



Necessidades hídricas e Sistemas de rega

4. Métodos e sistemas de rega

4.1 Conceitos

4.2 Métodos e sistemas de rega mais utilizados em Portugal

4.3 Introdução aos métodos e sistemas de rega

4.3.1 Sistemas de rega sob pressão

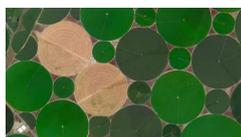
4.3.1.1 Os aspersores

4.3.1.2 Sistemas de rega fixos por aspersão

4.3.1.3 Canhão com enrolador

4.3.1.4 Rampa pivotante

4.3.1.5 Rega Localizada



Área Disciplinar de Engenharia Rural

1. Considerações gerais

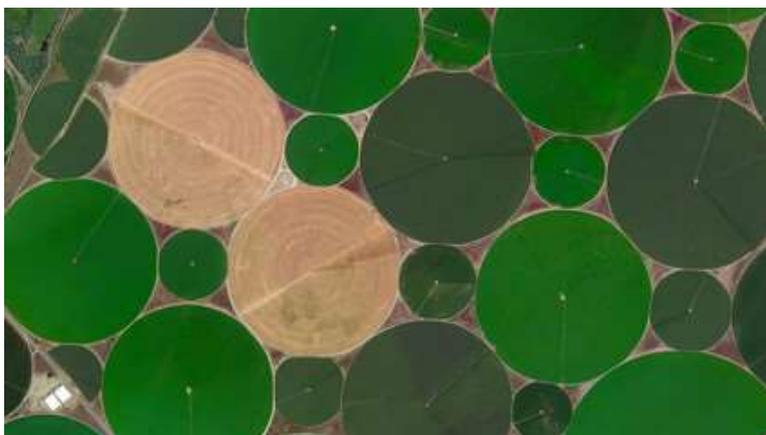
- Rampa porta aspersores com movimento contínuo de rotação em torno de uma das suas extremidades permanentemente fixa ponto.
- A água é fornecida através do seu ponto fixo.
- A rampa encontra-se montada a uma altura entre 2 e 4 metros, sobre torres de transporte
- As torres estão afastadas entre si de uma distância variável, próxima de 50 m
- Cada troço de rampa entre duas torres denomina-se de **tramo**.



Área Disciplinar de Engenharia Rural

As rampas são compostas por tubos retilíneos sucessivos:

- com o mesmo diâmetro (rampas isodiamétricas)
- com diâmetro variável (rampas telescópicas)
- os seus diâmetros variam geralmente entre 4 e 10 polegadas (100 e 250 mm)
- Os comprimentos das rampas variam geralmente entre 150 e 500 m, podendo atingir os 800 m.



Área Disciplinar de Engenharia Rural

- As torres estão montadas em rodas que dispõem de uma unidade motriz, normalmente um pequeno motor eléctrico.



- A área regada pode variar entre 5 ha (aprox 125 m de raio) até 200 ha (aprox 800 m de raio);
- A máquina pode trabalhar continuamente, sendo variável a sua velocidade de rotação;
- Pode demorar ente 1 a 100 h (aprox 4 dias) a dar uma volta completa, dependendo da dotação a aplicar e da área beneficiada por máquina.



Área Disciplinar de Engenharia Rural

Aplicabilidade

- Principalmente adaptados a terrenos arenosos devido às **elevadas pluviometrias**
- Adaptam-se a uma grande variabilidade de culturas e topografias

Vantagens

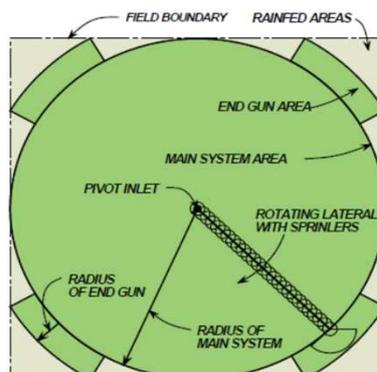
- Reduzida mão de obra, ainda que especializada;
- Um só sistema pode regar uma grande área;
- Quando utilizado com **canhão de extremidade**, ou com **braço extensível** pode regar qualquer forma de parcela;



- Possibilidade de automatização total a partir do painel de comando.



