

I - INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA IRRIGAÇÃO

O desenvolvimento econômico de um país depende de suas possibilidades de alcançar uma produção agropecuária adequada às suas necessidades de alimentos e alternativamente contar com um excedente para exportação. Para alcançar estes níveis de produção e dar estabilidade, em função da aleatoriedade das precipitações, devem-se incorporar superfícies à agricultura através de projetos de irrigação e melhorar os sistemas e práticas de irrigação existentes, com a finalidade de assegurar um uso eficiente deste recurso escasso.

A superfície irrigada no mundo, segundo FAO (1998), como sendo da ordem de 267,7 milhões, representando 17,7% da área mundial total cultivada (que é de cerca de 1,51 bilhões de hectares), sendo a agricultura irrigada responsável por 40% das colheitas agrícolas.

As áreas irrigadas e as cultivadas no mundo e nos diversos continentes indicam que na Ásia ocorre o maior índice de área irrigada em relação à área cultivada. Nesta região, um terço dos solos cultivados é coberto por sistemas de irrigação, Tabela 1.

Tabela 1 – Área irrigada e cultivada no mundo e nos diversos continentes (1997).

Continent	Área irrigada (mil ha)	Área Cultivada (mil ha)	% da área cultivada
Africano	12.314	199.340	6,2
A. Norte	30.552	268.265	11,4
Am. Sul	9.902	116.186	8,5
Asiático	187.194	557.581	33,6
Europeu	24.777	311.214	8,0
Oceania	2.988	57.856	5,2
Mundo	267.727	1.510.442	17,7

A prática da irrigação tem evoluído pela intenção dos produtores em obter: maior produtividade, segurança de produção, antecipação de safras e obtenção de melhoria de frutos, que resultam em maior retorno financeiro ao irrigante.

As áreas irrigadas, em países, que detêm superfícies agrícolas sob irrigação superiores a um milhão de hectares, indicam que, especialmente nos países mais populosos, a agricultura irrigada constitui-se na segurança de atendimento

às necessidades alimentares e às taxas crescentes de consumo *per capita*. Observa-se que o indicador brasileiro de relação entre área irrigada/cultivada, na ordem de 5,8%, é um dos mais baixos, dentre os países com mais de 1 milhão de hectares irrigados.

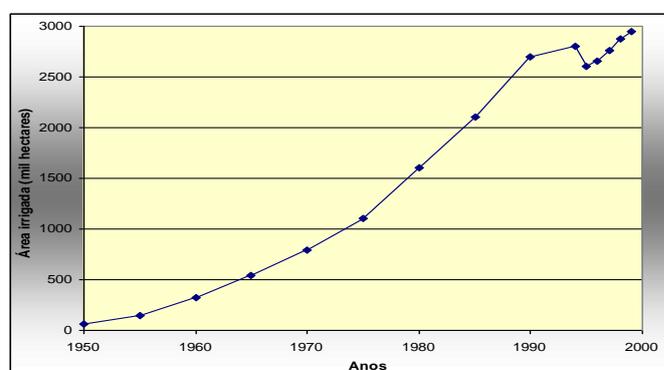


Fig. 1 – Evolução das áreas irrigadas no Brasil

Da superfície total do Brasil (854,7 milhões de hectares), cerca de 65,5 milhões de hectares (7,7%) estavam, em 1999, sendo ocupadas por culturas anuais e/ou cultivos permanentes. A área bruta total em produção com sistemas de irrigação e drenagem agrícola estimado para o ano de 1999, situava-se em torno de 2.950.230 hectares, tabela 2.

Atualmente a água não é utilizada de forma racional e com adequada eficiência de uso. A média observada de uso da água para

irrigação, nos países em desenvolvimento, situa-se acima de 13.000 m³/ha/ano, bem superior ao valor de 7.500 m³/ha/ano, obtido através de manejo adequado nas mesmas regiões. As eficiências na condução da água, na sua distribuição pelos sistemas e na aplicação aos cultivos, são baixos, motivo que leva a indicar um esforço na otimização do uso da água.

Deve-se aumentar a eficiência de irrigação da água disponível, ou seja, evitar as perdas de água durante a irrigação; melhorar o abastecimento de água em áreas de irrigação eventual e incorporar na irrigação áreas secas.

Para se conseguir um uso eficiente e racional da água deve-se responder a quatro perguntas fundamentais: a) Por que irrigar, ou seja, quais são os benefícios que se espera obter incorporando à irrigação novas áreas; b) quando irrigar, ou seja, com que frequência deve-se repetir a irrigação e qual o critério para determinar essa frequência; c) quanto irrigar e d) como irrigar, ou seja, de que forma aplicar a água ao solo, o que constitui o método de irrigação. Para responder estas perguntas, estudam-se os aspectos fundamentais do sistema solo-água-planta-atmosfera e como estes aspectos determinam quando, quanto e como

irrigar.

Caso não se tenha uma boa resposta para as perguntas acima formuladas, pode-se conduzir a irrigação com baixa eficiência ou perdas de água, lixiviação de nutrientes ou

Tabela 2 – Áreas irrigadas pelos diferentes métodos de irrigação: Estados, Regiões e Brasil, no ano de 1999.

Região	Área (ha)	% do total	Métodos de irrigação			
			Superfície	Aspersão	Pivô	Localizada
Norte	88.350	2,99	82.330	3.250	390	2.110
Nordeste	512.823	17,38	166.719	177.070	84.577	84.547
Sudeste	919.002	31,15	238.009	246.135	354.580	80.278
C. Oeste	212.510	7,20	59.630	41.756	98.853	12,271
Sul	1.217.455	41,27	1.103.755	57.295	23.443	33.052
RS	1.007.750	34,16	956.640	25.650	-	16.460
SC	139.865	4,74	114.890	19.445	283	5.248
PR	69.930	2,37	23.225	12.200	23.160	11.344
Brasil	2.950.230	100	1.650.443	525.506	561.843	212.168

salinização do solo e baixos rendimentos dos cultivos por falta ou excesso de água no solo. Com isto a produtividade não se eleva e os investimentos em grandes estruturas hidráulicas não têm justificativa econômica.

