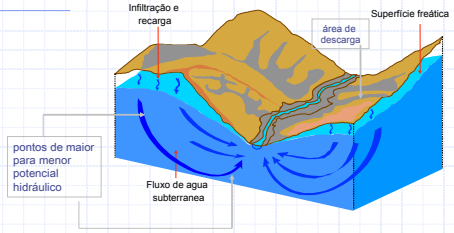
Movimento e Mapeamento da água subterrânea

Prof. Ingo Wahnfried
Prof. Ricardo Hirata

Circulação em aquíferos sedimentares em clima úmido



Movimento das águas subterrâneas

Movimento da água subterrânea

Quais são os fatores que causam o movimento da água subterrânea?

O potencial total da água (PTA) e a carga hidráulica

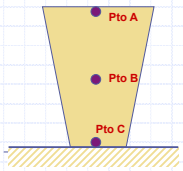
- Análise do fluxo requer o conhecimento de um gradiente de potencial
- Hubbert (1940): "*potencial é uma quantidade física capaz de ser medida e cuja propriedade faz com que a água flua de pontos de maior para menor valores, independente de sua direção no espaço*"

O potencial total da água (PTA) e a carga hidráulica

No meio aquífero (isotérmico e isoconcentração), o PTA pode ser caracterizado como a somatória de duas componentes:

- Potencial de elevação ou posição: relacionado à força gravitacional
- Potencial de pressão: relacionado à carga hidráulica

Analisando o PTA em um copo com água



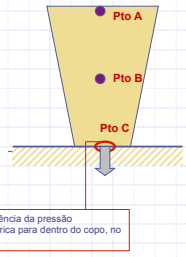
	Pressão	Posição	Total
Pto A	0 cm	10 cm	**10** cm
Pto B	5 cm	5 cm	**10** cm
Pto C	10 cm	0 cm	**10** cm

Pressão atmosféfica (datum) = 0
Datum de posição = fundo do copo

Representação de carga em cm de coluna de água

Água não se movimenta, pois não existe gradiente de potencial

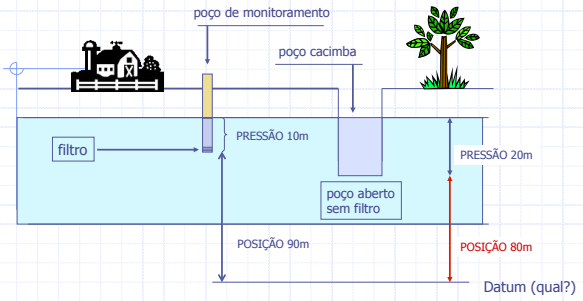
Analisando o PTA em um copo com água, com um furo



	Pressão	Posição	Total
Pto A	0 cm	10 cm	10 cm
Pto B	2,5 cm	5 cm	7,5 cm
Pto C	0 cm	0 cm	0 cm

Água se movimenta, pois há existe gradiente de potencial (10cm para 0cm)

Datum de Pressão atmosférica = parte externa ao copo
Datum de posição = fundo do copo



Potencial total do poço monitoramento = 10 + 90 = 100m
Potencial total do poço cacimba = 20 + 80 = 100m

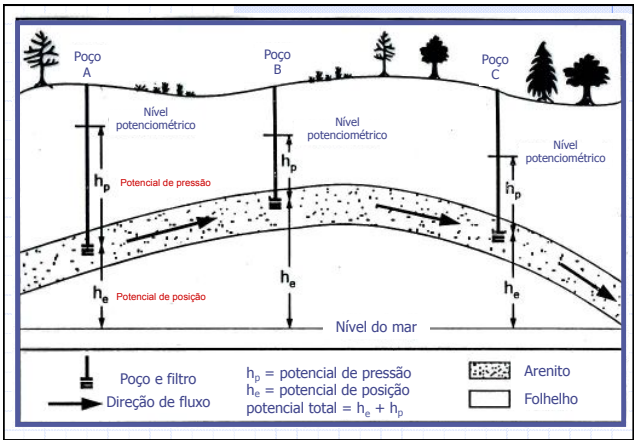
Não há fluxo entre os poços

Movimento da água subterrânea

- Qual é o *datum* de elevação que você usaria para água subterrânea?
- Por que?
- Água subterrânea pode correr para cima?
- Descreva, com desenhos, uma situação em que isso acontece, e indique o que ocorre com os potenciais de pressão e posição.