Área Disciplinar de Engenharia Rural



Área Disciplinar de Engenharia Rural

Vantagens:

- O fornecimento de água à máquina é simples (a alimentação da máquina é feita num único ponto);
- O controlo do movimento e alinhamento da máquina é facilitado por esta estar presa (segura) num ponto;
- Depois de concluir a rega o sistema fica pronto a regar no ponto inicial da próxima rega;
- A gestão da rega é simples visto que o ponto de aplicação é fácil de controlar;
- Torna simples a utilização de adubos e pesticidas.

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Desvantagens

- Elevado custo inicial;
- Taxas de aplicação variáveis ao longo do sistema (maiores no final do sistema)
- Requer um sistema de controlo complexo;
- Vulnerável aos relâmpagos
- Elevada pluviometria na extremidade (até 100 mm/h)
- Grande parte da água tem que ser fornecida na extremidade da rampa, o que aumenta as perdas de carga;
- Em parcelas com declive elevado a diferença de cotas pode originar consideráveis diferenças de pressão nos aspersores e consequentemente baixar a uniformidade.

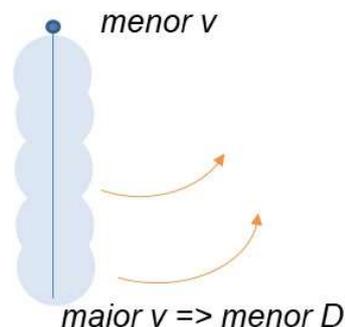
Área Disciplinar de Engenharia Rural

Porquê ocorrem taxas de aplicação (pluviometrias) variáveis ao longo do sistema (maiores no final da rampa)?

Relembrar definições de caudal, pluviometria e dotação

À medida que a distância ao centro da máquina aumenta o tempo de rega diminui;

- Uma vez que a velocidade linear (v) da rampa aumenta com o aumento da distância ao centro;
- se os aspersores estiverem igualmente espaçados ao longo do ramal e debitarem o mesmo caudal, vão aplicar dotações (D) cada vez menores do centro para a periferia.



Para dar a mesma dotação a todos os pontos do terreno, será então **necessário aumentar a pluviometria à medida que a distância ao centro do pivot aumenta;**



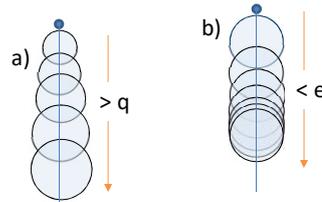
Este é o maior problema destas máquinas de rega, que podem trabalhar com pluviometrias muito elevadas (ao nível de uma “chuva torrencial”).

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Há duas opções para aumentar a pluviometria:

- a) Aspersores à mesma distância com caudais diferentes: para que a dotação aplicada seja constante o caudal de cada aspersor, e portanto o diâmetro do bico, deve aumentar na direcção da periferia.
- b) Aspersores iguais a distâncias cada vez mais pequenas

Esta disposição dos aspersores, onde é indicado o diâmetro do orifício do emissor, o seu caudal e tipo de regulador (caso se aplique) é designada de **carta de rega do pivot** e é obtida quando do seu dimensionamento.