Por irrigação,

subentende-se a aplicação artificial de água ao solo no qual se desenvolve agricultura, com o objetivo de suplementar a chuva, aumentando, assim, o crescimento das plantas, a qualidade do produto e a produtividade.

A irrigação é praticada em regiões áridas ou semi-áridas, porque nestas regiões a chuva é geralmente insuficiente para o desenvolvimento do ciclo completo de uma cultura, de tal forma que a produção agrícola ou é impossível ou é severamente prejudicada sem a aplicação artificial de água. É comum também em regiões úmidas a presença de períodos de déficit de água que limitam drasticamente a produtividade do solo, e nestes casos, a irrigação suplementar garante a agricultura produtiva.

Como resultado do grande avanço da tecnologia agrícola, principalmente na área de fertilidade e química, os principais fatores limitantes na produtividade são a falta ou o excesso de água no solo durante fases do ciclo de crescimento da cultura. A irrigação combinada com drenagem é a solução prática para este problema sempre que exista água em disponibilidade. O sucesso da irrigação envolve mais do que instalar um equipamento e ligá-lo à fonte de água. Para a maximização da produtividade é necessário aplicar a quantidade exata de água, no momento exato, removendo qualquer excesso porventura existente.

A água no solo afeta a transformação e absorção de nutrientes, afetando, portanto, a eficiência de fertilizantes.

Apesar das relações solo-água-planta variarem bastante de situação para situação as culturas apresentam algumas relações comuns:

- Todas as culturas são mais sensíveis ao potencial da água do que a quantidade de presente (umidade do solo). Isto porque para um potencial matricial, diferentes solos possuem diferentes umidades. Devido a isto, critérios de quando irrigar baseia-se em potenciais e não em teores de umidade;
- Cada cultura necessita de irrigação quando o fluxo de água no solo não supre a demanda de evapotranspiração;
- todas as culturas são mais sensíveis a potenciais baixos (mais negativos) de água em determinados estágios de crescimento do que em outros.

Vantagens da Irrigação

A prática da irrigação apresenta como vantagem: a garantia da produção; diminuição dos riscos; colheita na entressafra; aumento da produtividade; aumento do índice de exploração agrícola; fertirrigação, etc.

Desvantagens da Irrigação

Por outro lado, as desvantagens são: alto custo inicial, falta de mão-de-obra especializada e problemas com manutenção, operação, manejo e controle da irrigação.

2 – CONCEITOS

Como a literatura, mesmo especializada, usa métodos e sistemas de irrigação como sinônimos, faz-se necessário aclarar um pouco mais estes termos.

2.1 – Método de irrigação: método ou modalidade de aplicação da água de irrigação aos solos.

2.2 – Sistema de irrigação: Sistema por meio do qual a água se torna disponível para a irrigação. Compreende todos os elementos necessários para operar, manter e controlar a irrigação.

Os métodos empregados para aplicar a água ao solo podem ser divididos em quatro grupos, dependendo da forma pela qual a água é distribuída na superfície.

a) Método de aspersão:

É o método de irrigação em que a água é aspergida sobre a superfície do solo assemelhando-se a uma chuva, por causa do fracionamento do jato d'água em gotas.

b) Métodos de superfície (gravidade):

São aqueles pelos quais a água é distribuída às diferentes partes do campo escoando sobre a superfície do solo. A infiltração e distribuição da água ocorrem enquanto ela escoar na superfície do solo.

c) Métodos de subsuperfície (subirrigação):

Incluem aqueles nos quais a água é aplicada na zona radicular da cultura, abaixo da superfície do solo. São aplicáveis apenas em casos onde existe uma camada menos permeável abaixo da zona radicular, que não permita uma drenagem excessiva e que estimule o movimento horizontal da água.

d) Métodos localizados:

Compreende os sistemas de irrigação nos quais a água é aplicada ao solo diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades (1 a 10 l/h), porém com alta frequência (turno de rega de 1 a 4 dias), de modo que mantenha a umidade do zona radicular próximo a "capacidade de campo".

3. SELEÇÃO DE MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

A seleção do método de irrigação mais adequado é vital para o planejamento de um projeto de irrigação. Como um primeiro passo, considera-se as características operacionais do método de irrigação em relação às propriedades do solo, possibilidades de nivelamento, drenagem e condições de salinização, disponibilidades e suprimento de água, o tamanho da área agrícola e requerimentos das culturas. O método selecionado precisa ser capaz de reunir os requerimentos da cultura, com possibilidades mínimas para drenagem ou problemas para salinização. Portanto, o grau de controle sobre a uniformidade e quantidade de água a ser aplicada é o fator decisivo na seleção.

Como uma irrigação torna a preencher quase que completamente a capacidade de armazenamento do solo na zona radicular, a eficiência de aplicação é usualmente usada para comparação de métodos de irrigação. Isto recordará que a viabilidade da agricultura irrigada está relacionada diretamente com a drenagem potencialmente existente, a taxa de salinização e alcalinização do solo.

Também precisam ser considerados alguns fatores econômicos durante o processo de seleção dos métodos.

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. Vários fatores podem afetar a seleção do método de irrigação. Os principais são sumarizados na Tabela 3 e discutidos a seguir, juntamente com outros fatores importantes.

Tabela 3 – Fatores que afetam a seleção de um método de irrigação

TIPO DE MÉTODO	DECLIVE DO SOLO	TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO	NECESSIDADE DE ÁGUA DA CULTURA	AÇÃO DO VENTO
Aspersão	Adaptável a superfícies planas e inclinadas.	Adaptável a qualquer taxa de infiltração do solo.	Adaptável a quase todas as lavouras. Pode ajudar a promover fungos e doenças em folhagens e frutas.	O vento pode afetar a eficiência de aplicação.
Superfície	A área deve ser sistematizada para adequar declives ou contornos (declives de 0 a 1,0% para a maior parte dos sistemas). Algumas vezes é possível inundar declives ligeiramente mais íngremes cobertos de grama.	Não é geralmente recomendado para solos com taxas de infiltração superiores a 25 milímetros por hora ou com taxas extremamente baixas de infiltração, tais como a turfa e o solo orgânico. Adaptável somente a solos com textura de média a fina, com moderado a bom movimento capilar.	Adaptável à maioria das lavouras. Pode ser prejudicial às culturas de raízes e às plantas que não toleram água na raiz.	Os ventos fortes podem afetar a eficiência de aplicação em solos expostos. Geralmente não é considerado um fator.
Gotejamento	Adaptável a todos os declives de solo.	Adaptável a todas as taxas de infiltração.	Sem problemas.	Sem efeito.
Irrigação abaixo da superfície	A área deve ser nivelada e uniformizada.	Adaptável somente àqueles solos que possuem uma camada impermeável abaixo da zona da raiz ou um lençol freático elevado controlável.	Adaptável a quase todas as culturas.	Sem efeito.

