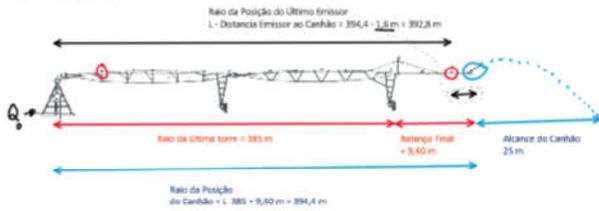


AULA - PROJETO DE PIVÔ CENTRAL

Trabalho: Mar 1, 2020 1:02:07 PM



- Dados do Projeto:
1. Área do Pivô central = 55,3 ha
  2. Evapotranspiração máxima da cultura = 4,75 mm/dia (feijão)
  3. Eficiência Esperada = 95 %
  4. Dimensões do equipamento Pivô Central

$$Q_0 \frac{\text{m}^3/\text{dia}}{\text{ha}} = \frac{\text{mm}/\text{dia}}{\text{Efic}} \cdot \frac{\text{ha}}{\text{Área} \cdot 1000} = \frac{\text{Efic}}{\text{Efic}} \cdot \frac{\text{Tempo de operações}}{\text{Dias}} \cdot \text{horas}$$

(Elettrico  $\rightarrow 21 \text{ horas}$ )  
 (Diesel  $\rightarrow 24 \text{ horas}$ )

Elettrico

$$Q_0 = \frac{4,75 \cdot 55,3 \cdot 1000}{95\% \cdot 21} = 131,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

Diesel

$$Q_0 = \frac{4,75 \cdot 55,3 \cdot 1000}{95\% \cdot 24} = 115,20 \text{ m}^3/\text{h}$$

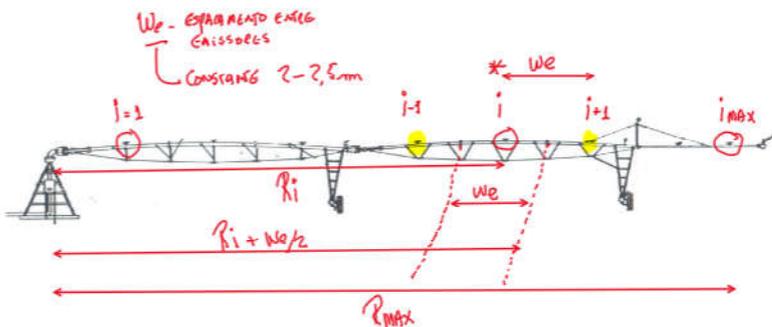
$\Rightarrow$  Isolando o Termo Lâmina Bruta do pivô central ( $h_{B-PC}$ )

$$h_{B-PC} = \frac{E_{TC}}{E_{FIC}} = \frac{Q_0 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{Tempo de operações}/\text{Dias}}{\pi \cdot (L + A_c)^2 \cdot 1000}$$

$\Rightarrow$  Cálculo da Lâmina Bruta Aplicada por um emissor.

$h_{B-E} \Rightarrow$  Objetivo  
 Calcular o diâmetro de cada boca do pivô central

$$h_{B-E} = \frac{q_{0i} \cdot \text{Tempo de operações}/\text{Dias}}{\pi \left[ \left( R_i + \frac{W_e}{2} \right)^2 - \left( R_i - \frac{W_e}{2} \right)^2 \right] \cdot 1000}$$



(A) (B)

$$\frac{Q_0 \cdot T}{\pi \cdot (L + A_c)^2} = \frac{q_{0i} \cdot T}{\pi \left\{ \left[ R_i + 2R_i \frac{W_e}{2} + \left( \frac{W_e}{2} \right)^2 \right] - \left[ R_i - 2R_i \frac{W_e}{2} + \left( \frac{W_e}{2} \right)^2 \right] \right\}}$$

$$\frac{w_0}{R \cdot (L + A_c)^2} \cdot \left[ \left[ R_i^2 + 2R_i \frac{w_0}{2} + \left( \frac{w_0}{2} \right)^2 \right] - \left[ R_i^2 - 2R_i \frac{w_0}{2} + \left( \frac{w_0}{2} \right)^2 \right] \right]$$

$$q_{foi} = \frac{Q_0 \cdot 2R_i w_0}{(L + A_c)^2}$$

→ Diâmetro do Bocal

$$q_{bocal} = \text{Área do Bocal} \cdot \text{Velocidade de saída da água do Bocal}$$

$$q_{bocal} = \underbrace{\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot C_c}_{\text{Área Real}} \cdot \underbrace{\sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot C_v}_{\text{Velocidade Real}}$$

$$q_{bocal} = C_d \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot C_v \quad V_{Hi} = K \cdot H^{0.95} = q_{bocal}$$

