

PEF 3310 - Prova 2
Prof. Waldemar Coelho Hachich

Grupo:

Nathalia de Rezende Pereira - 10791732

Rafael Lima Teixeira - 10823445

Ricardo Aguiar de Andrade - 10774674

Stefanie Rafael Martinussi - 10772348

Talmo Costa Nunes - 10857892

Thiago Turri Tavares -10853331

Vivian Maia - 9350693

Um cliente, dado que seu reservatório acumula poucos metros cúbicos, teme que um rebaixamento rápido leve a barragem à ruptura. Faça um esboço dessa barragem, com o filtro dreno inclinado da crista para **montante**, e indique todas as condições de contorno. Escolha se se trata de um regime transiente ou permanente, justificando e dando exemplos da situação não escolhida.

Nesta análise foram levados em conta 3 principais fatores:

1. Deformabilidade (coeficiente de Poisson);
2. Permeabilidade (coeficiente de permeabilidade);
3. Resistência (coesão, ângulo de atrito e módulo de elasticidade).

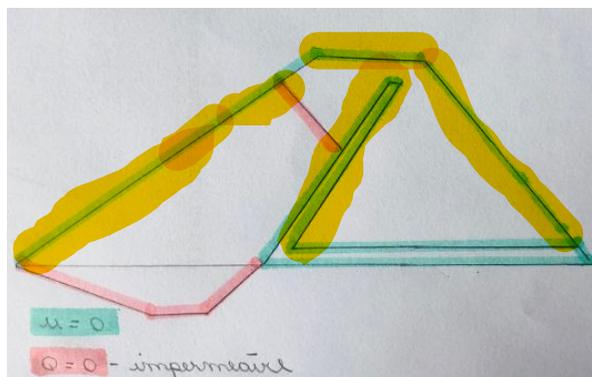
A análise da barragem em questão será composta por 2 principais etapas:

- I. Análise de fluxo:
 - A. Determinação das **pressões neutras**
- II. Análise de estabilidade:
 - A. Identificar modo de ruína
 - B. Escolher superfície de ruptura e identificar massa em escorregamento por ela delimitada
 - C. Identificar solicitações e resistências atuantes na massa
 - D. Impor limiar de ruptura (LIMITE)
 - E. Equações de equilíbrio para determinar F

O primeiro ponto a se atentar na resolução do problema é **impermeabilizar a montante** e **drenar a jusante** da barragem.

O esboço da barragem com as **condições de contorno** para o **rebaixamento rápido** está representado abaixo:

Na linha freática temos **duas** condições de contorno:



1. Não há fluxo atravessando (ela é a própria linha de fluxo)
2. Estando em contato com o ar a pressão neutra u é igual a zero

Sendo assim, ajustamos a posição da linha de fluxo zero.

Inclinação do dreno

Por meio dos resultados da análise **slope** de estabilidade desenvolvidos na P1 para as inclinações do dreno à montante e à jusante, sabe-se que um dreno inclinado da crista para montante ($\lambda < 0$) traz um melhor valor de coeficiente de segurança do que um dreno inclinado da crista para jusante ($\lambda > 0$).

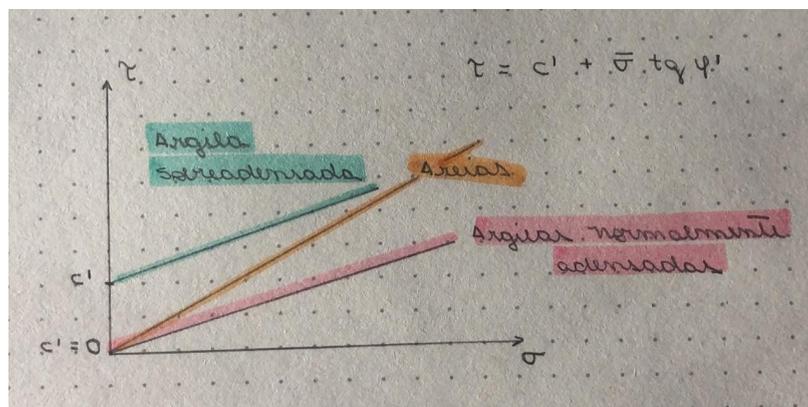
Além disso, o fato do dreno ser inclinado para montante favorece a estabilidade do talude a montante, pois a pressão neutra é menor comparada a drenos inclinados da crista para jusante.

Material

1. O solo é normalmente adensado ou sobreadensado?

Este fato interfere diretamente na envoltória de ruptura de Mohr Coulomb, e portanto no valor da resistência do solo.

