



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

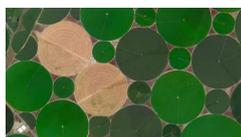
4.3.1.1 Os aspersores

4.3.1.2 Sistemas de rega fixos por aspersão

4.3.1.3 Canhão com enrolador

4.3.1.4 Rampa pivotante e rampa de deslocamento frontal

4.3.1.5 Rega Localizada



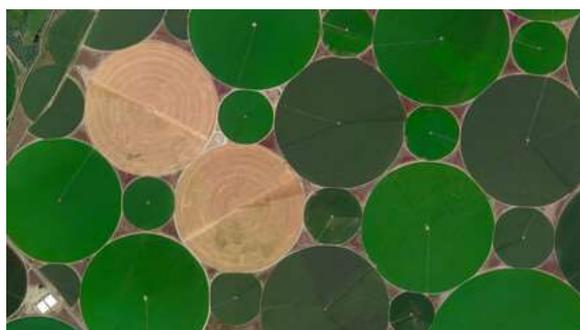
1. Considerações gerais

- 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**.



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.



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



Considerações gerais

- 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.



Aplicabilidade

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

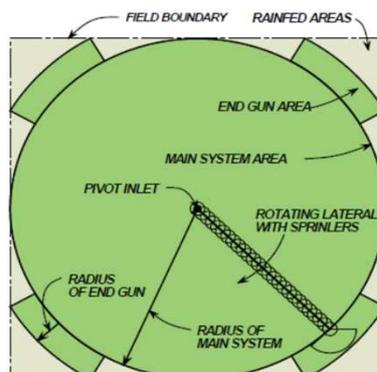
Vantagens

- 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.





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.

Desvantagens

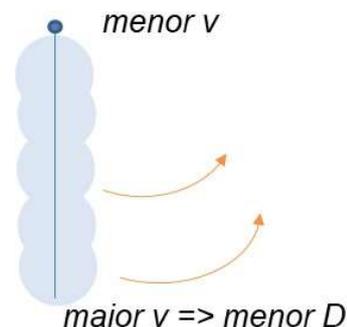
- Elevado custo inicial;
 - Taxas de aplicação variáveis ao longo do sistema (maiores no final do sistema)
 - Requer um sistema de controlo complexo;
 - Vulnerável aos relâmpagos
-
- Elevada pluviometria na extremidade (até 100 mm/h)
 - Grande parte da água tem que ser fornecida na extremidade da rampa, 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.

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;**

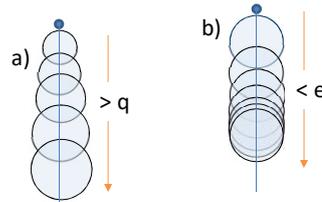


Este é o maior problema destas máquinas de rega, que podem trabalhar com pluviometrias muito elevadas (ao nível de uma “chuva torrencial”).

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 aquando do seu dimensionamento.



carta de rega de um pivot

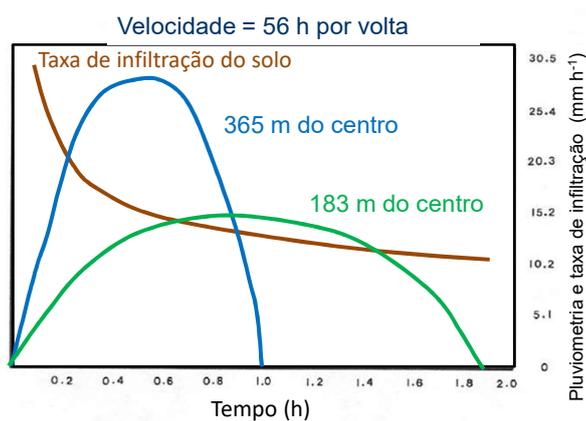
AS5054-1 24 Apr 2014 LINDSAY , 7 TOWER, 740 gpm, 22 psi PAGE 3									
---	OUTLET---	REG-	PSI	---	GPM---	---	SPRINKLER----	---	NOZZLE---
No	Loc	Sep	Model	RegIn	Req	Del	Model	Plate	SpNo.
111	271.3	9.8	LB10	27.8	2.1	2.1	A3000	Navy	26 #19 Gray w/trqu
-x-							PLUG 3		
115	281.0	9.8	LB10	27.7	2.3	2.3	A3000	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
-x-							PLUG 3		

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

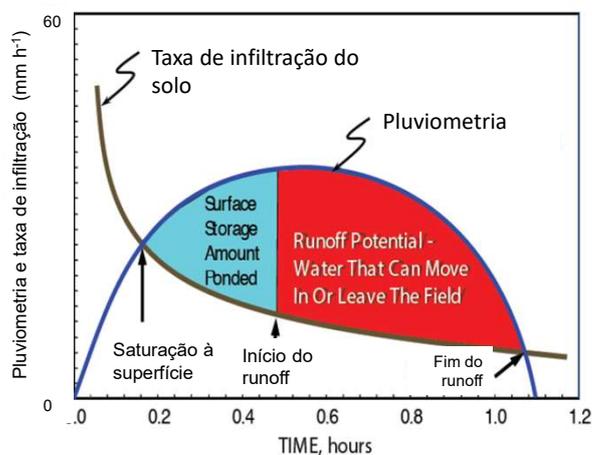
- as distâncias dos diferentes aspersores em relação ao centro do pivot,
- o tipo de aspersor o caudal debitado por cada aspersor,
- o diâmetro do bico dos aspersores;
- o regulador de pressão necessário em cada aspersor;
- o caudal que entra no pivot, a pressão necessário à entrada do pivot

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.