3.1. 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%. A presença de obstrução na área (rochas, voçorocas, 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 por métodos de aspersão e localizada do que com o método de superfície.

3.2. 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, devem-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.

3.3. 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 agrônômicas. 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 semeadas a lanço, como muitas forrageiras, podem ser irrigadas por superfície. Em culturas que ocupam parcialmente a superfície do solo são mais indicados o método localizado ou superfície. 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 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 podem-se utilizar pivôs centrais, 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 são eficientemente irrigadas com métodos de irrigação localizada ou com métodos de sulcos.

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 se mantém 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.

3.4. 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.

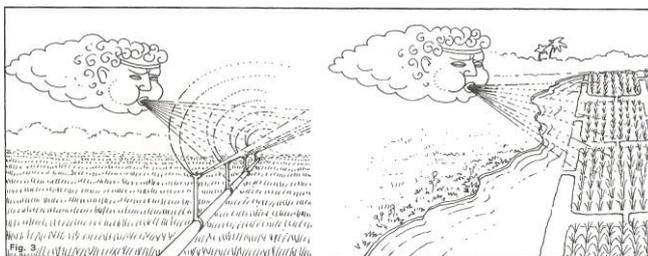


Fig. 2 – Efeito do vento na distribuição da água

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.

3.5. 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. 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 são problemas 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.

3.6. 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 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. Devem-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 localizadas e menores nos sistemas superficiais. Os 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.

3.7. 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 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.

4. MÉTODO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

É o método de irrigação em que a água é aspergida sobre a superfície do terreno, assemelhando-se a uma chuva, por causa do fracionamento do jato d'água em gotas.

O desenvolvimento da irrigação por aspersão ocorreu principalmente após a segunda guerra mundial com o lançamento de tubulações leves de alumínio. Paralelamente a disponibilidade de aspersores melhorados, tubos mais leves e sistemas de acoplamento rápido permitiram a partir de 1930 o desenvolvimento de sistemas portáteis, pois isso, facilitou o transporte e operações de mudanças de posições.

O método de irrigação por aspersão oferece ao técnico projetista um grande número de opções de equipamentos, o que possibilita a seleção do sistema mais adequado e compatível com as características topográficas, edáficas, climáticas e da cultura a ser irrigada. Isto possibilita o uso desta tecnologia em quase todos os solos e culturas, sem necessidade de trabalhos preliminares de sistematização do solo. Entretanto, muitas vezes pode ser limitado por fatores econômicos.

4.1. Vantagens do método de irrigação por aspersão

- alta eficiência de aplicação, uniformidade de distribuição e infiltração no solo;
- aplicável a quase todos os tipos de solos, topografia e culturas;
- apresenta alto grau de flexibilidade de projeto, pois possui vários modelos;
- não requer muita experiência do agricultor para o manejo;
- permite aplicar pequenas doses com boa eficiência;
- aplica menor volume de água que a irrigação por superfície;
- é adequado para irrigação suplementar (baixa dose), podendo-se irrigar para causar germinação ou proteção contra geada;
- dispensa estruturas hidráulicas para controle da água;
- os sistemas portáteis reduzem custos, podendo ser usados em outras áreas;
- quando acompanha uma estrutura de drenagem pode ser usado para lixiviação de sais;
- permite aplicações controladas de fertilizantes e defensivos;
- em sistemas automatizados, pode ser usado para reduzir custos de Mão-de-obra.

4.2 – Desvantagens do método de irrigação por aspersão

- custo de investimento inicial comparativamente alto (+ de U\$ 2000/ha)
- velocidades de vento superiores a 8 m/s limitam sua utilização, podendo distorcer completamente a uniformidade de distribuição;
- proporciona alta umidade relativa na cultura irrigada, podendo criar condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças;
- pode reduzir a eficiência e tempo de ação de herbicidas e inseticidas, ao lavá-los;
- difícil manejo em culturas altas;
- grandes evaporações em regiões secas;
- grande demanda de energia;
- impossibilita uso de água salina.

Em atenção a suas vantagens e limitações, a irrigação por aspersão não deve ser considerada como uma alternativa dos métodos superficiais, porém como um substituto destes em certos casos específicos (por exemplo, em problemas de relevo, topografia e velocidade de infiltração do solo). Nos casos de solos planos, sem problemas de infiltração, o uso econômico do método por aspersão dependerá do cultivo que se deseja irrigar, das disponibilidades de mão-de-obra, água e capital.

4.3 – Componentes de um sistema de irrigação por aspersão

Basicamente um sistema de irrigação por aspersão compõe-se de: estação de bombeamento com seu respectivo sistema de captação; tubulação de recalque (linha principal); linha lateral; acessórios (acoplamentos, registros, válvulas, curvas, reduções, tubos de subida) e aspersores.

