

António José da Anunciada Santos

PRINCÍPIOS DE REGA AGRÍCOLA



Autor

António José da Anunciada Santos

Título

Princípios de Rega Agrícola

Promotor

Revista «AGROTEC»

www.agrotec.pt

Edição

Publindústria, Edições Técnicas

Praça da Corujeira n.º38 4300-144 PORTO

www.publindustria.pt

Distribuição

Agrobook

Tel. 220 104 872

Fax 220 104 871

E-mail: editorial@agrobook.pt

www.agrobook.pt

Revisão

Catarina Mendes

Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Design

David Santos

Impressão

Espanha

Maior, 2017

Depósito Legal

425352/17



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2017 | Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Todos os direitos reservados a Publindústria, Produção de Comunicação, Lda. para a língua portuguesa.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio, seja eletrónico, mecânico, de fotocópia, de gravação ou outros sem autorização prévia por escrito do autor.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU

626.8 Hidráulica agrícola. Engenharia de irrigação, drenagem e recuperação de terras

ISBN

Papel: 978-989-723-237-4

E-book: 978-989-723-238-1

Agrobook - Catalogação da publicação

Família: Agronomia

Subfamília: Rega, Hidráulica e Hidrologia

Índice

1. BASES DA HIDRÁULICA

1.1 Descrição	3
1.2 Hidráulica geral	3
1.2.1 Fluidos	3
1.2.2 Propriedades dos líquidos	4
1.2.2.1 Temperatura	4
1.2.2.2 Conceito de Pressão	5
1.2.2.3 Pressão de vapor	6
1.2.2.4 Massa específica e relativa	6
1.2.2.5 Peso específico	7
1.2.2.6 Viscosidade absoluta e relativa	8
1.2.2.7 Tensão superficial e efeito capilar	9
1.2.2.8 Propriedades da água	11
1.2.3 Lei fundamental da Hidrostática	12
1.2.4 Pressão, gradientes e manómetros	13
1.2.5 Princípio de Pascal	15
1.2.6 Princípio de Arquimedes	16
1.2.7 Caudal volúmico e mássico	18
1.2.8 Princípio de conservação da massa	19
1.2.9 Equação de Bernoulli	20
1.3 Fundamentos do escoamento em tubos	23
1.3.1 Número de Reynolds e os escoamentos	23
1.3.2 Diâmetros e velocidades nas tubagens	24
1.3.3 Perdas de carga em tubos e acessórios	26
1.3.3.1 Modelo para tubos	26
1.3.3.2 Modelo para acessórios	27
1.4 Instalações de recalque	30
1.4.1 Descrição	30
1.4.2 Constituição normal	30
1.4.3 Parâmetros e curvas características	32
1.4.3.1 Alturas manométricas	32
1.4.3.2 Curva da instalação e da bomba	34
1.4.3.3 Potências e rendimentos da bomba	36
1.4.3.4 Fenómeno de cavitação, NPSH	37
1.4.4 Associação de bombas	39
1.4.4.1 Associação paralela	39
1.4.4.2 Associação série	39

1.5 Fundamentos do escoamento em canais abertos	40
1.5.1 Tipos de canais	40
1.5.2 Melhores áreas de secção	42
1.5.3 Velocidades e caudais	44
2. RECURSOS NATURAIS E ASPETOS AGRONÓMICOS	
2.1 Descrição	51
2.2 Clima	52
2.2.1 Parâmetros climáticos	52
2.2.2 Tipos de clima	56
2.3 Disponibilidade e qualidade hídrica	59
2.3.1 Ciclo da água	59
2.3.2 Fontes de água	60
2.3.3 Qualidade da água	61
2.3.4 Quantidade da água	64
2.3.4.1 Poços	65
2.3.4.2 Cursos de água	67
2.3.4.3 Barragens e represas	70
2.3.4.4 Açudes	72
2.4 Evapotranspiração da cultura, ETC	74
2.4.1 Evapotranspiração de referência, ETo	75
2.4.1.1 Medição direta no terreno	75
2.4.1.2 Modelos de cálculo	77
2.4.2 Coeficiente da cultura, Kc	78
2.4.3 Evapotranspiração corrigida, ETcc	85
2.4.4 Balanço hídrico ao solo	86
2.5 Necessidades hídricas das culturas	87
2.5.1 Quantidades de água	87
2.5.2 Intervalo de regas	91
2.5.3 Caudal de água para rega	91
2.6 Gestão da rega por medições	92
2.6.1 Uso do Tensiómetro	92
2.6.2 Método da estufa	95
2.6.3 Infiltração da água no terreno	95
2.7 Exercícios Resolvidos	98

3. MÉTODOS E SISTEMAS DE REGA

3.1 Descrição	103
3.2 Escolha de métodos	104
3.3 Sistema de rega por aspersão	106
3.3.1 Descrição	106
3.3.2 Classificações	107
3.3.3 Sistemas moveis	107
3.3.4 Sistemas fixos	108
3.3.5 Sistema semifixo	109
3.3.6 Sistemas mecanizados	110
3.3.6.1 Pivô central	110
3.3.6.2 Linha lateral móvel	111
3.3.6.3 Auto propelido	112
3.3.7 Princípios de dimensionamento	113
3.3.7.1 Aspersores	113
3.3.7.2 Seleção e espaçamento	116
3.3.7.3 Tubagens	118
3.4 Sistema de rega localizada	121
3.4.1 Descrição	121
3.4.2 Sistema por gota	122
3.4.3 Miniaspersão	124
3.4.4 Constituição básica do sistema	125
3.4.5 Princípio de dimensionamento	128
3.4.5.1 Emissores	128
3.4.5.2 Equação de um emissor	131
3.4.5.3 Área molhada	132
3.4.5.4 Número e espaçamento dos emissores	132
3.4.5.5 Tubagens	135
3.5 Sistema de rega por gravidade	137
3.5.1 Descrição	137
3.5.2 Escorrimento	138
3.5.3 Submersão	139
3.5.4 Infiltração	141
3.6 Sistema de tubagem a baixa pressão	142

4. BOMBAS E EQUIPAMENTOS PARA REGA

4.1 Descrição	145
4.2 Bombas	145
4.2.1 Definição	145
4.2.2 Tipos e classificações	146
4.2.2.1 Bombas de deslocamento positivo	146
4.2.2.2 Bombas centrífugas	149
4.2.3 Bomba centrífuga de superfície	153
4.2.4 Bomba centrífuga submersível	156
4.3 Tubagens e acessórios para condução da água	159
4.3.1 Descrições	159
4.3.2 Tubo de policloreto de vinilo (PVC)	159
4.3.3 Tubo de polietileno (PE)	164
4.3.4 Tubos metálicos	167
4.4 Equipamentos de controlo	170
4.4.1 Parâmetros característicos das válvulas	172
4.4.2 Dispositivos controlo de caudal	172
4.4.2.1 Válvula de gaveta	173
4.4.2.2 Válvula de esfera	175
4.4.2.3 Electroválvulas	176
4.4.2.4 Válvula de globo	177
4.4.2.5 Válvula de Borboleta	178
4.4.2.6 Válvula antirretorno	179
4.4.2.7 Válvula de boia	181
4.4.2.8 Válvula volumétrica	182
4.4.3 Dispositivos controlo de pressão	184
4.4.3.1 Válvula redutora de pressão	184
4.4.3.2 Válvula de alívio de pressão	186
4.4.3.3 Ventosas	188
4.4.4 Filtros	188
4.4.4.1 Separadores de partículas (hidrociclontes)	189
4.4.4.2 De malha	190
4.4.4.3 De discos	191
4.4.4.4 De areia	193



CAPÍTULO 1:

BASES DA HIDRÁULICA

Igualando $F = P$ e retirando em ordem a h obtém-se:

$$h = \frac{2 \times \sigma_s}{\rho \times r \times g} \times \cos\Phi$$

Onde:

h = Altura de subida do fluido no tubo, em m;

σ_s e ρ são as propriedades anteriormente referidas com as unidades no SI;

No caso do tubo imerso em mercúrio, este efeito é inverso, originando um ângulo de contacto $\Phi > 90^\circ$. Neste caso, diz-se que o líquido não molha a superfície de contacto.

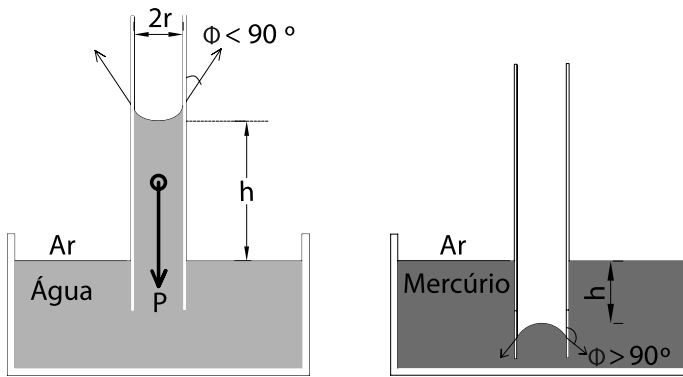


Figura 3: Efeito de capilaridade.

