

2024

RELATÓRIO DOS RESULTADOS DO TESTE DE BOMBEAMENTO EM POÇO INSTALADO NO AQUÍFERO COSTEIRO – BALNEÁRIO CAMBORIÚ- SC

CONTRATANTE: CENTRAL TOWER EMPREENDIMENTOS SPE LTDA

Responsáveis Técnicos:

Geól. MSc. Eliane dos Santos

Geol. Gabriel Allebrandt Thomas

Geól. Mauricio Oliveira Righi da Silva

Tijucas-SC, 15/10/2024

SUMÁRIO

1. MEMORIAL DESCRITIVO DO REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO	4
2. ESTUDO HIDROGEOLÓGICO	5
2.1 Especificar qual será o tipo de rebaixamento do lençol freático, se temporário ou não. Quais equipamentos, cronogramas e métodos utilizados.	5
2.2. Teste de bombeamento para determinação do nível dinâmico do lençol, com instalação de poço de bombeamento com piezômetro e determinação da taxa de recuperação da água.	5
2.3. Mapa potenciométrico.....	14
2.4. Sugerir medidas para reaproveitamento de parte da água que será retirada com o rebaixamento.....	15
3. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS: COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE, TRANSMISSIVIDADE E COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO.	16
4. APRESENTAR EM PLANTA O RAIOS DE INFLUÊNCIA DO NÍVEL DE REBAIXAMENTO DO AQUIFERO FREÁTICO (CONE DE REBAIXAMENTO). ESPECIFICAR A METODOLOGIA USADA PARA CÁLCULO DO CONE.	18
5. ANÁLISES QUÍMICAS DA ÁGUA CONTEMPLANDO TESTES DE SALINIDADE (CLASSIFICAÇÃO DE ÁGUAS DA RESOLUÇÃO CONAMA N°357/05), CLORETOS (RESOLUÇÃO CONAMA N° 396/08), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS.	19
6. CONCLUSÃO	20
RESPONSABILIDADE TÉCNICA	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização do empreendimento.	4
Figura 2: Mapa de localização dos poços (bombeamento-Pb e de observação-Pz) executados na área.....	7

Figura 3: Perfil geológico dos poços de observação e do poço de bombeamento e perfil construtivo do poço de bombeamento.	8
Figura 4: Exemplo de bomba utilizada em teste de bombeamento.	9
Figura 5: Perfuração do poço de bombeamento.....	9
Figura 6: Cravação da haste de perfuração.	10
Figura 7: Teste de bombeamento executado com bomba aspirante e canalização para conduzir a água para a rede pluvial. Medição do rebaixamento de nível no poço de bombeamento com medidor de nível.....	10
Figura 8: Mapa potenciométrico.	15
Figura 9: Gráfico do rebaixamento pelo tempo.	16
Figura 10: Gráfico da recuperação pelo tempo.....	18
Figura 11: Raio de influência	19

Lista de Tabelas

Tabela 1: Cronograma do rebaixamento do lençol freático para execução da obra.....	5
Tabela 2 - Planilha do Teste de Bombeamento.....	13
Tabela 3 - Planilha de dados do teste de recuperação.....	14
Tabela 4 - Cotas e níveis observados nos poços.....	14

1. MEMORIAL DESCRITIVO DO REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO

O empreendimento a ser locado na esquina da Rua 500 com a Avenida Central em Balneário Camboriú, Figura 1, trata-se de um residencial multifamiliar que contará com uma torre de 81 pavimentos, com um nível de subsolo.

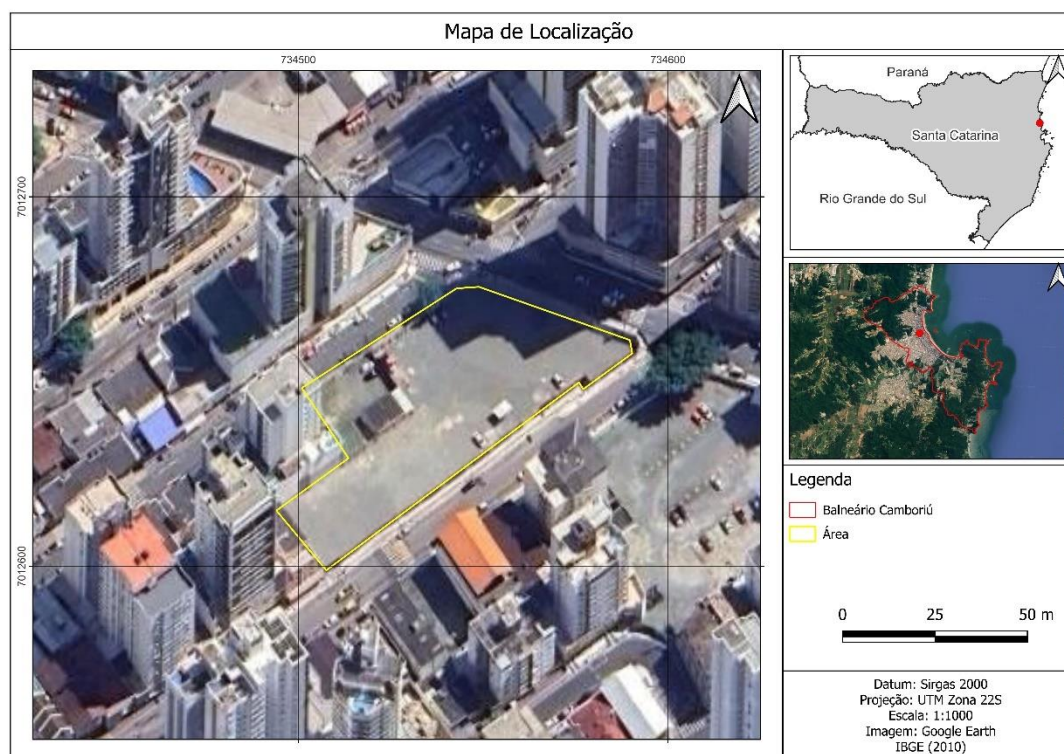


Figura 1 - Localização do empreendimento.