Movimento da água subterrânea

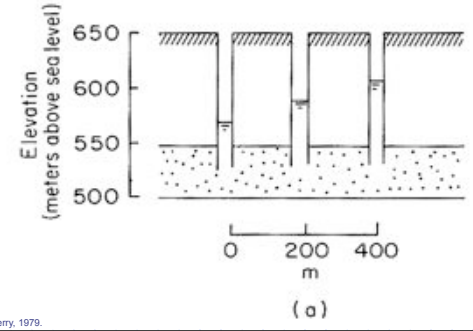
Qual dos potenciais é o causador do fluxo ascendente?



Potenciais Hidráulicos e Movimento da Água

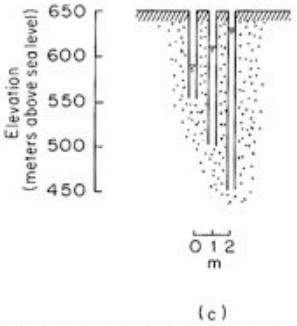
Para onde a água subterrânea se movimenta

Questão 1a)
Calcule o gradiente, e indique a direção de fluxo



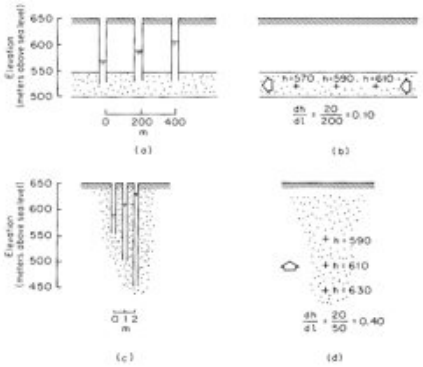
Freeze and Cherry, 1979.

Questão 1b)
Calcule o gradiente, e indique a direção de fluxo

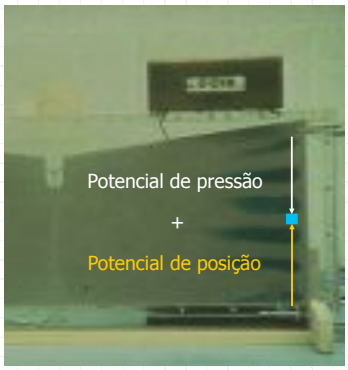


Freeze and Cherry, 1979.