Exemplo:

Se um tubo de vidro com 3 milímetros de diâmetro for mergulhado num recipiente com água a 20 °C, existe uma subida de aproximadamente 10 milímetros, considerando 998.3 kg/m³ a massa volúmica da água e a tensão superficial de 0.073 N/m.

$$h = \frac{2 \times \sigma_s}{\rho \times r \times g} \times \cos\Phi = \frac{2 \times 0.073}{998.3 \times 0.0015 \times 9.8} \times \cos 0 \times 1000 \approx 10 \text{ mm}$$

1.2.2.8. Propriedades da água

A temperatura da água de referência na maioria dos cálculos práticos são os 20 °C. No entanto na tabela seguinte apresenta-se as principais propriedades da água para uma gama de temperaturas que poderão ser encontradas em instalações de rega.

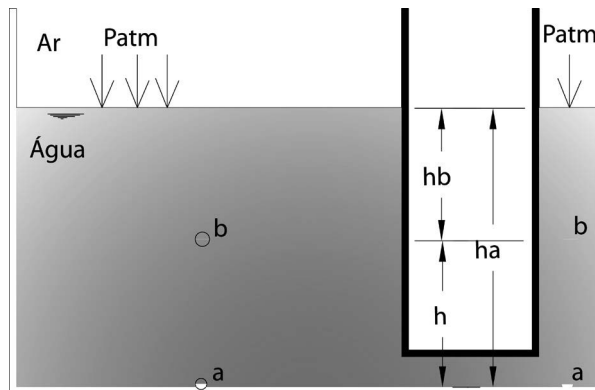


Figura 4: Pressão de um fluido em repouso em alturas diferentes.

1.2.4. Pressão, gradientes e manômetros

Pressão atmosférica: Sobre a superfície terrestre, a massa de ar atmosférico que envolve a Terra exerce uma força por unidade de área, devido ao efeito gravítico. Esta relação recebe o nome de pressão atmosférica e caracteriza-se por variar com as condições do clima regional e de diminuir com a altitude, pois em camadas mais altas o ar encontra-se mais rarefeito e, como tal, o peso da sua massa é menor.

Esta pressão é medida com equipamentos que recebem o nome de barômetros. As medidas iniciais foram feitas por Torricelli (1608-1647) que, por meio de um tubo de vidro numa tina com mercúrio, verificou que o peso exercido pela massa de ar ao nível do mar equilibrava com o peso de uma coluna de mercúrio (Hg) com $h = 76$ cm. Este valor é normalmente tomado como referência para a pressão atmosférica ao nível do mar.

O valor da pressão atmosférica em Pascal é determinado com uma boa aproximação por:

$$Patm = \rho \times g \times h$$

Outros valores normais ao nível do mar, a uma temperatura de 0 °C, são:

- 1 atm = 760 mmHg;
- 1 atm = 10.33 mH₂O;
- 1 atm = 101325 Pa;
- 1 atm = 101.325 Kpa;
- 1 atm = 1.01325 bar;
- 1 atm = 1.033 kg/cm².

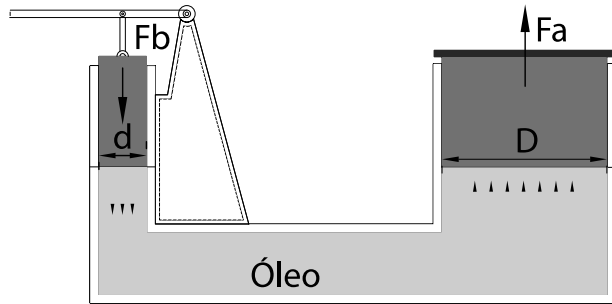


Figura 7: Aplicação do princípio de Pascal.

1.2.6. Princípio de Arquimedes

Um corpo sólido, quando é imerso no seio de um líquido, fica sujeito a valores de pressão diferentes ao longo da sua superfície, com valores mais baixos na superfície superior e mais altos na superfície inferior. Esta situação gera um campo de forças diferentes em torno do sólido que permite a sua elevação no seio do fluido.

Por exemplo, um sólido de área de superfície A com uma espessura h_2 , quando imerso a uma profundidade h_1 na água, fica sujeito a uma força na sua superfície superior, F_{sup} , que o tende a empurrar para baixo:

$$F_{sup} = P_s \times A = \rho \times g \times h_1 \times A$$

E a uma outra na sua superfície inferior, F_{inf} , que o tende a empurrar para cima:

$$F_{inf} = P_i \times A = \rho \times g \times (h_1 + h_2) \times A$$

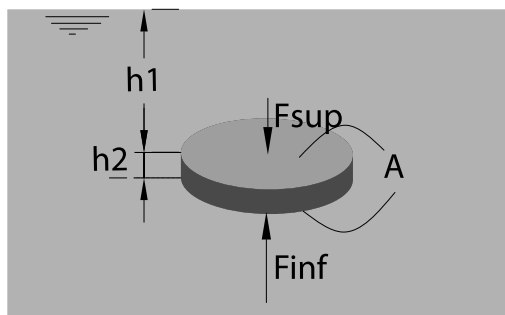


Figura 8: Forças hidrostáticas.

A partir da medição das duas componentes de pressão anteriores, por meio de um tubo de Pitot, é possível determinar, então, a velocidade de escoamento por:

$$v = \sqrt{\frac{2 \times (P_{est} - P)}{\rho}}$$

Onde:

- v = Velocidade de escoamento do fluido, em m/s;
- P e P_{est} = Pressão estática e de estagnação, em Pa;
- ρ = Densidade do fluido, em kg/m³.

Exemplo:

Num tubo de escoamento de água foi medido a pressão estática e a de estagnação em valores de 5 e 20 centímetros de coluna de água, respectivamente. Os valores em Pascal são:

$$P = \rho \times g \times h = \begin{cases} 998,3 \times 9,8 \times 0,05 = 489 \text{ Pa} \\ 998,3 \times 9,8 \times 0,20 = 1957 \text{ Pa} \end{cases}$$

A velocidade de escoamento da água é de:

$$v = \sqrt{\frac{2 \times (P_{est} - P)}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \times (1657 - 489)}{998,3}} = 1,53 \text{ m/s}$$

O cálculo da velocidade de saída do fluido para atmosfera pelo orifício na base de um reservatório é feito com base na equação de Torricelli. Esta deriva da aplicação da equação de Bernoulli, a uma linha de corrente entre um ponto na superfície do depósito e outro ponto no orifício de saída do fluido.

$$\left(P + \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 + \rho \times g \times z \right)_1 = \left(P + \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 + \rho \times g \times z \right)_2$$

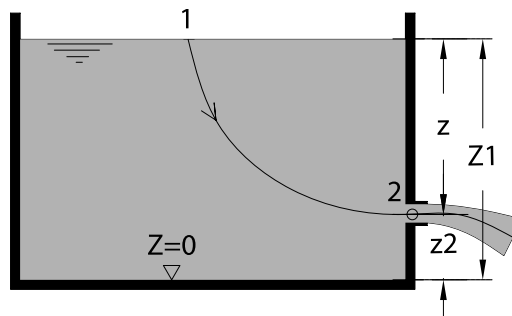


Figura 10: Descarga de água em um tanque (equação de Torricelli).

Exemplo:

Uma instalação de recalque, semelhante ao caso B, tem uma altura de aspiração de 4 m, e uma altura de recalque de 8 m. A tubagem de aspiração tem um diâmetro de 1" com um comprimento de 10 m e a tubagem de descarga tem um diâmetro de 3/4" com um comprimento de 15 m.

Do exemplo anterior retira-se que as perdas específicas para um caudal de 0.00127 m³/s (a 20 °C) a uma velocidade de 2.5 m/s são de 0.336 m/m. Logo para 10 m, as perdas totais são de:

$$hL = 0.336 \text{ m/m} \times 10 = 3.36 \text{ m}$$

Para a descarga nas mesmas condições, as perdas específicas obtidas pelo método anterior de Hazen-Williams são de 1.58 m/m. Logo para 15 m de tubo obtém-se:

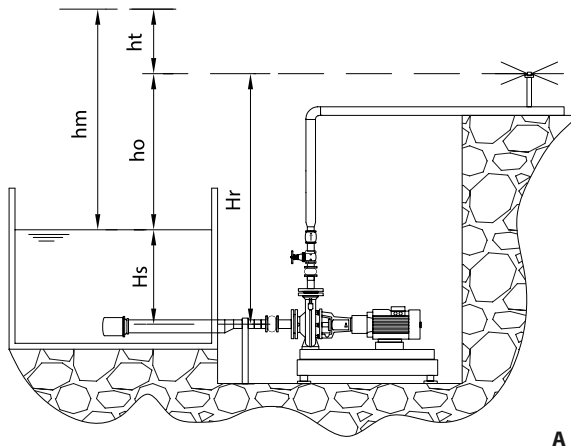
$$hL = 1.58 \text{ m/m} \times 15 = 23.7 \text{ m}$$

