfície do solo, tais como pastagens, arroz, trigo, alfafa, capineiras, etc. Irrigação por inundação pode favorecer o desenvolvimento de doenças nas raízes e tronco dos vegetais, portanto deve-se evitar culturas muito susceptíveis.

**MÃO-DE-OBRA** - Geralmente requer sistematização do terreno e pouca mão-de-obra para irrigação.

Conforme [D'ALK 86] o método apresenta:

#### **VANTAGENS**

- Baixo custo de implantação em terrenos de topografia regular e plana;
- evita crescimento de ervas daninhas;
- facilita o manejo de grandes vazões;
- permite a irrigação de solos com baixa capacidade de infiltração;
- não exige filtragem d'água.

#### **DESVANTAGENS**

- baixa eficiência na irrigação;
- provoca a compactação do solo, reduzindo a porosidade e



permeabilidade;

- impede a aeração do solo;
- inviável para terrenos com topografia irregular;
- pode trazer problemas em solos salinos ou quando a água é salina;
- Exige manutenção periódica e muita mão-de-obra para sua utilização.

### III - SELEÇÃO DO(S) MÉTODO(S) MAIS ADEQUADO(S) DE IRRIGAÇÃO

#### 3.1 - DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

A escolha de um método de irrigação pelo processo convencional baseia-se, na maioria das vezes, na experiência e nos hábitos do irrigante. Isto é, opta-se por um determinado método pelo fato de já se estar habituado a trabalhar com ele, ou quando muito são analisados aspectos como a topografia do terreno e a água disponível, mas raramente são considerados todos os parâmetros que influenciam a escolha correta de um método de irrigação. Tal procedimento geralmente acarreta a escolha de métodos inadequados, transformando o empreendimento num inevitável insucesso.

Para se fazer uma escolha mais criteriosa do método de irrigação é necessário que a metodologia empregada considere todos os aspectos envolvidos no processo de seleção, observando-se os elementos do seguinte conjunto de parâmetros (Cp): espaçamento entre fileiras da cultura, sensibilidade relativa da cultura a doenças na copa, sensibilidade relativa da cultura a doenças no tronco e raízes, condições de crescimento relativo da cultura, declividade média da área a ser irrigada, taxa relativa de infiltração do solo, concentração de sais na água, material

em suspensão na água e habilidade da mão-de-obra. A metodologia que possibilita a seleção do método baseada nos parâmetros mencionados é a de Holzappel (HOLZ 85), cuja idéia básica é a seguinte: Inicialmente o sistema solicita índices relativos (0 a 1) para os parâmetros do conjunto (Cp). Através de gráficos são desenvolvidos índices de aceitabilidade (0 a 100) de cada parâmetro para cada método de irrigação. Um índice 0 (zero) indica que o parâmetro é inaceitável para o método de irrigação, ao passo que um índice 100 (cem) indica que o parâmetro é totalmente aceitável para o método de irrigação específico. Os índices são usados de múltiplas maneiras para classificar os métodos de irrigação, de tal forma que sistemas que têm um valor final 0 (zero) não são adequados para as condições efetivas. O valor final de cada método de irrigação é dado pela relação

$$(VRM)_j = \prod_{i \in C_p} \frac{I_{ij}}{100}$$

onde,

(VRM)<sub>j</sub> - valor relativo de método de irrigação j;

C<sub>p</sub> - Conjunto de parâmetros

I<sub>ij</sub> - índice do parâmetro i para o método de irrigação j.

Finalmente, com base nos pontos obtidos, os métodos de irrigação são estabelecidos e classificados. A seguir mostram-se as equações, figuras e a descrição detalhada de todos os parâmetros envolvidos no processo de seleção.

### 3.2 - PARÂMETROS ANALISADOS PELO SISTEMA

Baseado em [HOLZ 85] o sistema IRRIGA faz uma análise minuciosa de todos os parâmetros do conjunto Cp.

#### 3.2.1 - Espaçamento entre fileiras da cultura

A densidade de plantio influi diretamente na escolha do método de irrigação. Uma cultura de alta densidade e distribuída randomicamente no solo torna inadequados os métodos SULCO E GOTEJAMENTO, pois os mesmos requerem a construção de faixas retas sem destruir as plantas e uma grande quantidade de emissores, respectivamente. Os métodos ASPERSÃO e INUNDAÇÃO aumentam sua aceitabilidade com o aumento da densidade de plantio da cultura, já que menos água é aplicada por área cultivada.

Deve-se fornecer o valor real do espaçamento entre as fileiras da cultura. O sistema por sua vez transforma esse valor em índice relativo (0 a 1), considerando índice 1 (um) para pequeno espaçamento ( $< 0.20m$ ) e índice relativo 0 (zero) para grande espaçamento entre fileiras ( $> 2.00m$ ). Com estes dois pontos é determinada a equação da reta [Eq.1] e através dela obtém-se o índice relativo para o intervalo de 0.20 a 2.00m do espaçamento entre as fileiras da cultura. De posse do índice relativo do parâmetro a Fig.3.1 fornece as equações, através das quais obtém-se os valores do parâmetro para os métodos de irrigação. Exemplo: O valor do parâmetro para o método GOTEJAMENTO será 0 (zero) se o índice relativo for maior que 0.5

ou será determinado pela [Eq.5] se o valor relativo do índice for menor ou igual a 0.5. As equações [Eq.2], [Eq.3] e [Eq.4] fornecem os valores do parâmetro para os métodos de irrigação INUNDAÇÃO, SULCO e ASPERSÃO.

ou será determinado pela [Eq.5] se o valor relativo do índice for menor ou igual a 0.5. As equações [Eq.2], [Eq.3] e [Eq.4] fornecem os valores do parâmetro para os métodos de irrigação INUNDAÇÃO, SULCO e ASPERSÃO, respectivamente.

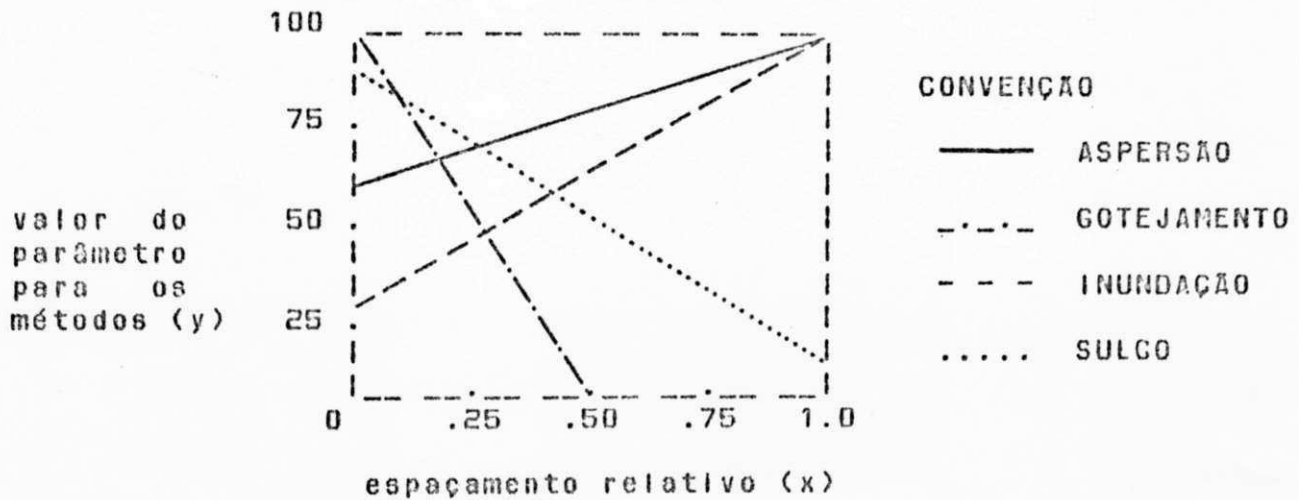


Fig.3.1 - Relação entre o índice relativo do parâmetro espaçamento entre as fileiras e o valor do parâmetro para os diferentes métodos de irrigação.

$$x = -0.554z + 1.110 \quad [\text{Eq.1}]$$

$$y = 72.222x + 29.277 \quad [\text{Eq.2}]$$

$$y = -80.550x + 09.803 \quad [\text{Eq.3}]$$

$$y = 41.660x + 59.583 \quad [\text{Eq.4}]$$

$$y = -202.770x + 100.000 \quad [\text{Eq.5}]$$

onde,

x - valor relativo do parâmetro

z - valor real do parâmetro

y - valor do parâmetro p/ os métodos

### 3.2.2 - Sensibilidade relativa da cultura a doenças na copa.

O parâmetro acima expressa a susceptibilidade a doenças na copa de culturas irrigadas. Ele é baseado na sensibilidade da cultura a certas doenças (bacterianas) que podem ser desenvolvidas com o contacto direto da planta com a água ou com a umidade (podridão negra no repolho). O método ASPERSÃO, por exemplo, pode favorecer a doenças na copa da cultura. Neste parâmetro é fornecido diretamente o valor relativo (0 a 1). É considerado 0 (zero) para culturas altamente resistentes a doenças na copa (cana, arroz, abacate) e 1 (um) para culturas muito sensíveis a doenças na copa (tomate, uva). As culturas que não se aproximam destes extremos são alocadas no intervalo de 0 (zero) a 1 (um) de acordo com as suas sensibilidades a doenças na copa.

A Fig.3.2 fornece as equações [Eq.6], [Eq.7], [Eq.8] e [Eq.9], através das quais obtém-se os valores do parâmetro para os métodos INUNDAÇÃO, SULCO, ASPERSÃO e GOTEJAMENTO, respectivamente.

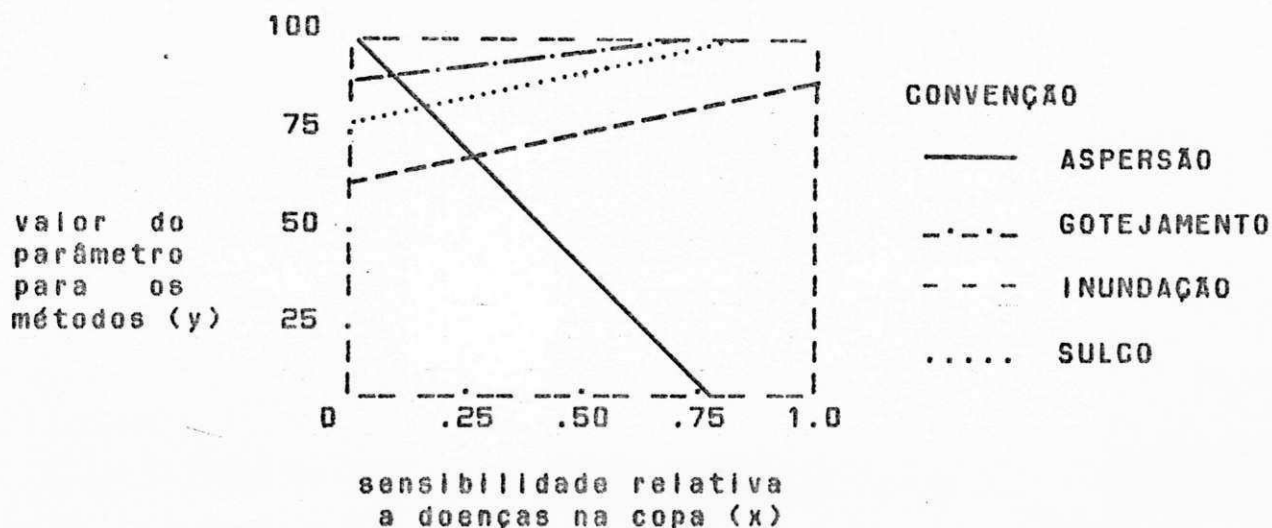


Fig.3.2 - Relação entre o índice relativo do parâmetro sensibilidade a doença na copa da cultura e o valor do parâmetro para os diferentes métodos de irrigação.