As etapas que necessitam do rebaixamento de nível freático estão programadas para dezoito meses de obra (Tabela 1). A metodologia, para este rebaixamento, consiste na utilização de ponteiros, escavadas no entorno do canteiro de obras, conectadas entre si e a bombas externas, que farão a sucção da água do terreno, em princípio, para a rede de drenagem pluvial. A disposição e o número de ponteiros necessárias para realizar rebaixamento, suficientes para a execução da obra, podem variar de acordo com a potência do equipamento a ser utilizado pelo empreendedor.

Tabela 1: Cronograma do rebaixamento do lençol freático para execução da obra.

CRONOGRAMA REBAIXAMENTO LENÇOL FREÁTICO																								
DESCRIÇÃO DE ATIVIDADE	DURAÇÃO	MESES																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1. MOBILIZAÇÃO E CANTEIRO	30 dias																							
2. FUNDAÇÃO, CONTENÇÃO E BLOCOS	530 dias																							
3. SUBSOLO	20 dias																							
4. REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO	550 dias																							
DESCRIÇÃO DE ATIVIDADE	DURAÇÃO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
MESES																								

2. ESTUDO HIDROGEOLÓGICO

2.1 Especificar qual será o tipo de rebaixamento do lençol freático, se temporário ou não. Quais equipamentos, cronogramas e métodos utilizados.

O rebaixamento do lençol freático será temporário e realizado no período de 18 meses, entre o início da escavação e o fim da concretagem. Neste período que contempla a necessidade de rebaixamento do lençol freático para a execução da obra, será realizada inicialmente a escavação no terreno até a concretagem final da lage de subpressão. O rebaixamento será executado com a utilização de bombas externas, instaladas em poços tipo ponteiros posicionados em diversos pontos do terreno.

2.2. Teste de bombeamento para determinação do nível dinâmico do lençol, com instalação de poço de bombeamento com piezômetro e determinação da taxa de recuperação da água.

Um ensaio de bombeamento é um método de análise de poços de captação de água subterrânea e do aquífero onde se encontram. O teste em campo é muito simples, pois consiste em bombear o poço a uma vazão contínua ou variável, anotando a evolução do nível dinâmico da água, devido ao bombeamento, no mesmo poço e em poços de monitoramento ou de observação, se existirem.

O rebaixamento é mais pronunciado no poço de bombeamento e diminui à medida que aumenta a distância deste poço. A distância existente entre o poço de bombeamento e

a zona do aquífero, na qual a influência no nível estático pode ser considerada nula, é chamada de raio de influência.

Forma-se em torno do poço um grande cone de bombeamento, cuja superfície é a superfície potenciométrica dinâmica, e o valor do nível de água, em um ponto desta superfície, é denominado nível dinâmico. O nível estático é aquele que existia no aquífero antes de iniciar o bombeamento.

Os aquíferos porosos, que possuem sua permeabilidade devido à porosidade intergranular, são mais homogêneos, sendo capazes de armazenar grande quantidade de água por unidade de volume de aquífero e, portanto, são aquíferos que reagem mais lentamente ao bombeamento. Os aquíferos livres e/ou semi-confinados costumam reagir com menor rapidez ao bombeamento do que um aquífero confinado.

- Referencial metodológico para realização de ensaios de bombeamento

A teoria dos ensaios de bombeamento está baseada nas leis fundamentais da hidráulica em meios porosos. As leis resultam da aplicação da Lei de Darcy para os meios porosos e do teorema da continuidade.

A equação fundamental é de uma lógica muito simples: a diferença entre a quantidade de água, que entra e sai pelas faces de um cubo poroso, mais as entradas de água exteriores ao sistema, tem que ser igual a variação do armazenamento, ou seja, ao que enche ou esvazia o cubo.

No ensaio de bombeamento, o que é estudado é o movimento da água no aquífero, devido a uma depressão do nível potenciométrico em um ponto, motivada por um bombeamento em um poço localizado neste ponto.

- Perfuração dos poços de observação e do poço de bombeamento

Os poços foram executados pelo método de cravação e revestidos com tubo de PVC, ranhurados em determinadas profundidades, e envoltos nestes pontos, por manta geotêxtil e com tampa no fundo. Na Figura 2 está indicada a localização dos poços: poço de

bombeamento (Pb) com 9 metros de profundidade e poços de observação (Pz) com 8 metros de profundidade no PZ1, Pz2 e Pz3 e Pz4.

