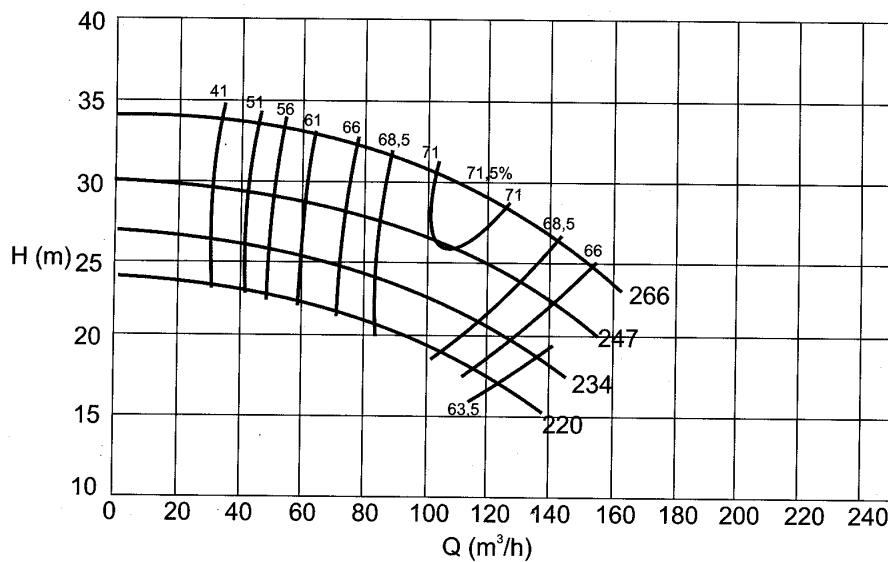
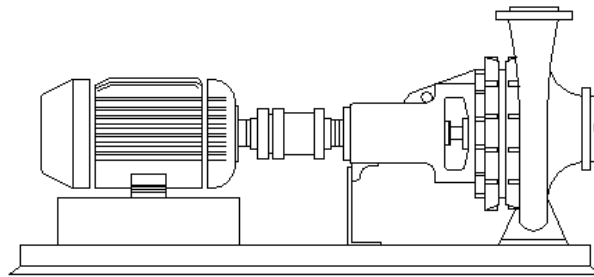


APOSTILA DE HIDRÁULICA:

Coletânea de tabelas e equações



Profa. Dra. Patricia Angélica Alves Marques
Agronomia

SISTEMA DE UNIDADES

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADE
Q	Vazão	m ³ /s
D ou Ø	Diâmetro	m
A	Área da seção transversal	m ²
P	Perímetro molhado	m
R	Raio	m
V	Velocidade média do líquido	m/s
L	Comprimento da tubulação	m
hf	Perda de carga	m
g	Aceleração da gravidade	g/cm ²
b	Coefficiente de rugosidade de Flamant	-
C	Coefficiente de rugosidade de Hazen-Williams	-
hfls	Perda de carga localizada da sucção	m
hflr	Perda de carga localizada do recalque	m
hfs	Perda de carga da sucção	m
hfr	Perda de carga do recalque	m
hft	Perda de carga total (hft = hfr + hfs)	m
Hg	Altura geométrica	m
Hmt	Altura manométrica total (Hmt = Hg + hft)	m
γ	Peso específico	kgf/m ³
ρ	Massa específica	UTM/m ³
d	Densidade relativa	Sem unidade

TRANSFORMAÇÕES

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ L/m}^2$$

$$1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ hora} = 3.600 \text{ segundos}$$

$$1 \text{ kgf/m}^2 = 10.000 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ L} = 1.000 \text{ ℓ}$$

$$1 \text{ polegada} = 1'' = 0,0254 \text{ m}$$

$$1 \text{ atm física} = 10.330 \text{ kgf/m}^2$$

$$1 \text{ atm técnica} = 10.000 \text{ kgf/m}^2$$

$$1 \text{ PSI (pound per square inches)} = 702,85 \text{ kgf/m}^2$$

$$\text{bar} = 10.194 \text{ kgf/m}^2$$

$$1 \text{ m.c.a.} = 1.000 \text{ kgf/m}^2$$

UNIDADES

Tempo	s
Comprimento	m
Velocidade	$m/s = m s^{-1}$
Pressão	$Kgf/m^2 = kgf m^{-2}$
Massa	UTM
Força	kgf

EQUAÇÕES

$$Área = S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Equação da continuidade

$$Q = S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2 = S_3 \cdot V_3 = S_4 \cdot V_4 = \dots = S_n \cdot V_n$$

Equação de Bernoulli

$$E_1 = E_2 + hf_{1 \rightarrow 2}$$

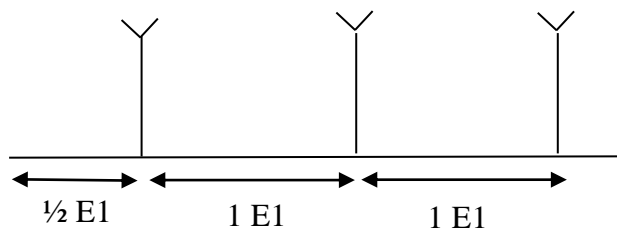
$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1 \rightarrow 2}$$

DIÂMETROS COMERCIAIS

Diâmetro		
M	mm	" (polegadas)
0,0063	6,3	1/4
0,0095	9,5	3/8
0,0125	12,5	1/2
0,016	16	5/8
0,019	19	3/4
0,025	25	1
0,031	31	1 ¼
0,038	38	1 ½
0,050	50	2
0,062	62	2 ½
0,075	75	3
0,1	100	4
0,125	125	5
0,150	150	6
0,2	200	8
0,25	250	10
0,3	300	12
0,35	350	14
0,4	400	16
0,45	450	18
0,5	500	20
0,55	550	22
0,6	600	24
0,65	650	26
0,7	700	28
0,75	750	30
0,8	800	32
0,9	900	36
1	1000	40

FATOR F DE MÚLTIPLAS SAÍDAS

Primeira saída a $\frac{1}{2}$ espaçamento (E1)