Considerando que as perdas na aspiração e na descarga são de 5 m obtém-se um total de perdas na aspiração e na descarga de:

$$hT = 3.36 + 23.7 + 5 = 32 \text{ m}$$

A altura manométrica é de:

$$hm = hr + hs + hT = 8 + 4 + 32 = 44 \text{ m}$$



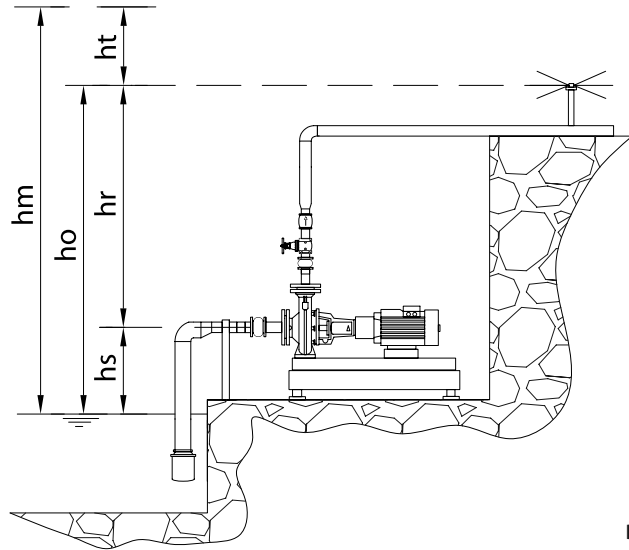


Figura 12: Componentes energéticas nas instalações de recalque. Caso **A**, bomba abaixo do nível da água; Caso **B**, bomba acima do nível da água.

1.4.3.2. Curva da instalação e da bomba

A representação dos termos energéticos anteriores da altura manométrica da instalação, h_m , em função do caudal é conhecida como a curva característica da instalação e segue uma evolução polinomial de grau 2 crescente com o caudal representada pela equação seguinte:

$$h_m = h_o + k_i \times Q^2$$

Onde:

K é uma constante característica da instalação e nela está contida toda a informação de perdas da instalação. E as outras variáveis são o caudal, Q , e a altura total, h_o , anteriormente referidas.

De forma semelhante para a bomba é desenhada uma curva decrescente com o caudal. Os dois pontos nulos desta curva permitem retirar a informação seguinte: 1. para o caudal nulo ($Q = 0$), e o valor máximo de altura manométrica da instalação ($H = \text{máximo}$), é chamado de carga de fecho, e representa o ponto que é alcançado quando se fecha a porta de saída da bomba. 2. Para o caudal máximo que atravessa a bomba ($Q = \text{máximo}$), e para a altura nula ($H = 0$), representa o fornecimento livre e é alcançado quando não existem restrições na entrada e saída da bomba.

Tabela 7: Valores de coeficiente de Manning, para diferentes superfícies de canal.

Tipo de superfície	Km, (m ^{1/3} /s)
Canais de terra em linha reta e uniforme	
Limpo e recentemente concluído	50 a 65
Limpo depois de intempéries	40 a 55
Com grama curta de ervas daninhas	35 a 45
Canais de terra sinuoso e lento	
Sem vegetação	35 a 45
Grama, algumas ervas daninhas	30 a 40
Ervas daninhas densas ou plantas aquáticas em canais profundos	25 a 35
Canais, sem manutenção com ervas daninhas	
Ervas daninhas densas, tão elevadas como a profundidade do fluxo	8 a 20

S_o = Inclinação do canal em m/m. A inclinação máxima recomendada é de 1:300 (ou seja 1 metro por cada 300 metros de comprimento de canal). A relação seguinte permite determinar a inclinação em relação a uma superfície horizontal.

$$S_o = \operatorname{tg} \alpha = \frac{y_1 - y_2}{L}$$

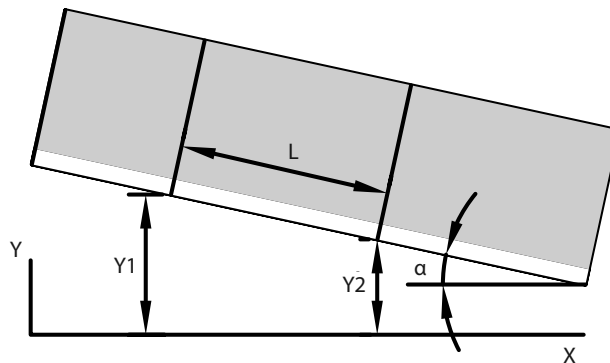


Figura 21: Inclinação de um canal aberto.



CAPÍTULO 2:
RECURSOS NATURAIS E ASPETOS
AGRONÓMICOS

CAPÍTULO 2: RECURSOS NATURAIS E ASPETOS AGRONÓMICOS

2.1. DESCRIÇÃO

A rega tem como objetivo fornecer ao solo, nas alturas propícias, a quantidade de água necessária para se obter uma humidade no solo adequada ao desenvolvimento das culturas. A sua origem tem mais de 4000 anos, onde as antigas civilizações nas regiões áridas conseguiam as suas produções apenas graças à rega. Estas procuravam situar-se junto às grandes fontes de água, como as margens dos rios Huang Ho e lang-tse Kiang, no império Chinês; nas margens do Nilo os Egípcios, o Ganges na Índia, etc. Só mais tarde é que as populações se foram desenvolvendo em regiões húmidas, onde a rega perdeu a sua necessidade vital. No entanto, com o aumento populacional a necessidade alimentar aumentou e os cultivos em áreas férteis mas com maiores necessidades hídricas também aumentou e a prática de rega tem vindo a crescer. Na tabela seguinte mostra-se a distribuição das áreas regadas pelo mundo.

Tabela 9: Distribuição de regadios pelo mundo em % e em milhos.

Fonte: FAO production Yearbook 1991 (Manual da FAEF-DER).

Região	Ar, em mha	% de Arm
Ásia	160	67
Ex União Soviética	21	9
América do Norte	20	8
Europa	17	7
América Latina	16	7
África	11	5
Oceânia	2	2

Ar = Área regada em milhões de ha (mha); **% de Arm**, percentagem da área regada pelo mundo.

Para efeitos de dimensionamento e gestão das instalações de rega é necessário determinar a quantidade e a qualidade da água a usar nas regas, e também o intervalo de tempo e a sua

duração. Estes são aspectos que estão presentes desde a fase de projeto dos sistemas de rega até aos trabalhos de campo de gestão das regas.

2.2. CLIMA

O clima de uma região é um dos fatores que condiciona o tipo de agricultura que se pode desenvolver, e também condiciona a rega quer em termos de quantidade como do próprio sistema a implementar.

2.2.1. Parâmetros climáticos

Em matéria de rega o parâmetro que permite determinar as necessidades hídricas das culturas é a evapotranspiração. Este parâmetro combina a perda de água do solo com a perda das culturas e relaciona-se com um conjunto de variáveis climáticas que são medidas em contínuo pelos institutos de meteorologia e associações agrícolas. Destas variáveis as de maior interesse são: A radiação solar, temperatura do ar e do solo, a humidade relativa, a precipitação e a velocidade do vento.



Figura 23: Estação meteorológica para rega.

Fonte: Aquagri.

Boreal. Pelo menos um mês com temperaturas médias mensais corrigidas ao nível do mar, abaixo de 5 °C e 1 a 3 meses acima de 10 °C.

9 Oceânico Boreal

Sazonalidade inferior a 20 °C

10 Sub-continental Boreal

Sazonalidade de 20 a 35 °C

11 Continental Boreal

Sazonalidade maior que 35 °C

12 Ártico. Todos os meses com a temperatura média mensal, corrigida ao nível do mar abaixo de 10 °C.

ETo = Evapotranspiração; *P* = Precipitação

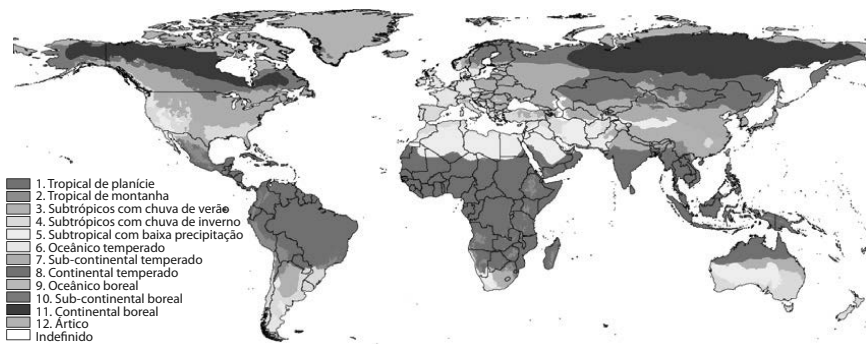


Figura 25: Tipos de clima.

Fonte: Günther F. e outros (2012).