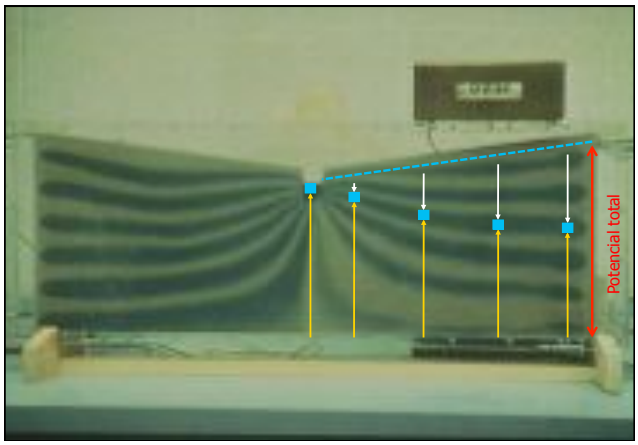
Fluxos horizontais e verticais

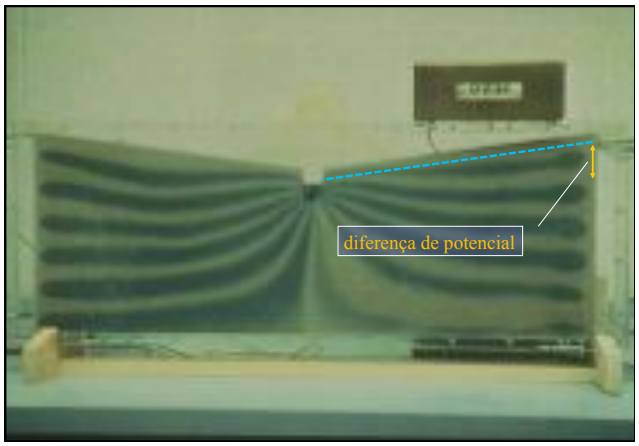


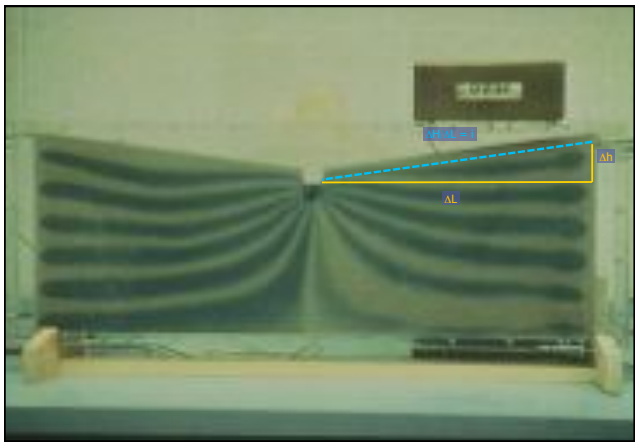
Freeze and Cherry, 1979.



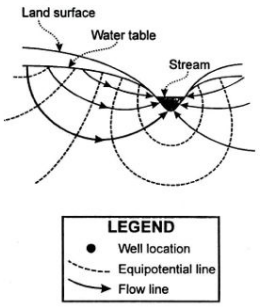
Potencial total de água





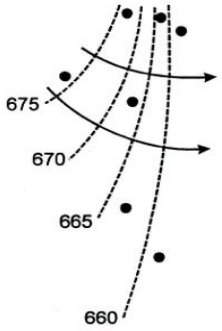


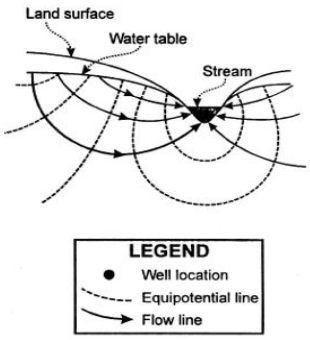
Como fazer um mapa disso?

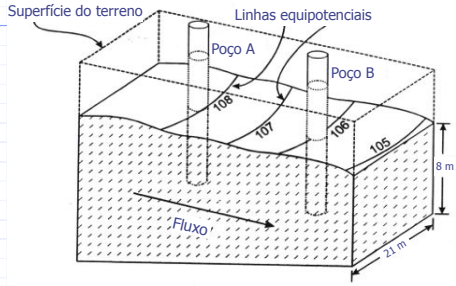


Mapeamento da Água Subterrânea

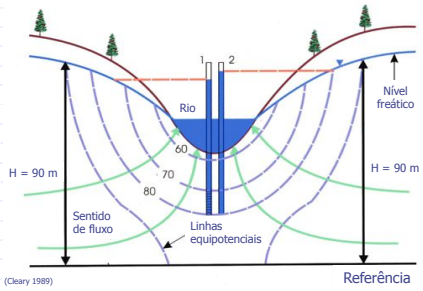
- Linhas equipotenciais: definem as cargas hidráulicas do meio;
- Linhas de fluxo: define o caminhamento da água no aquífero;
- Tubo de fluxo: volume/área compreendido(a) entre duas linhas de fluxo





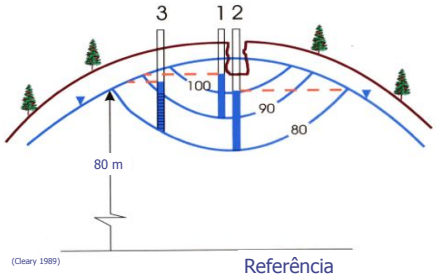


Movimento da água em área de descarga



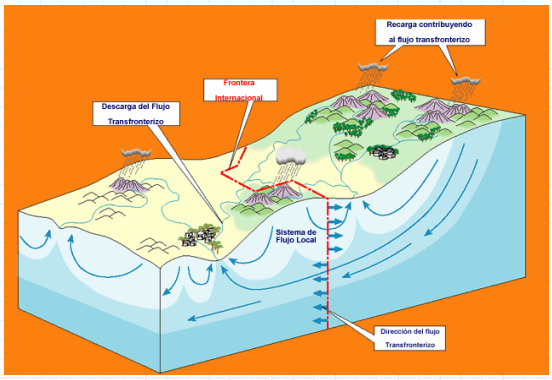
(Cleary 1989)