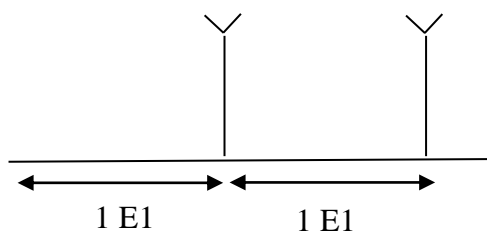


$$F = \frac{2N}{2N-1} \cdot \left[\left(\frac{1}{m+1} \right) \right] + \frac{\sqrt{(m-1)}}{6N^2}$$

N = número de saídas

m = expoente da vazão da equação (Hazen Willians = 1,852; Flamant = 1,75; Veronese = 1,80; Scobey = 1,90 e Darcy-Weisbach = 2,000)

Primeira saída a 1 espaçamento (E1)



$$F = \left(\frac{1}{m+1} \right) + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{(m-1)}}{6N^2}$$

N = número de saídas

m = expoente da vazão da equação (Hazen Willians = 1,852; Flamant = 1,75; Veronese = 1,80; Scobey = 1,90 e Darcy-Weisbach = 2,000)

PERDA DE CARGA

1 → Hazen willians
$$hf = \frac{10,65 \cdot Q^{1,852} \cdot L}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}}$$

MATERIAL	HAZEN-WILLIAMS coeficiente C
Plástico, polietileno, PVC	150
Latão, cobre, chumbo, estanho, chapas de ferro estanhado novos, cimento amianto, mangueiras de tecido revestidas de borracha de boa qualidade	140
Alumínio	135
Aço galvanizado, concreto de acabamento liso, ferro fundido e aço revestidos de cimento liso novos, ferro fundido novo	130
Ferro galvanizado	125
Alumínio com juntas de acoplamento rápido, Manilha de argila comum para drenos	120
Manilhas de ferro para esgoto	110
Alvenaria de tijolos revestido de cimento liso	100
Tubos corrugados	60

2 → Flamant
$$hf = \frac{6,107 \cdot b \cdot Q^{1,75} \cdot L}{D^{4,76}}$$

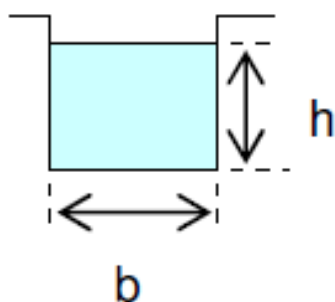
MATERIAL	FLAMANT coeficiente b
Ferro ou aço usado	0,00023
Ferro ou aço novo	0,000185
Concreto	0,000185
PVC	0,000135
Chumbo	0,000140

Localizada
$$hf = \sum K \cdot \frac{V^2}{2g}$$

PEÇA	K
Curva de raio longo	0,25 a 0,40
Curva de raio curto	0,90 a 1,50
Curva 45°	0,20
Registro de gaveta aberto	0,20
Registro globo aberto	10,00
T passagem direta	0,60
T saída lateral	1,30
T saída bilateral	1,80
Válvula de retenção	2,50
Válvula de pé	1,75
Medidor Venturi	2,50

CONDUTOS LIVRES (CANAIS)

RETANGULAR:



$$S = \text{Área} = b \cdot h$$

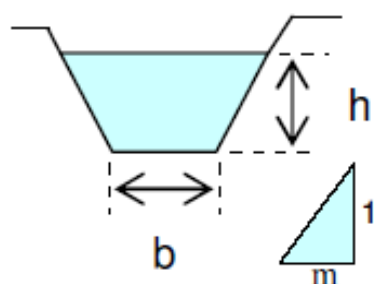
$$P = \text{Perímetro molhado} = 2 \cdot h + b$$

$$Rh = \text{RaioHidráulico} = \frac{S}{P}$$

$$V = \text{velocidade} = \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$Q = \text{vazão} = S \cdot V$$

TRAPEZOIDAL:



$$S = \text{Área} = b \cdot h + m \cdot h^2$$

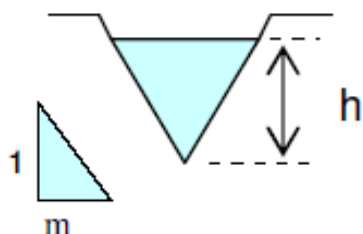
$$P = \text{Perímetro molhado} = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{(1 + m^2)}$$

$$Rh = \text{RaioHidráulico} = \frac{S}{P}$$

$$V = \text{velocidade} = \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$Q = \text{vazão} = S \cdot V$$

TRIANGULAR:



$$S = \text{Área} = m \cdot h^2$$

$$P = \text{Perímetro molhado} = 2 \cdot h \cdot \sqrt{(1 + m^2)}$$

$$Rh = \text{RaioHidráulico} = \frac{S}{P}$$

$$V = \text{velocidade} = \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

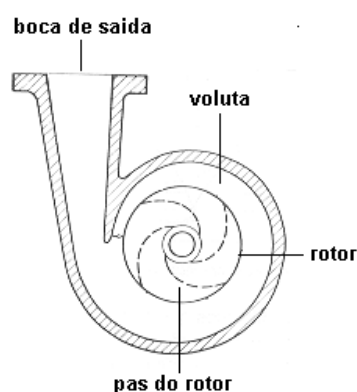
$$Q = \text{vazão} = S \cdot V$$

BOMBEAMENTO

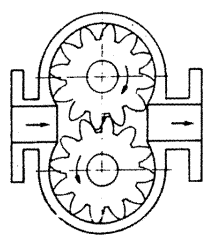
Bombas: São máquinas hidráulicas operatrizes que fornecem energia ao líquido com a finalidade de transportá-lo de um ponto a outro. Normalmente recebem energia mecânica e a transformam em energia cinética e de pressão ou em ambos.

Como as máquinas hidráulicas, as bombas também podem ser classificadas em dois grandes grupos:

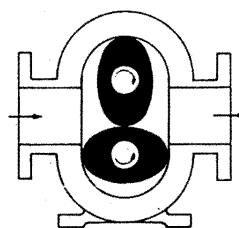
→Turbobombas: nestas o fluido é impulsionado pelas pás móveis de um rotor. Segundo a direção do fluxo elas podem ser: centrífugas, axiais e mistas.