Outros dois modelos usados pela comunidade científica para a classificação do clima, e usados em Portugal, são o modelo de Papadakis e o modelo de Köppen, Agro. (2004). O modelo de Papadakis é uma classificação agroclimática que tem como objetivo a sensibilidade das plantas à temperatura (regime térmico), e à água (regime hídrico). Este estabelece uma classificação em torno dos tipos de verão e dos tipos de inverno, onde determinadas espécies hortícolas com exigências bem conhecidas melhor se desenvolvem (trigo, aveia, milho, algodão, arroz, citrinos). Segundo este autor, os climas são divididos em 10 tipos principais, que com uma combinação com os diferentes regimes hídricos fornecem os distintos tipos de clima encontrados no globo. O modelo de Köppen define os vários tipos de clima a partir dos valores médios

O ensaio a caudal constante é feito com valor semelhante ao do caudal de exploração que pode ser definido a partir dos ensaios dos caudais escalonados. Depois de iniciada a bombagem e após atingida a estabilização do nível hidrodinâmico, o caudal alcançado corresponde ao de exploração do furo.

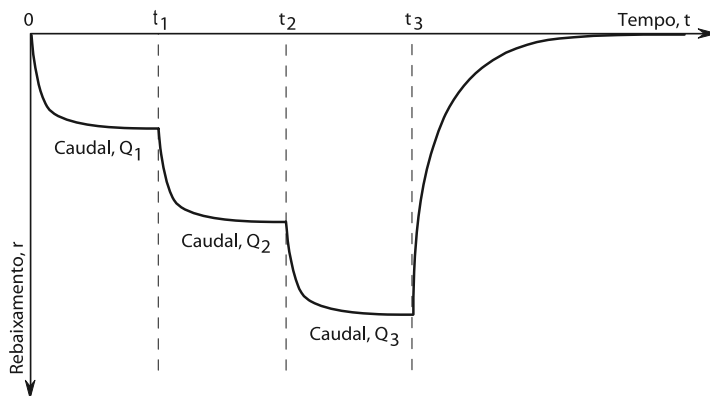


Figura 31: Representação gráfica de um ensaio de caudal escalonado com estabilização de níveis de recuperação final, sendo $t_1=t_2=t_3$ e $Q_1 < Q_2 < Q_3$.

Fonte: Ferreira Martins e outros (2012).

Em certos países quentes, sobretudo em África, os agricultores abrem poços superficiais de 15 a 20 m de profundidade, de forma a obter água para beber e para a rega por meio de baldes. Este tipo de poços superficiais é muito comum sobretudo nos vales e zonas húmidas onde as águas subterrâneas se encontram a pequenas profundidades. No entanto devido à natureza instável e arenosa dos solos, os poços a céu aberto colapsam facilmente e as técnicas de construção destes poços têm vindo a ser melhoradas com o revestimento de manilhas de betão ou de tijolos que permitem a captação de água a uma maior profundidade.

2.3.4.2. Curso de água

Os rios e cursos de água como os riachos com um caudal mínimo são boas fontes de água para a rega. No entanto em muitas regiões quentes, sobretudo em África, os rios têm grandes oscilações no seu curso, com inundações de curta duração na altura das chuvas, e poucos caudais durante a época seca. Para o uso destes rios durante todo ano, é necessário a construção de represas que retenham a água.

Por exemplo um rio, A, que apresenta um caudal constante durante todo ano com um caudal de risco de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ de 10%, pode ter um curso de água desviado ao longo do ano para a rega;

1, Fase inicial, de emergência, que pode durar cerca de 8 a 12 dias, e vai desde a sementeira até ao aparecimento das folhas do vegetal.

2, Fase desenvolvimento ou vegetativa, que vai desde a fase inicial de emergência, até a uma cobertura do terreno com plantas com cerca de 8 a 10 folhas. Pode durar cerca de 30 a 40 dias.

3, Fase cobertura máxima ou de floração, com uma duração de 20 a 30 dias, o vegetal, apresenta uma cobertura praticamente constante.

4, A fase de maturação dura cerca de 50 a 60 dias, e vai desde a floração à maturação.

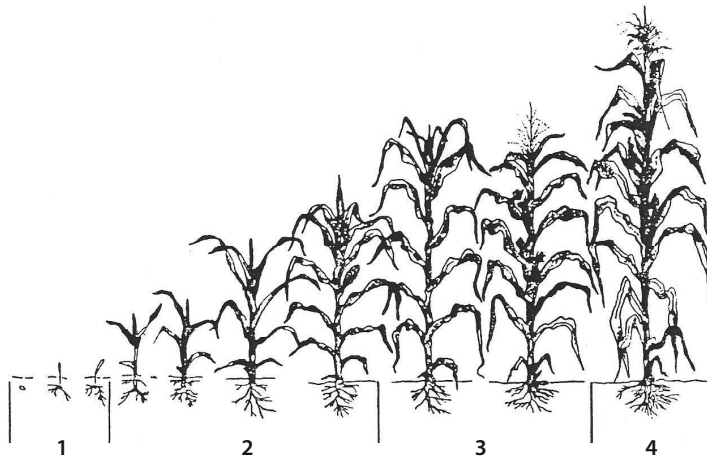


Figura 37: Fases de crescimento de uma cultura de milho. **1**, inicial (emergência); **2**, desenvolvimento (vegetativa); **3**, cobertura máxima (floração); **4**, maturação (formação do grão, maturação).

Fonte: Adaptado de Hanway (1963) e FAO (1979) "cit.in".

Como a cobertura vegetal é variável desde a fase inicial até à fase da colheita, com períodos distintos para cada colheita, e com eles a perda de água. Esta duração de períodos, também varia consoante os locais. Esta informação deve ser recolhida localmente junto dos produtores, investigadores e organizações locais para uma melhor confiança de dados. No trabalho de Allen C.R. e outros (2006), está uma tabela com a duração em dias para diversos hortícolas, para diversas fases do cultivo e para várias regiões, que pode servir como orientação. Desta vasta informação apresenta-se na tabela seguinte uma amostra de alguns produtos para a região mediterrânica.



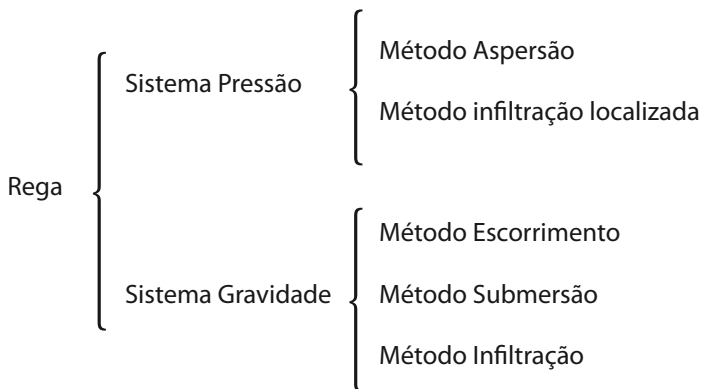
CAPÍTULO 3:
MÉTODOS E SISTEMAS DE REGA

CAPÍTULO 3: MÉTODOS E SISTEMAS DE REGA

3.1. DESCRIÇÃO

A rega é a aplicação mais antigas das bombas de água, cuja sua classificação pode ser feita de acordo com dois pontos de vista se for referida a um método ou a um sistema de rega. De acordo com Grundfos (2005), o método relaciona-se mais com o fenómeno físico associado, enquanto que o sistema prende-se mais com o material, tipo de instalação e funcionamento. Dado ao número de situações híbridas e combinadas, é difícil de classificar com o rigor desejado os sistemas de rega. No entanto, uma classificação de acordo com os princípios de escoamento em rega por gravidade com escoamento ou infiltração em superfície livre, e rega sobre pressão com escoamentos em tubagens de transporte, é normalmente feita.

Os princípios físicos normalmente associados a estes sistemas permitem fazer uma divisão em aspersão, infiltração, escoamento e submersão de acordo com o diagrama seguinte:



Uma outra forma de classificar os sistemas de rega é quanto à sua finalidade. Quando a rega tem como objetivo a compensação da falta de chuvas, chamam-se de regas de humedecimento, e têm como objetivo fornecer aos terrenos, nos momentos mais adequados, as quantidades de água necessárias para obter a humidade conveniente para o desenvolvimento das culturas. Quando as regas têm como objetivo defender climaticamente as plantas contra as condições mais desfavoráveis, especialmente contra as baixas temperaturas, chamam-se de regas de proteção (exemplo, a cultura do arroz, com a submersão permanente em água, que além de

Os sistemas são normalmente formados por um tubo principal que recebe a água do sistema de bombagem e a vai distribuir por uns tubos acoplados lateralmente, que vão cobrir a área a regar.

Este tipo de rega é usado em quase todas as culturas, especialmente para o milho, forragens, algodão, cana-de-açúcar, beterraba sacarina, pomares, vinhas e muitas culturas hortícolas e horto-industriais.



Figura 45: Sistema por aspersão.
Fonte: Aquagri (1998).

3.3.2. Classificações

Normalmente estes sistemas são classificados quanto à mobilidade e quanto a sua mecanização, em sistemas convencionais ou estacionários e em sistemas mecanizados. Dentro dos convencionais ainda são distinguidas as categorias de móveis, fixos e semifixos.

