

ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE REBAIXAMENTO DE LENÇOL FREÁTICO APLICADO EM SOLOS SEDIMENTARES

Rodrigo Rogerio Cerqueira da Silva, E-mail: rodrigorogerioudoutorado@gmail.com
Marcos Maciel dos Santos, E-mail: macielsp@hotmail.com

Resumo: O rebaixamento de lençol freático é um sistema que visa permitir o deslocamento de águas subterrâneas que constam na área projetada para construção de obras da engenharia. Cabe ressaltar que este tema, é amplo quanto aos meios de execução baseando-se principalmente em fundamentações teóricas e ao mesmo tempo é escasso em informações técnicas obtidas in loco. A empregabilidade dos sistemas de abaixamento do nível freático considera diversos fatores, principalmente a correlação entre solo-água, demonstrando a importância do estudo acurado do perfil geológico e o tipo de obra a ser executada, sendo que a drenagem realizada de forma inadequada pode gerar patologias, cujo resultante pode ocasionar futuros problemas, tanto na obra quanto em seu entorno. O presente artigo tem como objetivo avaliar duas técnicas de rebaixamento de lençol freático, ponteira filtrante e poços profundos, em perfil estratigráfico de solos sedimentares aplicados durante as escavações de um conjunto predial, analisando a partir do dimensionamento das metodologias escolhidas uma comparação através de custos e viabilidade técnica, demonstrando a empregabilidade do sistema por ponteira filtrante de acordo com as características geológicas geotécnicas do local.

Palavras-chave: Rebaixamento de lençol freático, Permeabilidade, Dimensionamento, Custos.

ANALYSIS OF GROUNDWATER LOWERING TECHNIQUES APPLIED TO SEDIMENTARY SOILS

Abstract: The lowering of the water table is a system that aims to allow the displacement of groundwater contained in the area designed for the construction of engineering works. It is worth pointing out that this theme is broad as to the means of execution, basing itself mainly on theoretical foundations and, at the same time, is scarce in technical information obtained in loco. The employability of groundwater lowering systems considers several factors, especially the soil-water correlation, demonstrating the importance of an accurate study of the geological profile and the type of work to be executed, since inadequate drainage can generate pathologies, the result of which can cause future problems, both in the work and in its surroundings. The present paper aims to evaluate two techniques for lowering the water table, filtering point and deep wells, in a stratigraphic profile of sedimentary soils applied during the excavations of a building complex, analyzing from the sizing of the chosen methodologies a comparison through costs and technical feasibility, demonstrating the employability of the filtering point system according to the geological and geotechnical characteristics of the site.

Keywords: Groundwater lowering. Permeability. Dimensioning. Costs.

1. Introdução

Quando uma construção compreende o subsolo, sendo necessária a sua escavação, e a presença de nível d'água é evidente se torna imprescindível o uso de um método interventivo para controlar essa água, de modo que, uma determinada obra civil possa ser executada em um ambiente seco e seguro. O rebaixamento do lençol freático trata-se de um método aplicado, em situações onde o nível d'água presente no subsolo encontra-se elevado, podendo este ser temporário ou permanente. Segundo Queiroz (2016), Grandis (2016) e Alonso (2007), o rebaixamento ocasiona a redução das pressões neutras, alavancando conseqüentemente, a elevação das pressões efetivas no solo, possibilitando a ocorrência de recalques indesejáveis na vizinhança, a distâncias que chegam até a 100 m em seu raio de influência. O controle da água pertencente ao

subsolo admite a construção de estruturas sob o nível d'água com segurança, contendo tais fatores relacionados a esses sinistros. O presente trabalho visa através de parâmetros geotécnicos obtidos in loco determinar o método de rebaixamento de lençol freático mais viável para execução durante as escavações e execução das fundações de uma edificação, comparando duas técnicas distintas de rebaixamento, fundamentadas nas propriedades dos solos e profundidade necessária a ser rebaixada conforme a exigência de projeto, fornecendo parâmetros de viabilidade para execução em possíveis soluções para uma determinada obra civil. Demonstrando a necessidade do rebaixamento de lençol freático, mesmo que temporário ou permanente, fornecendo parâmetro a ser empregado a partir de conhecimentos sobre os solos e suas correlações com a água.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Relação entre Granulometria dos solos e Métodos de Rebaixamento

Segundo Grandis (2016) e Borralho (2013), levando em consideração a curva granulométrica com base nos tipos de solos, pode-se fazer a relação com determinados métodos de rebaixamento de lençol freático, conforme Figura (1), destacando que o rebaixamento pode ser realizado por diversas técnicas, baseando-se em diversos fatores, como por exemplo, os tipos de solos, profundidade de rebaixamento e facilidade do método de instalação.