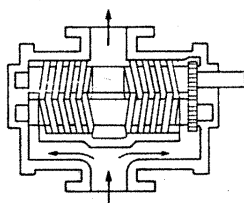
→Bombas volumétricas ou de deslocamento positivo: o fluido é impulsionado pela diminuição do volume numa câmara ou passagem. As Bombas de deslocamento positivo podem ser sub classificadas em: em alternativas (de embolo) e rotativas, chamadas de rotoestáticas.



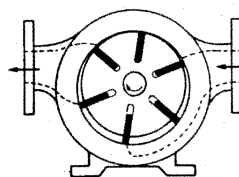
Bomba de engrenagens



Bomba de lóbulos



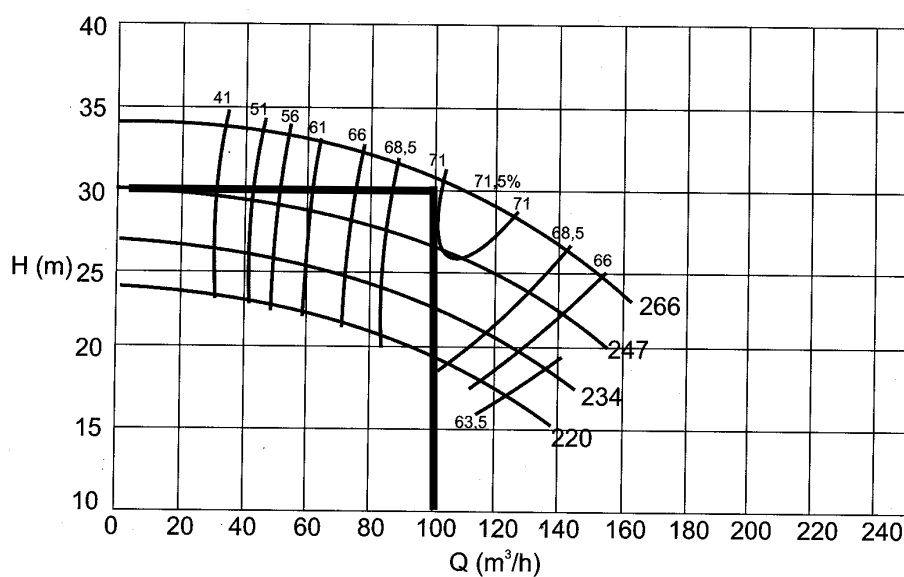
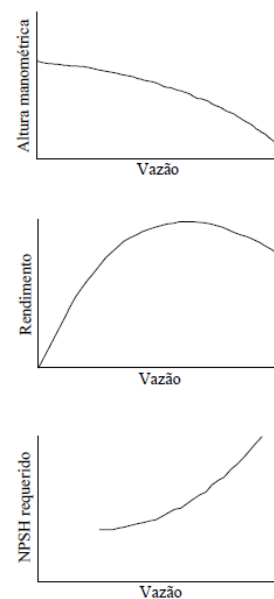
Bomba de parafusos



Bomba de palhetas

Curvas Características da Bomba

Quando se trabalha com estas curvas, têm-se graficamente as variáveis altura manométrica (Hmt), rendimento (η) e NPSH requerido em função da vazão. As curvas de rendimento e altura manométrica podem ser criadas em gráficos separados ou em um único gráfico, dependendo do fabricante. Essas três variáveis caracterizam as condições de funcionamento de uma bomba. Tais gráficos são plotados pelos fabricantes e publicados na forma de catálogos, utilizando-se resultados de testes realizados em laboratório. Para bombas centrífugas, estes gráficos possuem a seguinte forma:

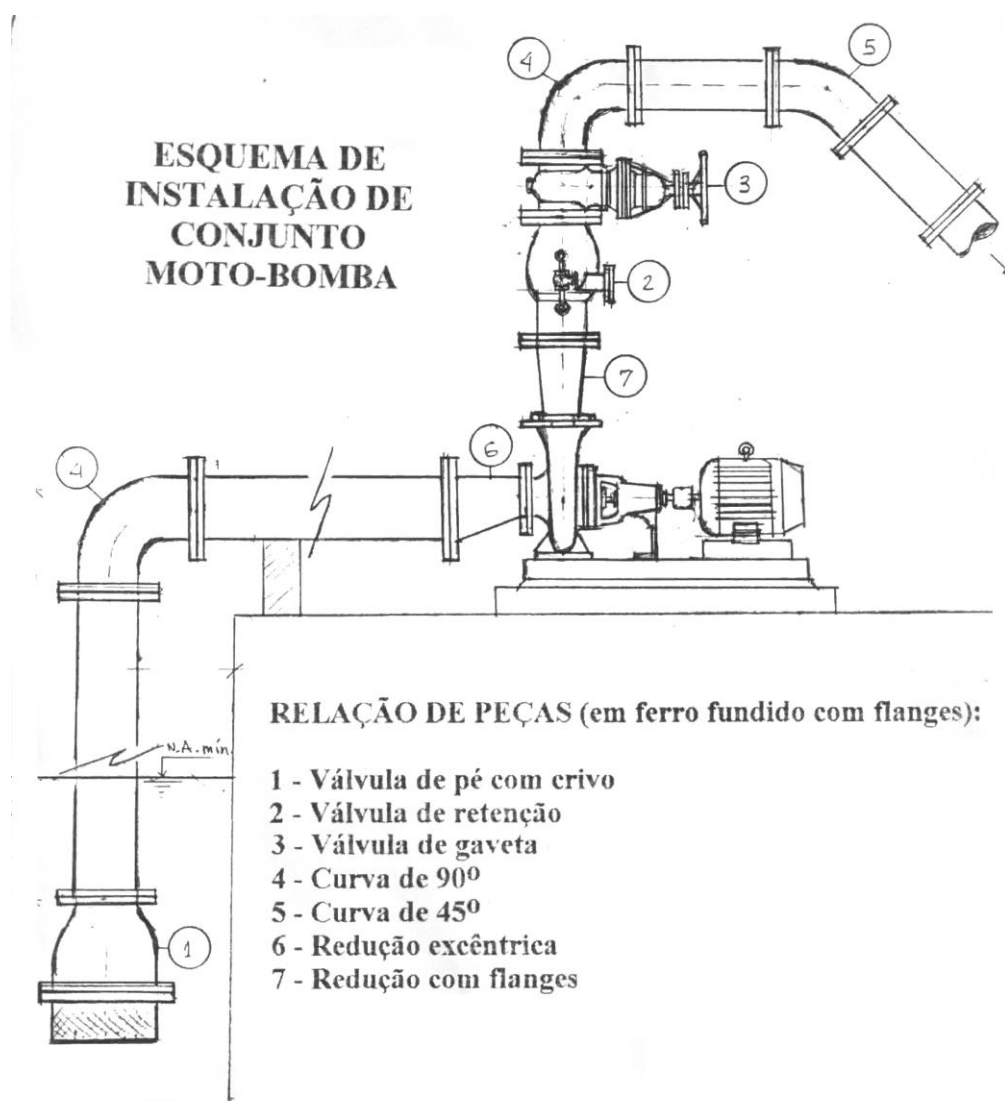


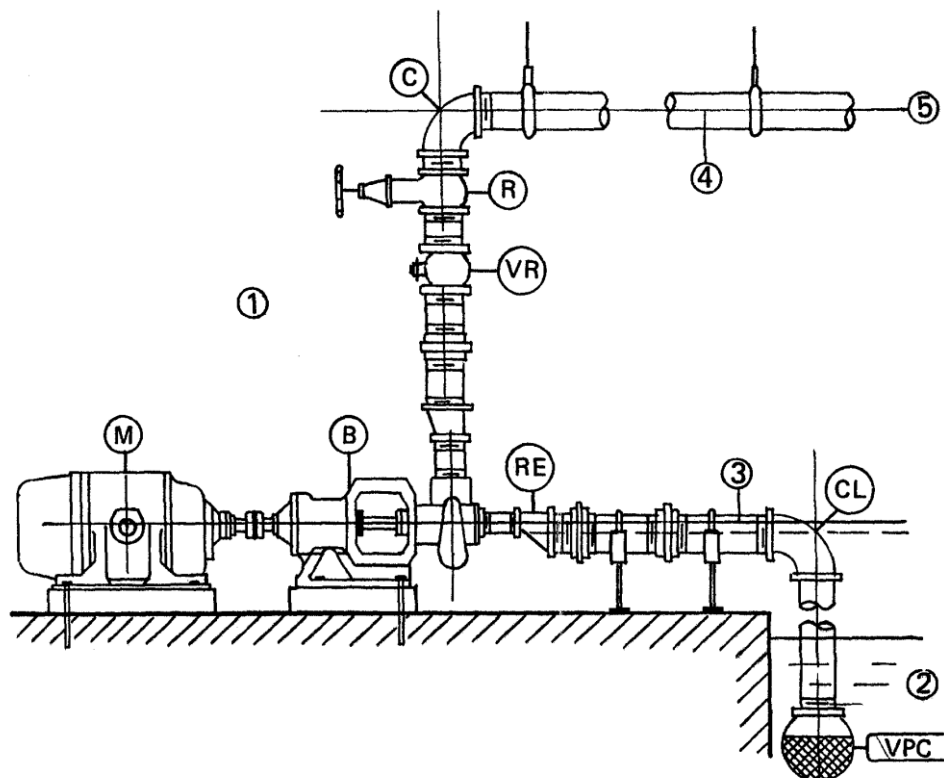
Curvas Hmt x Q e η x Q da bomba.

Exemplo: $Q = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H_{mt} = 30 \text{ mca}$

O ponto de funcionamento é localizado para o rotor de diâmetro 266 com rendimento de 71%.

DIMENSIONAMENTO DA MOTOBOMBA





Legenda:

1- Casa de Bombas

M – Motor de acionamento

B – Bomba

2 – Poço (fonte)

3 – Linha de Sucção

VPC - Válvula de pé com crivo

5 - Reservatório

RE - Redução Excêntrica

CL - Curva de 90°

4 - Linha de Recalque

VR - Válvula de retenção

R - Registro

C - Joelhos

Altura Manométrica

É definida como sendo a altura geométrica da instalação mais as perdas de carga ao longo da trajetória do fluxo. Altura geométrica é a soma das alturas de sucção e recalque. Fisicamente, é a quantidade de energia hidráulica que a bomba deverá fornecer à água, para que a mesma seja recalçada a uma certa altura, vencendo, inclusive, as perdas de carga.

$$H_{mt} = H_G + h_{ft}$$

sendo H_{mt} = altura manométrica total (m);

H_G = altura geométrica (m);

h_{ft} = perda de carga total (m) .

$$h_{ft} = \text{perda de carga da sucção} + \text{perda de carga do recalque}$$

perda de carga da sucção = $h_{fls} + h_{fs}$
 perda de carga do recalque = $h_{fls} + h_{fs}$

CAVITAÇÃO

Cavitação é um fenômeno semelhante à ebulição, que pode ocorrer na água durante um processo de bombeamento, provocando estragos, principalmente no rotor e palhetas e é identificado por ruídos e vibrações. Para evitar tal fenômeno, devem-se analisar o NPSH requerido e o NPSH disponível.

