



PROJETO EXECUTIVO DA BACIA DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS
PARA A PROTEÇÃO DA CAPTAÇÃO DO
RIBEIRÃO DAS CRUZES, EM ARARAQUARA, SP

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

ARARAQUARA, SP



ENGCONSULTORIA

Revisão 00 - Março, 2020

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO	2
2. ASSOREAMENTO NA REPRESA 7	5
3. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DISPONÍVEL NA REPRESA 7 - CAPTAÇÃO....	7
4. BACIA DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS PARA PROTEÇÃO DO RESERVATÓRIO DA CAPTAÇÃO CONTRA O ASSOREAMENTO	10
4.1. CÁLCULO DA QUANTIDADE DE SÓLIDOS A SER RETIDO	10
4.2. DIMENSIONAMENTO DA BACIA DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS	19
5. CÁLCULO DO VERTEDOR DA BARRAGEM PERMEÁVEL	22
5.1. DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOR	22
6. CÁLCULOS GEOTÉCNICOS DAS FUNDAÇÕES DA BARRAGEM	25
6.1. PROPRIEDADES DO SOLO	25
6.2. PERFIS DAS CAMADAS	28
6.3. PERFIL DA SUPERFÍCIE FREÁTICA	30
6.4. PROPRIEDADES DOS REFORÇOS UTILIZADOS	31
6.5. PROPRIEDADES DOS REFORÇOS UTILIZADOS	34
6.6. VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS	36
7. INFORMAÇÕES BÁSICAS SOBRE A OPERAÇÃO DO SISTEMA	39
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
ANEXO 1. ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART	41
ANEXO 2. RELATÓRIO DE SONDAGENS	44

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O DAAE Araraquara realizou recentemente um estudo aprofundado sobre a bacia do Ribeirão das Cruzes, que é o principal manancial superficial de abastecimento de água do sistema público.

Já há algum tempo o DAAE vem se preocupando com o enorme montante de sólidos inertes, sobretudo areia, que vêm se acumulando na Represa 7, de onde é captada a água para ser tratada na ETA Fonte Luminosa.

Essa represa passou recentemente por uma obra de desassoreamento, porém, além dos elevados custos envolvidos, tem-se o problema de que a conformação do solo da bacia e o fato de que ainda existem muitos espaços vazios e terrenos desmatados nessa bacia fazem com que o carreamento de sólidos para o leito do Ribeirão das Cruzes e seus afluentes pela ação da chuva ou vento seja contínuo, e, portanto, as medidas de desassoreamento também deveriam ser.

Durante os estudos para verificação das possíveis medidas de proteção da bacia contra o assoreamento propôs-se a implantação de uma Bacia de Retenção de Sólidos à montante da represa de captação do DAAE, cuja função seria proteger essa represa contra o assoreamento.

Esse tipo de estrutura consiste em uma bacia formada por uma área de espraçamento do leito do córrego e uma barragem de enrocamento permeável, nas quais a velocidade de escoamento das águas do leito do curso d'água são significativamente reduzidas de forma a permitir a sedimentação dos sólidos. Esses sólidos que sedimentam na bacia de retenção de sólidos seriam sedimentados no interior da lagoa formada pela barragem da captação, caso não houvesse a bacia de retenção de sólidos.

Essa bacia, no entanto, requer manutenção para que possa funcionar permanentemente, protegendo a represa subsequente, pois, conforme os sólidos vão se acumulando na bacia de retenção durante os períodos de chuvas brandas ou mais volumosas, quando são observados os picos de chuvas intensas, esses sólidos são carregados para o interior da represa da mesma forma.

Desse modo, existe um plano de manutenção e retirada desses sólidos periodicamente no qual a área da bacia de retenção de sólidos é limpa através de tratores e caminhões para que o eventual carregamento dos sólidos além da barragem da bacia de retenção seja minimizado.

Esse tipo de obra é de grande valia para a proteção de sistemas aquáticos lênticos, e, via de regra, possui custos de implantação, operação e manutenção muito inferiores aos do desassoreamento a longo prazo.

A Figura 1 a seguir apresenta a bacia do Ribeirão das Cruzes e as principais represas existentes, com destaque para a Represa 7, na qual se localiza a captação de água bruta do DAAE.

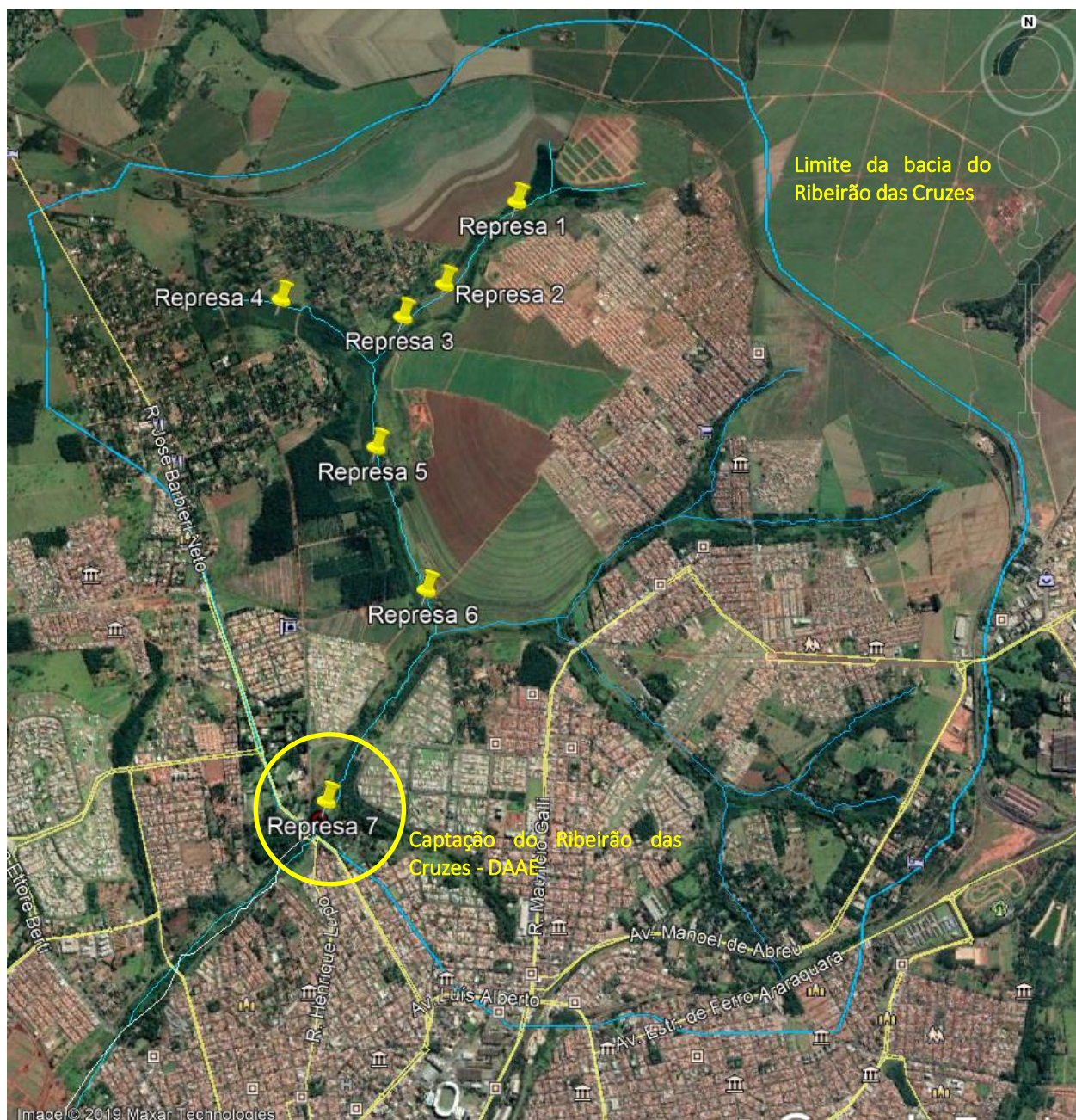


Figura 1. Localização das Represas existentes na bacia do Ribeirão das Cruzes e da Represa 7 de onde o DAAE Araraquara capta a água para abastecimento público.

2. ASSOREAMENTO NA REPRESA 7

Durante as vistorias técnicas realizadas no local da Represa 7, conforme informado anteriormente e apresentado nos estudos sobre a Bacia do Ribeirão das Cruzes, foi possível observar os graves problemas de assoreamento desse reservatório, que vêm se intensificando ao longo dos anos.

As figuras a seguir apresentam 3 momentos do reservatório indicando a abrangência do espelho d'água, e os volumes estimados em cada momento, de onde se pode notar a perda de capacidade de armazenamento da água pelo reservatório do Daae ao longo dos anos.

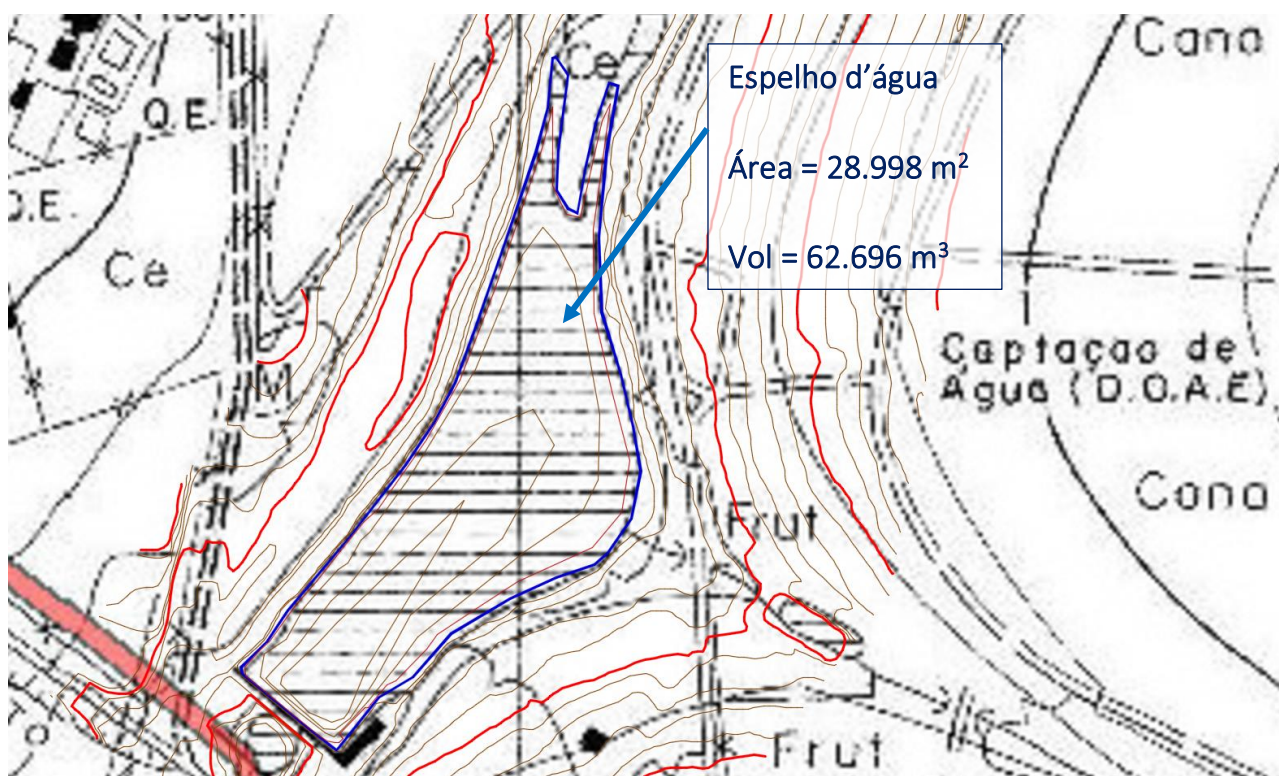


Figura 2. Abrangência do espelho d'água e volume de água armazenada estimado no ano de 1978 (levantamento aerofotogramétrico IGC).

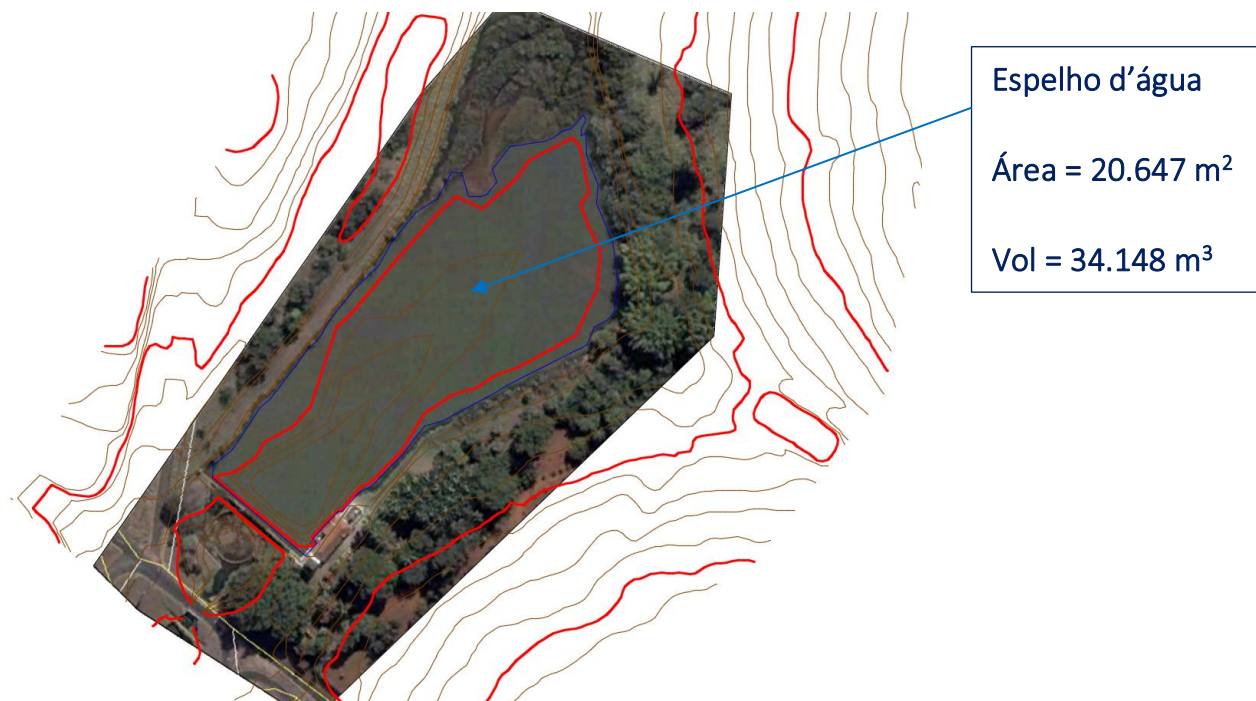


Figura 3. Abrangência do espelho d'água e volume de água armazenada estimado no ano de 2006 (imagem de satélite do GoogleEarth) – cerca de 54,5% do volume existente em 1978.