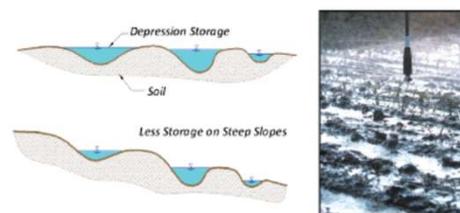
Exemplo de pivot com raio de 370 m



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



- 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.

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

Reduzir a dotação, por aumento da **velocidade do pivô**, é a única opção disponível para os regantes 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.



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)



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)



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".



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)
35-60' (11.9-18.3 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

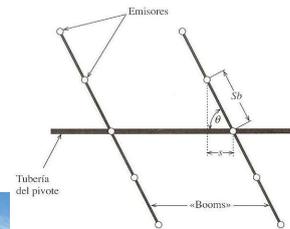


Developed for the land application of wastewater, the **T3000 Trashbuster** features an open-architecture body design to pass debris more easily. Available with the 3000 FC, a plug-resistant, flow compensating sprinkler package can simplify maintenance. 3000 Series only (3TN or 3000 FC nozzle).

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;



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:

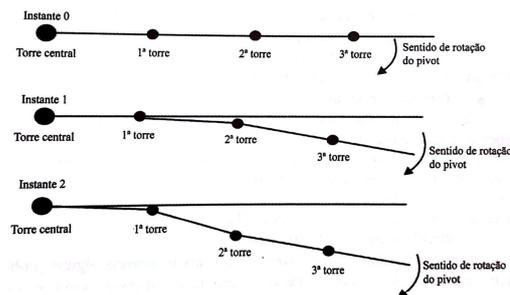
- Aço galvanizado, alumínio, aço inoxidável
- Troço entre duas torres – tramo. Todos têm todos o mesmo diâmetro, mas não necessariamente o mesmo comprimento
O comprimento dos tramos é função das perdas de energia, ou seja, do diâmetro da tubagem, do declive e da topografia
- Diâmetros nominais (externos)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

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 m 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.

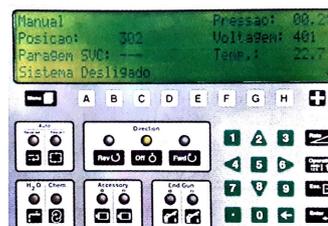
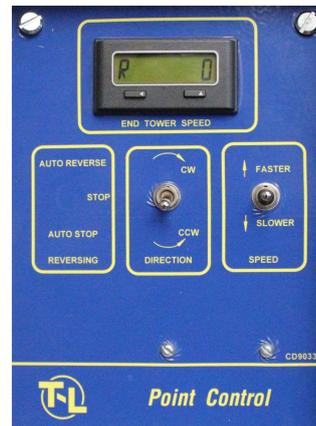


Quando se controla a velocidade de deslocação do Pivot controla-se a dotação de rega.

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

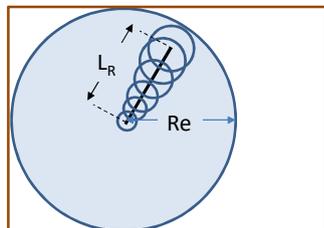
A velocidade geralmente vem expressa em %.

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



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

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

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



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

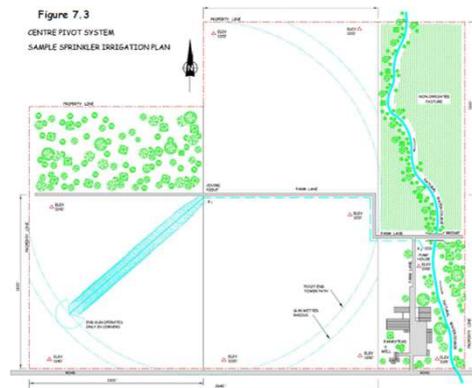
Determinação da área regada pelo pivot

- 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 círculo a regar.

Exemplo de pivot a regar 75 % do círculo



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/Ef 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.

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

DU – dotação útil (mm/dia) ; A - área regada (ha); Ef – 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 ($L s^{-1}$);

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);

Fd – Fração diária de rega = Tr/24

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;

Tempo para o pivot dar uma volta e velocidade correspondente

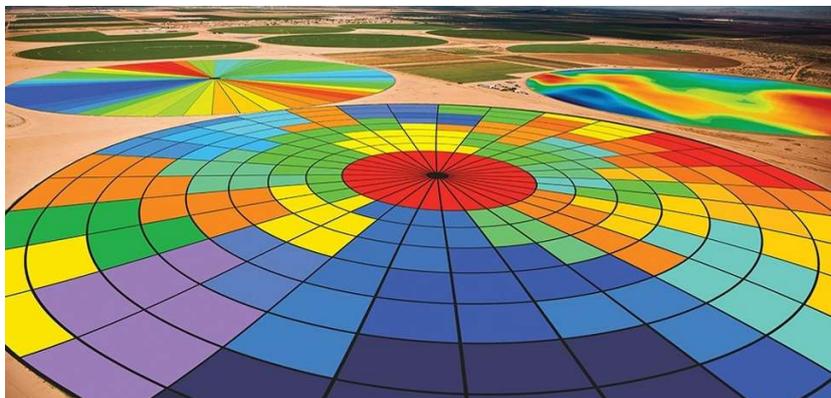
$$t_{volta} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L_R}{60 \cdot v}$$

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

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."

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 15 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)

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

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