O NPSH (Net Positive Suction Head) disponível refere-se à "carga energética líquida e disponível na instalação" para permitir a sucção do fluido, ou seja, diz respeito às grandezas físicas associadas à instalação e ao fluido. Esse NPSH deve ser estudado pelo projetista da instalação, através da seguinte expressão:

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = P_{\text{atm}} - H_{gS} - h_{fs} - H_v$$

$$P_{\text{atm}} = 10,33 - 0,12 (\text{altitude}/100)$$

$\text{NPSH}_{\text{disponível}}$ = energia disponível na instalação para sucção, em m;

P_{atm} = pressão atmosférica local;

H_{gS} = altura geométrica de sucção; é negativa quando a bomba está afogada, e positiva quando estiver acima do nível d'água (m);

h_{fs} = perda de carga total na linha de sucção (m);

H_v = tensão de vapor (m)

Temperatura (°C)	H_v (mca)	Temperatura (°C)	H_v (mca)
0	0,062	40	0,753
4	0,083	50	1,258
10	0,125	60	2,033
20	0,239	80	4,831
30	0,433	100	10,333

O NPSH requerido é a "carga energética líquida requerida pela bomba" para promover a sucção. Esse NPSH é objeto de estudo do fabricante, sendo fornecido graficamente através de catálogos. Observa-se, portanto, que a energia disponível na instalação para sucção deve ser maior que a energia requerida pela bomba, logo

$NPSH_{disponível} \geq NPSH_{requerido}$. Caso contrário, haverá cavitação em decorrência de uma sucção deficiente.

$$Pot_{hid} = \frac{Q \cdot Hmt \cdot \gamma}{75} \qquad PAB = \frac{Pot_{hid}}{\eta}$$

Pot hid = potência hidráulica = potência que o líquido recebe = cv

PAB = potência absorvida pela bomba = cv

Q = vazão = m³/s

Hmt = altura manométrica total = m

γ = peso específico = kgf/m³

η = rendimento da motobomba = decimal

Capacidade de acionamento necessária	
Consumo da bomba	Capacidade mínima do motor
0,1 a 0,4 cv	0,75 cv
0,41 a 0,7 cv	1,0 cv
0,71 a 1,2 cv	1,5 cv
1,21 a 1,6 cv	2,0 cv
1,61 a 15 cv	20% a mais
Acima de 15 cv	15% a mais

Potencias nominais (cv) padronizadas:

1/12	1/8	1/6	1/4	1/3	1/2
3/4	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
5,0	6,0	7,5	10	12,5	15
20	25	30	40	50	60
75	100	125	150	200	250
300	350	425	530	600	750
850	950				

PARÂMETROS PARA PROJETOS DE IRRIGAÇÃO

Kc

Coefficiente de cultura (Kc) em diferentes estádios de desenvolvimento, em função da umidade relativa e velocidade do vento, para diversas hortaliças.

Hortaliça	Estádios de desenvolvimento			
	I*	II	III	IV
Abóbora	0,4-0,5	0,65-0,75	0,9-1,0	0,7-0,8
Aipo	0,3-0,5	0,7-0,85	1,0-1,15	0,9-1,05
Alcachofra	0,3-0,5	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-1,0
Alface	0,5-0,6	0,7-0,8	0,95-1,05	0,9-1,0
Batata	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	0,7-0,75
Berinjela	0,3-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,8-0,9
Beterraba	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	0,6-0,7
Brássicas**	0,4-0,5	0,75-0,85	0,95-1,1	0,8-0,95
Cebola	0,4-0,6	0,7-0,8	0,95-1,1	0,75-0,85
Cenoura	0,5-0,6	0,7-0,8	1,0-1,15	0,7-0,85
Ervilha seca	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	0,25-0,3
Ervilha seca***	0,4-0,5	0,7-0,85	0,7-0,8	0,25-0,3
Ervilha verde	0,4-0,5	0,65-0,75	1,05-1,2	0,95-1,1
Espinafre	0,4-0,5	0,7-0,85	0,95-1,05	0,9-1,0
Lentilha	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,15	0,25-0,3
Melancia	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,05	0,65-0,75
Melão	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,05	0,65-0,7
Milho-doce	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	0,95-1,1
Pepino	0,4-0,5	0,65-0,75	0,9-1,0	0,7-0,8
Pimentão	0,4-0,5	0,60-0,65	0,95-1,1	0,8-0,9
Rabanete	0,5-0,6	0,55-0,65	0,8-0,9	0,75-0,85
Repolho	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,8-0,95
Tomate	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,6-0,65
Tomate indust***	0,5-0,6	0,6-0,65	0,75-0,85	0,6-0,65
Vagem	0,3-0,5	0,65-0,75	0,95-1,05	0,85-0,9

Primeiro valor: sob alta umidade (UR_{min} > 70%) e vento fraco (U < 5 m/s).

Segundo valor: sob baixa umidade (UR min < 50%) e vento forte (U > 5 m/s).

* Para turno de rega de 1 e 2 dias consultar item 3.2 para estimativa de Kc.

** Brócolos, couve-flor, couve-de-bruxelas etc.

*** Para condições edofoclimáticas da região de cerrados do Brasil Central.

Fonte: Adaptado de Doorenbos & Pruitt (1977) e Doorenbos & Kassam (1979).

Coefficientes de cultura, segundo a FAO (Doorenbos e Kassan, 1994).

Cultura	FASES DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA				
	<i>Inicial</i>	<i>Desenvolvimento da Cultura</i>	<i>Período Intermediário</i>	<i>Final do Ciclo</i>	<i>Colheita</i>
Alfafa	0,3				1,05
Algodão	0,4	0,7	1,05	0,8	0,65
Amendoim	0,4	0,7	0,95	0,75	0,55
Arroz	1,1	1,1	1,1	0,95	0,95
Banana tropical	0,4	0,7	1,0	0,9	0,75
Batata	0,4	0,7	1,05	0,85	0,7
Beterraba açucareira	0,4	0,75	1,05	0,9	0,6
Cana-de-Açúcar	0,4	0,7	1,0	0,75	0,5
Cebola seca	0,4	0,7	0,95	0,85	0,75
Cebola verde	0,4	0,6	0,95	0,95	0,95
Citros com tratamentos culturais			0,65		
Citros sem tratamentos culturais			0,85		
Banana subtropical	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0
Café com tratamentos culturais			0,65		
Café sem tratamentos culturais			0,85		
Oliveira			0,4		
Seringueira			0,7		
Tabaco	0,3	0,7	1,0	0,9	0,75
Repolho	0,4	0,7	0,95	0,9	0,8
Ervilha	0,4	0,7	1,05	1,0	0,95
Feijão verde	0,3	0,65	0,95	0,9	0,85
Feijão seco	0,3	0,7	1,05	0,65	0,25
Girassol	0,3	0,7	1,05	0,7	0,35
Melancia	0,4	0,7	0,95	0,8	0,65
Milho doce	0,3	0,7	1,05	1,0	0,95
Milho grão	0,3	0,7	1,05	0,8	0,55
Pimentão verde	0,3	0,6	0,95	0,85	0,8
Soja	0,3	0,7	1,0	0,7	0,4
Sorgo	0,3	0,7	1,0	0,75	0,5
Tomate	0,4	0,7	1,05	0,8	0,6
Trigo	0,3	0,7	1,05	0,65	0,2

Uva	0,3	0,6	0,7	0,6	0,55
-----	-----	-----	-----	-----	------

Coefficientes de cultura simples (Kc) para climas subúmidos para uso com a evapotranspiração de referência de Penman-Monteith (FAO, 1998).

