

# Irrigação

[Camilo de Leis Teixeira de Andrade](#)  
[Ricardo A. L. Brito](#)

## **Cultivo do Milho**

[Economia da Produção](#)

[Zoneamento Agrícola](#)

[Clima e Solo](#)

[Ecofisiologia](#)

[Manejo de Solos](#)

[Fertilidade de Solos](#)

[Cultivares](#)

[Plantio](#)

[Irrigação](#)

[Plantas daninhas](#)

[Doenças](#)

[Pragas](#)

[Colheita e pós-colheita](#)

[Mercado e comercialização](#)

[Coeficientes técnicos](#)

[Referências bibliográficas](#)

[Glossário](#)

[Revisores](#)

## **Métodos de Irrigação**

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 (cultura, solo e topografia), em função das exigências de cada sistema de irrigação, de forma a permitir a identificação das melhores alternativas.

Com a expansão rápida 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. Este problema tem causado o insucesso de muitos empreendimentos, com conseqüente frustração de agricultores com a irrigação e, muitas vezes, a degradação dos recursos naturais.

## **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 ([Figura 1](#)), aspersão ([Figura 2](#)), localizada ([Figura 3](#)) 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. Uma abordagem detalhada dos métodos e sistemas de irrigação e suas adaptabilidades às mais diversas condições de clima, solo e culturas é feita no documento "Seleção do Sistema de Irrigação". Nesse tópico serão comentados apenas os métodos e sistemas mais apropriados para a cultura do milho.

### **Irrigação por Superfície**

No método de irrigação por superfície, a distribuição da água se dá por gravidade através da superfície do solo. As principais vantagens do método de superfície são: (1) - menor custo fixo e operacional; (2) - requer equipamentos simples; (3) - não sofre efeito de vento; (4) - menor consumo de energia quando comparado com aspersão; (5) - não interfere nos tratos culturais; (6) - permite a utilização de água com sólidos em suspensão. As principais limitações são: (1) - dependência de condições topográficas; (2) - requer sistematização do terreno; (3) - o dimensionamento envolve ensaios de campo (4) - o manejo das irrigações é mais complexo; (5) - requer freqüentes reavaliações de campo para assegurar bom desempenho; (6) - se mal planejado e mal manejado, pode apresentar baixa eficiência de distribuição de água (7) - desperta pequeno interesse comercial, em função de utilizar poucos equipamentos. Para a cultura do milho, o sistema de irrigação por superfície mais apropriado é o de sulcos, os quais são localizados entre as fileiras de plantas, podendo ser um sulco para cada fileira ou um sulco para duas fileiras ([Figura 4](#)). Nos terrenos com declividade de até 0,1%, os sulcos podem ser em nível, ou com pequena declividade. Para declividades de até 15%, os sulcos podem ser construídos em contorno ou em declive, o que permite lances de sulcos com comprimento maior.

### **Irrigação por Aspersão**

No método da aspersão, jatos de água lançados ao ar caem sobre a cultura na forma de chuva. As principais vantagens dos sistemas de irrigação por aspersão são: (1) - facilidade de adaptação às diversas condições de solo e topografia; (2) - apresenta potencialmente maior eficiência de distribuição de água, quando comparado com o método de superfície; (3) - pode ser totalmente automatizado; (4) - pode ser transportado para outras áreas; (5) - as tubulações podem ser desmontadas e removidas da área, o que facilita o tráfego de máquinas. As principais limitações são: (1) - os custos de instalação e operação são mais elevados que os do método por superfície; (2) - pode sofrer influência das condições climáticas, como vento e umidade relativa; (3) - a irrigação com água salina, ou sujeita a precipitação de sedimentos, pode reduzir a vida útil do equipamento e causar danos a algumas culturas; (4) - pode favorecer o aparecimento de doenças em algumas culturas e interferir com tratamentos fitossanitários; (5) - pode favorecer a disseminação de doenças cujo veículo é a água.

Os sistemas mais usados de irrigação por aspersão são apresentados e discutidos a seguir.

### **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.

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. Nos sistemas portáteis, tanto as linhas principais quanto as laterais são móveis ([Figura 5](#)).

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, em condições de pouco vento e quando a uniformidade da irrigação não é crucial ([Figura 6](#)).

### **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 pressão da água ([Figura 7](#)). É o sistema que mais consome energia e é bastante afetado por vento, podendo apresentar grande desuniformidade na distribuição da água. Produz gotas de água grandes que, em alguns casos, pode causar problemas de encrostamento da superfície do solo. Existe também o risco de as gotas grandes promoverem a queda de flores e pólen de algumas culturas. Presta-se para irrigação de áreas retangulares de até 70 ha, com culturas e situações que podem tolerar menor uniformidade da irrigação.

### **Pivô Central**

Consiste de uma única lateral, que gira em torno do centro de um círculo (pivô). Segmentos da linha lateral metálica são suportados 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 ([Figura 8](#)). O suprimento de água é feito através do ponto pivô, requerendo que a água seja conduzida até o centro por adutora enterrada, ou que a fonte de água esteja no centro da área. Pivôs podem ser empregados para irrigar áreas de até 117 ha. O ideal, todavia, é que a área

não ultrapasse 50 a 70 ha, embora o custo por unidade de área tende a reduzir à medida que aumenta a área. 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 suportadas, 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. Podem também apresentar problemas de "selamento" (impermeabilização) da superfície, em função da textura do solo. São sistemas que permitem alto grau de automação ([Figura 9](#)).