Área Disciplinar de Engenharia Rural

carta de rega de um pivot

| AS5054-1 24 Apr 2014 LINDSAY , 7 TOWER, 740 gpm, 22 psi PAGE 3 | | | | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------|-------|--------|-----|--------------|-------|---------------------------|
| --- | OUTLET--- | REG- | PSI | --- | GPM--- | --- | SPRINKLER--- | --- | NOZZLE--- |
| No | Loc | Sep | Model | RegIn | Req | Del | Model | Plate | SpNo. |
| 111 | 271.3 | 9.8 | LB10 | 27.8 | 2.1 | 2.1 | A3000 | Navy | 26 #19 Gray w/trqu |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 115 | 281.0 | 9.8 | LB10 | 27.7 | 2.3 | 2.3 | A3000 | Navy | 27 #20 Turquoise |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 119 | 290.8 | 9.8 | LB10 | 27.6 | 2.3 | 2.3 | A3000 | Navy | 28 #20 Turquoise |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 123 | 300.7 | 9.8 | LB10 | 27.5 | 2.4 | 2.3 | A3000 | Navy | 29 #20 Turquoise |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 127 | 310.3 | 9.6 | LB10 | 27.4 | 2.5 | 2.5 | A3000 | Navy | 30 #21 Trqu w/yllw |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 131 | 320.2 | 9.8 | LB10 | 27.3 | 2.6 | 2.5 | A3000 | Navy | 31 #21 Trqu w/yllw |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 135 | 329.9 | 9.8 | LB10 | 27.2 | 2.7 | 2.8 | A3000 | Navy | 32 #22 Yellow |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 139 | 339.7 | 9.8 | LB10 | 27.1 | 3.1 | 3.0 | A3000 | Navy | 33 #23 Yllw w/red |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| | 349.6 | | TOWER NO. 2 | | | | | | INLINE PRESSURE: 27.0 psi |
| 143 | 350.5 | | | | | | PLUG | | |
| 144 | 352.5 | 12.8> | LB10 | 26.9 | 3.3 | 3.3 | A3000 | Navy | 34 #24 Red |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 148 | 362.3 | 9.8 | LB10 | 26.8 | 2.9 | 3.0 | A3000 | Navy | 35 #23 Yllw w/red |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 152 | 372.0 | 9.8 | LB10 | 26.7 | 2.9 | 3.0 | A3000 | Navy | 36 #23 Yllw w/red |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 156 | 381.8 | 9.8 | LB10 | 26.6 | 3.0 | 3.0 | A3000 | Navy | 37 #23 Yllw w/red |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 160 | 391.7 | 9.8 | LB10 | 26.5 | 3.1 | 3.0 | A3000 | Navy | 38 #23 Yllw w/red |
| -x- | | | | | | | PLUG 3 | | |
| 164 | 401.3 | 9.6 | LB10 | 26.5 | 3.2 | 3.2 | A3000 | Navy | 39 #24 Red |

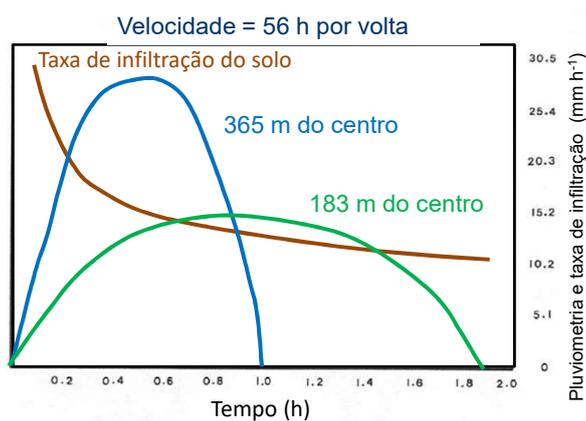
A **carta de rega do pivot** apresenta:

- as distâncias dos diferentes aspersores em relação ao centro do pivot,
- o tipo de aspersor o caudal debitado por cada aspersor,
- o diâmetro do bico dos aspersores;
- o regulador de pressão necessário em cada aspersor;
- o caudal que entra no pivot, a pressão necessário à entrada do pivot

Para evitar problemas de uniformidade das dotações aplicadas ao longo do pivot, a instalação dos aspersores na rampa deve seguir exatamente o que consta na carta de aspersores.