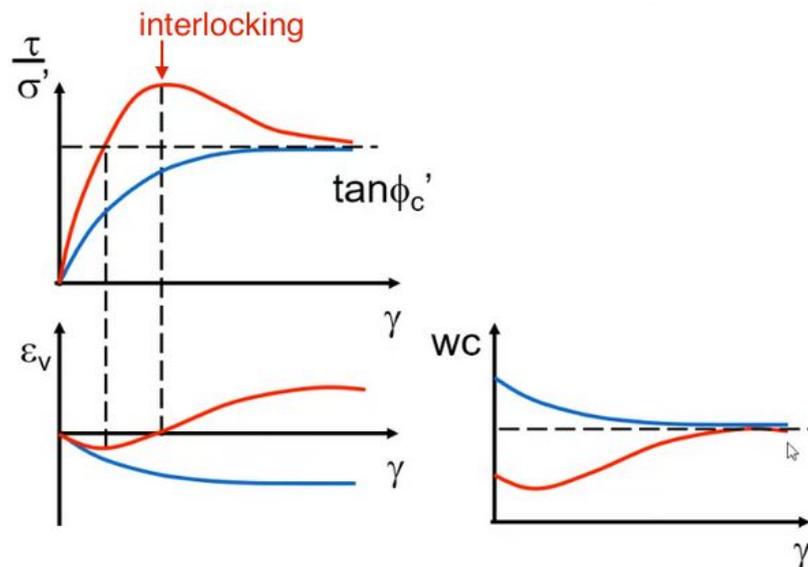
A envoltória (curva azul) poderia ter sido obtida com um ensaio triaxial, onde mantém-se a tensão de confinamento e aumenta-se a axial. Ou pelo ensaio de cisalhamento direto, porém este ensaio pode ser contra a segurança pois a ruptura ocorre em um plano pré-determinado, não ocorrendo necessariamente no plano crítico. Dessa forma, será realizado o ensaio triaxial.



2. O solo apresenta comportamento drenado ou não drenado? Drena rápido ou devagar?

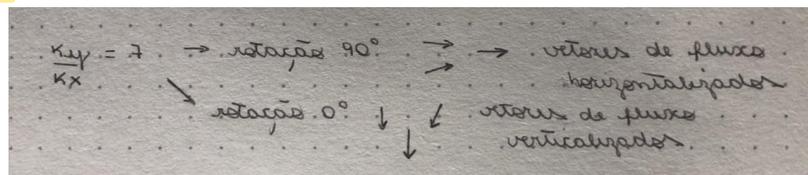
Se apresentar comportamento drenado (areias), a água sairá com facilidade. Se não (argilas), a drenagem será lenta e a pressão neutra variará ao longo do tempo.

Além disso, pode ocorrer acréscimo de resistência com o interlocking, fenômeno que fica bem visível por meio do ensaio de cisalhamento direto.



3. Qual a relação de condutividade hidráulica do aterro compactado K_y'/K_x' ?

Dependendo do valor e da rotação teremos vetores de fluxo d'água mais horizontais ou mais verticais.



Regime permanente

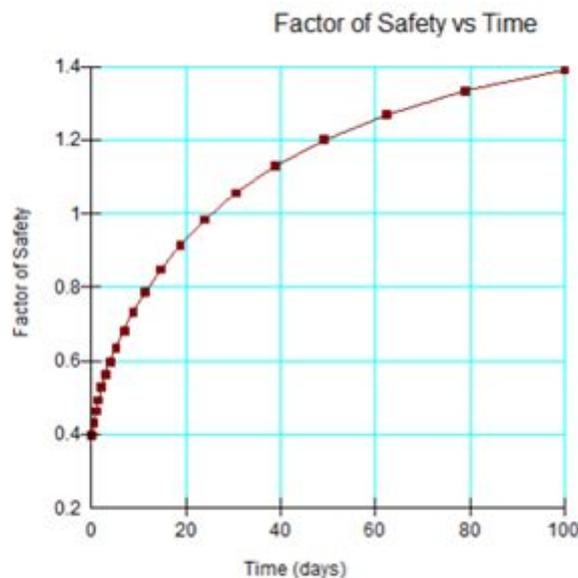
Com base no que foi discutido acima e analisando as condições físicas e de operação do reservatório, concluímos que o rebaixamento rápido nessa situação deve ser analisado como um regime permanente, devido às seguintes razões:

- O reservatório acumula poucos metros cúbicos;
- Trata-se de uma análise simplificada;
- Leva a um fator de segurança menor devido a desconsideração da dissipação de poropressões.