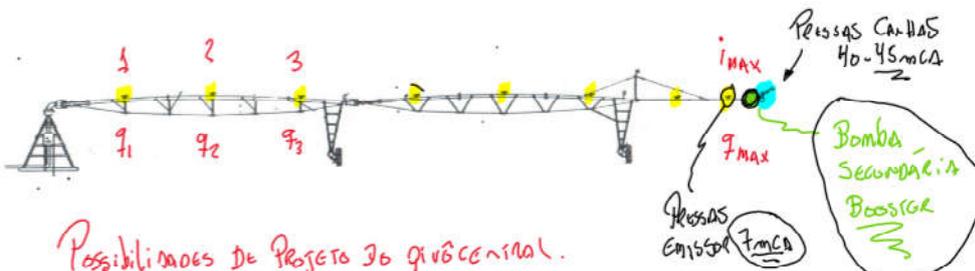
Este valor varia ao longo do eixo central

$$D_i = \frac{q_{bocal} \cdot 4}{C_d \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot V_{Hi}}}$$

Supondo  $w_0 = 2m \Rightarrow \sim 196$  emissões no pivô central

$$D_1, D_2, D_3, D_4, \dots, D_{196} \leftarrow \text{Difusores}$$

### Determinação da Pressão de Operação do Sistema Pivô Central (Hi)



### Possibilidades de Projeto do pivô central.

Condições Topo Gráfico  
Nível x Denível

- SEM CANAL FINAL
  - SEM REGULADOR DE PRESSÃO ①
  - COM REGULADOR DE PRESSÃO ②
- COM CANAL FINAL
  - SEM REGULADOR DE PRESSÃO ③
  - COM REGULADOR DE PRESSÃO ④

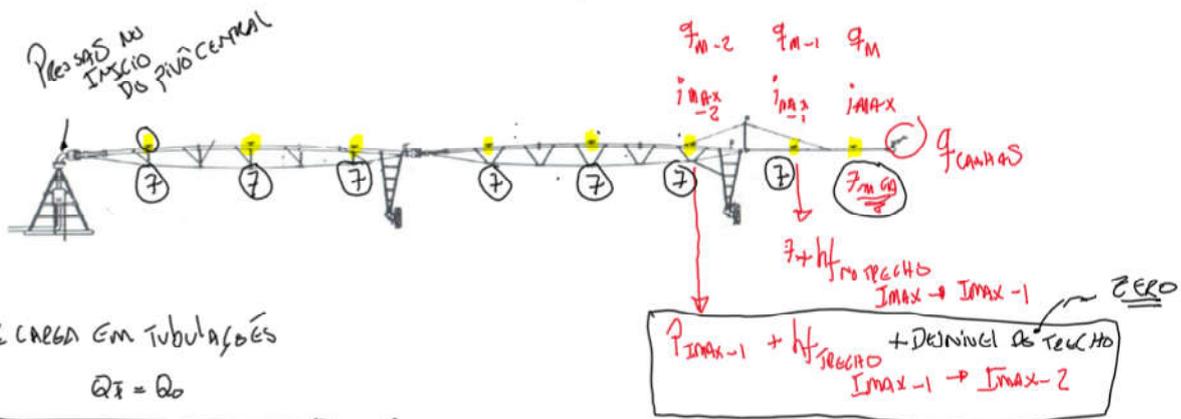
ACIONADAS PELA BOMBA PRINCIPAL.
- COM CANAL FINAL
  - SEM REGULADOR DE PRESSÃO ⑤
  - COM REGULADOR DE PRESSÃO ⑥

ACIONADAS PELA BOMBA SECUNDÁRIA (BOOSTER)

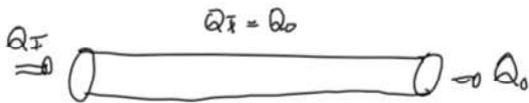
Desafio  
Custo da  
Fugas  
↳ Comprometo  
2\*  
RND do  
equipamento  
#

OBS ⇒ Quem define a pressões do último emissor é o projetista

↳ Em Funções do tipo de emissor selecionado para o projeto.