### **Deslocamento Linear**

A lateral tem estrutura e mecanismo de deslocamento similar à do pivô central, mas desloca-se continuamente, em posição transversal e 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 hidrantes da linha principal à linha lateral. A bomba desloca-se junto com toda a lateral, o que requer conexões elétricas mais complicadas ou a utilização de motores de combustão interna ([Figura 10](#)). É recomendado para áreas retangulares planas e sem obstrução.

### **LEPA**

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 e evita o molhamento das plantas. O solo deve ter alta taxa de infiltração, ou ser preparado com sulcos e microdepressões ([Figura 11](#)).

### **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, como é o caso da produção de milho verde. O custo inicial é relativamente alto, tanto mais alto quanto menor for o espaçamento entre linhas laterais, sendo recomendado para situações especiais, como pesquisa, produção de sementes e de milho verde. É um método que permite automação total, o que requer menor emprego de mão-de-obra na operação. Os principais sistemas de irrigação localizada são o gotejamento, a microaspersão e o gotejamento subsuperficial. A seguir, apresenta-se os sistemas mais usados.

#### **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 ser 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.

A grande vantagem do sistema de gotejamento, quando comparado com o de aspersão, é que a água, aplicada na superfície do solo, não molha a folhagem ou o colmo das plantas ([Figura 12](#)). 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.

### Subsuperficial

Atualmente, as linhas laterais de gotejadores ou tubos porosos estão sendo enterrados, de forma a permitir a aplicação subsuperficial da água. 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 (Figura 13). 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.

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

### Subirrigação

Com a subirrigação, o lençol freático é mantido a uma certa 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 Formoso, Estado de Tocantins.

### 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 1 e discutidos a seguir, juntamente com outros fatores importantes.

Tabela 1. Fatores que Afetam a Seleção do Método de Irrigação

Método	Fatores			
	Declividade	Taxa de Infiltração	Sensibilidade da Cultura ao Molhamento	Efeito do Vento
Superfície	Área deve ser plana ou nivelada artificialmente a um limite de 1%. Maiores declividades podem ser empregadas tomando-se cuidados no dimensionamento.	Não recomendado para solos com taxa de infiltração acima de 60 mm/h ou com taxa de infiltração muito baixa	Adaptável à cultura do milho, especialmente o sistema de sulcos.	Não é problema para o sistema de sulcos.
Aspersão	Adaptável a diversas condições	Adaptável às mais diversas condições	Pode propiciar o desenvolvimento de doenças foliares	Pode afetar a uniformidade de distribuição e a eficiência
Localizada	Adaptável às mais diversas condições.	Todo tipo. Pode ser usado em casos extremos, como solos muito arenosos ou	Menor efeito de doenças que a aspersão. Permite umedecimento de apenas parte da	Nenhum efeito no caso de gotejamento

		muito pesados.	área.	
Subirrigação	Área deve ser plana ou nivelada.	O solo deve ter uma camada impermeável abaixo da zona das raízes, ou lençol freático alto que possa ser controlado.	Adaptável à cultura do milho desde que o solo não fique encharcado o tempo todo. Pode prejudicar a germinação.	Não tem efeito.

Adaptado de Turner (1971) e Gurovich (1985)

## 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 15%. Aspersão pode ser empregada em áreas de até 30%, enquanto gotejamento pode ser implementado em áreas com declives de até 60% (Figura 14).

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

## Solos

Solos com velocidade de infiltração básica maior que 60 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.

## Cultura

No caso da cultura do milho, os sistemas mais apropriados são o de sulcos e subirrigação (muito pouco utilizados no Brasil), aspersão convencional, autopropelidos, pivô central (o mais empregado) e gotejamento (uso crescente entre as empresas de semente e produtores de milho verde).

Na escolha do sistema de irrigação para produção comercial de milho, os aspectos mais importantes a serem considerados são o retorno econômico e a questão fitossanitária. Deve-se observar também a rotação de culturas, de forma que o sistema de irrigação atenda a todas as culturas a serem cultivadas no sistema de produção. Para essa situação, o sistema mais flexível é o de aspersão convencional ou pivô central. Em cultivos de milho que podem proporcionar maior retorno econômico e em situações de escassez de água, pode-se empregar sistemas mais eficientes e mais caros, como o gotejamento.

## Clima

A frequência e a quantidade das precipitações que ocorrem durante o ciclo das culturas ditam a importância da irrigação para a produção agrícola ([Tópico inicial](#)). 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, como subirrigação e sulcos, se atenderem a outros requisitos (descritos posteriormente), devem ser selecionados para esse caso.

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, particularmente quando utilizado o sistema LEPA. 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.

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.

## 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 em outro tópico ([Tópico inicial](#)). 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. Vale aqui lembrar que o Brasil está atualmente implementando as outorgas de água, consequência da Lei 9433/97, que determina a cobrança pelo uso da água em todo

## Aspectos Econômicos, Sociais e Ambientais

[Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo](#)

[Produção de milho](#) Parece óbvio que a meta principal da implementação de qualquer atividade agrícola, envolvendo irrigação, é a obtenção do máximo retorno econômico. [A água em sistemas agrícolas](#) Todavia, os impactos nos aspectos sociais e ambientais do projeto não podem ser [Cultivo do milho irrigado](#) 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 cultivos de maior valor, como sementes e milho verde. Os custos operacionais, principalmente energia, 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.

### 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 tradicionais, em diferentes regiões do mundo, todavia, os sistemas de irrigação por sulcos são pouco empregados no Brasil, à exceção da cultura do arroz no Sul. Sistemas de aspersão e localizada requerem algum tipo de treinamento dos agricultores.

### 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.