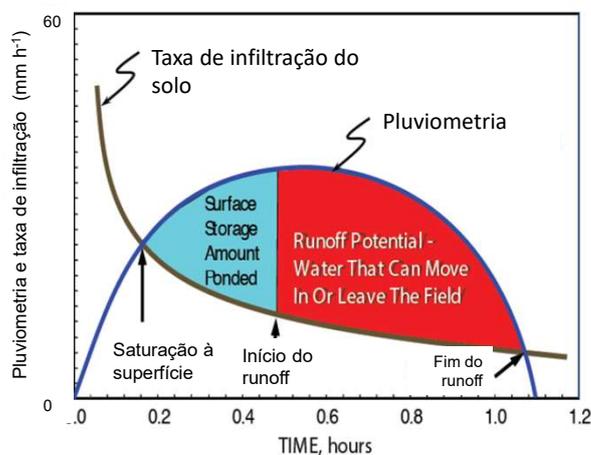
Área Disciplinar de Engenharia Rural

Exemplo de pivot com raio de 370 m

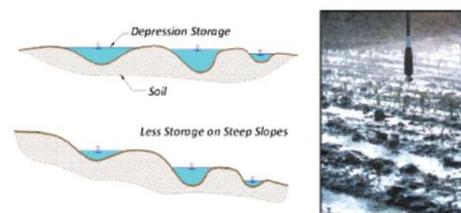


A extremidade do pivot tem que aplicar a mesma quantidade de água num intervalo de tempo menor

Área Disciplinar de Engenharia Rural



- Quando a água é aplicada a uma taxa superior à taxa de infiltração do solo, o excesso acumula-se nas depressões existentes à superfície do solo;



- Se a capacidade de armazenamento das depressões for ultrapassada, a água escorre à superfície;
- Nos declives elevados, a capacidade de armazenamento das depressões à superfície do solo diminui.

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Deve ser inspecionada a **extremidade do pivot**, na **zona mais declivosa** do terreno, para determinar se o escoamento é um problema;

Reduzir a dotação, por aumento da **velocidade do pivot**, é a única opção disponível para os regantes durante a época de rega para reduzir o escoamento superficial, se este for um problema;

As soluções de longo prazo incluem o aumento do armazenamento na superfície do solo através da abertura de covachos e do aumento da quantidade de resíduos das culturas.



Área Disciplinar de Engenharia Rural

2. Equipamentos

Tipos de aspersores usados nos pivots e rampas de deslocamento frontal

- Aspersores, bicos e reguladores de pressão: constituem **7 % do custo** do sistema, mas são responsáveis por **70 % do seu desempenho**,



Rotativos de Impacto:

- Sempre colocados por cima da rampa.
- Actualmente estão em desuso pois exigem pressão elevada (> 3 bar, 30 m ou 300 kPa)



Área Disciplinar

Aspersores de impacto (baixa, média e alta pressão):

18 - 24 metros em baixa pressão
140 a 280 kPa (20-40 psi)

27 - 37 metros em média pressão
280 a 380 kPa (40-55 psi)

40 - 50 metros em alta pressão.
380 a 560 kPa (55-80 psi)



Área Disciplinar de Engenharia Rural

Difusores:

- São atualmente os mais difundidos.
- Têm maior período de vida útil pois não têm partes móveis.
- Requerem baixa pressão (até 2 bar, 20 m ou 280 kPa)
- Apresentam menor uniformidade de distribuição e maior pluviometria do que os AR => potencia o escoamento superficial, em particular com declive.

Difusores (baixa pressão):

até 12 metros com difusores lisos
35 a 140 kPa (5-20 psi)

12 - 18 metros com difusores estriados, "wob" (oscilante), "spinner" (giratório)
70 a 210 kPa (10-30 psi)

12 - 21 metros com "rotators" (rotativo)
100 a 280 kPa (15-40 psi)



- Os aspersores estáticos podem ser colocados sobre a rampa
- ou em tubos de descida "drops".



Área Disciplinar de Engenharia Rural

Time • Labor • Energy • Water

A nova geração de aspersores para pivots são **aspersores de baixa e média pressão**, permitindo maior uniformidade e maior alcance

Ex: marca Nelson

ROTATOR®
10-50 psi (0.7-3.4 bar)
50-74' (15.2-22.6 m)
Low Application Rate

The **Rotator®** features the greatest throw distance available on drop tubes. The wide water pattern from rotating streams equates to lower average application rates, longer soak time and reduced runoff. More overlap from adjacent sprinklers. Improves uniformity. 3000 Series (3TN nozzle) or 3030 Series (3NV nozzle).

ORBITOR
6-20 psi (0.4-1.4 bar)
36-60' (11.0-18.3 m)
Low-Med. Application Rate

The **Orbitor** features new technology that eliminates the streaks of a sprinkler body to provide outstanding uniformity and optimal droplets at low operating pressures. Designed with an innovative, bracketless assembly, debris hang up and water pattern misting common to conventional sprinklers are mitigated. 3000 Series (3TN nozzle) or 3030 Series (3NV nozzle).