Como o reservatório do enunciado não acumula muita água, é possível admitir que seu rebaixamento pode acontecer de forma imediata (ainda que isso dependa de outras características do reservatório, como volume e dimensões do vertedor). Além disso, ao adotar tal regime, estamos analisando a situação de segurança mais crítica do

rebaixamento de água num talude, visto que desconsideramos a dissipação das poropressões graças ao rebaixamento imediato. Como consequência, encontraremos um fator de segurança menor do que se considerássemos o regime transiente.

Vale também ressaltar que o comportamento do fator de segurança de um talude a montante na situação de regime permanente costuma ser muito baixo no início do rebaixamento; e apresenta um aumento no passar do tempo, quando o rebaixamento já ocorreu e há a diminuição da pressão neutra no talude.



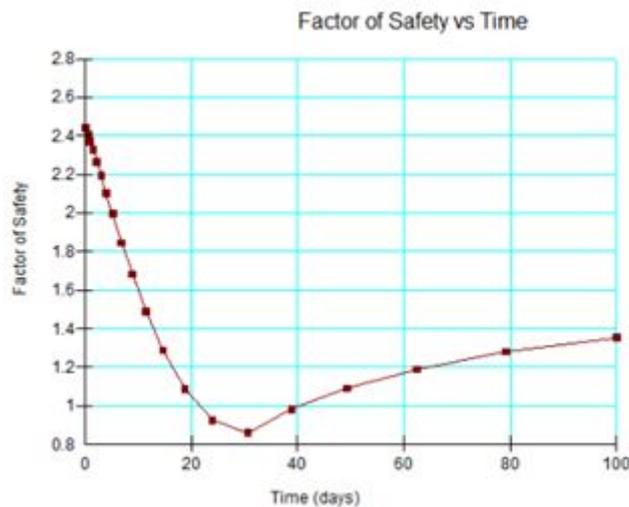
Fonte: SOUZA, Vinicius Manfrini Oliveira. Universidade de Brasília. **Aspectos fundamentais para a análise de estabilidade de taludes de barragens durante rebaixamento rápido.** Relação entre os fatores de segurança, pág 47.

Regime transiente

Em contrapartida, decidimos não adotar o regime transiente que, apesar de ser considerado mais “realista” na maioria dos cenários, é um regime que considera os efeitos da dissipação gradual das pressões neutras, aumentando a estabilidade do talude a montante e consequentemente o fator de segurança.

Vale ressaltar também que o comportamento do fator de segurança de um talude a montante na situação de regime transiente é bem diferente. Teremos um F superior no início do rebaixamento, em virtude da dissipação gradual da pressão neutra no talude e principalmente devido a consideração de que a água continua exercendo ação estabilizadora no reservatório a montante. Em seguida, teremos um F mínimo quando chegarmos no rebaixamento total; e finalmente, um aumento ligeiro e gradual do fator

de segurança após o rebaixamento, pois as poropressões continuam dissipando.



Fonte: SOUZA, Vinicius Manfrini Oliveira. Universidade de Brasília. **Aspectos fundamentais para a análise de estabilidade de taludes de barragens durante rebaixamento rápido.** Relação entre os fatores de segurança, pág 48.

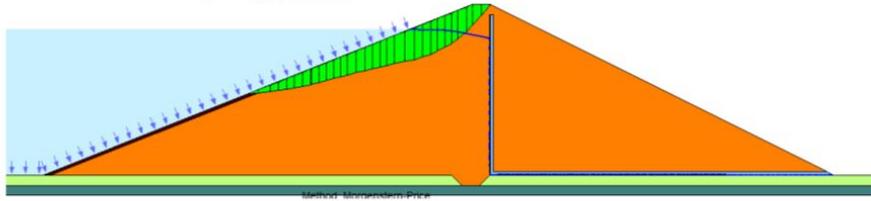
Exemplo da situação não escolhida (transiente):

Com as pesquisas realizadas pelo grupo foi encontrado um estudo de caso de um **reservatório de grandes dimensões** da Universidade Federal do Ceará em que a análise do rebaixamento foi feita de forma gradual dada a impossibilidade de um rebaixamento rápido. Neste caso os efeitos de dissipação das poropressões são importantes e devem ser levadas em consideração na análise. As figuras abaixo apresentam os fatores de segurança no início do esvaziamento e depois cada 30 dias mostrando simulações ($t = 330$ dias), até o final do esvaziamento para o tipo de solo SC (areia argilosa) para uma altura 50 metros, talude de montante 2,5H:1V e talude de jusante 2H:1V.



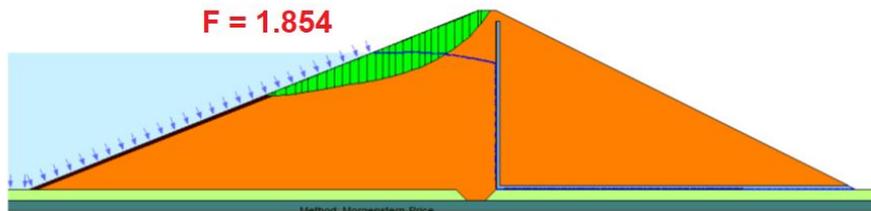
Dia 30

F = 2.154



Dia 60

F = 1.854

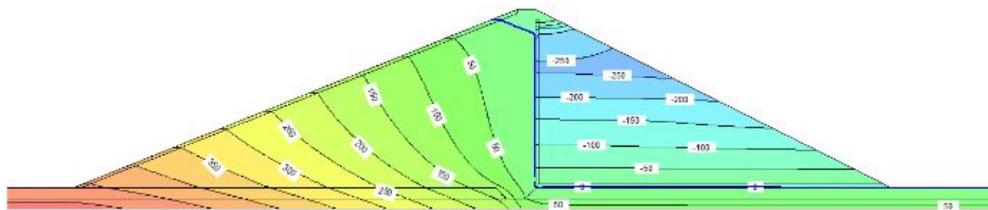


Nota-se uma diminuição no fator de segurança, o que já era esperado já que há o efeito de dissipação de poropressões. Este efeito também é verificado no gráfico acima.

As figuras abaixo apresentam as linhas de fluxo dentro do talude, e como elas variam conforme o tempo.

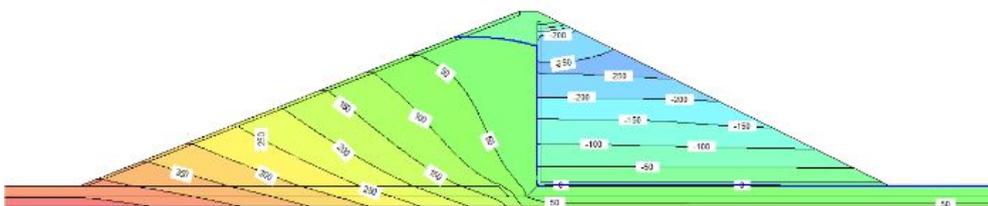
Linhas de fluxo no regime transiente

Figura 5.5 – Esvaziamento da barragem dia 1.



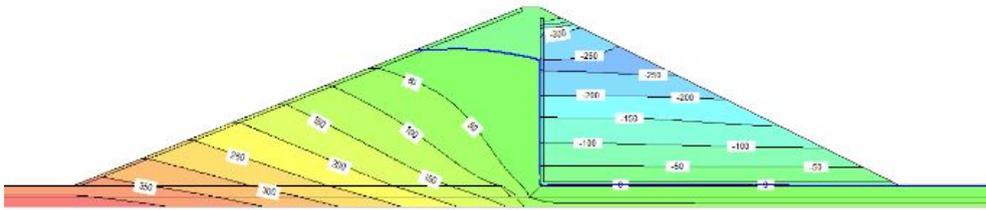
Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.6 – Esvaziamento da barragem dia 30.



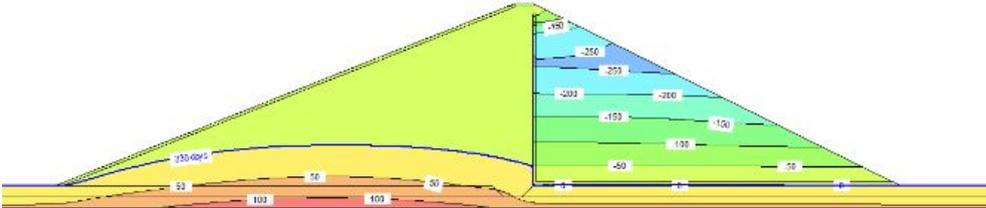
Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.7 – Esvaziamento da barragem dia 60.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.17 – Esvaziamento da barragem dia 330.



Fonte: Elaboração própria.

Essa variação das linhas de fluxo no talude a **montante** durante o rebaixamento influenciam na estabilidade e no cálculo do fator de segurança.