Movimento da água em área de recarga



(Cleary 1989)

Divisores de água subterrâneas



Construção de Mapa Potenciométrico

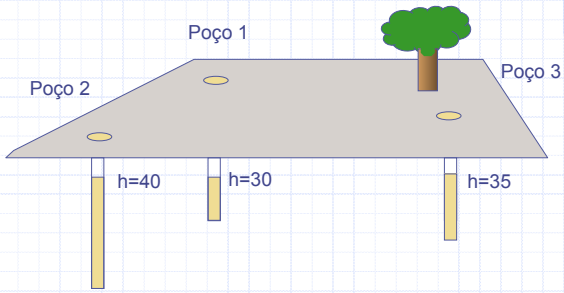
- **1º passo:**
- Fazer nivelamento (topografia) da boca dos piezômetros
- Medir profundidade no nível d'água
- Calcular a carga hidráulica

Poço	Cota (m)	NA (m)	Carga Hidráulica (m)
P1	787	5	782
P2	783	6	777
P3	772	7	765

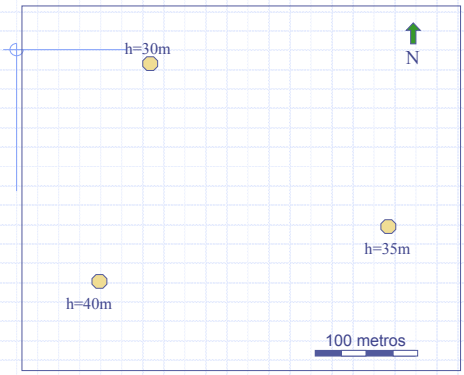
Construção de Mapa Potenciométrico

- **Traçado das linhas equipotenciais e de fluxo**
- Selecionar os poços cujos filtros localizam-se no aquífero estudado
- Plotar os valores de carga hidráulica
- Estabelecer distâncias entre as equipotenciais
- Interpolação dos dados por triangulação
- Unir pontos de mesma carga hidráulica
- Considerar aquífero como isotrópico e estabelecer linhas de fluxo a 90º das equipotenciais

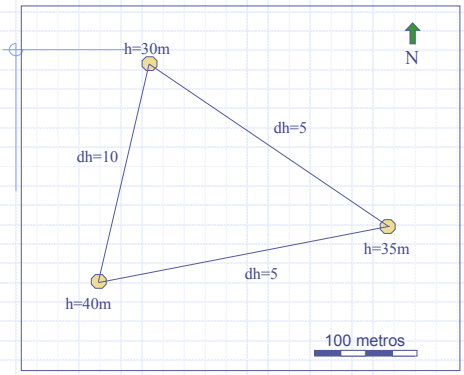
Construção de Linhas Equipotenciais e de Fluxo



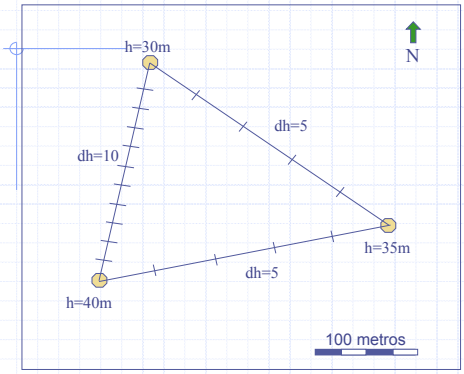
Construção de Linhas Equipotenciais e de Fluxo



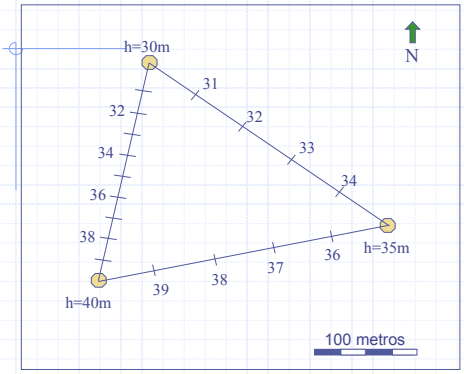
Construção de Linhas Equipotenciais e de Fluxo