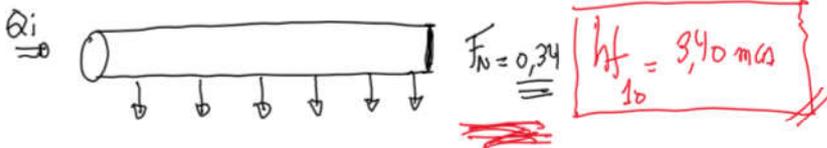
• Perda de carga em tubulações



↳ Fórmula de Hazen Williams

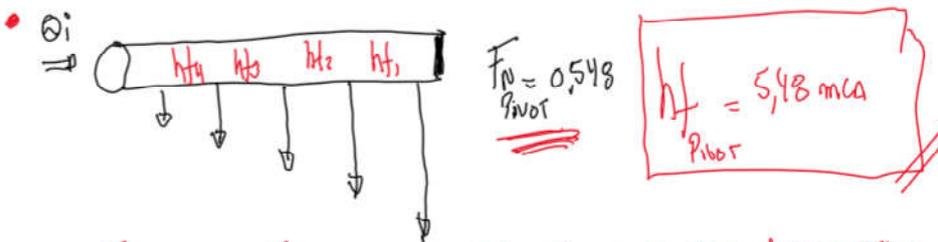
Ex. ⇒  $hf = 10 \text{ mca}$

• Múltiplas saídas ⇒ vazão derivada constante



Ex. lopsi =  $1 \text{ mca}$

• Múltiplas saídas ⇒ vazão derivada Função da área do anel molhado



$F_N 0,34$  e  $F_N 0,548$  ⇒ valem somente para 2 diâmetros

↳ Para tubulações telescópica (+ 2 diâmetros)

↳ Cálculo do  $F_N$  bem mais complexo e difícil

• Exemplos de cálculo de pivô central

↳ vazão do pivô central =  $115,2 \text{ m}^3/\text{hora} \Rightarrow 0,032 \text{ m}^3/\text{s}$  @

Ø tubulações 6" 5/8 ⇒ 6,625" (Diâmetro padrão de pivô central)

$$hf_{pivot} = \frac{10,65 \cdot Q^{1,852}}{C \cdot D_m^{4,97}} \cdot L_m \cdot F_N_{pivot}^{0,548}$$

$L = 394,4 \text{ m}$   
 $C = 130 \text{ AFO}$

$hf_{pivot} = 2,80 \text{ mca}$

⇒ Possibilidades de Projeto A serem Analisada ⇒ 4 opções

CANALIZADO  
pela Bomba  
Principal

- Pressão no final da tubulação
- Desnível Centro - Ponto Mais Alto
- hf na tubulação aérea
- Altura do pivô
- hf localizada no regulador de pressão

	OPÇÃO A	OPÇÃO B	OPÇÃO C	OPÇÃO D
Desnível + I.V.A.S Regulador 15 PSI	10,5 mca	* 40,0 mca	46,0 mca	10,5 mca
Desnível Centro - Ponto Mais Alto	10 mca	10,0 mca	0 mca	0 mca
hf na tubulação aérea	2,8 mca	2,8 mca	2,8 mca	2,8 mca
Altura do pivô	3,95 mca	3,95 mca	3,95 mca	3,95 mca
hf localizada no regulador de pressão	3,0 mca	3,0 mca	0 mca	0 mca

nas opções somar

Pressão na Base do Pivô Central (mca)

↓  
Hm Bomba

⇒ 30,25 mca • 56,75 mca 46,75 mca • 17,25 mca

• Desnível Rio - Centro do Pivô = 20,0 mca

• hf a jusante Rio - Centro do Pivô = 8,0 mca

• Falca 5% hf localizada

30,25	56,75	46,75	17,25
+ 20,00	20,00	20,00	20,00
+ 8,00	8,00	8,00	8,00
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
58,25	84,75	74,75	45,25
x 1,05	x 1,05	x 1,05	x 1,05

Pressão na Bomba  
Hm → mca

⇒ 61,16 mca	• 88,99 mca	78,48 mca	47,51 mca
34,73 CV	• 52,14 CV	44,57 CV	• 26,98 CV
	<small>MAIOR POTÊNCIA</small>		<small>MENOR POTÊNCIA</small>

$$Potência da Bomba (CV) = \frac{Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta} = \frac{32 \text{ l/s} \cdot (H_m)}{75 \cdot 0,75}$$

Quanto custa em energia elétrica por ano?

↳ Trabalho custo de energia para pesquisas

TABLE 6. Total annual cost of electricity for an irrigation engine of 100 HP (x R\$ 1000.00), depending on the tariff, current flag and operating hours in the Northeast, Southeast and Central-west, using the period-time tariff of March/2015.