Cultura	Kc		
	Início	Meia-estação	Final
a) Pequenos vegetais	0,7	1,05	0,95
Aipo	0,7	1,05	1,00
Alface	0,7	1,00	0,95
Alho	0,7	1,00	0,70
Brócolis	0,7	1,05	0,95
Cebola (seca)	0,7	1,05	0,75
Cenoura	0,7	1,05	0,95
Couve-de-Bruxelas	0,7	1,05	0,95
Couve-flor	0,7	1,05	0,95
Espinafre	0,7	1,00	0,95
Rabanete	0,7	0,90	0,85
Repolho	0,7	1,05	0,95
b) Solanáceas	0,6	1,15	0,80
Berinjela	0,6	1,05	0,90
Tomate rasteiro	0,6	1,15	0,70
Tomate tutorado	0,6	1,20	0,90
c) Cucurbitáceas	0,5	1,00	0,80
Melancia	0,4	1,00	0,75
Melão	0,5	1,05	0,75
Pepino	0,6	1,15	0,75
d) Raízes e Tubérculos	0,5	1,10	0,95
Batata	0,5	1,15	0,75
Batata doce	0,5	1,15	0,65
Beterraba	0,5	1,05	0,95
Mandioca – ano 1	0,3	0,80	0,30
Mandioca – ano 2	0,3	1,10	0,50
e) Leguminosas	0,4	1,15	0,55
Amendoim	0,4	1,15	0,60
Ervilha fresca	0,5	1,15	1,10
Ervilha seca	0,5	1,15	0,30
Feijão seco	0,4	1,15	0,35
Feijão verde	0,5	1,05	0,90
Lentilha	0,4	1,10	0,30
Soja	0,5	1,15	0,50

Cultura	Kc		
	Início	Meia-estação	Final
f) Vegetais perenes (com dormência de inverno)	0,5	1,00	0,80
Alcachofra	0,5	1,00	0,95
Aspargo	0,5	0,95	0,30
Hortelã	0,6	1,15	1,10
Morango	0,4	0,85	0,75
<hr/>			
g) Fibrosas			
Algodão	0,35	1,15	0,50
Linho	0,35	1,10	0,25
Sisal com estresse	0,35	0,40	0,40
Sisal sem estresse	0,35	0,7	0,70
h) Oleaginosas	0,35	1,15	0,35
Canola	0,35	1,15	0,35
Gergelim	0,35	1,10	0,25
Girassol	0,35	1,15	0,35
Mamona	0,35	1,15	0,55
i) Cereais	0,30	1,15	0,40
Arroz	1,05	1,20	0,90
Aveia	0,30	1,15	0,25
Cevada	0,30	1,15	0,25
Milho	0,30	1,20	0,35
Milho doce	0,30	1,15	1,05
Painço	0,30	1,00	0,30
Sorgo-grão	0,30	1,00	0,55
Trigo (Primavera)	0,30	1,15	0,25
j) Forrageiras			
Alfafa	0,40	1,20	1,15
Azevém	0,95	1,05	1,00
Gramma bermuda	0,55	1,00	0,85
Gramma sudão	0,50	1,15	1,10
Trevo	0,40	1,15	1,10
k) Cana-de-açúcar	0,40	1,25	0,75
l) Frutíferas e Plantas Tropicais			
Abacaxi (sem cobertura do solo)	0,50	0,30	0,30
Abacaxi (com cobertura de grama)	0,50	0,50	0,50
Banana – 1º ano	0,50	1,10	1,00

Banana – 2º ano	1,00	1,20	1,10
Cacau	1,00	1,05	1,05
Café (sem cobertura do solo)	0,90	0,95	0,95
Cultura	Kc		
	Início	Meia-estação	Final
Café (com cobertura de grama)	1,05	1,10	1,10
Chá (não sombreado)	0,95	1,00	1,00
Chá (sombreado)	1,10	1,15	1,15
Palmeiras	0,95	1,00	1,00
Seringueira	0,95	1,00	1,00
Tâmara	0,90	0,95	0,95
m) Uvas			
Uva para mesa	0,30	0,85	0,45
Uva para vinho	0,30	0,70	0,45
n) Frutíferas de climas subtropical e temperado			
Abacate (solo sem cobertura)	0,60	0,85	0,75
Amêndoa	0,40	0,90	0,65
Cereja, Maçã, Pêra	0,80	1,20	0,85
Citros (solo sem cobertura)			
▪ ▪ Cobertura de 70%	0,70	0,65	0,70
▪ ▪ Cobertura de 50%	0,65	0,60	0,65
▪ ▪ Cobertura de 20%	0,50	0,45	0,55
Citros (solo com cobertura)			
▪ ▪ Cobertura de 70%	0,75	0,70	0,75
▪ ▪ Cobertura de 50%	0,80	0,80	0,80
▪ ▪ Cobertura de 20%	0,85	0,85	0,85
Damasco, Pêssego	0,80	1,15	0,85
Kiwi	0,40	1,05	1,05
Nogueira (Nozes)	0,50	1,10	0,65
Oliveira	0,65	0,70	0,70
Pistache	0,40	1,10	0,45

Obs.: O Kc inicial refere-se ao período da sementeira até 10% de cobertura do terreno; o Kc de meia-estação refere-se ao período de 100% de cobertura do terreno até o início da maturação; o Kc final refere-se ao fim da maturação. Para plantas perenes, consideram-se os fluxos vegetativos.