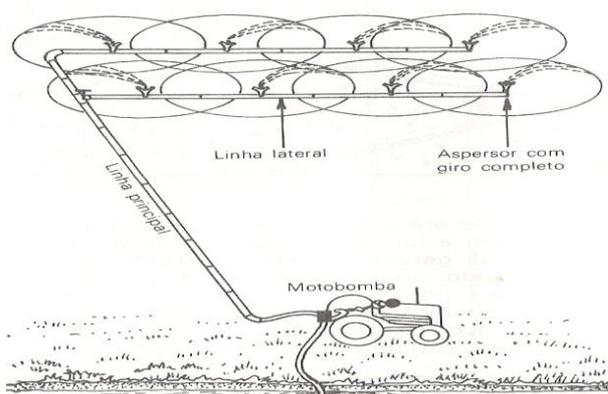


Fig. 3 – Componentes da aspersão

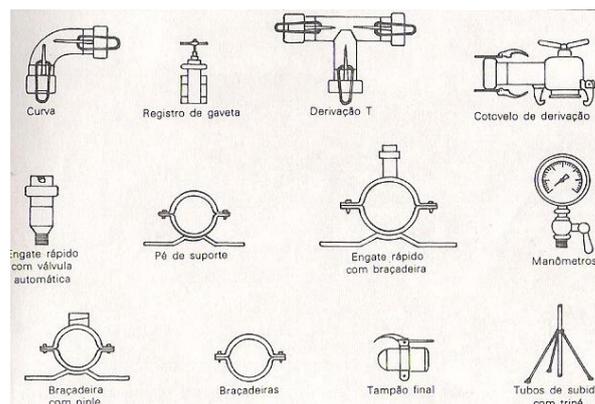


Fig. 4 – Acessórios da aspersão

4.3.1 – Aspersores

Os aspersores são as peças principais do sistema de irrigação. Operam e lançam o jato d'água no ar, o qual é fracionado em gotas, caindo sobre o terreno em forma de gotas.

4.3.1.1 - Tipos de aspersores

a) Rotativos

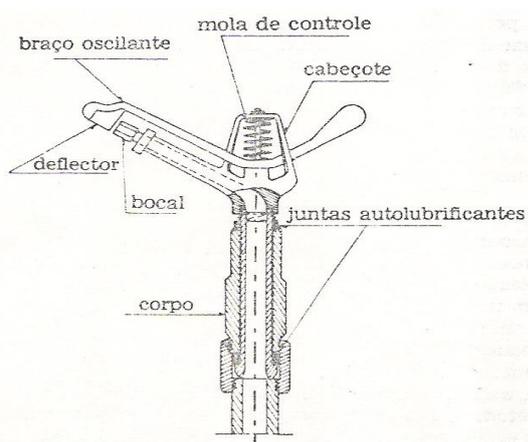


Fig. 5 – Corte esquemático de um aspersor

- têm movimentação por impacto, por ação hidráulica ou por reação;
- podem ter giro completo ou setorial;
- ângulo de inclinação do jato - comum: 20 a 30°
- subcota: 4 a 7°
- velocidade de rotação no perímetro externo da área de cobertura do aspersor entre 2 a 5 m/s (pequenos 1 rpm e grandes 0,5 rpm).

b) Estacionários: usados para jardins

Quanto ao número de bocais por aspersor, temos aspersores com um ou dois bocais, e normalmente se caracterizam os aspersores pelos diâmetros de seus bocais, expressos em mm, sendo que nos aspersores com dois bocais, o menor bocal tem menor raio de alcance.

Para cada combinação entre pressão de serviço e diâmetro do bocal teremos diferentes diâmetros molhados, diferentes vazões por aspersor e conseqüentemente diferentes intensidades de precipitação.

4.3.1.2. Categorias de aspersores

Existem vários tipos de aspersores no comércio. Para fins de classificação podemos reuni-los em quatro grupos, segundo a pressão de serviço:

a) Aspersores de pressão de serviço muito baixa

- bocais com orifício menores de 1 mm
- pressão de serviço entre 4 a 10 m.c.a.;
- vazão de 4 a 20 l/h;
- são os microaspersores e aspersores de jardins.

b) Aspersores de pressão de serviço baixa

- trabalham com pressão de serviço entre 10 e 20 m.c.a.;
- possuem pequeno raio de ação entre 6 a 12 m;
- espaçamento de 6 x 6 m;
- são do tipo rotativo, movidos por impacto do braço oscilante;
- são usados para subcropa e para plantas com folhas delicadas.

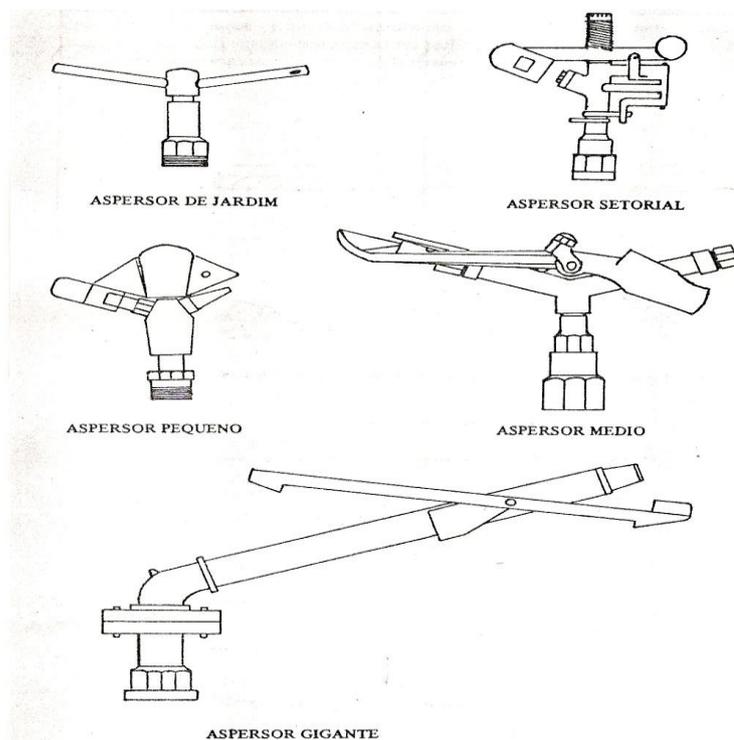


Fig. 6 - Exemplo de tipos de aspersores.

c) Aspersores de pressão de serviço média

- espaçamento entre 12x12 a 30x30 m;
- raio de alcance de 12 a 36 m;
- pressão de serviço entre 20 a 40 m.c.a.;
- excelente uniformidade de distribuição.

d) Aspersores de pressão de serviço alta

- pressão de serviço de 35 a 70 m.c.a.;
- dois bocais;
- não recomendáveis para folhas sensíveis.

e) Aspersores gigantes ou canhão hidráulico

- trabalham com pressão variando entre 50 a 90 m.c.a.;
- possuem um raio de alcance: - médio 30 a 60 m;
- longo 40 a 80 m;
- têm capacidade de vazão entre 7 a 100 l/s.