Region <sup>a</sup>	Flag	Time used	Green tariff	Bohemia green tariff	Blue tariff	Bohemia blue tariff	Conventional tariff
M10 - NE	Green	21 h/day	129.62	92.85	119.37	84.05	151.81
		24 h/day	190.12	153.35	146.58	111.26	168.81
	Yellow	21 h/day	143.51	106.74	133.26	97.94	165.70
		24 h/day	206.00	169.23	162.45	127.14	184.68
	Red	21 h/day	157.41	120.64	147.15	111.83	179.59
		24 h/day	221.87	185.10	178.33	143.02	200.56
M10 - F2 - NE	Green	21 h/day	131.86	94.84	120.56	85.00	157.18
		24 h/day	192.86	155.85	148.94	113.38	174.29
	Yellow	21 h/day	145.84	108.83	134.54	98.99	171.16
		24 h/day	208.85	171.83	164.92	129.37	190.27
	Red	21 h/day	159.82	122.81	148.53	112.97	185.15
		24 h/day	224.83	187.81	180.90	145.36	206.26
M4 - SE	Green	21 h/day	67.44	53.10	66.01	51.71	77.19
		24 h/day	92.43	78.08	81.24	66.94	85.70
	Yellow	21 h/day	73.00	58.66	71.57	57.27	82.75
		24 h/day	98.78	84.43	87.59	73.29	92.05
	Red	21 h/day	78.56	64.21	77.12	62.83	88.31
		24 h/day	105.13	90.78	93.94	76.51	98.40
M4 - F8 - SE	Green	21 h/day	76.03	60.73	72.72	57.47	97.36
		24 h/day	103.09	87.79	95.30	80.05	106.42
	Yellow	21 h/day	81.96	66.66	78.64	63.39	103.28
		24 h/day	109.86	94.56	102.07	86.82	113.20
	Red	21 h/day	87.88	72.58	84.57	69.32	109.21
		24 h/day	116.64	101.34	108.85	85.77	119.97
M6 - CW	Green	21 h/day	98.74	73.89	98.74	73.89	111.78
		24 h/day	135.11	110.27	123.97	99.13	124.64
	Yellow	21 h/day	107.07	82.23	107.07	82.23	120.11
		24 h/day	144.64	119.79	133.50	108.65	134.17
	Red	21 h/day	115.41	90.56	115.41	90.56	128.45
		24 h/day	154.16	129.32	143.02	109.28	143.69
M6 - F6 - CW	Green	21 h/day	105.63	79.96	105.63	79.96	126.90
		24 h/day	143.51	117.84	138.74	113.06	140.19
	Yellow	21 h/day	114.25	88.57	114.25	88.57	135.51
		24 h/day	153.36	127.68	148.58	122.91	150.04
	Red	21 h/day	122.86	97.19	122.86	97.19	144.12
		24 h/day	163.20	137.52	158.42	116.57	159.88

ESCOLHA DO IRRIGANTE

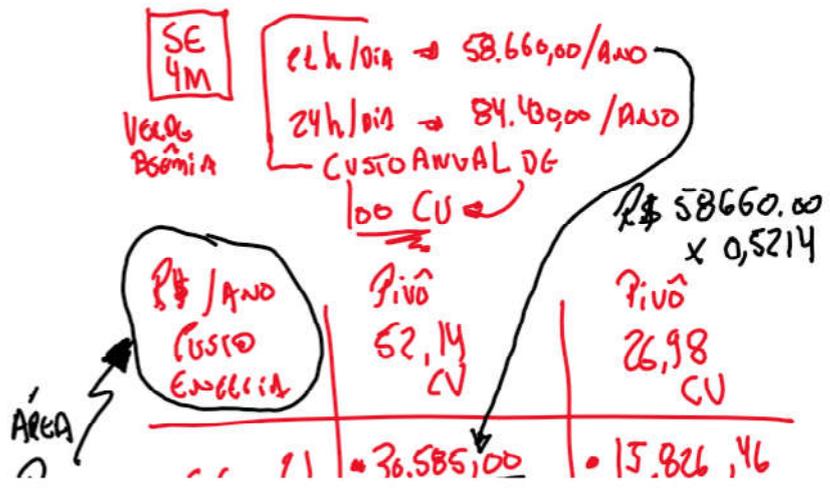
EM FUNÇAS DAS CHUVAS

NÍVEIS DO RESEVATÓRIOS

MAIOR POTÊNCIA 52,14 CV

MEIORE POTÊNCIA ⇒ 26,98 CV.

PANDEIA AMARELA



ÁREA  
PÍVO  
55,3  
HA

Equipos		CV	CV
SE 21	• 36.585,00	• 15.826,46	
4M 24	44.021,00	22.703,22	
CW 21	• 42.874,72	• 22.185,65	
6M 24	62.458,50	32.319,34	
NE 21	• 55.654,52	• 28.798,45	
10M 24	88492,00	45.790,45	

Exemplo  $\rightarrow$  Fazenda São Romão

$$22 \text{ pivôs} \times 123 \text{ ha} = \underline{2585 \text{ ha sequeados}}$$

Potência  
Estimada

$$25 \text{ CV/ha}$$

$\rightarrow$  6.463 Cavalos de potência  
Instalados na área

$\hookrightarrow$  65 motores de 100 CV.

Taxa

Veículo  
Bônus

$$\rightarrow \text{NE} \rightarrow \text{20m} \rightarrow \text{R\$ } 106.740,00$$

$$\times 65 \text{ motores}$$

$$\text{R\$ } 6.938.100,00$$

/ANO

$$\text{Custo de energia} \sim \text{R\$ } 693.810,00 / \text{mês}$$

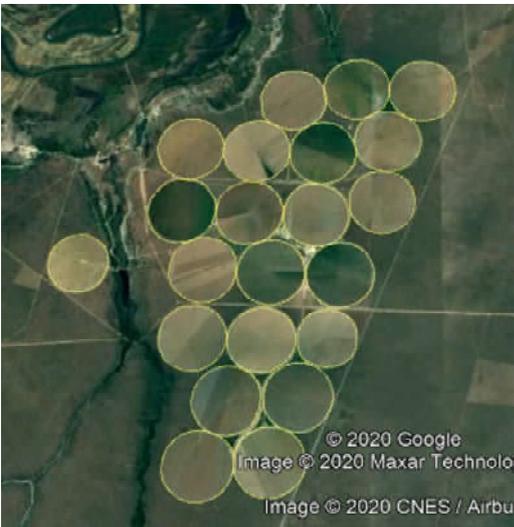
$$\hookrightarrow \text{R\$ } 23.127,00 / \text{dia de sequeação}$$