$$y = -9.523x + 98.047 \quad \text{[Eq.6]}$$

$$y = -0.290x + 98.094 \quad \text{[Eq.7]}$$

$$y = -119.040x + 98.095 \quad \text{[Eq.8]}$$

$$y = -0.140x + 99.047 \quad \text{[Eq.9]}$$

### 3.2.3 - Sensibilidade relativa da cultura a doenças no tronco e raízes.

As considerações com relação a influência deste parâmetro na seleção dos métodos de irrigação são semelhantes às do parâmetro anterior, ou seja, 0 (zero) para culturas resistentes (arroz, coco, banana) e 1 (um) para culturas muito sensíveis a doença no tronco e raízes (amendoim, pinha, cenoura). Irrigação

por SULCO e INUNDAÇÃO favorecem a certas doenças no tronco e raízes dos vegetais (murcha no tomateiro) e portanto leva desvantagens sobre os demais métodos de irrigação para culturas sensíveis aquele tipo de doença. Os valores do parâmetro para os métodos de irrigação INUNDAÇÃO, SULCO, ASPERSÃO e GOTEJAMENTO são obtidos respectivamente das equações [Eq.10], [Eq.11], [Eq.12] e [Eq.13], retiradas da Fig.3.3.

$$y = -130.434x + 99.990 \quad [\text{Eq.10}]$$

$$y = -28.570x + 102.571 \quad [\text{Eq.11}]$$

$$y = -21.730x + 101.990 \quad [\text{Eq.12}]$$

$$y = -11.680x + 100.688 \quad [\text{Eq.13}]$$

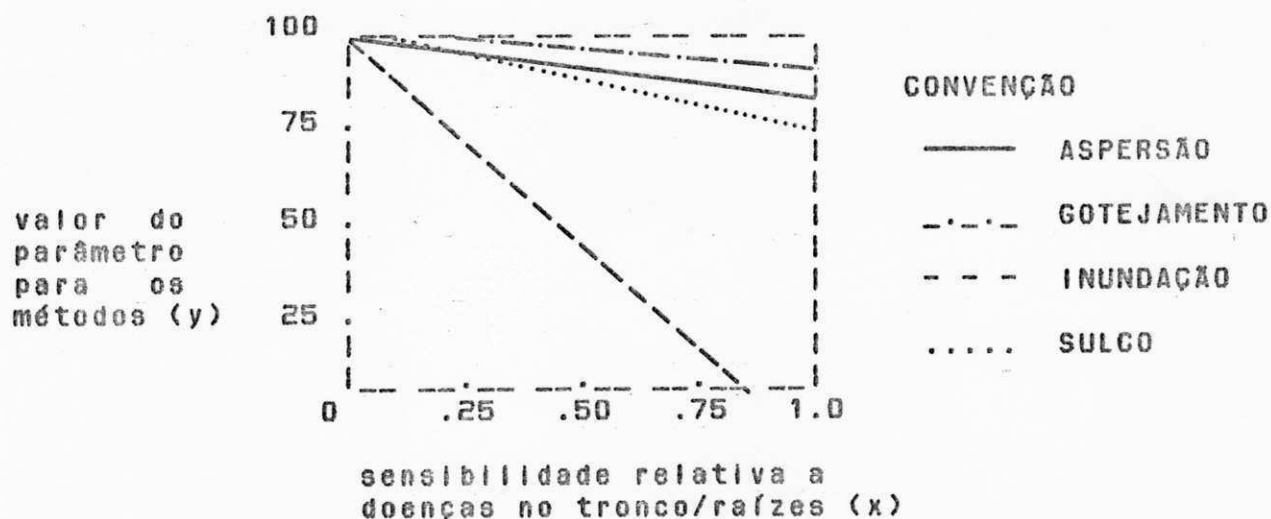


Fig.3.3 - Relação entre o índice relativo do parâmetro sensibilidade a doenças no tronco e raízes da cultura e o valor do parâmetro para os diferentes métodos de irrigação.



### 3.2.4 - Condições de crescimento relativo da cultura.

Expressam a aceitabilidade do método de irrigação para a forma e tipo de crescimento da cultura. Enquanto o método GOTEJAMENTO não é afetado pela condição de crescimento da cultura, os métodos SULCO e INUNDAÇÃO o são, pois podem reduzir a eficiência da distribuição d'água no solo. ASPERSÃO é afetado por culturas de porte alto, já que essas culturas retêm parte da água aplicada em suas copas e requerem equipamentos especiais para lançar água sobre as mesmas. Deve-se fornecer o valor relativo e como referência é tomado o 0 (zero) para culturas de desenvolvimento rasteiro e 1 (um) para culturas de tronco ereto e porte alto. As equações [Eq.14], [Eq.15], [Eq.16] e [Eq.17], obtidas da Fig.3.4, fornecem os valores do parâmetro para os métodos INUNDAÇÃO, SULCO, ASPERSÃO e GOTEJAMENTO, respectivamente.

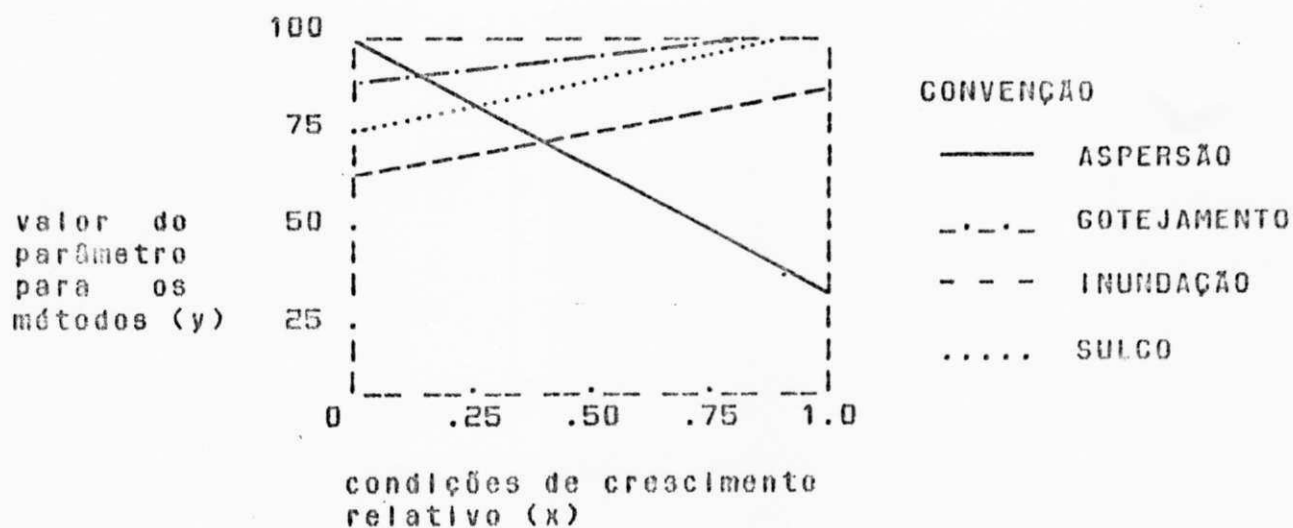


Fig.3.4 - Relação entre o índice relativo do parâmetro condições de crescimento da cultura e o valor do parâmetro para os diferentes métodos de irrigação.

$$y = 18.181x + 66.631 \quad [\text{Eq. 14}]$$

$$y = 36.360x + 69.272 \quad [\text{Eq. 15}]$$

$$y = -72.720x + 101.454 \quad [\text{Eq. 16}]$$

$$y = 18.180x + 85.636 \quad [\text{Eq. 17}]$$

### 3.2.5 - Declividade média da área a ser irrigada.

Representa a aceitabilidade do método de irrigação a solos com declividade. Ao contrário dos métodos GOTEJAMENTO e ASPERSÃO que não são afetados pela topografia do terreno, os métodos SULCO e INUNDAÇÃO requerem terrenos planos ou com pequeno declive sobre os quais a água possa fluir sem provocar erosão. Informa-se o valor real da declividade média da área a ser irrigada. Para obtenção dos valores relativos o sistema considera 0 (zero) para terrenos planos (declividade média < 2.0%) e 1 (um) para declividade média alta (> 12.0%). Para declividade média no intervalo de 2,0 a 12,0% o índice relativo é obtido da equação [Eq.18]. A Fig.3.5 gerou as equações [Eq.19], [Eq.20], [Eq.21] e [Eq.22] que fornecem os valores do parâmetro para os métodos INUNDAÇÃO, SULCO, ASPERSÃO e GOTEJAMENTO, respectivamente.

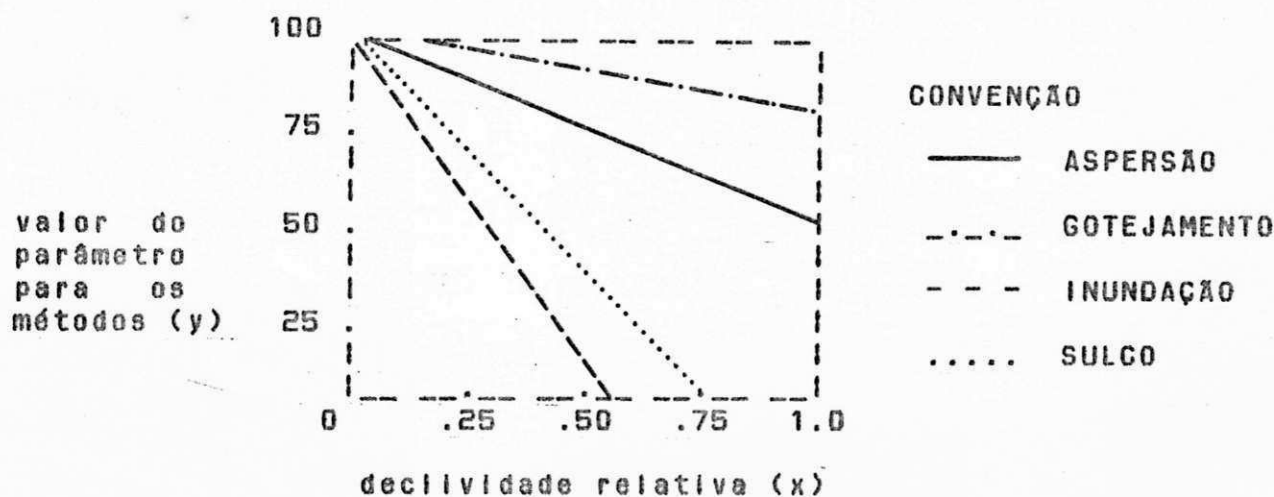


Fig.3.5 - Relação entre o índice relativo do parâmetro declividade e o valor do parâmetro para os diferentes métodos de irrigação.

$$x = 0.089z + 0.000 \quad (\text{Eq.18})$$

$$y = -175.000x + 96.750 \quad (\text{Eq.19})$$

$$y = -129.160x + 98.124 \quad (\text{Eq.20})$$

$$y = -41.600x + 98.747 \quad (\text{Eq.21})$$

$$y = -12.500x + 100.625 \quad (\text{Eq.22})$$

### 3.2.6) Taxa de Infiltração do solo.

Infiltração é a penetração da água no solo através de sua superfície. A taxa de infiltração do solo limita a adequabilidade dos métodos de irrigação por superfície: SULCO e INUNDAÇÃO. Solos com taxa de infiltração acima de 40,0 mm/h requerem pequeno tempo de irrigação e frequentes aplicações de água, favorecendo aos métodos ASPERSÃO e GOTEJAMENTO. É solicitado o valor real da

taxa de infiltração e para o valor relativo o sistema considera 0 (zero) para taxa de infiltração baixa (< 5,0 mm/h) e 1 (um) para taxa de infiltração alta (> 30,0mm/h). Para uma infiltração no intervalo de 5,0 a 30,0mm/h a equação [Eq.23] fornece o índice relativo do parâmetro e as equações [Eq.24], [Eq.25], [Eq.26] e [Eq.27], obtidas da Fig.3.6, fornecem os valores do parâmetro para os métodos FAIXA, SULCO, ASPERSÃO e GOTEJAMENTO, respectivamente.