4.4. Sistemas de irrigação por aspersão

Tendo como base o princípio de operação dos sistemas de irrigação estes podem ser classificados em:

4.4.1 - Convencional

A denominação de convencional está associada ao aspecto histórico do início da irrigação por aspersão. O sistema convencional, em função da movimentação de seus componentes, pode ser subdividido em:

- fixo
- semi-fixo
- portátil

A tubulação principal deve ser colocada no terreno, perpendicularmente às curvas de nível.

4.4.1.1. Sistema convencional fixo ou permanente

Neste sistema, as tubulações e aspersores são distribuídos permanentemente em toda área a ser irrigada. Nestas condições, as tubulações podem ser enterradas, dependendo do tipo de cultivo, bem como do manejo e práticas culturais utilizadas. É o sistema de irrigação com maior custo inicial por unidade de área. Somente deve ser utilizado em regiões onde a mão-de-obra é muito difícil e cara. Porém, permitem alto grau de automação do sistema.

Apesar das tubulações serem suficientes para irrigar ao mesmo tempo toda a área, a irrigação é feita com funcionamento de um determinado número de linhas laterais por vez, de

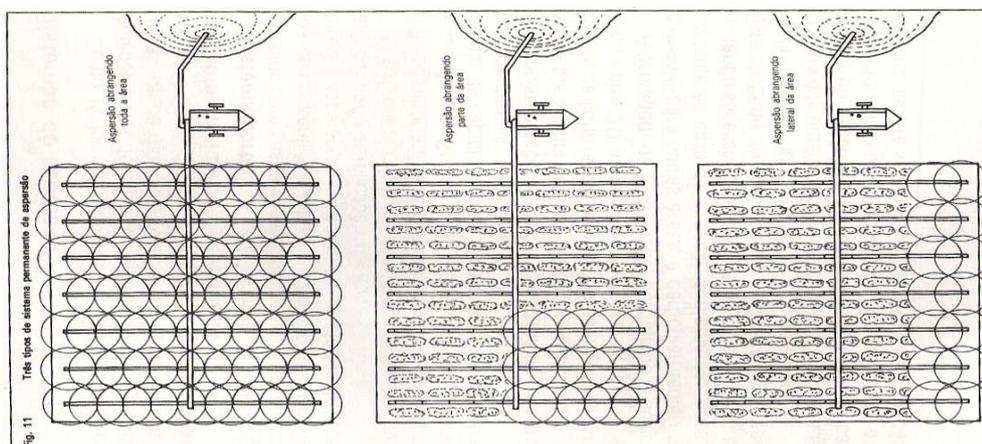


Fig. 7 - Esquema de um sistema de irrigação por aspersão convencional

acordo com o turno de rega. Para isto os sistemas são dotados de válvulas ou registros nas linhas laterais, com controle manual ou por controle remoto. Nos sistemas totalmente automáticos, há uma estação central, em conexão com

uma série de subestações, conforme o tamanho da área, para controle do funcionamento das linhas laterais, conforme preestabelecido. Outros tipos de sistemas automáticos controlam a irrigação, em função do teor de umidade do solo, teor este, indicado por tensiômetros instalados no campo.

Os sistemas fixos são mais utilizados em horticultura e fruticultura, onde o retorno por unidade de área cultivada é maior. Obs.: Sistema de aspersão fixo-portátil é instalado no campo, no início do plantio e removido somente no seu término, para ser guardado até a época do próximo cultivo.

4.4.1.2. Sistema Convencional semi-fixo

É uma variação do sistema móvel onde somente partes dos componentes podem ser movimentados de um local para outro. Em geral, os sistemas de aspersão semi-fixos tem a linha principal e o conjunto moto-bomba fixos, sendo móvel as linhas laterais com aspersores.

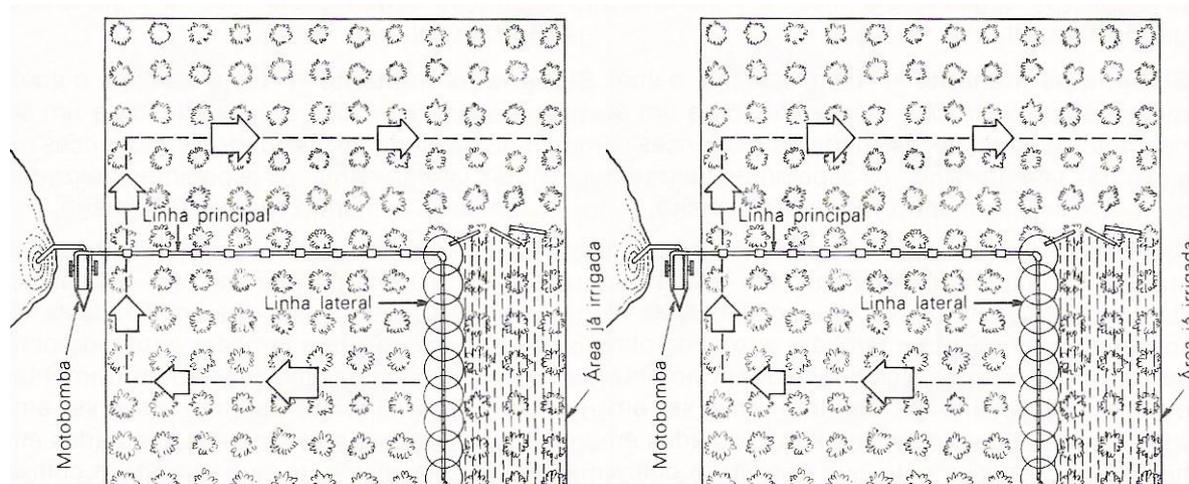


Fig. 8 - Esquema de um sistema de semi-fixo.

A decisão para uso deste sistema depende das condições topográficas, das fontes de água, cultura a ser irrigada, tipo de solo e outros.

Quando a linha principal é fixa, esta pode ser enterrada a uma profundidade que não interfira nos trabalhos de preparo do solo e cultivo. Neste caso, os pontos de derivação na linha principal deverão ficar acima da superfície do solo, para a conexão da linha lateral.

Este sistema é mais usado nas pequenas e médias instalações, como em hortas convencionais, cinturões verdes e várias outras culturas. É um sistema muito usado no Brasil.