ACCELERATOR
6-15 psi (0.4-1 bar)
30-55' (9.1-16.8 m)
Low-Med. Application Rate

The **Accelerator** maximizes performance of in-canopy water application. Designed as a hybrid of **Rotator®** and **Spinner** technology, the **Accelerator** increases rotation speed through the nozzle range. Choose from **Gold** (maximum diameter), **Maroon** (wind-fighting) and **Navy** (up-top) plates. 3000 Series (3TN nozzle) or 3030 Series (3NV nozzle).

SPRAYHEAD
6-40 psi (0.4-2.8 bar)
16-40' (4.9-12.2 m)
High Application Rate

The **Sprayhead** is a fixed spray designed with future needs in mind. As irrigation requirements change throughout the season, the **Sprayhead** features a flip-over cap to change spray patterns. It's easily convertible to LEPA or other sprinkler types. 3000 Series (3TN nozzle) or 3030 Series (3NV nozzle).

SPINNER
10-20 psi (0.7-1.4 bar)
42-54' (12.8-16.5 m)
Low-Med. Application Rate

The **Spinner** utilizes a free-spinning action to produce a gentle, rain-like water pattern. Designed for more sensitive crops and soils, low instantaneous application rates and reduced droplet kinetic energy help maintain proper soil structure. 3000 Series (3TN nozzle) or 3030 Series (3NV nozzle).

TRASH-BUSTER
PRESSURE & THROW DEPENDS ON SPRINKLER SELECTION
Low-High Application Rate

Developed for the land application of wastewater, the **T3000 Trashbuster** features an open-architecture body design to pass debris more easily. Available with the 3000 FC, a plug-resistant, flow compensating sprinkler package can simplify maintenance. 3000 Series only (3TN or 3000 FC nozzle).

4 Engenharia Rural

Booms

Neste sistema são acopladas barras perpendicularmente à rampa, onde são instalados os aspersores.

Deste modo aumenta-se a área molhada e diminui-se a pluviometria.



Reguladores de pressão

Por vezes é necessário colocar reguladores de pressão a montante do emissor, de modo a eliminar o efeito da variação da cota do terreno durante o movimento da máquina.

Considera-se o seu uso quando a topografia provoca variação de pressão superiores a 20 % da pressão de catálogo.

Relação entre pressão de funcionamento e caudal debitado:

$$q = K_d \sqrt{p}$$

- Um determinado modelo de aspersor *só funciona satisfatoriamente para uma gama de pressões especificadas pelo seu construtor* no catálogo técnico do aspersor;



Área Disciplinar de Engenharia Rural

A função de um regulador de pressão é a de reduzir o efeito da variação de pressão da água à entrada do aspersor sobre o caudal debitado, independentemente das variações de pressão do sistema devido a alterações nas condições hidráulicas, elevações no terreno, oscilações na bombagem, etc.

Tubagens:

- Aço galvanizado, alumínio, aço inoxidável
- Troço entre duas torres – tramo. Todos têm todos o mesmo diâmetro, mas não necessariamente o mesmo comprimento
 O comprimento dos tramos é função das perdas de energia, ou seja, do diâmetro da tubagem, do declive e da topografia
- Diâmetros nominais (externos) das rampas mais comuns: 4 ½" ou 114,3 mm, 5 9/16" ou 141,3 mm, 6 5/8" ou 168,3 mm, 8" ou 203,2 mm, 8 5/8" ou 219,1 mm e 10" ou 254 mm.
 Em ramos de grande comprimento (> 500 m), é comum utilizar-se o diâmetro de 8" no 1º tramo, 6 5/8" no segundo tramo.

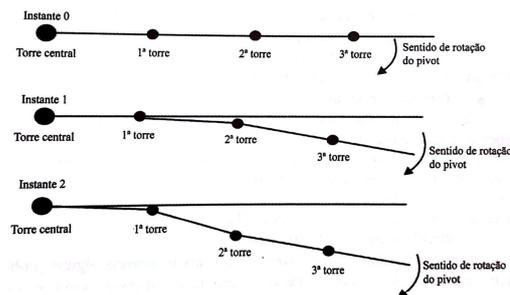
Área Disciplinar de Engenharia Rural

Mecanismo indutor do movimento

Cada torre tem um motor responsável pelo seu movimento.