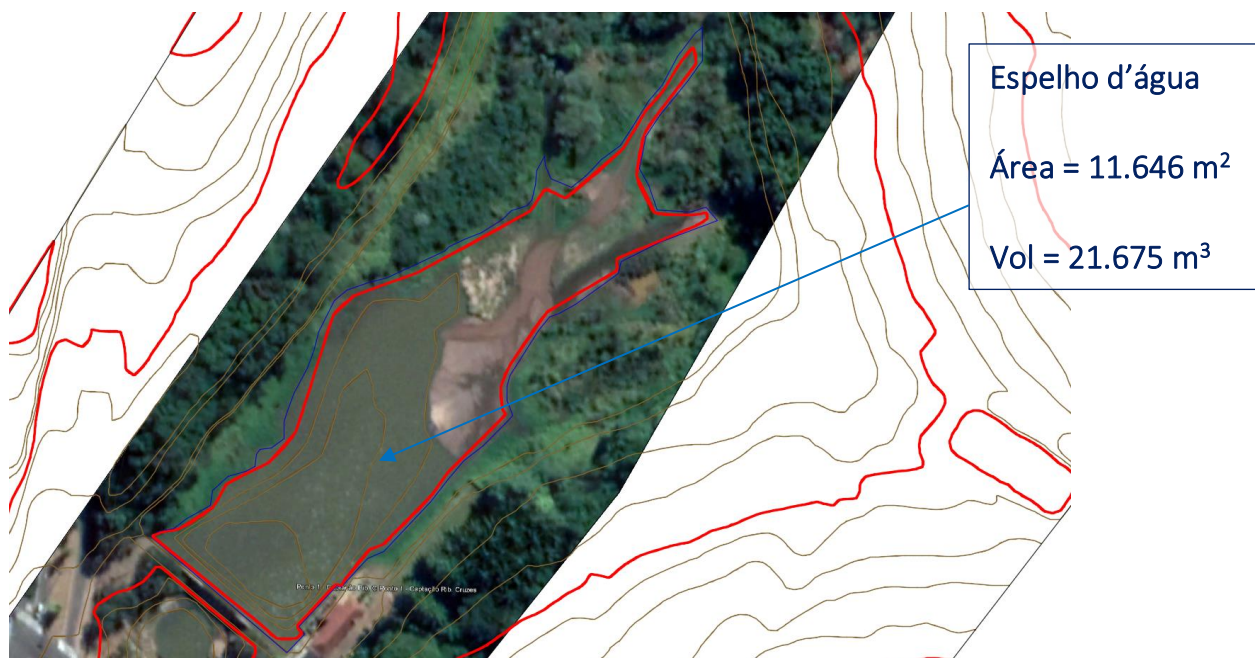


Figura 4. Abrangência do espelho d'água e volume de água armazenada estimado no ano de 2019 (imagem de satélite do GoogleEarth) – cerca de 34,6% do volume existente em 1978, e 63,5% do volume existente em 2006.

3. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DISPONÍVEL NA REPRESA 7 - CAPTAÇÃO

Para a Represa 7, localizada junto à captação de água do Daae, decidiu-se nos estudos realizados para o Ribeirão das Cruzes avaliar a evolução histórica do volume dessa represa considerando-se 3 situações distintas:

- situação atual, na qual existe a ocorrência de assoreamento severo em todo o reservatório.
- situação datada de 2006 na qual avaliou-se a partir da imagem de satélite mais antiga disponível no GoogleEarth, a abrangência do espelho d'água, realizando-se as interpolações da mesma forma para determinação do volume de água disponível nessa represa àquela época (antes do “boom imobiliário” ocorrido na bacia).
- situação em 1978 na qual utilizou-se o desenho do espelho d'água cadastrado pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo – IGC para elaboração do mapeamento em escala 1:10.000 através de levantamento aerofotogramétrico.

Nesses 3 casos, o volume determinado já contempla as perdas de capacidade de reservação da represa devido ao assoreamento.

A Figura 5 apresenta uma imagem em 3D para a superfície do terreno da Represa 7 na situação atual em que se encontra o reservatório, com a locação da nova bacia de retenção de sólidos para proteção da represa.

A intenção após a implantação das obras da bacia de retenção de sólidos, complementada por mais uma obra de desassoreamento da represa (depois da implantação da bacia), é a de se retornar a represa a sua capacidade de armazenamento original.

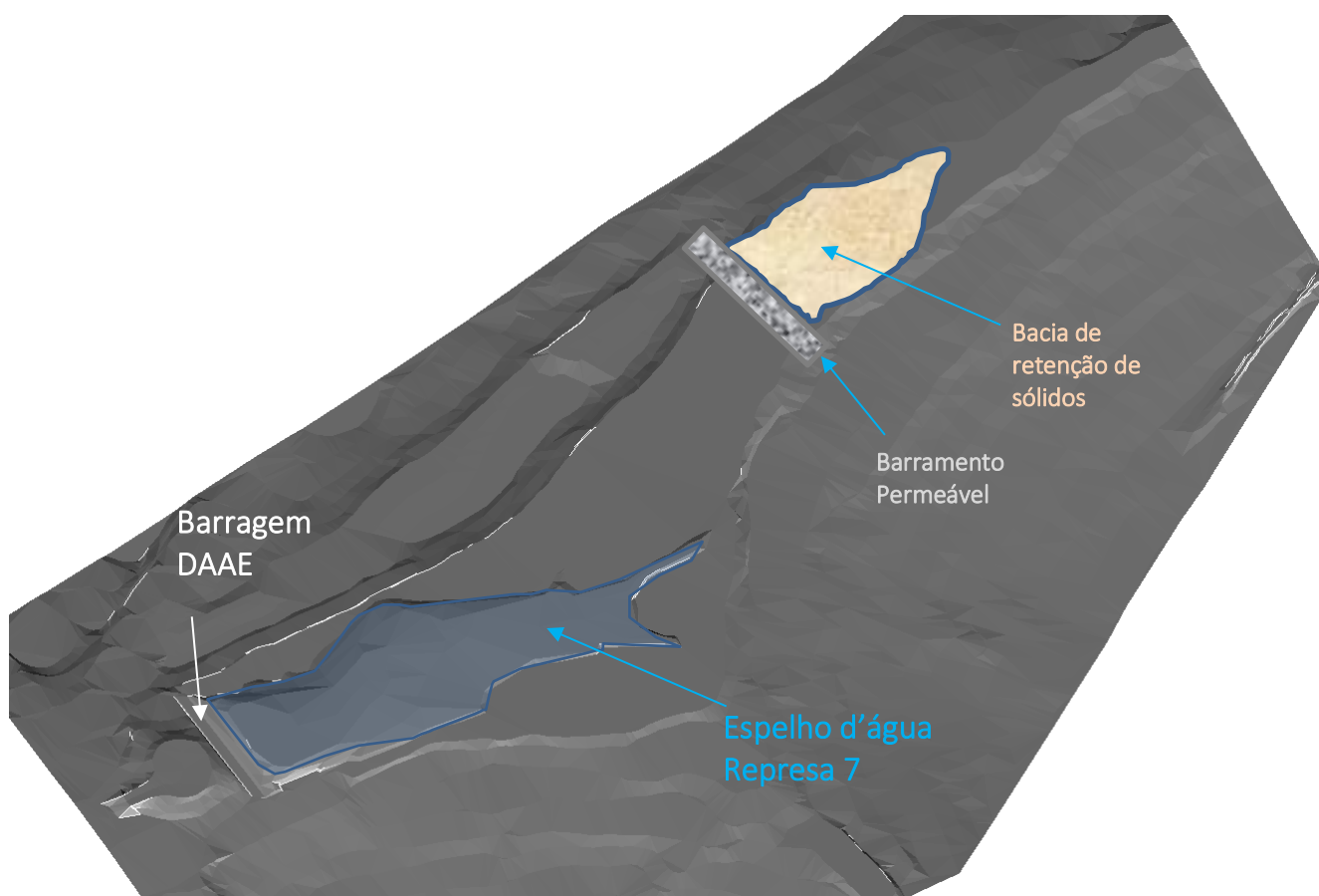


Figura 5. Imagem em 3D da superfície do terreno para a Represa 7, com representação do espelho d'água atual.

O volume total armazenado atualmente no reservatório da Represa 7 (considerando-se o assoreamento) corresponde a 21.675,37 m³. A Tabela 6 apresenta os volumes armazenados conforme as cotas do terreno no reservatório.

Da mesma forma, foram determinados os volumes desse reservatório no ano de 2006 e no ano de 1978, conforme apresentado nas tabelas 8 e 9, sendo seus volumes correspondentes a 34.0148,48 m³ e 62.696,42 m³, respectivamente.

Tabela 1. Volumes armazenados conforme as cotas do terreno no reservatório 7 – situação atual (2019).

STAGE STORAGE TABLE						
ELEV	AREA (sq. m)	DEPT H (m)	AVG END INC. VOL. (cu. m)	AVG END TOTAL VOL. (cu. m)	CONIC INC. VOL. (cu. m)	CONIC TOTAL VOL. (cu. m)
627.000	764.68	N/A	N/A	0.00	N/A	0.00
628.000	2,607.09	1.000	1685.88	1685.88	1594.57	1594.57
629.000	4,990.99	1.000	3799.04	5484.92	3735.09	5329.66
630.000	10,400.13	1.000	7695.56	13180.47	7531.92	12861.58
630.800	11,646.09	0.800	8818.49	21998.96	8813.79	21675.37
631.000	40,706.06	0.200	5235.21	27234.18	4941.68	26617.05

Tabela 2. Volumes armazenados conforme as cotas do terreno no reservatório 7 – situação atual (2019).

STAGE STORAGE TABLE						
ELEV	AREA (sq. m)	DEPT H (m)	AVG END INC. VOL. (cu. m)	AVG END TOTAL VOL. (cu. m)	CONIC INC. VOL. (cu. m)	CONIC TOTAL VOL. (cu. m)
627.000	1,570.10	N/A	N/A	0.00	N/A	0.00
628.000	3,606.67	1.000	2588.38	2588.38	2518.81	2518.81
629.000	7,393.21	1.000	5499.94	8088.32	5387.89	7906.70
630.000	16,230.83	1.000	11812.02	19900.34	11526.13	19432.83
630.800	20,646.74	0.800	14751.03	34651.37	14715.65	34148.48
631.000	40,780.70	0.200	6142.74	40794.11	6029.63	40178.11

Tabela 3. Volumes armazenados conforme as cotas do terreno no reservatório 7 – situação atual (2019).

STAGE STORAGE TABLE						
ELEV	AREA (sq. m)	DEPT H (m)	AVG END INC. VOL. (cu. m)	AVG END TOTAL VOL. (cu. m)	CONIC INC. VOL. (cu. m)	CONIC TOTAL VOL. (cu. m)
627.000	2,924.11	N/A	N/A	0.00	N/A	0.00
628.000	8,520.39	1.000	5722.25	5722.25	5478.65	5478.65
629.000	18,887.37	1.000	13703.88	19426.13	13364.50	18843.15
630.000	25,452.52	1.000	22169.95	41596.08	22088.49	40931.64
630.800	28,997.95	0.800	21780.19	63376.27	21764.78	62696.42
631.000	40,780.70	0.200	6977.86	70354.13	6944.46	69640.88

4. BACIA DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS PARA PROTEÇÃO DO RESERVATÓRIO DA CAPTAÇÃO CONTRA O ASSOREAMENTO

4.1. CÁLCULO DA QUANTIDADE DE SÓLIDOS A SER RETIDO

Para determinação das dimensões da Bacia de Retenção de Sólidos, é necessário o cálculo da quantidade de sólidos carregados pela água de chuva na bacia ao longo do tempo.

Existem diversos estudos sobre a Pedologia e Susceptibilidade à Erosão dos solos no território brasileiro, cujos resultados fornecem embasamento técnico para determinação do volume anual de sólidos carregados aos cursos d'água, e que, quando se encontram com ambientes lânticos, ou atravessam trechos de baixa declividade dos talwegues, nos quais as velocidades de escoamento são baixas, acabam sedimentando, ocasionando o efeito denominado de assoreamento.

De acordo com os estudos realizados anteriormente para a Bacia do Ribeirão das Cruzes, através da consulta ao Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, a Bacia do Ribeirão das Cruzes em estudo está inserida em região de solo predominantemente constituído por latossolos vermelhos e em área de alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas ou voçorocas de grande porte, predominantemente induzidas por concentração.

Para o cálculo da quantidade de material sólido sedimentável que se acumularia em uma bacia de retenção de sólidos a ser implantada à montante da Captação das Cruzes, utilizaram-se como base os resultados obtidos por Ayer et al (2015)* no trabalho *Erosão hídrica em Latossolos Vermelhos distróficos*, que objetivou estimar as taxas de erosão hídrica em Latossolos Vermelhos distróficos, a partir da Equação Universal de Perdas de Solo Revisada, em comparação com os limites de tolerância de perda de solo.

*Ayer, J.E.B., Olivetti, D., Mincato, R.L. e Silva, M.L.N. (2015). Erosão hídrica em Latossolos Vermelhos distróficos - e- ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat - Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 45, n. 2, p. 180-191, abr./jun. 2015.

Os autores organizaram uma tabela com os resultados dos cálculos da susceptibilidade à perda de solo para diferentes usos, cujos valores serviram de base para os cálculos do dimensionamento da quantidade de material a ser removido da bacia de retenção a ser projetada.

Tabela 4. Suscetibilidade à perda de solo, para diferentes usos e manejos, na sub-bacia hidrográfica do Córrego Pedra Branca – Ayer *et al* (2005).

Uso	Área	Área	Manejo convencional			Manejo conservacionista		
			Taxa média de perda de solo	Perda total de solos	Contribuição no total da erosão	Taxa média de perda de solo	Perda total de solos	Contribuição no total da erosão
	ha	%	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Mg ano ⁻¹	%	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Mg ano ⁻¹	%
Água	4,25	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Área urbana	544,55	20,61	1,17	637,00	2,70	1,17	637,00	17,90
Batata	8,81	0,33	56,17	495,00	2,10	21,29	188,00	5,30
Cafê	79,34	3,00	9,31	739,00	3,10	5,59	444,00	12,40
Cana-de-açúcar	71,00	2,68	9,37	665,00	2,80	6,10	433,00	12,20
Eucalipto	168,42	6,37	30,68	5.167,00	21,80	0,05	8,40	0,20
Mata	219,82	8,32	2,47	543,00	2,30	2,47	543,00	15,20
Milho + feijão	174,64	6,61	13,11	2.290,00	9,80	0,01	1,70	0,10
Pastagem	1.087,80	41,16	11,17	12.146,00	51,30	0,28	304,00	8,50
Solo exposto	13,01	0,49	77,36	1.007,00	4,30	77,36	1006,00	28,20
Várzea	270,32	10,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	2.642,00	100,00	-	23.688,00	100,00	-	3.565,00	100,00

Fonte: Ayer *et al* (2015).

Para os cálculos consideraram-se ainda as características de uso e ocupação do solo da bacia na situação atual, e futura, visando obter resultados representativos da quantidade de material a ser carregado e posteriormente sedimentado conforme a evolução da ocupação/urbanização da bacia estudada.

De acordo com as informações obtidas através das imagens de satélite do GoogleEarth, verifica-se que atualmente a ocupação atual é mista entre áreas urbanizadas, áreas com vegetação rasteira (rurais e descampadas), áreas com vegetação densa (matas e APPs) e áreas sem cobertura vegetal.

Grande parte das áreas disponíveis para urbanização atualmente serão de fato urbanizadas e, para efeito dos estudos relacionados à quantidade de sólidos carregados na bacia pela ação das chuvas e ventos, será considerada a ocupação total

desses espaços com loteamentos (residenciais, comerciais e industriais) que ocasionem a impermeabilização parcial do solo.

As figuras 6 e 7 apresentam as situações consideradas nos cálculos – atual e futura – para as quais, as áreas de matas constituídas por APPs foram consideradas como áreas de vegetação densa, as áreas atualmente não ocupadas como áreas de vegetação rasteira (pastagem), e as áreas sem qualquer cobertura vegetal como constituídas por solo exposto. As áreas já urbanizadas e os pavimentos foram considerados mantendo-se suas denominações de áreas urbanizadas.

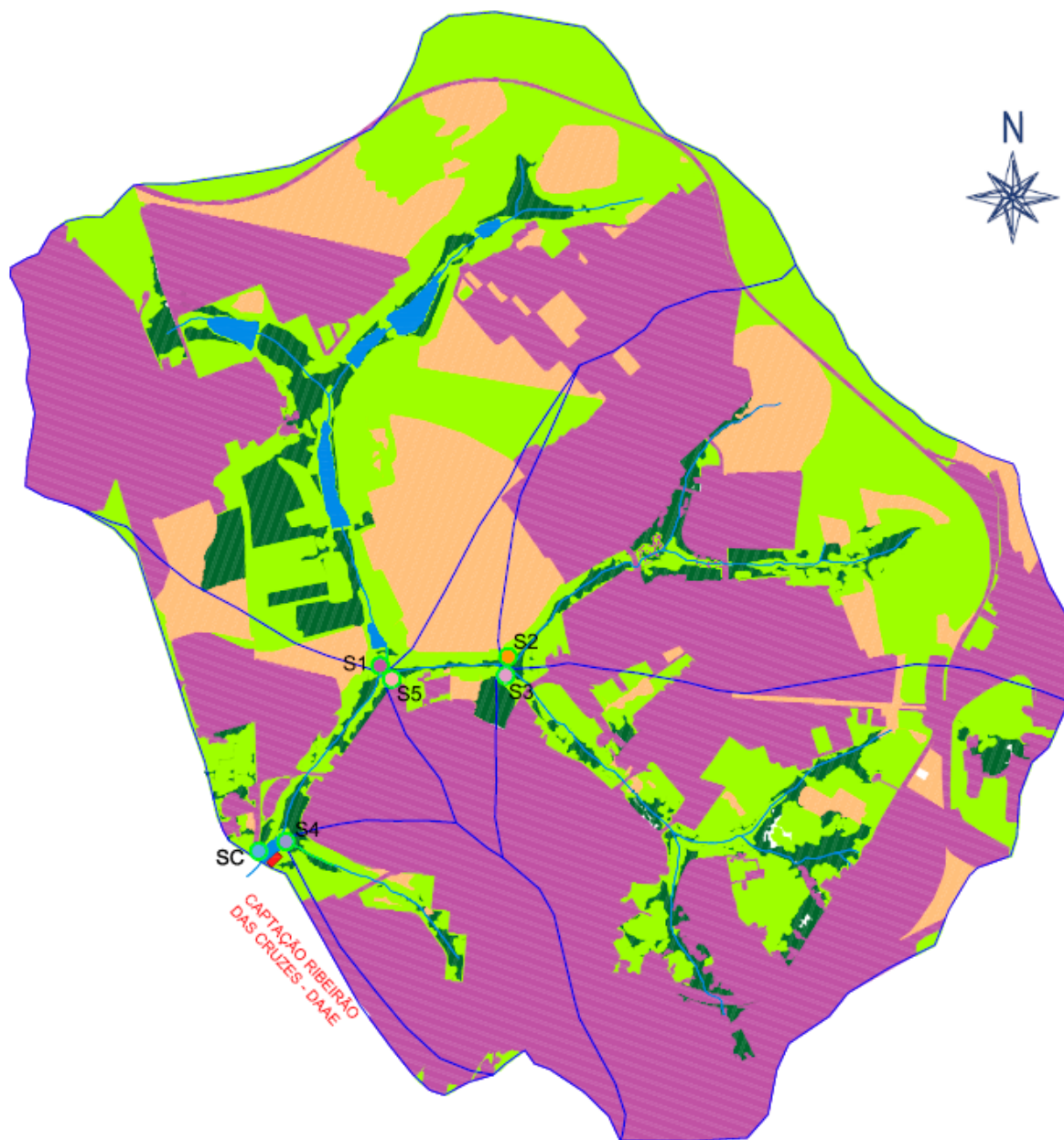
A Figura 8 adiante apresenta a planilha de cálculo com as áreas e as denominações consideradas, bem como os valores obtidos para as taxas anuais de perda de solo de acordo com o uso e ocupação do solo considerado além dos cálculos da quantidade de material a ser removido das bacias de sedimentação e do número de caminhões com caçambas de 12,0 m³ necessários para remoção desses materiais por ano.

Para cálculo do volume total, foram considerados os pesos específicos de areia média e fina que sedimentam nas Bacias de Retenção de Sólidos conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 5. Peso específico médio aparente de longo prazo de depósitos em reservatórios em t/m³ (Zhide, 1998 *apud* ANEEL, 2000).

Sedimento	Granulometria (mm)	Peso específico aparente (t/m ³)
Argila	< 0,005	0,8 a 1,2
Silte	0,005 a 0,05	1,0 a 1,3
Areia média e fina	0,01 a 0,5	1,3 a 1,5
Areia grossa e pedregulho fino	0,5 a 1,0	1,4 a 1,8
Pedregulho médio	> 1,0	1,7 a 2,1

ANEEL (2000), Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios. Brasília, DF, 107 p.



USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ATUAL





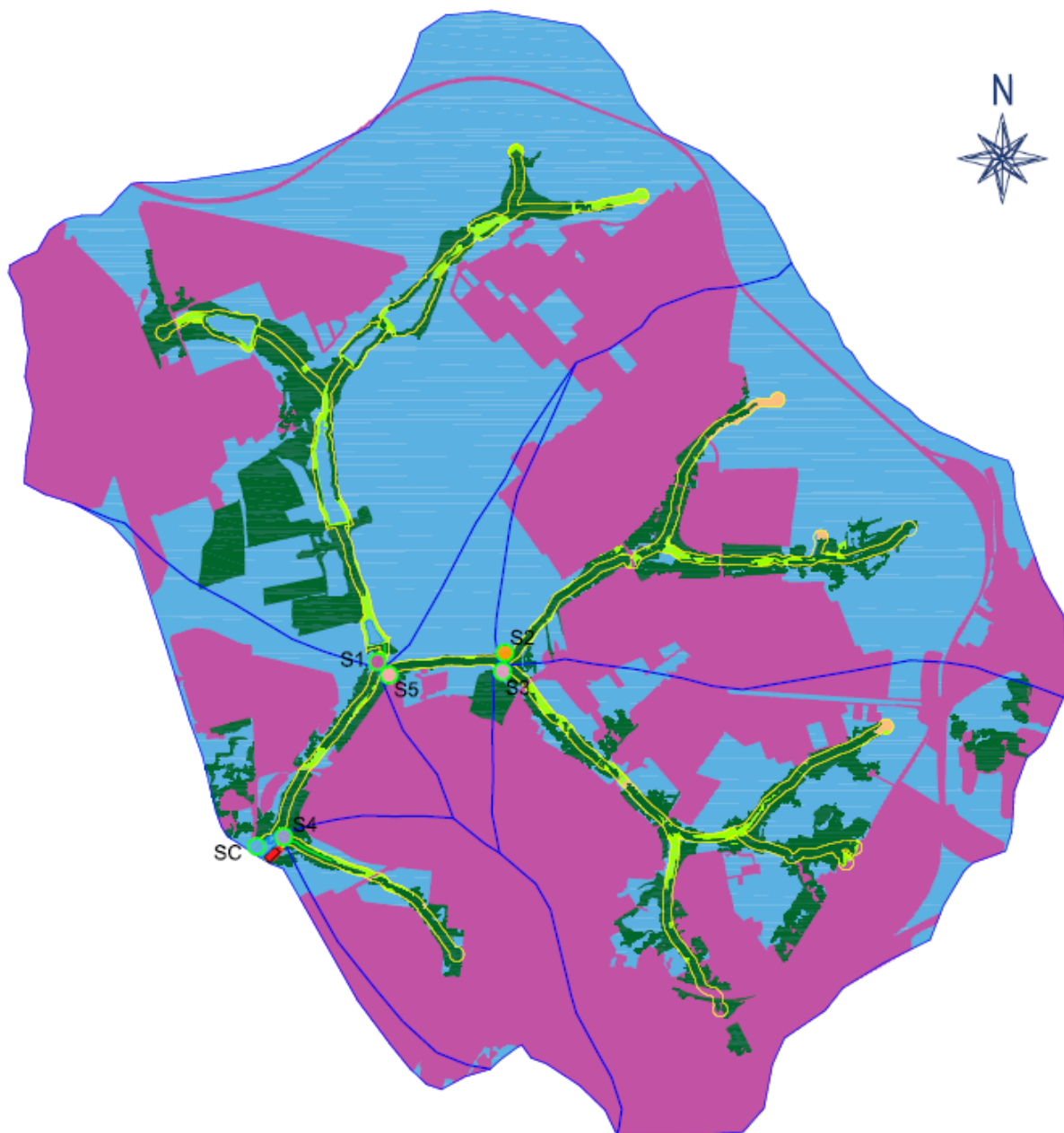
	ÁREAS URBANIZADAS	57,0%
	ÁREAS NÃO URBANIZADAS SEM COBERTURA VEGETAL	14,8%
	ÁREAS NÃO URBANIZADAS COM COBERTURA VEGETAL RASTEIRA	19,1%
	ÁREAS NÃO URBANIZADAS COM COBERTURA VEGETAL DENSE	9,10%

Figura 6. Uso e Ocupação do Solo considerada para cálculo perda de solo na bacia na Situação Atual.



USO E OCUPAÇÃO DO SOLO FUTURO





	ÁREAS URBANIZADAS - ATUALMENTE 57,0%
	ÁREAS URBANIZADAS - FUTURO 32,3%
	ÁREAS DE APPS E VEGETAÇÃO DENSA MANTIDAS 10,7%
	LIMITE DAS APPS DOS CURSOS D'ÁGUA

Figura 7. Uso e Ocupação do Solo considerada para cálculo perda de solo na bacia na Situação Futura.

Cálculos da Quantidade de Material Inerte Sedimentado no Reservatório de Contenção de Sólidos					
Bacia Ribeirão das Cruzes		Atual		Futuro	
		m ²		m ²	
Áreas Sem Cobertura Vegetal		5.102.453,94	14,8%	-	0,0%
Áreas Urbanizadas		19.654.643,55	57,0%	30.807.634,09	89,3%
Áreas não Urbanizadas com Cobertura Vegetal Rasteira		6.583.165,71	19,1%	-	0,0%
Áreas não Urbanizadas com Cobertura Vegetal Densa		3.150.911,31	9,1%	3.683.540,42	10,7%
		34.491.174,51	m²	34.491.174,51	m²
Susceptibilidade à Perda de Solo					
Taxa Média Anual de Perda de Solo					
Área Urbanizada		1,17	mg/ha/ano		
Mata		2,47	mg/ha/ano		
Pastagem		11,17	mg/ha/ano		
Solo Exposto		77,36	mg/ha/ano		
Processos Erosivos					
Atual					
Tipo de Ocupação		Área (ha)	Perda Total de Solos		
Vegetação Rasteira		658,32	7.353,40	Mg/ano	
Solo Exposto		510,25	39.472,58	Mg/ano	
Área Urbanizada		1.965,46	2.299,59	Mg/ano	
Área Verde/Mata/APP		315,09	778,28	Mg/ano	
	TOTAL	3.449,12	49.903,85	Mg/ano	
			49.903.848,20	kg/ano	
			39.923,08	m ³ /ano	
			3.327	caminhões 12,0 m ³ /ano	
			832	caminhões 12,0 m ³ /3meses	
Futuro					
		Área (ha)	Perda Total de Solos		
Área Rural		-	-	Mg/ano	
Área Urbanizada		3.080,76	3.604,49	Mg/ano	
Área Verde/Mata/APP		368,35	909,83	Mg/ano	
	TOTAL	3.449,12	4.514,33	Mg/ano	
			4.514.327,67	kg/ano	
			3.611,46	m ³ /ano	
			301	caminhões 12,0 m ³ /ano	
			75	caminhões 12,0 m ³ /3meses	

Figura 8. Planilha de Cálculo da quantidade de material sedimentado na Bacia de Retenção de Sólidos anualmente.

A planilha apresentada na Figura 8 demonstra a gravidade do problema relacionado ao carreamento de sólidos para os cursos d'água e que acabam por sedimentar em lagos, represas ou canais de baixa declividade, onde a velocidade de arraste é pequena.

Na dinâmica de movimentação dos sólidos provenientes das erosões das áreas dentro da bacia hidrográfica, sobretudo em terrenos descobertos de vegetação e não pavimentados/impermeabilizados, em períodos de menor pluviosidade, com menores vazões nos cursos d'água e, conseqüentemente, menores velocidades de escoamento do fluxo, os sólidos sedimentam no fundo dos ambientes lânticos e se acumulam reduzindo os volumes úteis de reservatórios e as capacidades de escoamento das calhas de canais naturais ou construídos.

Em períodos de maior pluviosidade, com o aumento das velocidades de fluxo nos cursos d'água, parte desses sólidos é carregada para outros reservatórios e canais à jusante, e outros sólidos chegam aos reservatórios de montante.

Na Bacia do Ribeirão das Cruzes, a grande quantidade de áreas descampadas e obras realizadas sem as devidas contenções de sólidos durante muito tempo ao longo dos anos, e a conformação topográfica da bacia aliadas à forma com que a água transita pela Represa 7 (captação do Daae) acabaram por favorecer o acúmulo dos sólidos nessa represa. Esse acúmulo foi agravado quando a descarga de fundo da Represa 7 parou de funcionar, impossibilitando a descarga periódica do material acumulado no fundo dessa represa.

De acordo com os dados apresentados na planilha da Figura 8, na situação atual a perda de sólidos na bacia pode chegar a valores tão expressivos quanto 39.923,0 m³/ano, o que corresponde a mais do que o volume total de água presente no reservatório da Represa 7 em 2019.

Cabe ressaltar que parte desse volume de areia fica sedimentado nas demais represas e nas calhas do curso d'água em trechos com menor declividade, parte fica retida na Represa 7 e parte passa juntamente com a água em períodos de maior vazão.

Do volume total de sólidos calculado, a existência de terrenos sem vegetação alguma corresponde por quase 80% do total devido à facilidade de erosão nesses locais.

Essa porcentagem expressiva reforça a importância de se realizar as medidas de contenção dos sólidos durante as obras de terraplanagem, e também a de que se estimule o plantio de quaisquer espécies de vegetação, ou pastagem nas áreas desocupadas para que se reduza os elevados índices de perda de solo observados em áreas descobertas de vegetação.

A implantação de uma bacia de retenção de sólidos à montante da Represa 7, para proteger o reservatório de captação do Daae contra o assoreamento, deve prever área para conter cerca de 1/4 do volume total anual de sólidos carreados na bacia para a situação atual (limpeza a cada 3 meses), o que corresponderia ao volume de 9.980,77 m³.

Para se conseguir armazenar e manejar esse volume de sólidos em uma bacia de retenção de sólidos com acesso para limpeza com caminhões de caçamba de 12,0 m³, seria necessária uma bacia com área superficial de 19.600,00 m², considerando-se 0,50 m de acúmulo de sólidos em um terreno com topografia de baixa declividade, como é o existente à montante da represa de captação.

A operação dessa Bacia de Retenção de Sólidos movimentaria cerca de 830 caminhões de caçamba aberta com capacidade de 12,0 m³ a cada 3 meses.

No entanto, se considerarmos medidas de proteção contra o carreamento de sólidos como a recuperação das matas ciliares no Ribeirão das Cruzes e seus afluentes, além da estimulação de plantações e manutenção de vegetação nas áreas ainda não urbanizadas, e de proteção contra o carreamento de sólidos durante as obras de terraplanagem de novos loteamentos, indústrias e mesmo de abertura ou pavimentação de vias públicas, os volumes totais de sólidos carregados anualmente podem cair vertiginosamente, demandando menores estruturas de contenção de sólidos e menores custos operacionais para retirada dos sólidos acumulados na Bacia de Retenção de Sólidos a ser implantada.

Se considerarmos que todas as áreas descampadas (sem cobertura vegetal) forem eliminadas na área em estudo, transformando-se pelo menos em áreas de pastagem, o valor total de sólidos carregados pela bacia de retenção cairia para 17.464,0 m³/ano, o que corresponde a cerca de 43% do volume calculado para a situação atual, com os terrenos descobertos. Isso implica que os custos das obras a serem implantadas poderão ser 57% menores, assim como o trânsito de caminhões e os custos operacionais.

Da planilha da Figura 8 nota-se que, na situação futura, com a bacia completamente urbanizada, tem-se o carreamento de cerca de 4.089,0 m³/ano de sólidos, o que contrasta com o aumento dos picos de vazão de cheias, quando não são implantadas as bacias de retenção de vazões das águas pluviais.

Esse tipo de obra para retenção de sólidos é viável e é considerada de baixo impacto ambiental, além de apresentar impactos positivos na proteção do meio ambiente, principalmente contra o assoreamento dos cursos d'água, e, para proteção da represa da captação do Daae, pode ser considerada como uma obra de fundamental importância.

4.2. DIMENSIONAMENTO DA BACIA DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS

De acordo com o dimensionamento elaborado pela ENG Consultoria, desenvolvido a partir do levantamento planialtimétrico da área disponível, considerando-se ainda o nível d'água máximo da Represa para que não afogue as estruturas do novo barramento permeável, verificou-se a existência de área total com cerca de 14.800,00 m² disponível para implantação da bacia de retenção de sólidos.

Essa área é bastante adequada para implantação dessas estruturas destinadas à proteção da Captação das Cruzes, e pode ser preparada com o acerto do fundo do terreno sem muitas obras de escavação/aterro.

Com essa área superficial seria capaz de se armazenar cerca de 11.840,0 m³ de sólidos, considerando-se um período crítico com acúmulo de cerca de 0,80 m de sólidos no interior da bacia. Esse volume total demandaria, na teoria, de aproximadamente de 986 caminhões a cada 3 meses.

É sabido, no entanto, que a eficiência de remoção de sólidos das bacias de retenção não é de 100%, e, portanto, os ajustes na operação deverão baixar esse número de caminhões, sendo que grande parte dos sólidos perdidos permanece em suspensão na água (e também não sedimentarão na Represa 7).

Ainda assim, trata-se de fluxo grande de caminhões, com custos operacionais elevados, e que devem ser otimizados conforme o passar do tempo, com a experiência adquirida na operação, que varia de caso para caso.

Os sólidos retirados das Bacias de Retenção de Sólidos são em sua maioria inertes, e podem ser aproveitados na construção civil após tratamento para remoção de impurezas por empresas especializadas em mineração, por exemplo, e, portanto, pode ser viável a exploração por empresas privadas mediante estudos de viabilidade.

A Figura 9 apresenta o projeto da Bacia de Retenção de Sólidos a ser instalada à montante da Represa 7 para proteção da captação do Daae Araraquara contra o assoreamento.

Essa bacia de retenção será responsável pela retenção dos sólidos carregados com os cursos d'água da bacia do Ribeirão das Cruzes à montante da captação, inclusive o Córrego do Marivan.

A estrutura do dique de contenção é composta por gabiões caixa, com estrutura permeável e com vertedor que possibilite a passagem das vazões de pico de cheia calculadas para a Seção SC – calculadas no Relatório R3 dos estudos realizados para a Bacia do Ribeirão das Cruzes à montante da captação – equivalentes a 151,50 m³/s para a situação futura (bacia urbanizada/impermeabilizada). O dimensionamento do vertedor principal foi realizado com o auxílio do software Macra 2, conforme apresentado no Item 6.

Também fazem parte da estrutura as bacias de dissipação de energia em enrocamento e uma contra-barragem com proteção da saída da água com gabiões do tipo colchão Reno®.

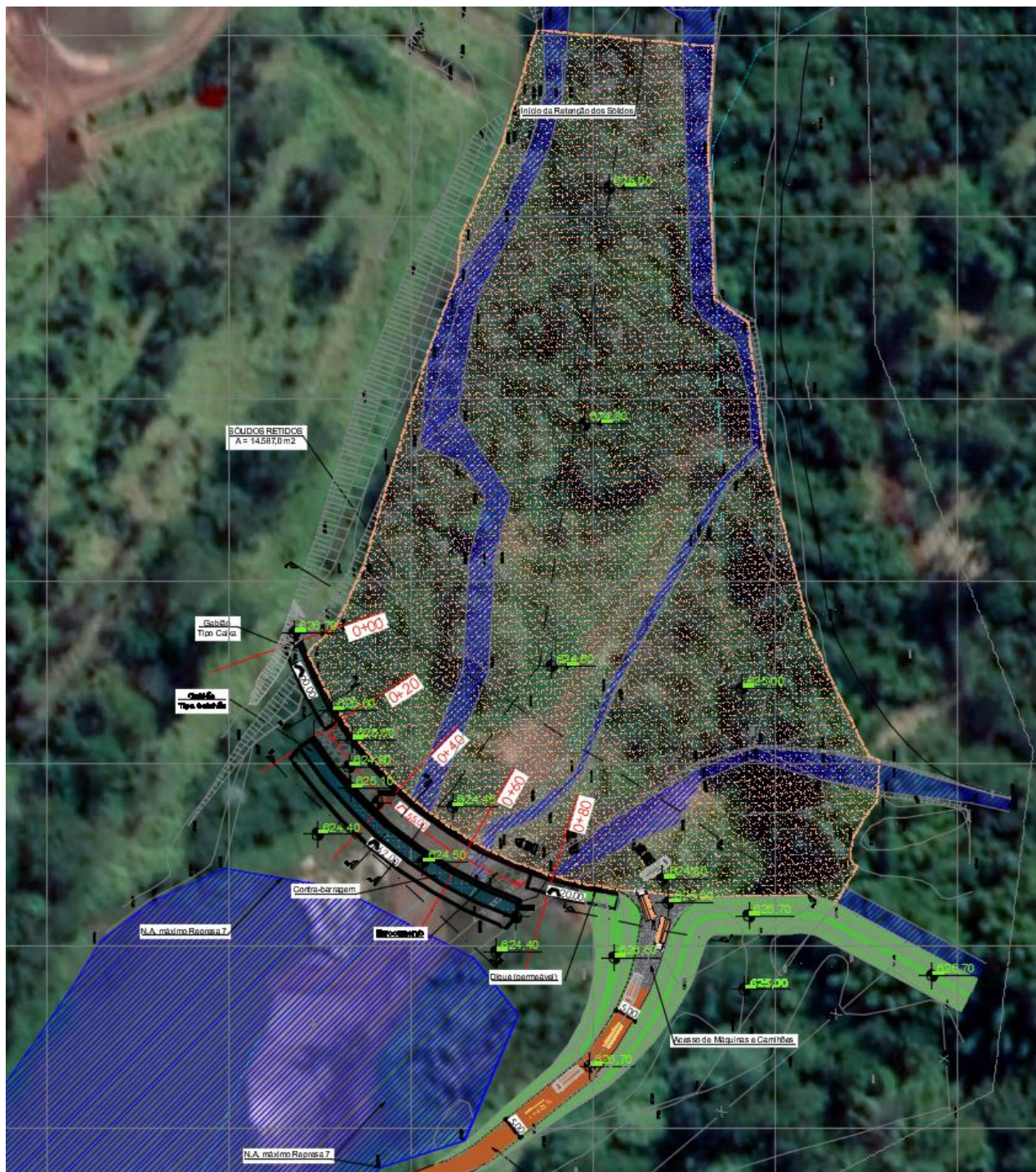


Figura 9. Planta geral do Projeto Executivo da Bacia de Retenção de Sólidos para proteção do reservatório da Represa 7, da Captação do Daae (ver desenhos de projeto).

5. CÁLCULO DO VERTEDOR DA BARRAGEM PERMEÁVEL

Apesar de se constituir de um barramento permeável, cuja operação normal permite com que a água do Ribeirão das Cruzes passe pelos interstícios das estruturas de gabião, durante as chuvas críticas a perda de carga ocorrida na passagem pelo barramento faz com que a água seja represada, elevando o nível d'água temporariamente, que passa a verter por sobre o barramento durante o pico de vazão.

De acordo com os cálculos hidrológicos realizados para a Bacia do Ribeirão das Cruzes à montante da captação, elaborados com Período de Retorno (T) igual a 100 anos, a vazão máxima de cheias pode chegar a 151,50 m³/s.

A Barragem deve suportar essa vazão, vertendo adequadamente a água sem que sejam observados danos em sua estrutura e também sem que sejam ocasionadas erosões à jusante devido à queda d'água após vertida.

Dessa forma, realizou-se o dimensionamento da soleira desse vertedor conforme apresentado a seguir, posicionando-se também uma bacia de dissipação de energia com uma contra-barragem que deverão disciplinar o escoamento na saída das estruturas da barragem.

5.1. DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOR

Apresentam-se a seguir o relatório de dados de cálculo da soleira do vertedor pelo software Macra 2, e o esquema de implantação das estruturas da barragem, vertedor e contra-barragem.

Os detalhes são apresentados nos desenhos do Projeto Executivo.

Run n.1		151.51	17.90
Design discharge	Q [m ³ /s]	0.50	32.50
River bed gradient	i [%]	0.033	Fine Sand
Roughness coefficient	n	300.00	0.30
Soil Granulometry in the pool	dt [mm]	100.00	10.00
Channel Width	L3 [m]	2.50	0.70
Bank top elevation	fb [m]	45.00	50.00
Slope of left bank	Pl [deg]	45.00	4.00
Slope of right bank	Pr [deg]		
Weir Data - Weir with Vertical Drop			
Crest elevation	fg [m]	1.00	0.50
Crest width	Lg [m]	55.00	6.00
Slope of crest wings	Pg [deg]		
Total weir height	H [m]	1.50	
Summary of Hydraulic Results			
Water elevation on crest	zq [m]	1.91	46.17
Water elevation downstream	z3 [m]	0.81	27.08
Backwater elevation	z0 [m]	2.36	65.63
Scour depth downstream	fb [m]	-0.02	41.40
Water elevation under nappe flow	zv [m]	0.71	1.19
Water elevation at the nappe toe	z1 [m]	0.27	1.59
Tailwater depth sequent to z1	z2 [m]	1.35	0.73
Scour location	X [m]	1.87	58.66
Min. required basin length	LBas [m]	4.84	0.00
Summary of Static Results			
Normal force on foundation	N [kN]		
Shear force on foundation	T [kN]		
Restoring moment	Ms [kN*m]		
Overtuning moment	Mo [kN*m]		
FS against sliding	FSsl		
FS against overturning	FSov		
FS against seepage	FSseep		
Normal stress on downstream edge	Sigma1 [kN/m ²]		
Normal stress on upstream edge	Sigma2 [kN/m ²]		
Static Results Details			
Active thrust coefficient	Ka	0.30	0.40
Active thrust of upstream backfill soil	Pam [kN]	3.65	2.90
Horizontal component	Pamh [kN]	3.60	0.85
Lever arm of horizontal component	bPamh [m]	0.50	34.06
Moment of horizontal component	MPamh [kN*m]	1.80	5.39
Vertical component	Pamv [kN]	0.63	1.75
Lever arm of vertical component	bPamv [m]	2.00	9.44
Moment of vertical component	MPamv [kN*m]	1.27	17.90
downstream soil active thrust	Pav [kN]	0.41	1.00
Upstream hydrostatic pressure	Pwm [kN]	31.06	17.90
Lever arm of upstream hydrostatic pressure	bPwm [m]	0.66	17.94
Moment of upstream hydrostatic pressure	MPwm [kN*m]	20.54	1.06
Downstream hydrostatic pressure	Pwv [kN]	7.18	19.06
Lever arm of downstream hydrostatic pressure	bPwv [m]		
Moment of downstream hydrostatic pressure	MPwv [kN*m]		
Lever arm of Weir unit weight	bP [m]		
Moment of Weir unit weight	MP [kN*m]		
Soil unit weight	Pt [kN]		
Lever arm of Soil unit weight	bPt [m]		
Moment of Soil unit weight	MPt [kN*m]		
Water unit weight	Pw [kN]		
Lever arm of Water unit weight	bPw [m]		
Moment of Water unit weight	MPw [kN*m]		
Uplift pressure	Vw [kN]		
Lever arm of Uplift pressure	bVw [m]		
Moment of Uplift pressure	MVw [kN*m]		

Figura 10. Relatório de dimensionamento do vertedor – Macra 2.

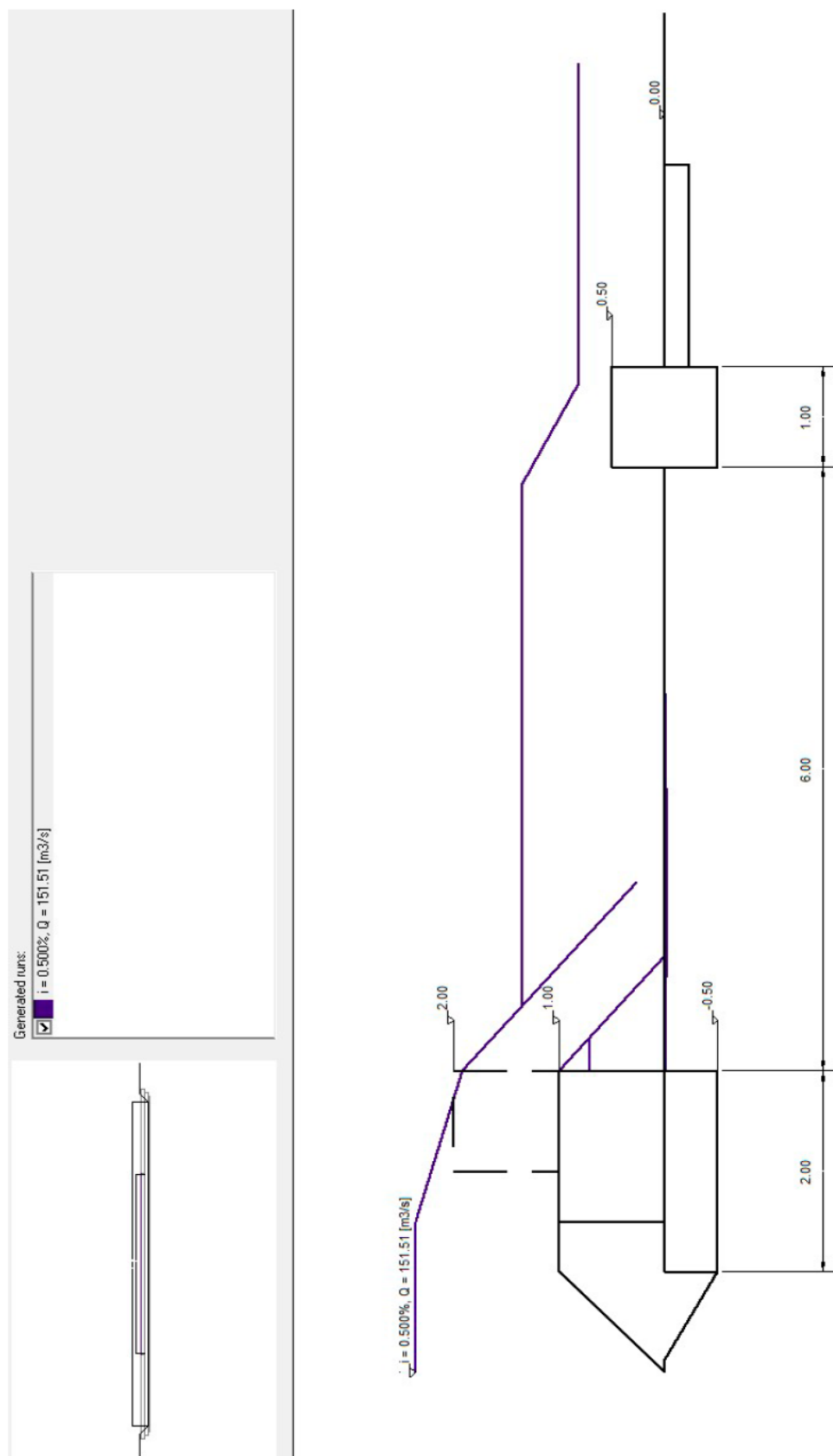


Figura 11. Esquema de implantação do vertedor e da lâmina d'água sobre a soleira.

6. CÁLCULOS GEOTÉCNICOS DAS FUNDAÇÕES DA BARRAGEM

Para se verificar se o solo local possui a capacidade necessária para suportar as estruturas de gabião da barragem permeável foram realizadas sondagens do tipo SPT nos locais em que a estrutura seria implantada.

Os resultados dessas sondagens são apresentados no Relatório de Sondagens SPT apresentado no Anexo 2, e embasaram os cálculos da capacidade do solo para as fundações elaborados com o auxílio do software MacStars W.

Os cálculos geotécnicos são apresentados a seguir.

6.1. PROPRIEDADES DO SOLO

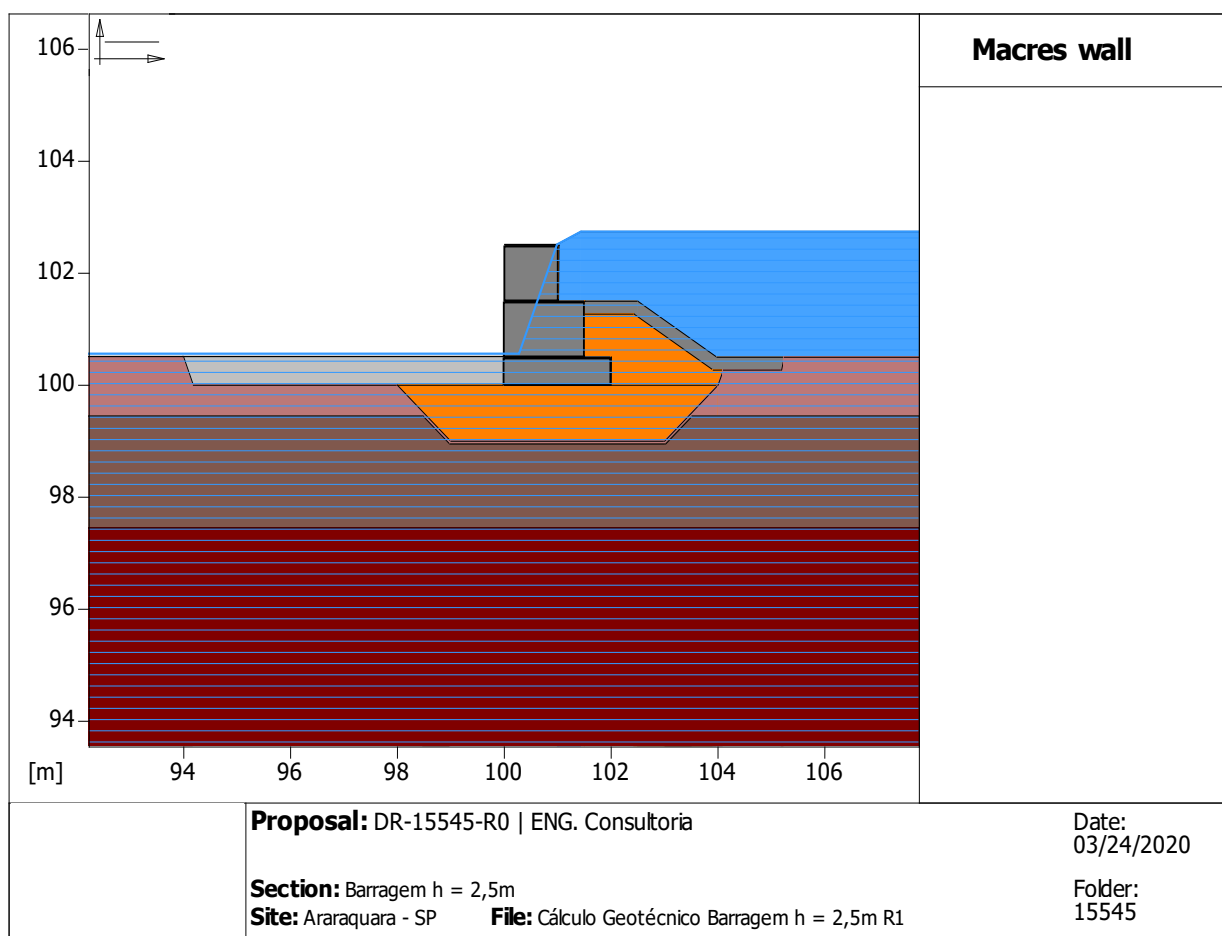


Figura 12. Esquema geral da barragem.

Solo: 01 - ARGILA ARENOSA Descrição: SPT < 2

Cohesion.....[kN/m²].....: 10.00
Friction Angle.....[°].....: 16.00
Ru value.....: 0.00
Bulk unit weight - above GWT.....[kN/m³].....: 15.00
Bulk unit weight - below GWT.....[kN/m³].....: 15.00

Elastic Modulus.....[kN/m²].....: 0.00
Poisson's ratio.....: 0.30

Solo: 02 - AREIA ARGILOSA Descrição: SPT < 2

Cohesion.....[kN/m²].....: 0.00
Friction Angle.....[°].....: 25.00
Ru value.....: 0.00
Bulk unit weight - above GWT.....[kN/m³].....: 17.00
Bulk unit weight - below GWT.....[kN/m³].....: 17.00

Elastic Modulus.....[kN/m²].....: 0.00
Poisson's ratio.....: 0.30

Solo: 03 - AREIA ARGILOSA Descrição: SPT > 6

Cohesion.....[kN/m²].....: 5.00
Friction Angle.....[°].....: 30.00
Ru value.....: 0.00
Bulk unit weight - above GWT.....[kN/m³].....: 19.00
Bulk unit weight - below GWT.....[kN/m³].....: 19.00

Elastic Modulus.....[kN/m²].....: 0.00
Poisson's ratio.....: 0.30

**Solo: ÁGUA** Descrição:

Cohesion.....[kN/m ²].....	0.00
Friction Angle.....[°].....	0.00
Ru value.....	0.00
Bulk unit weight - above GWT.....[kN/m ³].....	10.00
Bulk unit weight - below GWT.....[kN/m ³].....	10.00
Elastic Modulus.....[kN/m ²].....	0.00
Poisson's ratio.....	0.30

Solo: ATERRO Descrição:

Cohesion.....[kN/m ²].....	12.00
Friction Angle.....[°].....	28.00
Ru value.....	0.00
Bulk unit weight - above GWT.....[kN/m ³].....	18.00
Bulk unit weight - below GWT.....[kN/m ³].....	18.00
Elastic Modulus.....[kN/m ²].....	0.00
Poisson's ratio.....	0.30

Solo: GABIÃO Descrição:

Cohesion.....[kN/m ²].....	90.00
Friction Angle.....[°].....	54.00
Ru value.....	0.00
Bulk unit weight - above GWT.....[kN/m ³].....	17.00
Bulk unit weight - below GWT.....[kN/m ³].....	17.00
Elastic Modulus.....[kN/m ²].....	0.00
Poisson's ratio.....	0.30

Solo: RACHÃO Descrição:

Cohesion.....[kN/m ²].....:	0.00
Friction Angle.....[°].....:	45.00
Ru value.....:	0.00
Bulk unit weight - above GWT.....[kN/m ³].....:	17.00
Bulk unit weight - below GWT.....[kN/m ³].....:	17.00
Elastic Modulus.....[kN/m ²].....:	0.00
Poisson's ratio.....:	0.30

6.2. PERFIS DAS CAMADAS

Camada: ÁGUA Descrição:

Solo : ÁGUA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
100.60	101.50	101.00	102.50	101.45	102.73	150.00	102.73

Camada: ATERRO Descrição:

Solo : ATERRO

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
100.20	100.50	100.51	101.27	102.43	101.27	103.91	100.27
104.10	100.27						

Camada: COLCHÃO

Descrição:

Solo : GABIÃO

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
100.51	101.27	100.60	101.50	102.50	101.50	103.98	100.50
105.24	100.50						

Camada: FUNDAÇÃO

Descrição:

Solo : ATERRO

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
98.00	100.00	102.00	100.00	104.00	100.00		

Camada: RACHÃO

Descrição:

Solo : RACHÃO

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
94.00	100.50	100.20	100.50	102.00	100.00		

Camada: SOLO 01

Descrição:

Solo : 01 - ARGILA ARENOSA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
50.00	100.50	94.00	100.50	94.18	100.00	98.00	100.00
99.00	99.00	103.00	99.00	104.00	100.00	104.10	100.27
105.19	100.27	105.24	100.50	150.00	100.50		

Camada: SOLO 02 Descrição:

Solo : 02 - AREIA ARGILOSA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
50.00	99.45	98.48	99.45	98.98	98.95	103.02	98.95
103.52	99.45	150.00	99.45				

Camada: SOLO 03 Descrição:

Solo : 03 - AREIA ARGILOSA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
50.00	97.45	150.00	97.45				

6.3. PERFIL DA SUPERFÍCIE FREÁTICA

Superfície Freática: N.A Descrição:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
50.00	100.55			100.29	100.55		
101.00	102.50			101.45	102.73		
150.00	102.73						

6.4. PROPRIEDADES DOS REFORÇOS UTILIZADOS

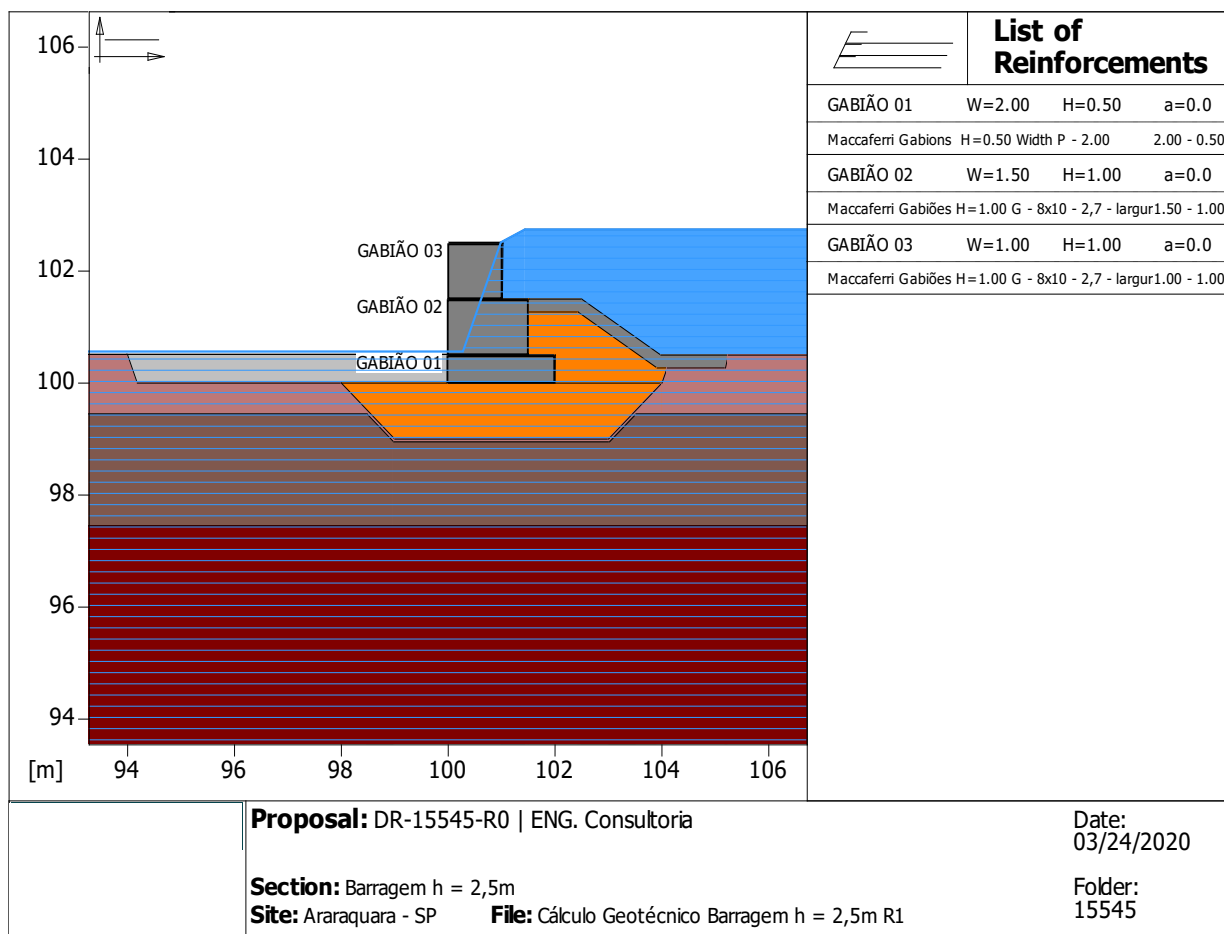


Figura 13. Esquema da barragem permeável com as estruturas de gabião.

Bloco : GABIÃO 01

Block dimensions.....[m].....: Base width.....= 2.00 Height...= 0.50
 Block Origin.....[m].....: Abscissa.....= 100.00 Ordinate...= 100.00
 Face inclination.....[°].....: 0.00

Gabion filling Solo.....: GABIÃO
 Structural embankment type.....: Silty sand
 Structural embankment.....: ATERRO
 Backfill Solo.....: ATERRO
 Covering Solo.....: ATERRO
 Foundation Solo.....: RACHÃO

Brinch Hansen, Vesic or Meyerhof bearing capacity parameters

Embedment depth.....[m] : 0.00

Natural Solo slope.....[°] : 0.00

Padrões do Reforço :

Gabions H=0.50 - Width P - 2.00

Length.....[m] = 2.00

Gabion.....[m]: Height..... = 0.50 Width..... = 2.00

Bloco : GABIÃO 02

Block dimensions.....[m] : Base width..... = 1.50 Height... = 1.00

Back Shift.....[m] = 0.00 by GABIÃO 01

Face inclination.....[°] : 0.00

Gabion filling Solo.....: GABIÃO

Structural embankment type.....: Silty sand

Structural embankment.....: ATERRO

Backfill Solo.....: ATERRO

Covering Solo.....: ATERRO

Foundation Solo.....: GABIÃO

Brinch Hansen, Vesic or Meyerhof bearing capacity parameters

Embedment depth.....[m] : 0.00

Natural Solo slope.....[°] : 0.00

Padrões do Reforço :

Gabiões H=1.00 - G - 8x10 - 2,7 - largura 1.50

Length.....[m] = 1.50

Gabion.....[m]: Height..... = 1.00 Width..... = 1.50

Bloco : GABIÃO 03

Block dimensions.....[m].....: Base width.....= 1.00 Height....= 1.00

Back Shift.....[m].....= 0.00 by GABIÃO 02

Face inclination.....[°].....: 0.00

Gabion filling Solo.....: GABIÃO

Structural embankment type.....: Silty sand

Structural embankment.....: ATERRO

Backfill Solo.....: ATERRO

Covering Solo.....: ATERRO

Foundation Solo.....: GABIÃO

Brinch Hansen, Vesic or Meyerhof bearing capacity parameters

Embedment depth.....[m] : 0.00

Natural Solo slope.....[°] : 0.00

Padrões do Reforço :

Gabiões H=1.00 - G - 8x10 - 2,7 - largura 1.00

Length.....[m].....= 1.00

Gabion.....[m]: Height.....= 1.00 Width.....= 1.00

6.5. PROPRIEDADES DOS REFORÇOS UTILIZADOS

Gabions H=0.50 - largura P - 2.00

Tensile strength UTS	[kN/m].....	50.00
Plastic extension ratio		2.00
Elastic extension coefficient	[m³/kN].....	1.10e-04
Reinforcement Stiffness	[kN/m].....	500.00
Minimum anchorage length	[m].....	0.15
Breakage Safety Factor (gravel)		1.27
Pull-out Safety Factor		1.00
Breakage Safety Factor (sand)		1.15
Pull-out Safety Factor		1.00
Breakage Safety Factor (silty sand)		1.15
Pull-out Safety Factor		1.00
Breakage Safety Factor (sandy clay)		1.15
Pull-out Safety Factor		1.00
Interaction factor reinforcement/reinforcement		0.30
Pullout coefficient reinforcement-gravel		0.90
Pullout coefficient reinforcement-sand		0.65
Pullout coefficient reinforcement-silt		0.50
Pullout coefficient reinforcement-clay		0.30

Gabiões H=1.00 - G - 8x10 - 2,7 - largura 1.00

Tensile strength UTS	[kN/m].....	50.11
Plastic extension ratio		2.00
Elastic extension coefficient	[m³/kN].....	1.10e-04
Reinforcement Stiffness	[kN/m].....	500.00
Minimum anchorage length	[m].....	0.15
Breakage Safety Factor (gravel)		0.00
Pull-out Safety Factor		0.00

Breakage Safety Factor (sand).....	0.00
Pull-out Safety Factor.....	0.00
Breakage Safety Factor (silty sand).....	1.30
Pull-out Safety Factor.....	1.00
Breakage Safety Factor (sandy clay).....	0.00
Pull-out Safety Factor.....	0.00
Interaction factor reinforcement/reinforcement.....	0.30
Pullout coefficient reinforcement-gravel.....	0.00
Pullout coefficient reinforcement-sand.....	0.00
Pullout coefficient reinforcement-silt.....	0.50
Pullout coefficient reinforcement-clay.....	0.00

Gabiões H=1.00 - G - 8x10 - 2,7 - largura 1.50

Tensile strength UTS[kN/m].....	50.11
Plastic extension ratio.....	2.00
Elastic extension coefficient.....[m ³ /kN].....	1.10e-04
Reinforcement Stiffness.....[kN/m].....	500.00
Minimum anchorage length.....[m].....	0.15
Breakage Safety Factor (gravel).....	0.00
Pull-out Safety Factor.....	0.00
Breakage Safety Factor (sand).....	0.00
Pull-out Safety Factor.....	0.00
Breakage Safety Factor (silty sand).....	1.30
Pull-out Safety Factor.....	1.00
Breakage Safety Factor (sandy clay).....	0.00
Pull-out Safety Factor.....	0.00
Interaction factor reinforcement/reinforcement.....	0.30
Pullout coefficient reinforcement-gravel.....	0.00
Pullout coefficient reinforcement-sand.....	0.00
Pullout coefficient reinforcement-silt.....	0.50
Pullout coefficient reinforcement-clay.....	0.00

6.6. VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

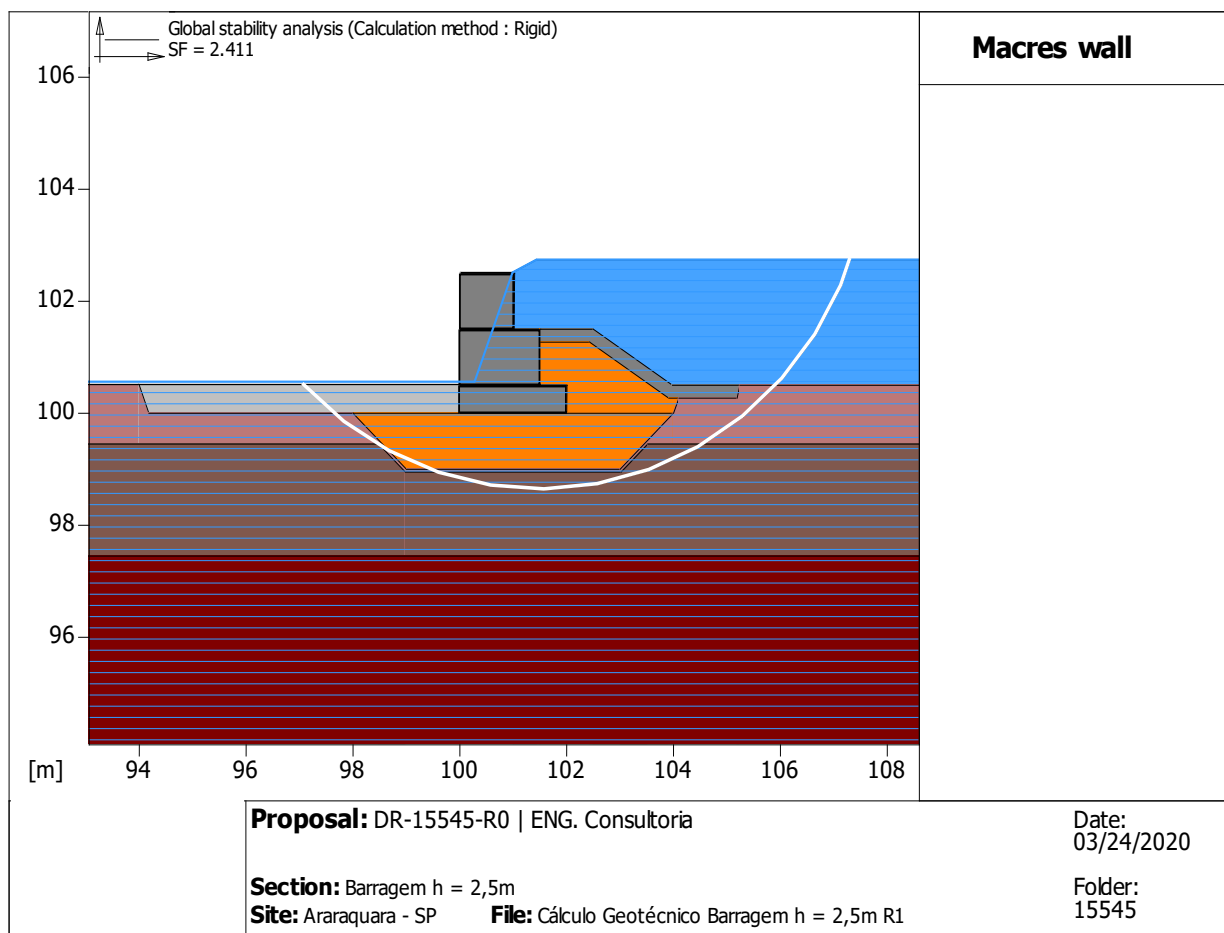


Figura 14. Esquema do muro da barragem para verificação da estabilidade global.

Verificação da Estabilidade Global :

Reinforcements active Forces according to Rigid Method

Stability analysis with circular surfaces according to Bishop's Method

Evaluated Safety Factor.....: 2.411

Surfaces searching range

Starting range, abscises [m]		Arrival range, abscises [m]	
First point	Second point	First point	Second point
97.00	100.00	101.00	150.00
Number of starting point on the starting segment.....:		100	
Total number of trial surfaces.....:		1000	
Minimum base length of slices.....[m].....:		1.00	
Superior limit search angle.....[°].....:		0.00	
Inferior limit search angle.....[°].....:		0.00	

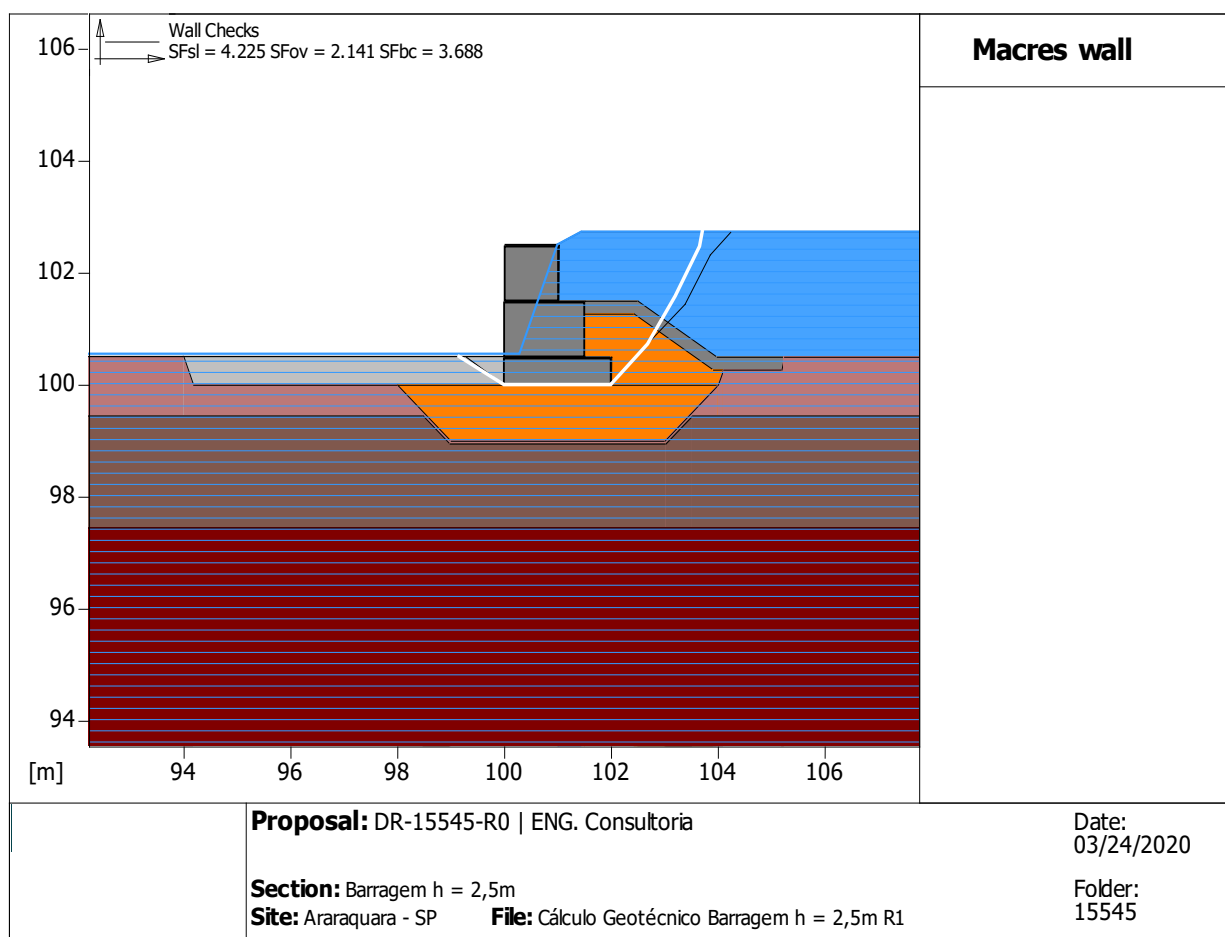


Figura 15. Verificação da estabilidade global do muro da barragem.

Verificação do Muro:

Considered block : GABIÃO 01

Resisting force.....[kN/m].....: 46.01

Active force.....[kN/m].....: 10.89

Sliding safety factor.....: 4.225

Restoring moment.....[kN*m/m].....: 30.93

Overturning moment.....[kN*m/m].....: 14.44

Overturning safety factor.....: 2.141

Ultimate bearing pressure computed with Limit Equilibrium method

Ultimate bearing pressure.....[kN/m²].....: 198.09Active pressure.....[kN/m²].....: 53.72

Bearing capacity safety factor.....: 3.688

Equivalent bearing area.....[m].....: 0.80

Eccentricity of normal force.....[m].....: 0.60

Lever arm of overturning force.....[m].....: 1.33

Normal force on the base.....[kN].....: 41.39

Outer edge stress.....[kN/m²].....: 69.27Inner edge stress.....[kN/m²].....: 0.00

De acordo com os cálculos geotécnicos, desde que realizada a troca de solo com espessura de 1,0 m e sua devida compactação para as fundações do muro, os Coeficientes de Segurança calculados atendem aos esforços de solicitação, e as estruturas da barragem implantada serão estáveis.

7. INFORMAÇÕES BÁSICAS SOBRE A OPERAÇÃO DO SISTEMA

No início da operação da bacia, com a configuração do uso e ocupação do solo atual, a frequência de limpeza será maior, diminuindo ao longo do tempo conforme for sendo observada a impermeabilização da bacia de acordo com a urbanização das áreas atualmente descampadas.

A eficácia desses sistemas geralmente é grande, e, ao longo do tempo, costumam compensar os investimentos quando se considera a proteção do manancial de abastecimento público e os custos com desassoreamento.

No caso da Represa 7, não se evitaria novas obras de desassoreamento do reservatório, devido ao elevado grau de comprometimento dessa represa, conforme apresentado anteriormente, porém, a Bacia de Retenção de Sólidos realizará de forma permanente a proteção da captação após o desassoreamento, frisando a importância de que a bacia de retenção seja implantada anteriormente às novas medidas de desassoreamento da represa.

O Plano de Operação e Manutenção apresentado juntamente com este Memorial apresenta informações mais completas sobre os procedimentos operacionais, equipamentos e pessoal necessários e cronograma operacional.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS


Os projetos desenvolvidos destinam-se à implantação de uma bacia de retenção de sólidos através da redução da velocidade de escoamento ocasionada pelo barramento permeável do leito do Ribeirão das Cruzes imediatamente à montante da Represa 7 – Captação das Cruzes.

A operação correta desse sistema de retenção de sólidos é fundamental para sua eficácia sendo que apesar dos cálculos teóricos indicarem os tempos de manutenção e quantidades estimadas de sólidos, apenas a operação poderá determinar os ajustes necessários quanto a maquinários, pessoal e cronogramas de operação.

Depois de implantada a Bacia de Retenção de Sólidos conforme os projetos desenvolvidos, o DAAE Araraquara deverá promover o desassoreamento completo da Represa 7, buscando retornar as características dessa represa às da época de sua implantação para garantir a reserva de água necessária à captação, melhorando as condições de fornecimento de água seguro à população do município.

A ENG Consultoria permanece à disposição do Daae Araraquara.

São Paulo, 25 de março de 2020



Pedro Ivo de Almeida Santos

Engenheiro Civil | Doutor em Hidráulica e Saneamento

CREA Nº 5061115668

ART Nº.: 28027230200386863

ANEXO 1. ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
28027230200386863

1. Responsável Técnico**PEDRO IVO DE ALMEIDA SANTOS**Título Profissional: **Engenheiro Civil**RNP: **2602597562**Registro: **5061115668-SP**Empresa Contratada: **ENG CONSULTORIA E PROJETOS S/S LTDA**Registro: **0759232-SP****2. Dados do Contrato**Contratante: **DAAE ARARAQUARA**CPF/CNPJ: **44.239.770/0001-67**Endereço: **Rua DOMINGOS BARBIERI**Nº: **100**Complemento: **DAAE**Bairro: **VILA HARMONIA**Cidade: **Araraquara**UF: **SP**CEP: **14802-510**Contrato: **O.S. 2019/000792**Celebrado em: **08/01/2020**

Vinculada à Art nº:

Valor: **R\$ 30.770,00**Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Público**

Ação Institucional:

3. Dados da Obra ServiçoEndereço: **Rua NAPOLEÃO SELMI-DEI**Nº: **1686**Complemento: **Captação do DAAE**Bairro: **VILA HARMONIA**Cidade: **Araraquara**UF: **SP**CEP: **14802-500**Data de Início: **11/02/2020**Previsão de Término: **25/03/2020**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Infraestrutura**

Código:

Proprietário: **DAAE ARARAQUARA**CPF/CNPJ: **44.239.770/0001-67****4. Atividade Técnica****Elaboração**

				Quantidade	Unidade
1	Projeto executivo	Barragem	Enrocamento	1,00000	unidade
	Projeto executivo	Dique		1,00000	unidade
	Projeto executivo	Vertedouros		1,00000	unidade

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

PROJETO EXECUTIVO DE 01 BACIA DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS COM BARRAGEM PERMEÁVEL DE ENROCAMENTO COM GABIÕES, E SEUS RESPECTIVOS VERTEDORES PARA CONTENÇÃO DE SÓLIDOS E PROTEÇÃO DO LAGO DE CAPTAÇÃO DA REPRESA 7 DO DAAE ARARAQUARA CONTRA O ASSOREAMENTO.
BACIA 01: A = 15.840,00m²; VOL SÓLIDOS = 31.868,0 m³/ano; VAZÃO DE DESCARGA DOS VERTEDORES: QD = 151,50 m³/s.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

50 - SÃO CARLOS - ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS,
ARQUITETOS E AGRÔNOMOS DE SÃO CARLOS

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

São Paulo 25 de março de 2020

Local data

PEDRO IVO DE ALMEIDA SANTOS - CPF: 266.679.948-45

DAAE ARARAQUARA - CPF/CNPJ: 44.239.770/0001-67

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo Nosso Número.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creasp.org.br ou www.confex.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creasp.org.br

Tel: 0800 17 18 11

E-mail: [acessar link Fale Conosco do site acima](#)



Valor ART R\$ 233,94

Registrada em: 24/03/2020

Valor Pago R\$ 233,94

Nosso Número: 28027230200386863

Versão do sistema

Impresso em: 25/03/2020 11:57:22

ANEXO 2. RELATÓRIO DE SONDAGENS



RELATÓRIO DE SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO DE SOLOS COM SPT

BRS Ribeirão das Cruzes – Araraquara (SP)

Responsável:

G&D Engenharia Ambiental e Civil

Rua Raul de Carvalho, 2157

São José do Rio Preto – SP

Fones: (17) 3222-2415

www.gedtopografia.com

Interessado:

ENG CONSULTORIA E PROJETOS S/A

Av. Ibirapuera, Conj. 211, 2907

Bairro: Indianópolis

São Paulo - SP

02/2020



Engenharia Ambiental e Civil

Este **Relatório de Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT** foi desenvolvido pela equipe técnica da G&D Engenharia Ambiental e Civil, em acordo com as normas técnicas em vigência na data de execução, assim como as diretrizes estabelecidas pela Associação de Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Todo o conteúdo deste relatório pertence exclusivamente ao contratante, e em hipótese alguma poderá ser utilizado sem a devida autorização do mesmo. Portanto, a G&D Engenharia se isenta de qualquer responsabilidade na divulgação, sem autorização prévia, do conteúdo deste relatório, assim como na utilização, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado.

Engenharia Ambiental e Civil

1. NOME DO INTERESSADO;

Cliente: **ENG CONSULTORIA E PROJETOS S/A.**

CNPJ: 07.895.933/0001-33

Logradouro: Av Ibirapuera, Conj. 211, n° 2907

Bairro: Indianópolis

São Paulo - SP

2. ENDEREÇO DA OBRA;

Conforme Anexo I

Logradouro: BRS Ribeirão das Cruzes

Araraquara - SP

3. DADOS DA SONDAAGEM;

Data de Execução	Nomenclatura do Ponto	Coordenadas UTM N	Coordenadas UTM E	Altitude	Profundidade	Nível D'água
22/02/2020	SPT 01	7 591 454 m	791 964 m	642 m	7,19 m	0,95m
22/02/2020	SPT 02	7 591 485 m	791 921 m	642 m	9,25 m	1,07m

4. NATUREZA DA OBRA (OBJETIVO);

A finalidade das sondagens tipo SPT executadas é a determinação dos tipos de solo em suas respectivas profundidades de ocorrência, a posição do nível d'água e os índices de resistência à penetração (N) a cada metro.

5. NORMAS E REFERÊNCIAS EMPREGADAS;

ABNT NBR	Ano	Descrição
6484	2001	Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de Ensaio
7250	1982	Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos.
6502	1995	Rochas e solos – Terminologia
13441	1995	Rochas e Solos – Simbologia
7181	1984	Solo – Análise granulométrica – Método de ensaio
8036	1983	Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios – Procedimento

6. DESCRIÇÃO DO MÉTODO E DOS EQUIPAMENTOS EMPREGADOS

Inicia-se o furo através da ferramenta de trado concha até a profundidade de 1 metro, onde nesse nível é iniciado o teste penetrométrico, que consiste na cravação vertical no solo, de um cilindro amostrador padrão (barrilete), através de golpes de um martelo com massa padronizada de 65 Kg, solto em queda livre a uma altura de 75 cm. Os números de golpes necessários à cravação do amostrador em três trechos consecutivos de 15cm, sendo que o valor da resistência à penetração (N_{SPT}) consiste no número de golpes aplicados na cravação dos 30 cm finais. Após a realização de cada ensaio, o amostrador é retirado do furo e a amostra é coletada para posterior classificação.

Posterior ao teste penetrométrico continua-se a perfuração do furo utilizando a ferramenta de trado helicoidal de metro a metro intercalado ao teste penetrométrico até encontrar o nível d'água. Após a verificação do nível d'água ou à impossibilidade de avanço do furo com a utilização da ferramenta de trado helicoidal, inicia-se o avanço do furo através do método de lavagem por água, que consiste no encamisamento do furo através de um tubo de 4" e utilizando uma faca com injeção de água impulsionada através de uma moto-bomba, faz-se o corte do solo que é transportado à superfície através da circulação da água injetada na ponta da faca.

Engenharia Ambiental e Civil

DECLARAÇÃO DE OBEDIÊNCIA ÀS NORMAS BRASILEIRAS

Eu, Gil Guilherme Tovo, Engenheiro Civil, responsável técnico da empresa **D. COUTO DA SILVA JÚNIOR – ME**, responsável pela execução dos serviços descritos neste relatório, declaro que foram obedecidas todas as diretrizes estabelecidas pelas Normas ABNT NBR 6484:1997 – Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio, ABNT NBR 7181:1984 – Solo – Análise granulométrica – Método de ensaio.

Obs: A quantidade de sondagens executadas é de responsabilidade exclusivamente do contratante.

São José do Rio Preto – SP, 26 de fevereiro de 2020.


Engº Civil Gil Guilherme Tovo
CREA 5069361112

Engenharia Ambiental e Civil

ANEXO I – PLANTA GERAL COM LOCAÇÃO DAS SONDAGENS

Este anexo apresenta a localização aproximada das sondagens em foto de satélite, com base nas coordenadas obtidas em campo, é possível que as mesmas se encontrem ligeiramente deslocadas do ponto original.

Engenharia Ambiental e Civil



SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT

NBR 6484/01

CLIENTE:ENG CONSULTORIA E PROJETOS S/A

OBRA:Obra Civil

LOCAL:BRS Ribeirão das Cruzes - Araraquara (SP)

SONDAGEM À PERCUSSÃO

SPT 01

INÍCIO:22/02/2020

TÉRMINO:22/02/2020

COTA:642

COORD. N:7 591 454

E:791 964

GRÁFICO SPT

10203040

PROFUNDIDADE

1.00

2.00

3.00

4.00

5.00

6.00

7.00

8.00

9.00

10.00

11.00

12.00

13.00

14.00

15.00

16.00

17.00

18.00

19.00

20.00

ENSAIO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/PENET.)

215

215

215

4

4

-

-

115

115

115

2

2

1

2

115

316

215

431

531

3

4

615

915

1115

15

20

5

6

915

1815

3015

27

48

7

8

1215

2115

3010

33

5125

9

10

2615

304

-

5619

304

11

12

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

SPT

INI.

FIN.

MÁX.

RES.

TORQUE Nm

MÁX.

RES.

INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

00

01

02

03

04

05

PERFIL GEOLÓGICO

0.10

0.80

1.00

2.00

4.00

6.00

7.19

PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)

0.10

0.80

1.00

2.00

4.00

6.00

7.19

AMOSTRADOR:

Ø INTERNO = 34.9 mm

PESO: 65 Kg

Ø EXTERNO = 50.8 mm

ALTURA DE QUEDA: 75 cm

REVESTIMENTO: 2.00 m

DESCRIÇÃO DO MATERIAL

Camada vegetal.

Argila, de coloração marrom escuro.

Argila, arenoso, mole, de coloração marrom escuro.

Areia, pouco argiloso, fofo, de coloração marrom com manchas.

Areia, pouco compacto a compacto, de coloração marrom com manchas.

Areia, muito compacto, de coloração marrom.

Areia, muito compacto, de coloração marrom.

IMPENETRÁVEL AO AMOSTRADOR

NOTA:
Furo paralisado conforme descrito no item 6.4.1 da norma NBR6484:2001 - Solo - Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT.

NÍVEL D'ÁGUA

0.95

7.00

AVANÇO

TC

OBS.:

LEGENDAS:

30 cm INICIAIS

30 cm FINAIS

TRADO CAVADEIRA - TC

TRADO HELICOIDAL - TH

CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - CA

REVESTIMENTO

GD

DATA:26/02/2020

TRABALHO Nº:518-1/2019

FOLHA:01/01

ESCALA:1/100

DESENHISTA:RONIFER

SONDADOR:Henrique Pires

Eng° Gil Guilherme Tovo

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT

NBR 6484/01

CLIENTE:ENG CONSULTORIA E PROJETOS S/A

OBRA:Obra Civil

LOCAL:BRS Ribeirão das Cruzes - Araraquara (SP)

SONDAGEM À PERCUSSÃO

SPT 02

INÍCIO:22/02/2020

TÉRMINO:22/02/2020

COTA:642

COORD. N:7 591 485

E:791 921

GRÁFICO SPT

10203040

PROFUNDIDADE

1.002.003.004.005.006.007.008.009.0010.0011.0012.0013.0014.0015.0016.0017.0018.0019.0020.00

ENSAIO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/PENET.)

216216115

1116-

115215316

215315315

515715815

91513151715

111520153010

14152415306

21153010-

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

SPT

INI.FIN.

432331

246116

3531

56

1215

2230

315025

385421

51253010

TORQUE Nm

MÁX.RES.

-

12

34

56

78

910

1112

1314

1516

INTERPRETAÇÃO GEOLOGICA

PERFIL GEOLÓGICO

0001020304050607

PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)

0.150.602.004.005.008.009.25

AMOSTRADOR:

Ø INTERNO = 34.9 mmPESO: 65 Kg

Ø EXTERNO = 50.8 mmALTURA DE QUEDA: 75 cm

REVESTIMENTO: 2.00 m

DESCRIÇÃO DO MATERIAL

Camada vegetal.

Areia, argiloso, de coloração marrom escuro.

Argila, mole, de coloração cinza escuro.

Areia, argiloso, pouco compacto, de coloração cinza com manchas.

Areia, medianamente compacto, de coloração marrom com manchas.

Areia, compacto a muito compacto, de coloração marrom.

Areia, muito compacto, de coloração marrom.

IMPENETRÁVEL AO AMOSTRADOR

NOTA:
Furo paralisado conforme descrito no item 6.4.1 da norma NBR6484:2001 - Solo - Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT.

NÍVEL D'ÁGUA

1.07

AVANÇO

TC

9.00

OBS.:

LEGENDAS:

30 cm INICIAIS

30 cm FINAIS

TRADO CAVADEIRA - TC

TRADO HELICOIDAL - TH

CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - CA

REVESTIMENTO

GD

DATA:26/02/2020

TRABALHO N°:518-1/2019

FOLHA:01/01

ESCALA:1/100

DESENHISTA:RONIFER

SONDADOR:Henrique Pires

Eng° Gil Guilherme Tovo





ANEXO IV – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

Obs: As fotos presentes neste relatório compreendem apenas alguns registros dos dias de trabalho em campo, podem ser que alguns pontos não estejam registrados nas fotos a seguir.

Engenharia Ambiental e Civil



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
28027230200273360

1. Responsável Técnico

GIL GUILHERME TOVO

Título Profissional: **Engenheiro Civil**

Empresa Contratada: **D. COUTO DA SILVA JUNIOR - F.I.**

RNP: **2613385235**

Registro: **5069361112-SP**

Registro: **2005887-SP**

2. Dados do Contrato

Contratante: **ENG CONSULTORIA E PROJETOS S/A**

CPF/CNPJ: **07.895.933/0001-33**

Endereço: **Avenida IBIRAPUERA**

Nº:

Complemento:

Bairro: **INDIANÓPOLIS**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **04029-000**

Contrato:

Celebrado em: **21/02/2020**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **2.500,00**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Avenida JOSÉ BARBANTI NETTO**

Nº:

Complemento: **BRS Ribeirão das Cruzes**

Bairro: **PARQUE RESIDENCIAL VALE DO SOL**

Cidade: **Araraquara**

UF: **SP**

CEP: **14804-189**

Data de Início: **22/02/2020**

Previsão de Término: **03/03/2020**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade:

Código:

CPF/CNPJ:

4. Atividade Técnica

Execução

			Quantidade	Unidade
1	Laudo	Sondagem	2,00000	unidade

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

Execução de 02 sondagens de simples reconhecimento dos solos com SPT no BRS Ribeirão das Cruzes, na cidade de Araraquara (SP).

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

0-NÃO DESTINADA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local

de

data

de

GIL GUILHERME TOVO - CPF: 213.032.528-99

ENG CONSULTORIA E PROJETOS S/A - CPF/CNPJ: 07.895.933/0001-33

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo **Nosso Número**.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site **www.creasp.org.br** ou **www.confea.org.br**

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creasp.org.br

Tel: 0800 17 18 11

E-mail: acessar link Fale Conosco do site acima



Valor ART R\$ **88,78**

Registrada em: **02/03/2020**

Valor Pago R\$ **88,78**

Nosso Número: **28027230200273360**

Versão do sistema

Impresso em: **03/03/2020 14:05:23**