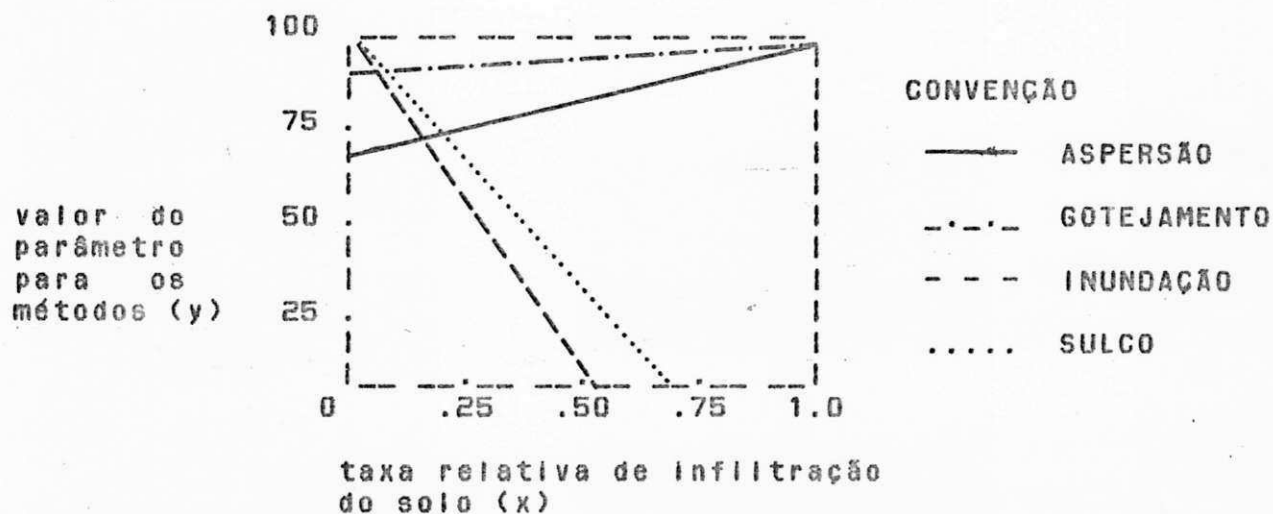


Fig.3.6 - Relação entre o índice relativo do parâmetro taxa de infiltração e o valor do parâmetro para os diferentes métodos de irrigação.

$$x = 0.040z - 0.200 \quad [\text{Eq.23}]$$

$$y = -181.481x + 99.518 \quad [\text{Eq.24}]$$

$$y = -140.740x + 99.259 \quad [\text{Eq.25}]$$

$$y = 33.330x + 69.335 \quad [\text{Eq.26}]$$

$$y = 7.400x + 94.407 \quad [\text{Eq.27}]$$

### 3.2.7) Concentração de sais na água.

A quantidade de sais dissolvidos na água tem acentuada influência na seleção do método de irrigação [SCAL 86]. Na água para irrigação devem ser analisados os fatores relacionados com seus efeitos no solo, na cultura e na manutenção dos equipamentos irrigantes. A concentração alta de sais na água reduz a vida útil dos aspersores e provoca a queima na parte aérea dos vegetais, tornando-a inadequada para irrigação por ASPERSÃO. Neste tipo de água o método GOTEJAMENTO leva vantagem sobre os demais. Fornece-se o valor real da taxa de concentração de sais na água e o valor relativo é calculado com base na quantidade de sais na água e na tolerância da cultura a concentração de sais: 0 (zero) para baixa concentração de sais ( $< 0.75 \text{ mmhos/cm}$ ) e 1 (um) para a máxima concentração de sais na água tolerada pela cultura a ser irrigada ( $4,0 \text{ mmhos/cm}$ ). Para o intervalo de 0.75 a  $4,0 \text{ mmhos/cm}$  a equação [Eq.28] fornece o índice relativo do parâmetro. Da Fig.3.7 conseguiu-se as equações [Eq.29], [Eq.30], [Eq.31] e [Eq.32] que fornecem os valores do parâmetro para os métodos INUNDAÇÃO, SULCO, ASPERSÃO e GOTEJAMENTO, respectivamente.

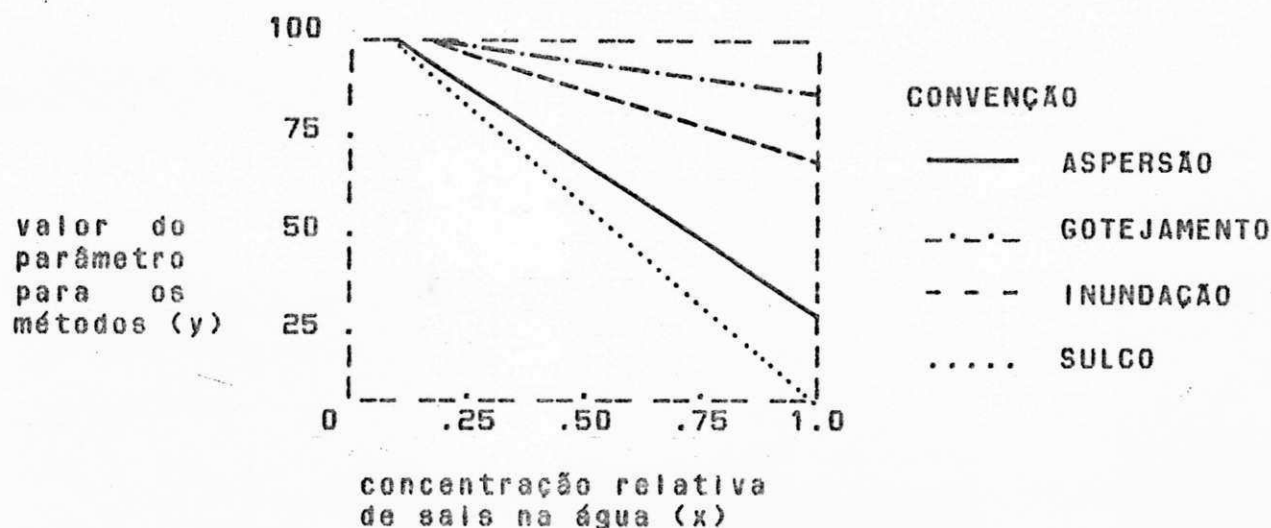


Fig.3.7 - Relação entre o índice relativo do parâmetro sais na água e o valor do parâmetro para os diferentes métodos de irrigação.

$$x = 0.235z - 0.176 \quad \text{[Eq.28]}$$

$$y = -22.090x + 101.524 \quad \text{[Eq.29]}$$

$$y = -107.520x + 107.326 \quad \text{[Eq.30]}$$

$$y = -80.640x + 105.647 \quad \text{[Eq.31]}$$

$$y = -10.750x + 100.752 \quad \text{[Eq.32]}$$

### 3.2.8) Material em suspensão na água.

Água com elevada quantidade de material em suspensão desfavorece os métodos de irrigação por ASPERSÃO e principalmente por GOTEJAMENTO, que requer filtragem da água para evitar a obstrução dos emissores. Os métodos SULCO e INUNDAÇÃO não são afetados diretamente pela quantidade de material em suspensão na água. Fornece-se o valor real que corresponde ao

total de sólidos em suspensão na água, tais como: matéria orgânica e partículas sólidas. Para o valor relativo o sistema considera 0 (zero) para pequena quantidade de material em suspensão (< 20,0ppm) e 1 (um) para uma grande quantidade de material em suspensão (> 150,0ppm). O índice relativo do parâmetro para o intervalo de 20,0 a 150,0ppm é obtido da equação [Eq.33]. Os valores do parâmetro para métodos INUNDAÇÃO, SULCO, ASPERSÃO e GOTEJAMENTO foram conseguidos respectivamente das equações [Eq.34], [Eq.35], [Eq.36] e [Eq.37], obtidas da Fig.3.8.

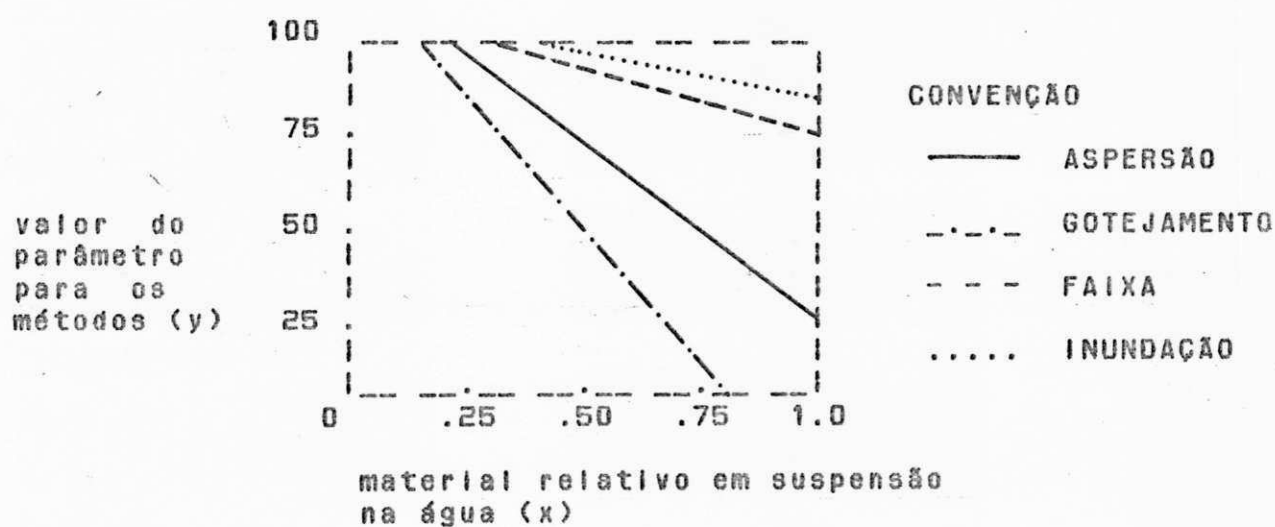


Fig.3.8 - Relação entre o índice relativo do parâmetro material em suspensão na água e o valor do parâmetro para os diferentes métodos de irrigação.

$$x = 0.008z - 0.153 \quad [\text{Eq.33}]$$

$$y = -16.670x + 102.667 \quad [\text{Eq.34}]$$

$$y = -6.600x + 100.666 \quad [\text{Eq.35}]$$

$$y = -84.440x + 108.444 \quad [\text{Eq.36}]$$

$$y = -125.000x + 112.500 \quad [\text{Eq.37}]$$



### 3.2.9) Habilidade da mão-de-obra.

Expressa a adaptabilidade do método de irrigação ao nível de educação ou experiência, ou ambos, do irrigante. O nível educacional do irrigante pode influir decisivamente no sucesso do desenvolvimento de um determinado método de irrigação [SACL 86]. Os métodos de irrigação ASPERSÃO e GOTEJAMENTO geralmente são automatizados e requerem um baixo nível de habilidade técnica em irrigação para coloca-los em operação. Os métodos SULCO e INUNDAÇÃO são mais afetados pela habilidade do irrigante, pois a cada fase de irrigação requer controle e conhecimento do processo. Deve-se informar uma das quatro opções abaixo, as quais já correspondem ao valor relativo.

1 - Mão-de-obra desqualificada.

Irrigante sem curso na área, sem treinamento e sem experiência. Corresponde ao valor relativo 0,00.

2 - Mão-de-obra medianamente qualificada.

Irrigante sem curso na área, sem treinamento, mas com pequena experiência. Valor relativo: 0,33.

3 - Mão-de-obra qualificada.

irrigante com curso na área e treinamento mas sem experiência. Valor relativo: 0,66.

4 - Mão-de-obra altamente qualificada.

Irrigante com curso na área, com treinamento e experiência. Valor relativo: 1,00.