Pivôs Brasil

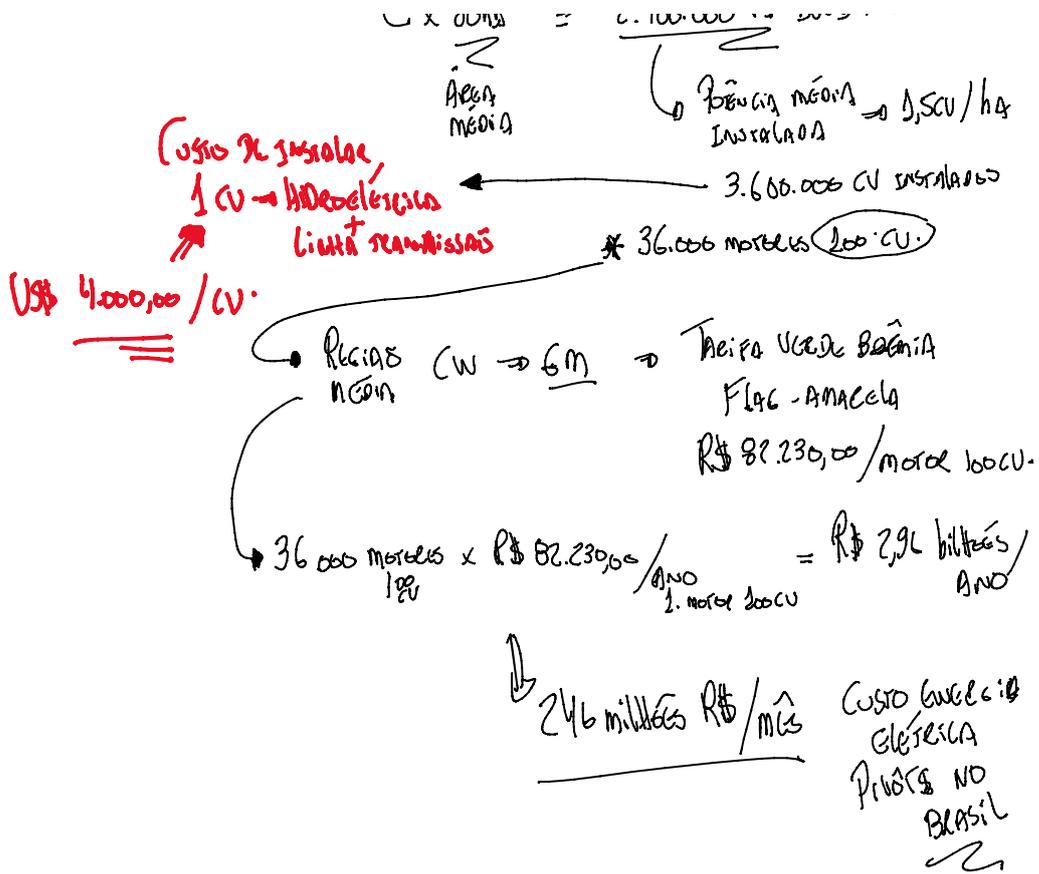
$\sim$  30.000 equipamentos instalados

$$\hookrightarrow \frac{\text{30.000} \times \text{80ha}}{\text{Área}} = \underline{2.400.000 \text{ ha sequeados}}$$

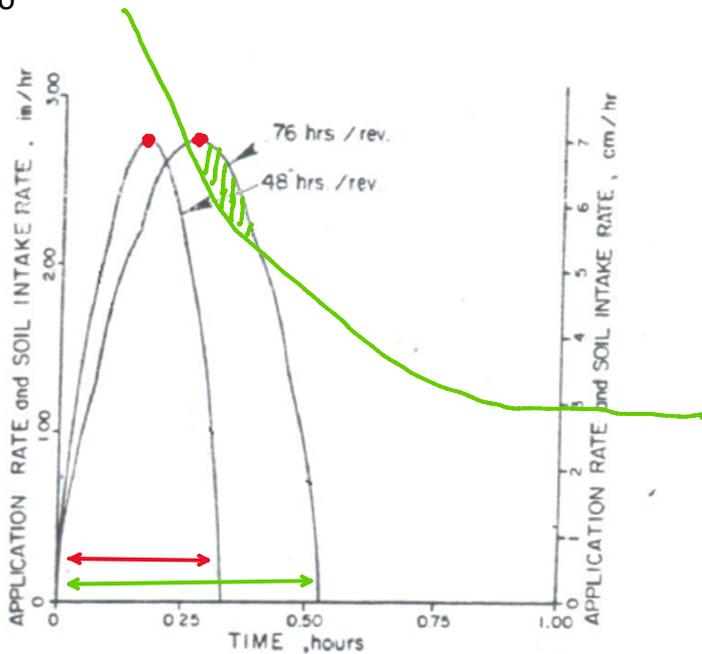
$\hookrightarrow$  Potência média: 1 CV/ha