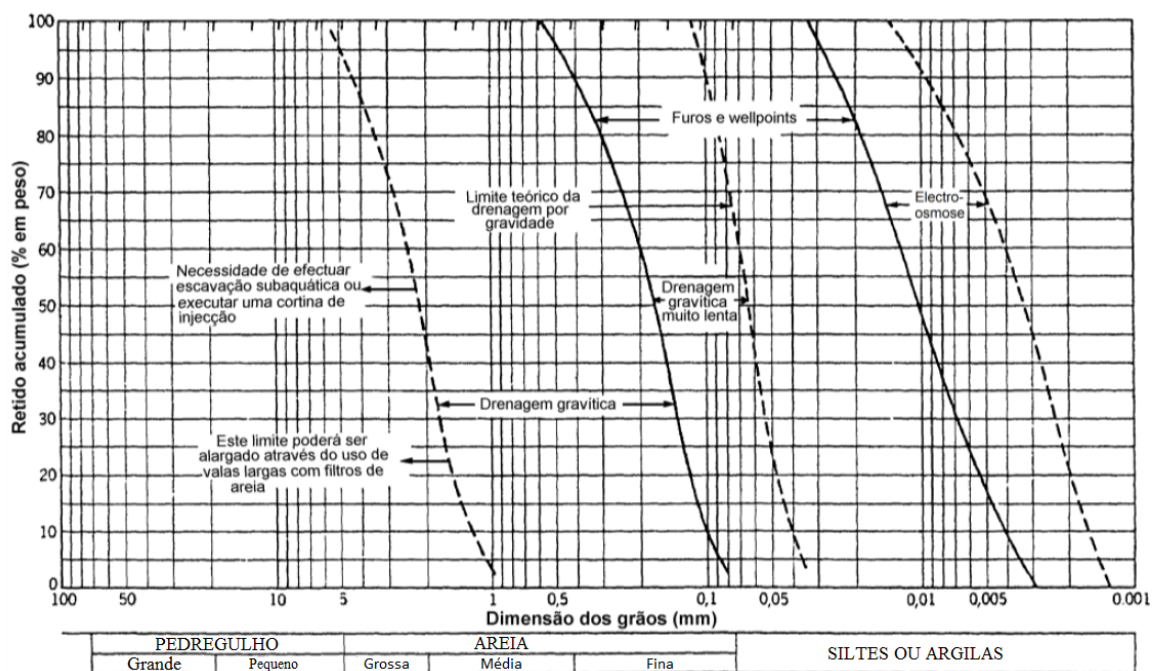


Figura 1 – Limites granulométricos para funcionamento adequado dos métodos. Fonte: Adaptado Borralho (2013).

Estudos realizados por Corrêa (2006) demonstra que existem duas zonas em que ocorre o escoamento da água, em relação a teor de umidade. Essas duas zonas são caracterizadas como zona de aeração ou vadosa, essa abrange a parte superficial do

terreno, sendo que os vazios intergranulares estão preenchidos por água e ar, e zona de saturação sotoposta a zona vadosa caracterizada devida aos vazios intergranulares estarem cheios exclusivamente por água. A fim de se obter o controle da percolação durante as escavações é de extrema importância uma avaliação da zona saturada, devido o aumento do fluxo de água subterrânea ocorrer nesta zona. Segundo Fiori e Carmignani (2009), deve-se considerar também que há irregularidades nos níveis de lençol freático, sendo que, em decorrer das alterações entre os interstícios de solos, a argila forma feições impermeáveis, resultando em barreiras para a rede de fluxo de água em diferentes níveis, sendo assim, em questões de engenharia essas barreiras possuem a possibilidade de resultar em altas pressões de influxo nas estruturas. A Figura (2) demonstra uma distribuição de umidade do solo e os diferentes níveis e condições da água subterrânea em uma massa de solo. De acordo com Marangon (2009), o solo não se apresenta saturado ao longo de toda a altura de ascensão capilar, sendo que o fenômeno de capilaridade ocorre em maiores proporções em solos argilosos, sendo que a altura capilar é calculada pela teoria do tubo capilar, que considera o solo um conjunto de tubos capilares.

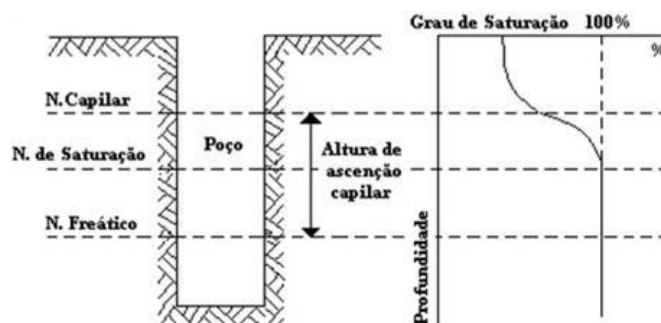


Figura 2 – Distribuição de umidade no solo. Fonte: Marangon (2009).