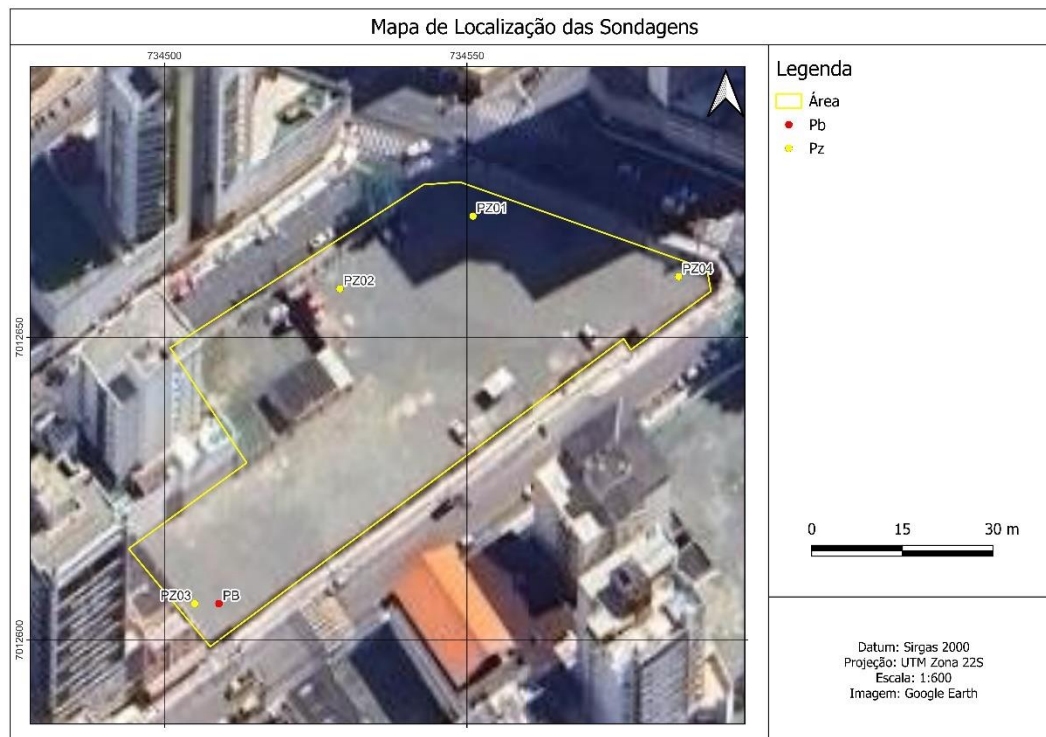


Figura 2: Mapa de localização dos poços (bombeamento-Pb e de observação-Pz) executados na área.

Os poços foram confeccionados com o mesmo material, sendo tubos de PVC, de 2", com exceção do PB (poço de bombeamento), confeccionado com tubo de 4", localizado a 5,35 m do Pz3 que é poço de observação no qual será monitorado o rebaixamento de nível. O poço PB serviu para receber a bomba utilizada durante o teste de bombeamento. Os metros superiores dos tubos são lisos enquanto suas partes inferiores são ranhurados. A Figura 3 apresenta os perfis geológico e construtivo dos poços de observação (Pz) e do poço de bombeamento (Pb).

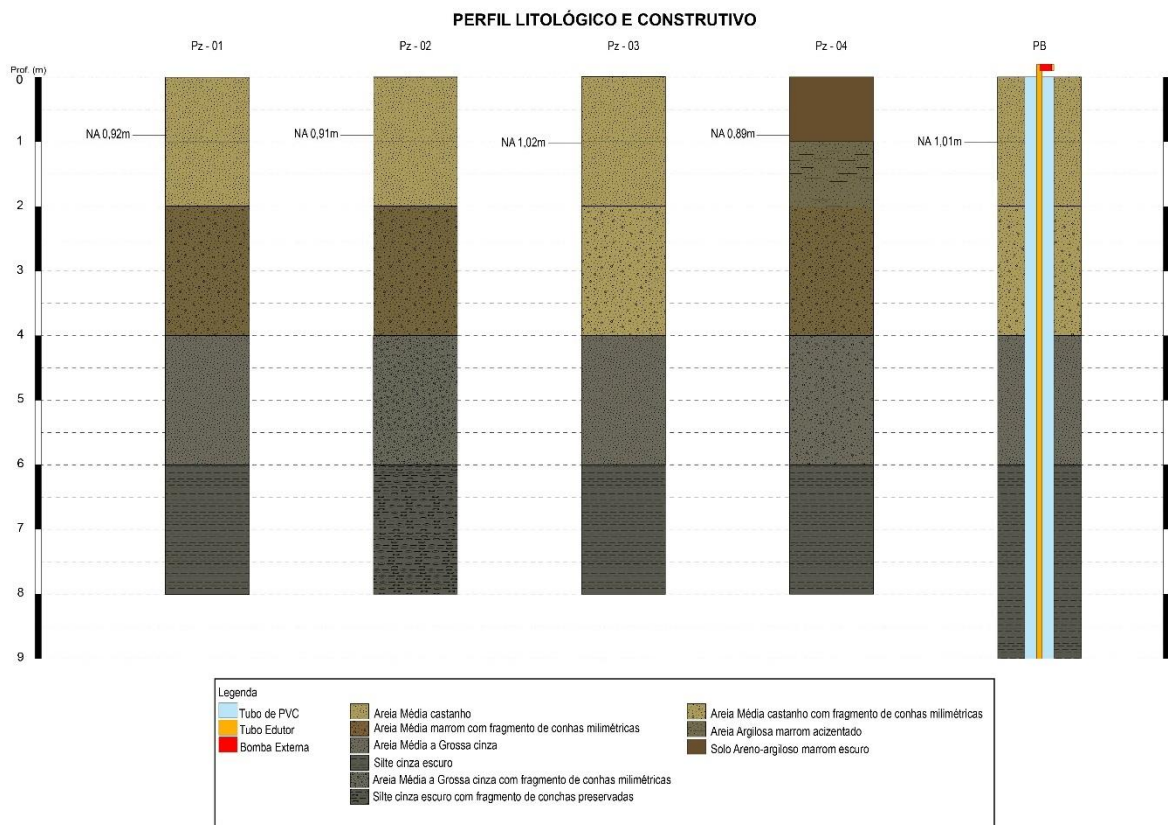


Figura 3: Perfil geológico dos poços de observação e do poço de bombeamento e perfil construtivo do poço de bombeamento.

A Figura 4 até a Figura 7 ilustram o procedimento de perfuração dos poços e a preparação para a execução do teste de bombeamento assim como o equipamento utilizado.