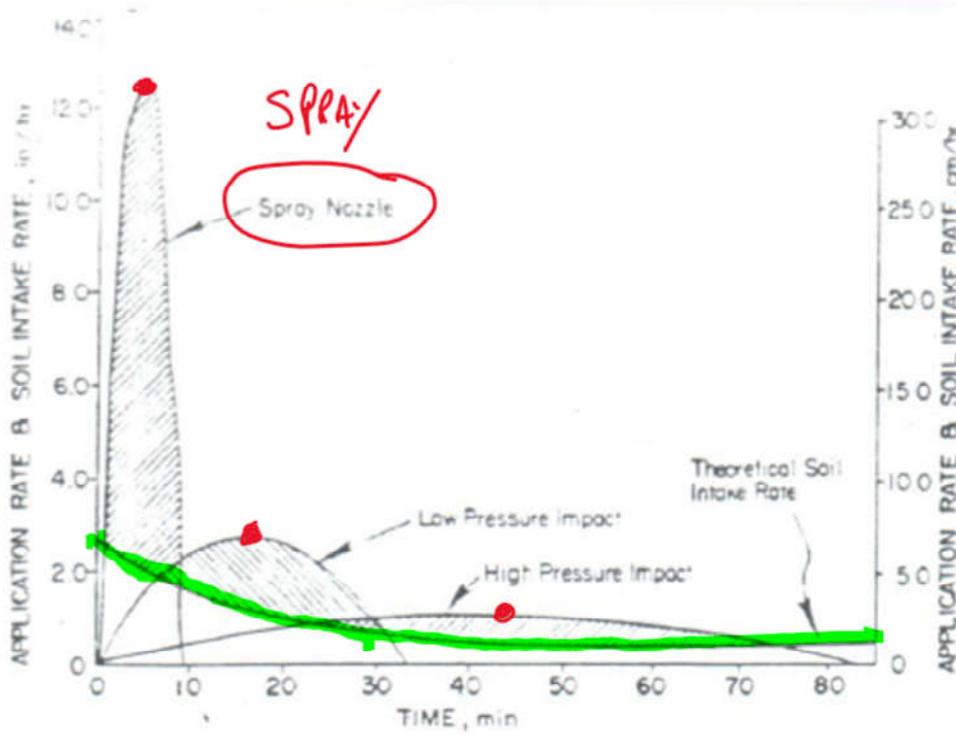
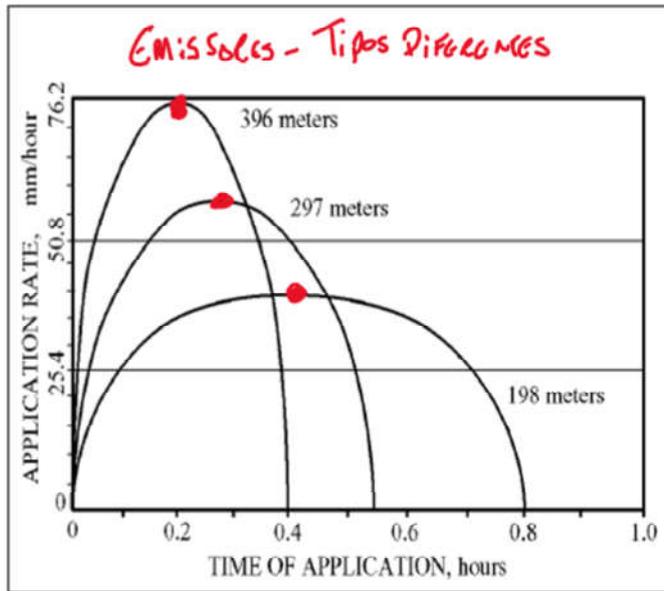