4.4.1.3. Sistema convencional portátil

Neste sistema, todos seus componentes: moto-bomba, linha principal, linha lateral e aspersores, poderão ser mudados de um local para outro. As tubulações são dotadas de engate rápido e ficam situadas todas na superfície do solo.

A mão-de-obra para mudança das posições da canalização dentro da área dependerá do formato da área a ser irrigada, do comprimento das linhas, bem como do material das tubulações. Dependendo do comprimento da linha lateral, a sua movimentação de uma posição para outra, requer um tempo de 20 minutos à uma hora.

Nas pontas de derivação na linha principal existirão tubos de saídas com registros que permitirão além da conexão das linhas laterais, a equalização das pressões, quando a perda de carga admissível na tubulação principal ultrapassar 20%, da pressão de serviço do aspersor mais ou menos a variação de nível entre a primeira e a última ponta de derivação da linha principal.

As linhas principais são conectadas perpendicularmente tanto quanto possível a curvas de nível do terreno, as linhas laterais, por sua vez, serão colocadas paralelas à curva de nível. Em função dos aspersores selecionados será determinado o espaçamento dos tubos subida na linha lateral, os quais têm duas funções: a) evitar que turbilhonamento da água na linha lateral interfira no bom funcionamento do aspersor; b) permitir que o jato de água do aspersor fique acima das plantas a serem irrigadas. Quando a altura das plantas é superior a 1 m, um tripé é instalado para manter o tubo de subida com o aspersor na posição vertical.

Geralmente, este sistema é projetado com uma, duas, três ou quatro linhas laterais e todas trabalhando simultaneamente. Para minimizar custos, o sistema deve ser projetado para trabalhar, entre 18 à 24 horas por dia, e, quando completar uma irrigação em toda área, deve estar na hora de iniciar nova irrigação. Quanto mais contínuo for o funcionamento do sistema, menor será o custo, por unidade de área.

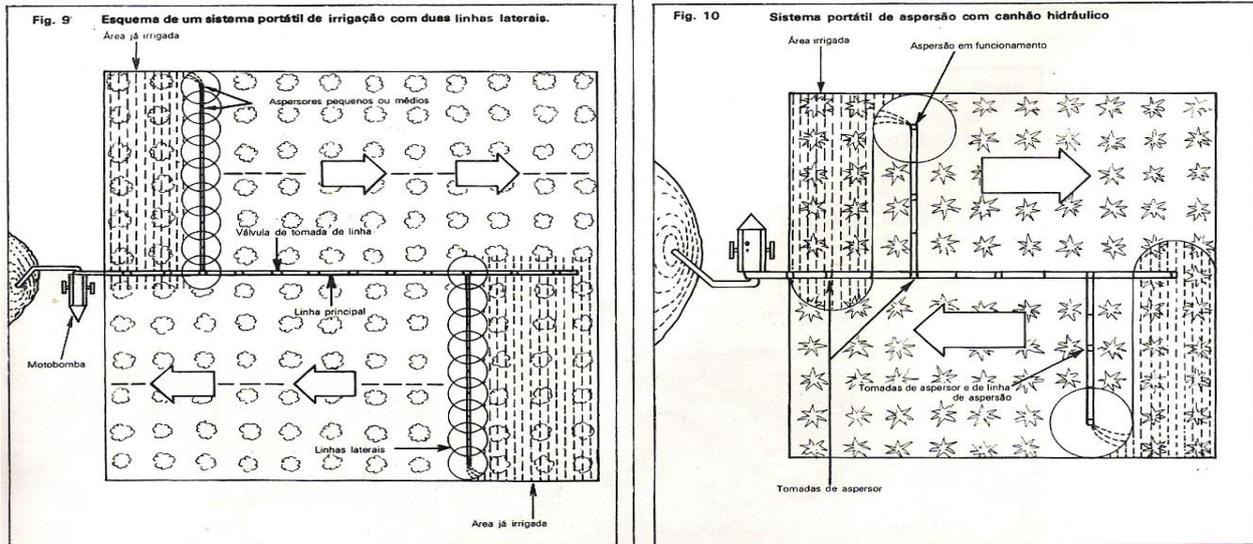


Fig. 9 - Esquema de um sistema portátil de irrigação

4.4.1.4 – Distribuição da água e espaçamento dos aspersores

O objetivo básico da irrigação por aspersão é simular precipitações, de modo que aplique uniformemente sobre a área, a ser irrigada, quantidades d'água preestabelecidas. Como a maioria dos aspersores aplica água em áreas circulares, há a necessidade de superposição, para obter uma uniformidade satisfatória, mas existe uma série de fatores que afetam direta ou indiretamente esta uniformidade.

a) Fatores que afetam o desempenho dos aspersores

a.1) Bocal - a distribuição varia com o tipo de aspersor e tipos de bocais usados. O diâmetro geralmente varia de 2 a 30 mm. Existem duas categorias de bocais, um para longo alcance e outro para espalhar o jato.

a.2) Pressão - a descarga do aspersor é função do diâmetro e da pressão no bocal. O raio de alcance do aspersor amplia com o aumento de pressão até determinado ponto. Pressões acima ou abaixo desses valores causarão um decréscimo do raio de alcance e na uniformidade de distribuição.

a. 3) Superposição - para obter uma boa uniformidade de aplicação da água sobre a área irrigada, os aspersores devem ser espaçados, de modo que se obtenha uma superposição entre os perfis de distribuição dos aspersores, ao longo da linha lateral e entre linhas laterais ao longo da linha principal. A percentagem de superposição dependerá do tipo de aspersor e da velocidade do vento na área a ser irrigada.

a.4) Vento - Quanto maior for a velocidade do vento e menor o diâmetro das gotas d'água, menor será a uniformidade de aplicação. Para minimizar o efeito do vento, deve-se diminuir o espaçamento entre aspersores e colocar as linhas laterais perpendiculares à direção dos ventos predominantes.

A disposição dos aspersores no campo, normalmente é na forma retangular, quadrada, ou triangular equilátera, sendo as duas primeiras mais comuns. Quando a disposição for retangular, o maior espaçamento deverá ser entre as linhas laterais e o menor entre aspersores, ao longo das linhas laterais. Sendo o comprimento padrão das tubulações de 6 m, o espaçamento entre linhas laterais e entre aspersores deverá ser múltiplo de 6 m.