PROFUNDIDADE EFETIVA DO SISTEMA RADICULAR (z)

Cultura	z (cm)	Cultura	Z (cm)
Abacate	60-90	Espinafre	40-70
Abacaxi	20-40	Feijão	30-40
Abóbora	50	Laranja	60-90
Alcachofra	70	Limão	60-90
Alface	20-30	Maçã	60
Alfafa	60	Manga	60
Algodão	60	Melancia	40-50
Alho	20-30	Melão	30-50
Amendoim	30	Milho	40-60
Arroz	30-40	Morango	20-30
Aveia	40	Nabo	55-80
Banana	40-60	Pastagem	30
Batata	25-60	Pepino	35-50
Batata-doce	50-100	Pêssego	60
Berinjela	50	Pimenta	50
Café	40-60	Pimentão	30-70
Cana-de-açúcar	50	Rabanete	20-30
Cebola	20-40	Soja	30-40
Cenoura	35-60	Tabaco	30
Cereais	40	Tomate	40-60
Couve	25-50	Trigo	30-40
Couve-flor	25-50	Uva	60-90
Ervilha	50-70	Vagem	40

Profundidade aproximada da camada alimentada das raízes de algumas culturas (cm)

Cultura	Profundidade (cm)	Cultura	Profundidade (cm)
Abacaxi	0 - 20	Laranja	0 - 60
Alcachofra	0 - 50	Linho	0 - 20
Alface	0 - 20	Melancia	0 - 30
Alfafa	0 - 60	Melão	0 - 30
Algodão	0 - 60	Milho	0 - 40
Amendoim	0 - 30	Pastagem	0 - 30
Arroz	0 - 20	Pimenta	0 - 50
Banana	0 - 40	Soja	0 - 30
Cana-de-açúcar	0 - 50	Fumo	0 - 30
Café	0 - 50	Trigo	0 - 30
Cebola	0 - 20	Videira	0 - 50
Feijão	0 - 40	Vetiver	0 - 30

OBS: A profundidade efetiva do sistema radicular varia em função do solo

Fonte: Doorenbos e Pruitt, 1984; Vieira, 1995

Cultura	Profundidade máxima das raízes ⁽¹⁾ (m)	Fração (p) de água disponível para ET _C = 5 mm/d ⁽²⁾
a) Pequenos vegetais		
Aipo	0,3 – 0,5	0,20
Alface	0,3 – 0,5	0,30
Alho	0,3 – 0,5	0,30
Brócolis	0,4 – 0,6	0,45
Cebola	0,3 – 0,6	0,30
Cenoura	0,5 – 1,0	0,35
Couve-de-Bruxelas	0,4 – 0,6	0,45
Couve-flor	0,4 – 0,7	0,45
Espinafre	0,3 – 0,5	0,20
Rabanete	0,3 – 0,5	0,30
Repolho	0,5 – 0,8	0,45
b) Solanáceas		
Berinjela	0,7 – 1,2	0,45
Tomate rasteiro	0,7 – 1,5	0,40
Tomate tutorado	0,7 – 1,5	0,40
c) Cucurbitáceas		
Melancia	0,8 – 1,5	0,40
Melão	0,8 – 1,5	0,40
Pepino	0,7 – 1,2	0,50
d) Raízes e Tubérculos		
Batata	0,4 – 0,6	0,35
Batata doce	1,0 – 1,5	0,65
Beterraba	0,6 – 1,0	0,50
Mandioca – ano 1	0,5 – 0,8	0,35
Mandioca – ano 2	0,7 – 1,0	0,40
e) Leguminosas		
Amendoim	0,5 – 1,0	0,50
Ervilha fresca	0,6 – 1,0	0,35
Ervilha seca	0,6 – 1,0	0,40
Feijão verde	0,5 – 0,7	0,45
Feijão seco	0,6 – 0,9	0,45
Lentilha	0,6 – 0,8	0,50
Soja	0,6 – 1,3	0,50
f) Vegetais perenes (com dormência de inverno)		
Alcachofra	0,6 – 0,9	0,45
Aspargo	1,2 – 1,8	0,45
Hortelã	0,4 – 0,8	0,40
Morango	0,2 – 0,3	0,20

Cultura	Profundidade máxima das raízes ⁽¹⁾ (m)	Fração (p) de água disponível para ET _c = 5 mm/d ⁽²⁾
g) Fibrosas		
Algodão	1,0 – 1,7	0,65
Linho	1,0 – 1,5	0,50
Sisal com estresse	0,5 – 1,0	0,80
Sisal sem estresse	0,5 – 1,0	0,80
h) Oleaginosas		
Canola	1,0 – 1,5	0,60
Gergelim	1,0 – 1,5	0,60
Girassol	0,8 – 1,5	0,45
Mamona	1,0 – 2,0	0,50
i) Cereais		
Arroz	0,5 – 1,0	0,20 ⁽³⁾
Aveia	1,0 – 1,5	0,55
Cevada	1,0 – 1,5	0,55
Milho	1,0 – 1,7	0,55
Milho doce	0,8 – 1,2	0,50
Painço	1,0 – 2,0	0,55
Sorgo-grão	1,0 – 2,0	0,55
Trigo (Primavera)	1,0 – 1,5	0,55
j) Forrageiras		
Alfafa	1,0 – 2,0	0,55
Azevém	0,6 – 1,0	0,60
Gramma bermuda	1,0 – 1,5	0,55
Gramma sudão	1,0 – 1,5	0,55
Trevo	0,6 – 0,9	0,50
k) Cana-de-açúcar		
l) Frutíferas e Plantas Tropicais		
Abacaxi (sem cobertura do solo)	0,3 – 0,6	0,50
Abacaxi (com cobertura de grama)	0,3 – 0,6	0,50
Banana – 1º ano	0,5 – 0,9	0,35
Banana – 2º ano	0,5 – 0,9	0,35
Cacau	0,7 – 1,0	0,30
Café (sem cobertura do solo)	0,9 – 1,5	0,40
Café (com cobertura do solo)	0,9 – 1,5	0,40
Chá (não sombreado)	0,9 – 1,5	0,40
Chá (sombreado)	0,9 – 1,5	0,45
Palmeiras	0,7 – 1,1	0,65
Seringueira	1,0 – 1,5	0,40
Tâmara	1,5 – 2,5	0,50