3.3.3. Sistemas móveis

Os sistemas móveis ou portáteis permitem a mobilidade da rega de um local para o outro, consoante a necessidade de rega e quando não existe a quantidade suficiente de equipamento para abranger toda a área a ser regada. São formados por materiais leves como o alumínio e o PVC, de forma a poder deslocar as tubagens sobre a área a regar de uma forma fácil. Quando todo o material pode ser movimentado, inclusivo o grupo moto-bomba, o sistema diz-se com-

São sistemas de alto custo, sendo por isso aplicados com justificação a rega de pequenas áreas, culturas caras, flores e sementes, e em locais onde a mão de obra é cara ou escassa, ou em rega de jardins e gramados. Para evitar os custos elevados de uma rega simultânea de toda a área cultivada, costuma-se optar por regas parcelares sequenciais. Pois de outra forma os caudais de água instantâneos poderiam ser elevados, o que obrigaria a maiores diâmetros de tubagem e logo maiores custos de investimento.

Estes sistemas podem ser automatizados, com sistemas de controlo automático para arrefecimento e proteção contra a geada. Na figura seguinte mostra-se uma disposição típica de um sistema desta natureza, com todo o sistema completamente fixo.

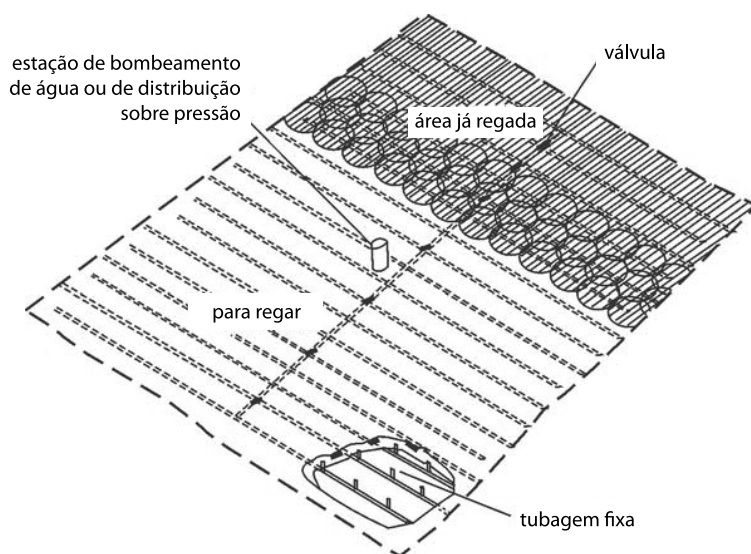


Figura 47: Sistema de aspersão fixo.
Fonte: Irrigation Manual, FAO.

3.3.5. Sistema semifixo

Neste género de instalações a linha principal permanece fixa, podendo estar enterrada ou não, e apenas as partes laterais vão cobrir parte do campo por deslocamento em diferentes posições na área a regar. No entanto em certos países como no Brasil, têm sido utilizadas técnicas dentro deste sistema, em que tanto a linha principal como as laterais são enterradas, movendo-se apenas os aspersores. Também neste caso as tubagens são leves e dotadas de meios de união rápida, e o seu deslocamento pode ser feito de forma manual ou não. Os custos neste género de instalação são intermédios dos anteriores.

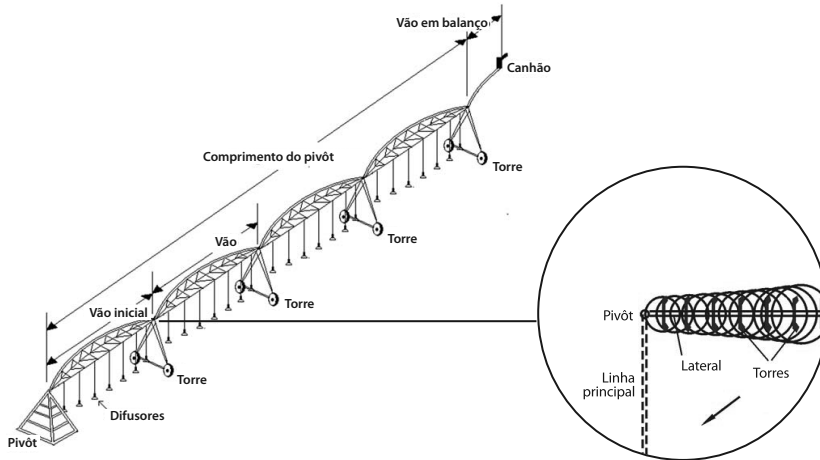


Figura 49: Sistema de pivô central.

Fonte: Irrigation Manual, FAO e Biscaro A.G (2009).

3.3.6.2. Linha lateral móvel

Este sistema é composto por uma linha lateral que contém os aspersores e é composta por mecanismos propulsores, que se desloca perpendicularmente à fonte fornecedora de água. Os sistemas de abastecimento de água são feitos por um canal aberto ou mangueira, que fornece ao longo do comprimento da rega, permitindo uma rega linear em movimento, que pode ser de forma contínua ou intermitente. O resultado é uma rega em áreas retangulares, em campos livres de obstruções, tendo que transportar o equipamento ao ponto inicial quando alcançar o fim do campo regado. Na figura seguinte mostra, um sistema deste género com um abastecimento por meio de trincheira.

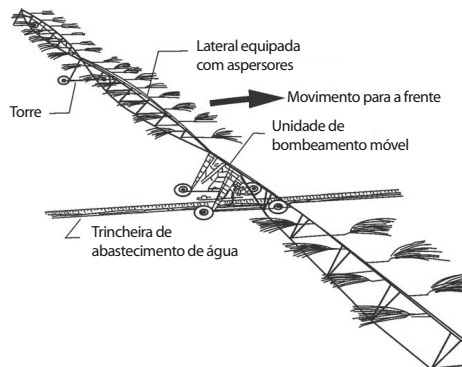


Figura 50: Sistema de linha lateral móvel.

Fonte: Irrigation Manual, FAO.

Na figura seguinte apresenta-se três aspersores normalmente usados para rega agrícola.

A: Aspersor metálico para rega de vários cultivos com cobertura total, com sistemas fixos, com linhas manuais ou mecânicas. Permite uma distribuição de água com espaçamentos até 12 m. A pressão recomendada anda entre 2 a 3 bar.

B: Aspersor metálico para todo o tipo de rega, tem uma elevada distribuição de água com um espaçamento até 14 m.

C: Grande aspersor de círculo total ou parcial, permanente ou mecanizado de campos de cana-de-açúcar, de pastagens.

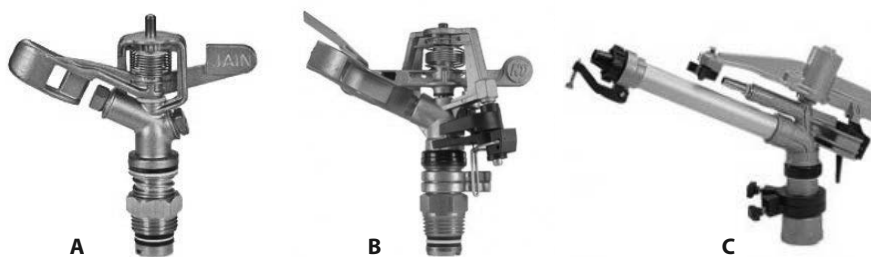


Figura 54: Aspersores para rega agrícola por aspersão. **A**, aspersor metálico de impacto para cobertura total; **B**, aspersor metálico de impacto para cobertura total de rotação completa ou parcial; **C**, aspersor supra arbóreo.

Fonte: Naandanjain.

Como já referido as características básicas normalmente atribuídas a um aspersor são:

1. A intensidade de aplicação da água, ou precipitação do emissor medida em mm/h, determinada em função do espaçamento e do caudal dos emissores.

$$I = \frac{Q \times 3600}{E1 \times E2}$$

Onde:

I = Intensidade de aplicação de água do aspersor mm/h;

Q = Caudal do aspersor L/s;

E1 = Espaçamento entre aspersores na mesma linha em m;

E2 = Espaçamento entre linhas de aspersores em m.



Figura 56: Tubos e acessórios.

Fonte: Cudell.

O dimensionamento da linha principal de um sistema de aspersão é feito com base no transporte do caudal total da linha e numa velocidade de escoamento de 1.5 a 2.0 m/s.

As linhas laterais levam os aspersores que para simplificação devem ficar distribuídos de igual forma em toda a sua extensão sendo o seu número determinado pela relação seguinte:

$$N = \frac{L}{E}$$

Onde:

N = Número de aspersores;

L = Comprimento total da linha lateral em m;

E = Espaçamento entre aspersores em m.