© 2020 Google  
Image © 2020 Maxar Technolo  
Image © 2020 CNES / Airbus

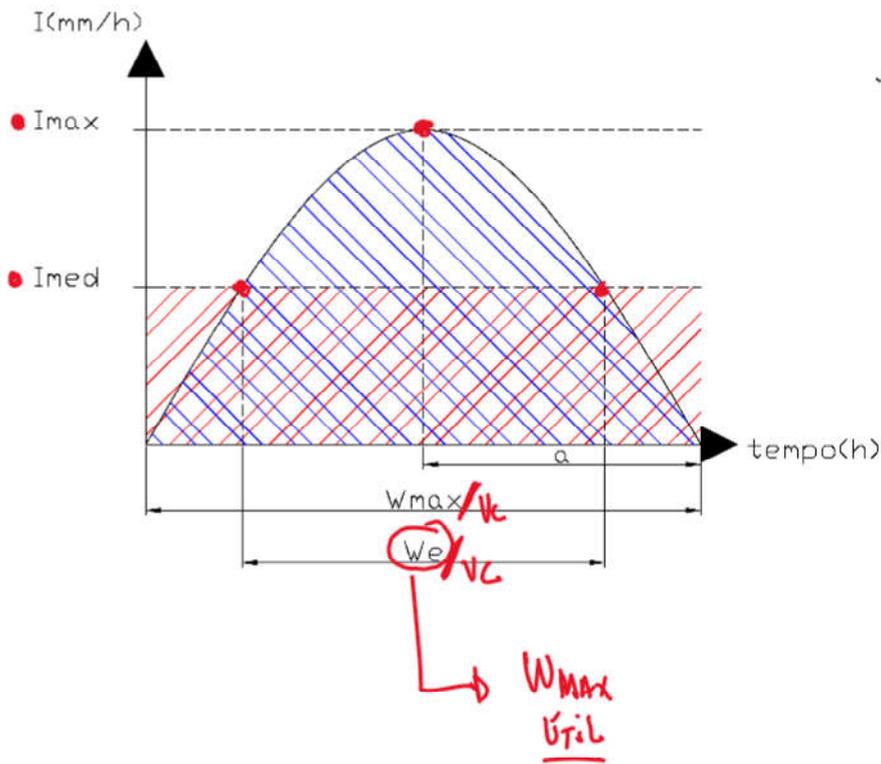


Adequação da taxa de aplicação do Pivô Central com a Infiltração de água no solo





⇒ Metodologia : cálculo da velocidade crítica do pivô central ( $V_c$ )



## Propriedade da Elipse

$$\bar{I} \cdot W_{max}/v_c = I_{max} \cdot W_{max} \text{ Util}/v_c$$

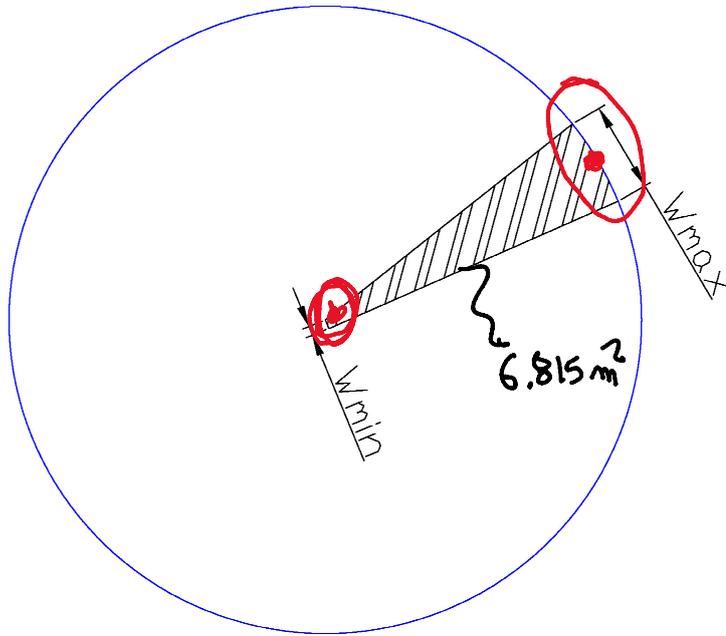
Lamina Bruta Aplicada

Lamina Bruta Aplicada

$$W_{max} \text{ Util} = \frac{\bar{I}}{I_{max}} \cdot W_{max}$$

CATALAGO DE FABRICANTES DO EMISSOR.

⇒ Cálculo do  $\bar{I}$  (Intensidade Média de Aplicações do Pivô Central)



$$\text{Área Hachurada} = \left( \frac{W_{\max} + W_{\min}}{2} \right) \cdot \left[ \frac{C_{\max}}{I_{\max}} + A_c + \frac{C_{\min}}{I_{\min}} \right]$$

$$\frac{30\text{m} + 25}{2} \cdot (372,8 + 25 + 1,9) = 6.815,75\text{m}^2$$

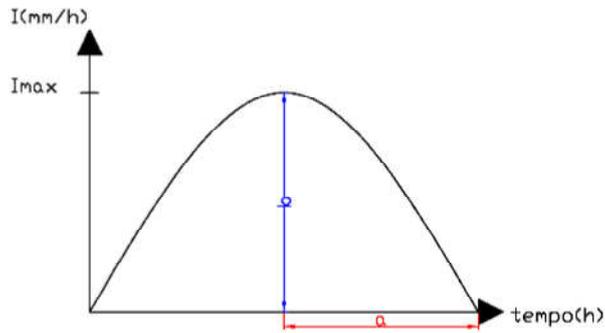
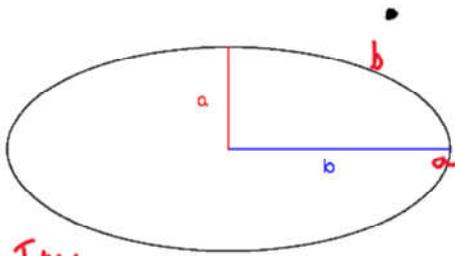
• Área Total do Equipamento