A característica de escoamento dos maciços terrosos depende do coeficiente de permeabilidade do solo, Marangon (2009) e Alonso (2007) correlaciona os coeficientes de permeabilidade com o tipo de solo característico de escoamento. Destaca-se que os solos finos apresentam coeficientes de permeabilidade inferiores aos solos grossos, mesmo que possuam os índices de vazios comumente superiores. Leinz e Amaral (1989) verificaram que o movimento da água em uma areia, possui em média, uma velocidade de 1,00 m/dia; os arenitos, por volta de 10,00 cm/dia e as argilas o escoamento é praticamente nulo. Segundo Borrvalho (2013), a Figura (3) relaciona a profundidade do rebaixamento em virtude da permeabilidade, fundamentado nas técnicas de rebaixamento.

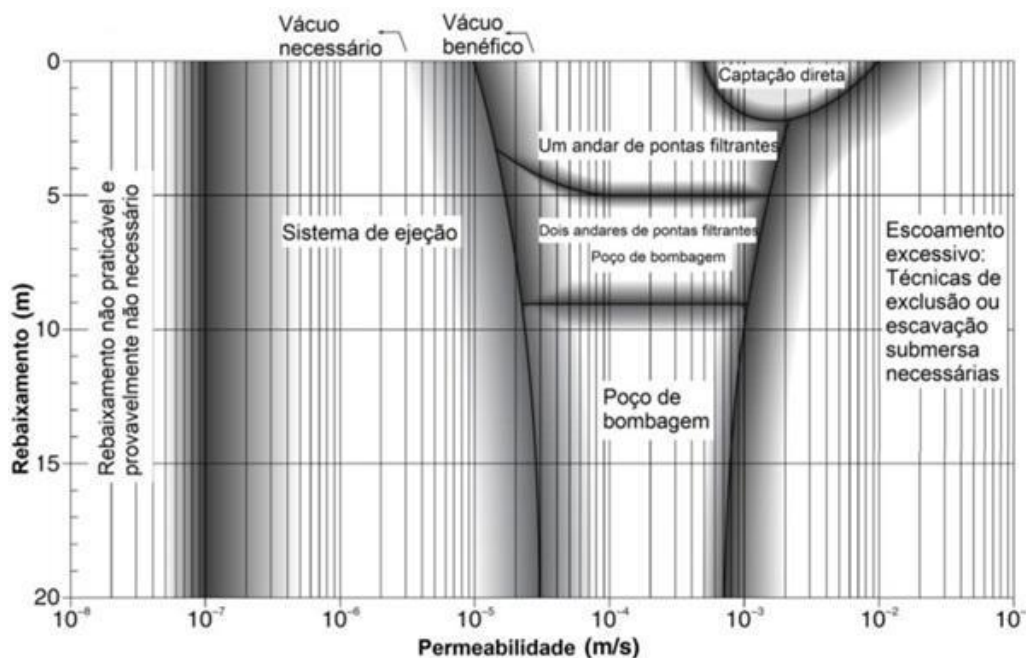


Figura 3 – Alcance de aplicação das diferentes técnicas de rebaixamento do nível freático. Fonte: Borralho (2013).

2.2 Dimensionamento de Métodos de Rebaixamento do Lençol Freático

Corrêa (2006) discorre que primordialmente o dimensionamento de um método de rebaixamento é iniciado com o cálculo aproximado da vazão a ser retirada para o nível de água apurado. As fórmulas empíricas consideram o tipo de aquífero presente na obra e suas fontes de alimentação circular ou linear empregadas em três tipos de aquíferos, que podem ocorrer atuação nos poços do tipo gravitacional, confinado e semi-gravitacional (misto) conforme Figura 4, sendo que as fórmulas usualmente empregadas para o dimensionamento da vazão de bombeamento se baseiam em soluções para fluxos confinados e não confinados.

Segundo Alonso (2010), a partir da relação das equações (1) e (2) podemos dimensionar o sistema de ponteiros filtrantes, que resultam na área de rebaixamento e área de um círculo, respectivamente obtêm-se o raio médio (r_m) da área (a) ser rebaixada, levando-se em consideração os lados perimetrais (a,b).

$$A = a * b \tag{1}$$

$$A = \pi * r^2 \tag{2}$$

$$r_m = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \tag{3}$$

Pesquisas realizadas por Alonso (2007) e Corrêa (2006) demonstram que a estimativa do raio de influência (R) é realizada em face da equação empírica de Sichardt conforme equação (4). As equações (5), (6) e (7), representam as estimativas para fluxo gravitacional, confinado e semi-gravitacional, conforme Figura (4), usualmente aplicada quando uma seção linear de poços está disposta no perímetro da escavação, onde (H) é

altura do nível d'água estático, (h_w) é a altura do nível d'água dinâmico rebaixado no centro da escavação, (h_w') é a altura filtrante, (k) é o coeficiente de permeabilidade. Em seguida a vazão (Q) é determinada considerando que o raio médio (r_m) é o raio de cada poço fictício, e este é equivalente a área (A) de um círculo.