Figura 4: Exemplo de bomba utilizada em teste de bombeamento.



Figura 5: Perfuração do poço de bombeamento.



Figura 6: Cravação da haste de perfuração.



Figura 7: Teste de bombeamento executado com bomba aspirante e canalização para conduzir a água para a rede pluvial. Medição do rebaixamento de nível no poço de bombeamento com medidor de nível.

- Teste de bombeamento em campo

No teste de bombeamento a vazão média foi de 578,84 l/h ou 5,8 m³/hora, com o uso de bomba autoaspirante que atende perfeitamente a finalidade deste teste onde a perda de carga no poço de bombeamento e no poço de observação é pequena.

Antes de iniciar o teste mediu-se a profundidade do nível de água em todos os poços anotando-se os valores em planilhas próprias. Os Níveis Estáticos (NE) do poço de bombeamento e dos poços de observação estão informados na Tabela 4.

O teste inicia com a colocação de água no tubo de sucção da bomba com o objetivo de evitar a entrada de ar externo e na sequência dá-se a partida no motor da bomba para iniciar o bombeamento da água do freático.

A água bombeada foi conduzida por uma mangueira até um reservatório, onde um funcionário, com um vasilhame de volume conhecido, acompanhava a vazão de bombeamento durante todo o teste através de medições constantes. Do reservatório, a água foi conduzida por meio de outra mangueira até a descarga final na rede de drenagem pluvial.

Medem-se os níveis de água no poço de bombeamento e no poço de observação atendendo ao intervalo de tempo expresso na planilha de bombeamento (Tabela 2).

Ao final da planilha do teste, que correspondem a 1440 minutos (24 horas), desliga-se a bomba e se inicia a medição da recuperação do nível de água no poço de bombeamento, obedecendo-se aos intervalos de tempo explicitados na planilha de recuperação.

A recuperação do nível de água no poço de bombeamento foi acompanhada durante 50 minutos e recuperou 100% do nível inicial.

- Realização do teste de bombeamento


O teste de bombeamento foi realizado entre os dias 12 e 13 de setembro do ano de 2024, tendo iniciado às 09:01:00h do dia 12 e perdurado por um período de 24 horas de bombeamento, com acompanhamento dos níveis dinâmicos no poço de bombeamento e no

poço de observação (Pz3). O acompanhamento da recuperação do nível dinâmico foi efetuado em seguida ao teste de bombeamento por um período de 50 minutos.

Durante o teste de bombeamento foram realizadas tres coletas de água subterrânea: antes de iniciar o teste, durante o desenvolvimento do teste e após o desligamento da bomba.

A Tabela 2 apresenta a planilha com as leituras do nível estático (antes do início do teste) e dos níveis dinâmicos realizadas durante o teste de bombeamento no poço de bombeamento e no Pz3, além de diversas informações sobre o ensaio, equipamentos utilizados e resultados obtidos.

Tabela 2 - Planilha do Teste de Bombeamento

 Agricultura Geopéguas LABORGEIO Pesquisa Gestão				Cliente		FG Empreendimentos				
				CNPJ						
				Endereço:		Av. Central, 443, Centro, Balneário Camburiú				
Teste de Rebaixamento de Nível de Lençol Freático										
Início	12/09/2024	Condição de Tempo			Sol com nuvens			Precipitação em 24h		0mm
Término	13/09/2024	Coordenada X [m]			734506			Nível Estático Medido [m]		1,09
Nome do Poço: Pb		Coordenada Y [m]			7012601			Nível Dinâmico Medido [m]		1,36
Marca/Modelo Bomba		bomba autoaspirante					Profundidade Poço [m]		9,00	
Prof. Bomba [m]		0					Diâmetro Poço [pol./mm]		2"/50,8mm	
Tipo de Teste		Vazão contínua					Observações			
Tempo, Hora, Nível Dinâmico [Rebaixamento] e Vazão										
minutos	Hora	ND Bomb.	Vazão [l/h]	NDPz3	minutos	Hora	ND Bomb.	Vazão [l/h]	NDPz3	
1	09:01:00	1,27	494,51	1,19	330	14:30:00	1,35	604,03	1,21	
2	09:02:00	1,30	494,51	1,20	360	15:00:00	1,34	594,06	1,21	
3	09:03:00	1,33	494,51	1,20	390	15:30:00	1,35	594,06	1,21	
4	09:04:00	1,30	494,51	1,19	420	16:00:00	1,35	578,78	1,21	
5	09:05:00	1,28	494,51	1,19	450	16:30:00	1,35	586,32	1,21	
6	09:06:00	1,28	494,51	1,19	480	17:00:00	1,36	567,82	1,22	
7	09:07:00	1,28	494,51	1,18	510	17:30:00	1,36	584,42	1,22	
8	09:08:00	1,29	494,51	1,18	540	18:00:00	1,36	582,52	1,22	
9	09:09:00	1,29	494,51	1,18	570	18:30:00	1,36	586,32	1,22	
10	09:10:00	1,29	494,51	1,18	600	19:00:00	1,37	586,32	1,22	
12	09:12:00	1,29	494,51	1,18	660	20:00:00	1,37	582,52	1,22	
14	09:14:00	1,30	494,51	1,18	720	21:00:00	1,38	598,01	1,23	
16	09:16:00	1,30	494,51	1,18	780	22:00:00	1,34	600	1,23	
18	09:18:00	1,30	494,51	1,18	840	23:00:00	1,37	606,06	1,23	
20	09:20:00	1,30	494,51	1,18	900	00:00:00	1,39	573,25	1,23	
25	09:25:00	1,30	486,49	1,18	1020	02:00:00	1,41	586,32	1,23	
30	09:30:00	1,30	486,49	1,18	1140	04:00:00	1,39	590,16	1,23	
35	09:35:00	1,30	483,87	1,19	1260	06:00:00	1,42	594,06	1,24	
40	09:40:00	1,30	483,87	1,19	1380	08:00:00	1,40	600	1,23	
45	09:45:00	1,31	489,13	1,19	1440	09:00:00	1,36	573,25	1,23	
50	09:50:00	1,31	489,13	1,19						
55	09:55:00	1,31	483,87	1,19	Observações: Dia nublado com pouco sol, sem chuva					
60	10:00:00	1,32	483,87	1,19						
70	10:10:00	1,32	509,92	1,19						
80	10:20:00	1,32	509,92	1,19						
90	10:30:00	1,32	515,76	1,19						
100	10:40:00	1,32	495,87	1,19						
110	10:50:00	1,32	495,87	1,19						
120	11:00:00	1,32	523,26	1,19						
150	11:30:00	1,32	523,26	1,19						
180	12:00:00	1,34	573,25	1,20						
210	12:30:00	1,34	576,92	1,20						
240	13:00:00	1,34	567,82	1,20						
270	13:30:00	1,34	580,65	1,21						
300	14:00:00	1,35	582,52	1,21						