É importante observar os seguintes pontos, na instalação e manejo dos conjuntos motobomba:

- a altura de sucção deverá ser a mínima possível;
- a tubulação de sucção deve ser isenta de entrada de ar e deve apresentar uma inclinação ascendente para a bomba, sem pontos altos. Deve-se instalar válvula de pé e crivo, no seu início, para facilitar o escorvamento e evitar a

- entrada de corpos estranhos;
- o conjunto deve ser protegido contra inundação;
- deve-se instalar na tubulação de recalque uma válvula de retenção e um registro de fechamento lento (registro de parar e ligar o motor);
- a motobomba somente deve ser ligada, após verificar se ela está **escorvada**.

4.4.2. Sistema autopropelido

4.4.2.1. Características gerais

Existem diferentes modelos do sistema de irrigação por aspersão com autopropulsão. O sistema, basicamente, é constituído de uma motobomba, tubulação de recalque, mangueira de alta pressão, carreta enroladora, unidade propulsora com aspersor canhão e cabo de aço.

O autopropelido é um sistema de irrigação que opera satisfatoriamente em áreas de diferentes tamanhos, possui alto grau de automatização e custo de mão-de-obra baixo. Pode ser usado tanto para irrigação de culturas de porte baixo como alto. Existem sistemas de irrigação autopropelidos de diversos tamanhos.

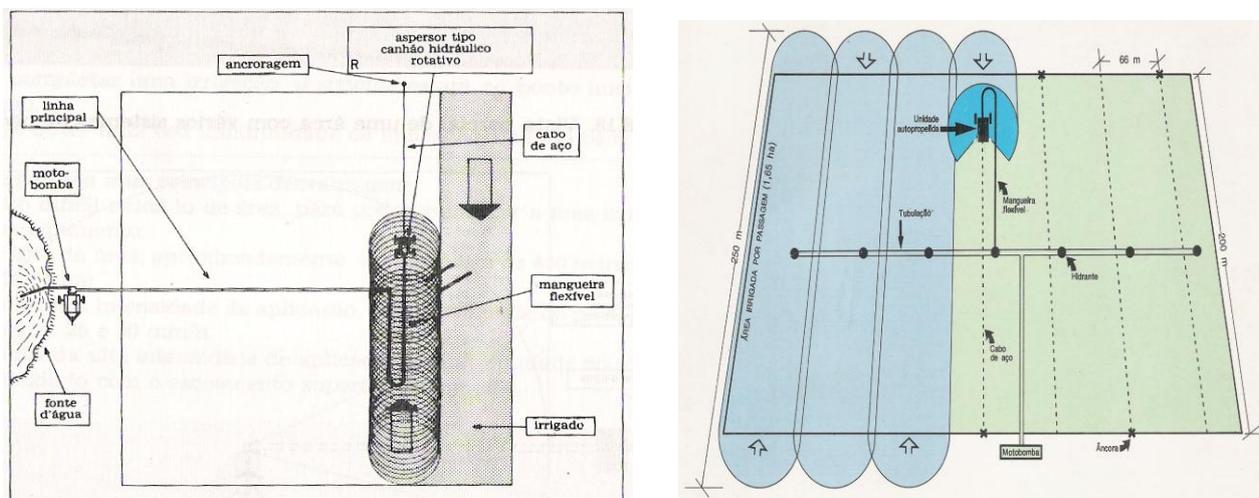


Fig. 10 – Esquema de um sistema de irrigação por aspersão autopropelido

O deslocamento do sistema sobre a faixa, a ser irrigada, se produz pela pressão da água no carretel, que aciona um mecanismo de tração que pode ser pistão hidráulico, ou por motor próprio, enrolando o cabo de aço, o qual foi previamente esticado e ancorado na outra extremidade da faixa a ser irrigada.

O elemento mais crítico do sistema é a mangueira flexível que face ao constante arraste sobre o solo sofre danos, bem como ao ser tracionada por ocasião do deslocamento do carretel nas trocas de posição. O diâmetro das mangueiras varia de 50,8 a 111,2 mm.

O carrinho que suporta o aspersor (canhão) dispõe de um sistema de partida das rodas bem como de um controle e regulagem da velocidade de que pode variar de 5 a 120 m/h.

No sistema autopropelido a mangueira flexível desempenha a função das linhas laterais de um sistema convencional, resultando em economia de tempo e pessoal na montagem, desmontagem e transporte dessas linhas. A linha principal pode ser enterrada, propiciando facilidade nos tratos culturais mecanizados, bem como na própria preparação do solo para a semeadura.

O mecanismo de autopropulsão do equipamento não deve ser ligado no início e no final do percurso, quando em operação, permanecendo a unidade autopropelida estacionada, durante 10 a 30 minutos, para proporcionar adequada precipitação nas extremidades da faixa irrigada.

Ao término de cada faixa, a unidade autopropelida pára automaticamente, mediante um dispositivo que se encontra preso ao cabo de aço. Esse dispositivo age sobre o mecanismo do autopropelido desligando a tração.

a) Carreta enroladora

A carreta enroladora pode vir acoplada ou não a unidade autopropelida. Ela é equipada com dispositivo que esvazia a mangueira quando essa vai sendo enrolada. A operação deve ser realizada em baixa rotação, para não prejudicar a estrutura da mangueira. Ela é de engate rápido à tomada de força do trator.

b) Aspensor para unidade autopropelida

A unidade autopropelida utiliza aspensor tipo canhão, setorial ou rotativo. A setorização da irrigação é recomendada quando se deseja:

- manter seco o caminho da unidade autopropelida;
- irrigar pontos finais de percurso sem exceder certos limites;
- irrigar apenas um lado do caminho do aspensor;
- compensar a ação dos ventos sobre o jato do aspensor, melhorando a uniformidade de distribuição da água.

Nos aspersores dos autopropelidos grandes ou médios, o balancim de contra peso funciona pela ação da água, não necessitando de molas ou outro dispositivo de tração. O aspensor do autopropelido pequeno é do tipo rotativo, movimentando-se pela ação do jato e mola.

Para melhorar a uniformidade de distribuição, sob condições de vento, é necessário que aspensor se desloque perpendicular à direção predominante do vento.