Para garantir o alinhamento do pivot, primeiro avança a última torre (v máxima entre 2 a 3 min^{-1});

A ligação entre os tramos possui sensores de alinhamento. Sempre for detectado um ângulo entre duas torres contíguas, superior a um determinado valor (geralmente 20°), é dada ordem de arranque ou de paragem do motor dessa torre de modo a manter-se o alinhamento.



Área Disciplinar de Engenharia Rural

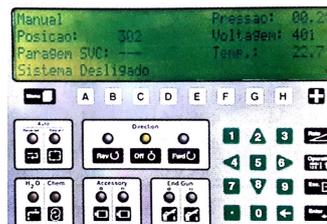
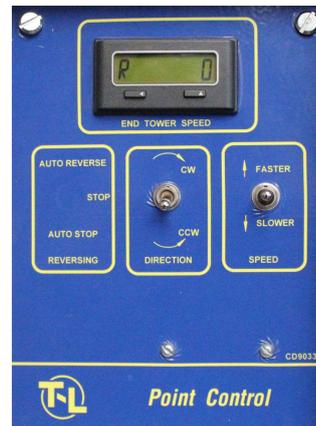


Quando se controla a velocidade de deslocação do Pivot controla-se a dotação de rega.

Para além do sentido da rotação é o único parâmetro de gestão nos Pivots correntes.

A velocidade geralmente vem expressa em %.

Em **rega de precisão** pode controlar-se a água debitada pelos aspersores em diferentes tramos do pivot e aumentar ou diminuir a velocidade em diferentes sectores circulares

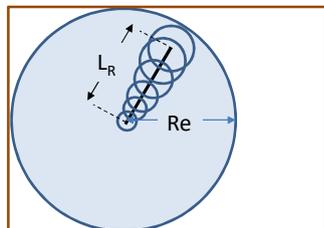


Área Disciplinar de Engenharia Rural

Para mais equipamentos consultar, por exemplo, o link:
https://nelsonirrigation.com/library/Pivot_PP2EG_03061PT_01262017.pdf

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Determinação do **raio molhado efetivo da área a regar (Re)** – geralmente obtém-se dividindo a dimensão menor da parcela a regar por dois. O comprimento da rampa, L_R , será menor do que este, devido ao alcance do último aspersor. Não inclui canhão de extremidade.



$$Re = L_R + r_f$$

r_f é o alcance do aspersor de extremidade

L_R é o comprimento da rampa

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Determinação da **evapotranspiração de ponta** de acordo com a probabilidade escolhida;

Atribuição da **eficiência de aplicação**, que depende do tipo de aspersores utilizados no pivot.

| Sistemas de rega | Eficiências (%) |
|--|-----------------|
| • Rega por aspersão | |
| Sistemas estacionários de cobertura total | 65 – 85 |
| Sistemas estacionários deslocáveis manualmente | 65 – 80 |
| rampas com rodas | 65 – 80 |
| Aspersores canhão com enrolador ou com cabo | 55 – 70 |
| Rampas móveis, com pivot central | 65 – 85 |

| Tipo aspersor | Ea (%) |
|------------------|--------|
| Rotativo impacto | 75 |
| Spinner | 78 |
| Rotator | 80 |



Rotativo: alta pressão



Spinner: aspersor rotativo mais rápido e de mais baixa pressão
 Área Disciplinar de Engenharia Rural



Rotator: maior alcance e menor pluviometria que o *spinner*. Média pressão

Determinação da área regada pelo pivot

- Área regada pelo pivot, A (ha)

$$A = \pi \frac{Re^2}{10000} P$$

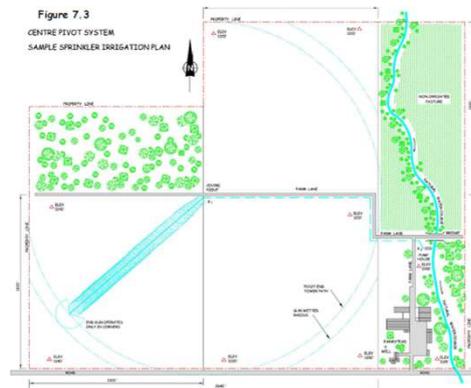
Re - Raio efetivo regado pelo pivot = $L_R + r_f$

r_f – raio molhado pelo aspersor da extremidade (m);

L_R – comprimento da rampa (m);

P – fração de circulo a regar.