$$\hookrightarrow 55,2\text{ha} = 552.594\text{m}^2 \Rightarrow 24\text{horas}$$

$$6.815\text{m}^2 \Rightarrow 0,2959\text{horas}$$

$$\hookrightarrow \text{Limite de 5mm} \Rightarrow \bar{I} = \frac{5\text{mm}}{0,2959\text{h}} = 16,89\text{mm/horas}$$

$\Rightarrow$  Cálculo do  $I_{\max}$



$$b = I_{max}$$

$$a = \frac{W_{max}}{2 \cdot V_c}$$

$$\text{Área da elipse} = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{2}$$

• Cálculo de área (I)

$$L \quad hb = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{2} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{W_{max}}{2 \cdot V_c} \cdot I_{max}$$

•  $\bar{I} = \frac{hb}{T} \Rightarrow hb = \bar{I} \cdot T = \bar{I} \cdot \frac{W_{max}}{V_c} = hb \Rightarrow$  Cálculo de área (II)

$$\text{(I)} = \text{(II)} \quad \bar{I} \cdot \frac{W_{max}}{V_c} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{W_{max}}{2 \cdot V_c} \cdot I_{max} \Rightarrow \boxed{I_{max} = \frac{4 \cdot \bar{I}}{\pi}}$$

$$I_{max} = \frac{4}{\pi} \cdot 16,89 \text{ mm/h} = 21,5 \text{ mm/hora}$$

$W_{max \text{ util}} = \frac{I}{I_{max}} \cdot W_{max}$  ↗ Catálogo de Fibras e Cargas de Emissão.

$$\Rightarrow W_{max \text{ util}} = \frac{16,89}{21,50} \cdot 30 \text{ mm} = \boxed{23,6 \text{ mm}}$$

⇒ Velocidade crítica de caminhamento ( $V_c$ )

↳ Tempo que eu passo fixando  $I_{max} = 21,5 \text{ mm/hora}$  ?

↳ Curvas de ensaios feitos em óculos no solo  $\Rightarrow V I = k \cdot T^n \Rightarrow V I = 200 \cdot T^{-0,52}$

$$21,5 = 200 \cdot T^{-0,52}$$

$$\text{(Vc)} = \frac{W_{max \text{ util}}}{T_c} = \frac{23,6 \text{ mm}}{72 \text{ min}} = 0,33 \text{ m/min} = 19,8 \text{ m/hora}$$

$$T_c = \left( \frac{21,5}{200} \right)^{-1/0,52} = 72,89 \text{ minutos} //$$

Tempo crítico

⇒ Tempo de ruptura crítica ( $T_{ec}$ )

$$T_{ec} = \text{Perímetros da última Focla} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \text{Raio da última Focla}}{2}$$

$$Trc = \frac{\text{Perímetro da última Torre}}{\text{Velocidade crítica}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \text{Raio da última Torre}}{Vc}$$

$$Trc = \frac{6,283 \cdot 385 \text{ m}}{19,8 \text{ m/h}} = 122,2 \text{ horas} = 5,09 \text{ dias}$$

⇒ Posição crítica do percentimetro (0-100%) → Velocidade máxima flux = 125,7 m/h.

$$\begin{aligned} 125,7 \text{ m/h} &\rightarrow 200\% \circ \\ 19,8 \text{ m/h} &\rightarrow 15,75\% \circ \end{aligned}$$

⇒ Última zona aplicada na velocidade crítica

$$hb = \frac{Q \cdot t \cdot \text{Tempo de giro (h)}}{\text{Área (ha)} \cdot Lb} = \frac{115,3 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 122,2 \text{ h}}{55,3 \cdot Lb} = 265,5 \text{ mm}$$

W	i média	i máxima	Tc	WE	Vc	Tr
5	101,8021	129,3839	2,3113	3,9270	101,9405	0,9887
10	50,8011	64,8819	8,7649	7,8540	53,7646	1,8747
15	33,8674	43,1213	19,1147	11,7810	36,9797	2,7256
20	25,4005	32,3410	33,2373	15,7080	28,3580	3,5545
25	20,3204	25,8728	51,0495	19,6350	23,0780	4,3874
30	16,9337	21,5606	72,4852	23,5619	19,5035	5,1679

Relação entre alcances de aspersores, velocidade de caminamento do pivô central e tempo de rotação do pivô