As leituras dos níveis dinâmicos, realizadas durante o teste de recuperação no poço de bombeamento, têm seus valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Planilha de dados do teste de recuperação.

Tempo (minutos)	Horario	Pb	Pz3
1	09:01:00	1,16	1,23
2	09:02:00	1,14	1,22
3	09:03:00	1,13	1,22
4	09:04:00	1,12	1,21
5	09:05:00	1,12	1,21
6	09:06:00	1,11	1,21
7	09:07:00	1,11	1,20
8	09:08:00	1,10	1,19
9	09:09:00	1,10	1,19
10	09:10:00	1,10	1,19
12	09:12:00	1,09	1,19
14	09:14:00	1,09	1,19
16	09:16:00	1,09	1,19
18	09:18:00	1,09	1,18
20	09:20:00	1,09	1,18
25	09:25:00	1,09	1,17
30	09:30:00	1,09	1,17
35	09:35:00	1,09	1,16
40	09:40:00	1,09	1,16
45	09:45:00	1,09	1,15
50	09:50:00	1,09	1,14

2.3. Mapa potenciométrico

Para o Mapa Potenciométrico foram utilizadas medidas efetuadas no dia da realização do teste de bombeamento, as cotas topográficas, necessárias para converter e interpretar níveis de água como níveis potenciométricos foram obtidas *in loco* com o uso do receptor GNSS, Tabela 4.

Tabela 4 - Cotas e níveis observados nos poços.

Poços	X	Y	NA	Cota	Pz
Pz1	734551	7012670	0.92	6	5.08
Pz2	734529	7012658	0.91	6	5.09
Pz3	734505	7012606	1.02	6	4.98
Pz4	734585	7012660	0.89	5	4.11
PB	734509	7012606	1.01	6	4.99

O resultado obtido pode ser observado na Figura 8 onde verifica-se que o fluxo é homogêneo e se desloca na direção do oceano localizado a leste.

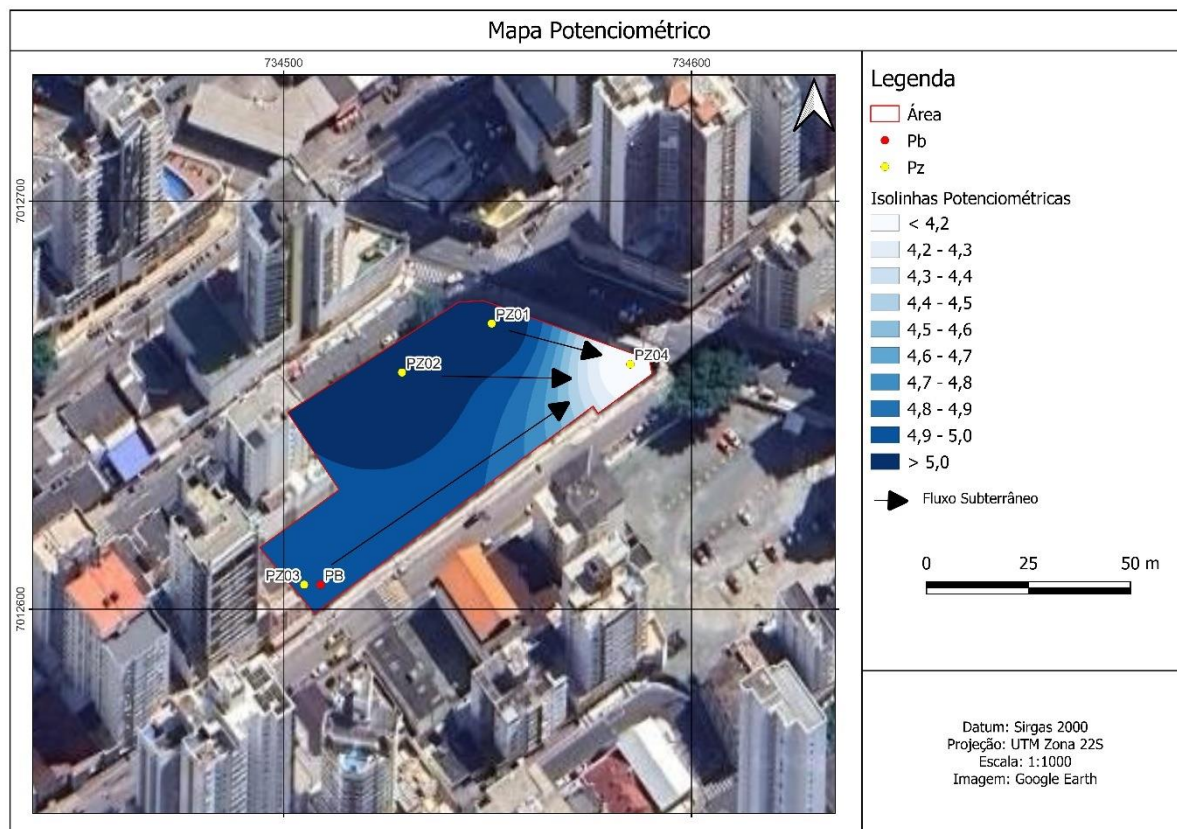


Figura 8: Mapa potenciométrico.