De acordo com Biscaro A.G (2009), para simplificação do dimensionamento considera-se que a variação de caudal entre aspersores não deve ser superior a 10%, e que o diâmetro selecionado deve conduzir no máximo a uma variação de pressão entre o primeiro e o último aspersor não maior que 20% da pressão de serviço. No caso das linhas ascendentes deve-se descontar o declive da linha e nas descendentes deve-se somar. Esta perda de carga admitida vem corrigida por um fator, f , que leva em consideração o número de aspersores instalados.

$$J = \begin{cases} \frac{0.20 \times P_s}{f} & \text{Se linha direita} \\ \frac{0.20 \times P_s - \Delta z}{f} & \text{Se linha ascendente} \\ \frac{0.20 \times P_s + \Delta z}{f} & \text{Se linha descendente} \end{cases}$$

Por metro vem:

$$Ja = \frac{J}{L}$$

Onde:

Ja = Perda de carga permitida em m.c.a/m;

P_s = Pressão de serviço em m.c.a.;

f = Fator de correção que leva em consideração o número de aspersores. Para a equação de Hazen-Williams, é determinado pela relação seguinte:

$$f = \frac{2.106 \times N^2 + 3 \times N + 0.922}{6 \times N^2}$$

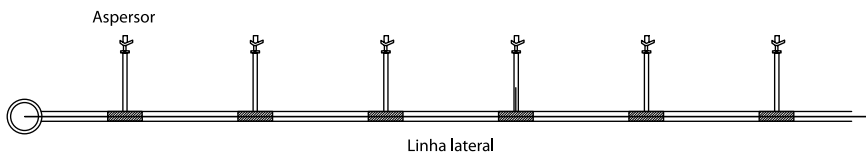


Figura 57: Linha lateral direita.

Fonte: Biscaro A.G (2009).

O diâmetro do tubo lateral vem determinado impondo o caudal de circulação na equação de Hazen-Williams, por ser uma das mais usadas nestas aplicações.

$$D = \left(\frac{10.67 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times Ja} \right)^{1/4.87}$$

Onde:

Q = Caudal em m³/s;

D = Diâmetro do tubo em m.

3.4.3. Mini aspersão

No sistema de rega por microaspersor a água é pulverizada por emissores próximos do sistema radicular das plantas. Estes são pequenos aspersores, instalados normalmente sobre uma estaca que é cravada no solo, com uma ligação externa à lateral (on-line), por meio de um microtubo de polietileno de 3 a 5 mm de diâmetro. Alguns são dotados de partes móveis (rotativos ou dinâmicos), que têm a função de distribuir a água que irá incidir sobre o solo. Estes sistemas surgiram como uma alternativa aos sistemas de gota, com o objetivo de aumentar a área molhada por um emissor, o que é desejável para solos com maior permeabilidade. Por um lado torna-se mais vantajoso em solos arenosos, em culturas de árvores, e por outro lado, o sistema é menos suscetível ao entupimento e menos exigente em questões de filtragem de água. Estes sistemas podem operar com caudais que vão até 200 l/h, e a pressões de 10 a 20 mca, e possuem um raio de alcance em geral de 1 a 3 m.

Outros sistemas com sprays/nebulizadores têm também um princípio muito semelhante. Estes emissores pulverizam o jato de água, formando gotículas bastante finas, que, molham o terreno e humidificam o ar baixando também a temperatura ambiente quando usados em estufas. Não têm movimento giratório e aplicam a água em baixos caudais.

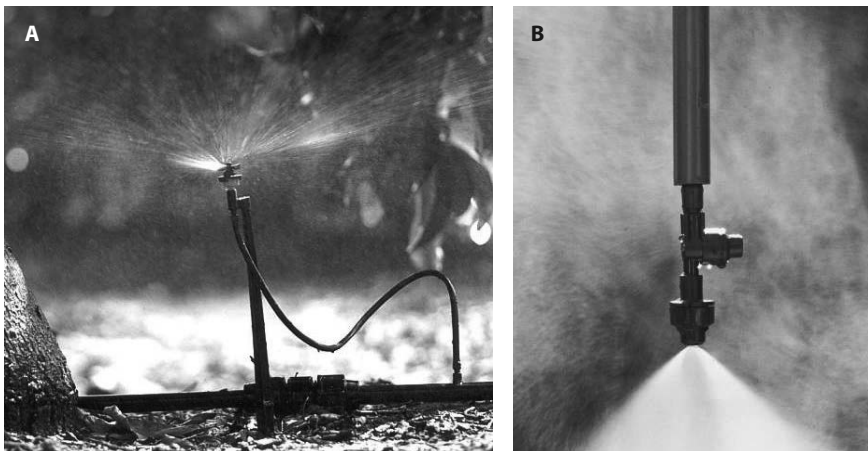


Figura 60: Sistema de rega por: **A**, microaspersor; **B**, nebulizador.

Fonte: Cudell.

De acordo com Armindo J.G. (1995) as vantagens deste sistema são:

- Pode-se controlar o diâmetro da área humedecida, atuando sobre a trajetória do miniaspersor de forma a aumentar a área regada em função do crescimento das plantas.



Figura 65: 1, fita de rega; 2, tubo gotejador.

Fonte: Azud.

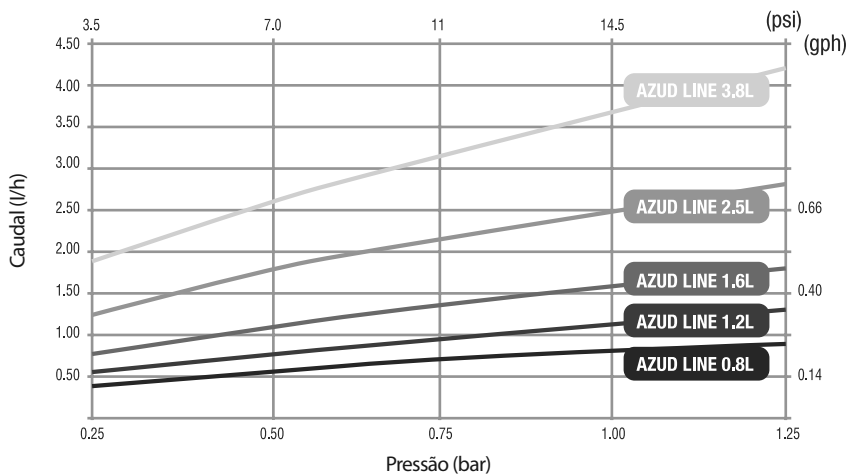


Figura 66: Relação entre o caudal e a pressão em emissores de fita de rega.

Fonte: Azud.

Gotejadores. Os gotejadores são também muito diversos, sendo normalmente comercializados do tipo turbulento simples ou autocompensantes. Estes últimos são aspersores de membrana flexível que se deforma quando submetida à pressão da água restringindo a sua passagem pelo orifício de saída tornando constante o caudal em todos os emissores de uma determinada área.

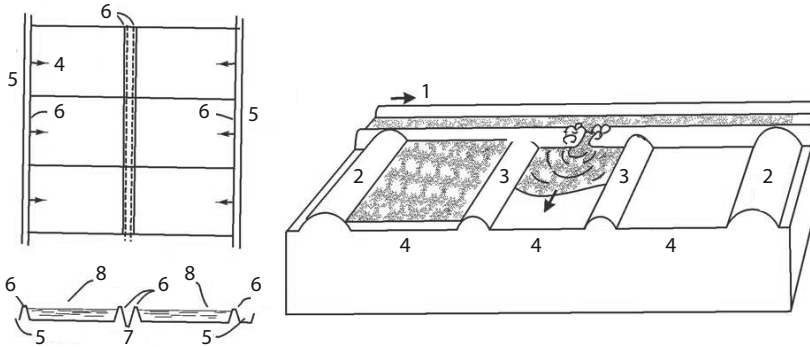


Figura 73: Rega por canteiros ou bacias. 1, direção do fluxo; 2, muro ou barreira de terra permanente; 3, barreira temporária; 4, bacia de rega; 5, canal de alimentação; 6, dique; 7, drenagem de água; 8, superfície da água.

Fonte: Irrigation Manual, FAO.

O uso das caldeiras é um processo particular do anterior, com a sua aplicação típica às árvores de fruta, e também às vinhas mas numa escala mais reduzida. Aqui são feitos canteiros em torno das árvores, que recebem o nome de caldeiras, com barreiras do tipo murete. Estas podem ser feitas de forma individual, com uma geometria circular, em torno de cada árvore ou abranger por vezes até quatro árvores. De forma a evitar o contato da água com o tronco da árvore deve ser feito um murete no interior da caldeira.

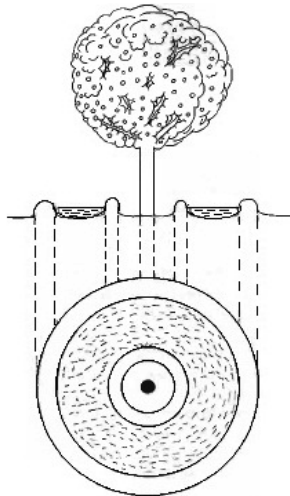


Figura 74: Rega por caldeira circular.

Fonte: Raposo RJ (1989).



CAPÍTULO 4:
BOMBAS E EQUIPAMENTOS
PARA REGA

CAPÍTULO 4: **BOMBAS E EQUIPAMENTOS PARA REGA**

4.1. DESCRIÇÃO

No capítulo anterior foi referido a constituição base dos vários sistemas de rega agrícolas, fazendo referência aos principais elementos que os classificam (aspersores e emissores), e que são os que permitem a entrega de água.