4.4.3. Sistema Pivô-Central

É um sistema de movimentação circular, autopropulsado a energia hidráulica ou elétrica. É constituído, em geral, de uma linha, com vários aspersores, de 200 a 800 m de comprimento, com tubos de aço de acoplamento especial, suportada por torres dotadas de rodas, nas quais operam os dispositivos de propulsão do sistema, imprimindo a linha um movimento de rotação, em torno de um ponto ou pivô, que lhe serve de ancoragem e tomada. Na extremidade da tubulação do pivô existe um canhão hidráulico setorial acionado por uma motobomba de 2 cv, com o objetivo de uniformizar a distribuição de água na extremidade do pivô.

O alto grau de automatização desse tipo de equipamento de irrigação dispensa quase que completamente o uso de mão-de-obra. O sistema pode funcionar com eficiência de aplicação elevada, em torno de 80%. O movimento circular da linha de distribuição pode ser programada para evoluir em ambos os sentidos, pra frente e para trás.



Fig. 11 – Base do Pivô.

A velocidade de deslocamento do pivô é regulada através de um timer percentual situado no quadro de comando que controla a movimentação da última torre. Este mecanismo de controle da velocidade permite o controle contínuo e automático da quantidade de água a ser distribuída. O alinhamento das torres é mantido por um sistema de relés em caixas de comando individual que automaticamente acionam ou retardam o deslocamento das demais torres.

O pivô compõe-se de um tubo de aproximadamente 4 metros de comprimento, suspenso em posição vertical mediante uma armação ancorada a uma base de concreto, conectada a tubulação giratória.

Esta tubulação é mantida de 2 a 4,5 metros de altura do solo, em função da cultura que vai irrigar, por meio de torres triangulares metálicas dotadas de rodas. Atualmente, é mais comum a movimentação por meio de motores elétricos de pequena capacidade, localizados em cada torre e que transmitem o movimento para redutores das rodas, acionando a sua movimentação ao redor do pivô central. A velocidade de rotação é regulada pela movimentação da torre mais distante do pivô, que aciona os motores das torres intermediárias pela deflexão relativa entre as mesmas. O sistema é de movimentação contínua sendo que todo o comando está centralizado num painel localizado na armação do pivô. A distância entre as torres pode variar de 40 a 50 metros, sendo que o comprimento da lateral pode atingir até 800 metros, irrigando áreas circulares de até 200 ha. Normalmente os comprimentos das laterais variam de 500 a 600 metros, irrigando áreas de 90 a 120 ha num único giro.



Fig. 12 - Torres que sustentam as linhas laterais acima das culturas

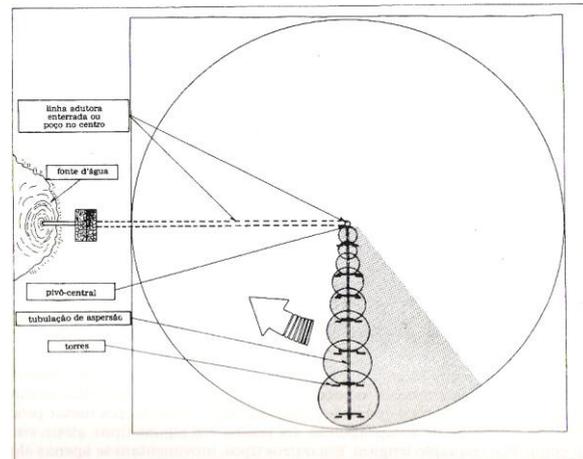


Fig. 13 - Esquema, em planta baixa, do Sistema Irrigação Pivô Central.

Três tipos de aspersores são instalados na tubulação lateral que compõe o pivô-central: aspersores rotativos, geralmente de tamanho médio a pequeno, aspersores fixos (sprayers) que trabalham a baixa pressão e aspersores gigantes que são localizados no final da tubulação para aumentar a área irrigada. Desde que a lateral se movimenta em círculo, é necessário que se adotem medidas especiais para proporcionar uma distribuição uniforme da água ao longo do raio, devido a que a velocidade no extremo do círculo é muito maior que a velocidade na área próxima do pivô. Para compensar esta desigualdade nas velocidades de deslocamento, a taxa de aplicação da água deve ser progressivamente maior, a partir do pivô para a extremidade. Em geral, três soluções são empregadas para corrigir este problema prático:

1. Usar o mesmo tipo de aspersor, mas com espaçamento cada vez mais reduzido quando se afasta do ponto pivô;
2. Usar diferentes aspersores ou aspersores iguais com diferentes bocais, com um espaçamento constante;
3. Usar aspersores fixos (spray) com bocais que aumentam gradativamente quando colocados a intervalos variáveis ao longo da tubulação.

Naturalmente existem soluções intermediárias entre estas três apresentadas. Atualmente, é normal o uso de reguladores de pressão em cada aspersor, possibilitando uma aplicação uniforme de água, mesmo em terrenos inclinados onde poderia ocorrer uma maior diferença de pressão entre os aspersores ao longo da lateral, devido ao acréscimo da diferença de elevação do terreno. Também, juntas flexíveis nas tubulações permitem ajustar o equipamento às ondulações topográficas até um limite recomendável de 20%. A capacidade de infiltração do solo irá limitar o comprimento da lateral, pois as maiores precipitações irão ocorrer na extremidade da lateral, desde que a precipitação irá ser controlada pela velocidade de deslocamento das torres, que no caso de acionamento elétrico, apresentam uma grande faixa de variação, possibilitando melhor adaptação do sistema às condições de infiltração do solo. Deste modo, sistema pivô central é mais adaptado aos solos de infiltração média para alta para evitar problemas de escoamento superficial na extremidade.

Deve ser lembrado que a taxa de aplicação é determinada pelo tamanho do bocal, pressão de serviço, espaçamento do aspersor e tipo de aspersor usado. Uma vez que estes itens são fixados pelo fabricante, a taxa de aplicação em determinado ponto ao longo da lateral é fixa, e não será mudada pela variação da velocidade de rotação. A mudança na velocidade de rotação somente irá mudar a lâmina aplicada, o que irá diminuir a potencialidade de ocorrer escoamento superficial, neste caso, pelo aumento da velocidade, que implicará na menor lâmina aplicada por irrigação.