As equações [Eq.38], [Eq.39], [Eq.40] e [Eq.41], obtidas da Fig.3.9, fornecem os valores do parâmetro para os métodos INUNDAÇÃO, SULCO, ASPERSÃO e GOTEJAMENTO, respectivamente.

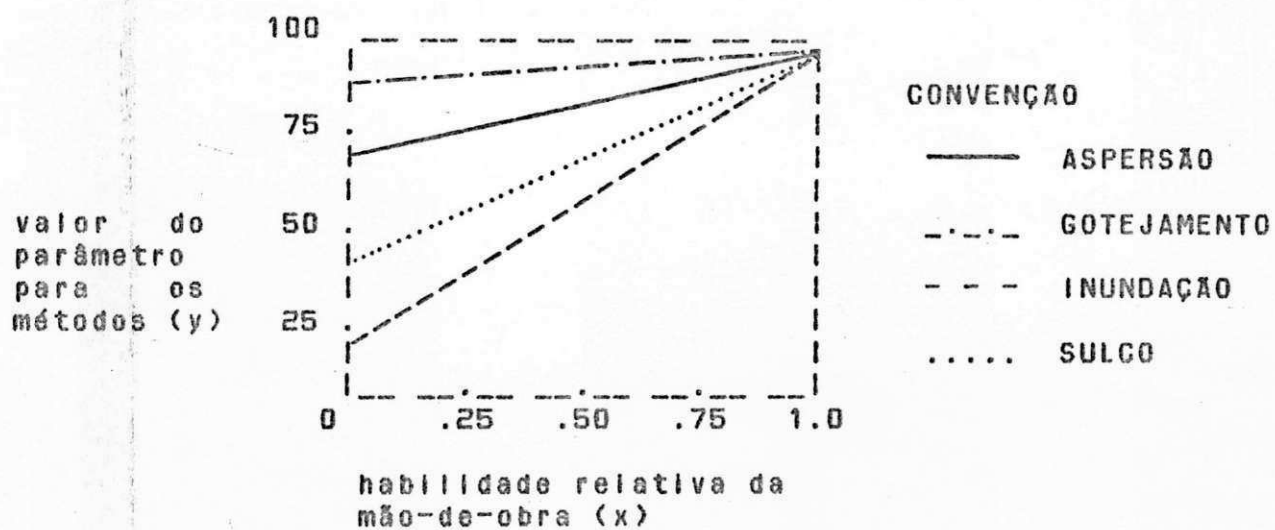


Fig.3.9 - Relação entre o índice relativo do parâmetro habilidade da mão-de-obra e o valor do parâmetro para os diferentes métodos de irrigação.

$$y = 89.230x + 9.000 \quad \text{[Eq.38]}$$

$$y = 70.420x + 29.227 \quad \text{[Eq.39]}$$

$$y = 36.920x + 66.000 \quad \text{[Eq.40]}$$

$$y = 13.840x + 86.000 \quad \text{[Eq.41]}$$

## **IV - PROJETO, IMPLEMENTAÇÃO E USO DO IRRIGA**

O projeto do sistema IRRIGA foi dividido em três etapas: edição do banco de dados de culturas, seleção dos métodos e análise de situações.

### **4.1 - ETAPAS DO PROJETO**

No projeto do sistema foi adotado a metodologia de Constantine [YOUR 79]. A Fig.4.1 mostra o gráfico de estrutura do IRRIGA.

#### **4.1.1 - Editar banco de dados de culturas**

Este módulo permite a edição dos dados das culturas, isto é, pode-se fazer inclusão ou exclusão de culturas como também alterar os dados das culturas já cadastradas. Fig.4.2. Os dados sobre as culturas serão armazenados no arquivo BANCO-DADOS-CULTURA e serão usados pelos módulos SELECIONAR MÉTODOS e ANALISAR SITUAÇÕES.

#### **4.1.2 - Selecionar métodos.**

É a parte responsável pelo processo de seleção do(s) método(s) mais adequado(s) de irrigação. Este módulo usa os

módulos: EDITAR-DADOS-SELEÇÃO, PROCESSAR-SELEÇÃO e LISTAR-MÉTODOS, conforme a Fig.4.3.

#### EDITAR-DADOS-SELEÇÃO

Este módulo tem a finalidade de obter todas as informações necessárias para a execução do módulo PROCESSAR SELEÇÃO. Estas informações são obtidas diretamente do arquivo BANCO-DADOS-CULTURA ou solicitadas ao usuário quando a cultura ainda não está no citado arquivo. No último caso o usuário tem a facilidade de questionar o sistema do POR QUÊ da solitação da informação e de COMO fornecer a informação correta. Em ambos os casos o sistema dará a devida explicação.

#### PROCESSAR-SELEÇÃO.

É o módulo responsável pelo processamento da seleção do(s) método(s) mais adequado(s) de irrigação. Os métodos são estabelecidos e classificados de acordo com a quantidade de pontos obtidos por cada um, o que expressa a adequação do método para uma dada situação.

#### LISTAR-MÉTODOS.

Este módulo lista no vídeo ou na impressora, em ordem decrescente, a relação do(s) método(s) mais adequado(s) de irrigação com seus respectivos valores.

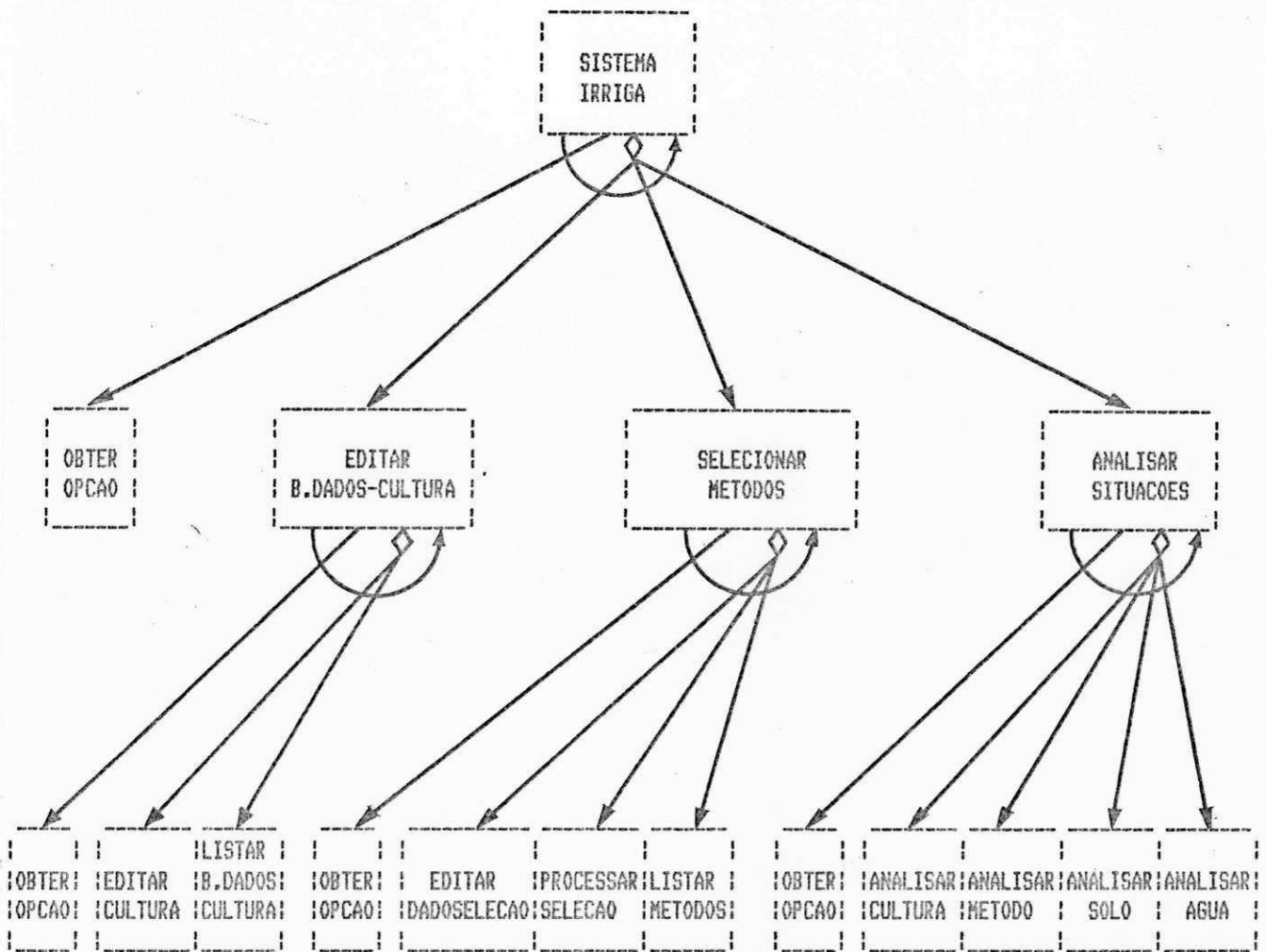


Fig.4.1 - Gráfico de estrutura do sistema IRRIGA.

#### 4.1.3 - Analisar Situações.

Uma situação é caracterizada pelo estudo de uma dada cultura, um método de irrigação, um tipo de solo ou um tipo de água. Este módulo possibilita saber as condições adequadas ou não para uma determinada situação proporcionando, portanto, uma espécie de treinamento a estudantes e técnicos da área de irrigação. O módulo permite a análise de quatro famílias de situações: cultura, método, solo e água. Vide Fig.4.4.

#### ANALISAR-CULTURA.

Para uma dada cultura, este módulo fornece o seguinte:

- Nome Científico;
- espaçamento entre fileiras da cultura ;
- sensibilidade relativa a doenças na copa;
- sensibilidade relativa a doenças no tronco/raiz;
- condições de crescimento relativo;
- pH ideal do solo para cultivo;
- temperatura ideal para cultivo;
- métodos mais adequados de irrigação para a cultura;
- redução na produção em função do CE (Condutividade Elétrica) d'água;
- redução na produção em função do CE do solo.

#### ANALISAR-MÉTODO.

Para cada um dos quatro métodos de irrigação, ASPERSÃO, INUNDAÇÃO, GOTEJAMENTO e SULCO, é possível saber:

- Descrição do método;
- quais as culturas viáveis a serem irrigadas;
- qual o solo apropriado (declividade e taxa de infiltração);
- quais as exigências com relação a água (taxa de material em suspensão e de sais);
- Qualificação, mínima necessária, da mão-de-obra.

#### ANALISAR-SOLO

Para um dado tipo de solo, caracterizado pela declividade, condutividade elétrica e seu pH, é possível saber:

- quais as culturas apropriadas ao cultivo;
- quais os métodos mais adequados de irrigação.

#### ANALISAR-ÁGUA.

Para um dado tipo de água, caracterizado pela taxa de sais e de material em suspensão, é possível saber:

- quais as culturas apropriadas ao cultivo;
- quais os métodos adequados de irrigação.