2.4. Sugerir medidas para reaproveitamento de parte da água que será retirada com o rebaixamento.

As análises efetuadas na água amostrada apresentaram resultados que atendem aos padrões de potabilidade, porém, poucos parâmetros foram analisados e para se buscar um aproveitamento potável de parte desta água, é necessário analisar outros parâmetros para caracterizar a potabilidade dessa água.

Sem a obrigatoriedade de tratamento esta água, desde que com a devida outorga, pode ser utilizada para lavagem de equipamentos e máquinas utilizadas na obra e para fins sanitários (uso em sistema de descarga).

3. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS: COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE, TRANSMISSIVIDADE E COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO.

- Cálculo dos parâmetros hidrogeológicos

Os parâmetros hidrogeológicos são: Transmissividade (T), expressa em m²/dia; permeabilidade (K), expressa em m/dia e o coeficiente de armazenamento (S), que é um número adimensional. O gráfico do rebaixamento pelo tempo (Figura 9), é utilizado para se obter importantes fatores utilizados nos cálculos, como o t_0 e Δd .

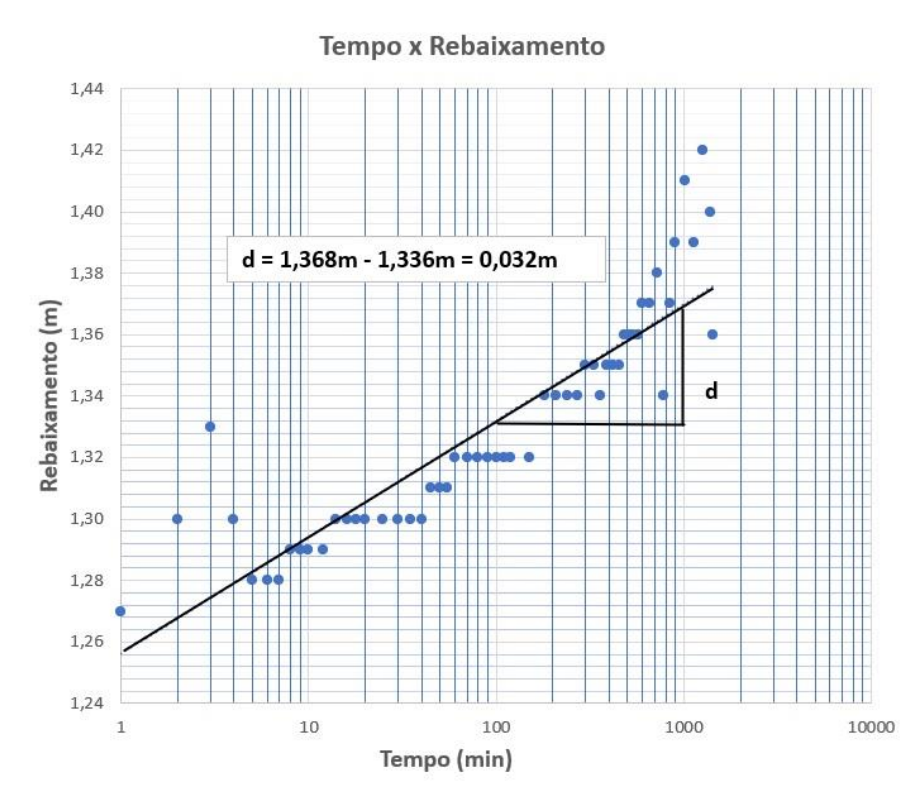


Figura 9: Gráfico do rebaixamento pelo tempo.

- Transmissividade

$$T = 0,183 \times \frac{Q_{m^3/dia}}{\Delta d}$$

$$\Delta d = 0,032 \text{ m}$$

$$Q = 13,9 \text{ m}^3/\text{dia} / 0,032$$

$$T = 434,37 \text{ m}^2/\text{dia}$$

- Coeficiente de Armazenamento

$$S = \frac{2,25 \times T \times t_0}{r^2}$$

r^2 = quadrado da distância entre o poço de bombeamento e de observação = 5,35 m

t_0 = 0,034 dias

$$S = 2,25 \times 434,37 \times 0,034 / 5,35^2$$

$$\mathbf{S = 1,16}$$

- Permeabilidade

$$K = T/b$$

b = espessura do aquífero em metros

$$K = 434,37 / 9$$

$$\mathbf{K = 48,26 \text{ m/dia ou } 0,056 \text{ cm/seg}}$$

- Raio de influência

$$R = 1,5 \sqrt{2,25 \times T \times t_0 / S}$$

$$R = 1,5 \sqrt{2,25 \times 434,37 \times 0,034 / 1,16}$$

$$\mathbf{R = 8,03 \text{ m}}$$

O material geológico que compõe o subsolo do local deste estudo tem um comportamento hidrogeológico de aquífero com boa porosidade e media permeabilidade e consegue transmitir água do subsolo sob a ação de uma pressão externa como por exemplo, um bombeamento. A reposição de água após o término do bombeamento é rápida devido a boa transmissividade.

O gráfico Figura 10 mostra a evolução da recuperação do nível d'água no poço de bombeamento (Pb) após a finalização do teste de 24 horas. Aos 50 minutos o Pb recuperou 100 % do nível inicial (NE).