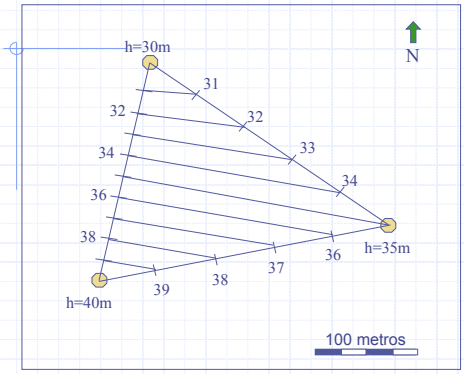
Construção de Linhas Equipotenciais e de Fluxo



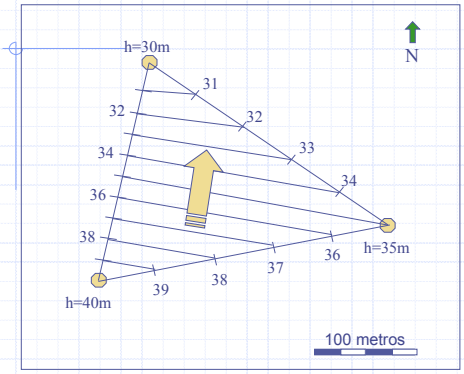
Construção de Linhas Equipotenciais e de Fluxo



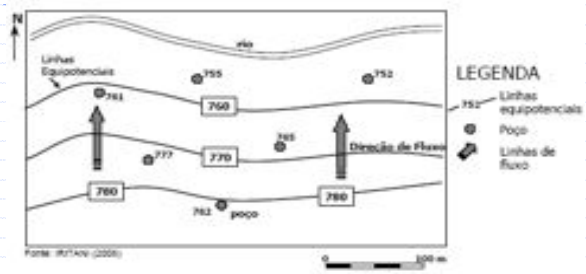
Construção de Linhas Equipotenciais e de Fluxo



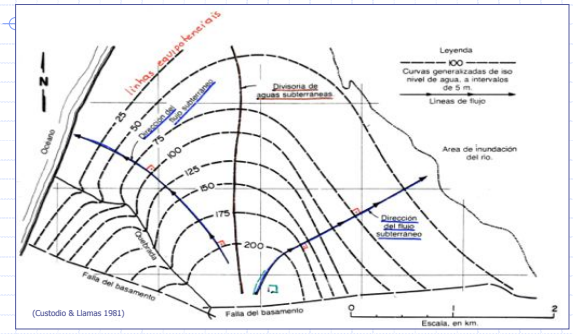
Construção de Linhas Equipotenciais e de Fluxo



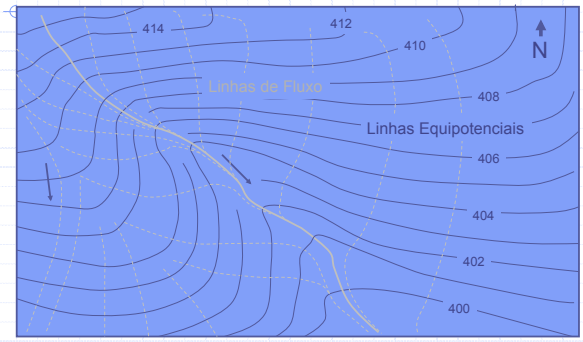
Construção de mapa potenciométrico



Linhas de fluxo e equipotenciais em planta



Linhas de fluxo e equipotenciais em planta



Bibliografias

- Hidrogeologia básica

Freeze, A. & Cherry, J. 1971. Groundwater. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 604pp.

Domenico, P. & Schwartz, F. 1990. Physical and chemical hydrogeology. John Wiley & Sons. New York. 824 pp.

Fetter, C. 2001. Applied hydrogeology. Prentice Hall, Londres, UK. 598 pp.

Cleary, R. 1989. Águas subterrâneas. In Ramos, F. et al. 1989. Engenharia hidrológica. ABRH e Editora UFRJ. Cap. 5. Rio de Janeiro. 291-404 pp.

Foster, S. & Gomes, D. 1988. Monitoreo de las aguas subterráneas. CEPIS Technical Report. WHO/PAHO. Lima, Peru.