$$R = 3000 * (H - h_w) * \sqrt{k} \tag{4}$$

$$Q = \frac{k * \pi * (H^2 - h_w'^2)}{\ln \frac{R}{r_m}} \tag{5}$$

$$Q = \frac{k * \pi * D * (H^2 - h_w'^2)}{\ln \frac{R}{r_m}} \tag{6}$$

$$Q = \frac{k * \pi * D * (H^2 - h_w'^2)}{\ln \frac{R}{r_m}} \tag{7}$$

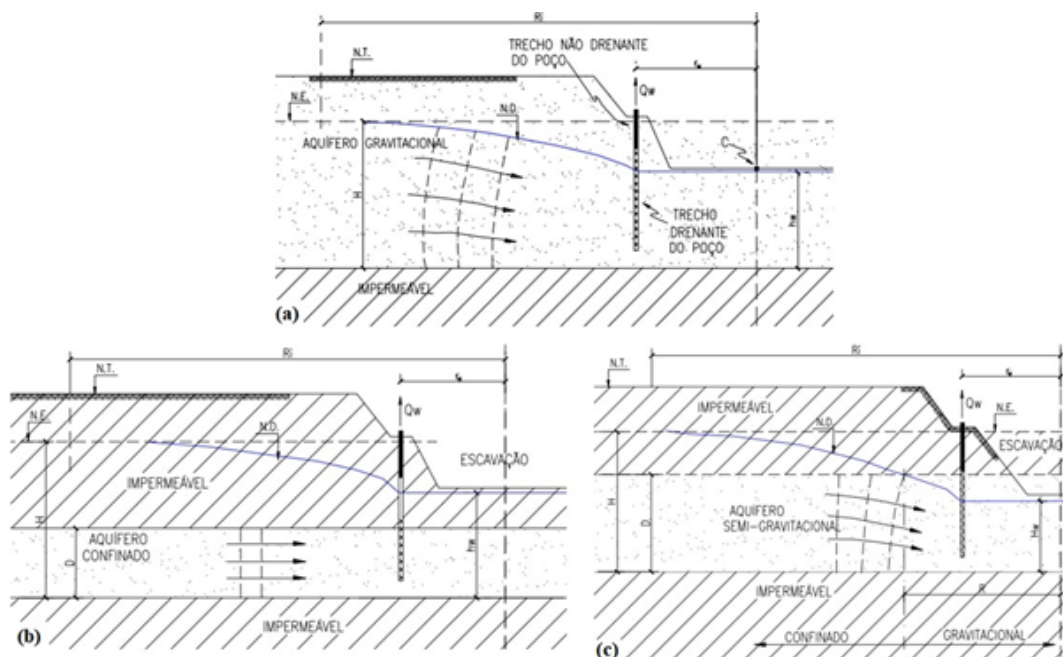


Figura 4 – (a) rebaixamento em aquífero gravitacional, (b) aquífero confinado, (c) semi-gravitacional. Fonte: Velloso (1988).

Velloso (1988) aconselha que para rebaixamento em aquíferos semi-gravitacional através da regra de Sichardt, se obtém a vazão máxima de cada ponteira e que está pode ser determinada pela equação (8), onde (r) é o raio da ponteira e as unidades são em m/s. Segundo Alonso (2010), é de boa prática para o cálculo de ponteiras majorar a vazão em 25%, visto que, para efeitos de projeto (h_w) e (H) são aferidos a partir do fundo do poço, que não é totalmente penetrante, a equação (9) calcula o número de ponteiras para as obras.

$$q_{\text{máx}} = \frac{2 * \pi * r * h_w' * \sqrt{k}}{15} \quad (8)$$

$$n_p = \frac{1,25 * Q}{q_{\text{máx}}} \quad (9)$$

Para o dimensionamento de bombas submersas, partindo da conceitualização de se adotar um conjunto de poços P1 a Pn, conforme apresentado, disposto em relação a área, a altura (hd) refere-se a freática no interior do grupo de poços, sendo esta lograda em face do raciocínio adotada para um único poço em um ponto equidistante dos mesmos. A altura da linha freática (hw) pode ser dimensionada considerando o raio (rw) de cada poço e o número total de poços do grupo, devido ao cone de depressão junto aos poços. O conceito para determinação do dimensionamento de poços profundos com bombas submersas parte do mesmo princípio das ponteiros filtrantes, levando-se em consideração o tipo de aquífero e a aplicação de duas linhas de poços nas extremidades da escavação. A vazão a se retirar de cada furo é calculada com base na vazão total determinada para a área a ser rebaixada e a quantidade de poços, de acordo com a equação (10).

$$Q_w = \frac{Q}{n_p} \quad (10)$$

De acordo com Alonso (2007), o comprimento filtrante (hw') dos poços é determinado com base na equação (10). A equação (11) determina a velocidade do fluxo na entrada do filtro com base na vazão total a ser retirada da região a ser rebaixada e a área da parede em relação ao comprimento filtrante do poço (Alah), sendo o abatimento da freática (Δh_D) calculado pela equação (12).

$$h_w' = \frac{15 * Q_w}{2 * \pi * r * \sqrt{k}} \quad (10)$$

$$v = \frac{Q_w}{A_{lah}} \quad (11)$$

$$\Delta h_D = \sqrt{\frac{Q_w}{k * \pi} \ln \frac{a}{2 * \pi * r_w}} \quad (12)$$

