

Sete Lagoas, MG  
Dezembro, 2001

#### Autor

Camilo de Lelis Teixeira de  
Andrade  
Eng. Agric., Ph.D.,  
Embrapa Milho e Sorgo  
Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete  
Lagoas, MG.  
E-mail:  
camilo@cnpmis.embrapa.br

## Seleção do Sistema de Irrigação

### 1. Introdução

O interesse pela irrigação, no Brasil, emerge nas mais variadas condições de clima, solo, cultura e socioeconomia. Não existe um sistema de irrigação ideal, capaz de atender satisfatoriamente todas essas condições e interesses envolvidos. Em consequência, deve-se selecionar o sistema de irrigação mais adequado para uma certa condição e para atender os objetivos desejados. O processo de seleção requer a análise detalhada das condições apresentadas, em função das exigências de cada sistema de irrigação, de forma a permitir a identificação das melhores alternativas.

Com a rápida expansão da agricultura irrigada, no Brasil, muitos problemas têm surgido, em consequência do desconhecimento das diversas alternativas de sistemas de irrigação, conduzindo a uma seleção inadequada do melhor sistema para uma determinada condição. Esse problema tem causado o insucesso de muitos empreendimentos, ocasionando a frustração de agricultores com a irrigação e, muitas vezes, a degradação dos recursos naturais.

Um ponto importante que vale ressaltar é que, antes de começar o processo de seleção de algum método de irrigação, deve-se primeiro determinar se há necessidade de irrigação e se é possível irrigar. Muitos agricultores, motivados pelo modismo ou impulsionados pela pressão comercial e facilidade de crédito, adquirem sistemas de irrigação sem mesmo verificar se a cultura que querem explorar necessita ou responde à irrigação ou se a fonte de água de que dispõem é suficiente para atender a necessidade hídrica da cultura.

O objetivo deste trabalho é apresentar os critérios básicos para a seleção dos sistemas de irrigação mais adequados às diversas culturas e às condições edafoclimáticas e socioeconômicas.

### 2. Decisão de Irrigar

A decisão de irrigar ou não deve levar em consideração diversos fatores, entre os quais a quantidade e distribuição da chuva, o efeito da irrigação na produção das culturas, a necessidade de água das culturas e a qualidade e disponibilidade de água da fonte. O fator mais importante que determina a necessidade de irrigação de uma certa cultura em uma região é a quantidade e distribuição das chuvas. Outras razões para se utilizar irrigação são o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade do produto, a produção na entressafra, o uso mais intensivo da terra e a redução do risco do investimento feito na atividade agrícola.

### 2.1. Quantidade e Distribuição de Chuvas

A necessidade de irrigação diminui na medida em que se move das regiões áridas e semi-áridas para as regiões mais úmidas. Geralmente, nas regiões úmidas, a quantidade de chuvas ao longo do ano é suficiente para a maioria das culturas; entretanto, devido à má distribuição, muitas culturas sofrem com a falta de água. É comum, na região dos Cerrados, a ocorrência de veranicos (períodos secos no meio do período chuvoso), que causam quebra na produtividade e na qualidade de muitas culturas. Além do mais, algumas espécies, como as hortaliças, requerem irrigações frequentes ao longo de todo o ciclo.

A análise de dados históricos de chuvas ao longo do ano é, portanto, fundamental na tomada de decisão de irrigar. Na Figura 1, são plotadas a precipitação mensal média e a precipitação mensal dependente para Sete Lagoas, MG. A precipitação dependente indica a probabilidade de um certo valor de precipitação ser igualado ou superado. Nota-se que a precipitação média é significativamente maior que a precipitação esperada, com 75% e 91,7% de probabilidade. Para a produção de culturas de menor valor comercial, como grãos e pastagem, pode-se adotar um nível de probabilidade de 75%, enquanto, para culturas de maior retorno econômico, deve-se trabalhar com probabilidades maiores.

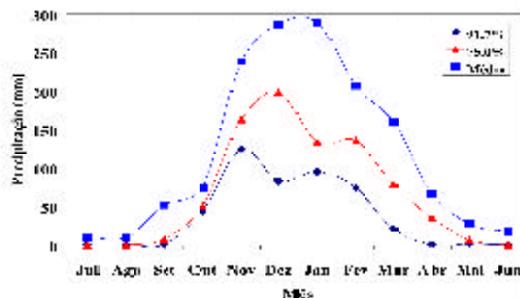


Figura 1. Dados de precipitação média e dependente (probabilidade de ocorrência) para o período de 1988 a 1998, Sete Lagoas, MG.

### 2.2. Necessidade de Água das Culturas

A quantidade de água que uma cultura utiliza durante o ciclo é chamada demanda sazonal de água e, para um mesma cultura, varia com as condições climáticas da região. Diferentes culturas apresentam diferentes demandas sazonais de água. Em regiões semi-áridas, em geral, as plantas requerem maior quantidade de água por ciclo.

Há um período durante o ciclo das culturas em que mais água é consumida. A quantidade de água usada pela cultura por dia nesse período é chamada demanda de pico. Existem várias publicações que indicam o requerimento de água das principais culturas. Entretanto, para culturas tropicais, essa informação nem sempre está prontamente disponível. O requerimento de água das culturas pode ser estimado a partir do consumo de água de uma planta de referência ( $E_{to}$ ) - para o Brasil, é a grama -, que, por sua vez, é determinado com os dados de clima do local. Determinações diretas do consumo de água das culturas ( $E_c$ ) podem também ser feitas empregando-se lisímetros (Figura 2).



Figura 2. Estação meteorológica automática (esquerda), convencional (abaixo) e lisímetro de pesagem (acima), cujos dados são empregados na determinação do consumo de água das culturas.

Na Figura 3, são apresentadas as curvas de evapotranspiração de referência média e dependente para Sete Lagoas, MG. Diferentemente da precipitação (Figura 1), o gráfico mostra a probabilidade de ocorrência de um valor igual ou menor que o indicado.

Por essa razão, os valores médios de Eto são menores que os valores associados a uma certa probabilidade de ocorrência. Quanto maior o valor econômico da cultura, maior deve ser a probabilidade e maiores serão os valores da Eto e, conseqüentemente, maior deverá ser a capacidade do sistema de irrigação. Vale lembrar que a evapotranspiração de muitas culturas é maior que a evapotranspiração de referência nos períodos de pico de consumo. Os valores do coeficiente de cultura (Kc) devem ser multiplicados pelos valores de Eto, para obter a curva de Etc. Dois picos de consumo mensal são observados para o exemplo em questão, um em outubro e outro em janeiro. O sistema de irrigação deve ser capaz de fornecer a quantidade sazonal de água às culturas, bem como suprir a demanda de pico. Além do mais, a quantidade sazonal de água requerida pela cultura deve ser comparada com a quantidade de água disponível na fonte durante o ciclo.