Cultura	Profundidade máxima das raízes ⁽¹⁾ (m)	Fração (p) de água disponível para ET _c = 5 mm/d ⁽²⁾
m) Uvas		
Uva para mesa	1,0 – 2,0	0,35
Uva para vinho	1,0 – 2,0	0,45
n) Frutíferas de climas subtropical e temperado		
Abacate	0,5 – 1,0	0,70
Amêndoa	1,0 – 2,0	0,40
Azeitona	1,2 – 1,7	0,65
Cereja, Maçã, Pêra	1,0 – 2,0	0,40
Citros (sem cobertura de solo)		
▪ ▪ Cobertura de 70%	1,2 – 1,5	0,50
▪ ▪ Cobertura de 50%	1,1 – 1,5	0,50
▪ ▪ Cobertura de 20%	0,8 – 1,1	0,50
Citros (com cobertura de solo)		
▪ ▪ Cobertura de 70%	1,2 – 1,5	0,50
▪ ▪ Cobertura de 50%	1,1 – 1,5	0,50
▪ ▪ Cobertura de 20%	0,8 – 1,1	0,50
Damasco, Pêssego	1,0 – 2,0	0,50
Kiwi	0,7 – 1,3	0,35
Nogueira (Nozes)	1,7 – 2,4	0,50
Oliveira	1,2 – 1,7	0,65
Pistache	1,0 – 1,5	0,40

Obs.: ⁽¹⁾ Os maiores valores de profundidade do sistema radicular são para solos onde não ocorrem impedimentos físicos e químicos para o crescimento do sistema radicular. Os menores valores são usados no manejo da irrigação. ⁽²⁾ Para outros valores de ET_c o p pode ser calculado da seguinte maneira: $p = p_{\text{tabela}} + 0,04(5 - ET_c)$. ⁽³⁾ O valor de p para arroz é 0,20 de saturação.

Profundidade efetiva do sistema radicular (Z) de algumas culturas no estágio de máximo desenvolvimento vegetativo.

CULTURA	Z (cm)	CULTURA	Z (cm)
Abacate	60 - 90	Ervilha	50 - 70
Abacaxi	20 - 40	Espinafre	40 - 70
Abóbora	50	Feijão	40
Alcachofra	70	Laranja	60
Alface	20 - 30	Linho	20
Alfafa	60	Maçã	60
Algodão	60	Mangueira	60
Alho	20 - 30	Melancia	40 - 50
Amendoim	30	Melão	30 - 50
Arroz	20	Milho	40
Arroz	30 - 40	Morango	20 - 30
Aspargo	120 - 160	Nabo	55 - 80
Aspargo	120 - 160	Pastagem	30
Aveia	40	Pepino	35 - 50
Banana	40	Pêssego	60
Batata	25 - 60	Pimenta	50
Batata-doce	50 - 100	Pimentão	30 - 70
Berinjela	50	Rabanete	20 - 30
Beterraba	40	Rami	30
Café	50	Soja	30 - 40
Café	40 - 60	Tabaco	30
Cana-de-açúcar	40	Tomate	40
Cebola	20 - 40	Trigo	30 - 40
Cenoura	35 - 60	Vagem	40
Couve	25 - 50	Videira	60
Couve – flor	25 - 50		

Fator de disponibilidade de água no solo (f) de acordo com grupos de culturas e evapotranspiração da cultura (Etc).

Grupo	Culturas
1	cebola, pimenta, batata
2	banana, repolho, uva, ervilha, tomate
3	Alfafa, feijão, cítricas, amendoim, abacaxi, girassol, melancia, trigo
4	algodão, milho, azeitona, açafrão, sorgo, soja, beterraba, cana-de-açúcar, fumo

Grupo da Cultura	Etc (mm/dia)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,500	0,425	0,350	0,300	0,250	0,225	0,200	0,200	0,175
2	0,675	0,575	0,475	0,400	0,350	0,325	0,275	0,250	0,225
3	0,800	0,700	0,600	0,500	0,450	0,425	0,375	0,350	0,300
4	0,875	0,800	0,700	0,600	0,550	0,500	0,450	0,425	0,400

PROPRIEDADES FÍSICO HÍDRICAS DOS SOLOS

textura	Infiltração (mm/h)	Umidade correspondente a capacidade de campo θ_{cc}	Densidade do solo (ds)
Arenoso	50 (25 – 70)	9 (6-12)	1,65 (1,55-1,8)
Silte arenoso	25 (13-76)	14 (10-18)	1,5 (1,4-1,6)
Silte	13 (08-20)	22 (18-26)	1,4 (1,35-5)
Silte argiloso	8 (25-15)	27 (23-31)	1,35 (1,3-1,4)
Argilo arenoso	2,5 (0,3 - 5)	31 (27-35)	1,3 (1,25-1,35)
argiloso	0,5 (0,1-1)	35 (31-39)	1,25 (1,2-1,3)

Qualidade da água para gotejamento: parâmetros a serem analisados

(adaptado de Bucks et al., 1979 e Scarcelli, 2000)

Parâmetro	Severidade do problema		
	Baixa	Moderada	Alta
FÍSICO			
Sólidos suspensos (mg/L)	< 50	50 a 100	> 100
QUÍMICO			
pH	< 7	7 a 8	> 8
Sólidos dissolvidos (mg/L)	< 500	500 a 2.000	> 2.000
Manganês (mg/L)	< 0,1	0,1 a 1,5	> 1,5
Ferro total (mg/L)	< 0,2	0,2 a 1,5	> 1,5
H ₂ S (mg/L)	< 0,2	0,2 a 2,0	> 2,0
BIOLÓGICO			
População bacteriana (mg/L)	< 10.000	10.000 a 50.000	> 50.000
SENSIBILIDADE DAS CULTURAS			
Condutividade elétrica (dS/m)	< 0,75	0,75 a 3,00	> 3,00
NO ₃ (ppm)	< 5	5 a 30	> 30
ELEMENTOS TÓXICOS			
Boro (ppm)	< 0,5	0,5 a 2,0	2,0 a 10,0
Cloreto (ppm)	< 4	4 a 10	> 10
Sódio (RAS)	< 3	3 a 9	> 9