2.3 Impactos decorrentes do rebaixamento de lençol freático

Borrvalho (2013) explana que com a alteração da posição do lençol freático, em decorrência do rebaixamento, a movimentação de água pode tomar proporções além da construção, afetando as redondezas com consequências que podem chegar a um teor de

gravidade elevado. Segundo Queiroz (2016), Souza et al (2011) e Alonso (2007) o rebaixamento do nível d'água ocasiona a redução das pressões neutras e o aumento das tensões efetivas presentes no solo. Consequência da elevação das tensões efetivas há um reajustamento das partículas do solo em função da redução de vazios presentes, ocasionando na maioria das vezes recalques nas construções. Através de estudos de casos realizados por Grandis (2006) esses recalques podem alcançar valores de distâncias em 100 m em relação ao seu raio de influência, relatando o autor que os recalques acontecem com mais frequência em construções leves, apoiadas em solos argilosos e areia fofa.

3. Programa experimental

A metodologia aplicada na presente pesquisa envolve a análise técnico-econômica de dois métodos de rebaixamento de lençol freático: ponteira filtrante e bomba submersa, através da caracterização geológica/geotécnica realizados *in loco* e a partir de ensaios laboratorial de permeabilidade.

3.2 Determinação do Coeficiente de Permeabilidade

O subsolo da área do empreendimento é constituído basicamente de duas unidades do ponto de vista estratigráfico, seguindo um perfil com camada pouco espessa de aterro, sobreposta a solos com características de depósitos sedimentares, alternando camadas de argila silto arenosa com areia fina e média argilosa conforme Figura (5). De acordo com os resultados das sondagens N_{SPT} encontra-se em evidência camadas de argila silto arenosa muito mole, marrom, vermelha e amarela escura, com espessuras que variam de 1,56 até 4,86 m, sendo que essa variação ocorre devido a declividade do terreno, não evidenciando maciço rochoso nas sondagens realizadas até a cota solicitada. A cota do nível superior do lençol freático está em torno das profundidades de 2,82 até 7,10 m em relação ao terreno não escavado, sendo que o projeto do empreendimento solicita a escavação até a cota 760,00.

As amostras coletadas foram retiradas após as escavações de tubulões (Figura 6a), submetidas aos ensaios de condutividade hidráulica (k) em laboratório (Figura 6b), utilizando permeâmetro de carga constante para os solos mais granulares e variável para os mais coesivos, sendo os ensaios realizados de acordo com as recomendações da ABNT-NBR 14545 (2000). Para cada camada de solo, foram moldados corpos-de-prova cilíndricos, com amostras deformadas com aproximadamente 15 cm de altura e 8 cm de diâmetro (Figura 6c), aplicando-se a lei de Darcy foi possível determinar o coeficiente de permeabilidade (k), tanto para carga constante e variável esse valor foi corrigido para temperatura equivalente a 20° C (k_{20}). A Figura (5) demonstra detalhes do ensaio e da amostra.



Figura 5 – (a) amostra retirada durante escavação tubulão, (b) detalhe do ensaio, (c) corpo de prova para ensaio. Fonte: autores (2023).

A Tabela (1) apresenta as camadas que compreendem o nível de água e seus respectivos valores de (k).

Tabela 1 – Coeficientes de permeabilidade conforme sondagem.

Perfil	Características do solo	k (cm/s)
1	Areia fina e média, argilosa fofa vermelha	$1,21 \times 10^{-3}$
2	Areia fina e média, argilosa fofa vermelha	$1,23 \times 10^{-3}$
	Argila silto arenosa, média vermelha, cinza amarela	$1,46 \times 10^{-5}$
3	Areia fina e média, argilosa fofa, de cor vermelha	$1,82 \times 10^{-3}$
4	Argila silto arenosa, média vermelha, amarela e cinza	$1,49 \times 10^{-5}$
5	Areia fina e média, argilosa fofa vermelha	$1,32 \times 10^{-4}$
6	Argila silto arenosa, dura, vermelha amarela e cinza	$1,37 \times 10^{-5}$

Fonte: autotres (2023).

4. Determinação dos métodos de rebaixamento lençol freático

A escolha do método considera primordialmente o tipo de aquífero, a profundidade de escavação e o coeficiente de permeabilidade do solo, além do tipo de obra a ser implantado, o tempo em que se leva para o lençol ser rebaixado, a natureza do perfil geológico, a profundidade do rebaixamento a ser empregada, a localização do fluxo de água, fundações vizinhas e condições das construções no raio de influência do rebaixamento. Como existe uma escavação de grande extensão abaixo do lençol freático é recomendado o emprego de duas linhas de poços de acordo com as Figura (6), para o

dimensionamento dos sistemas analisados, sendo que para a vazão estimada neste caso, considera a altura piezométrica (h_w) e a altura em relação ao nível d'água (H), partindo do princípio que estes estão equidistantes da camada impermeável com um fluxo gravitacional ou artesiano.

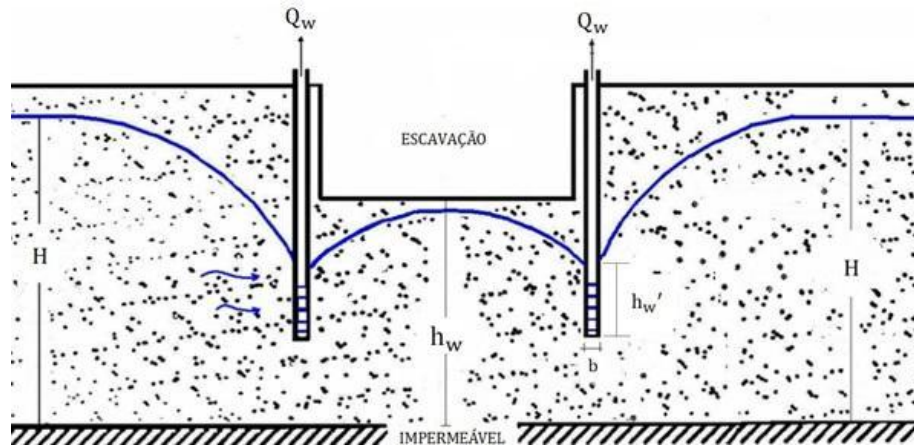


Figura 6 – Fluxo de aquífero gravitacional em duas valas. Fonte: Adaptado Alonso (2010).

Considerando as informações supramencionadas, para este dimensionamento, o nível d'água está em medidas consideráveis de 2,82 a 7,10 m de profundidade da superfície, alternando com a área necessária a ser rebaixada. A frequência do solo arenoso com o coeficiente de permeabilidade (k) na ordem de 10^{-3} cm/seg são constantemente presentes na camada do substrato que se encontra o nível da água.

4.1 Método Ponteira filtrante

Constituindo a primeira análise, tem-se o método de ponteiras filtrantes (Well Point System), tal sistema produz um abaixamento de lençol na ordem de 4,00 a 8,00 m, este sistema é eficiente em solos com permeabilidade mínima, com coeficiente (k) na ordem de 10^{-3} a 10^{-1} cm/seg e diâmetros superiores a 0,01 c conforme recomendado por Velloso (1988), Marangon (2009), Ortigão (2007) e Alonso (2007). Para o estudo apresentado o sistema empregado é constituído de ponteiras filtrantes, com comprimento de 5,00 m para as ponteiras, de acordo com a cota do nível d'água apresentado na Figura (7).

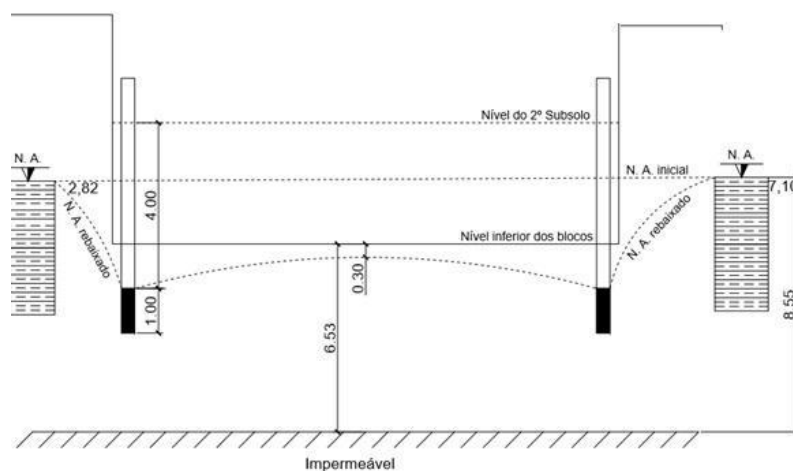


Figura 7 – Esquema representativo de rebaixamento por ponteiros *in loco*. Fonte: autores (2023).

As ponteiros são compostas por tubo de PVC de 1½”, terminado em uma peça de aproximadamente 1,00 m de comprimento, perfurada e envolvida por tela de nylon com malha de 0,6 mm, parte conhecida como ponteira, um tubo coletor de 4” interligado a uma bomba que se encarrega no processo de sucção das ponteiros. A área a ser rebaixada do nível d’água, de acordo com o projeto de locação de fundações, é de 1.224 m². Conforme elucidado Alonso (2007), para se determinar a quantidade de ponteiros necessárias para uma determinada área, é adotado espaçamentos de 1,50 a 2,50 m. Logo o dimensionamento das ponteiros é definido pelas espaçadas adotadas em função do perímetro, a Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para o dimensionamento, com um total de 50 ponteiros, vazão total de 30,71 m³/h para a área a ser rebaixada com espaçamento entre ponteiros com 2,81 m. Deste modo, cada ponteira receberá uma vazão de 0,77 m³/h. Entretanto Alonso (2007) recomenda um espaçamento máximo entre ponteiros de 2,50 m, e uma vazão das mesmas entre 0,50 a 1,00 m³/h, para atender tais requisitos, foi recomendado o acréscimo de 6 ponteiros, totalizando 56, diminuindo a vazão unitária das ponteiros para 0,69 m³/h.

Tabela 1 – Dimensionamento de ponteiros para o empreendimento.

Área (m ²)	a (m)	b (m)	r _m (m)	H (m)	h _w (m)	k (m/s)	R (m)
1224,00	38,25	32,00	19,74	8,55	6,53	1,82 x 10 ⁻³	60,6
Calculado							
Q (m ³ /h)	Q (m ³ /h) majorada	q _{máx} (m ³ /h)	h _w ' (m)	r _{pon} (m)	n _p	Espaçamento (m)	
30,71	38,39	0,77	1,00	0,0508	50	2,81	
Adotado							
Q (m ³ /h)	Q (m ³ /h) majorada	q _{máx} (m ³ /h)	h _w ' (m)	r _{pon} (m)	n _p	Espaçamento (m)	
30,71	38,39	0,69	1,00	0,0508	56	2,50	

Fonte: autores (2023).

4.2 Bombas Submersas

O método de poços profundos com bombas submersíveis, parte do mesmo princípio de análise das ponteiros filtrantes, a qual limita a área a ser rebaixada com a locação de poços. Ressalta-se que esse sistema quanto a sua execução, o custo acaba não sendo tão satisfatório em comparação aos sistemas citados acima. O pré-dimensionamento parte do princípio que os poços estão de 8,00 a 15,00 m espaçados entre si, possibilitando que cada poço obtenha uma vazão de sucção maior com uma quantidade menor de furos e consequentemente atenda toda a área de projeto a ser rebaixada. Usualmente em campo são realizados a confecção de poços de visita, para análise e acompanhamento da retirada de água do subsolo. Ao longo da área delimitada de rebaixamento de 38,25 m por 32,00 m, admite-se 12 poços, com 40,00 cm de diâmetro cada. Tal diâmetro é necessário em virtude das bombas disponíveis em mercado exigirem um tubo-filtro com diâmetro de 20,00 cm, estabelecendo um espaçamento entre eles de aproximadamente 10,50 a 12,50 m. Conforme Tabela (2) são apresentados os resultados obtidos de dimensionamento do sistema com bombas submersíveis. A vazão calculada para a área a ser rebaixada é de 30,71 m³/h, e como serão alocados 12 poços, a vazão para cada um é de aproximadamente 2,56 m³/h, no entanto, a vazão deve ser majorada em 25 % por questões de projeto, logo, tem-se um valor de 3,20 m³/h para cada bomba, para uma profundidade de escavação de 8,00 m.

Tabela 3 – Cálculo dos poços profundos com bombas submersas.

Área (m ²)	a (m)	b (m)	r _m (m)	H (m)	h _w (m)	k (m/s)	R (m)	Q (m ³ /h)
1224,00	38,25	32,00	19,74	8,55	6,53	$1,32 \times 10^{-4}$	60,6	30,71
Q _w (m ³ /h)	Q _w (m ³ /h) majorada	v (m/s)	h _w ' (m)	h _D (m)	Δh _d (m)	h (m)	H _p (m)	Espaçamento (m)
2,56	3,20	$7,1 \times 10^{-4}$	1,00	3,00	2,53	6,50	8,00	12,50 e 10,50

Fonte: autores (2023).

A bomba selecionada para cada poço é monofásica com 7 estágios, potência de ½ CV e um bocal de descarga de 1½", a qual pode suportar uma altura manométrica máxima de 63 m.c.a., portanto, para a vazão de até 4,50 m³/h suporta uma altura manométrica total de 18,00 m.

5. Comparação de custos e viabilidade entre métodos

Os resultados de pesquisa realizados serão analisados em comparação de custos dos métodos calculados, através de dados fornecidos por tabelas de composição de preços para orçamentos. Para este comparativo serão considerados alguns valores relacionados aos serviços preliminares, como: serviços iniciais relacionados ao transporte e especialmente quanto a instalação do método que estabelece equipamentos específicos para a abertura dos fustes, destacando-se que a duração do rebaixamento é de 90 dias consecutivos, considerando 50 ponteiros de rebaixamento e 12 bombas. Analisando a Figura (8), os itens de serviços iniciais e material observa-se que essas diferenças resultam nos maiores gastos, em função da mobilização dos equipamentos e especialmente quanto aos equipamentos para perfuração em solo, as diferenças de

valores entre os métodos de rebaixamento estão representadas graficamente abaixo.

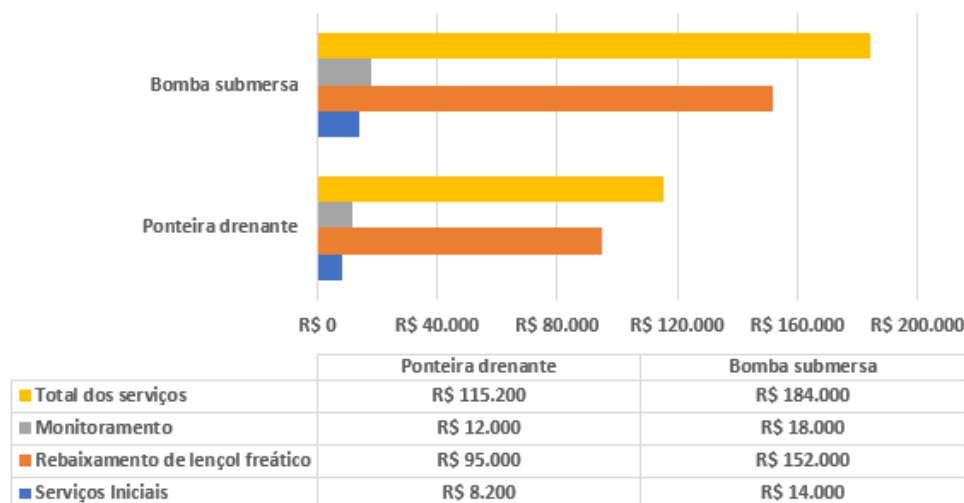


Figura 8 – Comparativo de valores entre os métodos propostos. Fonte: autores (2023).

6. Considerações finais

O rebaixamento do nível d’água usualmente ocorre durante a construção de uma determinada obra, na qual existe a presença de água no nível a ser escavado. Para a construção do edifício conforme caso apresentado, são necessárias as aplicabilidades desse sistema para que as construções no subsolo sejam exequíveis. Para as possíveis soluções de rebaixamento consideram-se os tipos de solos que compõem o subsolo da obra, coeficiente de permeabilidade, nível d’água, vazão, profundidade necessária de rebaixar, viabilidade de execução além do tipo de aquífero. A vazão calculada por intermédio de base teórica foi majorada em virtude das variáveis envolvidas, por se tratar de métodos empíricos e, além disso, em campo pode haver uma variação de vazão ao se iniciar o rebaixamento até o sistema se normalizar.

Recomenda-se neste quesito o monitoramento do rebaixamento para melhor determinação da vazão real, sendo importante destacar a importância do monitoramento do rebaixamento também em relação a grande possibilidade de ocorrência de recalques dentro do raio de influência dos sistemas, alcançando as construções adjacentes. Os sistemas escolhidos enquadram-se no conceito da aplicação de linhas de poços nas extremidades das valas da área a ser escavada, para seus cálculos de dimensionamento por se tratarem de poços diferenciam-se a princípio nos seus tamanhos. Para as ponteiros filtrantes o diâmetro dos seus poços são menores que bombas submersas, em relação ao dimensionamento de bombas mostrou-se também dentro dos parâmetros da construção, sendo aplicável com um número menor de poços. Porém os custos apresentados refletem que os métodos possuem uma diferença representativa de R\$ 68.800,00 equivalente a cerca de 60%, sendo os maiores gastos verificados nos materiais/instalação que acabam sendo imprescindíveis na tomada de decisão que reflete no investimento da obra.

Atualmente para qualquer tipo de empreendimento busca-se a redução de custos afim de proporcionar um aumento de taxa de retorno, tomando-se como base este critério o

rebaixamento do nível d'água por meio do sistema de ponteiros filtrantes mostra-se economicamente viável para a execução da obra, devendo ser verificados o tempo necessário em que o sistema de rebaixamento deverá ficar atuante na obra.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14545/00. *Solo - determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável.* Rio de Janeiro, 2000. 12p.

ALONSO, U. R. *Rebaixamento temporário de aquíferos.* São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

ALONSO, U. R. *Exercícios de fundações.* 2 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

BORRALHO, M. F. M. *Modelação numérica do rebaixamento do nível freático em obras geotécnicas.* 106 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2013.

CORRÊA, R. A. *Estudo de rebaixamento do lençol d'água em arenito para implantação de estruturas de PCH'S.* 122 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2006.

FIORI, A. P.; CARMIGNANI, L. *Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes.* 2 ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2009.

GRANDIS, I. *Rebaixamento e Drenagem.* In: HACHICH et al. *Fundações: teoria e prática.* 3 ed. São Paulo: Pini, 2016. p. 721-740.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. *Geologia geral.* volume 1. 11 ed. São Paulo: Editora Nacional, 1989.

MARANGON, M. *Mecânica dos Solos II. Hidráulica dos solos.* Universidade de Juiz de Fora, UFJF, Minas Gerais, 2009

QUEIROZ, Rudney Conceição. *Geologia e geotecnia básica para engenharia civil.* São Paulo: Blucher, 2016.

SOUZA, J. C. da S. *Potenciais impactos causados por obras civis em aquíferos costeiros: estudo de caso.* 19 f. Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas. Alagoas, 2011.

VELLOSO, P. P. C. *Teoria e prática de rebaixamento do lençol d'água.* Rio de Janeiro: LTC, 1988.