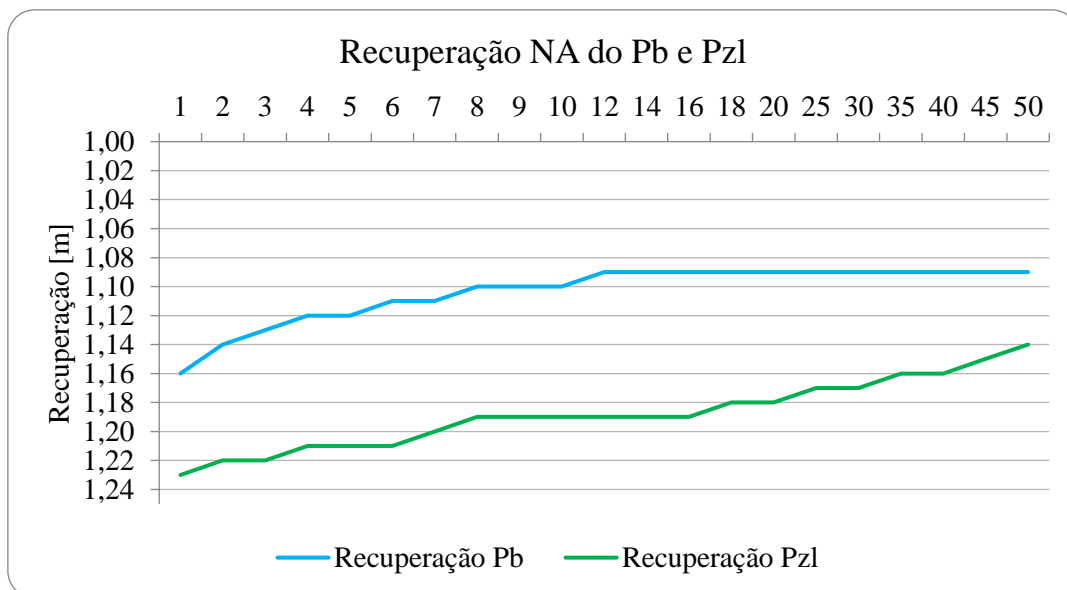


Figura 10: Gráfico da recuperação pelo tempo.

4. APRESENTAR EM PLANTA O RAIOS DE INFLUÊNCIA DO NÍVEL DE REBAIXAMENTO DO AQUIFERO FREÁTICO (CONE DE REBAIXAMENTO). ESPECIFICAR A METODOLOGIA USADA PARA CÁLCULO DO CONE.

O raio de influência foi calculado pela fórmula de Jacob que utiliza os parâmetros Transmissividade (T), Coeficiente de Armazenamento (S) e tempo de bombeamento, apresentando o valor de 8,03 metros. Durante o ensaio de bombeamento, enquanto o poço de bombeamento apresentou rebaixamento de 1,36 m, o poço de monitoramento, localizado a 5,35 m de distância, apresentou rebaixamento de 1,23 m. A Figura 11 apresenta o raio de influência, para este raio foi considerada influência no entorno dos limites do terreno, embora que, as bombas serão instaladas no interior dele.