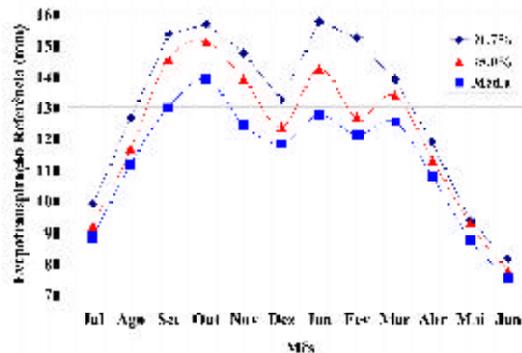


Figura 3. Dados de evapotranspiração de referência média e dependente (probabilidade de ocorrência) para o período de 1988 a 1998, Sete Lagoas, MG.

### 2.3. Comparação Entre Curvas de Precipitação e de Evapotranspiração

Quando se plotam as curvas de precipitação mensal junto com as de evapotranspiração de referência mensal (Figura 4) é que se tem uma visão melhor da necessidade ou não de irrigar. O primeiro

ponto que chama a atenção no exemplo é que, dada a grande variabilidade interanual da precipitação, dados médios devem ser evitados em favor de dados probabilísticos. O mesmo não ocorre com a evapotranspiração, que é mais uniforme. Considerando uma probabilidade de 75%, nota-se que, exceto para o período de novembro a fevereiro, nos demais meses, há necessidade de irrigação, mesmo que complementar às chuvas. Um agravante para a situação é a possibilidade de ocorrência de veranicos, como pode ser observado na Figura 5. Nota-se que veranicos de até 15 dias podem ocorrer, como é o caso do período de 13 a 31 de janeiro de 1996, o qual, na ausência de irrigação, poderia causar quebra na produtividade ou danos irreversíveis às culturas.

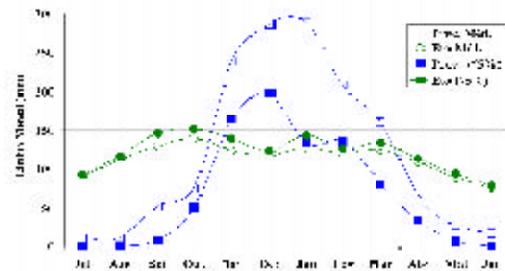


Figura 4. Comparação de curvas de precipitação e evapotranspiração médias e dependentes, para o período de 1988 a 1998, Sete Lagoas, MG.

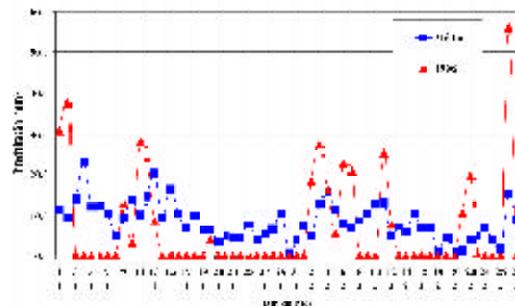


Figura 5. Precipitação média e do meses de janeiro e fevereiro de 1996, indicando a ocorrência de veranicos, Sete Lagoas, MG.

### 2.4. Efeito da Irrigação na Produtividade das Culturas

Além do efeito direto da disponibilidade de água para as plantas, outros fatores que contribuem para que a irrigação proporcione um aumento na produtividade das culturas são o uso mais eficiente de fertilizantes, a possibilidade de emprego de uma maior densidade de plantio e a possibilidade de uso de variedades que respondem melhor à irrigação.

O efeito da irrigação na produtividade das culturas é variado. Muitas culturas apresentam boa resposta à irrigação, outras, como a soja, apresentam pequena resposta e não são tradicionalmente irrigadas. Espécies frutíferas e hortaliças, via de regra, respondem bem à irrigação.

A produtividade de algumas culturas, em condições de irrigação, é apresentada na Tabela 1. Todavia, como a produtividade das culturas é afetada por condições de clima, solo e variedade, informações locais devem ser empregadas.

A análise de dados de produtividade potencial das culturas, juntamente com dados de custo de produção e preços, auxilia a tomada de decisão de irrigar ou não uma certa cultura.

**Tabela 1. Produtividade de Algumas Culturas Sob Irrigação<sup>1</sup>**

Cultura	Produtividade (t/ha)	Observações
Abacaxi	32 a 45	
Algodão	52	Vila São do Bonfim
Alfafa	75	Rua do Azeite, Bairro Jardim
Arroz Inundável	40 a 110	Itapecuru, Maranhão
Banana	30 a 40	Parque Anhanguera, São Paulo
Café	70 a 100	Ubatuba, SP
Cana-de-açúcar	40 a 50	Pernambuco
Cebola	30000 t/ha	Maranhão
Faveira	5	Caruaru
Girassol	15	Pirapora, MG
Linhaça Têxtil	75	Pirapora, MG
Mamão	40 a 60	Estação de Arroz, Maracá
Mandioca	12	Piraí
Mandioca	30 a 40	Piraí, Maranhão
Melancia	40 a 60	Piraí, Maranhão
Melão	30 a 40	Piraí, Maranhão
Milho	5 a 8	Caruaru, Nordeste
Milho Doce <sup>2</sup>	11,8	Caruaru
Milho Sorgo <sup>3</sup>	15	São Luís, MA
Passiflora Tropicana <sup>4</sup>	5,3	Brasília, DF
Pequi	5,2	Pirapora, MG
Tanacetum Vulgare	30	Pirapora, MG
Tomate Amarelo	50	Ubatuba, SP
Trigo	4 a 6	Caruaru