Exemplo de pivot a regar 75 % do circulo



Determinação da capacidade do sistema

Nota introdutória: O intervalo máximo entre regas para um pivot geralmente não é calculado, considerando-se que este aplica água **diariamente para atender à taxa de evapotranspiração máxima**. Funciona à semelhança dos sistemas de rega localizada, repondo a humidade do solo diariamente para corresponder à quantidade retirada por uma cultura. O intervalo máximo de rega é, portanto, apenas um dia ou um pouco mais longo, caso não se consiga aplicar a ET/Ea num só dia.

- **Capacidade do sistema, C_s ($L s^{-1}$):** Caudal para satisfazer as necessidades de rega em período de ponta com o nível de garantia pré estabelecido, caso o pivot regue continuamente (regas diária com duração de 24 h). Corresponde, portanto, ao caudal mínimo necessário.

$$C_s = 0.116 \frac{D_u A}{E_a}$$

D_u – dotação útil (mm/dia); A - área regada (ha); E_a – eficiência do sistema de rega (decimal).

Se existir um canhão de extremidade, o seu caudal deve ser calculado separadamente, com base no raio extra coberto pelo canhão, mesmo que este só funcione periodicamente. Deste modo a pluviometria do canhão será semelhante à do pivot.

$$C_s = C_R + C_{CE}$$

C_{ce} – caudal do canhão de extremidade ($L s^{-1}$);

C_R - caudal da rampa ($L s^{-1}$);

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Determinação do caudal do sistema para o esquema de rega pretendido

- **Caudal do sistema, Q_s , ($L s^{-1}$):** Caudal que a máquina deve fornecer, de acordo com o IR e o Tr selecionados.

$$Q_s = 0.116 \frac{D A}{F_d}$$

D – dotação de rega para o intervalo entre regas escolhido (mm/dia);

A - área regada (ha);

F_d – Fração diária de rega = $Tr/24$

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Determinação da taxa de aplicação ou pluviometria

- Pluviometria máxima (na extremidade da rampa) (mm h⁻¹)

$$P_{luv} = \frac{3600 Q_s C_{pe}}{L_R \cdot r_f}$$

Q_s – caudal que entra no sistema (L s⁻¹);

r_f – raio molhado pelo maior aspersor, localizado na extremidade da rampa (m);

L_R – comprimento da rampa (m)

C_{pe} – coeficiente de precipitação efetiva - fração da água emitida pelos aspersores, que chega ao solo;

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Tempo para o pivot dar uma volta e velocidade correspondente

$$t_{volta} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L_R}{60 \cdot v}$$

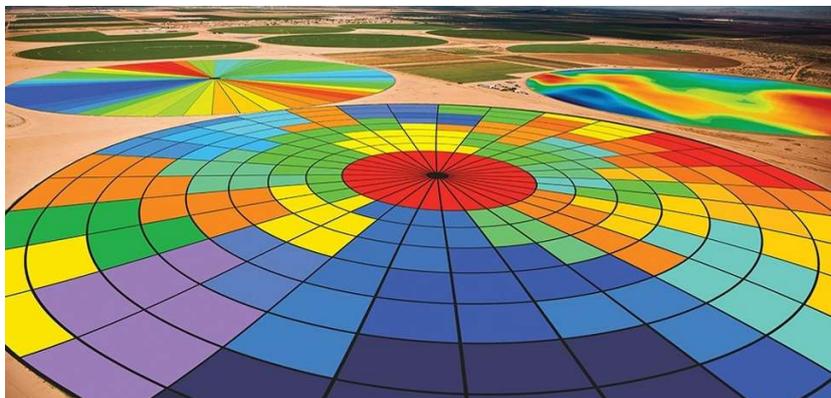
t_{volta} o tempo necessário para o pivot dar uma volta completa (h) ;
v a velocidade da ultima torre > = velocidade mínima (m min⁻¹)



Para minimizar o escoamento superficial

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Rega de precisão



Valley VRI is available with every **Valley ICON® smart panel**. According to VRI Product Manager Craig Bell, "Our customers requested that we make VRI available through their control panels, so that's what we did. It just made sense. To use **VRI Speed Control** and **VRI Zone Control** through their Valley ICON panels, irrigators simply need to navigate to the corresponding VRI menu and select the **VRI prescription** they want to run."