No entanto a arquitetura de um sistema de rega é composta por vários elementos que permitem a circulação da água e um controlo adequado da pressão e caudal. De forma resumida um sistema de rega parte de uma ou mais fontes de água (que pode ser uma estação de bombagem, um canal, um depósito de água, etc.) e através de condutas atingem-se os setores de rega, que são áreas funcionalmente separadas. Destas condutas, por meio de redes secundárias, a água é encaminhada para os setores de rega com controlo comum de pressão e caudal. A partir daí, a rede terciária, leva a água até às várias parcelas, onde termina a estrutura de distribuição.

Neste capítulo, como complemento dos capítulos anteriores, faz-se referência a alguns dos elementos envolvidos na construção destes sistemas, bem como as características principais que permitem ter uma noção para o dimensionamento do sistema. Bombas, tubagens, e equipamentos de controlo são os elementos descritos e caracterizados.

4.2. BOMBAS

4.2.1. Definição

Uma bomba pode ser definida como uma máquina que recebe trabalho mecânico, fornecido normalmente por uma máquina motriz e o transfere para um líquido sobre a forma de pressão e cinética. São equipamentos muito antigos, com a sua origem na área agrícola, fabricados normalmente para garantir o transporte de um determinado caudal de líquido (m^3/h), e vencendo umas determinadas perdas energéticas (m.c.a.). A roda de água com conchas na parte inferior, também conhecidas como noras que servem para tirar água dos furos, são uma destas aplicações antigas.

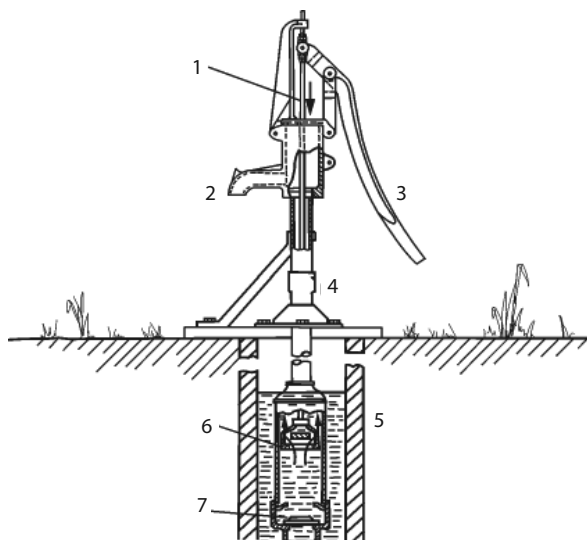


Figura 77: Bomba de mão de pistão de simples efeito. 1, biela; 2, bica; 3, manipulador; 4, carcaça; 6, pistão; 7, válvula de retenção de entrada. **Fonte:** Irrigation Manual, FAO.

As bombas de pedal são um outro exemplo das bombas de deslocamento positivo onde são usados os pés para movimentação dos pedais para aspiração e descarga da água. São bombas de duplo efeito, o que significa que existe uma descarga em ambos os movimentos (ascendente e descendente). Quanto à sua forma de funcionamento são distinguidos dois tipos: um por gravidade e outro por pressão. A de pressão permite ligar a uma mangueira flexível e regar diretamente a cultura.



A



B

Figura 78: Bomba de pedal: **A**, por gravidade; **B**, por pressão.

Fonte: Smith M. e outros (2014).

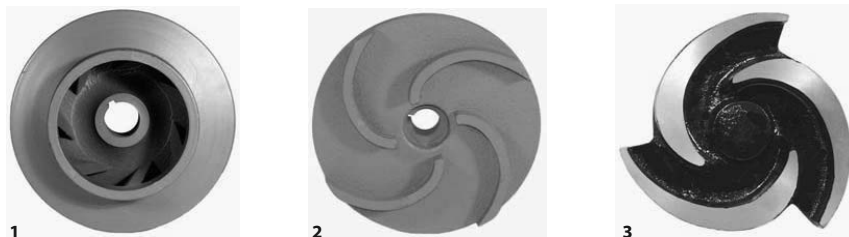


Figura 83: 1, rotor fechado; 2, rotor semi-fechado; 3, rotor aberto.

Fonte: Manual da Schneider.

Estas bombas são usadas para a bombagem de pequenos caudais (exemplo de 2 a 2000 m³/h) e grandes alturas manométricas (exemplo 6 a 4000 m), sendo usadas em abastecimentos de água em instalações municipais e industriais; para pressurização em edifícios altos e industriais, transporte de líquidos em instalações industriais (aquecimento, refrigeração, ar condicionado, etc.); sistemas de rega, etc.

Nas bombas de fluxo axial, o fluido entra e sai axialmente ao longo da parte externa da bomba. Internamente o fluido entra paralelamente ao eixo e a trajetória vai-se transformando em hélices cilíndricas devido à configuração das pás do rotor, que assumem a forma de hélices. As bombas podem ter pás fixas ou ajustáveis automaticamente de forma a dar a inclinação às pás adequada a cada descarga para garantir variações mínimas no rendimento. São usadas para a bombagem de grandes caudais (exemplo 200 a 100 000 m³/h) e pequenas alturas manométricas (exemplo 8 m), como em situações de bombagem de água da chuva e inundações, drenagem, irrigação, bombagem de água bruta, bem como a bombagem em efluentes em estações de tratamento de esgotos.

Nas bombas mistas ou diagonais, o escoamento do fluido assume situações intermédias entre a radial e a axial.

2. A estrutura construtiva das máquinas é muito diversa, onde alguns dos aspetos construtivos que são levados em consideração pelos fabricantes para caracterização das suas máquinas são o número dos rotores, o posicionamento do eixo, e a forma de junção do motor à bomba; e o número de aspirações.

As bombas mais simples possuem apenas um único rotor e um difusor, para o aumento da pressão do fluido, que é feito em uma só vez, e dizem-se de um só estágio, e são usadas para

4.4.2.2. Válvula de esfera

São também válvulas de corte geral, com fecho rápido. São muito usadas como substitutas da válvula de gaveta, devido a apresentarem menores dimensões e peso, uma melhor vedação, e também uma melhor facilidade de operação.

Como o próprio nome indica têm uma esfera com um orifício perfeitamente ajustado ao corpo da válvula de forma a impedir as fugas de fluido. A esfera é comandada exteriormente por um manípulo/alavanca, que passa a esfera de uma posição normalmente aberta a uma outra normalmente fechada com uma posição de 90°. São encontradas válvulas com ligações de rosca e de flange. O corpo pode ser latão, aço carbono, aço inox, ferro ou plástico.

Na figura seguinte mostra-se um exemplo de uma válvula em aço inox, onde os diâmetros nominais variam de DN10 a DN100; e uma outra em PVC, com diâmetros de ½" a 3".

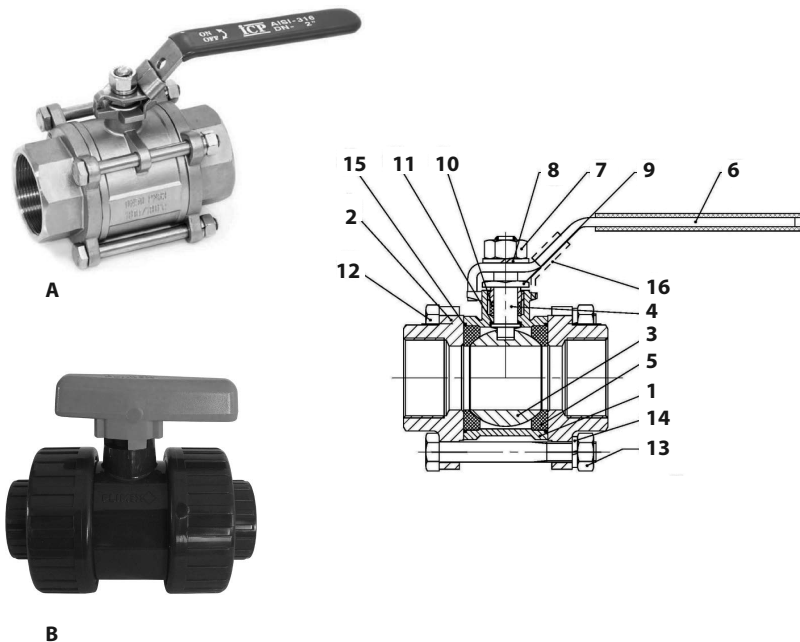


Figura 104: **A,** Válvula de esfera em aço inox. **B,** válvula de esfera em PVC. **1,** corpo; **2,** ligador do corpo; **3,** bola; **4,** haste; **5,** anel do assento; **6,** alavanca; **7,** porca; **8,** chaveta; **9,** buçim; **10,** vedante; **11,** haste; **12,** parafuso; **13,** porca; **14,** anilha; **15,** junta da sede; **16,** dispositivo de bloqueio.

Fonte: Valcontrol e Cudell.