<sup>1</sup> Dados experimentais, obtidos de diferentes regiões do Brasil, com irrigação localizada e uso de fertilizantes nitrogenados. <sup>2</sup> Não irrigado. <sup>3</sup> Não irrigado. <sup>4</sup> Não irrigado. <sup>5</sup> Não irrigado. <sup>6</sup> Não irrigado. <sup>7</sup> Não irrigado. <sup>8</sup> Não irrigado. <sup>9</sup> Não irrigado. <sup>10</sup> Não irrigado. <sup>11</sup> Não irrigado. <sup>12</sup> Não irrigado. <sup>13</sup> Não irrigado. <sup>14</sup> Não irrigado. <sup>15</sup> Não irrigado. <sup>16</sup> Não irrigado. <sup>17</sup> Não irrigado. <sup>18</sup> Não irrigado. <sup>19</sup> Não irrigado. <sup>20</sup> Não irrigado. <sup>21</sup> Não irrigado. <sup>22</sup> Não irrigado. <sup>23</sup> Não irrigado. <sup>24</sup> Não irrigado. <sup>25</sup> Não irrigado. <sup>26</sup> Não irrigado. <sup>27</sup> Não irrigado. <sup>28</sup> Não irrigado. <sup>29</sup> Não irrigado. <sup>30</sup> Não irrigado. <sup>31</sup> Não irrigado. <sup>32</sup> Não irrigado. <sup>33</sup> Não irrigado. <sup>34</sup> Não irrigado. <sup>35</sup> Não irrigado. <sup>36</sup> Não irrigado. <sup>37</sup> Não irrigado. <sup>38</sup> Não irrigado. <sup>39</sup> Não irrigado. <sup>40</sup> Não irrigado. <sup>41</sup> Não irrigado. <sup>42</sup> Não irrigado. <sup>43</sup> Não irrigado. <sup>44</sup> Não irrigado. <sup>45</sup> Não irrigado. <sup>46</sup> Não irrigado. <sup>47</sup> Não irrigado. <sup>48</sup> Não irrigado. <sup>49</sup> Não irrigado. <sup>50</sup> Não irrigado. <sup>51</sup> Não irrigado. <sup>52</sup> Não irrigado. <sup>53</sup> Não irrigado. <sup>54</sup> Não irrigado. <sup>55</sup> Não irrigado. <sup>56</sup> Não irrigado. <sup>57</sup> Não irrigado. <sup>58</sup> Não irrigado. <sup>59</sup> Não irrigado. <sup>60</sup> Não irrigado. <sup>61</sup> Não irrigado. <sup>62</sup> Não irrigado. <sup>63</sup> Não irrigado. <sup>64</sup> Não irrigado. <sup>65</sup> Não irrigado. <sup>66</sup> Não irrigado. <sup>67</sup> Não irrigado. <sup>68</sup> Não irrigado. <sup>69</sup> Não irrigado. <sup>70</sup> Não irrigado. <sup>71</sup> Não irrigado. <sup>72</sup> Não irrigado. <sup>73</sup> Não irrigado. <sup>74</sup> Não irrigado. <sup>75</sup> Não irrigado. <sup>76</sup> Não irrigado. <sup>77</sup> Não irrigado. <sup>78</sup> Não irrigado. <sup>79</sup> Não irrigado. <sup>80</sup> Não irrigado. <sup>81</sup> Não irrigado. <sup>82</sup> Não irrigado. <sup>83</sup> Não irrigado. <sup>84</sup> Não irrigado. <sup>85</sup> Não irrigado. <sup>86</sup> Não irrigado. <sup>87</sup> Não irrigado. <sup>88</sup> Não irrigado. <sup>89</sup> Não irrigado. <sup>90</sup> Não irrigado. <sup>91</sup> Não irrigado. <sup>92</sup> Não irrigado. <sup>93</sup> Não irrigado. <sup>94</sup> Não irrigado. <sup>95</sup> Não irrigado. <sup>96</sup> Não irrigado. <sup>97</sup> Não irrigado. <sup>98</sup> Não irrigado. <sup>99</sup> Não irrigado. <sup>100</sup> Não irrigado.

### 2.5. Fonte de Água

Determinada a necessidade de se irrigar uma certa cultura, há que se analisar as fontes de água, para verificar se são capazes de suprir as necessidades hídricas da cultura com água de boa qualidade.

As principais fontes de água para irrigação são rios, lagos ou reservatórios, canais ou tubulações comunitárias e poços profundos (Figura 6 ).

Vários fatores devem ser considerados na análise da adaptabilidade da fonte para irrigação, entre os quais a distância da fonte ao campo, a altura em que a água deve ser bombeada, o volume de água disponível (no caso de lago ou reservatório), a vazão da fonte no período de demanda de pico da cultura e a qualidade da água.

O volume de água disponível deve atender a necessidade sazonal de água da cultura (no caso de lago ou reservatório) e a vazão da fonte deve suprir a demanda durante todo o ciclo, principalmente durante o período de pico de consumo.

A qualidade da água, em termos de sais, poluentes e materiais sólidos, deve ser analisada. Muitas culturas não toleram sal na água. Poluentes podem contaminar os alimentos e os materiais sólidos podem causar problemas em bombas, filtros e emissores.

Atenção especial deve ser dada às leis de uso da água em vigor no País. Os usuários de água são obrigados a requerer outorga para uso da água junto às agências de controle estaduais. Além do mais, como o recurso água está cada dia mais escasso, há tendência de aumentar os conflitos entre os usuários. O direito de uso da água de um usuário localizado a jusante do ponto onde se tenciona captar a água para a irrigação deve ser preservado em termos de volume, vazão e qualidade da água.

Se a decisão baseada nas informações descritas nos tópicos anteriores é favorável à irrigação, então o próximo

passo é a seleção do método e do sistema de irrigação. Inicialmente, é preciso conhecer os diversos métodos e sistemas de irrigação disponíveis atualmente.



Figura 6. Canal de chamada no rio São Francisco e canal principal do projeto Jaíba, MG (Fotos de Camilo L. T. Andrade).

### 3. Principais Métodos e Sistemas de Irrigação

**Método** de irrigação é a forma pela qual a água pode ser aplicada às culturas. Basicamente, são quatro os **métodos** de irrigação: **superfície**, **aspersão**, **localizada** e **subirrigação**. Para cada **método**, há dois ou mais **sistemas** de irrigação que podem ser empregados. A razão pela qual há muitos tipos de sistemas de irrigação é devido à grande variação de solo, clima, culturas, disponibilidade de energia e condições socioeconômicas para as quais o sistema de irrigação deve ser adaptado.

#### 3.1. Irrigação por Superfície

No método de irrigação por superfície, a distribuição da água se dá por gravidade, através da superfície do solo. É o método com a maior área irrigada no mundo e no Brasil. As principais vantagens do método de superfície são:

- geralmente apresenta o menor custo fixo e operacional;
- requer equipamentos simples e é simples de operar;
- sofre pouco efeito de ventos;
- é adaptável à grande diversidade de solos e culturas;
- possui elevado potencial para redução do consumo de energia;
- não interfere nos tratamentos fitossanitários;

- permite a utilização de águas com sólidos em suspensão.

As limitações mais importantes são:

- depende das condições topográficas, geralmente requerendo sistematização;
- é inadequado para solos excessivamente permeáveis;
- seu dimensionamento envolve ensaios de campo e o calendário das irrigações é difícil de ser aplicado cientificamente;
- seus parâmetros de dimensionamento apresentam grande variabilidade espacial;
- requer freqüentes reavaliações, para assegurar desempenho satisfatório;
- os sistemas devem ser instalados antes da cultura, a menos que esta tenha sido planejada para ser irrigada por superfície;
- requer medidas efetivas de controle da erosão;
- possui baixa eficiência de distribuição de água se mal planejado e manejado;
- desperta pequeno interesse comercial.

O método de superfície pode ser dividido em Sistemas em Nível e Sistemas em Declive.

##### 3.1.1. Sistemas em Nível

Nesse sistema, a área é plana ou quase plana (menos de 0,1% de declive) em todas as direções. São três os tipos de sistemas em nível:

- Tabuleiro em nível: - também chamado de bacia, consiste numa área plana, geralmente de formato retangular ou quadrado, protegida por camalhões. Empregado para o cultivo do arroz (Figura 7).
- Faixa em contorno: - são tabuleiros planos ou faixas com declive muito pequeno na direção longitudinal.

São construídos acompanhando o contorno do terreno. Geralmente produzem tabuleiros estreitos e longos (Figura 8).



Figura 7. Tabuleiros de arroz na Ásia (Foto da esquerda de autor desconhecido e da direita de Rabi H. Mohtar, Purdue University).



Figura 8. Tabuleiros em contorno na China (Foto de Rabi H. Mohtar, Purdue University).