Área Disciplinar de Engenharia Rural

31. Um pivot com 241.4 m, sem canhão de extremidade será utilizado para regar uma parcela cultivada com milho grão ($E_f = 85\%$). O aspersor final tem um alcance de 10 m. A ET_c de ponta é 8.5 mm dia^{-1} . Determine:

- A área regada pelo pivot; (19.9 ha)
- O caudal do sistema para regas diárias de 20 h; (27.7 L/s)
- A velocidade da última torre do pivot para as condições de b); (1.26 m/min)
- A pluviometria na extremidade do pivot; (37.22 mm h⁻¹)

32. Um pivot sem canhão de extremidade será utilizado para regar uma parcela com dimensões 700 x 480 m, cultivada com milho grão. O alcance do aspersor de extremidade é 10 m. O caudal do pivot é 26 L s^{-1} . O pivot dá uma volta em 16 h. A ET_c de ponta é 7 mm dia^{-1} ($E_f = 85\%$). Determine:

- O comprimento da rampa; (230 m)
- A área regada; (18.1 ha)
- Verifique se, quando a velocidade da última torre for programada para o valor de 2.1 m min^{-1} , o pivot consegue aplicar a dotação diária pretendida; (não)
- A velocidade da última torre para aplicação da dotação pretendida; (1.5 m min⁻¹)
- A pluviometria do último aspersor (36.6 mm)

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Equipamentos para adaptação da rampa pivotante e da rampa de deslocamento frontal

LEPA – Low energy precision application



Culturas a lanço

- Redução das perdas por *wind drift*
- Redução das perdas por escoamento superficial



Culturas em linha

Area Disciplinar de Engenharia Rural

Emissor mais adequado para diferentes situações

| Text | Problema | Proposta de aspersor | Justificação |
|---------------------|--|--|--|
| ligeira | elevada pulverização dos jactos - arrastamento pelo vento e evaporação excessivos | aspersores estáticos | sistema funciona a pressão mais baixa, o tamanho das gotas aumenta-menor susceptíveis a arrastamento pelo vento e a evaporação |
| ligeira | arrastamento das gotas dos jactos pelo vento e evaporação | aspersores estáticos montados em tubos verticais (drops) | reduz-se a distância do emissor relativamente ao coberto vegetal e, conseqüentemente, reduz-se o arrastamento pelo vento e a evaporação |
| média a ligeira | elevadas taxas de aplicação, pequeno alcance do jacto - originam perdas por escoamento superficial | aspersores rotativos | funcionando a pressões mais elevadas, estes emissores apresentam maior alcance e portanto menor taxa de aplicação, com a conseqüente redução das perdas por escoamento superficial |
| | devido à altura atingida pelo jacto este fica muito susceptível à acção do vento | aspersores rotativos de jacto raso | a trajectória percorrida pelo jacto é menor, diminuindo-se o arrastamento pelo vento e a evaporação |
| média a lig declive | grande distância entre os emissores e o solo, jacto susceptível ao efeito do vento e evaporação | sistema LEPA | aplica-se a água junto ao solo, minimizando-se o arrastamento pelo vento e a evaporação. Exige reguladores de pressão e armação dos sulcos em covachos |

Outra medida de uso eficiente de água muito importante em solos de textura pesada consiste na armação do solo em covachos



Videos interessantes sobre pivots e rampas de deslocamento frontal:

https://www.youtube.com/watch?v=g2_diP-5cMo

<https://www.youtube.com/watch?v=7hMkpVVBCKk>

https://www.youtube.com/watch?v=AlyvWK_VAwk

Área Disciplinar de Engenharia Rural