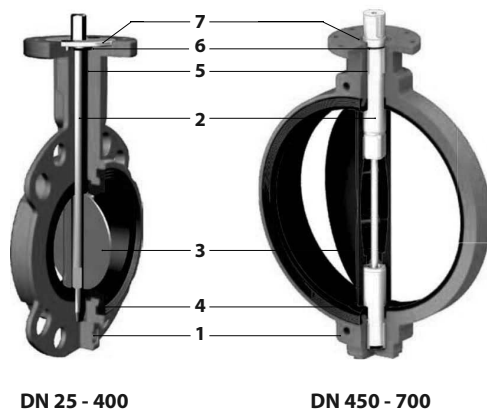


Figura 108: Válvula de borboleta. 1, corpo; 2, veio com indicador de posição; 3, disco; 4, sede substituível com estrias na zona de aberto; 5, casquilho; 6, vedante externo do eixo; 7, gola de retenção.

Fonte: Contimetra.

Tabela 37: Dimensões e coeficiente de passagem da válvula.

Fonte: Contimetra.

Dimensão DN	Kv (m ² /h)	Dimensão DN	Kv (m ² /h)	Kv (m ² /h)	Dimensão DN
25/32	40	65	210	200	3400
40	50	125	1050	250	5090
50	100	150	1770	-	-
80	360	300	7360	-	-
100	650	350	9800	-	-

4.4.2.6. Válvula antirretorno

São válvulas automáticas que funcionam pela ação do próprio fluido na instalação. A sua função é simplesmente garantir que a circulação do fluido se estabeleça num sentido desejado, fechando-se sempre que existe uma inversão no escoamento do fluido. Só devem ser usadas mesmo quando necessárias, pois provocam uma perda de carga elevada na instalação. Alguns sítios de uso são nas linhas de recalque a seguir à bomba, quando existir duas ou mais bombas em paralelo, com descarga para o mesmo coletor; na linha de recalque de um reservatório elevado, e na extremidade da linha de aspiração. Devem ser instaladas de forma que a ação da gravidade favoreça o fecho da válvula. De acordo com o tipo de fecho usado, assim são as suas variantes. Existem válvulas que o dispositivo de fecho é um disco, chamadas de válvulas de portinhola, válvulas que o fecho é feito por um diafragma, e outras que é feito por uma esfera. São encontradas

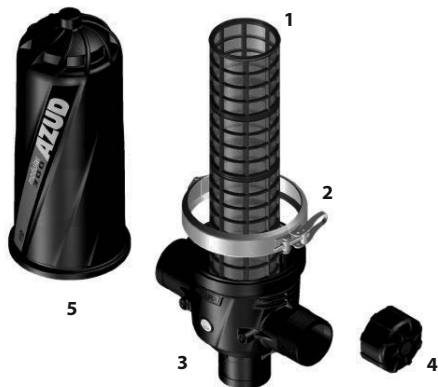


Figura 123: Filtro de malha. 1, elemento filtrante; 2, braçadeira; 3, base; 4, tampa da base; 5, tampa de plástico.

Fonte: Azud.

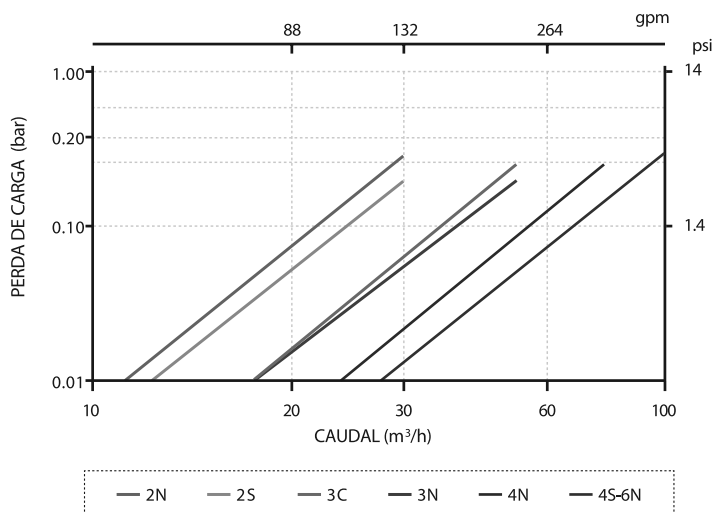


Figura 124: Perda de carga num filtro de malha.

Fonte: Azud.

4.4.4.3. De discos

Os filtros de disco usam conjuntos de discos de plástico com ranhuras hermeticamente emba-lados juntos. Um buraco no meio de cada disco permite juntar os discos ao longo do eixo. São



Regas Campo

O Regadio Pela Evolução da Agricultura!



PIVOT



COBERTURA TOTAL

Implementação e Manutenção de todo o Tipo de Sistemas de Rega

Elaboração Projetos e Orçamentos

Sistemas de Rega de Precisão

Sistemas Solares

Tratamento de Águas

Serviços De Topografia

Instalações Eléctricas Gerais



GOTA-A-GOTA



ASSISTÊNCIA TÉCNICA 24H

Zona Industrial - Rua da Bélgica n.º48 A - 7350-478 Elvas

Telefone: +351 268 622 326

Telemóvel: +351 927 950 024

geral@regascampo.pt

www.regascampo.pt



PRINCÍPIOS DE REGA AGRÍCOLA

António José da Anunciada Santos

SOBRE O LIVRO:

A rega é uma técnica milenar praticada pelo homem, que tem como objetivo fornecer ao solo a quantidade de água necessária ao desenvolvimento das culturas. Sistemas e instalações hidráulicas específicas são usadas para estes fins, cujo seu conhecimento e princípio de funcionamento e dimensionamento são aspetos de interesse básico para quem inicia este tema.

Estruturado em quatro capítulos, este livro abrange os princípios da hidráulica, os recursos naturais e agronómicos, os sistemas e equipamentos associados às instalações da rega agrícola.

Esta obra destina-se a todos os profissionais e estudantes ligados aos setores da agricultura como um apoio aos trabalhos relacionados com este tema.

SOBRE O AUTOR:

António José da Anunciada Santos licenciou-se em Engenharia Mecânica – ramo Térmica – pela Universidade do Algarve, em 2002, e obteve o Doutoramento no Departamento de Engenharia Energética e Mecânica de Fluidos, pela Universidade de Sevilha, em 2008, reconhecido em Portugal, em 2016, pela Universidade de Aveiro.

Trabalhou na fabricação e assistência técnica de móveis frigoríficos, na empresa Frimovel, e como diretor técnico na área da refrigeração comercial e industrial na empresa Qualifrio. Trabalhou em projetos de investigação e desenvolvimento ligados às questões energéticas em edifícios (hotéis, edifícios residenciais e piscinas). Fez a reconstrução e exposição de uma bancada experimental didática para refrigeração e climatização na feira Educa Angola 2013.

É Formador desde 1998 nas áreas da Eletricidade, Refrigeração e Ar Condicionado, com serviço prestado no Instituto do Emprego e Formação Profissional (IEFP), em Faro, no Instituto Médio Politécnico do Sambizanga, em Luanda, no Centro de Formação Profissional para a Indústria Térmica, Energia e Ambiente (APIEF), e na IXUS, Formação e Consultadoria, Lda.

Publicou, ainda, vários artigos na ASME International Solar Energy Conference e na revista Tecnolimentar, e os livros “O Frio no Setor Alimentar” e “Refrigeração – Manual de apoio ao ensino e à profissão (Volumes I e II), “Bombas e Instalações Hidráulicas”.

Apoio:

AGROTEC
revista técnica científica agrícola

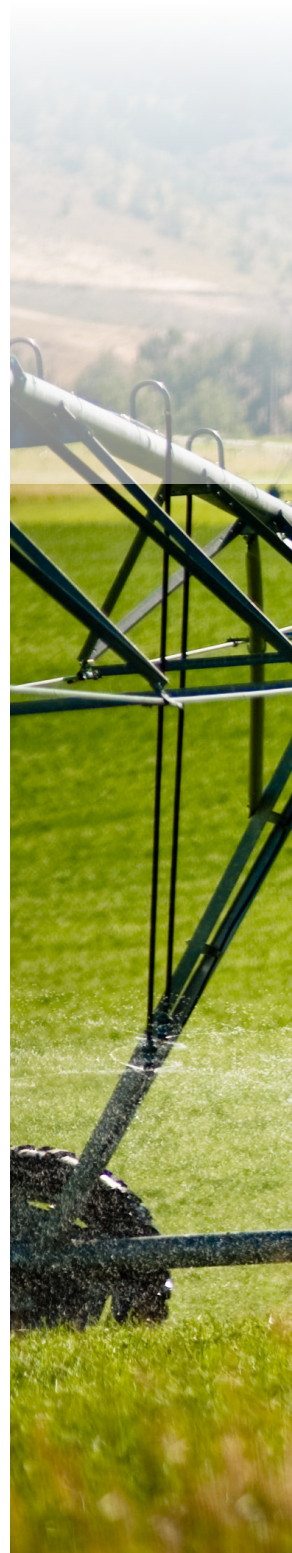
Também disponível em formato e-book



ISBN: 978-989-723-237-4



www.agrobook.pt



Agrobook