- Sulcos em contorno: - Similar às bacias em contorno, exceto pela presença de sulcos entre as linhas de cultivo. Os sulcos são em nível ou com declividade muito pequena.

### 3.1.2. Sistemas em Declive

São sistemas com declividade em uma das direções, variando de 0,1% até no máximo, 15%. São cinco os sistemas em declive:

- Faixas em declive:- similar à bacia em contorno, exceto pela declividade na direção do fluxo. Uma pequena declividade é tolerada na direção transversal (Figura 9).



Figura 9. Irrigação em faixas na cultura da parreira (Fotos de Camilo L. T. Andrade).

- Canais em contorno: - canais (drenos) são abertos em contorno, em áreas já plantadas, geralmente com pastagem ou grama. A água é bloqueada no canal principal e no final do dreno superior da área, forçando o transbordamento da água sobre a superfície cultivada.
- Sulcos em declive: - Os sulcos são abertos entre fileiras de plantas. A maior declividade é aplicada na direção do fluxo de água. Há pequena ou nenhuma declividade na transversal. São utilizados em áreas planas e retangulares (Figuras 10 e 11).



Figura 10. Área preparada com sulcos e após plantio e irrigação (Foto da esquerda de Camilo L.T. Andrade e da direita de Rabi H. Mohtar, Purdue University).



Figura 11. Irrigação por sulcos com tubos janelados em parreira (acima à esquerda) e bananeira (acima à direita) e detalhe da janela (Foto da parte de baixo Tom Spofford, USDA)

- **Corrugação:** - São sulcos pequenos com declividade na direção do fluxo de água, empregados em culturas semeadas a lanço ou com pequeno espaçamento.
- **Sulcos em contorno:** - Similares aos sulcos em declive, exceto que os sulcos acompanham o contorno do terreno. A declividade transversal à direção do fluxo de água geralmente é maior que no sistema de sulco em declive.

### 3.2. Irrigação por Aspersão

No método da aspersão, jatos de água aplicados no ar caem sobre a cultura na forma de chuva. As principais vantagens do sistema de irrigação por aspersão são:

- é facilmente adaptável às diversas condições de solo, culturas e topografia;
- possui maior eficiência potencial que o método da irrigação por superfície;
- pode ser totalmente automatizado;
- alguns sistemas podem ser transportados para outra área;
- as tubulações podem ser desmontadas e removidas da área, o que facilita o preparo do solo e evita “áreas mortas”.

As principais limitações são:

- os custos de instalação e operação são mais elevados que os do método por superfície;
- pode sofrer influência das condições climáticas, como vento e umidade relativa;
- a irrigação com água salina pode reduzir a vida útil do equipamento e causar danos a algumas culturas;
- pode favorecer o aparecimento de doenças em algumas culturas e interferir com tratamentos fitossanitários.

#### 3.2.1. Aspersão Convencional

Podem ser fixos, semifixos ou portáteis. Nos sistemas fixos, tanto as linhas principais quanto as laterais permanecem na mesma

posição durante a irrigação de toda a área. Em alguns sistemas fixos, as tubulações são permanentemente enterradas (Figura 12).



**Figura 12. Sistema de aspersão fixo em jardim (Fotos de Camilo L.T. Andrade).**

Nos sistemas semifixos, as linhas principais são fixas (geralmente enterradas) e as linhas laterais são movidas de posição em posição ao longo das linhas principais (Figura 13).



**Figura 13. Sistema de aspersão portátil em feijão (esquerda) e de aspersão subcopia em mangueira (Fotos de Camilo L.T. Andrade).**

Têm sido utilizados também no Brasil sistemas semifixos, nos quais tanto a linha principal quanto as laterais são enterradas e movem-se apenas os aspersores. As laterais têm diâmetro menor que o usual, pois apenas um aspersor opera em cada lateral de cada vez. Nos sistemas portáteis, tanto as linhas principais quanto as laterais são móveis.

Os sistemas semifixos e portáteis requerem mão-de-obra para mudança das linhas laterais. São recomendados para áreas pequenas, geralmente com disponibilidade de mão-de-obra familiar. Todavia, é possível utilizar minicanhões no lugar dos aspersores, o que permite a irrigação de áreas maiores, sobretudo com culturas que protegem mais o solo, em condições de pouco vento e com culturas que não sentem muito a desuniformidade da irrigação. Um sistema utilizado em cana-de-açúcar e pastagens é o chamado “montagem direta”, no qual um canhão é montado numa carretinha, que pode ser rebocada por trator para outra posição. O mesmo trator pode ser empregado para acionar a bomba (Figura 14).



**Figura 14.** Sistema de aspersão portátil tipo montagem direta com canhão (Foto de Rabi H. Mohtar, Purdue University).

### 3.2.2. Autopropelido

Um único canhão ou minicanhão é montado num carrinho, que se desloca longitudinalmente ao longo da área a ser irrigada. A conexão do carrinho aos hidrantes da linha principal é feita por mangueira flexível. A propulsão do carrinho é proporcionada pela própria água. É o sistema que mais consome energia e apresentava no passado problemas com a durabilidade da mangueira. É bastante afetado por vento e produz gotas de água grandes, que podem prejudicar algumas culturas. Presta-se para a irrigação de áreas retangulares de até 70 ha, com culturas como cana-de-açúcar e pastagem (Figura 15).



**Figura 15.** Sistema autopropelido em operação, com tracionamento por cabo de aço e estacionado, com tracionamento pela própria mangueira de alimentação (Foto da esquerda de Camilo L.T. Andrade e a direita do acervo da Embrapa).

### 3.2.3. Rolamento Lateral ou Ramal Rolante (Rolão)

As linhas laterais são montadas sobre rodas de metal. Os tubos funcionam como eixos. Não se movem durante a irrigação. Um pequeno motor de combustão interna é empregado para deslocar toda a linha lateral para uma nova posição. Uma pequena mangueira (ou tubo) é empregada para conectar a lateral aos hidrantes da linha principal. É utilizado em culturas de pequeno porte e em áreas planas, de formato retangular (Figura 16).



**Figura 16.** Ramal rolante (rolão) na cultura da alfafa (acima) (Foto de Camilo L.T. Andrade) e em grandes áreas retangulares (abaixo), foto de Tom Spofford, USDA).

### 3.2.4. Pivô Central

Consiste de uma única lateral, que gira em torno do centro de um círculo (pivô). Segmentos da linha lateral metálica são sustentados por torres em formato de "A" e

conectados entre si por juntas flexíveis. Um pequeno motor elétrico, colocado em cada torre, permite o acionamento independente destas. A velocidade de deslocamento do pivô é ditada pela velocidade da última torre, que também determina a lâmina a ser aplicada. O suprimento de água é feito através do ponto pivô, requerendo que um poço profundo seja perfurado no centro da área ou que a água seja conduzida até o centro por adutora enterrada. Pivôs podem ser empregados para irrigar áreas de até 117 ha. O ideal, todavia, é que a área não ultrapasse 50 a 70 ha. Quanto a limitações de topografia, alguns autores afirmam que, para vãos entre torres de até 30 metros, declividades de até 30% na direção radial podem ser toleradas, enquanto outros autores indicam que essa declividade máxima só pode ser tolerada na direção tangencial (ao longo dos círculos).

Pivôs centrais com laterais muito longas, quando não corretamente dimensionados em função da taxa de infiltração da água no solo, podem apresentar sérios problemas de erosão no final da lateral, devido à alta taxa de aplicação de água necessária nessa área.

Pivôs são sistemas que permitem alto grau de automação. O custo por unidade de área tende a reduzir à medida que aumenta a área. Pivôs mais modernos permitem que as rodas das torres sejam escamoteadas, para que os mesmos sejam deslocados para a área adjacente (Figura 17).



Figura 17. Pivô central na cultura do abacaxi e detalhe do ponto pivô (Foto maior de Camilo L.T. Andrade e foto menor de Tom Spofford, USDA).

### 3.2.5. Deslocamento Linear

A lateral tem estrutura e mecanismo de deslocamento similar à do pivô central, mas desloca-se continuamente na direção longitudinal da área. Todas as torres deslocam-se com a mesma velocidade. O suprimento de água é feito através de canal ou linha principal, dispostos no centro ou na extremidade da área. A água é succionada diretamente do canal ou mangueiras são empregadas para conectar a linha lateral à hidrantes da linha principal. Existem sistemas em que a conexão da mangueira aos hidrantes é automática. A bomba é, em geral, acionada por motor de combustão interna e desloca-se junto com toda a lateral. É recomendado para áreas retangulares planas e sem obstrução (Figura 18).



Figura 18. Sistema tipo deslocamento linear (Foto de Tom Spofford, USDA).

### 3.2.6. LEPA e LESA

São sistemas tipo pivô central ou deslocamento linear, equipados com um mecanismo de aplicação de água mais eficiente. No LEPA ("low energy precision application"), as laterais são dotadas de muitos tubos de descida, onde são conectados bocais que operam com pressão muito baixa. A água é aplicada diretamente na superfície do solo, o que reduz as perdas por evaporação. O solo deve ter alta taxa de infiltração ou ser preparado com sulcos e microdepressões. No sistema tipo LESA ("low elevation spray application"), bocais tipo "spray" são colocados nos tubos de descida e a água é aplicada sobre o dossel da cultura. O LESA é indicado para culturas baixas, como batata e cebola (Figura 19).



Figura 19. Pivô central dotado de LEPA (acima a direita) e detalhes dos sulcos com microdepressões (Fotos de Terry Howell, USDA).

### 3.3. Irrigação Localizada

No método da irrigação localizada, a água é, em geral, aplicada em apenas uma fração do sistema radicular das plantas, empregando-se emissores pontuais (gotejadores), lineares (tubo poroso ou “tripa”) ou superficiais (microaspersores). A proporção da área molhada varia de 20 a 80% da área total, o que pode resultar em economia de água. O teor de umidade do solo pode ser mantido alto através de irrigações freqüentes e em pequenas quantidades, beneficiando culturas que respondem a essa condição. Fertilizantes e alguns defensivos podem ser aplicados via água de irrigação, com potencial aumento de produtividade das culturas, mas com perigo de contaminação do solo e do lençol freático (Figura 20). O custo inicial é relativamente alto, sendo recomendado para culturas de elevado valor econômico e maior espaçamento entre fileiras de plantas. É um método que permite elevado grau de automação, o que requer menor emprego de mão-de-obra na operação.

Os principais sistemas de irrigação localizada são: gotejamento, microaspersão e subsuperficiais. Atualmente estão sendo

testados sistemas de gotejamento tipo Ultra Baixo Volume, nos quais de 16 a 32 ciclos de irrigação são aplicados por dia, empregando-se válvulas ou pulsadores. Essa estratégia procura oferecer à planta a quantidade de água e nutrientes de forma mais uniforme ao longo do dia e com fluxos não saturados, o que, segundo os idealizadores do sistema, proporciona maior aproveitamento desses recursos, com conseqüente maior produtividade e menor lixiviação.



Figura 20. Bomba hidráulica para injeção de fertilizantes e defensivos na água de irrigação (Foto de Camilo L.T. Andrade).

#### 3.3.1. Gotejamento

No sistema de gotejamento, a água é aplicada de forma pontual na superfície do solo. Os gotejadores podem ser instalados sobre a linha, na linha, numa extensão da linha ou serem manufaturados junto com o tubo da linha lateral, formando o que popularmente denomina-se “tripa”. A vazão dos gotejadores é inferior a 12 l/h. Vários gotejadores podem ser instalados próximos uns dos outros, junto à planta, para

possibilitar o suprimento da quantidade de água necessária à planta, bem como proporcionar o umedecimento da área mínima da superfície do solo. As “tripas” têm paredes mais finas e os seus gotejadores, do tipo labirinto, são construídos em toda a extensão, o que possibilita a redução do custo, porém com vida útil menor. Uma forma rústica do sistema de gotejamento é o xique-xique, em que a água é aplicada através de pequenos furos feitos na parede das linhas laterais. Pode-se dar mais flexibilidade ao xique-xique através da utilização de microtubos como emissores. Os microtubos podem ter tamanhos diferentes e serem posicionados de forma a manter vazão constante ao longo da linha. Sistema de microtubos tem sido empregado para irrigação de vasos em estufa.



**Figura 21. Sistema de gotejamento superficial em parreira e detalhe do gotejador (Fotos de Camilo L.T. Andrade).**

A grande vantagem do sistema de gotejamento, quando comparado com o de microaspersão, é que a água, aplicada na superfície do solo, não molha a folhagem ou o tronco das plantas (Figuras 21 e 22). Comparado com o sistema subsuperficial, as vantagens são a facilidade de instalação, inspeção, limpeza e reposição, além da possibilidade de medição da vazão de emissores e avaliação da área molhada. As maiores desvantagens são os entupimentos, que requerem excelente filtragem da água e a interferência nas práticas culturais quando as laterais não são enterradas. Em solos muito arenosos, o bulbo molhado sob o gotejador

tende a alongar para baixo, o que pode favorecer as perdas de água por percolação profunda.



**Figura 22. Sistema de gotejamento superficial indicando uma faixa molhada (esquerda) e bulbo molhado (direita) (Fotos de Tom Spofford, USDA).**

### 3.3.2. Microaspersão

Como o nome indica, nesse sistema, a água é aplicada por emissores rotativos ou fixos. A vazão dos microaspersores varia de 12 a 120 l/h. Permite o umedecimento de uma área maior, o que é uma vantagem para culturas de espaçamentos mais largos, plantadas em solos arenosos (Figura 23).



**Figura 23. Microaspersão em bananeira (acima) com detalhe de um microaspersor (abaixo) (Fotos de Camilo L.T. Andrade).**

A manutenção é mais simples que nos sistemas de gotejamento e subsuperficiais. Há necessidade de filtragem da água, mas a propensão ao entupimento é menor, dado o maior diâmetro dos bocais dos microaspersores. Pode sofrer a influência do vento, com culturas de pequeno porte ou em pomares jovens, além do efeito da evaporação direta da água do jato, em locais muito secos. Pode estimular o desenvolvimento de doenças de ambiente úmido. No caso de citros, há a possibilidade de se empregarem microaspersores setoriais para evitar o molhamento do tronco das plantas.

### 3.3.3. Subsúperficiais

Atualmente, as linhas laterais de gotejadores ou tubos porosos estão sendo enterradas de forma a permitir a aplicação subsúperficial da água (Figuras 24 e 25). A vantagem desse sistema é a remoção das linhas laterais da superfície do solo, o que facilita o tráfego e os tratos culturais, além de vida útil maior. A área molhada na superfície não existe ou é muito pequena, reduzindo ainda mais a evaporação direta da água do solo. As limitações desse sistema são as dificuldades de detecção de possíveis entupimentos ou reduções nas vazões dos emissores. Os problemas mais comuns de entupimento ocorrem quando as linhas laterais são esvaziadas e succionam sujeira para dentro dos emissores ou quando as raízes das plantas entram dentro dos emissores. Novos materiais que repelem as raízes e novos desenhos dos emissores minimizam esses problemas. Além do mais, herbicidas podem ser injetados de tempo em tempo, para prevenir a entrada de raízes nos emissores.

A instalação das laterais pode ser feita com máquina, o que permite utilizar o sistema em grandes áreas.

Esse tipo de sistema de irrigação localizada está em franca expansão nos Estados Unidos e tem sido testado para irrigar hortaliças e gramados (Figura 26).



Figura 24. Sistema de gotejamento subsúperficial em cultura perene (acima) e detalhe da linha lateral enterrada (abaixo) (Foto de cima de Richard Mead, USA e de baixo de Tom Spofford, USDA).



Figura 25. Detalhe da instalação de laterais de gotejamento subsúperficial (Foto de Richard Mead, USA).

## 3.4. Subirrigação

Com a subirrigação, o lençol freático é mantido a uma profundidade capaz de permitir um fluxo de água adequado à zona radicular da cultura. Geralmente, está associado a um sistema de drenagem

subsuperficial. Havendo condições satisfatórias, pode-se constituir no método de menor custo. No Brasil, esse sistema de irrigação tem sido empregado com relativo sucesso no projeto do Rio Formoso, Estado de Tocantins.

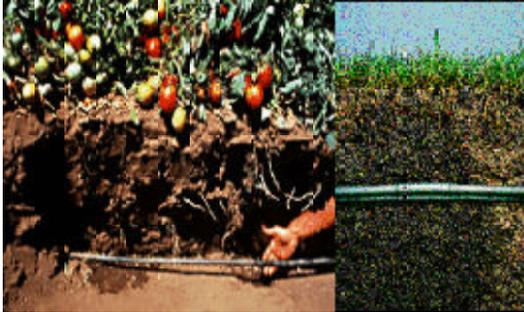


Figura 26. Gotejamento subsuperficial em tomate (Foto de Tom Spofford, USDA) e em área gramada (Foto de Richard Mead, USA).

emprego do método de superfície e subirrigação, mas pode ser contornada com os métodos de aspersão e, principalmente, com o método de irrigação localizada.

Áreas com formato e declividade irregulares são mais facilmente irrigáveis com métodos de aspersão e localizada do que com o método de superfície.



Figura 27. Irrigação por gotejamento em área com relevo ondulado (Foto de Camilo L.T. Andrade).

#### 4. Seleção do Método de Irrigação

O primeiro passo no processo de seleção do sistema de irrigação mais adequado para uma certa situação consiste em selecionar antes o método de irrigação. Vários fatores podem afetar a seleção do método de irrigação. Os principais são sumarizados na Tabela 2 e discutidos a seguir, juntamente com outros fatores importantes.

##### 4.1. Topografia

Se a área a ser irrigada é plana ou pode ser nivelada sem gasto excessivo, pode-se empregar qualquer um dos quatro métodos. Se a área não é plana, deve-se limitar ao uso de aspersão ou localizada, para os quais a taxa de aplicação de água pode ser ajustada para evitar erosão. O método de irrigação por superfície pode ser desenvolvido em áreas com declividades de até 5%. Aspersão pode ser empregada em áreas de até 30%, enquanto gotejamento pode ser implementado em áreas com declives de até 60% (Figura 27).

A presença de obstrução na área (rochas, vossorocas, construções) dificulta o

Tabela 2. Fatores que afetam a seleção do método de irrigação.

Método	Declividade	Taxa de Infiltração	Berçabilidade da Cultura ou N° de Anos	Efeito do Vento
Superfície	Áreas planas ou pouco inclinadas. Infiltração rápida. Taxa de declividade pequena. Não há obstruções na área.	Alta	Adaptável à maioria das culturas. Não há limitação de tempo de cultivo.	Asperção é afetada pelo vento. Gotejamento e localizada são menos afetados.
Aspersão	Áreas com declividade moderada. Infiltração moderada. Taxa de declividade moderada. Não há obstruções na área.	Alta a moderada	Adaptável à maioria das culturas. Não há limitação de tempo de cultivo.	Pequeno efeito do vento. Gotejamento e localizada são menos afetados.
Localizada	Áreas com declividade moderada a alta. Infiltração moderada a baixa. Taxa de declividade moderada a alta. Não há obstruções na área.	Moderada a baixa	Método adequado para culturas de ciclo longo. Não há limitação de tempo de cultivo.	Pequeno efeito do vento. Gotejamento e localizada são menos afetados.
Subirrigação	Áreas planas ou pouco inclinadas. Infiltração lenta. Taxa de declividade pequena. Não há obstruções na área.	Baixa	Adaptável à maioria das culturas. Não há limitação de tempo de cultivo.	Não é afetado pelo vento.

Adaptado de: (Mead, 1971; Spofford, 1973).

## 4.2. Solos

Solos com velocidade de infiltração básica maior que 70 mm/h devem ser irrigados por aspersão ou com irrigação localizada. Para velocidades de infiltração inferiores a 12 mm/h, em áreas inclinadas, o método mais adequado é o da irrigação localizada. Para valores intermediários de velocidade de infiltração, os quatro métodos podem ser empregados.

Nos casos em que os horizontes A e B são pouco espessos, deve-se evitar a sistematização (prática quase sempre necessária nos sistemas de irrigação por superfície), de forma a evitar a exposição de horizontes com baixa fertilidade. No caso de lençol freático alto, deve-se dar preferência a métodos de irrigação por superfície ou subirrigação. Entretanto, em solos com problemas potenciais de salinidade, deve-se evitar os métodos de superfície e subirrigação, dando-se preferência aos métodos de aspersão e localizada.

O emprego de irrigação por aspersão ou localizada em solos com reduzida capacidade de retenção de água, em geral, propicia melhor eficiência.

## 4.3. Culturas

Diversos aspectos relacionados às culturas devem ser considerados na seleção do método de irrigação, entre os quais o sistema e o espaçamento de plantio, a profundidade do sistema radicular, a altura de plantas, o valor econômico e as exigências agronômicas.

A eficiência de irrigação é maior quando o método da aspersão é empregado com culturas que cobrem toda a superfície do solo na maior parte do ciclo fenológico. Culturas plantadas em linha e com espaçamento adensado ou sementeiras a lanço, como muitas forrageiras, podem ser irrigadas por superfície. Culturas que ocupam parcialmente a superfície são mais

eficientemente irrigadas com métodos de irrigação localizada ou com métodos de sulcos.

Os sistemas de irrigação localizada e aspersão facilitam a aplicação de lâminas de água variáveis, de acordo com a profundidade efetiva do sistema radicular das culturas, o que leva a uma melhor eficiência de aplicação. Culturas com sistema radicular profundo podem ser eficientemente irrigadas por superfície e por subirrigação. Culturas com sistema radicular raso não devem ser subirrigadas, especialmente no estágio inicial de desenvolvimento. Pode-se empregar a combinação de métodos, como a aspersão no início do ciclo e a subirrigação em seguida.

A altura das plantas pode ditar a escolha de um certo sistema de irrigação. No caso da aspersão, em culturas anuais de maior porte, como o milho e cana-de-açúcar, a água deve ser aplicada acima da vegetação. Para evitar o molhamento das folhas pode-se utilizar pivôs centrais do tipo LEPA, em que a água é aplicada ao longo da linha da cultura plantada em círculo.

Para culturas com propensão a desenvolver doenças em condições de alta umidade (tomate, por exemplo), deve-se evitar o emprego de aspersão. O emprego de microaspersão aplicando água diretamente sobre o caule pode agravar a incidência de gomose em variedades susceptíveis de citros.

Algumas culturas são sensíveis à aplicação de água com altas concentrações de sódio nas folhas, indicando que o método da aspersão deve ser evitado nesse caso. Outras culturas, como a batata, citros e fumo, não toleram o solo saturado por muito tempo. Nesse caso, deve-se evitar a irrigação por superfície. Por outro lado, algumas variedades de milho e trigo podem tolerar o encharcamento temporário do solo e a produtividade da cultura do arroz é

consideravelmente maior quando mantém-se uma lâmina de água sobre a superfície, obtida quando se utiliza o método da inundação.

Um aspecto importante a se observar quando da seleção de métodos de irrigação é a rotação de culturas. O sistema tem que atender a todas as culturas a serem cultivadas no sistema de rotação. Para essa situação, o sistema mais flexível é o de aspersão convencional ou pivô central.

Culturas de maior valor econômico, em geral, requerem métodos de irrigação mais eficientes e com melhor distribuição de aplicação de água, como é o caso de aspersão e localizada.

#### 4.4. Clima

A frequência e a quantidade das precipitações que ocorrem durante o ciclo das culturas ditam a importância da irrigação para a produção agrícola. Nas regiões áridas e semi-áridas, é praticamente impossível produzir sem irrigação. Todavia, em regiões mais úmidas, a irrigação pode ter caráter apenas complementar e os sistemas de menor custo devem ser selecionados para esse caso. Em geral, sistemas de subirrigação e superfície têm custos operacionais menores que os sistemas de irrigação por aspersão e localizada.

Em condições de vento forte, a uniformidade de distribuição de água pode ser muito prejudicada no método da aspersão e, portanto, deve ser evitado. O sistema de irrigação por pivô central apresenta melhor desempenho em condições de vento que os sistemas autopropelidos e convencionais. Mesmo em sistemas de irrigação por faixas, ventos muito fortes podem causar desuniformidade de distribuição da água. Praticamente não há efeito de vento em sistemas de irrigação localizada e subirrigação.

As perdas de água por evaporação direta do jato, nos sistemas de aspersão, podem chegar a 10%, sem considerar a evaporação da água da superfície das plantas. Tais perdas são desprezíveis nos sistemas de irrigação por superfície e localizada.

Sistemas de aspersão podem ser empregados para proteção contra geadas. Entretanto, isto só é possível em sistemas de aspersão fixos, dimensionados para permitir que toda a área possa ser irrigada simultaneamente.

#### 4.5. Fonte de Água

A vazão e o volume total de água disponível durante o ciclo da cultura são os dois parâmetros que devem inicialmente ser analisados para a determinação não só do método mais adequado, mas também da possibilidade ou não de se irrigar, conforme foi discutido anteriormente. A vazão mínima da fonte deve ser igual ou superior à demanda de pico da cultura a ser irrigada, levando-se em consideração também a eficiência de aplicação de água do método. Pode-se considerar a construção de reservatórios de água, o que, todavia, onera o custo de instalação.

Sistemas de irrigação por superfície, em geral, requerem vazões maiores com menor frequência. Sistemas de aspersão e localizada podem ser adaptados a fontes de água com vazões menores. Sistemas de irrigação por superfície são potencialmente menos eficientes (30-80%) quando comparados com sistemas de irrigação por aspersão (75-90%) e localizada (80-95%).

A altura de bombeamento da água desde a fonte até a área a ser irrigada deve ser considerada quando da seleção do método de irrigação. À medida que essa altura aumenta, sistemas de irrigação mais eficientes devem ser recomendados, de forma a reduzir o consumo de energia.

Fontes de água com elevada concentração de sólidos em suspensão não são recomendadas para utilização com sistemas de gotejamento, devido aos altos custos dos sistemas de filtragem. Todavia, tais impurezas não seriam problema para os métodos de irrigação por superfície.

A presença de patógenos nocivos à saúde humana pode determinar o método de irrigação de culturas consumidas in natura, como é o caso de hortaliças. Sistemas de irrigação por aspersão e microaspersão não são adequados para esses casos. Todavia, gotejamento, sobretudo gotejamento enterrado, e métodos superficiais podem ser empregados.

Finalmente, deve-se considerar o custo da água na seleção do método. Quanto maior o custo da água, mais eficiente deve ser o método de irrigação.

#### **4.6. Aspectos Econômicos, Sociais e Ambientais**

Parece óbvio que a meta principal da implementação de qualquer atividade agrícola envolvendo irrigação é a obtenção do máximo retorno econômico. Todavia, os impactos nos aspectos sociais e ambientais do projeto não podem ser ignorados.

Cada sistema de irrigação potencial, adequado a uma certa situação, deve ser analisado em termos de eficiência econômica. Pode-se empregar a relação benefício-custo do projeto ou retorno-máximo para se determinar sua eficiência econômica. O projeto que apresentar melhor desempenho econômico deve, então, ser selecionado. A análise econômica de sistemas de irrigação é geralmente complexa, devido ao grande número de variáveis envolvidas. Deve-se empregar planilhas ou programas de computador para auxiliar nos cálculos. A descrição dessas ferramentas foge ao escopo deste trabalho. Como regra

geral, sistemas de irrigação de custo inicial elevado, como os de irrigação localizada, são recomendados para culturas de maior valor, como fruteiras e hortaliças. Os custos operacionais são geralmente maiores nos sistemas de irrigação por aspersão, intermediários nos de irrigação localizada e menores nos sistemas superficiais. O custos de manutenção são geralmente elevados nos sistemas de irrigação por superfície, o que pode levar à frustração de muitos irrigantes.

Fatores como a geração de emprego, produção local de alimentos e utilização de equipamentos produzidos localmente devem também ser considerados na seleção dos métodos de irrigação. Se há incentivos governamentais para um ou mais desses fatores, deve-se levá-los em consideração na análise econômica.

Finalmente, os impactos ambientais de cada método, como erosão, degradação da qualidade da água e destruição de habitats naturais, devem ser considerados. Tais efeitos podem ser considerados na análise econômica na forma de multas ou incentivos governamentais ou analisados em termos de limites toleráveis.

#### **4.7. Fatores Humanos**

Diversos fatores humanos, de difícil justificativa lógica, podem influenciar a escolha do método de irrigação. Hábitos, preferências, tradições, preconceitos e modismo são alguns elementos comportamentais que podem determinar a escolha final de um sistema de irrigação.

De forma geral, existe uma certa desconfiança entre os agricultores com relação à inovação tecnológica. Tecnologias já assimiladas são prioritariamente consideradas e suas inconveniências aceitas como inevitáveis, o que dificulta a introdução de sistemas de irrigação diferentes daqueles praticados na região.

O nível educacional dos irrigantes pode influir na seleção de sistemas de irrigação. A irrigação por superfície tem sido praticada com sucesso por agricultores mais primitivos, em diferentes regiões do mundo. Sistemas de aspersão e localizada requerem algum tipo de treinamento dos agricultores.

## 5. Considerações Finais

A seleção do sistema de irrigação mais adequado é o resultado do ajuste entre as condições existentes e os diversos sistemas de irrigação disponíveis, levando-se em consideração outros interesses envolvidos. Sistemas de irrigação adequadamente selecionados possibilitam a redução dos riscos do empreendimento, uma potencial melhoria da produtividade e da qualidade ambiental.

## 6. Glossário

1. Veranico – período com vários dias sem chuva dentro do período chuvoso
2. Necessidade hídrica – quantidade de água que uma cultura precisa para crescer e produzir em seu potencial; pode ser expressa em milímetros por dia, por mês ou por ciclo ou litros por planta por dia (fruticultura)
3. Evapotranspiração – combinação da quantidade de água transpirada pela planta com a quantidade evaporada diretamente pela superfície do solo; expressa em mm/dia, mm/mês ou l/planta/dia
4. Evapotranspiração de referência – é a evapotranspiração de uma cultura de referência conduzida em condições ótimas; no Brasil, a cultura de referência é a grama
5. Sazonal – que varia com a estação do ano ou com o ciclo da cultura
6. Demanda de pico – Evapotranspiração máxima de uma cultura ao longo do seu ciclo e ao longo do ano
7. Lisímetro – equipamento para determinação direta da evapotranspiração das culturas
8. Outorga – autorização oficial para a utilização de uma certa vazão de água de uma certa fonte, fornecida pela agência de controle estadual ou local
9. Jusante – que fica águas abaixo
10. Montante – que fica águas acima
11. Declividade – razão entre o desnível e a distância horizontal de uma superfície, expressa em porcentagem
12. Precipitação dependente – é um valor de precipitação associado a uma certa probabilidade de ocorrência

## 7. Literatura Consultada

ALVES, E. J.; DANTAS, J. L. L.; SOARES FILHO, W. S.; SILVA, S. O.; OLIVEIRA, M. A.; SOUZA, L. S.; CINTRA, F. L. D.; BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; OLIVEIRA, S. L.; FANCELLI, M.; CORDEIRO, Z. J. M.; SOUZA, J. S. **Banana para exportação: Aspectos técnicos da produção.** Brasília: EMBRAPA-SPI/CNPMF, 1995. 106p. (EMBRAPA-SPI. Série Publicações Técnicas FRUPEX, 18).

BURT, C. M.; CLEMMENS, A. J.; BLIESNER, R.; MERRIAM, J. L.; HARDY, L. **Selection of irrigation methods for agriculture.** Reston: ASCE, 1999. 129p.

CUNHA, G. A. P. da; MATOS, A. P. de; SOUZA, L. F.; SANCHES, N. F. REINHARDT, D. H. R. C.; CABRAL, J. R. S. **A cultura do abacaxí.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 80p. (Coleção Plantar, 12).

FARIA, C. M. B.; PEREIRA, J. R.; POSSÍDEO, E. L. de Adubação orgânica e mineral na cultura do melão em um vertissolo do submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.2, n.2, p.191-197, 1994.

FRANÇA, G. E.; COELHO, A. M.; RESENDE, M.; BAHIA FILHO, A. F. C. Balanço de nitrogênio (<sup>15</sup>N) em milho irrigado. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - 1992-1993**, Sete Lagoas, v.6, p.30-32, 1994.

GOMIDE, R. L. Seleção do sistema de irrigação. In: CURSO DE USO E MANEJO DE IRRIGAÇÃO, 8, 1993, Sete Lagoas.

**Apostila...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1993. 13p.

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M.; CHOUDHURY, M. M.; Leal, I. M. **A cultura da acerola.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995, 101p. (Coleção Plantar, 22).

GUROVICH, L. A. **Fundamentos y diseño de sistemas de riego.** San Jose, Costa Rica: IICA, 1985. 433p. (IICA. Serie de Libros y Materiales Educativos, 59).

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

KLAR, A. E. Critérios para escolha do método de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 5, n. 1, p.52-82, 2000.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production - Design, operation and management.** Amsterdam: Elsevier, 1986. 383p. (ASAE. Developments in Agricultural Engineering, 9).

OLIVEIRA, A. M. G.; FARIAS, A. R. N.; SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, J. R. P.; DANTAS, J. L. L.; SANTOS, L. B.; OLIVEIRA, M. A.; SOUZA JR, M. T.; SILVA, M. J.; ALMEIDA, O. A.; NICKEL, O.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M. **Mamão para exportação: Aspectos técnicos da produção.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 52p. (EMBRAPA-SPI. Séries Publicações Técnicas FRUPEX, 9).

SANS, L. M. A.; OLIVEIRA, S. L. Funções da resposta do milho doce ao nitrogênio e a irrigação. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - 1992-1993**, Sete Lagoas, v.6, p.43-44, 1994.

SCALOPPI, E. J. Critérios básicos para seleção de sistemas de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.54-62, 1986.

TURNER, J. H. **Planning for an irrigation system.** Athens: American Association for Vocational Instructional Materials/Soil Conservation Service, 1971, 107p.

### Circular Técnica, 14



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

Caixa Postal 151

35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3779-1000

Fax: (31) 3779-1088

E-mail: sac@cnpmis.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2001): 500 exemplares

### Comitê de publicações

**Presidente:** Ivan Cruz

**Secretário-Executivo:** Frederico Ozanan M. Durães

**Membros:** Antônio Carlos de Oliveira, Arnaldo Ferreira da Silva, Carlos Roberto Casela, Fernando Tavares Fernandes e Paulo Afonso Viana

### Expediente

**Supervisor editorial:** José Heltor Vasconcellos

**Revisão de texto:** Dilermando Lúcio de Oliveira

**Tratamento das ilustrações:** Tânia Mara A. Barbosa

**Editoração eletrônica:** Tânia Mara A. Barbosa