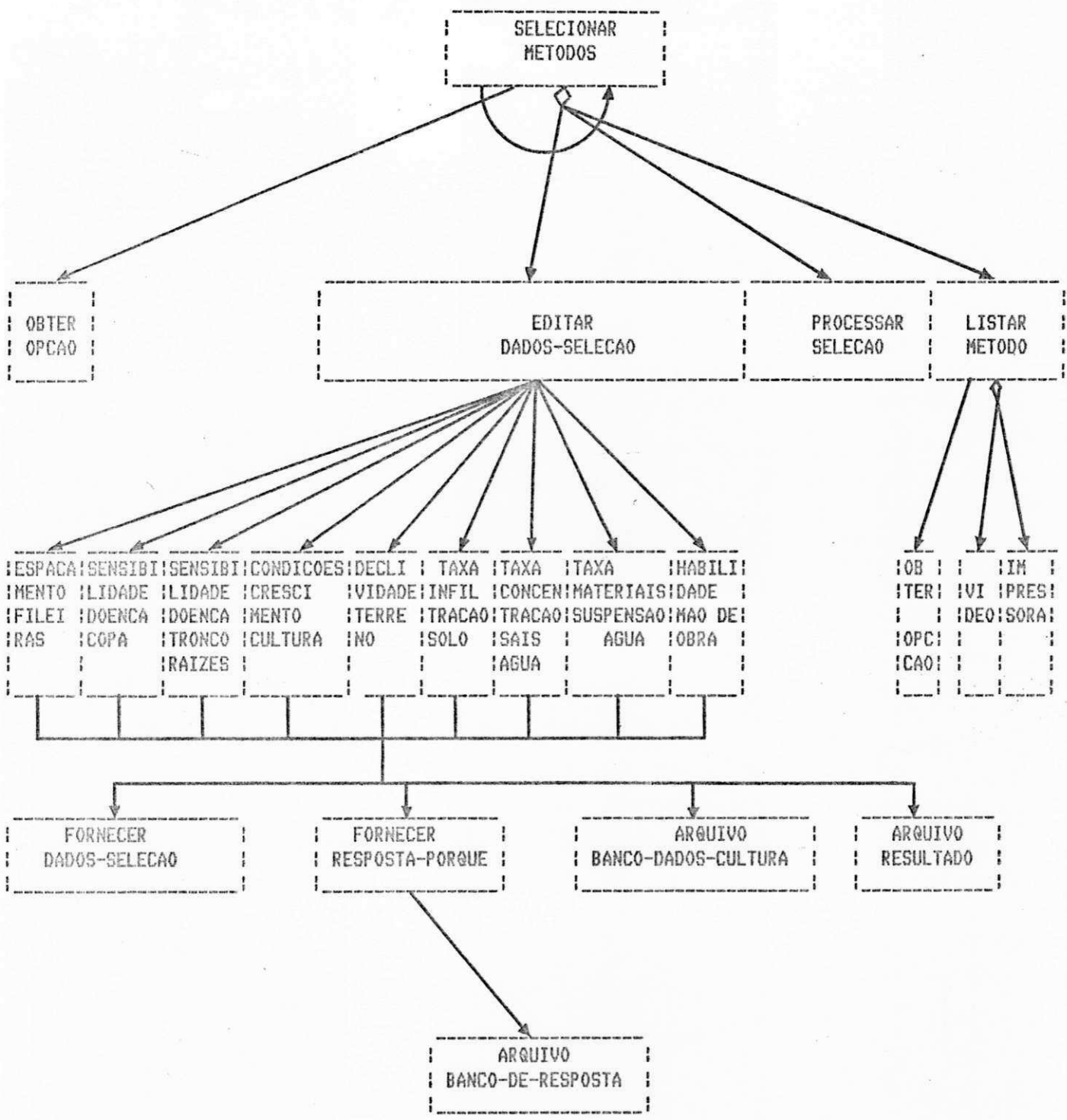


Fig.4.3 - Gráfico de estrutura da etapa seleção dos métodos.



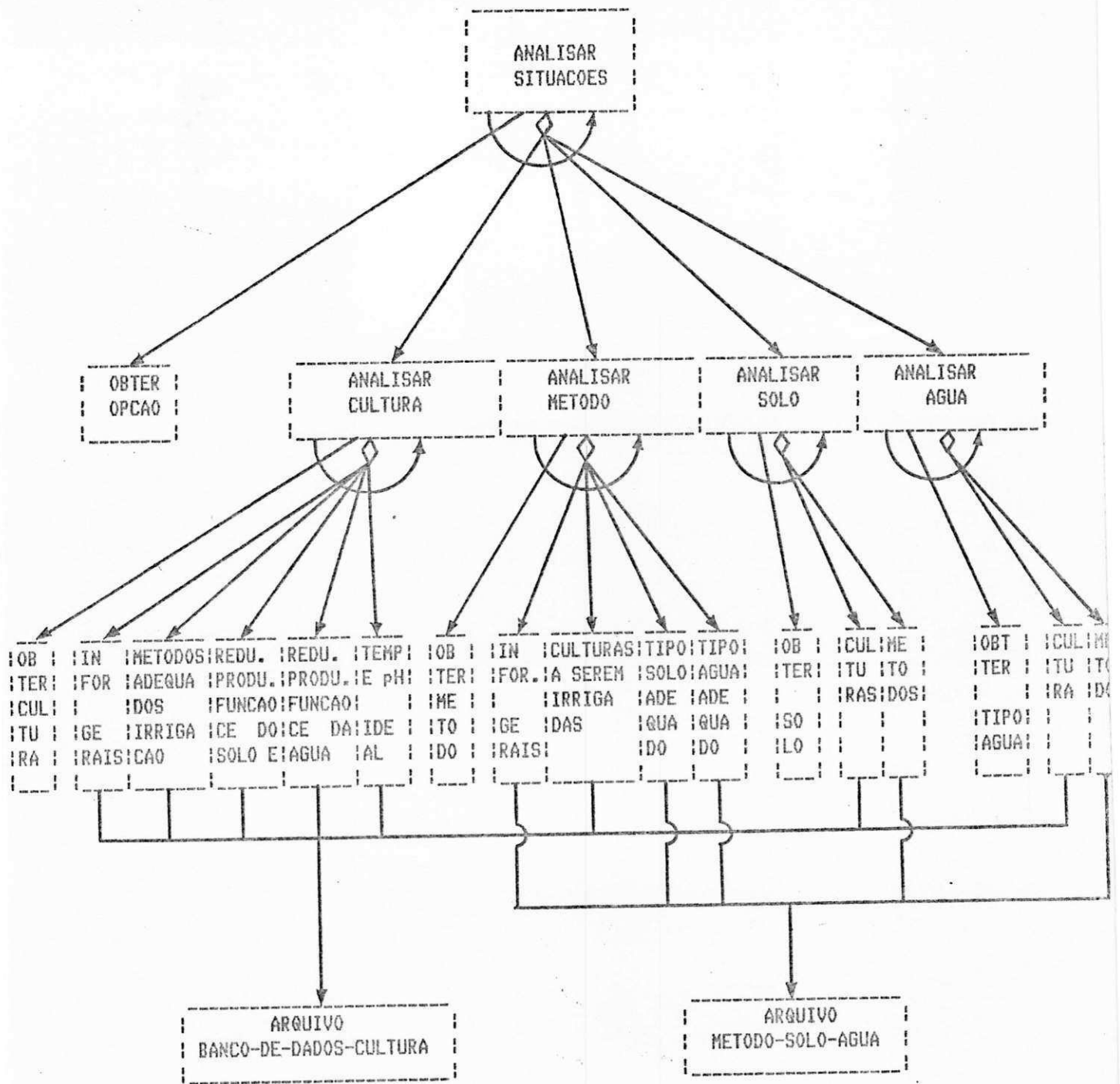


Fig.4.4 - Gráfico de estrutura da etapa análise de situações.

## 4.2 - IMPLEMENTAÇÃO DO IRRIGA

O sistema foi implementado em um microcomputador compatível com IBM PC-Xt, utilizando a linguagem de programação PASCAL [JENS 78], [FARR 85] e [SCHN 87]. Esta linguagem foi escolhida pelas suas características que possibilitam a confecção de programas confiáveis, modularizados e bem estruturados e por permitir a integração do IRRIGA com o PSI (Projeto de Sistemas de Irrigação), um ambiente de elaboração de projetos de irrigação, desenvolvido pela TECNAL [TEGN 89]. O sistema é basicamente composto de três arquivos de dados e um arquivo de texto.

### ARQUIVOS DE DADOS:

#### BANCO-DADOS-CULTURA

Onde são cadastradas as culturas. Nele se faz a edição dos dados da cultura, ou seja, inclusão, exclusão ou alteração dos dados. As culturas são armazenadas em ordem sequencial. Escolheu-se este tipo de organização por se tratar de um arquivo com poucos registros (25) e por existir uma tabela com os nomes das culturas em ordem alfabética e suas posições. O acesso a esta tabela é feito através de pesquisa binária [HORO 77], consumindo um tempo muito pequeno e, portanto, satisfazendo totalmente os objetivos do sistema. O arquivo tem registros com os seguintes campos:

RegCul = Record

NomeCult	: String[25];	{nome da cultura}
NomeCien	: String[25];	{nome científico}
NomeMeto	: String[11];	{nome do método}
Espacamento,		{espaç. entre fileiras}
SenCopa,		{sen. a doença na copa}
SenTron,		{sen. a doença tronco/raíz}
Cres,		{cond. de crescimento}
CE0,		{CE p/ redução ...}
CE10,		{... na produtividade...}
CE25,		{... de 0,10,25,50 solo }
CE50,		
PhMin,		{pH mínimo}
PhMax,		{pH máximo}
CEa0,		{CE p/ redução ...}
CEa10,		{... na produtividade...}
CEa25,		{... de 0,10,25,50 água }
CEa50,		
TempIde,	: Real	{temperatura ideal}

#### MÉTODO-SOLO-ÁGUA

Este arquivo contém as informações gerais, as adequações e as restrições dos métodos de irrigação, dos tipos de solos e dos tipos de água. O arquivo tem 4 registros com o seguinte formato:

Regmet = Record

NomeMeto : String[11] {nome do método}

Info : Array[1..5] of String[74] {informações/método}

Decliv, {declividade}

Infilt, {infiltração}

Sais, {sais}

MatSusp : Real {mat. em suspensão}

Mao : Integer {tipo de mão-de-obra}

tipoágua = Record

Sais,

MatSusp,

CE : Real

Tiposolo : Record

Decliv,

Infilt,

CE : Real

#### BANCO-RESULTADO

Onde são gravados os dados fornecidos de uma situação e o resultado da seleção dos métodos de irrigação. É composto por um único registro com o seguinte formato:

```

RegRes = Record

NomeCult      : String[25]; {nome da cultura}
NomeCien      : String[25]; {nome científico}
Espacamento,                               {espaç. entre fileiras}
SenCopa,                                       {sen. a doença na copa}
SenTron,                                       {sen a doença tronco/raízes}
Cres          : Real                       {cond. de crescimento}
Decliv,                                           {declividade do terreno}
Infilt,                                           {infiltração do solo}
Sais,                                             {sais na água}
MatSusp : Real                               {mat. em suspensão}
Mao      : integer                          {tipo de mão-de-obra}
M1       : String[12]                       {primeiro método}
M2       : String[12]                       {segundo método}
M3       : String[12]                       {terceiro método}
M4       : String[12]                       {quarto método}
PM1,                                           {pontos obtidos p/ método 1}
PM2,                                           {pontos obtidos p/ método 2}
PM3,                                           {pontos obtidos p/ método 3}
PM4      : Real                             {pontos obtidos p/ método 4}

```

#### BANCO-DE-RESPOSTA

É o arquivo que contém as respostas às perguntas **POR QUE**, e **COMO**, as quais podem ser feitas na fase de solicitação de informações no módulo EDITAR-DADOS-SELEÇÃO. O registro é composto de um array chamado **Seq** seguido de vários textos. A variável **Seq**

aponta para às posições iniciais dos diversos textos. O símbolo @ marca o final de cada texto.

#### 4.3 - GUIA DE UTILIZAÇÃO DO SISTEMA.

Ao se executar o sistema, a tela principal Fig.4.5, é apresentada ao usuário. Ela permite a comunicação do sistema com o usuário através do monitor de vídeo e do teclado. No monitor, pelas telas, o IRRIGA perguntará ao usuário, que responderá via teclado.

```
=====
||                                     || | | | |
||  IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO  ||
||-----||
||  SELECAO  ||  ANALISE  ||  B. DE DADOS  ||
||-----||
||                                     ||
||                                     ||
||-----||
|| (1)                                     ||
||-----||
|| (1)                                     ||
|| (2)                                     ||
|| (3)                                     ||
||                                     F3:hora/data  F5:s.opr  <ESC>:sai  ||
=====
```

Fig.4.5 - Tela principal

A tela principal, como as demais, é auto-explicativa, contém todas as indicações para seu uso. Ela é composta de duas janelas principais: uma janela na parte superior do vídeo e outra no rodapé, onde estão as **linhas de situação**. A janela da parte superior é o espaço onde são realizadas as

entradas e saídas de dados. A janela do rodapé serve para o IRRIGA fornecer informações básicas sobre a situação do processamento. Existem três linhas de situação:

Linha 1: para erro na entrada de dados.

Linha 2: indica o arquivo em uso e posição atual do sistema.

Linha 3: teclas que dão acesso a rotinas especiais.

Na tela o "cursor" estará sempre em destaque indicando onde o IRRIGA está esperando uma "ordem" ou uma informação.

Para a operação do IRRIGA há cinco teclas primárias: as quatro setas de movimentação do cursor e a tecla <ENTER>, que ativa o módulo no qual o cursor está posicionado.

As teclas de função F3 e F5 servem respectivamente para acessar as rotinas Hora/Data e Interface com o Sistema Operacional. A tecla <ESC> sai da operação atual que o IRRIGA estiver realizando. Na tela principal, <ESC> provoca o fim da execução do sistema.

#### a) Opção SELEÇÃO.

Para esta opção, apresenta-se a tela da Fig.4.6.

```

=====
| IRRIGA: SELEZIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|-----|
| SELECAO |
|-----|
| EDITA-DADOS |
|-----|
| PROGRESSA |
|-----|
| LISTA |
|-----|
|
| (1)
| (2)
| (3)
|-----|
| F3:hora/data F5:s.opr <ESC>:sai |
=====

```

Fig.4.6 - Opção SELEÇÃO

Para a opção "EDITA-DADOS", o sistema solicitará o nome da cultura e a tela será a da Fig.4.7. A tecla F2: **POR QUE?** acessa o arquivo BANCO-RESPOSTA e dará uma justificativa para a pergunta feita e uma explicação de **COMO** fornecer a informação correta. A tecla F4 transfere os dados do arquivo BANCO-DADOS-CULTURA para tela. Para a entrada de dados ou edição de dados podem ser usados os caracteres alfabéticos, os numéricos e os especiais (ponto, vírgula, barra, parênteses, etc.). Na edição de dados, algumas teclas usadas com a tecla CTRL, ou isoladamente realizam funções específicas:



```

=====
||                                     ||
||   IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO   ||
||   -----   ||
||                                     ||
||           Dados Sobre a Cultura                 ||
|| Nome da Cultura:_____||
|| Nome Cientifico:_____||
|| Espacamento entre fileiras da cultura (m):_____||
|| Sensibilidade Relativa a doencas na Copa:(0 a 1) ||
|| Sensibilidade Rel. a doencas no tronco/raiz:(0 a 1) ||
|| Condicoes de Crescimento Relativo: (0 a 1) ||
||           Dados Sobre o solo, a agua e mao-de-obra ||
|| Solo: ||
|| Declividade do terreno (%):_____||
|| Taxa de Infiltracao (mm/h):_____||
|| Agua: ||
|| Taxa de sais (mmhos/cm):_____||
|| Taxa de Material em Suspensao (ppm):_____||
|| Mao-de-Obra ||
|| Tipo: ||
||           1-DESQUALIFICADA 2-MEDIANAMENTE QUALIFICADA ||
||           3-QUALIFICADA 4-ALTAMENTE QUALIFICADA ||
||-----||
|| (1) ||
|| (2) SELECAO CULTURA.EXT  EDITA DADOS ||
|| (3) F2:POR QUE?  F4:B.DADOS  F5:s.opr  <ESC>:sai ||
=====

```

Fig.4.7 - Opção EDITA-DADOS

Seta-cima ou Ctrl+E: move cursor para campo anterior.

Enter ou Seta-baixo ou CTRL+X: move cursor próximo campo.

Ins: liga/desliga o modo inserção.

Ctrl+g ou del: apaga o caracter na posição atual do cursor.

Ctrl+Y: apaga todos os caracteres do campo atual.

Ctrl+R: recupera o valor anterior deste campo. Se existir.

BackSpace: elimina o caracter à esquerda do cursor.

Ctrl+T: elimina a palavra à direita do cursor.

Ctrl+seta-direita ou Ctrl+F: cursor p/ próxima palavra.

Ctrl+seta-esquerda ou Ctrl+A: cursor p/ palavra anterior.

Seta-direita ou Ctrl+D: cursor p/ próximo caracter.

Seta-esquerda ou Ctrl+S: cursor p/ caracter anterior.



```

=====
|
|
| IRRIGA: ANALISADOR DE SITUACOES EM IRRIGACAO |
|
|-----|
|
|          Calculo de indice por parametro
|
|-----|
|          PARAMETRO          | VALOR |          INDICES OBTIDOS
|          FORNECIDO         |-----|
|          | INUND. | SULCO | ASPER. | GOTEJ. | |
|---|---|---|---|---|---|
| Esp. da cultura      : 7.000 | 29.277 | 89.805 | 59.583 | 100.00 |
| Doencas na Copa     : 0.200 | 96.142 | 98.036 | 74.287 | 99.019 |
|   " no tronco/raiz : 0.300 | 60.869 | 94.000 | 95.480 | 100.00 |
| Cresc. . Relativo:  : 1.000 | 84.817 | 100.00 | 28.734 | 98.550 |
| Dec. terreno (%)    : 2.000 | 67.700 | 76.683 | 91.831 | 98.550 |
| Infiltracao (mm/h) : 16.00  | 59.592 | 68.296 | 76.666 | 96.035 |
| Sais (mmhos/cm)    : 3.000  | 89.834 | 50.648 | 62.986 | 95.065 |
| Mat.Suspensao (ppm)| 50.00  | 98.550 | 99.021 | 87.587 | 81.625 |
| Mao-de-obra        : 0.330  | 0,200 | 0.114 | 0.037 | 0.640 |
|-----|-----|-----|-----|
| TOTAL                |          | 0.020 | 0.114 | 0.037 | 0.640 |
|-----|-----|-----|-----|
| (1)
| (2)  SELECAO      CULTURA.EXT      PROCESSA
| (3)   F3:hora/data  F5:s.opr          <ESC>:sai
|
=====

```

Fig.4.9 - Detalhes do cálculo

```

=====
|
|
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|
|-----|
|
|          Listar dados na:
|
|-----|
|          TELA
|-----|
|          IMPRESSORA
|-----|
|
|-----|
| (1)
| (2) SELECAO CULTURA.SEL LISTA DADOS
| (3)          F3:hora/data  F5:s.opr  <ESC>:sai
|
=====

```

Fig.4.10 - Opção LISTA



```

=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|-----|
| Dados Sobre a Cultura
|
| Nome cientifico
| Espacamento ideal entre as fileiras
| Sensibilidade Relativa a Doencas na Copa
| Sensibilidade relativa a doencas no tronco e raiz
| Condicoes de Crescimento Relativo
|   reducao na produtividade em funcao do CE.
|
|-----|
| reducao | 0% | 10% | 25% | 50% |
|-----|
| CE solo |   |   |   |   |
|-----|
| CE agua |   |   |   |   |
|-----|
|
| pH ideal do solo para cultivo
| Metodos de irrigacao indicados
| temperatura ideal para cultivo
|-----|
| (1)                               PgUp-pag.anterior, PgDn-pag.posterior
| (2) ANALISE   CULTURA
| (3)                               F3:hora/data   F5:s.opr   <ESC>:sai
|-----

```

Fig.4.12 - Opção ANÁLISE-CULTURA

```

=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|-----|
| Informacoes gerais
|
| Culturas Adequadas
|
| Solo adequado
|
| Exigencias com relacao a agua
|
| Mao-de-obra minima necessaria
|-----|
| (1)
| (2) ANALISE   METODO
| (3)                               F3:hora/data   F5:s.opr   <ESC>:sai
|-----

```

Fig.4.13 - Opção ANÁLISE-MÉTODO

Na opção ANÁLISE-SOLO, são solicitados o tipo de solo, a declividade, a taxa de infiltração e o pH do solo. Em seguida aparecerá a tela da Fig.4.14.

```
=====
||
||  IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO  ||
||-----||
|| Culturas Adequadas                             ||
||
|| Metodos adequados                              ||
||~ ~                                             ||
||-----||
|| (1)                                             ||
|| (2) ANALISE SOLO                               ||
|| (3)                F3:hora/data   F5:s.opr   <ESC>:sai ||
||-----||
=====
```

Fig.4.14 - Opção ANÁLISE-SOLO

Na opção ANÁLISE-ÁGUA, após serem informadas as taxas de sais e de material em suspensão na água é apresentada a tela da Fig.4.15.

```
=====
||
||  IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO  ||
||-----||
|| Culturas Adequadas                             ||
||
|| Metodos adequados                              ||
||~ ~                                             ||
||-----||
|| (1)                                             ||
|| (2) ANALISE AGUA                               ||
|| (3)                F3:hora/data   F5:s.opr   <ESC>:sai ||
||-----||
=====
```

Fig.4.15 - Opção ANÁLISE-ÁGUA

c) Opção B.DADOS.

Para a opção B.DADOS, a tela apresenta o "MENU" da Fig.4.16.

```
=====
|| IRRIGA: SELEZIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO ||
||-----||
|| B .DE DADOS ||
||-----||
|| EDITA DADOS ||
||-----||
|| IMPRIME ||
||-----||
|| (1) ||
|| (2) ||
|| (3) ||
|| F3:hora/data F5:s.opr <ESC>:sai ||
=====
```

Fig.4.16 - Opção B.DE DADOS

Na opção EDITA DADOS será feita a edição de dados da cultura, conforme a tela da Fig.4.17. Com a tecla F6 é possível fazer inclusões de novas culturas no arquivo BANCO-DADOS-CULTURA, enquanto a tecla F7 elimina a cultura que estiver na tela do citado arquivo.

Na opção IMPRIME, serão solicitados uma mensagem de rodapé, o número de cópias desejadas e a autorização para imprimir, na impressora, o conteúdo do arquivo BANCO-DADOS-CULTURA, conforme a Fig.4.18.

```

=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
=====
Nome da Cultura
Nome científico
Espacamento ideal entre as fileiras
Sensibilidade Relativa a Doencas na Copa
Sensibilidade relativa a doencas no tronco e raiz
Condições de Crescimento Relativo
    reducao na produtividade em função do CE.

|-----|
| reducao | 0% | 10% | 25% | 50% |
|-----|
| CE solo |   |   |   |   |
|-----|
| CE agua |   |   |   |   |
|-----|

pH ideal do solo para cultivo
Metodos de irrigacao indicados
Temperatura Ideal

(1)
(2) EDICAO DO BANCO DE DADOS          ITEM 001
(3) F3:hora/data   F6:Inserir   F7:Eliminar<ESC>:sai
=====

```

Fig.4.17 - Opção BDEDITA

```

=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
=====

Mensagem de Rodape:
-----

Numero de copias: __

Inicia Impressao (S/N) ? __

(1)
(2) IMPRESSAO DE BANCO DE DADOS
(3)          F3:hora/data   F5:s.opr   <ESC>:sai
=====

```

Fig.4.18 - Opção IMPRIME



Finalmente para a movimentação do cursor e das telas existem as seguintes teclas:

**Home:** move o cursor para a primeira posição da tela atual.

**End:** move o cursor para a última posição da tela atual.

**Ctrl+Home:** move o cursor para a primeira posição absoluta.

**Ctrl+End:** move o cursor para a última posição absoluta.

## VI - CONCLUSÃO E SUGESIÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

O sistema IRRIGA foi implementado em um microcomputador compatível com IBM PC-Xt, utilizando a linguagem de programação PASCAL. O código fonte contém 3174 linhas (com comentários) e o sistema requer um mínimo de memória de 230 Kbytes.

Com a execução do sistema e em virtude dos resultados apresentados e discutidos, pode-se extrair as seguintes conclusões:

1 - O confronto do sistema IRRIGA com o processo convencional na seleção do(s) método(s) mais adequado(s) de irrigação foi totalmente satisfatório e convincente, apesar de haver diferença nos tipos e quantidade de parâmetros analisados (o sistema analisa um número maior de parâmetros).

2 - O sistema apresenta detalhes minuciosos, através de valores numéricos, sobre a influência dos parâmetros analisados na seleção dos métodos de irrigação, constituindo-se num leque amplo de subsídios para justificar o resultado e o que não seria possível no processo convencional de seleção dos métodos.

3 - A situação fornecida pelo usuário e os métodos mais adequados àquela situação são gravados em arquivos e poderão ser usados para pesquisas e estudos estatísticos.

4 - A análise de situações simuladas em irrigação proporciona uma espécie de treinamento a estudantes e técnicos da área de irrigação.

5 - Finalmente, o sistema desenvolvido atingiu os objetivos propostos, ou sejam selecionar método(s) mais adequados de irrigação para cada situação e proporcionar treinamentos a estudantes e técnicos em irrigação.

#### SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.

- A escolha do método de irrigação, a ser usado em cada área, deve ser baseada na viabilidade técnica e econômica do projeto. Sugerimos a expansão do nosso sistema para tratar da viabilidade econômica, processando a escolha do melhor método de irrigação dentre os mais adequados, determinados pelo IRRIGA. A viabilidade econômica deve considerar custos e benefícios de cada método.

- A partir do estado atual do IRRIGA desenvolver gráficos e determinar equações dos parâmetros envolvidos na seleção de métodos de irrigação mais adequados, para outros métodos tais como xique-xique, microaspersão, jato pulsante, tubos perfurados, irrigação subterrânea e para as várias modalidades de irrigação por aspersão.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [BERN 87] - BERNARDO, S. "Manual de Irrigação". 4a. Edição. Imprensa Universitária/UFV. Viçosa, 1987.
- [D'ALK 86] - D'ALKIN, D. Telles. "Elaboração de Projetos de Irrigação." Programa Nacional de Irrigação/Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Brasília, 1986.
- [FARR 85] - FARRER, H. & BECKER, C. G. "Pascal Estruturado". Editora Guanabara. Rio de Janeiro, 1985.
- [FINK 60] - FINKELL, H. J. & NIR, D.- "Criteria of the choice of irrigation method" - Trans. AM. Soc. Agric. Engrs. - 3(1)92-98, 1960.
- [FRAN 88] - FRANCO, Homero M. - "Irrigação em Santa Catarina". Agropecuária Catarinense. Florianópolis, 3(58)27-32. 1988.
- [GENA 87] - GENARO, S. "Sistemas Especialistas - O conhecimento artificial". Livros técnicos e científicos editora S.A. Rio de Janeiro, 1987.

- [HOLZ 85] - HOLZAPFEL, E. A., Marino, M. A., Morales, J. C.  
 "Procedure to Select an Optimum Irrigation Method".  
 Journal of Irrigacion and Drainage Engineering, vol  
 III, No. 4. 1985.
- [HORO 77] - HOROWITZ, Ellis. "Fundamentals of Data Structures".  
 Computer Science Press, Inc. Maryland, 1977
- [JENS 74] - JENSEN, K. e Wirth, N. "Pascal - User Manual and  
 Report". Springer Verlag. New York, 1978.
- [LEVI 88] - LEVINE, R. I. " Inteligência artificial e Sistemas  
 Especialistas - Aplicações e exemplos práticos ".  
 McGRAW-HILL. São Paulo, 1988.
- [OLIT 76] - OLITA, A. F. L. "Os métodos de irrigação".  
 Livraria Nobel S. A. São Paulo, 1976.
- [SCAL 86] - SCALOPPI, Edimar J. - "Critérios básicos para  
 seleção de sistemas de irrigação." - Inf.  
 Agropec - 12(139)54-63 - Belo Horizonte, 1986.
- [SCHM 87] - SCHMITZ, E. A & TELES, A. A. S. "Pascal e técnicas  
 de programação". Livros Técnicos e  
 Científicos S.A. Rio de Janeiro, 1987.

[TECN 89] - TECNAL - "PSI - Projetos de Sistemas de Irrigação - Manual do Usuário". Albuquerque Informática e Tecnologia LTDA. Campina Grande - PB. 1989.

[YOUR 79] - YOURDON, E. & Constantine, L. L. "Structured Design - Fundamentals of a discipline of Computer Program and Systems Design". Prentice - Hall. Englewood Clippis. 1979.

[WATE 86] - WATERMAN, A. Donald. " A guide to expert system ". Addison-Wesley Publishing Company. Massachusetts, 1986.

[WEIS 88] - WEISS, S. M. " Guia prático para projetar Sistemas Especialistas ". Livros técnicos e científicos editora S.A. Rio de Janeiro, 1988.

## VII APENDICE

### EXEMPLO DE UMA SESSÃO COM O IRRIGA

Neste capítulo será apresentado uma sessão com o IRRIGA. Mostra-se como o sistema seleciona os métodos mais adequados de irrigação para uma dada situação e como analisa situações em irrigação.

As informações fornecidas pelo usuário serão mostradas em **negrito** e a opção escolhida será representada por um retângulo ao seu redor.

Com a execução do sistema, tem-se a tela da Fig.6.1.

```
=====
||                                     || | |
|| | IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO | ||
|| -----                                     ||
||          SELECAO          ANALISE          | B .DE DADOS | ||
||          ~~~~~          ~~~~~          |-----| ||
||-----                                     ||
|| (1)                                     ||
|| (2)                                     ||
|| (3)          F3:hora/data  F5:s.opr  <ESC>:sai ||
||-----                                     ||
=====
```

Fig.6.1 - Tela principal

Usuário: **<ENTER>** - (seleção da opção B.DE.DADOS).

Sistema: Apresenta a tela da Fig.6.2.

```

=====
| IRRIGA: SELEZIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|-----|
|                                     B. DE DADOS
|-----|
|                                     | EDITA DADOS |
|-----|
|                                     IMPRIME
|-----|
|| (1)
|| (2)
|| (3)                                     F3:hora/data   F5:s.opr  <ESC>:sai
=====

```

Fig.6.2 - Opção selecionada: EDITA DADOS

Usuário: <ENTER> - ( seleção da opção EDITA DADOS )

Sistema: Mostra a tela para edição de dados de culturas,  
conforme a Fig.6.3.

```

=====
| IRRIGA: SELEZIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|-----|
| Nome da Cultura: milho
| Nome científico: Zea mays
| Espacamento ideal entre as fileiras (m): 1.34
| Sensibilidade Relativa a Doencas na Copa: 0.37
| Sensi.relative a doencas no tronco e raiz: 0.32
| Condições de Crescimento Relativo: 0.23
| reducao na produtividade em função do CE. [BERN 87]
|-----|
| reducao | 0% | 10% | 25% | 50%
|-----|
| GE solo | 1.7 | 2.5 | 3.8 | 5.0 *
|-----|
| GE agua | 1.1 | 1.7 | 2.5 | 3.0
|-----|
|                                     * mmhos/cm
| pH ideal do solo para cultivo: 5.5 a 6.5
| Temperatura Ideal: 25 a 35
| Metodos de irrigacao indicados: 1:sulco 2:asper.
|-----|
|| (1)
|| (2) EDICAO DO BANCO DE DADOS           ITEM 001
|| (3) F3:hora/data   F6:Inserir   F7:Eliminar<ESC>:sai
=====

```

Fig.6.3 - Tela de edição de dados de culturas.



Usuário: F6 ( p/ fazer a inclusão )

Sistema: Faz a inclusão da cultura no arquivo BANCO-DADOS-CULTURA. Para ilustrar melhor esta sessão, supõe-se que foram incluídas, também, as culturas: abacaxi, alface, arroz, cebola, pinha e tomate.

Usuário: <ESC>

Sistema: volta à tela principal

Usuário: posiciona o "cursor" na opção EDITA-DADOS, conforme a Fig.6.4.

```
=====
|| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO ||
||-----||
||          SELECAO          ||
||-----||
||  I EDITA-DADOS  I  ||
||-----||
||          PROCESSA          ||
||-----||
||          LISTA          ||
||-----||
|| (1)                ||
|| (2)SELECAO  EDITA DADOS  ||
|| (3)                F3:hora/data  F5:s.opr  <ESC>:sai  ||
=====
```

Fig.6.4 - Opção: EDITA-DADOS

Usuário: <ENTER>

Sistema: Após solicitar o nome do arquivo, apresenta a tela da Fig.6.5.

```

=====
||
||  IRRIGA: SELECCIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO  I
||  -----
||
||  Nome da Cultura: milho
||  Nome Cientifico:_____
||  Espacamento entre fileiras da cultura (m):_____
||  Sensibilidade Relativa a doencas na Copa:_____
||  Sensibilidade Relativa a doencas no tronco/raiz:___
||  Condicoes de Crescimento Relativo:_____
||          Dados Sobre o solo, a agua e mao-de-obra
||  Solo:
||  Declividade do terreno (%):_____
||  Taxa de Infiltracao (mm/h):_____
||  Agua:
||  Taxa de sais (mmhos/cm):_____
||  Taxa de Material em Suspensao (ppm):_____
||  Mao-de-Obra
||  Tipo:
||          1-DESQUALIFICADA 2-MEDIANAMENTE QUALIFICADA
||          3-QUALIFICADA    4-ALTAMENTE QUALIFICADA
||  -----
||  (1)
||  (2) SELECAO CULTURA.EXT  EDITA DADOS
||  (3) F2:POR QUE?  F3:hora/data  F4:B.Dados <ESC>:sai  ||
=====

```

Fig.6.5 - Obtenção dos dados de uma situação.

Usuário: F4

Usuário: <ENTER> ( p/ autorizar a transferência )

Sistema: Transfere os dados da cultura do arquivo BANCO-DADOS-CULTURA para a tela, conforme a Fig.6.6.

```

=====
|| | IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO | ||
|| ----- ||
|| Nome da Cultura: milho ||
|| Nome Cientifico: Zea mays ||
|| Espacamento entre fileiras da cultura (m): 1.34 ||
|| Sensibilidade Relativa a doencas na Copa: | 0.37 | ||
|| ----- ||
|| Sensibilid. Relativa a doencas no tronco/raiz: 0.32 ||
|| Condicoes de Crescimento Relativo: 0.23 ||
|| Dados Sobre o solo, a agua e mao-de-obra ||
|| Solo: ||
|| Declividade do terreno (%):2.53 ||
|| Taxa de Infiltracao (mm/h):7.76 ||
|| Agua: ||
|| Taxa de sais (mmhos/cm):1.05 ||
|| Taxa de Material em Suspensao (ppm):31.83 ||
|| Mao-de-Obra ||
|| Tipo: 3 ||
|| 1-DESQUALIFICADA 2-MEDIANAMENTE QUALIFICADA ||
|| 3-QUALIFICADA 4-ALTAMENTE QUALIFICADA ||
|| ----- ||
|| (1) ||
|| (2) SELECAO MILHO.EXT EDITA DADOS ||
|| (3) F2:POR QUE? F3:hora/data F4:B.Dados <ESC>:sal ||
=====

```

Fig.6.6 - Transferência de dados.

Usuário: F2

Sistema: Com o cursor posicionado no ítem SENSIBILIDADE RELATIVA A DOENÇAS NA COPA, mostra a tela da Fig.6.7, a qual fornece o POR QUÊ da pergunta e COMO fornecer a informação correta.

```

=====
||          Sensibilidade Relativa a Doencas          ||
|| Irrigacao por INUND.pode favorecer a certas doencas ||
|| na raiz e no tronco da cultura. O metodo ASPERSAO ||
|| pode favorecer a doencas na copa da cultura.      ||
||                                                     ||
|| Este valor deve ser atribuido no intervalo de 0 (zero) ||
|| a 1 (um) de acordo com a sensibilidade da cultura a ||
|| doencas: 0 (zero) para cultura altamente tolerante ||
|| a doencas e 1 (um) para cultura muito sensivel a ||
|| doencas. Exemplos:                                ||
||                                                     ||
|| Cultura:                alface  abacaxi  tomate  ||
|| Sensibilidade a doencas ||
|| na copa:                0,2      0,5      0,9    ||
||                                                     ||
|| Cultura:                arroz   cebola  pinha   ||
|| Sen. a doencas no tronco ||
|| e raizes:              0,1      0,5      0,8    ||
=====

```

Fig.6.7 - Justificativa a indagação POR QUÊ.

Usuário: <ESC>

Sistema: volta à tela principal.

Usuário: posiciona o "cursor" na opção PROCESSA. Fig.6.8.

```

=====
||          IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO          || | |
||-----||
||          SELECAO                                             ||
||          EDITA-DADOS                                         ||
||-----||
||          | PROCESSA |                                         ||
||-----||
||          LISTA                                              ||
||-----||
|| (1)                                                         ||
|| (2)SELECAO   PROCESSOA                                       ||
|| (3)                F3:hora/data   F5:s.opr   <ESC>:sai  ||
=====

```

fig.6.8 - Opção PROCESSA

Usuário: <ENTER>

Sistema: Mostra a seleção dos métodos de irrigação, com seus respectivos valores. Vide a Fig.6.9.

```
=====
||
||  IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO  || |
||-----||
||              Adequacao dos Metodos              ||
||-----||
|| CLASSIFICACAO | METODO          | TOTAL PONTOS |
||-----||
||      1        | SULCO            |      0.199   |
||      2        | GOTEJAMENTO     |      0.193   |
||      3        | ASPERSAO        |      0.189   |
||      4        | INUNDACAO       |      0.067   |
||-----||
||-----||
|| (1)          | TECLE <ENTER> P/ DETALHES DO CALCULO ||
|| (2) SELECAO MILHO.EXT PROCESSA ||
|| (3)          | F3:hora/data   F5:s.opr <ESC>:sai ||
||-----||
```

Fig.6.9 - Seleção dos métodos de irrigação.

Usuário: <ENTER>

Sistema: Apresenta um detalhamento do cálculo durante o processo de seleção dos métodos de irrigação, conforme a Fig.6.10.

```

=====
| IRRIGA: ANALISADOR DE SITUACOES EM IRRIGACAO |
|-----|
|           Calculo de indice por parametro           |
|-----|
| PARAMETRO | VALOR | INDICES OBTIDOS |
|           | FORNECIDO | INUND. | SULCO | ASPER. | GOTEJ. |
|-----|
| Esp. da cultura | 7.000 | 29.277 | 89.805 | 59.583 | 100.00 |
| Doencas na Copa | 0.200 | 96.142 | 98.036 | 74.287 | 99.019 |
| Doe. no tronco/raiz | 0.300 | 60.869 | 94.000 | 95.480 | 100.00 |
| Crescin. Relativo | 1.000 | 84.817 | 100.00 | 28.734 | 98.550 |
| Dec. terreno (%) | 2.000 | 67.700 | 76.683 | 91.831 | 98.550 |
| Infiltracao (mm/h) | 16.00 | 59.592 | 68.296 | 76.666 | 96.035 |
| Sais (mmhos/cm) | 3.000 | 89.834 | 50.648 | 62.986 | 95.065 |
| Mat.Suspensao (ppm) | 50.00 | 98.550 | 99.021 | 87.587 | 81.625 |
| Mao-de-obra | 0.330 | 0,200 | 0.114 | 0.037 | 0.640 |
|-----|
| TOTAL | | 0.067 | 0.199 | 0.189 | 0.193 |
|-----|
| (1) |
| (2) SELECAO MILHO.EXT PROCESSA |
| (3) F3:hora/data F5:s.opr <ESC>:sai |
=====

```

Fig.6.10 - Detalhes do cálculo

Usuário: <ESC>

Sistema: volta à tela principal.

Usuário: posiciona o "cursor" na opção LISTA. Fig.6.11.

```

=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|-----|
| SELECAO |
|         |
| EDITA-DADOS |
|         |
| PROCESSA |
|         |
| LISTA |
|-----|
| (1) |
| (2)SELECAO EDITA DADOS |
| (3) F3:hora/data F5:s.opr <ESC>:sai |
=====

```

Fig.6.11 - Opção LISTA.

Usuário: <ENTER>

Sistema: Solicita o nome do arquivo e apresenta a tela da Fig.6.12, a qual permite ao usuário listar no vídeo ou na impressora o resultado da seleção.

```
-----  
|| | IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO | ||  
|| |-----  
|| | SELECAO  
|| | NOME DO ARQUIVO: milho  
|| | LISTAR DADOS NA:  
|| |  
|| | TELA  
|| |-----  
|| | I IMPRESSORA | ||  
|| |-----  
|| | (1)  
|| | (2)SELECAO LISTA DADOS  
|| | (3) F3:hora/data F5:s.opr <ESC>:sai ||  
-----
```

Fig.6.12 - Opção impressora.

Usuário: <ENTER>

Sistema: Após a autorização serão listados na impressora todos os dados fornecidos na seleção, os métodos mais adequados de irrigação e os detalhes do cálculo. Fig.6.13.



```

=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|-----|
| Mensagem de Rodape:
| Selecao do metodo de irrigacao para milho
|-----|
|
| Numero de copias: 1
|
| Inicia Impressao (S/N) ? S
|-----|
| (1)
| (2) SELECAO MILHO.SEL LISTA DADOS IMPRESSORA
| (3) F3:hora/data F5:s.opr <ESC>:sai
|-----

```

Fig.6.13 - Tela para impressão.

Usuário: <ESC>

Sistema: volta à tela principal.

Usuário: posciona o "cursor" na opção CULTURA. Fig.6.14.

```

=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|-----|
|
| ANALISE
|-----|
| CULTURA |
|-----|
|
| SOLO
| METODO
| AGUA
|-----|
| (1)
| (2)
| (3) F3:hora/data F5:s.opr <ESC>:sai
|-----

```

Fig.6.14 - Opção ANÁLISE-CULTURA.

Usuário: <ENTER>

Sistema: Solicita o nome da cultura e apresenta telas com informações sobre a mesma, conforme as Fig.6.15, Fig.6.16 e Fig.6.17.



```

=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|-----|
| Nome da Cultura: arroz |
|
| Dados sobre a cultura |
|
| Nome cientifico: Oriza sativa |
| Espacamento ideal entre as fileiras (m): 0.20 |
| Sensibilidade Relativa a Doencas na Copa: 0.20 |
| Sensibi. relativa a doencas no tronco e raiz:0.1 |
| Condicoes de Crescimento Relativo: 0.35 |
|-----|
| (1) PgUp-Pag.anterior PgDw-Pag.poster. |
| (2) ANALISE CULTURA |
| (3) F3:hora/data <ESC>:sai |
=====

```

Fig.6.15 - Informações sobre a cultura.

Usuário: PgDw

```

=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|-----|
| Nome da Cultura: arroz |
|
| Dados sobre o solo: |
| Reducao na produtividade em funcao do CE [BERN 87]. |
|
|-----|
| reducao | 0% | 10% | 25% | 50% |
|-----|
| CE solo | 3.0 | 3.5 | 5.4 | 7.2 |
|-----|
| pH ideal: de 5.5 a 6.5 |
| Metodos de irrigacao indicados: inundacao aspersao |
|-----|
| (1) PgUp-Pag.anterior PgDw-Pag.poster |
| (2) ANALISE CULTURA |
| (3) F3:hora/data <ESC>:sai |
=====

```

Fig.6.16 - Informações sobre a cultura.

Usuário: PgDw

```

=====
| IRRIGA: SELEZIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
=====
Nome da Cultura: arroz

Dados sobre a agua
Reducao na produtividade em funcao do CE.

| reducao | 0% | 10% | 23% | 50% |
|-----|
| CE agua | 2.0 | 2.6 | 3.4 | 4.8 |
|-----|

Temperatura Ideal: 25 a 35

-----
| (1) PgUp-Pag.anterior PgDw-Pag.poster |
| (2) ANALISE CULTURA |
| (3) F3:hora/data <ESC>:sai |
=====

```

Fig.6.17 - Informações sobre a cultura.

Usuário: <ESC>

Sistema: volta à tela principal.

Usuário: posiciona o "cursor" na opção MÉTODO Fig.6.18.

```

=====
| IRRIGA: SELEZIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
=====
ANALISE
CULTURA
| METODO |
-----
SOLO
AGUA

-----
| (1)
| (2)ANALISE METODO
| (3) F3:hora/data F5:s.opr <ESC>:sai |
=====

```

Fig.6.18 - Opção ANÁLISE-MÉTODO.

Usuário: <ENTER>

Sistema: solicita o nome do método de irrigação e mostra as telas, conforme as Fig.6.19 e Fig.6.20.

```
-----  
|| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO ||  
-----  
|| METODO: sulco ||  
||  
|| Informacoes gerais: ||  
|| Na irrigacao por sulco a agua e' conduzida em ||  
|| canais ou sulcos situados paralelos as fileiras ||  
|| das plantas, durante o tempo necessario para u- ||  
|| medecer a zona radicular da cultura. ||  
||  
|| Culturas apropriadas: ||  
|| MILHO ARROZ ABACAXI PINHA CEBOLA ||  
||-----||  
|| (1) PgUp-Pag.anterior PgDw-Pag.poster. ||  
|| (2)ANALISE METODO ||  
|| (3) F3:hora/data F5:s.opr <ESC>:sai ||  
-----
```

Fig.6.19 - Informações sobre o método de irrigação.

Usuário: PgDw

```
-----  
|| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO ||  
-----  
|| METODO: sulco ||  
||  
|| Solo apropriado: ||  
|| Declividade maxima da area (%): 2.00 ||  
|| Taxa maxima de infiltracao (mm/h): 40.00 ||  
|| Taxa maxima de sais na agua (mmhos/cm): 3.00 ||  
|| Mao-de-obra necessaria: qualificada ||  
||-----||  
|| (1) PgUp-Pag.anterior PgDw-Pag.poster. ||  
|| (2)ANALISE METODO ||  
|| (3) F3:hora/data F5:s.opr <ESC>:sai ||  
-----
```

fig.6.20 - Informações sobre o método de irrigação.





```

=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
-----
Dados do solo:
Declividade do terreno(%): 3      pH do solo: 6
Taxa de infiltracao (mm/h): 30    CE do solo: 3
Metodos adequados:
  ASPERSAO  GOTEJAMENTO
Culturas apropriadas:
  TOMATE PINHA ARROZ
-----
(1)
(2)ANALISE SOLO
(3)                F3:hora/data    F5:s.opr  <ESC>:sai
=====

```

Fig.6.22 - Caracterização do solo.

Usuário: <ESC>

Sistema: volta à tela principal.

Usuário: seleciona opção ÁGUA. Fig.6.23.

```

=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
-----
ANALISE
CULTURA
SOLO
METODO
-----
| AGUA |
-----
(1)
(2)ANALISE AGUA
(3)                F3:hora/data    F5:s.opr  <ESC>:sai
=====

```

Fig.6.23 - Opção ANÁLISE-ÁGUA.

Usuário: <ENTER>

Sistema: Solicita os dados para caracterizar o tipo d'água e mostra a tela da Fig.6.24.

```
=====
| IRRIGA: SELECIONADOR DE METODOS DE IRRIGACAO |
|-----|
| Dados sobre a agua
|
| Taxa de concentracao de sais (mmhos/cm): 1
| Taxa de mat. em suspensao (ppm): 60
|
| Metodos adequados:
| INUNDACAO SULCO
|
| Culturas apropriadas:
|~ MILHO ARROZ ABACAXI TOMATE CEBOLA PINHA ~|
|-----|
| (1) Tecla <ENTER> p/ continuar
| (2)ANALISE AGUA
| (3) F3:hora/data F5:s.opr <ESC>:sai ||
|-----|
```

Fig.6.24 - Caracterização d'água.

Usuário: <ESC>

Sistema: volta a tela principal.

Usuário: <ESC>

Sistema: encerra a execução.