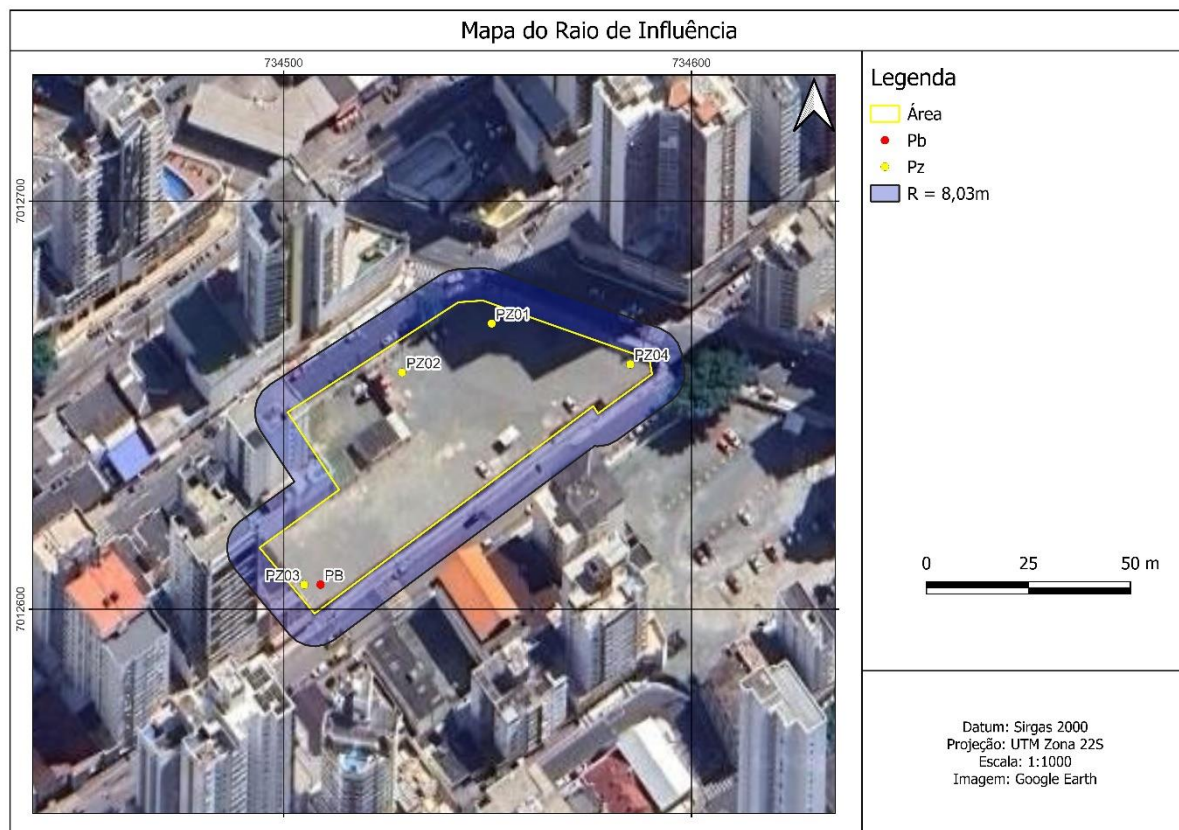


Figura 11: Raio de influência

5. ANÁLISES QUÍMICAS DA ÁGUA CONTEMPLANDO TESTES DE SALINIDADE (CLASSIFICAÇÃO DE ÁGUAS DA RESOLUÇÃO CONAMA N°357/05), CLORETOS (RESOLUÇÃO CONAMA N° 396/08), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS.

O laudo, com os resultados das análises, encontra-se no Anexo 1. Os resultados da água do aquífero freático coletada no Pz4, demonstram que os valores obtidos para os parâmetros solicitados não ultrapassam o VMP estabelecido nas legislações que regulam esta matéria.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nas análises de água que foram coletadas nas três etapas do teste de bombeamento apontaram valores muito baixos para cloretos, condutividade elétrica, salinidade e STD. Os parametros medidos nas amostras, está abaixo do valor máximo permitido, portanto dentro da normalidade.

O aquifero é livre, poroso com boa capacidade de recarga e com média permeabilidade e transmissividade classificando este aquifero como regular a bom.

RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Assinam este Relatório “ESTUDO HIDROGEOLÓGICO EM AQUÍFERO COSTEIRO” –
BALNEÁRIO CAMBORIÚ- SC, os profissionais abaixo listados.

Geol. MSc. Eliane dos Santos
CREA-SC 014675-0

Geol. Gabriel Allebrandt Thomas
Visto no CREA-SC: 202634-1

Geol. Mauricio Oliveira Righi da Silva
CREA RS254043

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 7117:2012. Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo.
- AKTARAKÇI, H. Resistivity Imaging. Seminar on resistivity imaging. Madrid. (2008).
- CARUSO JR, F.; ARAÚJO, S. A. Mapa geológico da Folha Itajaí, Santa Catarina. In: VII Congresso da ABEQUA, 1999, Porto Seguro. Anais. Porto Seguro: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. v. CD-ROM. CHAYES, F. 1952. Notes on staining of potash feldspar with sodium cobaltinitrite in thin section. *Am. Mineral.* 37: 337-340.
- COOPER, H. H., Jr. (1964). A hypothesis concerning the dynamic balance of fresh water and salt water in a coastal aquifer. *In Sea Water in Coastal Aquifer*. U.S. Geological Survey, Geological Survey Water-Supply Paper 1613-C, 84 pp.
- FERREIRA DA SILVA, J. e HAIE, N. (2000). Planeamento e gestão global de recursos hídricos costeiros – Estratégias para a prevenção e controlo da intrusão salina. *In Actas do 5º Congresso Nacional da Água*, Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, Lisboa, 13 pp.
- FIGUEIREDO, F. (1990). *Método de resistividade eléctrica aplicado ao estudo de aquíferos costeiros – Caracterização do aquífero superficial da península Barra – Costa do Prado -Vagueira (Aveiro)*. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Secção Autónoma de Engenharia de Minas, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 168 pp.
- GHYBEN, W. B. (1889). Nota in verband met de voorgenomen putboring nabij Amsterdam. *The Hague, Netherlands, Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs*, pp. 8-22.
- GLOVER R, E. (1964). *The pattern of fresh- water flow in a coastal aquifer*. In: *Sea water in coastal aquifers*, U.S. Geol. Survey Water Supply, Pap. 1613-C, pp. 32-35.
- HERZBERG, A. (1901). Die Wasserversorgung einiger Nordseebäder. *Wasserversorgung*, v.44, pp. 815-844.
- IZUKA, S. K; GINGERICH, S.B. (1998). Estimation of the depth to the fresh-water/salt water interface from vertical head gradients in wells in coastal and island aquifers. *Hydrogeology Journal*, Springer-Verlag; v.6, pp. 365-373.
- KASENOW, M. (2001). *Applied ground-water hydrology and well hydraulics*. USA, Water Resources Publications, LLC, 377 pp.
- MCWHORTER, D. B. e SUNADA, D. K. (1977). *Ground-Water Hydrology and Hydraulics*. Water Resources Publications, 290 pp.
- MERCER, J.W., LARSON, S.P., FAUST, C.R. (1980). Simulation of Salt-Water Interface Motion. *Ground Water*; v.18, No.4, pp. 374-38.
- KLEIN, A. H. F. & MENEZES, J. T. 2001. Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast. *J. Coast. Res.* 17(4): 812-835.
- POULSEN, S.E., RASMUSSEN, K.R., CHRISTENSEN, N.B., CHRISTENSEN, S. (2009). Evaluating the salinity distribution of a shallow coastal aquifer by vertical multielectrode profiling (Denmark). *Hydrogeology Journal*, v.18, pp. 161–171.
- SANFORD, W.E e POPE, J.P. (2009). Current challenges using models to forecast seawater intrusion: lessons from the Eastern Shore of Virginia, USA. *Hydrogeology Journal*, v.18, pp. 73-93.
- TELFORD, W.M; GELDART, L.P. & SHERIFF, R.E. 1990. *Applied Geophysics*. 2nd ed. Cambridge University Press, New York. 859p.

ANEXO 1 – LAUDOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS