



SAEMA – ARARAS/SP

CONTRATO Nº 003/2018

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA
UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA
AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO DOS
RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**

RELATÓRIO R2

**ETAPA 02: CONCEPÇÃO DA REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA
UNIDADE DE FILTRAÇÃO E VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA E
DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA ETA DE
ARARAS**

VOLUME 01

Fevereiro 2019



PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS

SAEMA – ARARAS/SP

CONTRATO Nº 003/2018

Responsabilidade técnica:

Eng. Civil Luiz Di Bernardo – CREA-SP 0600314035

Eng^a. Civil Angela Di Bernardo Dantas – CREA-SP 5060728293



RELATÓRIO R2

ETAPA 02: CONCEPÇÃO DA REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO E VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA E DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA ETA DE ARARAS VOLUME 01

[Concepção da Reforma e Modernização da Unidade de Filtração, e veiculação de água tratada, e do STR]

Fevereiro 2019

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	2
2	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	3
3	Concepção de reforma e modernização dos filtros	5
3.1	FILTROS NOVOS	8
3.2	CANAL DE ALIMENTAÇÃO DOS FILTROS	8
3.3	SISTEMA DE DRENAGEM DOS FILTROS.....	8
3.4	MEIO FILTRANTE E CAMADA SUPORTE	10
3.5	REFORMA DOS VERTEDORES INDIVIDUAIS DOS FILTROS.....	11
3.6	PLACAS COM ORIFÍCIO.....	11
3.7	NOVAS VÁLVULAS E COMPORTAS COM COMANDO ELETROME CÂNICO.....	12
3.8	CÂMARA DE CONTATO E TUBULAÇÕES DE ENCAMINHAMENTO PARA OS RESERVATÓRIOS DE ÁGUA TRATADA.....	13
3.9	REFORMA DO SISTEMA DE LAVAGEM AUXILIAR COM AR.....	15
3.10	CAIXA DE PASSAGEM DE ÁGUA PARA LAVAGEM	15
3.11	NIVELAMENTO DAS CRISTAS DAS CALHAS DE COLETA DE ÁGUA DE LAVAGEM	16
4	Concepção do str	17
4.1	REMOÇÃO DE LODO DOS DECANTADORES	17
4.2	ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA ETA DE ARARAS	21
4.2.1	SÓLIDOS GERADOS PELA ADIÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS.....	21
4.2.2	GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA ETA DE ARARAS	21
4.2.3	SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS NA ETA	23
4.2.4	CLARIFICADORES/ADENSADORES	25
4.2.5	TANQUE DE LODO ADENSADO (TLA).....	27
4.2.6	BAGS DE GEOTÊXTIL	28
4.2.7	TANQUE DE ÁGUA RECUPERADA (TAR)	29
4.2.8	INSTALAÇÃO DE ARMAZENAMENTO, PREPARO E DOSAGEM DE POLÍMERO SINTÉTICO	
	30	
5	LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL E SONDA GEM	31
6	Atividades em andamento e futuras	33
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho, resultado da contratação da HIDROSAN pelo Serviço de Água, Esgoto e Meio Ambiente do Município de Araras – SAEMA, consiste na elaboração do Projeto Executivo de Reforma e Modernização da Unidade de Filtração, Veiculação de Água Tratada aos Reservatórios e Sistema de Tratamento dos Resíduos (STR) gerados na ETA de Araras, conforme contrato nº 003/2018.

Para o desenvolvimento do trabalho, além de livros especializados tanto de autoria dos profissionais da HIDROSAN quanto de outros autores, foi considerada a experiência da equipe da HIDROSAN na realização de trabalhos similares ao estudo elaborado.

O trabalho foi desenvolvido em etapas, quais sejam:

- Etapa 1: Atividades preliminares, para embasar o projeto de recuperação e modernização da unidade de filtração da ETA de Araras e o projeto do STR.
- Etapa 2: Concepção da reforma e modernização da unidade de filtração, de veiculação de água tratada, e do STR. Nas atividades desta etapa, foram concebidas a reforma e modernização da unidade de filtração da ETA, nova configuração da lavagem dos filtros, encaminhamento de água tratada aos reservatórios existentes, e o STR; tendo como base os resultados obtidos na etapa anterior e as diretrizes indicadas no Termo de referência. O relatório parcial R02 foi dividido em 2 volumes, a saber:
 - Volume 01 – Relatório de concepção do projeto de reforma, melhoria e construção das unidades da ETA de Araras, e memorial de cálculo;
 - Volume 02 – Peças gráficas da concepção dos filtros e STR.
- Etapa 3: Projetos executivos. A partir da concepção aprovada pelo SAEMA na etapa anterior, deverão ser iniciadas as atividades de projeto executivo.

Neste volume, Volume 01, são apresentados os resultados das seguintes atividades:

- comparação de soluções hidráulicas para a remoção do lodo dos decantadores;
- adequações e/ou reformas nas unidades da ETA, para a redução de custos de implantação do STR;
- concepção de recuperação e modernização da unidade de filtração;
- levantamento planialtimétrico e cadastro técnico da unidade de filtração e encaminhamento de água tratada aos reservatórios e de novas áreas;
- concepção da nova veiculação de água tratada aos reservatórios, com adequação dos pontos de aplicação de produtos químicos antes da chegada aos reservatórios de água tratada.

2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para a elaboração da concepção da reforma e modernização da unidade de filtração, veiculação de água tratada aos reservatórios e STR, foram utilizadas as diretrizes apresentadas no termo de referência, descritas a seguir:

- taxa média de filtração máxima em torno de $300 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$, com construção de, pelo menos, 2 filtros adicionais para tratamento da vazão máxima da ETA de 730 L/s;
- relação entre taxa máxima e taxa média de filtração inferior a 1,5;
- nível de água máximo no canal comum de alimentação dos filtros menor que a cota da crista dos extravasores deste canal, para todas as condições de operação da ETA;
- nível de água máximo no canal comum de alimentação dos filtros que garanta que estes funcionem como vasos comunicantes;
- material filtrante composto por areia e antracito, sendo que a especificação desses materiais deverá garantir a mistura parcial entre os grãos maiores do antracito com os menores da areia e a expansão mínima dos maiores grãos de ambos os materiais granulares durante a lavagem com água;
- lavagem do filtro: ar e água independentes;
- distribuição equitativa do ar para lavagem e taxa de aplicação de ar para lavagem entre 12 e 20 L/s/m^2 ;
- velocidade ascensional de água para lavagem compatível com o meio filtrante especificado e idêntica para todos os filtros, garantindo a expansão mínima de 5% do D_{90} do material granular (geralmente compreendida entre 0,6 e 1,0 m/min);
- volume de água para lavagem para atendimento de pelo menos 10 min de lavagem com água para a vazão adotada;
- execução da reforma de 1 filtro por vez.

Para a concepção do sistema de tratamento de resíduos gerados pela ETA, foram considerados os parâmetros de projeto definidos pelo Termo de Referência descritos a seguir:

- teor mínimo de SST do lodo desaguado de 25%;
- cálculo da massa seca de lodo a partir do valor crítico de turbidez da água bruta no mês de chuvas;
- vazão máxima da ETA igual a 730 L/s e operação por 24 h.

Os cálculos apresentados no Anexo 1 – Memorial de Cálculo foram realizados a nível de concepção, e serão detalhados após a aprovação das reformas e adequações propostas, e as unidades do STR.

A partir do parecer técnico apresentado no Relatório R1 sobre os dados de turbidez da água filtrada individual no período de 15 de novembro a 18 de dezembro de 2017, constatou-se que todos os filtros apresentaram valores de turbidez acima de 1,0 uT, sendo os filtros 8 e 9 com menor frequência de ocorrência (cerca de 1% dos resultados disponibilizados), e os filtros 2 e 3 com maior frequência de ocorrência (cerca de 8% dos resultados disponibilizados). Portanto, ressalta-se que todos estão em desacordo com os valores estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5, que limita a turbidez pontual de qualquer amostra de água filtrada em 1 uT.

Ainda conforme a Portaria de Consolidação nº 5, pelo menos 95% de todas as amostras de água filtrada obtidas devem apresentar valores de turbidez menor que 0,5 uT ou, 0,3 uT em casos de comprovação de 3,0 oocistos/L de *Cryptosporidium* ssp. na água bruta. Para a água filtrada da ETA de Araras, foi verificado que todos os filtros apresentaram inconformidades com o valor estabelecido pela legislação, sendo o Filtro 2 com o de pior resultado (43% dos valores de turbidez acima de 0,5 uT e 84% acima de 0,3 uT), e o Filtro 9 com o de melhor resultado (9% das amostras com turbidez acima de 0,5 uT e 28% acima de 0,3 uT).

Portanto, foi verificada fragilidade do sistema de filtração da ETA de Araras, sendo comprovada a necessidade de reforma dos mesmos.

Ademais, a diferença entre os sistemas de drenagem dos filtros é prejudicial para o funcionamento adequado da operação como taxa declinante variável, devido às diferentes perdas de cargas em cada unidade filtrante. Ainda em relação às consequências das diferenças entre os fundos dos filtros, foi verificado que a distribuição de ar e de água para a lavagem dos filtros também não era uniforme.

3 CONCEPÇÃO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DOS FILTROS

Com base nos resultados do relatório anterior (Relatório R1: Etapa 01 - Atividades Preliminares) verifica-se a necessidade da reforma e adequação dos filtros, e alteração do encaminhamento da água tratada até os reservatórios da ETA de Araras, visando:

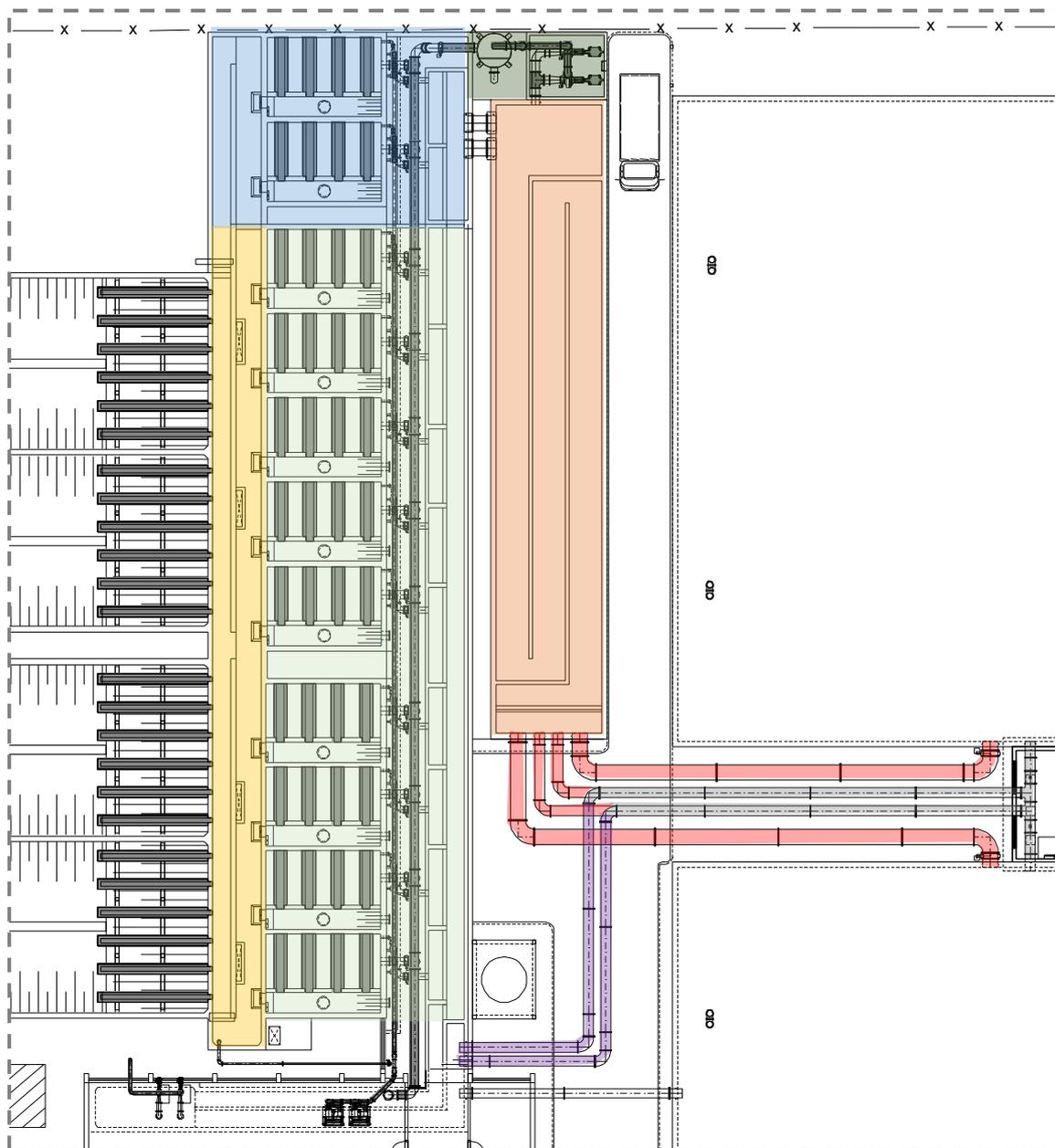
- possibilitar a operação adequada dos filtros como taxa declinante variável;
- evitar a ocorrência de transpasse durante a carreira de filtração;
- minimizar os picos de turbidez da água filtrada no reinício de operação de um filtro após a lavagem;
- aumentar a duração das carreiras de filtração, diminuindo, conseqüentemente, o número de lavagens necessárias e o volume de resíduos gerados;
- aumentar a flexibilidade operacional;
- modernizar e automatizar os filtros;
- padronizar as condições de lavagem com água e ar de todos os filtros;
- tratar adequadamente os resíduos gerados pela ETA.

Para a concepção de reforma e modernização dos filtros da ETA de Araras com adequação da operação com taxa declinante variável, foram propostas as seguintes modificações:

- implantação de 2 filtros novos, com mesmas características hidráulicas;
 - alteração do canal de alimentação dos filtros, instalação de 2 pontos de aplicação de cal, e malhas metálicas para auxiliar a mistura do produto;
- substituição do sistema de drenagem de todos os filtros existentes e projetados por fundo falso com bocais de lavagem com ar e água;
- substituição e padronização do meio filtrante e camada suporte;
 - reforma e nivelamento da crista dos vertedores individuais dos filtros, com a instalação de placas vertedoras, e a individualização dos vertedores dos filtros 8 e 9 (atualmente compartilhado);
- instalação de placas com orifício para adicionar perda de carga à equação geral de perda de carga na filtração;
- substituição das válvulas e comportas envolvidas na operação dos filtros por novas unidades com comando eletromecânico, instalação de turbidímetros de monitoramento contínuo na saída dos filtros, e medidores de nível de água nos do vertedores de saída de água filtrada no interior dos filtros;
- adequação dos pontos de aplicação de produtos químicos;

- proposição de um novo sistema de encaminhamento da água tratada aos reservatórios de água tratada, considerando a situação crítica de encaminhamento da vazão total de água tratada para um único reservatório e de dispositivos que permitam o isolamento dos reservatórios entre si e entre o canal de água filtrada geral, garantindo a flexibilidade operacional do sistema.

A Figura 3.1 apresenta esquema geral das reformas do sistema de filtração e encaminhamento da água tratada aos reservatórios da ETA de Araras.



- | | |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| ■ | Filtros novos a serem construídos |
| ■ | Câmara de contato a ser construída |
| ■ | Sistema de água para lavagem a ser construído |
| ■ | Filtros existentes a serem reformados |
| ■ | Canal de água decantada a ser reformado |
| ■ | Tubulações novas |
| ■ | Tubulações existentes a serem mantidas |
| ■ | Tubulações existentes a serem desativadas/removidas |

Figura 3.1 – Esquema geral das reformas do sistema de filtração e encaminhamento da água tratada aos reservatórios da ETA de Araras

Para adequar a lavagem dos filtros com água e ar, e sanar as limitações relativas ao volume utilizado nas lavagens, duração e diferença de vazão entre os filtros, a HIDROSAN propõe:

- a reforma do sistema de lavagem auxiliar com ar;
- a captação de água para lavagem na entrada da câmara de contato;
- a construção de uma caixa de passagem, visando garantir a mesma vazão de água para lavagem de cada filtro;
- o nivelamento das cristas das calhas de coleta de água de lavagem dos filtros, com a instalação de placas vertedoras.

3.1 FILTROS NOVOS

De acordo com as premissas do projeto hidráulico da reforma dos filtros existentes e dos novos, a taxa média de filtração máxima será de $300 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$, para a vazão máxima de projeto considerada igual a 730 L/s. Para que essas condições sejam atendidas, é necessária a construção de 2 filtros adicionais, com $18,9 \text{ m}^2$ de área filtrante cada, assim como a reformas dos filtros existentes.

3.2 CANAL DE ALIMENTAÇÃO DOS FILTROS

Devido à instalação de 2 novos filtros na bateria, o canal de alimentação dos filtros deverá ser prolongado e conectado aos 11 filtros (9 filtros existentes, e 2 a serem construídos).

A Hidrosan propõe que o canal de alimentação possua dois caminhos para veiculação da água, através de duas aberturas nas extremidades laterais, e o fechamento da abertura situada entre os filtros 4 e 5.

Outra alteração no trecho é a instalação de 2 pontos de aplicação de cal, e de malhas metálicas, para auxiliar a mistura adequada do produto na água decantada. Atualmente há apenas um ponto de aplicação de hidróxido de cálcio, impossibilitando a mistura adequada entre produto químico e todo o volume de água encaminhada aos filtros.

3.3 SISTEMA DE DRENAGEM DOS FILTROS

Uma das vantagens da operação pelo método de filtração com taxa declinante variável é a distribuição das vazões entre os filtros de acordo com o grau de colmatação do seu meio filtrante, isso

é, o filtro mais sujo da bateria recebe a menor vazão, enquanto o filtro mais limpo recebe a maior vazão. Dessa forma, diminui consideravelmente o risco de transpasse devido à menor velocidade intersticial no filtro mais sujo, prevenindo o arraste das impurezas previamente retidas no meio filtrante.

Porém, é necessário que eles funcionem como vasos comunicantes, e possuam as mesmas características, considerando a área filtrante, granulometria e espessura do meio filtrante, sistema de drenagem, tubulações e acessórios.

No caso dos filtros da ETA de Araras, as entradas de água ficam permanentemente afogadas, entretanto, o meio filtrante, a camada suporte e o fundo de cada um dos filtros possuem características diferentes. Assim, para permitir o funcionamento adequado da filtração como taxa declinante variável, é necessária a padronização dessas características. Para este sistema, a HIDROSAN prevê a instalação de fundo falso metálico com 680 bocais por filtro para lavagem com ar seguida da lavagem com água. Esta foi a alternativa escolhida, em conjunto com o SAEMA.

Em relação à tubulação de saída da água filtrada, que atualmente está situada abaixo do canal lateral de água de lavagem, é previsto realocá-la abaixo do fundo falso do filtro, como mostra a Figura 3.2. A partir da alteração descrita, torna-se possível e recomendado o preenchimento do fundo do canal lateral de água de lavagem com concreto magro (vide Figura 3.3).

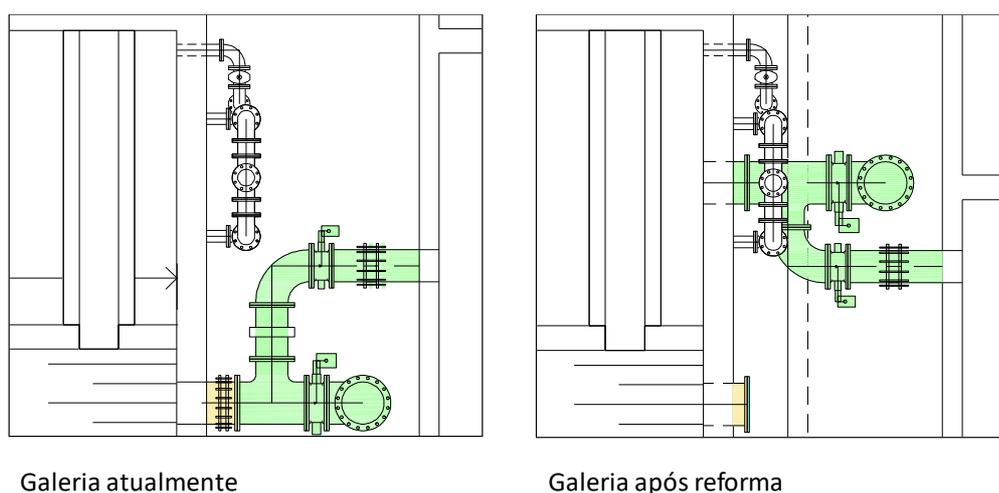


Figura 3.2 - Realocação da tubulação de saída de água filtrada

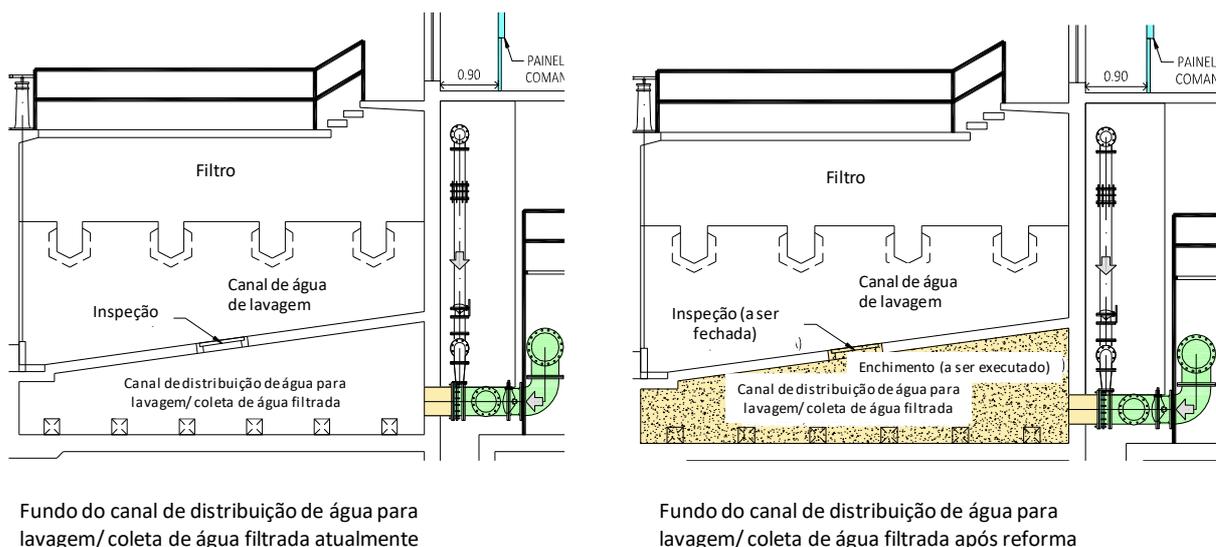


Figura 3.3 – Canal de distribuição de água para lavagem/ coleta de água filtrada a ser desativado

Devido a instalação de 2 novos filtros na bateria, o canal de água filtrada deverá ser prolongado e conectado com a câmara de contato, a partir de duas tubulações de diâmetro nominal de 800 mm.

3.4 MEIO FILTRANTE E CAMADA SUPORTE

A partir das informações obtidas através da equipe do SAEMA, e descritas no projeto elaborado pela Hidrosan (2017), verifica-se que os 9 filtros existentes possuem meio filtrante de 0,30 m de areia e 0,50 m de antracito. Em relação à camada suporte, os filtros 1, 2, 3, 4, 6 possuem 0,35 m de pedregulho, e a camada suporte dos filtros 5, 7, 8 e 9 é composta por 0,10 m de areia grossa.

Para a reforma, a HIDROSAN propôs a substituição do meio filtrante existente por 0,20 m de areia e 0,60 m de antracito, com camada suporte de 0,10 m de areia grossa. A padronização do meio filtrante e da camada suporte é necessária para que a perda de carga turbulenta de todos os filtros seja equivalente. Esta é uma das condições para a operação adequada da filtração como taxa declinante variável.

Na figura 3.4, é apresentado esquema do novo sistema de drenagem, do meio filtrante, da camada suporte, e das calhas de coleta de água de lavagem.

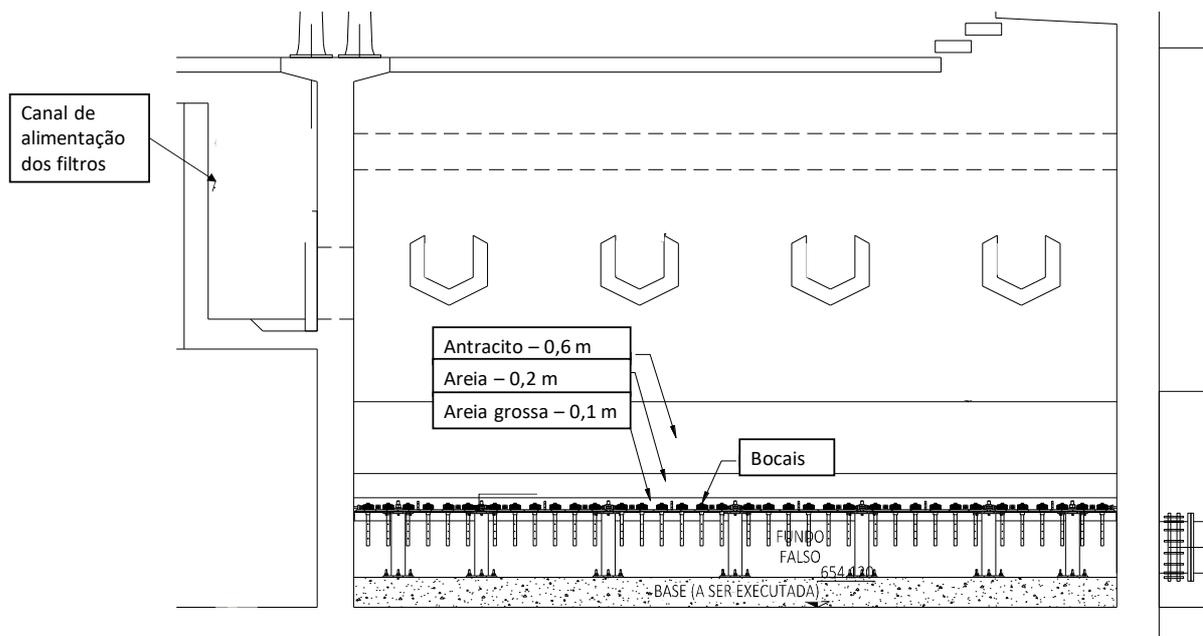


Figura 3.4 - Esquemas do novo sistema de drenagem, do meio filtrante, da camada suporte, e das calhas de coleta de água de lavagem

3.5 REFORMA DOS VERTEDORES INDIVIDUAIS DOS FILTROS

Para o funcionamento adequado da operação de taxa declinante variável, é necessário que todos os filtros sejam idênticos, vaso comunicantes, e que sejam submetidos à mesma carga hidráulica disponível. A carga hidráulica disponível é verificada através da diferença entre a cota do nível d'água, e a cota do vertedor de saída de água filtrada no canal comum de alimentação dos filtros.

Com base nas considerações anteriores, verifica-se a necessidade de padronização dos vertedores individuais de todos os filtros da ETA de Araras. Para os filtros existentes, será prevista a transformação do vertedor geral dos filtros 8 e 9 em 2 vertedores individuais, um para cada filtro, e a instalação de placas vertedoras padronizadas em cada vertedor individual. Para os filtros novos, é proposta a construção dos vertedores individuais com base na nova padronização adotada.

3.6 PLACAS COM ORIFÍCIO

Foram dimensionadas placas com orifícios de 320 mm de diâmetro, a serem instaladas nas tubulações individuais de saída de água filtrada (DN 400 mm). Estas placas visam ajustar os parâmetros

requeridos na operação de filtração como taxa declinante variável, permitindo que a relação de taxa máxima e média de filtração seja menor ou igual a 1,5 (valor definido no termo de referência).

3.7 NOVAS VÁLVULAS E COMPORTAS COM COMANDO ELETROMECAÂNICO

Para permitir o adequado funcionamento dos filtros, a HIDROSAN propõe que todas as válvulas e comportas envolvidas em sua operação sejam trocadas por válvulas borboletas e comportas com comando eletromecânico, eliminando o sistema hidráulico de acionamento das válvulas e comportas, e os vazamentos existentes nos cilindros de comando.

Além disso, as válvulas borboletas localizadas na saída de água filtrada terão acionamento eletromecânico do tipo modulante, permitindo o ajuste do ângulo de fechamento da válvula em função da vazão afluente à ETA e do número de filtros em operação.

Os turbidímetros de monitoramento contínuo deverão ser instalados na tubulação individual de saída de cada filtro, a fim de que sejam monitorados os valores de turbidez da água filtrada em cada unidade. A Hidrosan também propõe a instalação de medidor de nível d'água no vertedor individual dos filtros para a verificação da vazão de saída de cada um, e o medidor de nível no interior dos filtros para detectar o nível de água visando ao acionamento do soprador de ar e ao nível de água para abertura da válvula de saída da água filtrada.

O local de instalação dos equipamentos é apresentado na Figura 3.5.

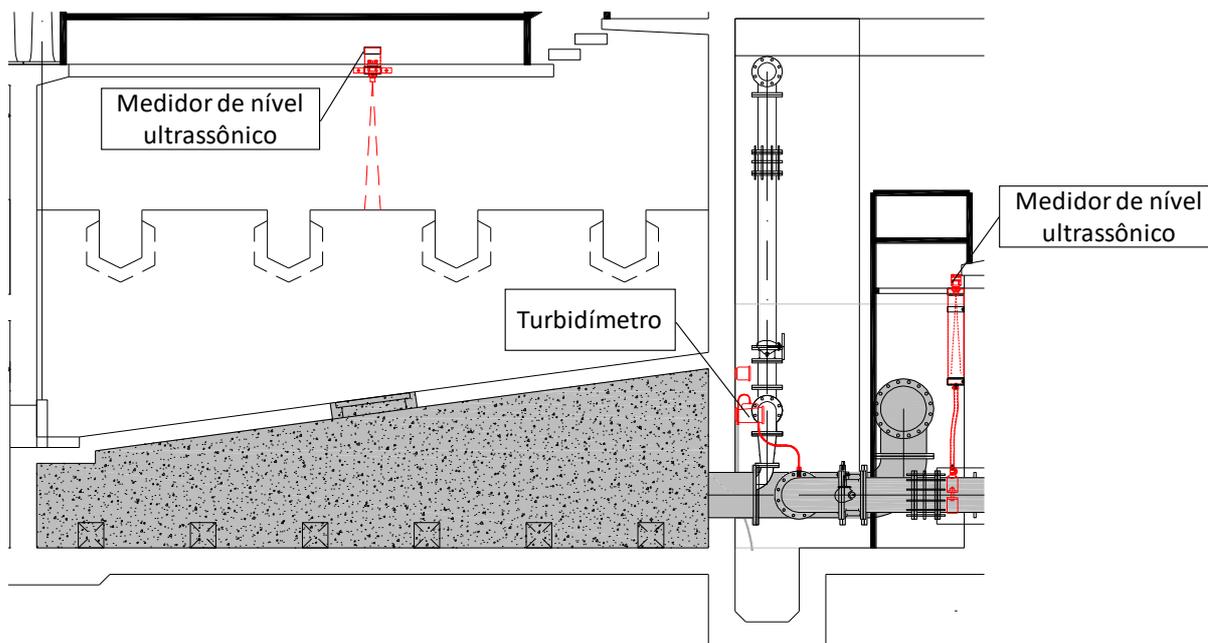


Figura 3.5 - Instalação de medidores de nível e turbidímetro de monitoramento contínuo

3.8 CÂMARA DE CONTATO E TUBULAÇÕES DE ENCAMINHAMENTO PARA OS RESERVATÓRIOS DE ÁGUA TRATADA

Para a desinfecção final da água da ETA de Araras, foi prevista a construção da câmara de contato para aplicação de cloro, com tempo de contato de 8 min, para a vazão de 730 L/s. Ressalta-se que o tempo adotado é maior do que o valor mínimo estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 02, de 2017, que estabelece, para água com temperatura 25 °C, pH de 7,00, e concentração de cloro residual de 2,0 mg/L, tempo mínimo de 4 minutos. Foram previstos canais com comprimento de 27,54 m e espaçamento de 1,80 m. As dimensões totais da câmara de desinfecção são de 35,26 x 6,40 x 2,7 m (C x L x H).

O hipoclorito de sódio, o ácido fluossilícico, e o ortopolifosfato de sódio serão aplicados na entrada da primeira chicana da câmara de contato. Ressalta-se que o encaminhamento dos produtos químicos será definido na próxima etapa do projeto.

Para garantir o nível mínimo de água na unidade de desinfecção de aproximadamente 2,3 m, foi previsto um vertedor de saída. A aplicação de hidróxido de cálcio para ajuste do pH da água tratada será realizada antes da tubulação que veicula a água tratada ao reservatório de água tratada.

Na Figura 3.6 está apresentado um esquema em planta da unidade de desinfecção e das tubulações de encaminhamento de água tratada aos reservatórios semienterrados da ETA.

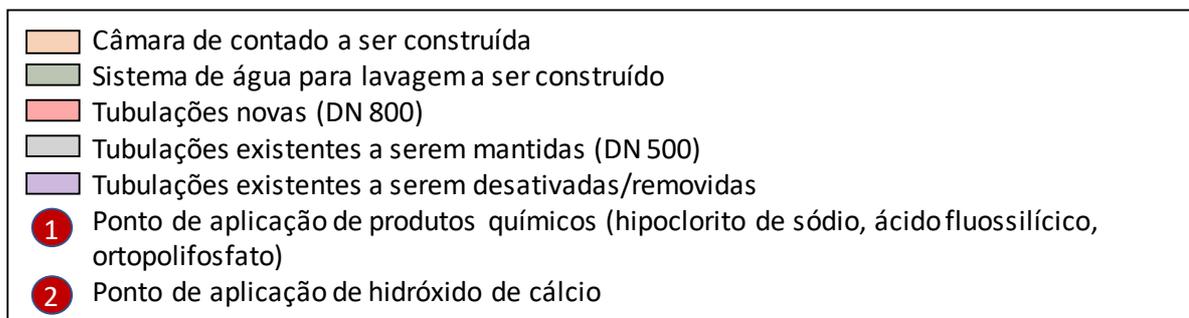
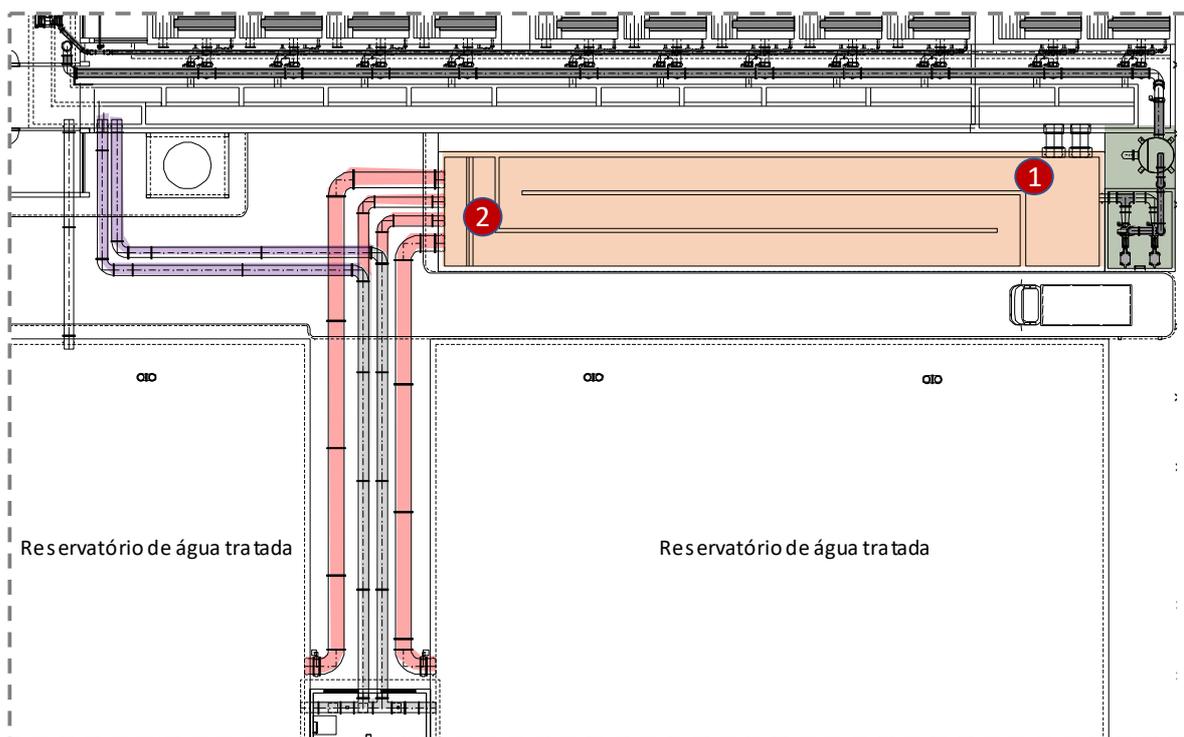


Figura 3.6 - Detalhe da câmara de contato e tubulações de encaminhamento da água tratada aos reservatórios da ETA

A verificação das tubulações de encaminhamento de água tratada da saída da câmara de contato até os reservatórios da ETA de Araras teve como premissa manter as tubulações existentes de diâmetro de 500 mm (uma tubulação para cada reservatório), e a vazão da condição crítica para as tubulações de encaminhamento da água tratada.

A condição crítica considera uma vazão de tratamento de 730 L/s, e a lavagem de um dos dois reservatórios semienterrados de água tratada. Nestas condições, será necessária a instalação de uma tubulação adicional de diâmetro nominal de 800 mm em paralelo com a de 500 mm para a veiculação de água para cada um dos dois reservatórios.

3.9 REFORMA DO SISTEMA DE LAVAGEM AUXILIAR COM AR

Os cálculos para a verificação das condições de funcionamento da lavagem com ar foram realizados considerando a instalação de 2 novos filtros na bateria, a instalação de purga, para a proteção do sistema de lavagem com ar, a taxa de aplicação de 15 L/s/m², e o deslocamento das tubulações de entrada de ar nos filtros existentes, devido a alteração da localização da tubulação de saída de água filtrada. A Hidrosan recomenda a substituição dos sopradores por modelos atualizados, visto que os existentes estão fora de linha, dificultando a sua manutenção. Outra vantagem da troca é a minimização da emissão de ruídos, devido à nova configuração do equipamento, com cabines acústicas.

Ressalta-se que todos os filtros, tanto os existentes, quanto os 2 filtros a serem construídos, deverão apresentar as mesmas características de tubulação de ar na entrada dos mesmos.

3.10 CAIXA DE PASSAGEM DE ÁGUA PARA LAVAGEM

Atualmente, há um reservatório de água para lavagem, entretanto, o mesmo vem apresentando problemas estruturais, identificados pela avaliação estrutural, apresentada pelo volume 2 do projeto de “Diagnóstico e proposição de melhorias na ETA do SAEMA de Araras” elaborado pela HIDROSAN (2017).

A alternativa apresentada pela Hidrosan ao reservatório de água para lavagem, é a instalação de uma caixa de passagem entre o reservatório de água para lavagem dos filtros a ser construído e a unidade de filtração. A caixa de passagem será alimentada pelo poço da câmara de contato, através de bombeamento, e a tubulação de entrada na caixa de passagem terá descarga livre. A tubulação de saída da caixa de passagem será conectada com a tubulação para a lavagem dos filtros.

Na Figura 3.7 é apresentado esquema da caixa de passagem e bombas para água de lavagem dos filtros.

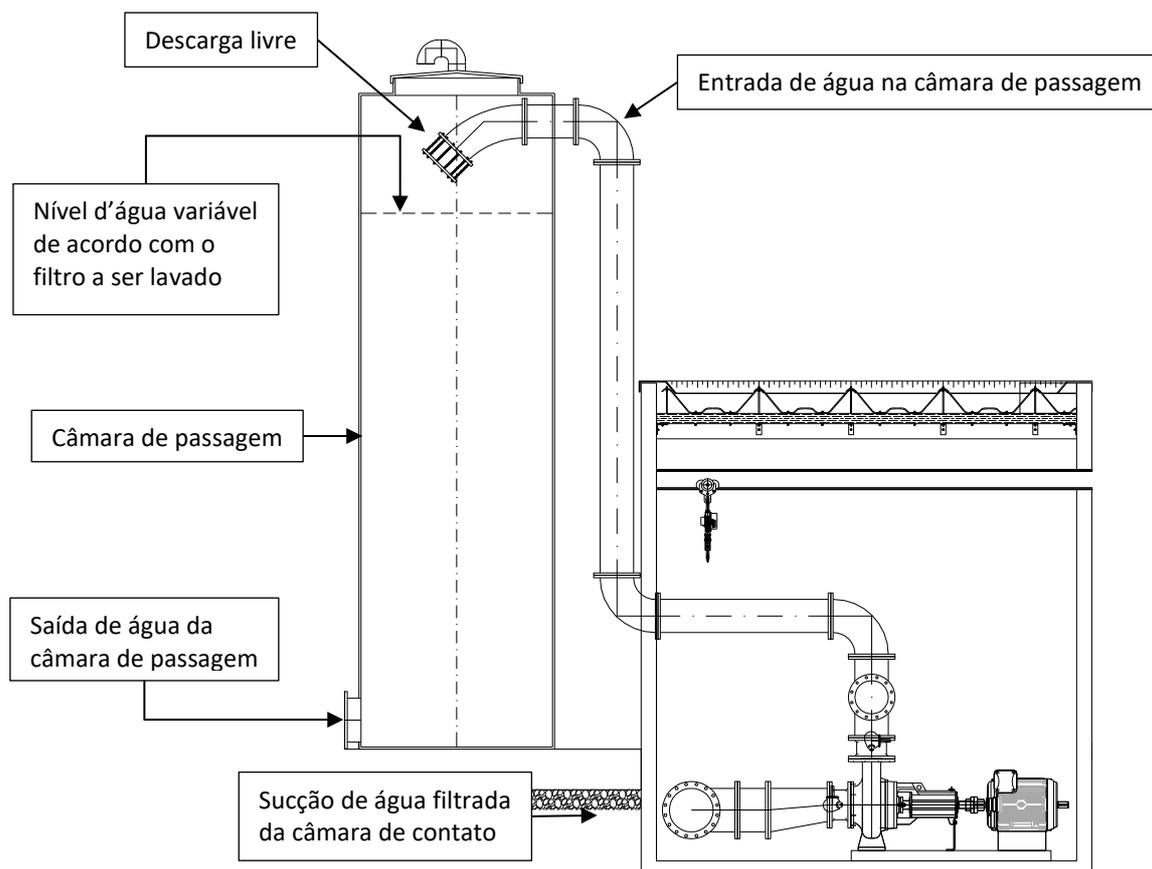


Figura 3.7 - Esquema da caixa de passagem e bombas para água de lavagem dos filtros

3.11 NIVELAMENTO DAS CRISTAS DAS CALHAS DE COLETA DE ÁGUA DE LAVAGEM

A partir das informações obtidas no levantamento topográfico das unidades de filtração, verificou-se uma variação de cota entre as cristas das calhas de coleta de água de lavagem de cerca de 9,8 cm, sendo a cota máxima de 657,249, no filtro 5, e a mínima de 657,151, no filtro 9.

Um dos fatores que influenciam negativamente a lavagem adequada dos filtros é a desigualdade das cotas das cristas das calhas, para que não ocorram caminhos preferenciais durante a lavagem com água. Por esta razão, a Hidrosan propõe a instalação de placas vertedoras na parte interna das calhas de coleta de água de lavagem, as quais serão niveladas a 1 cm acima da maior cota observada.

4 CONCEPÇÃO DO STR

A geração de resíduos é função da concentração de sólidos suspensos totais (SST) da água bruta e dos produtos químicos aplicados na coagulação. A concentração de SST da água bruta tem relação direta com a turbidez, que é um parâmetro monitorado diariamente nas ETAs, e referência para avaliação da variação da qualidade da água bruta nas épocas de estiagem e de chuvas intensas.

A turbidez máxima utilizada para o dimensionamento do STR foi de 200 uT, sendo que para a verificação do número de *bags* necessários para o desague em geotêxtil, a turbidez utilizada foi a do mês crítico, de 52 uT.

A frequência e a duração das descargas dos decantadores são essenciais para o dimensionamento do STR. No item 4.2.2 estão sugeridas as frequências e durações das descargas em função da qualidade da água bruta, considerando turbidez crítica de 200 uT.

A frequência e a duração da lavagem dos filtros são importantes parâmetros no dimensionamento do STR. No item 4.2.2 estão sugeridas as frequências de lavagem dos filtros com água e sua duração. Recomenda-se que seja realizada a lavagem de um filtro por vez, com espaçamento igual entre uma lavagem e outra.

Ressalta-se que a lavagem de vários filtros sequencialmente e/ou sem critérios, não poderá ocorrer após a implantação do STR.

4.1 REMOÇÃO DE LODO DOS DECANTADORES

Atualmente a remoção de lodo dos decantadores é manual, e é realizada através da drenagem total da água acumulada no decantador, seguida da remoção do lodo acumulado por meio de jatos de água pressurizada. A lavagem de cada decantador é realizada a cada 2 ou 3 meses.

Para a análise comparativa da remoção de lodo dos decantadores, foram avaliadas 3 alternativas:

- Alternativa 1 - extração manual do lodo depositado no fundo, com esvaziamento completo da unidade,
- Alternativa 2 - drenagem parcial da água decantada, com encaminhamento do sobrenadante ao canal de água decantada, e
- Alternativa 3 - instalação de equipamentos para a remoção semi-contínua do lodo.

Em relação à extração manual do lodo dos decantadores, solução atualmente utilizada (alternativa 1), não há necessidade de alteração na estrutura atual, visto que a limpeza requer apenas

o jateamento de água pressurizada realizada pelos operadores e abertura das comportas de descarga. Em contrapartida, o volume de lodo proveniente da lavagem dos decantadores (cerca de 984,01 m³ nos decantadores com rampa, e 1093,94 m³ nos decantadores sem rampa) é muito maior do que a das demais alternativas, e a concentração de sólidos suspensos totais das descargas é relativamente baixa. Dessa forma, o STR teria que ser dimensionado para comportar o volume total da limpeza de um decantador e da lavagem de um filtro (volume do TRV de aproximadamente 1.221 m³), resultando em unidades muito maiores quando comparadas às outras alternativas. Outra desvantagem é a necessidade de mobilização de 2 ou mais operadores para a lavagem manual do decantador com mangueiras com água pressurizada.

Na alternativa 2, a descarga parcial dos decantadores deve ser precedido pelo bombeamento do volume sobrenadante das unidades ao canal de água decantada. Para a determinação do volume máximo de água a ser bombeado, foram estimadas as alturas da interface de resíduos do decantador 1, observadas durante o acompanhamento da lavagem do decantador (Tabela 4.1 e Figura 4.1).

Tabela 4.1 - Valores da altura da interface aparente dos resíduos no decantador 2 em função da distância de medição com relação ao ponto inicial

Ponto	Distância com relação ao ponto inicial de medição (m)	Altura de resíduos (m)
1	0,00	1,38
2	4,50	3,29
3	8,00	2,65
4	16,00	1,59
5	21,1	0,95

- Legenda**
-  Interface aparente do resíduo
 -  Pontos de medição
 -  Sentido do escoamento

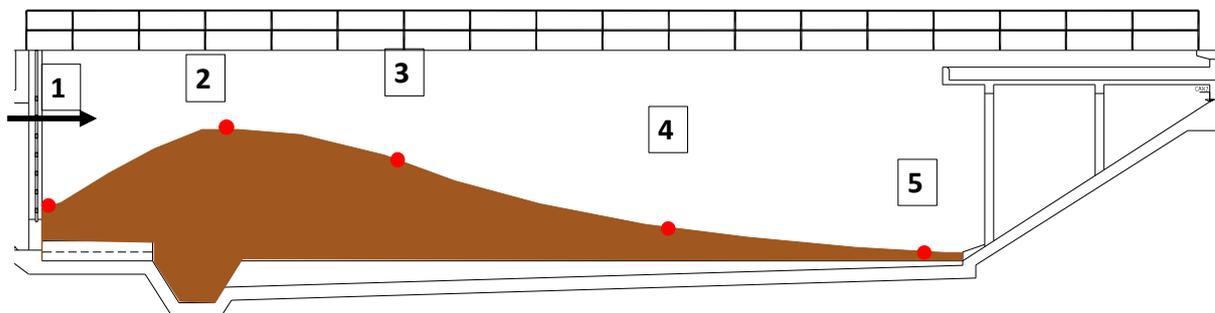


Figura 4.1 - Esquema com a indicação dos pontos de medição da interface aparente de resíduos no decantador 1

A partir da altura máxima verificada, foi definido o volume máximo de resíduos que deverá ser encaminhado ao Sistema de Tratamento dos Resíduos Gerados na ETA (STR), de 821,70 m³ por decantador (volume calculado sem considerar a contribuição da água proveniente das mangueiras para lavagem).

Os conjuntos motobombas do sobrenadante deverão ser abrigados em dispositivos flutuantes, fabricados em fibra de vidro, acoplados a guindastes fixos, capazes de transportá-las com facilidade aos 2 decantadores do seu respectivo conjunto, como mostra a Figura 4.2.

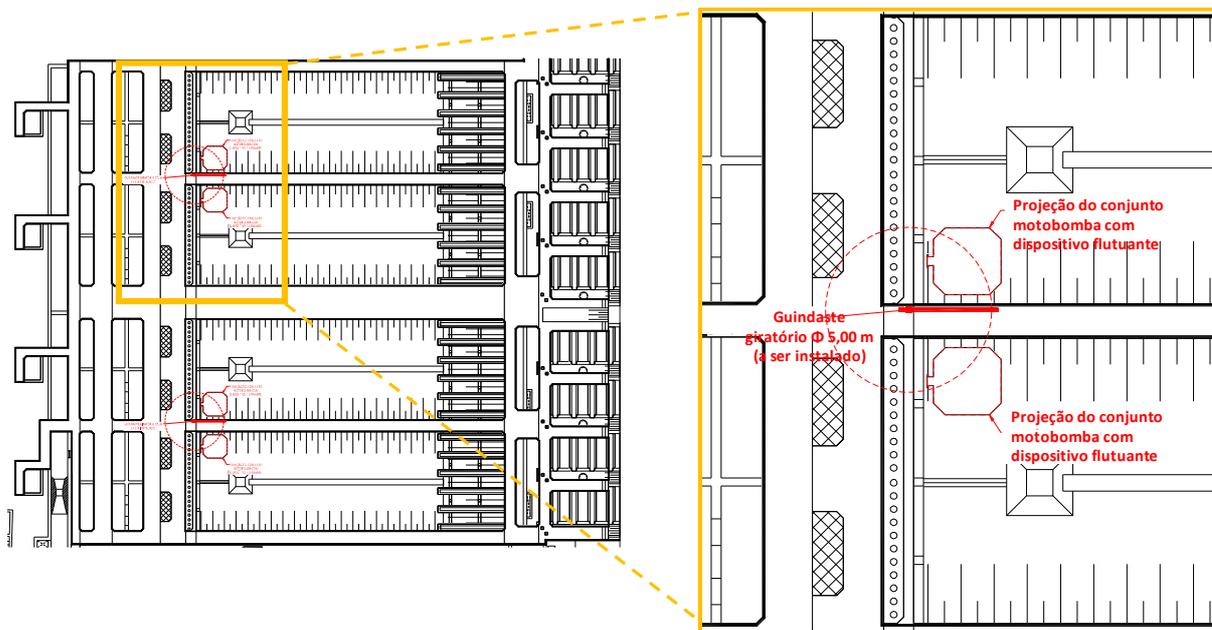


Figura 4.2 - Esquema do conjunto motobombas e guindastes fixos necessários para a drenagem parcial da água decantada

A drenagem parcial da água decantada resulta em volume de lodo inferior à alternativa apresentada anteriormente (711,77 m³ e 821,70 m³ nos decantadores com rampa e sem rampa respectivamente), e concentração de SST maior. Entretanto, esta alternativa requer controle rigoroso do bombeamento do sobrenadante, aumentando a complexidade da operação de limpeza, e do sistema de tratamento de resíduos gerados na ETA. Ainda assim, o volume do TRV seria de 949 m³ (somatório do volume da lavagem de um decantador e de um filtro).

Para esta alternativa, o custo aproximado de implantação para uma ETA com características similares à vazão máxima de projeto da ETA de Araras, e geração de lodo, seria de R\$ 400.000,00, considerando bombas, guindastes, tubulações, válvulas e acessórios (valor estimado a partir de projetos anteriormente realizados pela Hidrosan).

A utilização de removedor de lodo submersível, alternativa 3, é a recomendada pela Hidrosan, devido à facilidade de operação, que pode ser completamente automatizada. Além disso, o lodo gerado é removido diariamente do decantador (cerca de 399,60 m³ por decantador em um dia), com concentração de SST mais elevada. Para a condição crítica, são necessárias 37 passagens do removedor submersível, distribuídas uniformemente ao longo do dia por decantador, para remoção de lodo. Essas características resultam no dimensionamento otimizado das unidades de tratamento de resíduos gerados na ETA. Considerando que o recebimento deste resíduo será intermitente, o volume do TRV para uma vazão regularizada de 124,99 m³/h, resulta em 200 m³.

O custo aproximado de implantação dos 4 removedores de lodo submersíveis é de R\$ 540.000,00, valor obtido através da solicitação de orçamento de removedores de lodo submersíveis WasserTrack.

4.2 ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA ETA DE ARARAS

4.2.1 SÓLIDOS GERADOS PELA ADIÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS

A estimativa teórica da quantidade dos resíduos gerados em ETAs de ciclo completo pode ser realizada através de modelos matemáticos que relacionam as dosagens dos produtos químicos utilizados ao longo do tratamento com a quantidade total de sólidos suspensos gerada. Em AWWA (1999) podem ser encontradas algumas equações para a estimativa teórica da quantidade dos resíduos em ETAs, considerando a adição de coagulantes comumente empregados, como o sulfato de alumínio e o cloreto férrico.

4.2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA ETA DE ARARAS

Após a definição dos parâmetros de projeto, pode-se quantificar a produção de massa seca diária para situação crítica (vazão de 730 L/s, e turbidez de 200 uT). Na Tabela 4.2 são apresentados os valores dos parâmetros utilizados para estimar os sólidos na ETA de Araras.

Tabela 4.2 – Valores dos parâmetros utilizados para a estimativa da geração de massa seca na ETA de Araras na situação crítica (turbidez da água brut= 200 uT)

Parâmetro	Valor
Vazão afluyente à ETA de Araras (L/s)	730
Tempo de funcionamento da ETA (h/d)	24
Tempo de funcionamento do STR (h/d)	24
Decantadores em funcionamento	4
Filtros em funcionamento	11
Velocidade ascensional de água para lavagem dos filtros (m/min)	0,80
Taxa média de filtração (m ³ /m ² /d)	303
Duração da carreira de filtração (h)	24
Tempo de lavagem com água para um filtro (min)	7

Parâmetro	Valor
Tempo total de drenagem e lavagem de um filtro (min)	30
Turbidez crítica da água bruta (uT)	200
Valor médio de turbidez para o mês crítico (uT)	52
Concentração de SST no lodo dos decantadores (g/L)	9,80
Concentração de SST na água de lavagem dos filtros (g/L)	0,25
Coeficiente “a” que relaciona SST com turbidez da água bruta	1
Dosagem de sulfato de alumínio (mg/L)	80
Dosagem de CAP (mg/L)	30
Dosagem de geocálcio (mg/L)	40

A concentração de SST nas descargas dos decantadores foi adotada igual a 9,8 g/L estabelecido com base nas informações do removedor de lodo submersível, e massa seca de lodo na água bruta.

Os cálculos utilizados para a estimativa da geração de resíduos na ETA de Araras são apresentados no Anexo 1.

Considerando as variáveis apresentadas na Tabela 4.2, foram calculados a massa de sólidos gerada e o volume de lodo na ETA, cujos resultados encontram-se na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Estimativa de massa seca e volume de lodo gerados diariamente na situação de geração máxima de sólidos na ETA de Araras (turbidez de água bruta= 200 uT)

Parâmetro	Valor
Massa seca de SST retida em 1 decantador (kg/d)	3.826,40
Massa seca de SST retida nos 4 decantadores (kg/d)	15.305,50
Massa seca de SST retida em 1 filtro (kg/d)	31,80
Massa seca de SST retida nos 11 filtros (kg/d)	350,30
Massa seca total de SST (kg/d)	15.655,80
Volume de lodo com 9,8 g SST/L gerado em 1 decantador (m ³ /d)	399,60
Volume de lodo com 9,8 g SST/L gerado nos 4 decantadores (m ³ /d)	1.598,40
Volume da água de lavagem de 1 filtro com 0,25 g SST/L (m ³ /d)	127,40
Volume da água de lavagem dos 11 filtros com 0,25 g SST/L (m ³ /d)	1.401,20
Volume total de lodo gerado na ETA Araras (m ³ /d)	2.999,70

Com a estimativa do volume de lodo gerado nos decantadores, mostrada no Anexo 1, foi calculado o número de descargas a serem feitas em dias críticos, bem como a sua duração, resultando

o número mínimo de 37 descargas diárias para os decantadores. As durações das descargas dos decantadores, e informações do removedor de lodo submersível são apresentadas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Informações utilizadas para análise de lodo gerado pela descarga dos decantadores em dias críticos (turbidez de água bruta= 200 uT)

Parâmetros	Valor
Largura do removedor utilizada (m)	9
Vazão removida pelo removedor (L/min)	540
Tempo de percurso (min)	20
Velocidade de deslocamento (m/min)	0,97
Volume removido por passagem (m ³)	10,8
Número de passagens diárias necessárias (un.)	37
Tempo de parada entre lavagens (min)	18,92

4.2.3 SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS NA ETA

O sistema de tratamento de resíduos (STR) gerados na ETA de Araras será constituído por um tanque de regularização de vazão (TRV), que receberá as descargas dos decantadores e a água de lavagens dos filtros, no qual a vazão regularizada será bombeada para dois clarificadores/adensadores trabalhando em paralelo.

O TRV foi dimensionado a partir de todas as descargas realizadas na ETA ao longo do dia, considerando tanto as lavagens dos 11 filtros, quanto as 37 descargas de cada um dos 4 decantadores, na condição crítica. As características do TRV serão:

- Diâmetro: 10,00 m;
- Altura útil: 2,55 m;
- Volume útil: 200,00 m³.

O TRV será provido de 1 misturador submersível, 2 bombas submersíveis (1 reserva) e 1 medidor de nível ultrassônico. O misturador submersível será responsável por efetuar a uniformização dos resíduos no TRV e evitar a deposição de sólidos no fundo do TRV; as bombas submersíveis serão responsáveis pelo recalque dos resíduos aos clarificadores e o medidor de nível será utilizado para controle do nível do TRV e automação da operação de recalque.

Devido à necessidade do misturador submersível, foi reservado o volume morto no fundo do tanque com altura de 1,40 m.

O recalque dos resíduos regularizados foi dimensionado considerando-se a condição de máxima geração de resíduos:

- Condição de máxima geração: vazão afluyente à ETA de 730 L/s, turbidez da água bruta igual a 200 uT, 11 filtros em funcionamento, lavagem dos filtros a cada 2,18 h (carreira de filtração de 24 h), e descargas dos decantadores a cada 38,92 min.

Para esta condição foi estimada a vazão regularizada de cerca de 125 m³/h com concentração de 5,23 gSST/L.

Na Figura 4.3 é apresentado o esquema das unidades que compõem o sistema de tratamento de resíduos da ETA de Araras, e o TRV é identificado pela Figura 4.4.

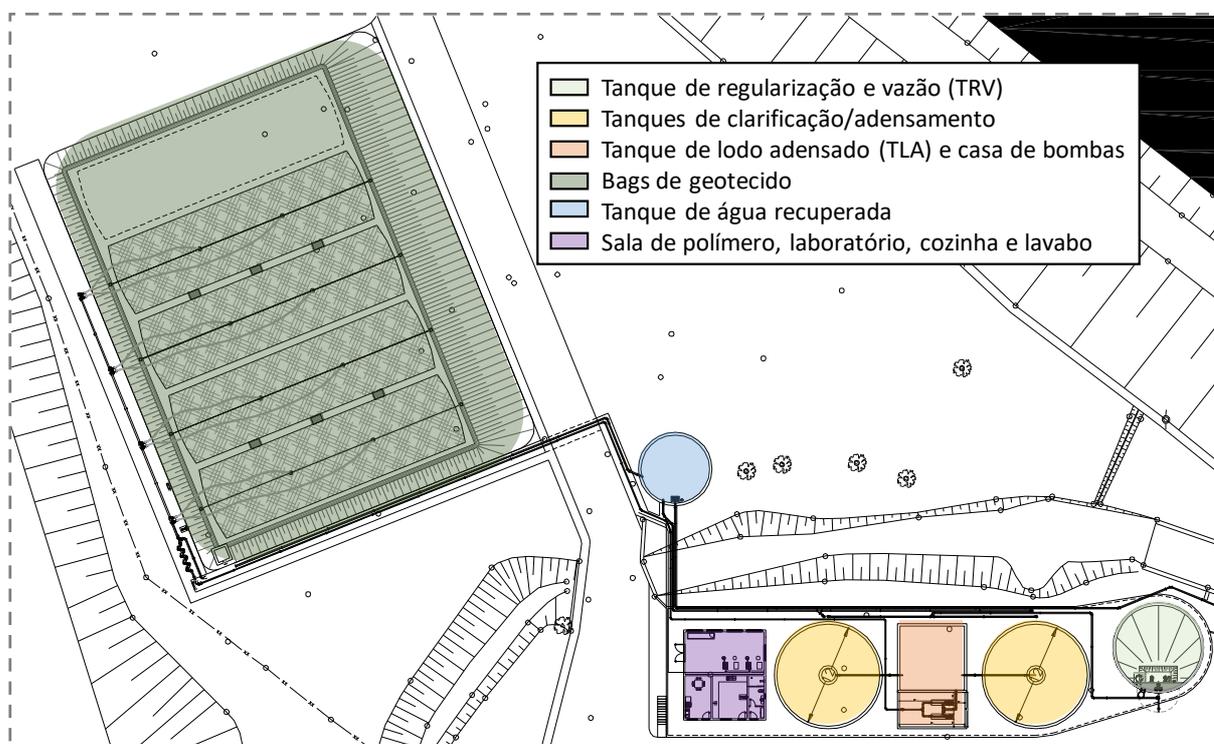


Figura 4.3 - Esquema das unidades que compõem o STR da ETA de Araras

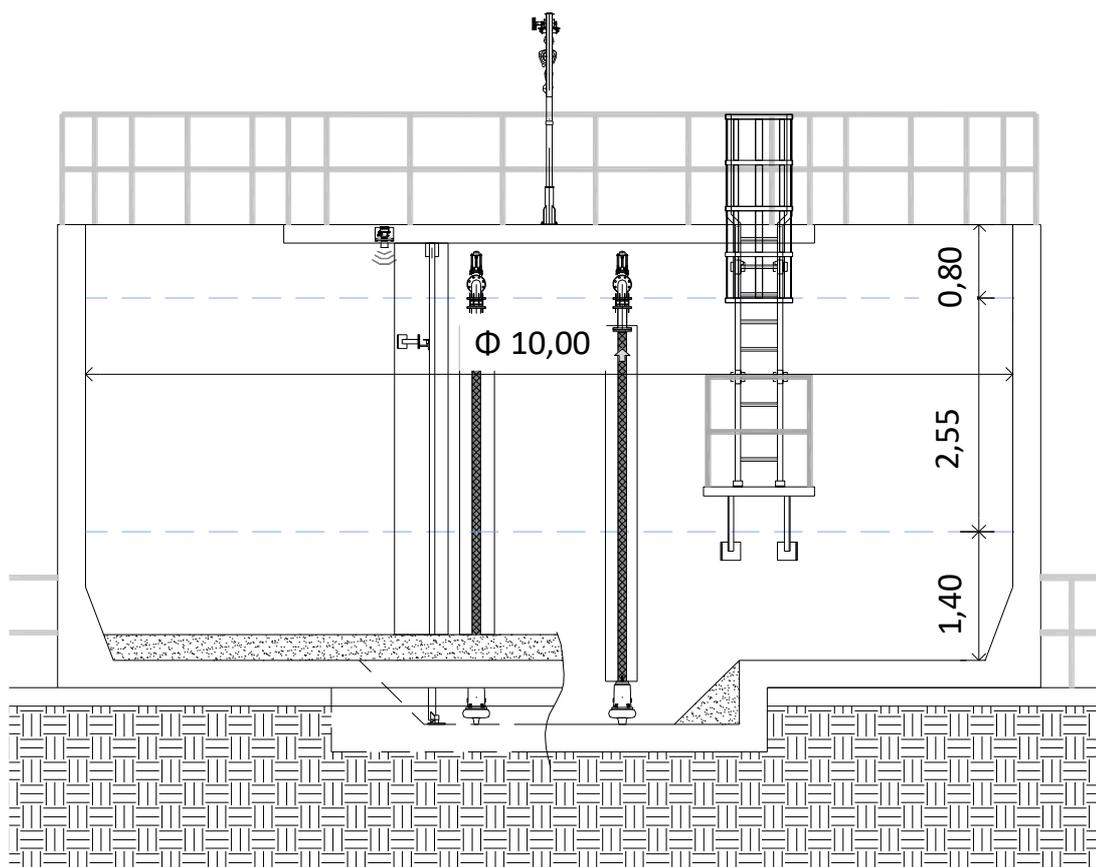


Figura 4.4 – Corte esquemático do tanque de regularização de vazão

4.2.4 CLARIFICADORES/ADENSADORES

Em função dos resíduos regularizados apresentarem baixa concentração de sólidos em diversos períodos do ano, é recomendado o adensamento dos mesmos antes do desaguamento nos *bags* de geotêxtil, de forma que a concentração mínima de sólidos do efluente veiculado aos *bags* seja de 15,0 g/L.

Para o adensamento dos resíduos regularizados, foram previstos dois clarificadores/adensadores de 12,00 m de diâmetro cada. Para o dimensionamento, foi considerada a velocidade de sedimentação de 1,29 cm/min e a operação contínua dos mesmos, com veiculação de metade da vazão regularizada para cada adensador.

A velocidade de sedimentação foi calculada a partir da análise de gráfico dos resultados obtidos no ensaio em coluna realizado para uma amostra composta de lodo dos decantadores e da água de lavagem dos filtros, realizado no dia 6 de dezembro de 2018.

As características dos adensadores serão:

- diâmetro do tanque: 12,00 m;
- altura útil: 2,44 m.

Para facilitar a sedimentação e posterior extração do lodo, o fundo de cada adensador é provido de 1 poço de lodo em formato de tronco de cone invertido, com volume de 2,56 m³.

O lodo adensado será descarregado por gravidade no tanque de lodo adensado (TLA). Foi prevista uma tubulação de descarga, com diâmetro nominal de 100 mm, em cada adensador (ver Figura 4.5).

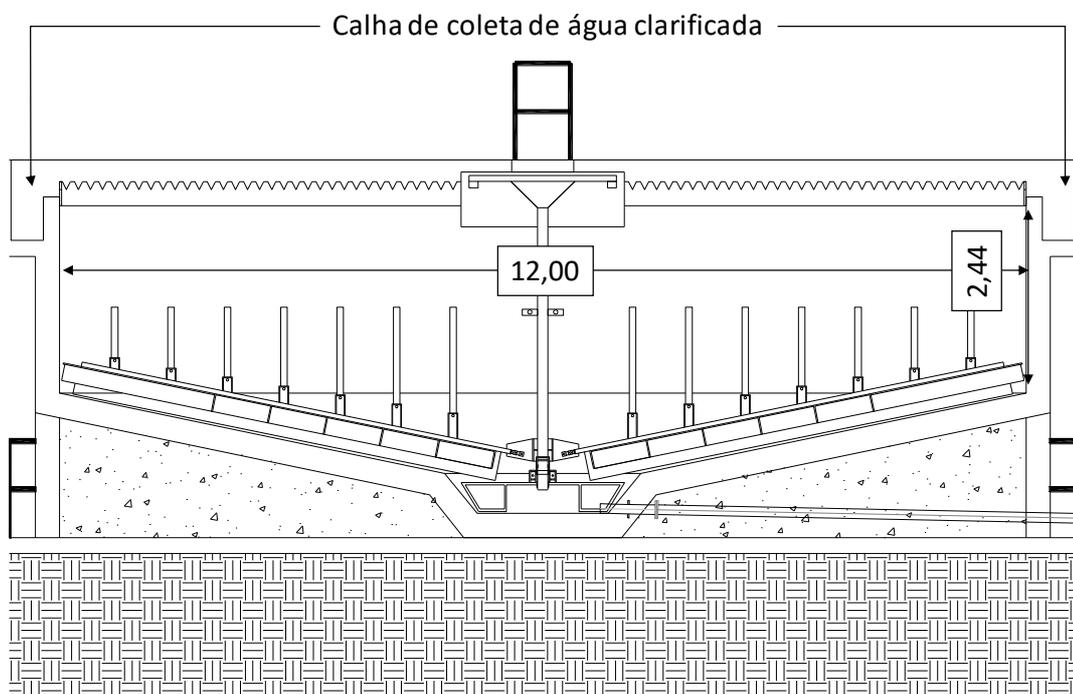


Figura 4.5 - Corte esquemático dos clarificadores/ adensadores e o TLA

A coleta da água clarificada será realizada por meio de canaletas periféricas localizadas na parte superior dos adensadores. Para garantir a coleta equitativa ao longo da extensão das mesmas, foram previstas placas com vertedores triangulares. A água clarificada será encaminhada por gravidade ao tanque de água recuperada (TAR).

Foi prevista a aplicação de polímero sintético para auxiliar a clarificação e o adensamento da água dos resíduos regularizados. A aplicação deverá ser efetuada em um misturador estático na tubulação de recalque dos resíduos do TRV aos clarificadores.

A concentração média de sólidos do resíduo afluyente ao clarificador considerada foi de 5,23 g SST/L. Portanto, considerou-se que o lodo adensado poderá ser retirado com concentração de 15,0 g SST/L, sendo que o controle dessa concentração será feito com a variação do número e do tempo de descarga.

Considerando-se o volume máximo de acúmulo de lodo nos poços de 5,88 m³, para a condição crítica (concentração de SST do resíduo afluyente aos adensadores de 5,23 g SST/L e concentração do lodo adensado de 15 g SST/L), foram estimadas 89 descargas por dia em cada unidade, cerca de 1 descarga a cada 16,19 min.

4.2.5 TANQUE DE LODO ADENSADO (TLA)

O tanque de lodo adensado (TLA) receberá as descargas dos 2 clarificadores/ adensadores, e foi dimensionado visando possibilitar o acúmulo do lodo adensado por 1,5 h na condição crítica.

Para a uniformização do lodo adensado, e para evitar a deposição de sedimentos neste tanque, foi previsto um misturador submersível, sendo necessário para tanto um volume morto no fundo do tanque com altura de 0,60 m.

As características do TLA serão:

- Comprimento: 7,50m;
- Largura: 7,50 m;
- Altura total: 1,16 m
- Volume útil: 65,37 m³

O recalque dos resíduos do TLA aos *bags* de geotêxtil será efetuada por dois conjuntos motobomba submersíveis (1 reserva) com capacidade de veicular vazão de aproximadamente 43,6 m³/h. Ressalta-se que para garantir os níveis (máximo e mínimo) no TLA, deverá ser instalado um medidor de nível ultrassônico no tanque para acionamento do sistema de recalque.

4.2.6 BAGS DE GEOTÊXTIL

O lodo adensado será encaminhado aos *bags* de geotêxtil para desaguamento. A água recuperada será drenada e encaminhada ao TAR por gravidade. Foi prevista uma base drenante com área suficiente para a instalação de 6 *bags* de geotêxtil com volume de 440 m³ e área de 30,00 x 8,00 m² cada.

A vazão de lodo adensado será encaminhada somente para um dos *bags* de geotêxtil até que seja atingido o seu volume máximo; neste momento, outro *bag* passará a receber o lodo, enquanto o lodo no *bag* anterior é desaguado. Após haver a diminuição do volume contido no primeiro *bag*, ele voltará a receber o lodo. Esse procedimento será repetido até que não haja mais diminuição significativa do volume do *bag*, e nesta condição o *bag* ficará fora de operação e secando até a ocasião de descarte (aproximadamente 4 meses após o enchimento completo).

Considerando-se o volume diário de lodo de 15,6 m³/d (determinada para a vazão de 730 L/s e valor médio de turbidez do mês crítico), os 6 *bags* propostos irão atender o período médio de aproximadamente 101,5 d.

O período de atendimento dos *bags* propostos foi determinado a partir das seguintes equações:

$$P_{at} = \frac{N_{gt} \times V_{gt}}{V_{diário}}$$

em que:

P_{at} : período de atendimento (d);

N_{gt} : Número de *bags* de geotêxtil (6);

V_{gt} : Volume dos *bags* de geotêxtil (440 m³);

$V_{diário}$: Volume médio diário (m³).

$$V_{diário} = \frac{MSST}{(\sigma_L \times CC_{des.})}$$

onde:

$V_{diário}$ = Volume médio diário (m³);

MSST = massa de sólidos suspensos totais (t/d);

σ_L = massa específica do lodo (adotada 1,02 t/m³);

$CC_{des.}$ = Concentração de sólidos no lodo desidratado (adotado 0,15 t/m³).

O desaguamento do lodo será auxiliado pela aplicação de polímero sintético, a ser realizada na tubulação de recalque do lodo aos *bags*. Foram previstos um misturador estático e curvas de 90° na tubulação visando à homogeneização da mistura.

A Figura 4.6 apresenta a instalação dos *bags* de geotêxtil.

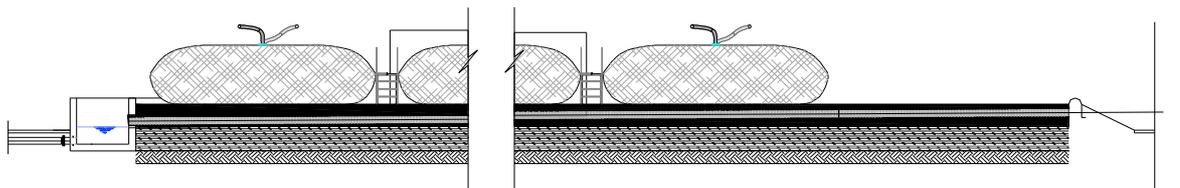


Figura 4.6 - Esquema da instalação de bags

Após o desaguamento, a concentração de SST no lodo deverá ser da ordem de 25%.

4.2.7 TANQUE DE ÁGUA RECUPERADA (TAR)

O TAR deverá receber, além da água clarificada dos adensadores, a água recuperada dos *bags* de geotêxtil, e a contribuição da vazão de precipitação na área dos *bags*. Toda a água recuperada será bombeada do TAR à torre da casa de bombas para captação de água da Represa Hermínio Ometto para a ETA, com vazão regularizada de 161,6 m³/h, considerando vazão de precipitação nos *bags*, e 122,6 m³/h sem a vazão de chuvas.

Para evitar a entrada de ar na tubulação de encaminhamento da água recuperada, foi adotado o volume morto na base do tanque com altura de 0,50 m, e TDH de 30 min. Desta forma, as dimensões do TAR serão:

- altura útil: 1,02 m;
- diâmetro: 10,00 m;
- volume útil: 80,00 m³.

A vazão média de água recuperada bombeada à torre da casa de bombas para captação de água da Represa Hermínio Ometto será de aproximadamente 122,6 m³/h por 24 h (sem considerar contribuição de água de chuva) para a condição de máxima geração de massa seca na ETA de Araras.

Nas demais condições, a vazão do conjunto motobomba deverá ser reduzida de acordo com a necessidade. Ressalta-se que deverá ser instalado um medidor de nível ultrassônico no TAR para que os níveis, máximo e mínimo, sejam respeitados durante seu funcionamento.

4.2.8 INSTALAÇÃO DE ARMAZENAMENTO, PREPARO E DOSAGEM DE POLÍMERO SINTÉTICO

O local de armazenamento, preparo e dosagem de polímero sintético deve ser considerado no projeto, por ser uma instalação de apoio do STR.

Foi prevista a aplicação de polímero sintético nos resíduos e regularizados encaminhados para a clarificação/adensamento e no lodo adensado encaminhado aos *bags* de geotêxtil.

As dosagens mínima e máxima de polímero sintético consideradas para as etapas de clarificação/adensamento e de desaguamento serão de 3,0 e 10,0 mg pol/g SST. Sendo assim, foram previstos dois preparadores de polímero com capacidade máxima de preparo de 4000 L/h de solução de polímero com concentração de 0,1 a 0,3 %, um para a etapa de adensamento/clarificação e outro para a etapa de desaguamento.

Os equipamentos poderão preparar tanto polímeros sintéticos em pó quanto em emulsão.

Na Tabela 4.1 estão apresentadas as características gerais do sistema de armazenamento, preparo e dosagem de polímero, considerando solução preparada com concentração de 0,3% (~3 g/L).

Tabela 4.5 – Características gerais do sistema de armazenamento, preparo e dosagem de polímero

Parâmetro	Clarificação/Adensamento	Desaguamento
Dosagem máxima (mg/L)	90	200
Consumo máximo diário (kg/d)	269,98	210,10
Quantidade de sacos ou bombonas de 25kg necessários para atender o sistema por 10 dias	108	85
Vazão de dosagem da solução de polímero considerando solução preparada a 0,3% (m ³ /h)	3,75	2,92

5 LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL E SONDAGEM

A confecção do cadastro técnico, e levantamento planialtimétrico dos filtros existentes, tubulações, acessórios, reservatórios de água para lavagem e de água tratada, e a topografia da área disponibilizada para a implantação de novas unidades (filtros, câmara de contato e tubulações de encaminhamento da água tratada para os reservatórios da ETA foram realizadas pela Hidrosan em conjunto com seu parceiro especializado Eng. Paulo Elydio Corte, da empresa CS Topografia. A topografia da área de implantação do STR foi fornecida pelo SAEMA.

Os resultados destas atividades foram base para a concepção da reforma e modernização da unidade de filtração, veiculação de água tratada aos reservatórios e sistema de tratamento dos resíduos gerados na ETA.

A empresa parceira Solotec realizou sondagem nos pontos apresentados pela Figura 5.1 e Figura 5.2, a fim de obter informações mais detalhadas sobre as áreas de ampliação da unidade de filtração, de instalação da câmara de contato, e da construção do STR. Com base nas dimensões das construções, e complexidade das obras, foram escolhidos 7 pontos para a sondagem do terreno, sendo 2 localizadas na área da ETA de Araras, e as demais na área de captação de água da Represa Hermínio Ometto. O Anexo 3 apresenta o relatório de sondagem realizados pela empresa Solotec.

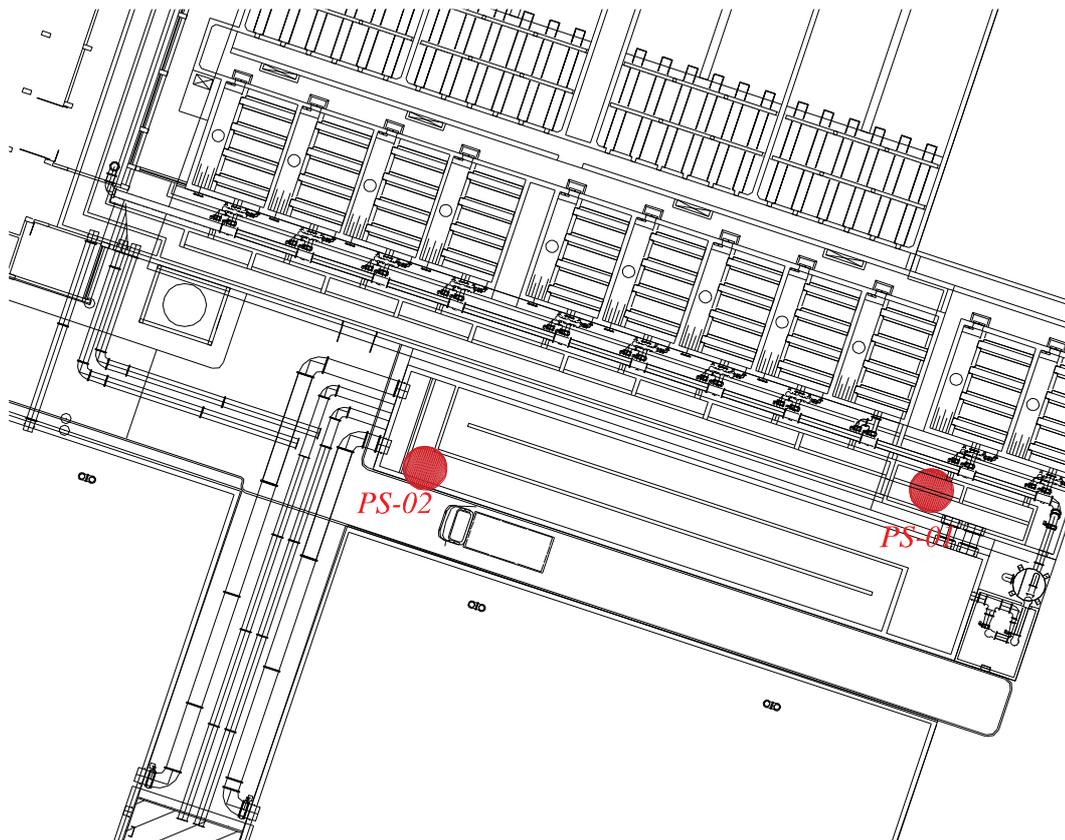


Figura 5.1 - Pontos de sondagem realizados na área da ETA de Araras

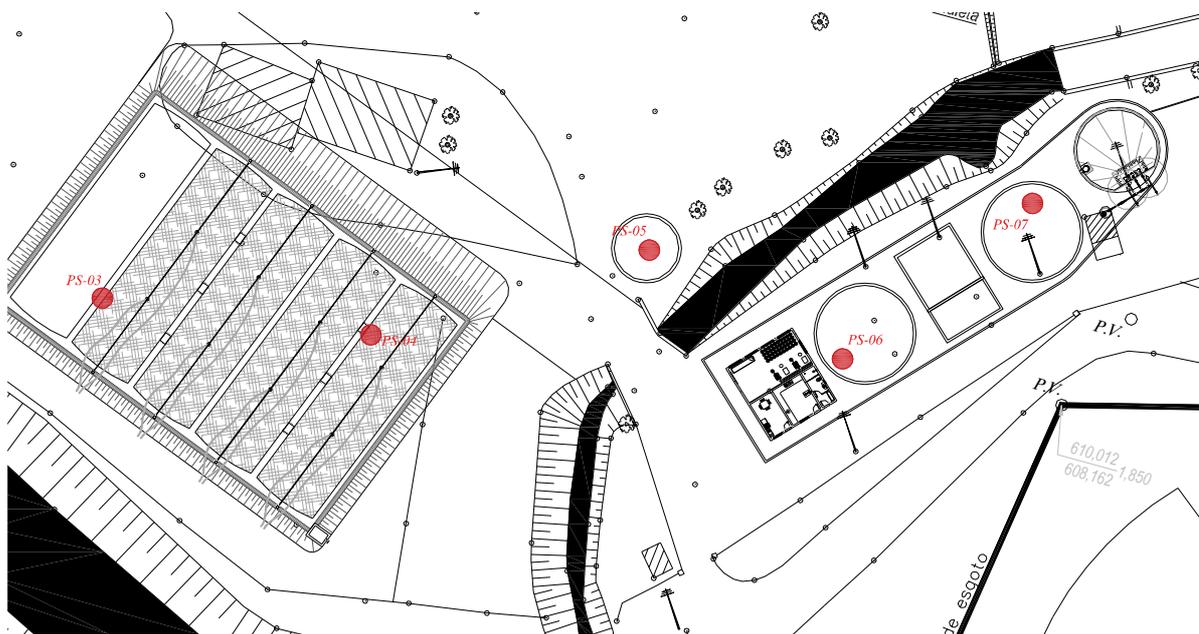


Figura 5.2 - Pontos de sondagem realizados na área da captação da Represa Hermínio Ometto

6 ATIVIDADES EM ANDAMENTO E FUTURAS

As atividades que estão em andamento na presente data são:

- análise e levantamento estrutural das unidades da ETA pela empresa parceira CAT- Engenharia e Consultoria S/C Ltda, liderada pelo Eng. Cláudio Augusto Tomazela;
- análise e levantamento da parte elétrica e de automação da ETA, pela empresa parceira Zanarotti Projetos Elétricos Eireli, liderada pelo Eng. Fábio Morilha Zanarotti;
- sondagem de 2 pontos localizados na ETA, e 5 pontos na área de captação de água da Represa Hermínio Ometto, realizada pela empresa Solotec,
- levantamento de informações sobre as cotas, interligações e confirmação da localização de adutoras atualmente inativas de captação de água da Represa Hermínio Ometto, pela equipe do SAEMA de Araras, que serão usadas para veiculação dos resíduos ao STR.

Na Tabela 6.1 estão apresentadas as etapas e atividades nas quais o trabalho foi dividido, com destaque em cinza para as atividades concluídas e em vermelho para as atividades em andamento. As próximas atividades a serem desenvolvidas são as referentes à Etapa 3: Projetos executivos.

Tabela 6.1 - Etapas do Projeto Executivo de Reforma e Modernização da Unidade de Filtração, Veiculação de Água Tratada aos Reservatório e Sistema de Tratamento dos Resíduos gerados na ETA de Araras

ETAPA	Atividades
ETAPA 1	Atividade A1. Visita inicial de inspeção e levantamento de informações
	Atividade A2. Análise dos dados de operação dos filtros e de projetos/estudos existentes, ensaios complementares e estimativa da geração de resíduos
	Atividade A3. Elaboração do Relatório R1
	Atividade A4. Visita para apresentação dos resultados da ETAPA 1
ETAPA 2	Atividade B1. Levantamento planialtimétrico, cadastro técnico e sondagens
	Atividade B2. Concepção
	Atividade B3. Elaboração do Relatório R2
	Atividade B4. Visita apresentação dos resultados da ETAPA 2
ETAPA 3	Atividade C1. Projeto Executivo Hidráulico
	Atividade C2. Projeto Executivo Estrutural
	Atividade C3. Projeto Elétrico
	Atividade C4. Projeto de Automação
	Atividade C5. Elaboração do Relatório R3
	Atividade C6. Visita para apresentação dos resultados da ETAPA 3
ETAPA 4	Atividade D1. Elaboração das planilhas orçamentárias
	Atividade D2. Elaboração do cronograma físico-financeiro da obra
	Atividade D3. Montagem do Pacote Técnico - Relatório R4
	Atividade D4. Visita para apresentação do Projeto Final



7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). Water quality and treatment: A handbook of community water supplies. 5th ed. New York, 1999.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acessado em: set. 2017.

DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.

DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., Voltan, P. E. N. Tratabilidade de Água e dos Resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos: Editora LDiBe, 2011, v.1. p.454.



ANEXO 1

Memória de Cálculo

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - ENCAMINHAMENTO DA ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS

Condição durante lavagem de um dos reservatórios

Desinfecção - Câmara de contato

g	9,81
Q	730 L/s
Q	0,73 m ³ /s

Tubulação 500 mm

DN (mm)	500
DI (mm)	514
DI (m)	0,514

	Comprimento expresso em diâmetros	Quantidade	Leq (m)
Entrada	17	1	8,74
Curva de 90°	30	2	30,84
Saída de canalização	35	1	17,99
Válvula borboleta	12	1	6,17

Comprimento real (m) 34,61

Comprimento total (m) 98,35

C1 100

Tubulação 800 mm

DN (mm)	800
DI (mm)	818,6

REFERÊNCIA

E.13

E.13

E.13

E.13

E.14

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - ENCAMINHAMENTO DA ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS

DI (m) 0,8186

	Comprimento expresso em diâmetros	Quantidade	Leq (m)
Entrada	17	1	13,92
Curva de 90°	30	2	49,12
Saída de canalização	35	1	28,65
Válvula borboleta	12	1	9,82

Comprimento real (m) 33,24

Comprimento total (m) 134,75

C2 120

Tubo equivalente

Deq 0,8

C 130

Suposições

Qeq = Q1 + Q2

h1 = h2 = heq

Qt= $h^{(1/1,85)*}$ 0,28 *(1,45 + 5,00)

Qt= $h^{(1/1,85)*}$ 1,80

Qt= 0,73 m³/s

h= 0,19 m

E.13

E.13

E.13

E.13

E.14

E.15

E.15

E.15

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - ENCAMINHAMENTO DA ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS



Conferindo

Q1=	0,41 *	0,28 *(	1,45)
Q1=	0,16 m³/s		
Q2=	0,41 *	0,28 *(	5,00)
Q2=	0,57 m³/s		
Qt=	0,73 m³/s		

E.15

E.15

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - ENCAMINHAMENTO DA ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS

C1 100

Tubulação 800 mm

DN (mm) 800
 DI (mm) 818,60
 DI (m) 0,82

	Comprimento expresso em diâmetros	Quantidade	Leq (m)
Entrada	17	1	13,92
Curva de 90°	30	2	49,12
Saída de canalização	35	1	28,65
Válvula borboleta	12	1	9,82

Comprimento real 1 (m) 33,24

Comprimento total 1 (m) 134,75

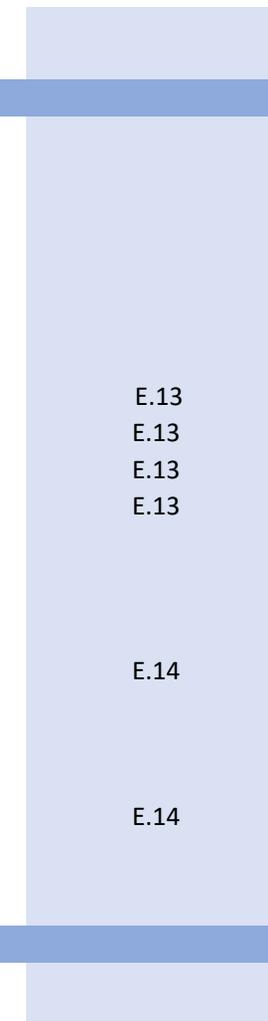
Comprimento real 2 (m) 26,25

Comprimento total 2 (m) 127,76

C2 120

Tubo equivalente

Deq 0,8
 C 130



E.13
 E.13
 E.13
 E.13

E.14

E.14

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - ENCAMINHAMENTO DA ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS

Suposições

$Q_{eq} = Q_1 + Q_2$

$h_1 = h_2 = h_{eq}$

Qt=	$h^{(1/1,85)*}$	0,28 *(	1,45 +	1,47 +	5,00 +	5,15)	E.15
Qt=	$h^{(1/1,85)*}$	3,64					E.15
Qt=		0,73 m ³ /s					
h=		0,05 m					E.15
Conferindo							
Q1=		0,20 *	0,28 *(	1,45)			E.15
Q1=		0,08 m³/s					
Q2=		0,20 *	0,28 *(	5,00)			E.15
Q2=		0,28 m³/s					
Qt=		0,72 m³/s					

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - PERDA DE CARGA NA CÂMARA DE CONTATO - VAZÃO MÍNIMA

Dados gerais		Referência
Q (m ³ /s)	0,38	E.31
Tempo de contato (min)	8,00	
Volume mínimo necessário para o tempo de contato (m ³)	182,40	
Área câmara (m ²)	157,10	
Altura (m)	2,30	
Volume (m ³)	361,33	E.32
Viscosidade cinemática da água (m/s ²)	1,01E-06	
N.A. máximo do reservatório		
	655,3	
Perda de carga nas tubulações de veiculação de água da câmara de contato aos reservatórios - Lavagem de um reservatório		
	0,19 m	
N.A. máximo após vertedor da câmara de contato		
	655,49	
Lâmina d'água no vertedor da câmara de contato		
Largura do vertedor (m)	5,8	E.18
Δh (m)	0,17 m	
N.A. no vertedor da câmara de contato		
	0,10 m de diferença entre nível máximo após o vertedor e crista do vertedor	
Cota mínima necessária do n.a. na crista do vertedor	655,76	
Cota mínima necessária do vertedor	655,59	
Cota adotada do n.a. na crista do vertedor	655,99	
Cota adotada do vertedor	655,82	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - PERDA DE CARGA NA CÂMARA DE CONTATO - VAZÃO MÍNIMA

Perda de carga por atrito

Cota fundo da câmara de contato	653,72	
Altura da lâmina d'água antes do vertedor (m)	2,28	
Largura da chicana (m)	1,80	
Velocidade média (m/s)	0,09	E.20
nm	0,01	
Lt (m)	99,62	
Área molhada (m ²)	4,10	E.1
Perímetro molhado (m)	6,35	
Rh (m)	0,65	E.28
Δh (m)	2,60E-04	E.29

Perda de carga nas curvas de 180° por Idel'cik

Número de curvas	2,00	
Altura adotada (m)	2,28	
b0=b1 (m)	1,80	
a0 (m)	2,28	
bk (m)	1,2	
l0 (m)	0,2	
l0/b0	0,11	
bk/b0	0,67	
km	5,725	
V (m/s)	0,093	E.20
Dh (m)	2,580	E.30
Rey	2,38E+05	E.23
Δ (rugosidade absoluta)	0,0025	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - PERDA DE CARGA NA CÂMARA DE CONTATO - VAZÃO MÍNIMA

Δ relativa	0,001
$k\Delta$	1,5
$a0/b0$	1,265
C1	0,973
ktotal	8,36
Δh para uma curva (m)	0,004
Δh para todas as curvas (m)	0,007

E.33
E.34

Tubulação de entrada

Unidades	2
Diâmetro (mm)	800
Diâmetro interno (m)	0,8186

	Entrada normal
comprimentos expressos em diâmetros	17
Leq=	13,92

E.13

L real (m)	1,5932
Q (m ³ /s)	0,19
C	130
Δh (m)	0,002

E.15

N.A. antes das tubulações de entrada na câmara de contato

655,995

Canal comum de veiculação de água filtrada

Perda de carga desprezada

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - PERDA DE CARGA NA CÂMARA DE CONTATO - VAZÃO MÁXIMA

Dados gerais		REFERÊNCIA
Q (m ³ /s)	0,73	
Temperatura (°C)	25	
Tempo de contato (min)	8	
Volume mínimo necessário para o tempo de contato (m ³)	350,40	E.31
Área câmara (m ²)	157,10	
Altura (m)	2,30	
Volume (m ³)	361,33	E.32
Viscosidade cinemática da água (m ² /s)	1,01E-06	
N.A. máximo do reservatório		
	655,3	
Perda de carga nas tubulações de veiculação de água da câmara de contato aos reservatórios - Lavagem de um reservatório		
	0,19 m	
N.A. máximo após vertedor da câmara de contato		
	655,49	
Lâmina d'água no vertedor da câmara de contato		
Largura do vertedor (m)	5,8	
Δh (m)	0,17	E.18
N.A. no vertedor da câmara de contato		
	0,10 m de diferença entre nível máximo após o vertedor e crista do vertedor	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - PERDA DE CARGA NA CÂMARA DE CONTATO - VAZÃO MÁXIMA

Cota mínima necessária do n.a. na crista do vertedor	655,76
Cota mínima necessária do vertedor	655,59
Cota adotada do n.a. na crista do vertedor	655,99
Cota adotada do vertedor	655,82

Perda de carga por atrito

Cota fundo da câmara de contato	653,72
Altura da lâmina d'água antes do vertedor (m)	2,30
Largura da chicana (m)	1,8
Velocidade média (m/s)	0,18
nm	0,013
Lt (m)	99,62
Área molhada (m ²)	4,14
Perímetro molhado (m)	6,40
Rh (m)	0,65
Δh (m)	0,0009

E.20

E.1

E.28

E.29

Perda de carga nas curvas de 180° por Idel'cik

Número de curvas	2
Altura adotada (m)	2,30
b0=b1 (m)	1,8
a0 (m)	2,30
bk (m)	1,2
l0 (m)	0,2
l0/b0	0,11

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - PERDA DE CARGA NA CÂMARA DE CONTATO - VAZÃO MÁXIMA

bk/b0	0,67
km	5,73
V (m/s)	0,18
Dh (m)	2,59
Rey	4,53E+05
Δ (rugosidade absoluta)	0,003
Δ relativa	0,001
k Δ	1,500
a0/b0	1,28
C1	0,97
ktotal	8,36
Δh para uma curva (m)	0,013
Δh para todas as curvas (m)	0,026

E.20
E.30
E.23

Tubulação de entrada

Unidades	2
Diâmetro (mm)	800
Diâmetro interno (m)	0,82

	Entrada normal
comprimentos expressos em diâmetros	17
Leq=	13,92

E.13

L real (m)	1,59
Q (m ³ /s)	0,37
C	130
Δh (m)	0,01

E.15

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

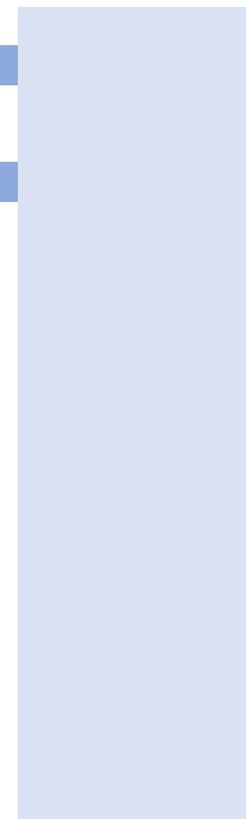
MEMÓRIA DE CÁLCULO - PERDA DE CARGA NA CÂMARA DE CONTATO - VAZÃO MÁXIMA

N.A. antes das tubulações de entrada na câmara de contato

656,015

Canal comum de veiculação de água filtrada

Perda de carga desprezada



PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

Dados gerais			REFERÊNCIA
Massa específica da água - ρ_a (kg/m ³)	998,23		
Peso específico da água - γ_a (N/m ³)	9792,64		
Viscosidade da água - μ_a (N.s/m ²)	0,0010		
Níveis de água na calha de coleta de água de lavagem			
Área de um filtro (m ²)	18,90		E.1
Vazão de lavagem de um filtro (m ³ /s)	0,25		E.20
Comprimento de placas vertedoras (m)	3		
Placas vertedoras por filtro	8		
Comprimento total de placas vertedoras (m)	24		E.1
Cota da crista da calha (m)	657,26		
Δh_1 Perda de carga na calha (m)	0,08	* $Q_c^{2/3}$	E.18
Altura no interior da calha (m)	1,81	* $Q_c^{2/3}$	E.35
Altura no interior da calha (m)	0,29		E.35
Cota N.A. mín caixa passagem	659,24		
Cota N.A. máx caixa de passagem	660,87		
Velocidade mínima de fluidificação			
Massa específica da areia (ρ_s) (kg/m ³)	2670		
Massa específica do antracito (ρ_s) (kg/m ³)	1600		
Massa específica da areia grossa (ρ_s) (kg/m ³)	2650		

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

	D ₉₀ areia filtrante	Maior grão areia	D ₉₀ antracito	Maior grão antracito	Menor grão Areia grossa
Tamanho do grão (m)	0,00106	0,00141	0,00159	0,00168	0,0017
Ga	19190	45166	23313	27500	78212
Vmf (m/s)	0,00962	0,01495	0,00761	0,00830	0,01905
Vmf (m/min)	0,58	0,90	0,46	0,50	1,14

Va (ideal) (m/min)

0,80

Va (ideal) (m/s)

0,0133

Va/Vmf

1,61

> 1 - Velocidade mínima de fluidificação do grão maior de antracito

Expansão do meio filtrante e perda de carga

Antracito

Subcamadas	1	2	3	4	
Di (m)	0,00084	0,00100	0,00119	0,00141	
	0,00100	0,00119	0,00141	0,00168	
D _{eqi}	0,00092	0,00109	0,00130	0,00154	
Xi	0,1	0,2	0,4	0,3	
εex	0,683	0,638	0,595	0,552	Soma
x _i /(1-E _{ex})	0,315	0,553	0,987	0,670	2,525
Equação Clesby	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Ce

0,65

Porosidade camada expand- εexp

0,604

Espessura camada limpa - Lfo (m)

0,60

E.36

E.37

E.6

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

Porosidade camada limpa - ϵ_0	0,46
Espessura camada expand - L_{fe} (m)	0,824
E (%)	37,32
$\Delta h_{2,1}$ (antracito) (m)	0,197

Areia

Subcamadas	1	2	3	4
Di (m)	0,00036	0,00042	0,00059	0,00071
	0,00042	0,00059	0,00071	0,00084
D_{eqi}	0,00039	0,00050	0,00065	0,00077
X_i	0,07	0,34	0,20	0,15
ϵ_{ex}	0,725	0,661	0,593	0,549
$x_i/(1-E_{ei})$	0,254	1,003	0,492	0,333
Equação Cleasby	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Subcamadas	5	6	7	
Di (m)	0,00084	0,00100	0,00119	
	0,00100	0,00119	0,00141	
D_{eqi}	0,00092	0,00109	0,00130	
X_i	0,11	0,07	0,06	
ϵ_{ex}	0,508	0,468	0,431	Somatória
$x_i/(1-E_{ei})$	0,224	0,132	0,106	2,542
Equação Cleasby	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Ce	0,75
Porosidade camada expand- ϵ_{ex}	0,607
Espessura camada limpa - L_{fo} (m)	0,20

E.9
E.10
E.40

E.6

E.6

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

Porosidade camada limpa - ϵ_0	0,382
Espessura camada expand - L_{fe} (m)	0,314
E (%)	57,09
$\Delta h_{2,2}$ (areia) (m)	0,207
expansão total do MF (m)	1,138
% de expansão do MF	42,26
Distância entre $M_{fexp.}$ e fundo externo da calha (m)	0,56

Areia grossa

Ce	0,75
$(X_i/De_{qi})^2$	247518,63
X_i/De_{qi}	497,51
Espessura camada limpa - L_{fo} (m)	0,10
Porosidade camada limpa - ϵ_0	0,45
Espessura camada expand - L_{fe} (m)	0,10
E (%)	0,0
$\Delta h_{2,3}$ (areia grossa) (m)	0,04

Bocal - 1" com cauda para lavagem com ar

nº de bocais por filtro 680 un.

Vazão por bocal (m^3/h)	Perda de carga (m)	Q lavagem (m^3/s)
1,6	0,43	0,30
1,7	0,46	0,32
1,8	0,50	0,34
1,9	0,53	0,36

E.9
E.10
E.40
E.41
E.10

E.10
E.12

E.42
E.42
E.42
E.42

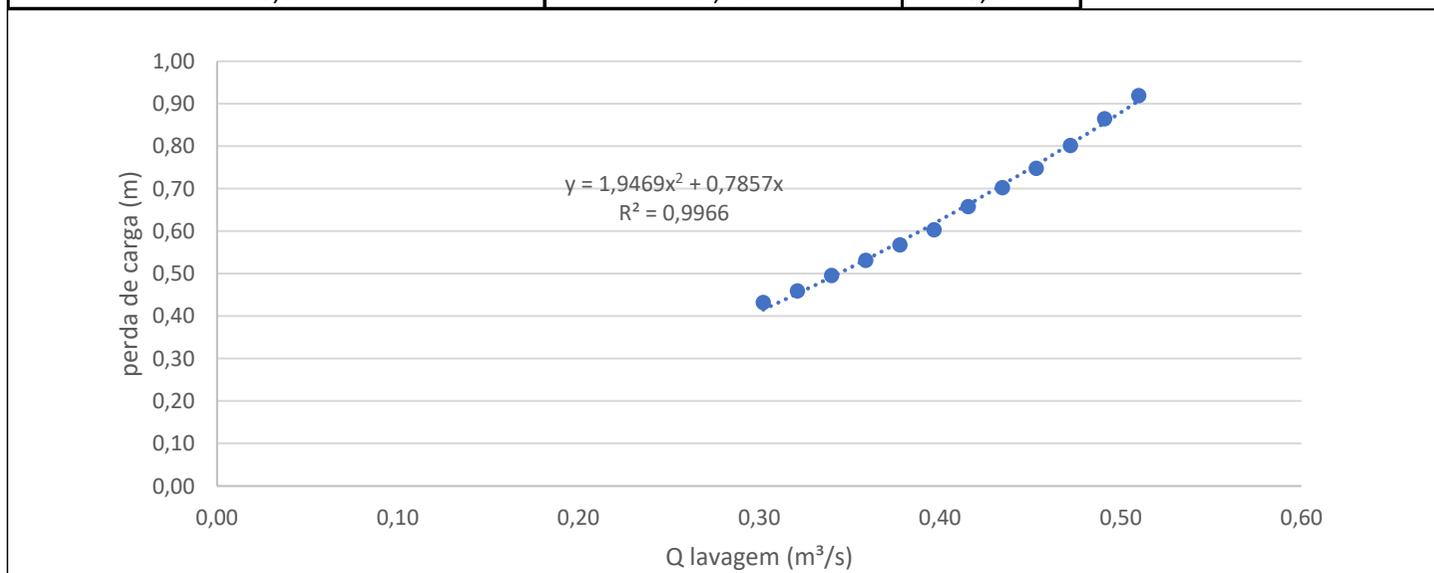
PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

2,0	0,57	0,38
2,1	0,60	0,40
2,2	0,66	0,42
2,3	0,70	0,43
2,4	0,75	0,45
2,5	0,80	0,47
2,6	0,86	0,49
2,7	0,92	0,51
2,8	0,99	0,21
2,9	1,05	0,21
3,0	1,14	0,21



Δh_3 (bocais) (m)

1,947

*Q² +

0,79

*Q

E.42

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

Tubulações individuais

DN (mm) 400,000

DI (m) 0,413

Acessórios	Número de diâmetros	Leq (m)
Saída de tubulação	35	14,448
T passagem direta	20	8,256
Curva 90°	30	12,384
T passagem lateral	50	20,64
Válvula borboleta	12	4,9536

Tubulação

C

Ferro Fundido 100

Comprimento efetivo 2,7 m

Comprimento total 63,38 m

$\Delta h_{4,1}$ - Tubulação individual comum 10,01 $*Q^{1,85}$

Filtro 11

Comprimento do trecho (m) 0,95

$\Delta h_{4,2}$ (F11) 0,15 $*Q^{1,85}$

Filtro 10

Acessórios	Diâmetro (mm)	Diâmetro Interno (m)	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
T passagem direta	400	0,4164	1	20	8,328

Comprimento do trecho (m) 5,6

$\Delta h_{4,2}$ (F10) 2,20 $*Q^{1,85}$

E.13

E.13

E.13

E.13

E.13

E.14

E.15

E.15

E.13

E.15

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

Filtro 9

Acessórios	Diâmetro (mm)	Diâmetro Interno (m)	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
T passagem direta	400	0,4164	2	20	16,656
Comprimento do trecho (m)	11,55				
$\Delta h_{4,2}$ (F09)	4,45	*Q ^{1,85}			

E.13

E.15

Filtro 8

Acessórios	Diâmetro (mm)	Diâmetro Interno (m)	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
T passagem direta	400	0,4164	3	20	24,984
Comprimento do trecho (m)	16,2				
$\Delta h_{4,2}$ (F08)	6,50	*Q ^{1,85}			

E.13

E.15

Filtro 7

Acessórios	Diâmetro (mm)	Diâmetro Interno (m)	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
T passagem direta	400	0,4164	4	20	33,312
Comprimento do trecho (m)	20,85				
$\Delta h_{4,2}$ (F07)	8,55	*Q ^{1,85}			

E.13

E.15

Filtro 6

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

Acessórios	Diâmetro (mm)	Diâmetro Interno (m)	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
T passagem direta	400	0,4164	5	20	41,64
Comprimento do trecho (m)	25,5				
$\Delta h_{4,2}$ (F06)	10,60	*Q ^{1,85}			

Filtro 5

Acessórios	Diâmetro (mm)	Diâmetro Interno (m)	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
T passagem direta	400	0,4164	6	20	49,968
Comprimento do trecho (m)	30,15				
$\Delta h_{4,2}$ (F05)	12,65	*Q ^{1,85}			

Filtro 4

Acessórios	Diâmetro (mm)	Diâmetro Interno (m)	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
T passagem direta	400	0,4164	7	20	58,296
Comprimento do trecho (m)	36,55				
$\Delta h_{4,2}$ (F04)	14,98	*Q ^{1,85}			

Filtro 3

Acessórios	Diâmetro (mm)	Diâmetro Interno (m)	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
------------	---------------	----------------------	------------	---------------------	---------

E.13

E.15

E.13

E.15

E.13

E.15

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

T passagem direta	400	0,4164	8	20	66,624
Comprimento do trecho (m)	41,15				
$\Delta h_{4,2}$ (F03)	17,02		$*Q^{1,85}$		

Filtro 2

Acessórios	Diâmetro (mm)	Diâmetro Interno (m)	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
T passagem direta	400	0,4164	9	20	74,952
Comprimento do trecho (m)	45,75				
$\Delta h_{4,2}$ (F02)	19,06		$*Q^{1,85}$		

Filtro 1

Acessórios	Diâmetro (mm)	Diâmetro Interno (m)	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
T passagem direta	400	0,4164	10	20	83,28
Comprimento do trecho (m)	50,35				
$\Delta h_{4,2}$ (F01)	21,10		$*Q^{1,85}$		

Tubulação geral

DN (mm)	400	
DI (m)	0,413	
Acessórios	Número de diâmetros	Leq (m)
Entrada	17	7,02
Curva 90°	30	12,38
Curva 22,5°	7	2,89

E.13

E.15

E.13

E.15

E.13

E.15

E.13

E.13

E.13

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

Válvula borboleta	12	4,95
Tubulação	C	
Ferro Fundido	100	
Comprimento efetivo	3,96	m
Comprimento equivalente total	31,20	m
Δh_5 - Tubulação geral	4,93	$*Q^{1,85}$

E.13

E.14

E.15

RESUMO - perda de carga total em cada

filtro

Δh_1 Perda de carga na calha (m)	0,080099321 $*Q_c^{(2/3)}$	
$\Delta h_{2,1}$ (antracito) (m)	0,196675578	
$\Delta h_{2,2}$ (areia) (m)	0,206997157	
$\Delta h_{2,3}$ (areia grossa) (m)	0,04276951	
Δh_3 (bocais) (m)	1,9469 $*Q^2 +$	0,7857 $*Q$
$\Delta h_{4,1}$ - Tubulação individual comum	10,00863789 $*Q^{1,85}$	
$\Delta h_{4,2}$ (F01)	21,10161752 $*Q^{1,85}$	
$\Delta h_{4,2}$ (F02)	19,06014696 $*Q^{1,85}$	
$\Delta h_{4,2}$ (F03)	17,0186764 $*Q^{1,85}$	
$\Delta h_{4,2}$ (F04)	14,97720583 $*Q^{1,85}$	
$\Delta h_{4,2}$ (F05)	12,65149587 $*Q^{1,85}$	
$\Delta h_{4,2}$ (F06)	10,60212977 $*Q^{1,85}$	
$\Delta h_{4,2}$ (F07)	8,552763663 $*Q^{1,85}$	
$\Delta h_{4,2}$ (F08)	6,503397561 $*Q^{1,85}$	
$\Delta h_{4,2}$ (F09)	4,454031459 $*Q^{1,85}$	
$\Delta h_{4,2}$ (F10)	2,199381343 $*Q^{1,85}$	
$\Delta h_{4,2}$ (F11)	0,150015241 $*Q^{1,85}$	
Δh_5 - Tubulação geral	4,93 $*Q^{1,85}$	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

Filtro	Perda de carga durante a lavagem (m)
1	3,61
2	3,45
3	3,30
4	3,14
5	2,95
6	2,79
7	2,63
8	2,47
9	2,31
10	2,14
11	1,98

Nível máximo e mínimo da caixa de passagem

Qlavagem (m ³ /s)	0,252
Cota da crista da calha (m)	657,26
Nível mínimo caixa de passagem (m)	659,238
Nível máximo caixa de passagem (m)	660,874
Cota de descarga na caixa de passagem	661,174
Velocidade (m/s)	1,9
Desnível geométrico	
Cota terreno da bomba	654,5
Cota eixo tubulação saída camara de contato	654,998

E.20

E.20

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

Cota eixo tubulação entrada na bomba	655,05
Nível na câmara de contato com Q _{máx} (m)	656,01
Nível na câmara de contato com Q _{mín} (m)	655,99
Hg (m)	5,16

Bomba de água para lavagem

Perda de carga na sucção

Trecho 1

DN	400
DI (mm)	412,8
Área (m ²)	0,13
Velocidade (m/s)	1,9
C	120

Acessórios	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
Entrada normal	1	17	7,0
T passagem direta	1	20	8,3
Curva de 90°	1	30	12,4

Comprimento	3,69
Comprimento total (m)	31,3
h trecho 1	3,53

*Q^{1,85}

Trecho 2

DN	300
DI (mm)	311,6

E.16

E.20

E.13

E.13

E.13

E.14

E.15

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM COM ÁGUA

Área (m²) 0,08
 Velocidade (m/s) 3,3
 C 120

Acessórios	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
Redução gradual	1	6	1,9
Válvula borboleta	1	12	5,0

Comprimento da tubulação (m) 0,81
 Comprimento total (m) 7,6
 h trecho 3,38 *Q^{1,85}
 htotal sucção 6,92 *Q^{1,85}

Perda de carga no recalque

Trecho 1

DN 300
 DI (mm) 311,6
 Área (m²) 0,08
 Velocidade (m/s) 3,3
 C 120

Acessórios	Quantidade	Número de diâmetros	Leq (m)
Válvula borboleta	1	12	3,7
Curva de 90°	4	30	37,4
T saída lateral	1	50	15,6
Curva de 45°	1	15	4,7
Saída da canalização	1	35	10,9

Comprimento da tubulação (m) 11,79

E.16

E.20

E.14

E.14

E.14

E.15

E.16

E.20

E.14

E.14

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM AUXILIAR COM AR

Lavagem com ar			REFERÊNCIA
Pressão atmosférica ao nível do mar para $t = 0^{\circ}\text{C}$ (P_{atm_mar}) (kPa)	101,33		
Massa específica do ar ao nível do mar para $t = 0^{\circ}\text{C}$ (ρ_{ar_mar}) (kg/m^3)	1,29		
Altitude local (H_{local}) (m)	661,00		
Temperatura mínima diária ($^{\circ}\text{C}$)	1,70		
Temperatura mínima diária (K)	274,85		
Temperatura máxima diária ($^{\circ}\text{C}$)	39,50		
Temperatura máxima diária (K)	312,65		
Constante específica dos gases no ar seco ($\text{kJ}/\text{kg}/\text{K}$)	0,29		
Área filtrante dos filtros da ETA (m^2)	18,90		E.1
Dímetro interno da tubulação de veiculação de ar aos filtros (m)	0,10		
	*Areia grossa	0,10	
	*Areia	0,20	
	*Antracito	0,60	
	*Total	0,90	
	$\gamma_{\text{água}}$	9,79	
Peso específico da água para 20°C (kN/m^3)			
Coeficiente de expansão adiabática, igual à relação entre o calor específico a pressão constante, C_p , e o calor específico, a volume constante (K_{ar})	1,40		
Número de crepinas por filtro (un.)	680		
Número de crepinas por metro quadrado (crepina/ m^2)	35,98		

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM AUXILIAR COM AR

Pressão atmosférica no local		
Patmlocal (kPa)	93,61	E.45
Massa específica do ar no local		
parlocal para 0°C (kg/m ³)	1,19	E.46
parlocal_min (kg/m ³)	1,19	E.46
parlocal_max (kg/m ³)	1,04	E.46
Taxa de aplicação de ar		
Tar (L/s/m ²)	15,00	E.47
Vazão de aplicação de ar no ponto B		
Qar (L/s)	283,50	E.4
Velocidade de escoamento		
Var (m/s)	36,10	E.20
Velocidade de escoamento na tubulação de FoFo, DN 150 - Trecho E-F		
DN (m)	150,00	
DI (m)	158,00	
Q (L/s)	283,50	
V(fg) (m/s)	14,46	E.20
Velocidade de escoamento na tubulação de FoFo, DN 150 - Trecho D-E		
DN (m)	150,00	
DI (m)	158,00	
Q (L/s)	141,75	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM AUXILIAR COM AR

V(fg) (m/s)	7,23
Velocidade de escoamento na tubulação de <i>FoFo</i> , DN 100 - Trecho C-D	
DN (m)	100,00
DI (m)	106,00
Q (L/s)	141,75
V(fg) (m/s)	16,06

E.20

E.20

Perda de carga para o filtro F11 (mais distante dos sopradores de ar)

Ponto A para B

Espessura camada antracito (m)	0,60
Espessura camada areia (m)	0,20
Espessura camada areia grossa (m)	0,10
Altura de água acima do meio filtrante para lavagem com ar (m)	0,30
Hab (meio filtrante + altura de água acima do mf) (m)	1,20
Qb (m ³ /s)	0,28
Pressão em A - Pa (kPa)	93,61
Pressão em A - Pa (mca)	9,55
Pressão em B - Pb (kPa)	105,36
Pressão em B - Pb (mca)	10,74
Temperatura em A (Ta) (K)	274,85
Temperatura em A (Ta) (°C)	1,70
kar	1,40
Tb (K)	298,07
Tb (°C)	24,92
Qa (m ³ /s)	0,29
Gar(a) (fluxo de ar no pto a) (kg/s)	0,35

E.48

E.49

E.50

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM AUXILIAR COM AR

ρ_B (kg/m³) 1,19

Ponto B para C

Perda de carga nos aspersores

Vazão de ar (L/s)	Perda de carga (mmca)
0,20	12,37
0,30	19,79
0,40	25,98
0,50	35,88
0,60	47,01
0,70	60,62
0,80	75,46
0,90	91,55
1,00	108,87
1,10	128,66
1,20	150,93
1,30	173,20
1,40	200,41
1,50	225,15



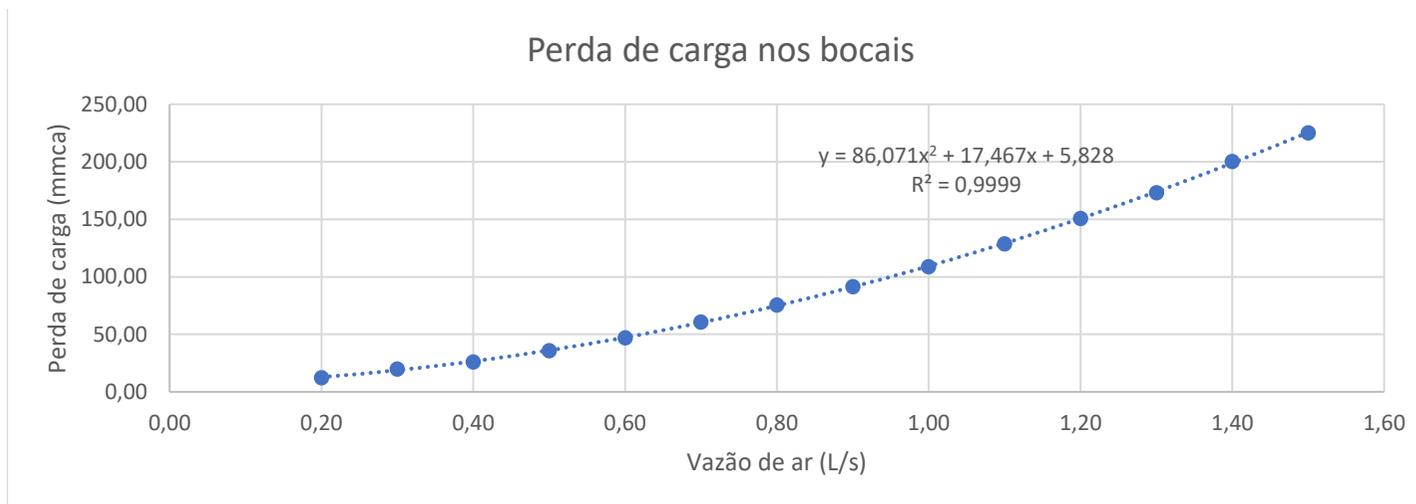
E.50

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM AUXILIAR COM AR



Vazão de ar por bocal (L/s)	0,42	E.51
Vazão de ar - soma dos bocal (m³/s)	0,28	
Perda de carga por bocal (mca)	0,03	E.52
Hbc (m)	0,12	
Pressão em C - Pc (kPa)	106,81	E.53
Temperatura em C (K)	300,87	E.48
Vazão em C (m³/s)	0,28	E.49
Massa específica do ar em C - pc (kg/m³)	1,24	E.50
Ponto C para D		
DN (mm)	100,00	
DI (mm)	106,00	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM AUXILIAR COM AR

	Comprimentos expresos em diâmetros (nº de diâmetros)	Leq (m)
Saída de tubulação	35	3,71
Cotovelo de 90°	45	4,77
Redução gradual	6	0,64

L (m)	1,15	E.13
Ltotal (m)	10,27	E.13
δ	0,00	E.13
hcd (m)	0,04	E.14
Pressão em D (kPa)	107,19	E.54
Temperatura em D (K)	301,18	E.55
Vazão em D (m³/s)	0,28	E.53
Massa específica do ar em D - ρ_d (kg/m³)	1,24	E.48
		E.49
		E.50

Ponto D para E

DN (mm)	150,00
DI (mm)	158,00

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM AUXILIAR COM AR

	Comprimentos expresos em diâmetros (nº de diâmetros)	Leq (m)
Tê saída bilateral	65	10,27
Cotovelo de 90°	45	7,11

L - trecho vazão total (m)	0,32	E.13
Ltotal - trecho vazão total (m)	10,59	E.13
L trecho - metade da vazão (m)	0,60	E.14
Ltotal - metade da vazão (m)	7,71	E.14
δ	0,001	E.54
hcd 1 - trecho vazão total (m)	0,021	E.55
hcd 1 - trecho metade da vazão (m)	0,004	E.55
Pressão em E (kPa)	107,43	E.53
Temperatura em E (K)	301,38	E.48
Vazão em E (m ³ /s)	0,28	E.49
Massa específica do ar em E - pd (kg/m ³)	1,24	E.50
Ponto E para F		
DN (mm)	150	
DI (mm)	158	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM AUXILIAR COM AR

	Comprimentos expresos em diâmetros (nº de diâmetros)	Unidades	Leq (m)
Cotovelo de 90°	45	7	49,77
Válvula borboleta	12	2	3,79
Tê passagem direta	20	10	31,60
Cotovelo 45°	20	2	6,32

E.13
E.13
E.13
E.13

L (m)	67,09
Ltotal (m)	158,572
δ	0,001
hef (m)	0,31
Pressão em F (kPa)	110,46
Temperatura em F (K)	303,78
Vazão em F (m ³ /s)	0,28
Massa específica do ar em F - ρ_f (kg/m ³)	1,27
Velocidade de escoamento (m/s)	877,23

E.54
E.55
E.53
E.48
E.49
E.50
E.20

Vazão de sucção do compressor

Perda de carga (m)	1,72
Vazão de ar no recalque (m ³ /s)	0,28

Como o sistema não é adiabático, assim como assumido inicialmente para realização dos cálculos: Pressão de saída relativa do compressor é considerada 25% maior do que a calculada (m) 2,15

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTROS - LAVAGEM AUXILIAR COM AR



Devido à inserção de calor pelo soprador de ar, há o aumento de 10°C na temperatura a cada metro de coluna d'água na saída do soprador

Temperatura real na saída do soprador - recalque (°C)	23
Temperatura real na saída do soprador - recalque (K)	296,360

Pressão atmosférica local (kPa)	93,61
Pressão atmosférica local (mca)	9,55
Temperatura na sucção (K)	274,85

Pressão absoluta na saída do compressor (kPa)	114,67
Pressão absoluta na saída do compressor (mca)	11,69

Vazão de sucção (m ³ /s)	0,31
Vazão de sucção adotada (m³/s)	0,32
Vazão de sucção adotada (m³/min)	19,20

E.45

E.49

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Considerações e parâmetros gerais da ETA		REFERÊNCIA
Tempo de funcionamento (h)	24	
nº de filtros em operação (un.)	11	
Carreira de filtração (h)	24	
Comprimento da área filtrante (m)	6,3	
Largura da área filtrante (m)	3	
Área de um filtro (m ²)	18,9	E.1
Área da comporta de entrada do filtro (m ²)	0,36	E.1
Gravidade (m/s ²)	9,81	
Massa específica da água - ρ_a	998,23	
Peso específico da água - γ_a (N/m ³)	9792,64	
Viscosidade da água - μ_a	0,001008	
Condições de funcionamento		
	Vazão (L/s)	Taxa de Filtração média (m ³ /m ² /d)
Condição 1	730	303,4
		E.2

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Condição 2	600	249,4
Condição 3	500	207,8
Condição 4	380	157,9

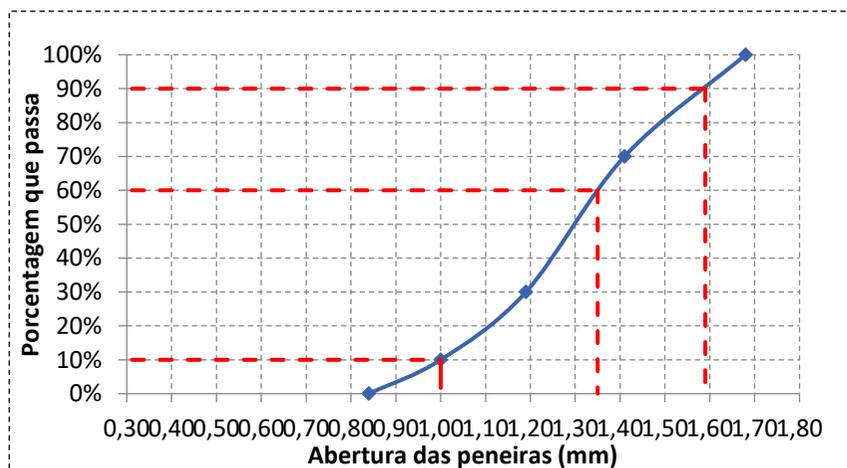
E.2

E.2

E.2

Meio filtrante

Antracito



Curva granulométrica		
Di (mm)	Xi	Xi acumulado
0,84	0,00	0,00
1,00	0,10	0,10
1,19	0,20	0,30
1,41	0,40	0,70

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

1,68	0,30	1,00
------	------	------

Características do antracito

Espessura da camada - Lf (m)	0,6
Tamanho efetivo - D10 (mm)	1
D 60 (mm)	1,35
D 90 (mm)	1,59
Maior grão	1,68
Menor grão	0,84
CD	1,35
ps antracito (kg/m ³)	1600
ρap antracito (kg/m ³)	870
Porosidade - ξ0	0,45625
Coefficiente de esfericidade - Ce	0,65
Expansão (%)	5
εexp	0,482142857
D90 - Equação de Cleasby	-0,0000000018
D90 - Velocidade ascensional para expansão (m/s)	0,01

E.3

E.4

E.5

E.6

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

D90 - Velocidade mín de fluidificação ₉₀ (m/min)	0,578790171
Maior grão - Equação de Cleasby	0,0905066138
Maior grão - Velocidade ascensional para expansão (m/s)	0,01
Maior grão - Velocidade mín de fluidificação ₉₀ (m/min)	0,530258702
Expansão (%)	10
ϵ_{exp}	0,505681818
D90 - Equação de Cleasby	0,0000000000
D90 - Velocidade ascensional para expansão (m/s)	0,010792
D90 - Velocidade mín de fluidificação ₉₀ (m/min)	0,647499082
Maior grão - Equação de Cleasby	-0,0000000015
Maior grão - Velocidade ascensional para expansão (m/s)	0,00863

E.6

E.5

E.6

E.6

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Maior grão - Velocidade mín
de fluidificação₉₀ (m/min) 0,517607399

Subcamadas de antracito	1	2	3
Di (m)	8,4E-04	1,0E-03	1,0E-03
	1,0E-03	1,2E-03	1,2E-03
Deqi	9,2E-04	1,1E-03	1,1E-03
Deqi ²	8,4E-07	1,2E-06	1,2E-06
Xi	1,0E-01	2,0E-01	4,0E-01
Xi/Deqi	1,1E+02	1,8E+02	3,7E+02
Xi/Deqi ²	1,2E+05	1,7E+05	3,4E+05
Eq. Cleasby por subcamada	-1,0E-09	-7,8E-08	-7,2E-07
xi/(1-εexp)	0,30312	0,53389	1,06778
εexp	0,67009	0,62539	0,62539

Subcamadas de antracito	4	
Di (m)	1,2E-03	
	1,4E-03	
Deqi	1,3E-03	
Deqi ²	1,7E-06	
Xi	3,0E-01	Soma
Xi/Deqi	2,3E+02	890,73
Xi/Deqi ²	1,8E+05	802044,22

E.7

E.6

E.7

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Eq. Cleasby por subcamada	-3,5E-07	0,0
$\xi/(1-\epsilon_{exp})$	0,71792	2,62
ϵ_{exp}	0,58213	

Expansão da camada de antracito

Velocidade adotada (m/min)	0,75000
Velocidade adotada (m/s)	0,01250
Porosidade da camada expandida ϵ_{exp}	0,61871
Espessura camada limpa L_{fo} (m)	0,60000
Porosidade da camada limpa ϵ_0	0,45625
Espessura camada expandida L_{fex} (m)	0,85566
E (%)	42,60923

E.8

E.9

E.10

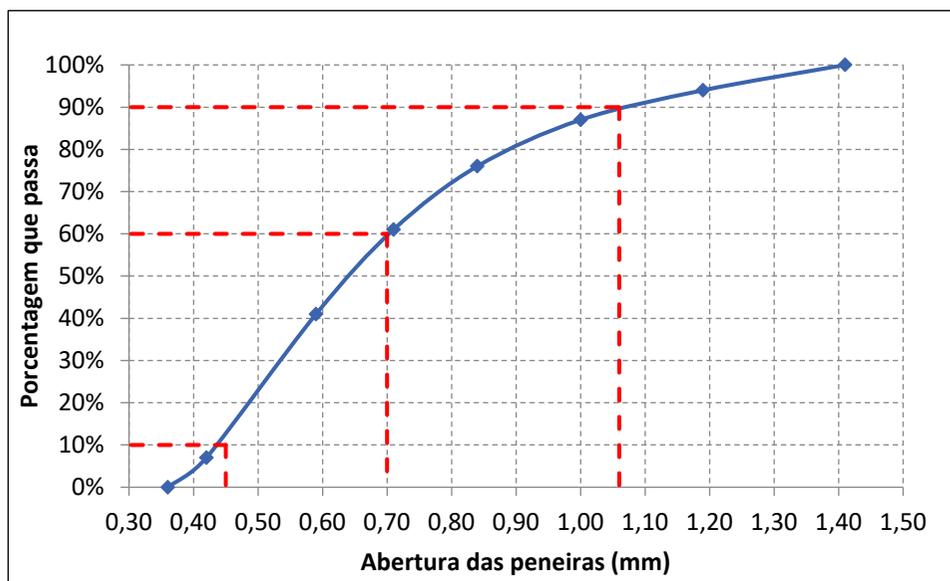
PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Areia



Curva granulométrica

Di (mm)	Xi	Xi acumulado
0,36	0,00	0,00
0,42	0,07	0,07
0,59	0,34	0,41
0,71	0,20	0,61
0,84	0,15	0,76
1,00	0,11	0,87

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

1,19	0,07	0,94
1,41	0,06	1,00

Características da areia

Espessura da camada - Lf (m) 0,2

Tamanho efetivo - D10 (mm) 0,45

D 60 (mm) 0,7

D 90 (mm) 1,06

Maior grão 1,41

Menor grão 0,36

CD 1,56

ps areia (kg/m³) 2670

ρap areia (kg/m³) 1650

Porosidade - ξ0 0,382022472

Coefficiente de esfericidade -
Ce 0,75

Expansão (%) 5

εexp 0,411449973

D90 - Equação de Cleasby 0,0000000026

D90 - Velocidade de
fluidificação para expansão
(m/s) 0,008796222

E.3

E.4

E.5

E.6

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

D90 - Velocidade mín de expansão (m/min)	0,52777334
Maior grão - Equação de Cleasby	0,0398345582
Maior grão - Velocidade ascensional para expansão (m/s)	0,015912048
Maior grão - Velocidade ascensional para expansão (m/min)	0,954722861
Expansão (%)	10
ϵ_{exp}	0,438202247
D90 - Equação de Cleasby	0,0000000570
D90 - Velocidade de fluidificação para expansão (m/s)	0,01058776
D90 - Velocidade mín de expansão (m/min)	0,635265611
Maior grão - Equação de Cleasby	0,0000000089
Maior grão - Velocidade ascensional para expansão (m/s)	0,017477911

E.6

E.5

E.6

E.6

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Maior grão - Velocidade
ascensional para expansão
(m/min)

1,048674648

Subcamadas de areia	1	2	3
Di (m)	3,60E-04	4,20E-04	5,90E-04
	4,20E-04	5,90E-04	7,10E-04
Deqi	3,89E-04	4,98E-04	6,47E-04
Deqi ²	1,51E-07	2,48E-07	4,19E-07
Xi	0,1	0,3	0,2
Xi/Deqi	1,80E+02	6,83E+02	3,09E+02
Xi/Deqi ²	4,63E+05	1,37E+06	4,77E+05
Eq. Cleasby por subcamada	-4,80E-07	-3,83E-09	6,02E-08
xi/(1-εexp)	0,24428	0,96956	0,47820
εexp	0,71345	0,64933	0,58176

Subcamadas de areia	4	5	6
Di (m)	7,10E-04	8,40E-04	1,00E-03
	8,40E-04	1,00E-03	1,19E-03
Deqi	7,72E-04	9,17E-04	1,09E-03
Deqi ²	5,96E-07	8,40E-07	1,19E-06
Xi	0,2	0,1	0,1
Xi/Deqi	1,94E+02	1,20E+02	6,42E+01

E.7

E.6

E.7

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

X_i/Deq_i^2	2,52E+05	1,31E+05	5,88E+04
Eq. Cleasby por subcamada	-5,08E-07	-1,42E-07	2,70E-07
$x_i/(1-\epsilon_{exp})$	0,32457	0,21872	0,12910
ϵ_{exp}	0,53786	0,49708	0,45777

Subcamadas de areia	7	
Di (m)	1,19E-03	
	1,41E-03	
Deqi	1,30E-03	
Deqi ²	1,68E-06	
Xi	0,1	Soma
Xi/Deqi	4,63E+01	1596,8
Xi/Deqi ²	3,58E+04	2789522,1
Eq. Cleasby por subcamada	0,00000	-5,12E-07
$x_i/(1-\epsilon_{exp})$	0,10368	2,5
ϵ_{exp}	0,42131	

Expansão da camada de areia

Velocidade adotada (m/min)	0,75000
Velocidade adotada (m/s)	0,01250
Porosidade da camada expandida ϵ_{exp}	0,594833443

E.6

E.7

E.6

E.8

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Espessura camada limpa Lfo (m)	0,20000
Porosidade da camada limpa ϵ_0	0,38202
Espessura camada expandida Lfex (m)	0,30505
E (%)	52,52432

Relação entre camada de areia e antracito

Resumo

D90antracito=	1,59
VaD90antracito Exp. 5%	0,58
VaD90antracito Exp. 10%	0,65
D10areia=	0,45
VaD90areia exp 5%=	0,53
VaD90areia exp 10%=	0,64

D90 antracito =	3,53	D10 areia
VaD90antracito=	1,10	VaD90areia
VaD90antracito=	1,02	VaD90areia

Areia grossa

Curva granulométrica

E.4

E.9

E.10

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Di (mm)	Xi	Xi acumulado
1,70	0,00	0,00
2,36	0,40	1,00

Características da areia

grossa

Espessura da camada - Lf (m)	0,1
ps areia (kg/m ³)	2650
pap areia (kg/m ³)	1440
Porosidade - ξ0	0,45
Coeficiente de esfericidade - Ce	0,75

Subcamadas de areia grossa	1
Di (m)	1,70E-03
	2,36E-03
Deqi	2,00E-03
Deqi ²	4,01E-06
Xi	1,0
Xi/Deqi	4,99E+02
Xi/Deqi ²	2,49E+05
(Xi/Deqi) ²	2,49E+05

Perda de carga

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Δh1 - Perda de carga na entrada dos filtros

Área da comporta de entrada do filtro

0,36 m²

Cd (coef de descarga)

0,61

Δh1 0,66 *Q²

Δh1 3,17558E-08 *T²

E.1

E.11

E.11

Δh2 - Perda de carga no

Δh2,1 (antracito) 2,35 *Q² +

2,90 *Q

Δh2,1 (antracito) 1,12E-07 *T² +

6,34E-04 *T

E.12

E.12

Δh2,2 (areia) 2,36 *Q² +

5,55 *Q

Δh2,2 (areia) 1,13E-07 *T² +

1,21E-03 *T

Δh2,3 (areia grossa) 0,20 *Q² +

0,12 *Q

Δh2,3 (areia grossa) 0,00E+00 *T² +

0,00E+00 *T

E.12

E.12

Δh3 - Perda de carga no

Fundo falso metálico provido de crepina 1" com cauda para lavagem com ar

Número de bocais

680

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

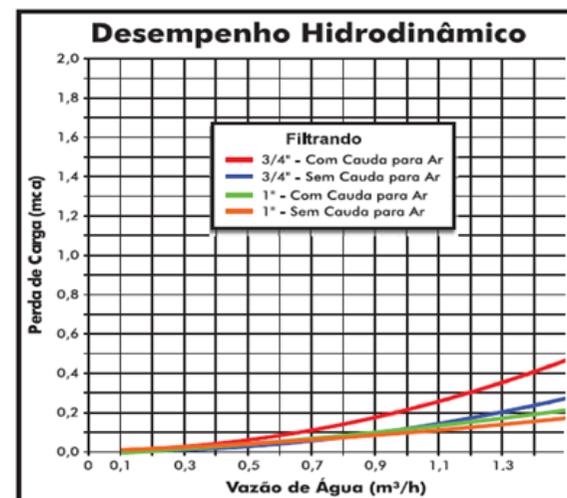


RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Espaçamento entre bocais 0,165 m

Vazão por bocais (m ³ /h)	Perda de carga (m)	Vazão filtração (m ³ /h)	Vazão filtração (m ³ /s)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0,01	136,00	0,03778
0,30	0,02	204,00	0,06
0,40	0,04	272,00	0,08
0,50	0,05	340,00	0,09
0,60	0,05	408,00	0,11
0,70	0,07	476,00	0,13
0,80	0,09	544,00	0,15
0,90	0,10	612,00	0,17
1,00	0,12	680,00	0,19
1,10	0,14	748,00	0,21
1,20	0,15	816,00	0,23
1,30	0,17	884,00	0,25
1,40	0,19	952,00	0,26
1,50	0,21	1020,00	0,28

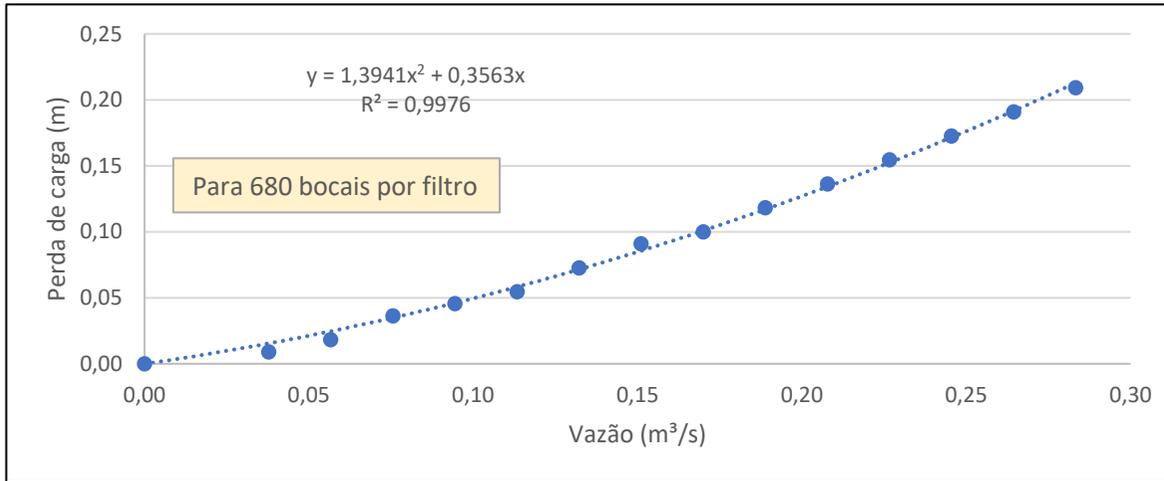


PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I



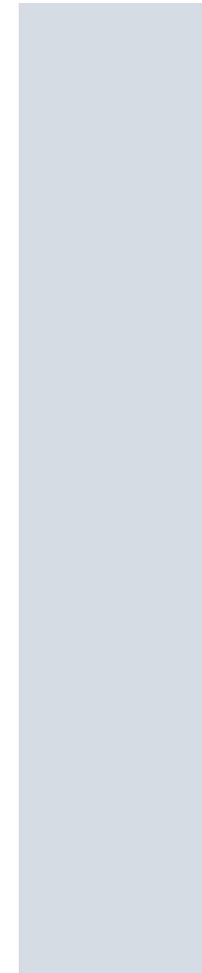
$$\Delta h_3 - \text{Bocais} = 1,3941 * Q^2 + 0,3563 * Q$$

$$\Delta h_3 - \text{Bocais} = 6,67099E-08 * T^2 + 7,79406E-05 * T$$

Δh4 - Perda de carga na

Δh4,1 - Trecho 1

Tubulação	Ferro Fundido
DN (mm)	400
DI (m)	0,4164
C	100
Comprimento efetivo (m)	0,9



PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Acessórios	Entrada de tubulação
Quantidade (un.)	1
Número de diâmetros	17
Leq (m)	7,0788

Comprimento equivalente

total 7,98 m

$\Delta h_{4,1}$ - Tubo individual

trecho 1 1,21 *Q^{1,85}

$\Delta h_{4,1}$ - Tubo individual

trecho 1 0,00 *T^{1,85}

$\Delta h_{4,2}$ - Tubo individual

trecho 2

Tubulação	Ferro Fundido
DN (mm)	300
DI (m)	0,3146
C	100
Comprimento efetivo (m)	0,85

Acessórios	T saída lateral
Quantidade	1
Número de diâmetros	50
Leq (m)	15,73

E.13

E.14

E.15

E.13

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Comprimento equivalente

total	16,58
$\Delta h_{4,2}$ - Tubo individual	
trecho 2	9,83 *Q ^{1,85}
$\Delta h_{4,2}$ - Tubo individual	
trecho 2	0,00 *T ^{1,85}

$\Delta h_{4,3}$ - Tubo individual
trecho 3

Tubulação	Ferro Fundido
DN (mm)	300
DI (m)	0,3146
C	100
Comprimento efetivo (m)	1,76

Acessórios	Curva 90°	Saída de canalização
Quantidade	1	1
Número de diâmetros	30	35
Leq (m)	9,438	11,011

Comprimento equivalente

total	22,209
$\Delta h_{4,3}$ - Tubo individual	
trecho 3	13,16764496 *Q ^{1,85}

E.14

E.15

E.13

E.14

E.15

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Δh4,3 - Tubo individual

trecho 3

$$2,23055E-06 * T^{1,85}$$

Δh4,4 - Válvula borboleta

Saint-gobain

http://www.sgpam.com.br/sites/default/files/catalogo_general_0.pdf

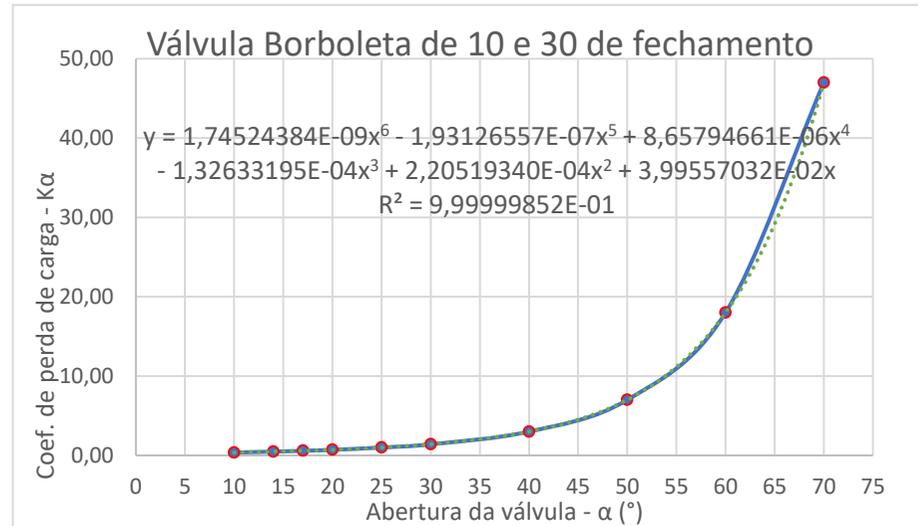
α (°)	$K\alpha$
10	0,36
14	0,48
17	0,58
20	0,70
25	1,00
30	1,40
40	3,00
50	7,00
60	18,00
70	47,00

Diâmetro interno

0,31 m

Área

0,08 m²



PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

		$*Q^2*(1,74524384$
		$E-09x6 -$
		$1,93126557E-$
		$07x5 +$
$\Delta h_{4,4}$ (válv. Borboleta)	8,435024747	$8,65794661E-$
		$06x4 -$
		$1,32633195E-$
		$04x3 +$
		$2,20519340E-$
		$04x2 +$
		$3,99557032E-02x)$
		$*T^2*(1,74524384E-$
		$09x6 -$
		$1,93126557E-$
		$07x5 +$
$\Delta h_{4,4}$ (válv. Borboleta)	4,03629E-07	$8,65794661E-$
		$06x4 -$
		$1,32633195E-$
		$04x3 +$
		$2,20519340E-$
		$04x2 +$
		$3,99557032E-02x)$

Δh_5 - Perda de carga no

E.17

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Filtro	Comprimento do vertedor (m)
F1	3,85
F2	4,21
F3	4,17
F4	4,24
F5	5,29
F6	4,12
F7	4,1
F8	5,26
F9	5,26
F10	4
F11	4

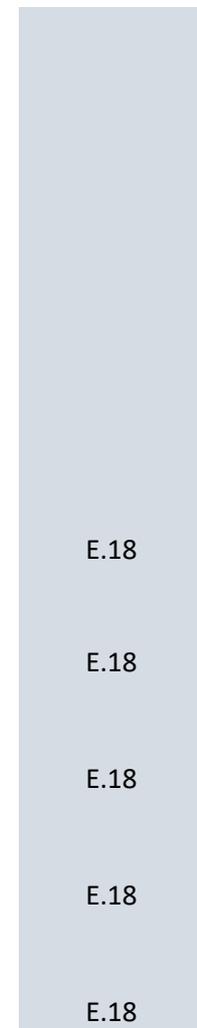
Δh_5 (F1) 0,271307943 *Q^(2/3)
 Δh_5 (F1) 0,000984981 *T^(2/3)

Δh_5 (F2) 0,255612212 *Q^(2/3)
 Δh_5 (F2) 0,000927998 *T^(2/3)

Δh_5 (F3) 0,25724422 *Q^(2/3)
 Δh_5 (F3) 0,000933923 *T^(2/3)

Δh_5 (F4) 0,254405067 *Q^(2/3)
 Δh_5 (F4) 0,000923615 *T^(2/3)

Δh_5 (F5) 0,219515848 *Q^(2/3)



PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Δh5 (F5)	0,00079695 *T^(2/3)	
Δh5 (F6)	0,259321297 *Q^(2/3)	E.18
Δh5 (F6)	0,000941464 *T^(2/3)	
Δh5 (F7)	0,260163934 *Q^(2/3)	E.18
Δh5 (F7)	0,000944523 *T^(2/3)	
Δh5 (F8)	0,220349718 *Q^(2/3)	E.18
Δh5 (F8)	0,000799978 *T^(2/3)	
Δh5 (F9)	0,220349718 *Q^(2/3)	E.18
Δh5 (F9)	0,000799978 *T^(2/3)	
Δh5 (F10)	0,26448213 *Q^(2/3)	E.18
Δh5 (F10)	0,0009602 *T^(2/3)	
Δh5 (F11)	0,26448213 *Q^(2/3)	E.18
Δh5 (F11)	0,0009602 *T^(2/3)	
Δh6 - Perda de carga na		
Orifício	0,32 m	
Diâmetro da tubulação	0,4128 m	
Área orifício	0,080424772 m ²	E.16
k	1,980590411	E.19
V ² no orifício	154,6038569 *Q ²	E.20

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Δh6 - Perda de carga na placa com orifício	15,60687648 *Q ²
Δh6 - Perda de carga na placa	7,46813E-07 *T ²

E.21

Equação geral de perda de carga

$$A*(T^2) + B(T^1) + C*(T^1) + D*(T^1) + E*(T) + G$$

Δh1	3,18E-08 *T ²	
Δh2,1 (antracito)	1,12E-07 *T ² +	6,34E-04 *T
Δh2,2 (areia)	1,13E-07 *T ² +	1,21E-03 *T
Δh2,3 (areia grossa)	0,00E+00 *T ² +	0,00E+00 *T
Δh3 - Bocais	6,67099E-08 *T ² +	7,79406E-05 *T
Δh4,1 - Tubo individual trecho 1	2,04592E-07 *T ^{1,85}	
Δh4,2 - Tubo individual trecho 2	1,6652E-06 *T ^{1,85}	
Δh4,3 - Tubo individual trecho 3	2,23055E-06 *T ^{1,85}	

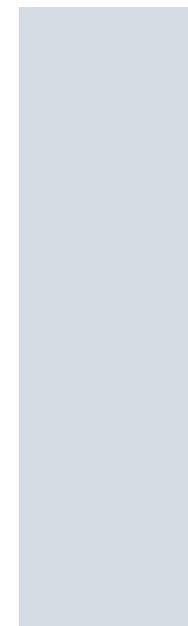
PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I



		$*T^2*(1,74524384E-09x6 - 1,93126557E-07x5 + 8,65794661E-06x4 - 1,32633195E-04x3 + 2,20519340E-04x2 + 3,99557032E-02x)$
$\Delta h_{4,4}$ (válv. Borboleta)	4,03629E-07	
Δh_5 (F1)	0,00090671	$*T^{(2/3)}$
Δh_6 - Perda de carga na placa com orifício	7,46813E-07	$*T^2$



PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

					(-3,44555211E-08x6 + 5,81201240E-06x5 - 3,85652237E-04x4 + 1,29320230E-02x3 - 2,29219280E-01x2 + 2,05771599E+00x - 6,92060877E+00)
Δh total	1,93E-03 *T+ 4,10035E-06 *T^1,85+	1,07E-06 *T^2+ 0,00090671 *T^(2/3)	4,04E-07 *T^2*	00)	+

Canal de alimentação dos filtros

**Para NC1
Curva 180° p. 217 Idel 'cik -
NC1a,b**

b1	1,40
b0	1
Lo	0,30

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

L0/b0	0,30
bk	1,50
bk/b0	1,50
km	1,65
Rugosidade absoluta (Δ)	0,0025
Q	0,365
Viscosidade cinemática da água a 20° C	0,000001
a0 (m)	1,18
ao/b0	1,18
Dh (m)	1,25
Δ relativa	0,0020
Rey	3,85E+05
k Δ	1,5
C1	1,03
λ	0,02
kf	0,03
ktotal	2,58
Δ h (m)	0,01
Cota fundo trecho a	656,52
Cota NC1a	657,68
Altura de água NC2a (m)	1,16
Cota fundo trecho b,c,d	657,12
Cota NC1b	657,70
Altura de água NC2b (m)	0,58

E.22

E.23

E.24

E.25

E.21

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Velocidade (m/s)	0,31	E.20
Perda de carga Malha metálica quadrada - NC1c		
Largura do canal (m)	1	
Diâmetro de fios (m)	0,01	
Número de fios	8	
Espaçamento entre eixos (m)	0,14	
Porosidade (ϵ)	0,85	
G calculado	198,63	E.26
h (m)	0,00	E.27
Área molhada (m ²)	0,58	E.1
Velocidade (m/s)	0,63	E.20
Cota NC1c	657,70	
Altura de água NC1c (m)	0,58	
Perda de carga canal aberto - NC1d		
Comprimento (m)	26,30	
Altura (m)	0,59	
Area molhada (m ²)	0,59	E.1
Perímetro molhado (m)	2,18	
Raio hidráulico (m)	0,27	E.28
n	0,01	
Q (m ³ /s)	0,37	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

h	0,01	E.29
Cota NC1d	657,71	
Altura de água NC1d (m)	0,59	
Para N2C		
Curva 180° p. 217 Idel 'cik - NC2a,b		
a0	1,309613476	
ao/b0	1,309613476	
Dh (m)	1,30	E.30
Δ relativa	0,0019	
Rey	3,60E+05	E.23
k Δ	1,5	
C1	0,969	
Δ relativa/Dh	0,001471698	
λ	0,023	
kf	0,0299	E.24
ktotal	2,428175	E.25
Δ h (m)	0,009613476	E.21
Cota fundo trecho a	656,52	
Cota NC2a	657,82	
Altura de água NC2a (m)	1,3	
Cota fundo trecho b,c,d	657,12	
Cota NC2b	657,83	
Altura de água NC2b (m)	0,71	
Velocidade (m/s)	0,28	E.20

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Perda de carga Malha metálica quadrada - NC2c

Largura do canal (m)	1	
Diâmetro de fios (m)	0,01	
Número de fios	8	
Espaçamento entre eixos (m)	0,14	
Porosidade (ϵ)	0,85	
G calculado	146,51	E.26
h (m)	0,00	E.27
Área molhada (m ²)	0,71	E.1
Velocidade (m/s)	0,51	E.20
Cota NC2c	657,83	
Altura de água NC2c (m)	0,71	

Perda de carga canal aberto - NC2d

Comprimento (m)	26,30	
Altura (m)	0,72	
Area molhada (m ²)	0,72	
Perímetro molhado (m)	2,44	
Raio hidráulico (m)	0,29	E.28
n	0,01	
Q (m ³ /s)	0,37	
h	0,00	E.29

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Cota NC2d 657,84
 Altura de água NC2d (m) 0,72

Para N3C
Curva 180° p. 217 Idel 'cik -
NC3a,b

a0 (m)	1,82	
ao/b0	1,82	
Dh (m)	1,30	E.30
Δ relativa	0,0019	
Rey	258655,85	E.23
k Δ	1,50	
C1	0,92	
Δ relativa/Dh	0,00	
λ	0,02	
kf	0,03	E.24
ktotal	2,30	E.25
Δ h (m)	0,0047	E.21
Cota fundo trecho a	656,12	
Cota NC3a	657,94	
Altura de água NC2a (m)	1,82	
Cota fundo trecho b,c,d	657,12	
Cota NC3b	657,94	
Altura de água NC2b (m)	0,82	
Velocidade (m/s)	0,20	E.20

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL I

Perda de carga Malha metálica quadrada - NC3c		
Largura do canal (m)	1	
Diâmetro de fios (m)	0,01	
Número de fios	8	
Espaçamento entre eixos (m)	0,14	
Porosidade (ϵ)	0,85	
G calculado	118,30	E.26
h (m)	0,00	E.27
Área molhada (m ²)	0,82	E.1
Velocidade (m/s)	0,44	E.20
Cota NC3c	657,94	
Altura de água NC3c (m)	0,82	
Perda de carga canal aberto - NC3d		
Comprimento (m)	26,3	
Altura (m)	0,82	
Area molhada (m ²)	0,82	E.1
Perímetro molhado (m)	2,65	
Raio hidráulico (m)	0,31	E.28
n	0,01	
Q (m ³ /s)	0,37	
h	0,00	E.29
Cota NC3d	657,95	
Altura de água NC3d (m)	0,83	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL II

Resumo dos resultados da taxa declinante para as condições de funcionamento dos filtros

	Condição 1	Condição 2
Qttotal (m ³ /s)	0,73	0,38
Taxa Média de Filtração (m ³ /m ² .dia)	303,38	157,92
Ângulo de fechamento da VB (°)	10,0	68,0
Coeficiente A	1,22E-06	1,68E-05
Coeficiente B	4,10E-06	4,10E-06
Coeficiente C	9,07E-04	9,07E-04
Coeficiente D	0	0
Coeficiente E	1,93E-03	1,93E-03
Coeficiente G	0	0
Coeficiente J	1,85	1,85
Coeficiente L	0,667	0,667
Coeficiente M	0	0

	Condição 1	Condição 3
Nº de filtros em operação	11	11
Área de armazenamento F(NF)	16	16
Taxa média de filtração (m ³ /m ² .dia)	303,38	157,92
Carga hidráulica disponível (M)	1,7	1,7
Operação de lavagem (min)	20	20

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL II

	Condição 1	Condição 3
Taxa mínima de operação (m ³ /m ² .dia)	184,74	93,80
Taxa média de operação (m ³ /m ² .d)	303,38	157,92
Taxa máxima de operação (m ³ /m ² .d)	448,01	232,89
Taxa máxima na operação/Taxa média	1,477	1,475
Taxa média/Taxa mínima na operação	1,642	1,684

	Condição 1	Condição 3
Taxa mínima durante a lavagem (m ³ /m ² .d)	216,50	111,13
Taxa máxima durante a lavagem (m ³ /m ² .d)	448,01	232,89
Taxa máxima na lavagem/Taxa média	1,477	1,475

	Condição 1	Condição 3
Perda de carga por retenção de impurezas, taxa mínima (m)	1,191	0,666
Perda de carga no meio filtrante para taxa mínima (m)	0,349	0,175
Perda de carga por retenção de impurezas + perda de carga no meio filtrante para taxa mínima (m)	1,540	0,841
Perda para txa mín* Txa média/Txa mín	2,530	1,417

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL II

	Condição 1	Condição 3
Perda de carga por retenção de impurezas, taxa constante (m)	1,956	1,122
Perda de carga no meio filtrante limpo para taxa média (m)	0,581	0,297
Perda de carga turbulenta (m)	0,469	0,150
Perda de carga turbulenta do meio filtrante limpo para taxa média (m)	1,050	0,447
Perda de carga por retenção de impurezas, taxa constante + perda de carga no meio filtrante limpo para taxa média (m)	2,538	1,419
Carga hidráulica total, taxa constante (m)	3,01	1,57

cota vertedor individual	656,120	656,120
cota N2c	657,820	657,820

	Condição 1	Condição 3
N2c-N1c (m)	0,135	0,158
N3c-N2c (m)	0,116	0,127
cota N1c	657,685	657,662
cota N3c	657,936	657,947

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL II

cota N1f	Condição 1	Condição 3
altura de água na comporta de entrada (m)	1,165	1,142
perda de carga na entrada (m) (taxa máx operação)	0,006	0,002
cota N1f mínimo CV (taxa máxima)	657,678	657,661

cota N3f	Condição 1	Condição 3
perda de carga na entrada (m) (taxa mín lavagem)	0,0015	0,0004
cota N3f máximo (taxa mínima)	657,935	657,947

	Condição 1	Condição 2
N.A. crista do vertedor (txa máx lavagem)	0,058	0,037
N.A. crista do vertedor (txa mín lavagem)	0,036	0,023
N.A. crista do vertedor (txa máx operação)	0,058	0,037
N.A. crista do vertedor (txa mín operação)	0,032	0,020

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL II - CONDIÇÃO 1

Condição 1 - Q: 730 L/s

Sistemas de Filtração com Taxa Declinante

Baseado nos estudos do Prof. Luiz Di Bernardo EESC/USP

Numero de Unidades Filtrantes (N) =	11
Taxa Media de Filtração (m³/m².dia) =	303,3766234
Carga Hidráulica Disponível (m) =	1,7
Area Total de Armazenamento (F(A)) =	16
Operação de Lavagem (min) =	20
DH0 =	0,029194615

Taxas de Filtração e Níveis de Operação

Filtro	Taxa (m³/d)	Perda de carga ret. imp.(m)	Coefficiente de Resitividade (D)
1	448,01	0,164	0,000367172
2	414,11	0,317	0,000764395
3	381,71	0,456	0,001195334
4	350,974426	0,584	0,001664017
5	321,95816	0,700	0,002174940
6	294,741302	0,806	0,002733042
7	269,248444	0,900	0,003343987
8	245,561874	0,986	0,004013862
9	223,62001	1,062	0,004749465
10	203,370087	1,130	0,005558315
11	184,743149	1,191	0,006448717
Tmax =	448,01		Nível 1 = 1,565
Tmed =	303,38		Nível 2 = 1,700

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL II - CONDIÇÃO 1

Taxas de Filtração e Níveis de Operação			
Filtro	Taxa (m³/d)	Perda de carga ret. imp.(m)	Coefficiente de Resitividade (D)
1	471,37	0,173074648	0,000367172
2	436,38	0,333565086	0,000764395
3	402,92	0,481626689	0,001195334
4	371,06	0,617444634	0,001664017
5	340,88	0,741384983	0,002174940
6	312,45	0,853933573	0,002733042
7	285,80	0,955715597	0,003343987
8	260,94	1,047396779	0,004013862
9	237,86	1,129704356	0,004749465
10	216,50	1,203389049	0,005558315

	Tmax =	448,01
	Tmed =	333,71
	TMax/Tmed =	1,554

	Nivel 2 =	1,700
	Nivel 3 =	1,816
	Nivel 3 - Nivel 2 =	0,116

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL II - CONDIÇÃO 2

Condição 2 - Q: 380 L/s

Sistemas de Filtração com Taxa Declinante
Baseado nos estudos do Prof. Luiz Di Bernardo EESC/USP

Numero de Unidades Filtrantes (N) =	11
Taxa Media de Filtração (m³/m².dia) =	157,9220779
Carga Hidráulica Disponível (m) =	1,7
Area Total de Armazenamento (F(A)) =	16
Operação de Lavagem (min) =	20
DH0 =	0,029194615

Taxas de Filtração e Níveis de Operação

Filtro	Taxa (m³/d)	Perda de carga ret. imp.(m)	Coefficiente de Resitividade (D)
1	232,893997	0,186971724	0,000802819
2	216,301773	0,360622913	0,001667221
3	199,960312	0,520349801	0,002602265
4	184,14653	0,666169941	0,003617608
5	168,926346	0,798080921	0,004724431
6	154,396301	0,916406453	0,005935417
7	140,579407	1,0213691	0,007265425
8	127,588409	1,113955736	0,008730854
9	115,450073	1,194949508	0,010350357
10	104,187012	1,265344381	0,012144934
11	93,8020935	1,326191902	0,014138191

Tmax =	232,893997	Nível 1 =	1,542
Tmed =	157,922078	Nível 2 =	1,700
TMax/Tmed =	1,47473995	Nível 2 - Nível 1 =	0,158

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - FILTRO - TAXA DECLINANTE VARIÁVEL II - CONDIÇÃO 2

Taxas de Filtração e Níveis de Operação				
Filtro		Taxa (m³/d)	Perda de carga ret. imp.(m)	Coefficiente de Resitividade (D)
1		243,811646	0,195736617	0,000802819
2		226,858154	0,378222734	0,001667221
3		210,287094	0,547222853	0,002602265
4		194,148285	0,702352345	0,003617608
5		178,543655	0,843517244	0,004724431
6		163,568665	0,970848262	0,005935417
7		149,185638	1,083896995	0,007265425
8		135,656708	1,18439889	0,008730854
9		122,959122	1,272670746	0,010350357
10		111,128014	1,349642396	0,012144934

	Tmax =	232,89
	Tmed =	173,71
	TMax/Tmed =	1,544

	Nivel 2 =	1,700
	Nivel 3 =	1,827
	Nivel 3 - Nivel 2 =	0,127

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - MASSA SECA**

Condições e parâmetros gerais da ETA

Condição 1

Vazão da ETA (L/s)	730
Vazão da ETA (m ³ /d)	63072
Tempo de funcionamento (h/d)	24
nº de módulos de decantação (un.)	4
nº de filtros em operação (un.)	11
Carreira de filtração (h)	24
Área de um filtro (m ²)	18,90
Al ₂ O ₃ no coagulante (%)	8,40%
Ca(OH) ₂ no geocalcio (%)	20,77%

Geração de lodo

Condição a

Condição b

Turbidez (uT)	200	52
Fator "a" encontrado no ensaio de tratabilidade	1	1
Concentração de SST (mg/L)	200	52

Massa seca de lodo na água bruta

Condição 1a

Condição 1b

Massa seca de lodo na água bruta (kg/d)	12614,40	3279,74
-----------------------------------------	----------	---------

Massa seca de lodo: produtos químicos

Condição 1a

Condição 1b

REFERÊNCIA

E.56

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - MASSA SECA

Dosagem de sulfato de alumínio (mg/L)	80	40
Dosagem de CAP (mg/L)	30	10
Dosagem de geocálcio (mg/L)	40	20
Massa seca de lodo produtos químicos (mg/L)	3041,43	1205,36

Massa seca total de lodo que chega aos decantadores

	Condição 1a	Condição 1b
Massa seca de lodo que entra nos decantadores (kg/d)	15655,83	4485,10

Massa seca de lodo na água de lavagem dos filtros

	Condição 1a	Condição 1b
Duração da carreira de filtração (h)	24,00	24,00
Filtros na bateria (un.)	11,00	11,00
Área do meio filtrante (m ²)	18,90	18,90
Velocidade ascensional (ideal) (m/min)	0,80	0,80
Tempo de lavagem (ideal) (min)	7,00	7,00
Vazão de lavagem (m ³ /s)	0,25	0,25
Volume de drenagem (m ³)	21,55	21,55
Volume para lavagem de 1 filtro (m ³)	127,39	127,39
Volume total de água para lavagem (m ³)	1401,25	1401,25
Tempo entre lavagens (min)	100,91	100,91
Concentração de SST na água de lavagem (g/L)	0,25	0,25
Massa seca de lodo na água de lavagem (kg/d)	350,31	350,31

Massa seca de lodo retida nos decantadores

	Condição 1a	Condição 1b
--	--------------------	--------------------

E.58

E.42

E.61

E.62

E.63

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - MASSA SECA

Massa seca de lodo retida nos decantadores (kg/d)	15305,52	4134,79
Massa seca de lodo retida por decantador (kg/d)	3826,38	1033,70
Concentração de SST na água de lavagem (g/L)	9,80	9,80
Volume total de lodo retido (m ³)	1561,79	421,92
Nº de decantadores (un.)	4,00	4,00
Volume de lodo por decantador (m ³)	390,45	105,48

Removedor de lodo dos decantadores com rampa de fundo

Largura do decantador (m)	9,40		
Comprimento sem roldana (m)	1,50		
Comprimento da rampa (m)	5,60		
Comprimento do decantador (m)	19,47		
Largura do removedor (utilizado) (m)	9		
Nº de removedor (un.)	1		
Vazão retirada (L/min/m de largura do decantador)	60		
Vazão retirada (utilizada) (L/min)	540		
Velocidade ajustável de deslocamento (m/min)	0,97		
Tempo de percurso (min)	20		
Volume removido por passagem (m ³)	10,80		
Volume removido por passagem em 4 decantadores (m ³)	43,20		
	Condição 1a	Condição 1b	
Turbidez (uT)	200,00	52,00	
Nº de passagens diárias necessárias	37,00	10,00	
Tempo em que há deslocamento do removedor (min)	740,00	200,00	
Tempo de parada entre lavagens (min)	18,92	124,00	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - MASSA SECA

Massa seca de lodo total gerada na ETA (decantador, filtro, produto químico)

	Condição 1a	Condição 1b
Massa seca de lodo na água de lavagem (kg/d)	350,31	350,31
Massa seca de lodo retida nos decantadores (kg/d)	15305,52	4134,79
Massa seca de lodo total (kg/d)	15655,83	4485,10

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TRV

TRV		REFERÊNCIA
Volume adotado (m ³)	200,00	
Diâmetro (m)	10,00	
Área (m ²)	78,54	
Altura útil (m)	2,55	
Vazão normalizada (m ³ /h)	124,99	
Concentração média (g/L)	5,23	
Informações preliminares e cálculo da vazão bombeada		
TDH	1,60	
Decantadores (un)	4	
Número de passagens por decantador	37	
Vazão de remoção do lodo dos decantadores (m ³ /min)	0,54	
Tempo de percurso adotado na DD (min)	20,0	
Volume de lodo removido (DD) por percurso (m ³)	10,80	
Volume de lodo removido (DD) por percurso em 4 decantadores (m ³)	43,20	
Tempo de parada entre as lavagens adotado entre DD (min)	19,0	
Volume DD produzido em 1 dia (m ³)	1598,40	
Concentração de SST (g/L)	9,80	
Filtros	11,00	
Vazão ALF por minuto (m ³ /min)	15,12	
Tempo de lavagem dos filtros (min)	7,00	
		E.56

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TRV**

Volume de ALF (m ³)	127,39
Tempo de parada entre lavagens dos filtros(min)	121,00
Volume ALF produzido em 1 dia (m ³)	1401,25
Concentração de SST na ALF (g/L)	0,25
Volume de lodo total produzido em um dia (m ³)	2999,65
Volume útil mínimo necessário (m ³)	123,66

E.56

Tempo (min)	Vol. DD - 4 decantadores (m ³)	Vol. DD acumulado (m ³)	Vol. ALF (m ³)	Vol. ALF acumulado (m ³)
0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	21,6	21,6	42,5	42,5
20	21,6	43,2	42,5	84,9
39	0,0	43,2	42,5	127,4
59	43,2	86,4	0,0	127,4
78	0,0	86,4	0,0	127,4
98	43,2	129,6	0,0	127,4
117	0,0	129,6	0,0	127,4
137	43,2	172,8	25,5	152,9
156	0,0	172,8	80,7	233,5
176	43,2	216,0	21,2	254,8
195	0,0	216,0	0,0	254,8
215	43,2	259,2	0,0	254,8
234	0,0	259,2	0,0	254,8
254	43,2	302,4	0,0	254,8
273	0,0	302,4	46,7	301,5
293	43,2	345,6	80,7	382,2

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TRV

312	0,0	345,6	0,0	382,2
332	43,2	388,8	0,0	382,2
351	0,0	388,8	0,0	382,2
371	43,2	432,0	0,0	382,2
390	0,0	432,0	0,0	382,2
410	43,2	475,2	72,2	454,3
429	0,0	475,2	55,2	509,5
449	43,2	518,4	0,0	509,5
468	0,0	518,4	0,0	509,5
488	43,2	561,6	0,0	509,5
507	0,0	561,6	0,0	509,5
527	43,2	604,8	12,7	522,3
546	0,0	604,8	80,7	603,0
566	43,2	648,0	34,0	636,9
585	0,0	648,0	0,0	636,9
605	43,2	691,2	0,0	636,9
624	0,0	691,2	0,0	636,9
644	43,2	734,4	0,0	636,9
663	0,0	734,4	34,0	670,9
683	43,2	777,6	84,9	755,8
702	0,0	777,6	8,5	764,3
722	43,2	820,8	0,0	764,3
741	0,0	820,8	0,0	764,3
761	43,2	864,0	0,0	764,3
780	0,0	864,0	0,0	764,3
800	43,2	907,2	59,4	823,8
819	0,0	907,2	67,9	891,7
839	43,2	950,4	0,0	891,7
858	0,0	950,4	0,0	891,7
878	43,2	993,6	0,0	891,7
897	0,0	993,6	0,0	891,7

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP

**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TRV**



917	43,2	1036,8	0,0	891,7
936	0,0	1036,8	80,7	972,4
956	43,2	1080,0	46,7	1019,1
975	0,0	1080,0	0,0	1019,1
995	43,2	1123,2	0,0	1019,1
1014	0,0	1123,2	0,0	1019,1
1034	43,2	1166,4	0,0	1019,1
1053	0,0	1166,4	21,2	1040,3
1073	43,2	1209,6	84,9	1125,2
1092	0,0	1209,6	21,2	1146,5
1112	43,2	1252,8	0,0	1146,5
1131	0,0	1252,8	0,0	1146,5
1151	43,2	1296,0	0,0	1146,5
1170	0,0	1296,0	0,0	1146,5
1190	43,2	1339,2	46,7	1193,2
1209	0,0	1339,2	80,7	1273,9
1229	43,2	1382,4	0,0	1273,9
1248	0,0	1382,4	0,0	1273,9
1268	43,2	1425,6	0,0	1273,9
1287	0,0	1425,6	0,0	1273,9
1307	43,2	1468,8	0,0	1273,9
1326	0,0	1468,8	67,9	1341,8
1346	43,2	1512,0	59,4	1401,2
1365	0,0	1512,0	0,0	1401,2
1385	43,2	1555,2	0,0	1401,2
1404	0,0	1555,2	0,0	1401,2
1424	43,2	1598,4	0,0	1401,2
1443	0,0	1598,4	0,0	1401,2

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TRV

Tempo (min)	Soma DD+ALF (m³)	Volume DD+ALF Acumulado (m³)	Volume bombeado acumulado (m³)	Diferença máxima entre reta e acumulado (m³)	Concentração de SST no efluente (g/L)
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	64,1	64,1	20,8	43,2	3,5
20	64,1	128,1	41,7	86,5	3,5
39	42,5	170,6	81,2	89,3	2,4
59	43,2	213,8	122,9	90,9	4,8
78	0,0	213,8	162,5	51,3	4,8
98	43,2	257,0	204,1	52,8	7,1
117	0,0	257,0	243,7	13,3	7,1
137	68,7	325,7	285,4	40,3	6,4
156	80,7	406,3	325,0	81,4	2,3
176	64,4	470,8	366,6	104,1	4,2
195	0,0	470,8	406,2	64,6	4,2
215	43,2	514,0	447,9	66,1	6,5
234	0,0	514,0	487,4	26,5	6,5
254	43,2	557,2	529,1	28,1	8,5
273	46,7	603,9	568,7	35,2	3,4
293	123,9	727,8	610,3	117,4	3,5
312	0,0	727,8	649,9	77,8	3,5
332	43,2	771,0	691,6	79,4	5,8
351	0,0	771,0	731,2	39,8	5,8
371	43,2	814,2	772,8	41,3	7,9
390	0,0	814,2	812,4	1,8	7,9
410	115,4	929,5	854,1	75,5	3,9

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TRV**

429	55,2	984,7	893,6	91,1	2,4
449	43,2	1027,9	935,3	92,6	4,7
468	0,0	1027,9	974,9	53,1	4,7
488	43,2	1071,1	1016,5	54,6	7,0
507	0,0	1071,1	1056,1	15,0	7,0
527	55,9	1127,1	1097,8	29,3	7,5
546	80,7	1207,8	1137,4	70,4	2,2
566	77,2	1284,9	1179,0	105,9	4,0
585	0,0	1284,9	1218,6	66,3	4,0
605	43,2	1328,1	1260,3	67,9	6,3
624	0,0	1328,1	1299,8	28,3	6,3
644	43,2	1371,3	1341,5	29,8	8,4
663	34,0	1405,3	1381,1	24,2	4,1
683	128,1	1533,4	1422,7	110,7	3,6
702	8,5	1541,9	1462,3	79,6	3,3
722	43,2	1585,1	1504,0	81,1	5,6
741	0,0	1585,1	1543,6	41,5	5,6
761	43,2	1628,3	1585,2	43,1	7,7
780	0,0	1628,3	1624,8	3,5	7,7
800	102,6	1731,0	1666,5	64,5	4,4
819	67,9	1798,9	1706,0	92,9	2,3
839	43,2	1842,1	1747,7	94,4	4,7
858	0,0	1842,1	1787,3	54,8	4,7
878	43,2	1885,3	1829,0	56,4	6,9
897	0,0	1885,3	1868,5	16,8	6,9
917	43,2	1928,5	1910,2	18,3	9,0
936	80,7	2009,2	1949,8	59,4	1,9
956	89,9	2099,1	1991,4	107,7	3,7
975	0,0	2099,1	2031,0	68,1	3,7
995	43,2	2142,3	2072,7	69,6	6,0
1014	0,0	2142,3	2112,3	30,0	6,0

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



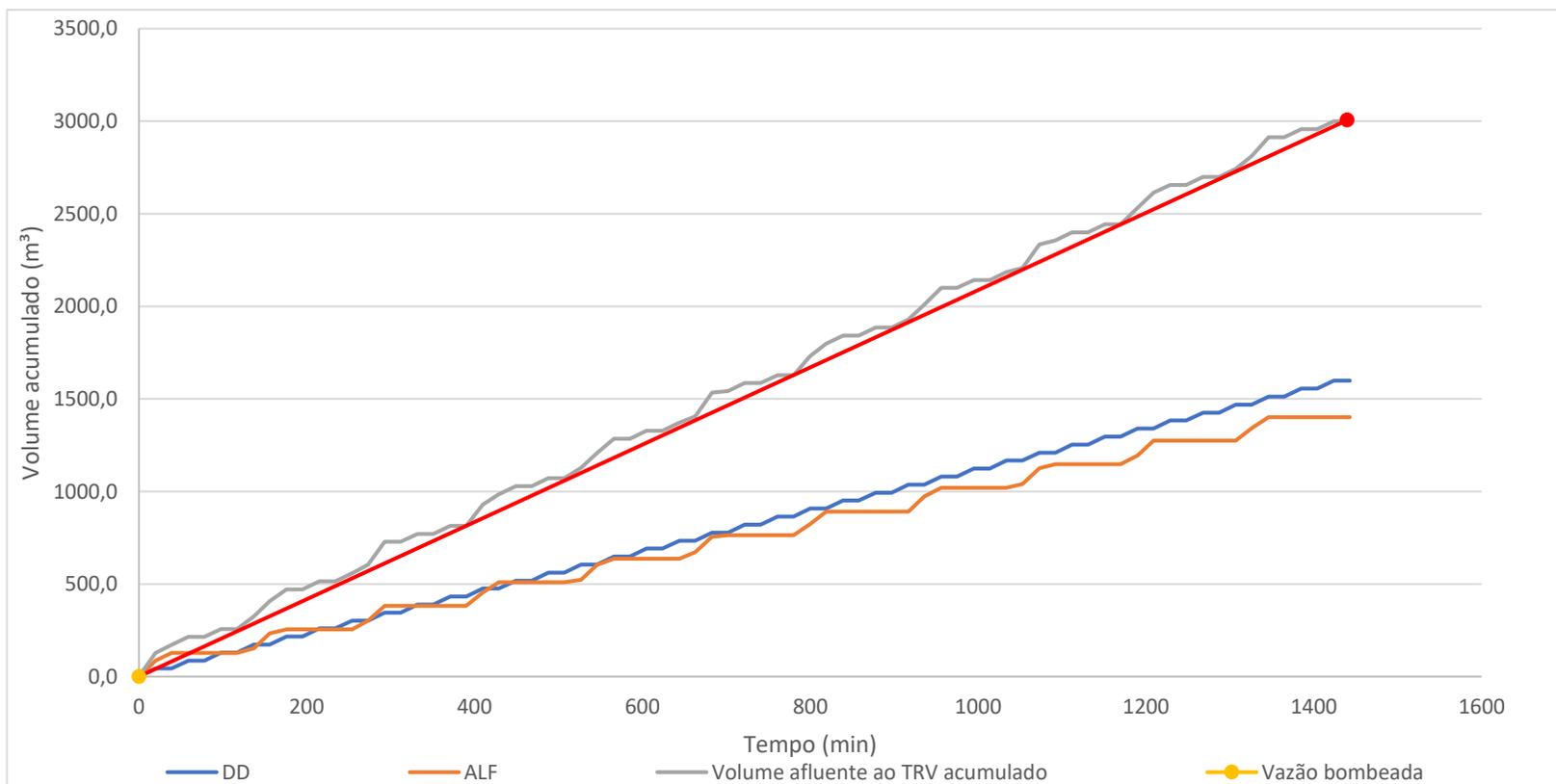
RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TRV

1034	43,2	2185,5	2153,9	31,6	8,3
1053	21,2	2206,7	2193,5	13,2	5,0
1073	128,1	2334,8	2235,2	99,7	3,6
1092	21,2	2356,1	2274,7	81,3	3,0
1112	43,2	2399,3	2316,4	82,9	5,4
1131	0,0	2399,3	2356,0	43,3	5,4
1151	43,2	2442,5	2397,6	44,8	7,6
1170	0,0	2442,5	2437,2	5,3	7,6
1190	89,9	2532,4	2478,9	53,5	5,0
1209	80,7	2613,1	2518,5	94,6	2,1
1229	43,2	2656,3	2560,1	96,1	4,5
1248	0,0	2656,3	2599,7	56,6	4,5
1268	43,2	2699,5	2641,4	58,1	6,8
1287	0,0	2699,5	2680,9	18,5	6,8
1307	43,2	2742,7	2722,6	20,1	8,9
1326	67,9	2810,6	2762,2	48,4	2,2
1346	102,6	2913,2	2803,8	109,4	3,6
1365	0,0	2913,2	2843,4	69,8	3,6
1385	43,2	2956,4	2885,1	71,4	6,0
1404	0,0	2956,4	2924,7	31,8	6,0
1424	43,2	2999,6	2966,3	33,3	8,2
1443	0,0	2999,6	3005,9	-6,2	8,2

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TRV**



PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TRV**

Clarificador/Adensador		REFERÊNCIA
Número de Clarificador/Adensador (un.)	2	
Diâmetro adotado (m)	12	
Informações preliminares		
Vazão afluente total (m ³ /h)	124,99	
Vazão afluente total (m ³ /min)	2,08	
Vazão afluente 1 clarificador/adensador (m ³ /h)	62,49	
Vazão afluente 1 clarificador/adensador (m ³ /min)	1,04	
Tanque de clarificação/adensamento		E.56
Concentração média de SST no TRV (g/L)	5,23	
Concentração do lodo adensado (g/L)	15	
Concentração de SST na água clarificada (g/L)	0,01	
Velocidade de clarificação (cm/min)	1,53	
Velocidade de clarificação (m/min)	0,02	
Hf (cm)=	12,91	
Tf (min)=	18,69	
Velocidade de adensamento (m/min)=	0,01	
Considerando 2 adensadores em paralelo		
Vazão de lodo adensado para 1 adensador (m ³ /h)	21,78	E.66
Vazão de água clarificada para 1 adensador (m ³ /h)	40,71	E.67
Area clarificação teórica (m ²)	68,07	
Area adensamento teórica (m ²)	80,81	
Diâmetro teórico (m)	10,14	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TRV**

Diâmetro adotado (m)	12,00
Área adotada (m ²)	113,10
Altura média (m)	2,94
TDH (min)	319,24
Altura/veloc clarif (min)	192,16
Kcl=	1,66
Kad=	1,40

Tempo de descarga do lodo

Poço de lodo

Velocidade periférica de rotação dos raspadores (m/min)	3,10
Comprimento da circunferência do adensador (m)	37,70
Tempo de meia rotação (min)	6,08
Volume de lodo removido meia rotação (m ³)	2,21
r (m)	1,63
R (m)	2,24
h (m)	0,50
Volume do poço de lodo (m ³)	5,88
Tempo para enchimento do poço de lodo (min)	16,19
Nro descargas por dia	89
Tempo para enchimento do poço de lodo adotado (min)	16,18
Volume de lodo /dia	522,98

Tubulação de descarga

DN (mm)	100
DI (mm)	106

E.68

E.69

E.71

E.72

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TRV**

DI (m)	0,11
A (m ²)	0,01
C da tubulação (Hazen-Williams)	100
Altura lâmina d'água no adensador	3,94
Vazão de lodo (m ³ /s)	0,01
Vazão de lodo (L/s)	6,05
Velocidade na tubulação (m/s)	0,69

Acessórios	nro de diâmetros	Leq
Entrada na tubulação	17	1,80
Saída da tubulação	35	3,71

Lreal (m)	7,55
L total (m)	13,06
Q por Hazen-Williams (m ³ /s)	0,04
Q por Hazen-Williams (L/s)	39,59
Tempo de descarga de um poço de lodo (s)	148,44
Tempo de descarga de um poço de lodo (min)	2,47
Velocidade (m/s)	4,49



PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TLA

TLA		REFERÊNCIA
Volume útil (m ³)	65,37	
Altura útil (m)	1,16	
Área (m)	56,25	
Informações preliminares		E.70
Vazão afluyente ao TLA (m ³ /s)	0,04	
Volume de 1 poço de lodo do adensador (m ³)	5,88	
Volume de 2 poços de lodo do adensadores (m ³)	11,75	
Tempo de descarga (min)	2,47	
Tempo de enchimento do poço de lodo do Clarificador/Adensador (min)	16,18	
Tempo de pausa entre descargas (min)	13,71	
Volume de lodo adensado gerado por dia nos Adensadores (m ³)	1045,96	
Volume de lodo adensado recebido por dia pelo TLA (m ³)	1045,96	
Dimensionamento do TLA		
Tempo de detenção no TLA (h)	1,50	
Vol útil em função do TDH (m ³)	65,37	
Área (m ²)	56,25	
Altura para agitadores (m)	0,85	
Altura útil (m)	1,16	
Vazão de bombeamento (m ³ /h)	43,58	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TLA**

Vazão de bombeamento (L/s) 12,11
 Concentração de lodo efluente ao TLA (g/L) 15,00
 Volume mínimo (m³) 9,96

Tempo (min)	Volume de lodo recebido no TLA (m ³)	Volume de lodo acumulado no TLA (m ³)	Lodo bombeado aos bags (m ³)	Bombeado acumulado (m ³)	Volume de lodo acumulado no TLA- Volume de lodo acumulado bombeado
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,5	11,8	11,8	1,8	1,8	10,0
16,18	0,0	11,8	10,0	11,8	0,0
18,7	11,8	23,5	1,8	13,5	10,0
32,36	0,0	23,5	10,0	23,5	0,0
34,8	11,8	35,3	1,8	25,3	10,0
48,54	0,0	35,3	10,0	35,3	0,0
51,0	11,8	47,0	1,8	37,1	10,0
64,72	0,0	47,0	10,0	47,0	0,0
67,2	11,8	58,8	1,8	48,8	10,0
80,90	0,0	58,8	10,0	58,8	0,0
83,4	11,8	70,5	1,8	60,6	10,0
97,08	0,0	70,5	10,0	70,5	0,0
99,6	11,8	82,3	1,8	72,3	10,0
113,26	0,0	82,3	10,0	82,3	0,0
115,7	11,8	94,0	1,8	84,1	10,0
129,44	0,0	94,0	10,0	94,0	0,0
131,9	11,8	105,8	1,8	95,8	10,0
145,62	0,0	105,8	10,0	105,8	0,0
148,1	11,8	117,5	1,8	107,6	10,0

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TLA**

161,80	0,0	117,5	10,0	117,5	0,0
164,3	11,8	129,3	1,8	119,3	10,0
177,98	0,0	129,3	10,0	129,3	0,0
180,5	11,8	141,0	1,8	131,1	10,0
194,16	0,0	141,0	10,0	141,0	0,0
196,6	11,8	152,8	1,8	142,8	10,0
210,34	0,0	152,8	10,0	152,8	0,0
212,8	11,8	164,5	1,8	154,6	10,0
226,52	0,0	164,5	10,0	164,5	0,0
229,0	11,8	176,3	1,8	166,3	10,0
242,70	0,0	176,3	10,0	176,3	0,0
245,2	11,8	188,0	1,8	178,1	10,0
258,88	0,0	188,0	10,0	188,0	0,0
261,4	11,8	199,8	1,8	189,8	10,0
275,06	0,0	199,8	10,0	199,8	0,0
277,5	11,8	211,5	1,8	201,6	10,0
291,24	0,0	211,5	10,0	211,5	0,0
293,7	11,8	223,3	1,8	213,3	10,0
307,42	0,0	223,3	10,0	223,3	0,0
309,9	11,8	235,0	1,8	225,1	10,0
323,60	0,0	235,0	10,0	235,0	0,0
326,1	11,8	246,8	1,8	236,8	10,0
339,78	0,0	246,8	10,0	246,8	0,0
342,2	11,8	258,6	1,8	248,6	10,0
355,96	0,0	258,6	10,0	258,6	0,0
358,4	11,8	270,3	1,8	260,3	10,0
372,13	0,0	270,3	10,0	270,3	0,0
374,6	11,8	282,1	1,8	272,1	10,0
388,31	0,0	282,1	10,0	282,1	0,0
390,8	11,8	293,8	1,8	283,9	10,0

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO
DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TLA

404,49	0,0	293,8	10,0	293,8	0,0
407,0	11,8	305,6	1,8	295,6	10,0
420,67	0,0	305,6	10,0	305,6	0,0
423,1	11,8	317,3	1,8	307,4	10,0
436,85	0,0	317,3	10,0	317,3	0,0
439,3	11,8	329,1	1,8	319,1	10,0
453,03	0,0	329,1	10,0	329,1	0,0
455,5	11,8	340,8	1,8	330,9	10,0
469,21	0,0	340,8	10,0	340,8	0,0
471,7	11,8	352,6	1,8	342,6	10,0
485,39	0,0	352,6	10,0	352,6	0,0
487,9	11,8	364,3	1,8	354,4	10,0
501,57	0,0	364,3	10,0	364,3	0,0
504,0	11,8	376,1	1,8	366,1	10,0
517,75	0,0	376,1	10,0	376,1	0,0
520,2	11,8	387,8	1,8	377,9	10,0
533,93	0,0	387,8	10,0	387,8	0,0
536,4	11,8	399,6	1,8	389,6	10,0
550,11	0,0	399,6	10,0	399,6	0,0
552,6	11,8	411,3	1,8	401,4	10,0
566,29	0,0	411,3	10,0	411,3	0,0
568,8	11,8	423,1	1,8	413,1	10,0
582,47	0,0	423,1	10,0	423,1	0,0
584,9	11,8	434,8	1,8	424,9	10,0
598,65	0,0	434,8	10,0	434,8	0,0
601,1	11,8	446,6	1,8	436,6	10,0
614,83	0,0	446,6	10,0	446,6	0,0
617,3	11,8	458,3	1,8	448,4	10,0
631,01	0,0	458,3	10,0	458,3	0,0
633,5	11,8	470,1	1,8	460,1	10,0

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TLA**

647,19	0,0	470,1	10,0	470,1	0,0
649,7	11,8	481,8	1,8	471,9	10,0
663,37	0,0	481,8	10,0	481,8	0,0
665,8	11,8	493,6	1,8	483,6	10,0
679,55	0,0	493,6	10,0	493,6	0,0
682,0	11,8	505,4	1,8	495,4	10,0
695,73	0,0	505,4	10,0	505,4	0,0
698,2	11,8	517,1	1,8	507,1	10,0
711,91	0,0	517,1	10,0	517,1	0,0
714,4	11,8	528,9	1,8	518,9	10,0
728,09	0,0	528,9	10,0	528,9	0,0
730,6	11,8	540,6	1,8	530,7	10,0
744,27	0,0	540,6	10,0	540,6	0,0
746,7	11,8	552,4	1,8	542,4	10,0
760,45	0,0	552,4	10,0	552,4	0,0
762,9	11,8	564,1	1,8	554,2	10,0
776,63	0,0	564,1	10,0	564,1	0,0
779,1	11,8	575,9	1,8	565,9	10,0
792,81	0,0	575,9	10,0	575,9	0,0
795,3	11,8	587,6	1,8	577,7	10,0
808,99	0,0	587,6	10,0	587,6	0,0
811,5	11,8	599,4	1,8	589,4	10,0
825,17	0,0	599,4	10,0	599,4	0,0
827,6	11,8	611,1	1,8	601,2	10,0
841,35	0,0	611,1	10,0	611,1	0,0
843,8	11,8	622,9	1,8	612,9	10,0
857,53	0,0	622,9	10,0	622,9	0,0
860,0	11,8	634,6	1,8	624,7	10,0
873,71	0,0	634,6	10,0	634,6	0,0
876,2	11,8	646,4	1,8	636,4	10,0

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TLA**

889,89	0,0	646,4	10,0	646,4	0,0
892,4	11,8	658,1	1,8	648,2	10,0
906,07	0,0	658,1	10,0	658,1	0,0
908,5	11,8	669,9	1,8	659,9	10,0
922,25	0,0	669,9	10,0	669,9	0,0
924,7	11,8	681,6	1,8	671,7	10,0
938,43	0,0	681,6	10,0	681,6	0,0
940,9	11,8	693,4	1,8	683,4	10,0
954,61	0,0	693,4	10,0	693,4	0,0
957,1	11,8	705,1	1,8	695,2	10,0
970,79	0,0	705,1	10,0	705,1	0,0
973,3	11,8	716,9	1,8	706,9	10,0
986,97	0,0	716,9	10,0	716,9	0,0
989,4	11,8	728,6	1,8	718,7	10,0
1003,15	0,0	728,6	10,0	728,6	0,0
1005,6	11,8	740,4	1,8	730,4	10,0
1019,33	0,0	740,4	10,0	740,4	0,0
1021,8	11,8	752,1	1,8	742,2	10,0
1035,51	0,0	752,1	10,0	752,1	0,0
1038,0	11,8	763,9	1,8	753,9	10,0
1051,69	0,0	763,9	10,0	763,9	0,0
1054,2	11,8	775,7	1,8	765,7	10,0
1067,87	0,0	775,7	10,0	775,7	0,0
1070,3	11,8	787,4	1,8	777,5	10,0
1084,04	0,0	787,4	10,0	787,4	0,0
1086,5	11,8	799,2	1,8	789,2	10,0
1100,22	0,0	799,2	10,0	799,2	0,0
1102,7	11,8	810,9	1,8	801,0	10,0
1116,40	0,0	810,9	10,0	810,9	0,0
1118,9	11,8	822,7	1,8	812,7	10,0

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TLA**

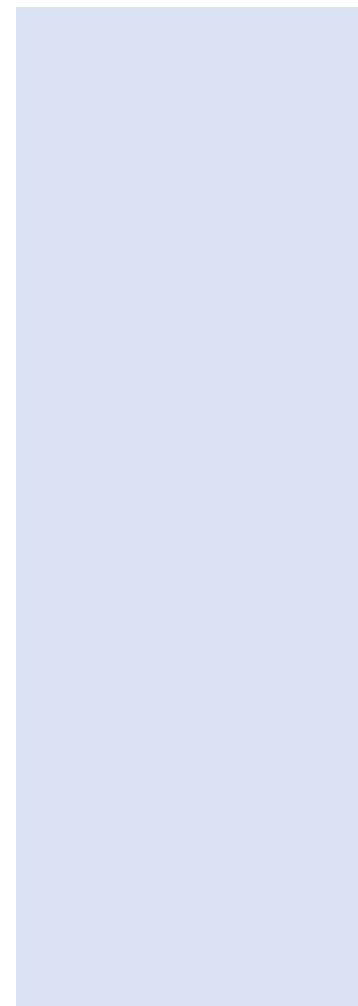
1132,58	0,0	822,7	10,0	822,7	0,0
1135,1	11,8	834,4	1,8	824,5	10,0
1148,76	0,0	834,4	10,0	834,4	0,0
1151,2	11,8	846,2	1,8	836,2	10,0
1164,94	0,0	846,2	10,0	846,2	0,0
1167,4	11,8	857,9	1,8	848,0	10,0
1181,12	0,0	857,9	10,0	857,9	0,0
1183,6	11,8	869,7	1,8	859,7	10,0
1197,30	0,0	869,7	10,0	869,7	0,0
1199,8	11,8	881,4	1,8	871,5	10,0
1213,48	0,0	881,4	10,0	881,4	0,0
1216,0	11,8	893,2	1,8	883,2	10,0
1229,66	0,0	893,2	10,0	893,2	0,0
1232,1	11,8	904,9	1,8	895,0	10,0
1245,84	0,0	904,9	10,0	904,9	0,0
1248,3	11,8	916,7	1,8	906,7	10,0
1262,02	0,0	916,7	10,0	916,7	0,0
1264,5	11,8	928,4	1,8	918,5	10,0
1278,20	0,0	928,4	10,0	928,4	0,0
1280,7	11,8	940,2	1,8	930,2	10,0
1294,38	0,0	940,2	10,0	940,2	0,0
1296,9	11,8	951,9	1,8	942,0	10,0
1310,56	0,0	951,9	10,0	951,9	0,0
1313,0	11,8	963,7	1,8	953,7	10,0
1326,74	0,0	963,7	10,0	963,7	0,0
1329,2	11,8	975,4	1,8	965,5	10,0
1342,92	0,0	975,4	10,0	975,4	0,0
1345,4	11,8	987,2	1,8	977,2	10,0
1359,10	0,0	987,2	10,0	987,2	0,0
1361,6	11,8	998,9	1,8	989,0	10,0

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TLA**

1375,28	0,0	998,9	10,0	998,9	0,0
1377,8	11,8	1010,7	1,8	1000,7	10,0
1391,46	0,0	1010,7	10,0	1010,7	0,0
1393,9	11,8	1022,5	1,8	1012,5	10,0
1407,64	0,0	1022,5	10,0	1022,5	0,0
1410,1	11,8	1034,2	1,8	1024,3	10,0
1423,82	0,0	1034,2	10,0	1034,2	0,0
1426,3	11,8	1046,0	1,8	1036,0	10,0
1440,00	0,0	1046,0	10,0	1046,0	0,0



PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - CENÁRIOS MASSA SECA PARA BAGS

Condições e parâmetros gerais da ETA REFERÊNCIA

	Condição 1	Condição 2 - mínima minimorum
Vazão da ETA (L/s)	730	380
Vazão da ETA (m ³ /d)	63072	32832
Área de um filtro (m ²)	18,90	
Al ₂ O ₃ no coagulante (%)	8,40%	
Ca(OH) ₂ no geocalcio (%)	20,77%	

Geração de lodo

	Condição a (ano crítico - out/15 a out/16)	Condição b (4 meses críticos - 24/12/15 a 24/04/16)	Condição c (mês crítico) - março/16)
Turbidez (uT)	21,18	41,85	52

Massa seca de lodo na água bruta (kg/d)

Condição 1a	1335,86
Condição 1b	2639,56
Condição 1c	3279,74
Condição 2a	695,38
Condição 2b	1374,02
Condição 2c	1707,26

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02

MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - CENÁRIOS MASSA SECA PARA BAGS

Massa seca de lodo: produtos químicos

	Condição a (21,18 uT)	Condição b (41,85 uT)	Condição c (52 uT)
Dosagem de sulfato de alumínio (mg/L)	30	40	40
Dosagem de CAP (mg/L)	5	10	10
Dosagem de geocálcio (mg/L)	15	20	20
Massa seca de lodo produtos químicos (mg/L)	746,34	1205,36	1205,36

E.58

Massa seca total (kg/d)

Condição 1a	2082,20
Condição 1b	3844,92
Condição 1c	4485,10
Condição 2a	1441,72
Condição 2b	2579,38
Condição 2c	2912,62

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - BAGS**

<i>BAGS</i>		REFERÊNCIA		
Número de bags (un.)	6			
Volume de um bag (m ³)	440			
Características dos bags				
Massa específica do lodo (t/m ³)	1,15			
Concentração de sólidos no lodo desaguado (kg/L ou t/m ³)	0,15			
C _{SST} , lodo (g/L)	150			
C _{SST} , água clarificada (g/L)	0,01			
C _{SST} , afluente aos bags g/L	15,00			
Volume do bag (m ³)	440			
Nº de bags (un.)	6			
Comprimento (m)	30			
Largura (m)	8,3			
Área necessária por bag (m ²)	249			
Área necessária total (m ²)	1494			
Área de implantação dos bags adotada (m ³)	2198,35			
Condição crítica		Condição c (mês crítico) - março/16)	Condição b (4 meses críticos - 24/12/15 a 24/04/16)	Condição a (ano crítico - out/15 a out/16)
Vazão (L/s)	730	730	730	730

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - BAGS**

Turbidez (uT)	52	41,85	21,18
Massa seca do lodo gerado (kg/d)	4485,1	3844,9	2082,2
Volume diário de lodo gerado (m ³)	26,0	22,3	12,1
Período de atendimento 1 bag (d)	16,9	19,7	36,5
Nro bags por ano (un.)	21,57	18,49	10,01
Período de atendimento (todos os bags) (d)	101,54	118,44	218,71
Período de repouso (d)	84,61	98,70	182,26

Vazão de lodo recalcado aos bags (m³/h) 43,58

Vazão de lodo retido nos bags (m³/h) 4,36

Vazão de água recuperada (m³/h) 39,23

Vazão de precipitação nos bags

Chuva (mm/h) 150

Área dos bags (m²) 1563,2

Vazão (m³/h) 39,08

Vazão de água recuperada nos bags

Vazão máxima de água recuperada (m³/h) 78,31

Vazão mínima de água recuperada (m³/h) 39,23

E.74

E.75

E.76

E.77

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - BAGS

plo menos 1 m acima do terreno

11,06918 horas para "encher" do vazio

pag; 354 lodo

75,75758 dias

*AutoCAD

Modelo	Circunferência (m)	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Volume (m³)
MacTube® P18 x L 60	18.30	8.60	60.00	2.30	880.00
MacTube® P18 x L 30	18.30	8.30	30.00	2.30	440.00
MacTube® P13 x L 60	13.70	6.00	60.00	2.10	578.00
MacTube® P13 x L 30	13.70	6.00	30.00	2.10	289.00
MacTube® P09 x L28	9.10	4.00	28.00	2.00	139.00
MacTube® P09 x L15	9.10	4.00	15.00	2.00	75.00
MacTube® P09 x L09	9.10	4.00	9.00	2.00	47.00
MacTube® P06 x L07	6.90	2.00	77.00	1.60	20.00
MacTube® P09 x L22	9.10	4.00	22.00	2.00	110.00
MacTube® P13 x L15	13.70	6.00	15.00	2.10	140.00

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - BAGS

*pico

15 a 20% quando seca	132000	
Sai com 30' 300 kg//m ³	8800	m ³
	202,0202	h
120 dias tempo total, encher e repouso cerca de 60 dias de repouso	8,417508	dias

kg/ano

5,232109

6 bags por ano

mínimo 4 bags em paralelo

[prof 22/01](#)

Autocad

Adimensional. P. 272, Livro Creder

Tabela 3.16, pág. 273, Livro Creder, p/ calhas de concreto

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TAR**

TAR		REFERÊNCIA
Volume útil (m ³)	80	
Altura útil (m)	1,02	
Dimensionamento do TAR		
Vazão de água clarificada dos clarificadores (m ³ /h)	81,42	
Vazão de água clarificada dos bags (m ³ /h)	39,23	
Vazão de precipitação nos bags (m ³ /h)	39,08	
Vazão afluyente total (m ³ /h)	159,73	
TDH (min)	30,00	
Volume útil calculado (m ³)	79,86	
Volume útil adotado (m ³)	80	
Diâmetro adotado (m ²)	10,00	
Altura útil calculada (m)	1,02	
Volume bombeado (m ³ /h)	159,73	

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TAR**

Tempo (min)	Volume de água clarificada dos Clarificadores/A densadores (m ³)	Volume de água clarificada dos bags (m ³)	Volume de chuva (m ³)	Volume acumulado total de água clarificada (m ³)	Volume bombeado (m ³)	Volume bombeado acumulado (m ³)
0	0	0	0,00	0,00	0	0
10	13,57	6,54	6,51	26,62	26,62	26,62
20	13,57	6,54	6,51	53,24	26,62	53,24
30	13,57	6,54	6,51	79,86	26,62	79,86
40	13,57	6,54	6,51	106,48	26,62	106,48
50	13,57	6,54	6,51	133,11	26,62	133,11
60	13,57	6,54	6,51	159,73	26,62	159,73
70	13,57	6,54	6,51	186,35	26,62	186,35
80	13,57	6,54	6,51	212,97	26,62	212,97
90	13,57	6,54	6,51	239,59	26,62	239,59
100	13,57	6,54	6,51	266,21	26,62	266,21
110	13,57	6,54	6,51	292,83	26,62	292,83
120	13,57	6,54	6,51	319,45	26,62	319,45
130	13,57	6,54	6,51	346,08	26,62	346,08
140	13,57	6,54	6,51	372,70	26,62	372,70
150	13,57	6,54	6,51	399,32	26,62	399,32
160	13,57	6,54	6,51	425,94	26,62	425,94
170	13,57	6,54	6,51	452,56	26,62	452,56
180	13,57	6,54	6,51	479,18	26,62	479,18
190	13,57	6,54	6,51	505,80	26,62	505,80
200	13,57	6,54	6,51	532,42	26,62	532,42
210	13,57	6,54	6,51	559,05	26,62	559,05
220	13,57	6,54	6,51	585,67	26,62	585,67

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TAR**

230	13,57	6,54	6,51	612,29	26,62	612,29
240	13,57	6,54	6,51	638,91	26,62	638,91
250	13,57	6,54	6,51	665,53	26,62	665,53
260	13,57	6,54	6,51	692,15	26,62	692,15
270	13,57	6,54	6,51	718,77	26,62	718,77
280	13,57	6,54	6,51	745,39	26,62	745,39
290	13,57	6,54	6,51	772,02	26,62	772,02
300	13,57	6,54	6,51	798,64	26,62	798,64
310	13,57	6,54	6,51	825,26	26,62	825,26
320	13,57	6,54	6,51	851,88	26,62	851,88
330	13,57	6,54	6,51	878,50	26,62	878,50
340	13,57	6,54	6,51	905,12	26,62	905,12
350	13,57	6,54	6,51	931,74	26,62	931,74
360	13,57	6,54	6,51	958,36	26,62	958,36
370	13,57	6,54	6,51	984,99	26,62	984,99
380	13,57	6,54	6,51	1011,61	26,62	1011,61
390	13,57	6,54	6,51	1038,23	26,62	1038,23
400	13,57	6,54	6,51	1064,85	26,62	1064,85
410	13,57	6,54	6,51	1091,47	26,62	1091,47
420	13,57	6,54	6,51	1118,09	26,62	1118,09
430	13,57	6,54	6,51	1144,71	26,62	1144,71
440	13,57	6,54	6,51	1171,33	26,62	1171,33
450	13,57	6,54	6,51	1197,96	26,62	1197,96
460	13,57	6,54	6,51	1224,58	26,62	1224,58
470	13,57	6,54	6,51	1251,20	26,62	1251,20
480	13,57	6,54	6,51	1277,82	26,62	1277,82
490	13,57	6,54	6,51	1304,44	26,62	1304,44
500	13,57	6,54	6,51	1331,06	26,62	1331,06
510	13,57	6,54	6,51	1357,68	26,62	1357,68
520	13,57	6,54	6,51	1384,30	26,62	1384,30
530	13,57	6,54	6,51	1410,93	26,62	1410,93

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TAR**

540	13,57	6,54	6,51	1437,55	26,62	1437,55
550	13,57	6,54	6,51	1464,17	26,62	1464,17
560	13,57	6,54	6,51	1490,79	26,62	1490,79
570	13,57	6,54	6,51	1517,41	26,62	1517,41
580	13,57	6,54	6,51	1544,03	26,62	1544,03
590	13,57	6,54	6,51	1570,65	26,62	1570,65
600	13,57	6,54	6,51	1597,27	26,62	1597,27
610	13,57	6,54	6,51	1623,90	26,62	1623,90
620	13,57	6,54	6,51	1650,52	26,62	1650,52
630	13,57	6,54	6,51	1677,14	26,62	1677,14
640	13,57	6,54	6,51	1703,76	26,62	1703,76
650	13,57	6,54	6,51	1730,38	26,62	1730,38
660	13,57	6,54	6,51	1757,00	26,62	1757,00
670	13,57	6,54	6,51	1783,62	26,62	1783,62
680	13,57	6,54	6,51	1810,24	26,62	1810,24
690	13,57	6,54	6,51	1836,87	26,62	1836,87
700	13,57	6,54	6,51	1863,49	26,62	1863,49
710	13,57	6,54	6,51	1890,11	26,62	1890,11
720	13,57	6,54	6,51	1916,73	26,62	1916,73
730	13,57	6,54	6,51	1943,35	26,62	1943,35
740	13,57	6,54	6,51	1969,97	26,62	1969,97
750	13,57	6,54	6,51	1996,59	26,62	1996,59
760	13,57	6,54	6,51	2023,21	26,62	2023,21
770	13,57	6,54	6,51	2049,84	26,62	2049,84
780	13,57	6,54	6,51	2076,46	26,62	2076,46
790	13,57	6,54	6,51	2103,08	26,62	2103,08
800	13,57	6,54	6,51	2129,70	26,62	2129,70
810	13,57	6,54	6,51	2156,32	26,62	2156,32
820	13,57	6,54	6,51	2182,94	26,62	2182,94
830	13,57	6,54	6,51	2209,56	26,62	2209,56
840	13,57	6,54	6,51	2236,18	26,62	2236,18

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TAR**

850	13,57	6,54	6,51	2262,81	26,62	2262,81
860	13,57	6,54	6,51	2289,43	26,62	2289,43
870	13,57	6,54	6,51	2316,05	26,62	2316,05
880	13,57	6,54	6,51	2342,67	26,62	2342,67
890	13,57	6,54	6,51	2369,29	26,62	2369,29
900	13,57	6,54	6,51	2395,91	26,62	2395,91
910	13,57	6,54	6,51	2422,53	26,62	2422,53
920	13,57	6,54	6,51	2449,15	26,62	2449,15
930	13,57	6,54	6,51	2475,78	26,62	2475,78
940	13,57	6,54	6,51	2502,40	26,62	2502,40
950	13,57	6,54	6,51	2529,02	26,62	2529,02
960	13,57	6,54	6,51	2555,64	26,62	2555,64
970	13,57	6,54	6,51	2582,26	26,62	2582,26
980	13,57	6,54	6,51	2608,88	26,62	2608,88
990	13,57	6,54	6,51	2635,50	26,62	2635,50
1000	13,57	6,54	6,51	2662,12	26,62	2662,12
1010	13,57	6,54	6,51	2688,75	26,62	2688,75
1020	13,57	6,54	6,51	2715,37	26,62	2715,37
1030	13,57	6,54	6,51	2741,99	26,62	2741,99
1040	13,57	6,54	6,51	2768,61	26,62	2768,61
1050	13,57	6,54	6,51	2795,23	26,62	2795,23
1060	13,57	6,54	6,51	2821,85	26,62	2821,85
1070	13,57	6,54	6,51	2848,47	26,62	2848,47
1080	13,57	6,54	6,51	2875,09	26,62	2875,09
1090	13,57	6,54	6,51	2901,72	26,62	2901,72
1100	13,57	6,54	6,51	2928,34	26,62	2928,34
1110	13,57	6,54	6,51	2954,96	26,62	2954,96
1120	13,57	6,54	6,51	2981,58	26,62	2981,58
1130	13,57	6,54	6,51	3008,20	26,62	3008,20
1140	13,57	6,54	6,51	3034,82	26,62	3034,82
1150	13,57	6,54	6,51	3061,44	26,62	3061,44

PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO, VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA, E STR DA ETA DE ARARAS-SP



**RELATÓRIO PARCIAL - ETAPA 02
MEMÓRIA DE CÁLCULO - STR - TAR**

1160	13,57	6,54	6,51	3088,06	26,62	3088,06
1170	13,57	6,54	6,51	3114,69	26,62	3114,69
1180	13,57	6,54	6,51	3141,31	26,62	3141,31
1190	13,57	6,54	6,51	3167,93	26,62	3167,93
1200	13,57	6,54	6,51	3194,55	26,62	3194,55
1210	13,57	6,54	6,51	3221,17	26,62	3221,17
1220	13,57	6,54	6,51	3247,79	26,62	3247,79
1230	13,57	6,54	6,51	3274,41	26,62	3274,41
1240	13,57	6,54	6,51	3301,03	26,62	3301,03
1250	13,57	6,54	6,51	3327,66	26,62	3327,66
1260	13,57	6,54	6,51	3354,28	26,62	3354,28
1270	13,57	6,54	6,51	3380,90	26,62	3380,90
1280	13,57	6,54	6,51	3407,52	26,62	3407,52
1290	13,57	6,54	6,51	3434,14	26,62	3434,14
1300	13,57	6,54	6,51	3460,76	26,62	3460,76
1310	13,57	6,54	6,51	3487,38	26,62	3487,38
1320	13,57	6,54	6,51	3514,00	26,62	3514,00
1330	13,57	6,54	6,51	3540,63	26,62	3540,63
1340	13,57	6,54	6,51	3567,25	26,62	3567,25
1350	13,57	6,54	6,51	3593,87	26,62	3593,87
1360	13,57	6,54	6,51	3620,49	26,62	3620,49
1370	13,57	6,54	6,51	3647,11	26,62	3647,11
1380	13,57	6,54	6,51	3673,73	26,62	3673,73
1390	13,57	6,54	6,51	3700,35	26,62	3700,35
1400	13,57	6,54	6,51	3726,97	26,62	3726,97
1410	13,57	6,54	6,51	3753,60	26,62	3753,60
1420	13,57	6,54	6,51	3780,22	26,62	3780,22
1430	13,57	6,54	6,51	3806,84	26,62	3806,84
1440	13,57	6,54	6,51	3833,46	26,62	3833,46



ANEXO 2

FORMULÁRIO

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
Área retangular	$A = L \cdot b$ <p>em que: A: área (m²); L: comprimento (m); b: largura (m).</p>	-	E.1
Taxa de filtração	$T = \frac{Q \cdot 86400}{N_f \cdot A_f}$ <p>em que: T: Taxa de filtração (m³/m²/d); Q: vazão (m³/s); N_f: número de filtros; A_f: área filtrante por filtro (m²).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.2
Coeficiente de desuniformidade	$CD = \frac{D60}{D10}$ <p>em que: CD: coeficiente de desuniformidade; D60: tamanho dos grãos correspondente à porcentagem de 60% em peso; D10: tamanho dos grãos correspondente à porcentagem de 10% em peso;</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.3

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
Porosidade	$\xi_0 = \frac{\rho_s - \rho_{ap}}{\rho_s}$ <p>em que: ξ_0: porosidade; ρ_s: massa específica real (kg/m³); ρ_{ap}: massa específica aparente (kg/m³).</p>	-	E.4
Expansão da camada do material granular	$E(\%) = \frac{\varepsilon_{ex} - \varepsilon_0}{1 - \varepsilon_{ex}} \cdot 100$	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.5
Equação de Dharmarajad e Clesby	$\log \left[\frac{\varepsilon_{ex}^3 \cdot \rho_a \cdot (\rho_s - \rho_a) \cdot g \cdot Ce^3 \cdot D_{gi}^3}{6^3 \cdot (1 - \varepsilon_{ex})^2 \cdot \mu^2} \right] = 0,5654 +$ $+ 10935 \cdot \log \left[\frac{\rho_a \cdot V_\infty \cdot Ce \cdot D_{gi}}{6 \cdot (1 - \varepsilon_{ex}) \cdot \mu} \right] + 0,1798 \cdot \left[\log \left(\frac{\rho_a \cdot V_\infty \cdot Ce \cdot D_{gi}}{6 \cdot (1 - \varepsilon_{ex}) \cdot \mu} \right) \right]^2$ $- 1,5 \cdot (\log Ce)^2 - 0,00392 \cdot \left[\log \left(\frac{\rho_a \cdot V_\infty \cdot Ce \cdot D_{gi}}{6 \cdot (1 - \varepsilon_{ex}) \cdot \mu} \right) \right]^4$ <p>em que: ε_x: porosidade da camada filtrante expandida; ρ_a: massa específica da água (kg/m³); ρ_s: massa específica do material filtrante (kg/m³); g: aceleração da gravidade (9,81 m/s²); Ce: coeficiente de esfericidade; D_{gi}: média geométrica entre os tamanhos das aberturas de duas peneiras consecutivas da subcamada i (m); μ: viscosidade absoluta da água (N.s/m²); V_∞: velocidade de aproximação (m/s).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.6

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
Diâmetro equivalente	$D_{equi} = \sqrt{D_{mín} * D_{máx}}$ <p>em que: D_{equi}: diâmetro equivalente (m); $D_{mín}$: diâmetro mínimo dos grãos (m); $D_{máx}$: diâmetro máximo dos grãos (m).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.7
Porosidade do meio granular expandido	$\epsilon_{ex} = 1 - \frac{1}{\frac{X_i}{(1 - \epsilon_{exi})}}$ <p>em que: X_i: fração, em peso, de cada subcamada do meio granular, entre peneiras consecutivas da série granulométrica ($X_i=1$, para meio granular uniforme); ϵ_{exi}: porosidade da camada filtrante expandida ($\epsilon_{exi} = \epsilon_{ex}$, para meio granular uniforme, ou seja, $i = 1$).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.8
Espessura da camada filtrante expandida	$L_{fe} = L_{f0} \cdot \left(\frac{1 - \epsilon_0}{1 - \epsilon_e} \right)$ <p>em que: L_{fe}: espessura da camada filtrante expandida (m); L_{f0}: espessura da camada filtrante limpa; ϵ_0: porosidade da camada filtrante; ϵ_e: porosidade da camada expandida.</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.9

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
Porcentagem de expansão	$E(\%) = \frac{L_{fe} - L_{f0}}{L_{f0}} \cdot 100$ <p>E(%): porcentagem de expansão; L_{fe}: espessura da camada filtrante expandida (m); L_{f0}: espessura da camada filtrante limpa;</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.10
Perda de carga na entrada do filtro	$h = \left(\frac{1}{(C_d)^2} - 1 \right) \cdot \frac{1}{2 \cdot g \cdot A_c^2} \cdot Q^2$ <p>em que: h: perda de carga (m); C_d: coeficiente de descarga (0,61); A_c: área da comporta (m²); Q: vazão (m³/s); g: aceleração da gravidade (9,81 m/s²).</p>	AZEVEDO NETTO, J. M. <i>et al.</i> Manual de Hidráulica. 8ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1998	E.11
Perda de carga no meio filtrante limpo estratificado	$h_2 = 150 \cdot \frac{\mu_a}{\rho_a \cdot g} \cdot \frac{(1 - \epsilon)^2 \cdot V_\infty}{\epsilon^3 \cdot C_e^2} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{D_{eqi}^2} + 1,75 \cdot \frac{(1 - \epsilon) \cdot V_\infty^2}{g \cdot C_e \cdot \epsilon^3} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{D_{eqi}}$ <p>ou</p> $h_2 = 150 \cdot \frac{\mu_a}{\rho_a \cdot g} \cdot \frac{(1 - \epsilon)^2 \cdot Q}{\epsilon^3 \cdot C_e^2 \cdot A} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{D_{eqi}^2} + 1,75 \cdot \frac{(1 - \epsilon) \cdot Q^2}{g \cdot C_e \cdot \epsilon^3 \cdot A^2} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{D_{eqi}}$ <p>em que: h: perda de carga (m); μ: viscosidade absoluta da água (N.s/m²); V_∞: velocidade de aproximação (m/s);</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.12

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	<p>g: aceleração da gravidade (9,81 m/s²); ρ_a: massa específica da água (kg/m³); ε₀: porosidade da camada filtrante; C_e: coeficiente de esfericidade; L_f: espessura da camada (m); X_i: fração correspondente à subcamada i; D_{g_i}: média geométrica entre os tamanhos das aberturas de duas peneiras consecutivas da subcamada i (m); T: taxa de filtração (m³/m²/d).</p>		
Comprimento equivalente	$L_{eq} = n^{\circ} \text{diâmetro} \cdot D$ <p>em que: L_{eq}: comprimento equivalente (m); n[°] diâmetro: comprimento expresso em número de diâmetros; D: diâmetro (m).</p>	AZEVEDO NETTO, J. M. <i>et al.</i> Manual de Hidráulica. 8ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1998	E.13
Comprimento equivalente total	$L_t = L + L_{eq}$ <p>em que: L_t: comprimento equivalente total (m); L_{eq}: comprimento equivalente (m); L: comprimento efetivo (m).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.14
Perda de carga em tubulações (Hazen-Williams)	$h = 10,643 \cdot \frac{Q^{1,85} \cdot L_t}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$ <p>em que:</p>	AZEVEDO NETTO, J. M. <i>et al.</i> Manual de Hidráulica. 8ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1998	E.15

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	<p>h: perda de carga (m); Q: vazão (m³/s); L_t: comprimento total (m); C: coeficiente de Hazen-Williams D: diâmetro (m)</p>		
Área da circunferência	$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$ <p>em que: A: área (m²); D: diâmetro (m).</p>	-	E.16
Perda de carga na válvula borboleta	$h = \frac{k}{2 \cdot g \cdot A_{vb}^2} \cdot Q^2$ <p>em que: h: perda de carga (m); k: coeficiente de perda de carga em função do ângulo de fechamento da válvula (δ); g: aceleração da gravidade (9,81 m/s²); A_{vb}: área da válvula borboleta (m²); Q: vazão (m³/s).</p>	SAINT-GOBAIN, Catálogo Saint-Gobain Canalização, 2015	E.17
Perda de carga	$h = \frac{1}{(1,838 \cdot L)^{2/3}} \cdot Q^{2/3}$ <p>em que: h: perda de carga (m); L: largura da crista do vertedor (m);</p>	Adaptado de AZEVEDO NETTO, J. M. et al. Manual de Hidráulica. 8ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1998	E.18

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	Q: vazão (m³/s); T: taxa de filtração (m³/m²/d).		
Perda de carga em orifício	$K = \left(1 + 0,707 \cdot \sqrt{\frac{1 - d^2}{D^2} - \frac{d^2}{D^2}} \right) \cdot \left(\frac{D}{d} \right)^4$ <p>em que: K: perda de carga em orifício; D: diâmetro interno da canalização (m); d: diâmetro equivalente a área total dos orifícios (m).</p>	Adaptado de IDELCIK, I. E. Memendo des Pertes de Charge. Paris: Eyrolles, 1960.	E.19
Velocidade	$V = \frac{Q}{A}$ <p>em que: V: velocidade (m/s); Q: vazão (m³/s); A: área (m²).</p>	-	E.20
Perda de carga fórmula universal	$\Delta h = \frac{K \cdot V^2}{2 \cdot g}$ <p>em que: h: perda de carga (m); k: coeficiente de perda de carga; V: velocidade (m/s); g: aceleração da gravidade (9,81 m/s²).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.21
Rugosidade relativa	$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{D_H}$ <p>em que: ε_r: rugosidade relativa da parede; ε: rugosidade absoluta da parede (mm);</p>	Adaptado de IDELCIK, I. E. Memendo des Pertes de Charge. Paris: Eyrolles, 1960.	E.22

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	D_H : diâmetro hidráulico (mm).		
Número de Reynolds	$Rey = \frac{v D}{\nu}$ <p>em que: v: velocidade de escoamento (m/s); ν: viscosidade cinemática da água = $1,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.</p>	AZEVEDO NETTO, J. M. <i>et al.</i> Manual de Hidráulica. 8ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1998	E.23
Coefficiente de perda de carga	$k_f = \lambda \left(1 + \frac{L_1}{b_1} \right)$ <p>em que: k_f: coeficiente de perda de carga; λ: coeficiente que correlaciona número de Reynold e coeficiente de rugosidade pelo diâmetro hidráulico da seção; L_1: Comprimento interno entre as paredes da curva; b_1: Comprimento interno do canal na curva.</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.24
Coefficiente global de perda de carga	$K = C_1 \cdot K_{re} \cdot K_m + k_f$ <p>em que: K: coeficiente global de perda de carga; C_1: coeficiente de forma, de acordo com a geometria do canal a jusante; K_{re}: coeficiente de correção devido à característica do escoamento, em função do número de Rey; K_m: coeficiente de perda de carga da singularidade; k_f: coeficiente de perda de carga.</p>		E.25
Gradiente de velocidade médio nas malhas	$G_{med} = \sqrt{\frac{0,55 \cdot \gamma \cdot v_{emm}^3 \cdot (1 - \epsilon^2)}{8 \cdot g \cdot \mu \cdot e_f \cdot \epsilon^2}}$	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento	E.26

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	<p>em que: G_{med}: gradiente de velocidade médio nas malhas (s^{-1}); γ: peso específico da água (N/m^3); v_{emm}: velocidade média de escoamento da água a montante da malha (m/s); ϵ: porosidade da malha quadrada; g: aceleração da gravidade ($9,81 m/s^2$); e_f: espaçamento entre os eixos dos fios da malha (m).</p>	de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017	
Perda de carga nas malhas	$\Delta h_{mf} = \frac{0,55 \cdot v_{emm}^2}{2 \cdot g} \cdot \left(\frac{1 - \epsilon^2}{\epsilon^2} \right)$ <p>em que: Δh_{mf}: perda de carga na malha (m); v_{emm}: velocidade média de escoamento da água a montante da malha (m/s); g: aceleração da gravidade ($9,81 m/s^2$); ϵ: porosidade da malha quadrada.</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017	E.27
Raio hidráulico	$R_h = \frac{A_m}{P_m}$ <p>em que: R_h: raio hidráulico (m); A_m: área molhada (m^2); P_m: perímetro molhado (m).</p>	-	E.28
Perda de carga	$h_{canal} = L \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{A \cdot R_h^{2/3}} \right)^2$ <p>em que:</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.29

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	h: perda de carga (m); L: comprimento do canal (m); n: número de Manning (0,013); Q: vazão (m ³ /s); A: área (m ²); R _h : raio hidráulico (m).		
Diâmetro hidráulico	$D_h = 2 \cdot \frac{a_1 b_1}{(a_1 + b_1)}$ Dh: diâmetro hidráulico (m); Rh: raio hidráulico (m); A1: altura da lâmina de água a montante à singularidade (m); B1: largura do canal a montante à singularidade (m).	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.30
Volume mínimo necessário para o tempo de contato	$V = t \cdot Q \cdot 60$ em que: V: volume mínimo necessário para o tempo de contato (m ³); t: tempo de contato (min); Q: vazão (m ³ /s).		E.31
Volume	$V = A \cdot H$ em que: V: volume (m ³); A: área (m ²); H: altura (m).	-	E.32
Coeficiente global de perda de carga	$K = C_1 \cdot K\Delta \cdot K_m$ em que: K: coeficiente global de perda de carga;	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento	E.33

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	C1: coeficiente de forma, de acordo com a geometria do canal a jusante; KΔ: coeficiente de correção devido à rugosidade, em função do número de Reynolds e de Er; Km: coeficiente de perda de carga da singularidade;	de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	
Expressão geral das perdas localizadas	$h = \frac{k \cdot V^2}{2 \cdot g}$ <p>em que: h: perda de carga (m); k: coeficiente adimensional que depende da geometria da conexão, do número de Reynolds, da rugosidade da parede e, em alguns casos, das condições de escoamento, como a distribuição de vazão em uma ramificação; V: velocidade (m/s); g: aceleração da gravidade (9,81 m/s²).</p>	PORTO, R. M. Hidráulica Básica. 1ª Edição, São Carlos: Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP, 1998	E.34
Altura no interior da calha	$hint. calha = \frac{Q^{2/3}}{1,38 * 0,4}$		E.35
Número de Galileu	$Ga = \frac{D_{eq}^3 \cdot \rho_a \cdot (\rho_s - \rho_a) \cdot g}{\mu^2}$ <p>em que: Ga: número de Galileu; D_{eq}: tamanho equivalente dos grãos do meio granular ou tamanho do maior grão (m); ρ_a: massa específica da água (kg/m³); ρ_s: massa específica do material filtrante (kg/m³); g: aceleração da gravidade (9,81 m/s²); μ: viscosidade absoluta da água (N.m/s²).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.36

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
Velocidade mínima de fluidificação	$V_{mf} = \left(\frac{\mu}{\rho_a \cdot D_{eq}} \right) \cdot \left[\sqrt{(33,7)^2 + 0,0408 \cdot Ga} - 33,7 \right]$ <p>em que: V_{mf}: velocidade mínima de fluidificação (m/s); μ: viscosidade absoluta da água (N.m/s²); ρ_a: massa específica da água (kg/m³); D_{eq}: tamanho equivalente dos grãos do meio granular ou tamanho do maior grão (m); Ga: número de Galileu.</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.37
Diâmetro equivalente	$D_{equi} = \sqrt{D_{min} \cdot D_{max}}$ <p>em que: D_{equi}: diâmetro equivalente (m); D_{min}: diâmetro mínimo dos grãos (m); D_{max}: diâmetro máximo dos grãos (m).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.38
Equação de Dharmarajad e Clesby	$\log \left[\frac{\epsilon_{ex}^3 \cdot \rho_a \cdot (\rho_s - \rho_a) \cdot g \cdot Ce^3 \cdot D_{gi}^3}{6^3 \cdot (1 - \epsilon_{ex})^2 \cdot \mu^2} \right] = 0,5654 +$ $+ 10935 \cdot \log \left[\frac{\rho_a \cdot V_{\infty} \cdot Ce \cdot D_{gi}}{6 \cdot (1 - \epsilon_{ex}) \cdot \mu} \right] + 0,1798 \cdot \left[\log \left(\frac{\rho_a \cdot V_{\infty} \cdot Ce \cdot D_{gi}}{6 \cdot (1 - \epsilon_{ex}) \cdot \mu} \right) \right]^2$ $- 1,5 \cdot (\log Ce)^2 - 0,00392 \cdot \left[\log \left(\frac{\rho_a \cdot V_{\infty} \cdot Ce \cdot D_{gi}}{6 \cdot (1 - \epsilon_{ex}) \cdot \mu} \right) \right]^4$ <p>em que: ϵ_x: porosidade da camada filtrante expandida; ρ_a: massa específica da água (kg/m³); ρ_s: massa específica do material filtrante (kg/m³);</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.39

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	<p>g: aceleração da gravidade (9,81 m/s²); Ce: coeficiente de esfericidade; D_{gi}: média geométrica entre os tamanhos das aberturas de duas peneiras consecutivas da subcamada i (m); μ: viscosidade absoluta da água (N.s/m²); V_∞: velocidade de aproximação (m/s).</p>		
Perda de carga nas camadas expandidas	$h = \frac{L_{fe} \cdot (\rho_s - \rho_a) \cdot (1 - \varepsilon_e)}{\rho_a}$ <p>em que: h: perda de carga (m); L_{fe}: espessura da camada de areia expandida (m); ρ_s: massa específica do meio filtrante (2650 kg/m³ para a areia e 1650 kg/m³ para o antracito); ρ_a: massa específica da água (998,2 kg/m³ a 20°C); ε_e: porosidade da camada de areia expandida.</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.40
Expansão total do meio filtrante	$E_{tot.} = L_{fe_{areia}} + L_{fe_{antracito}}$ <p>em que: E_{tot.}: expansão total do meio filtrante (m); L_{fe_{areia}}: espessura da camada de areia expandida (m); L_{fe_{antracito}}: espessura da camada de antracito expandido (m).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.41
Vazão de lavagem	$Q_{lav} = n^o_{boc.} \cdot Q_{boc.}$ <p>em que: Q_{lav}: vazão de lavagem (m³/s); n^o boc: número de bocais; Q_{boc}: vazão por bocal (m³/h).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.42

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
Altura manométrica	$H_{man} = H_g + (h_{tot.suc.} + h_{tot.rec.}) \cdot Q^{1,85}$ <p>em que: Hman: altura manométrica (m); Hg: altura da geratriz (m); Htot.suc.: perda de carga total na sucção (m); Htot.rec.: perda de carga total no recalque (m); Q: vazão (m³/h).</p>		E.43
NPSH _{disponível}	$N. P. S. H_d = \frac{p_a - p_v}{\gamma} + Z - \Delta h_s$ <p>em que: N.P.S.H_d: NPSH disponível; p_a/γ: pressão atmosférica (mca); p_v/γ: pressão de vapor (mca); Z: altura estática de sucção (m); Δh_s: somatório de todas as perdas de carga até a entrada da bomba - praticamente desprezível para este modelo de bomba (m).</p>	PORTO, R. M. Hidráulica Básica. 1ª Edição, São Carlos: Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP, 1998	E.44
Pressão atmosférica local	$P_{atmlocal} = P_{atmmar} \cdot (1 - 2,25569 \cdot 10^{-5} \cdot H_{local})^{5,275}$ <p>em que: P_{atmlocal}: pressão atmosférica no local para t = 0°C (kPa); P_{atmmar}: pressão atmosférica ao nível do mar para t = 0°C (101,325 kPa); H_{local}: altitude local.</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.45
Massa específica do ar no local	$\rho_{atmlocal} = \frac{\rho_{atmmar} \cdot P_{atmlocal}}{P_{atmmar}}$ <p>em que: ρ_{atmlocal}: massa específica do ar no local para t = 0°C (kg/m³); ρ_{atmmar}: massa específica do ar ao nível do mar para t = 0°C (1,2922 kg/m³);</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.46

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	<p>$P_{atmlocal}$: pressão atmosférica no local para $t = 0^{\circ}C$ (kPa); P_{atmmar}: pressão atmosférica ao nível do mar para $t = 0^{\circ}C$ (101,325 kPa).</p>		
Taxa de aplicação de ar	$T_{ar} = \frac{Q_{ar}}{A_f}$ <p>em que: T_{ar}: taxa de aplicação de ar (L/s.m²); Q_{ar}: vazão de ar para lavagem (L/s); A_f: área filtrante (m²).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.47
Temperatura no ponto 2	$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K_{ar}-1}{K_{ar}}}$ <p>em que: T_1: temperatura em 1 (K); T_2: temperatura em 2 (K); P_1: pressão atmosférica no ponto 1 (kPa); P_2: pressão atmosférica no ponto 2 (kPa); K_{ar}: coeficiente que depende da unidade do ar ($\approx 1,4$)</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.48
Vazão de ar no ponto 2	$\frac{P_2 \cdot Q_2}{T_2} = \frac{P_1 \cdot Q_1}{T_1}$ <p>em que: P_1: pressão atmosférica no ponto 1 (kPa); Q_1: vazão de ar no ponto 1 (m³/s); T_1: temperatura em 1 (K); P_2: pressão atmosférica no ponto 2 (kPa); Q_2: vazão de ar no ponto 2 (m³/s); T_2: temperatura em 2 (K);</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.49

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
Fluxo de ar	$G_{ar} = Q_{ar} \cdot \rho_{ar}$ em que: G _{ar} : fluxo de ar (kg/s); Q _{ar} : vazão de ar (m ³ /s); ρ _{ar} : massa específica do ar (kg/m ³).	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.50
Vazão de ar por bocal	$Q_{bocal} = \frac{Q_{ar}}{n^{o}_{crep.}}$ em que: Q _{bocal} : vazão de ar por bocal (L/s); Q _{ar} : vazão de ar (L/s); n ^o _{crep.} : número de crepinas por filtro;	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.51
Perda de carga em função da vazão de ar por bocal	$y = 86,071 \cdot x^2 + 17,467 \cdot x + 5,828$	Curva de perda de carga x vazão de ar por bocal do catálogo do fabricante de bocais para lavagem com água e ar, Hidro Solo	E.52
Pressão atmosférica no ponto 2	$P_2 = P_1 + H_{12} \cdot \gamma_{\text{água}}$ em que: P ₁ : pressão atmosférica no ponto 1 (kPa); P ₂ : pressão atmosférica no ponto 2 (kPa); H ₁₂ : altura de água entre 1 e 2 (m); γ _{água} : peso específico da água (N/m ³).	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.53
Coeficiente	$\delta = 0,000507 + \frac{0,00001294}{D_i}$ em que: δ: coeficiente; D _i : diâmetro interno da tubulação (m).	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.54

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
Perda de carga na tubulação de veiculação de ar	$h = \frac{32,5 \cdot \rho_{ar} \cdot Q_{ar}^2 \cdot L_t \cdot \delta}{D_h^5 \cdot \gamma_{água}}$ <p>em que: h: perda de carga (m); Q_{ar}: vazão de ar (m³/s); ρ_{ar}: massa específica do ar (kg/m³); γ_{água}: peso específico da água (N/m³); L_t: comprimento equivalente total (m); D_h: diâmetro hidráulico (m); δ: fator definido pela equação:</p> $\delta = 0,000507 + \frac{0,00001294}{D_h}$	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.55
Concentração de sólidos suspensos totais	$SST = a \cdot T$ <p>em que: SST: Concentração de sólidos suspensos totais da água bruta(mg/L); a: Fator experimental que relaciona concentração de sólidos suspensos totais e turbidez (mg/L/uT); T: Turbidez da água bruta (uT)</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.-	E.56
Massa seca de sólidos afluyente à ETA	$P_{SST\ bruta} = Q \times SST$ <p>P_{SST bruta}: massa seca de sólidos afluyente na água bruta (mg/L); Q: vazão de água bruta afluyente à ETA (m³/d); SST: concentração de sólidos suspensos na água bruta (mg SST/L).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017	E.57
Produção de massa seca devido aos químicos	$P_{SST\ químicos} = Q \times 4,89D_{Al} \times +SST + DCAP + 0,1Dcal). 10^{-3}$ <p>P_{SST químicos}: massa seca de sólidos devido aos produtos químicos (mg/L);</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.58

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	<p>Q: vazão de água bruta afluyente à ETA (m³/d); D_{Fe}: dosagem de alumínio (mg Al/L); SST: concentração de sólidos suspensos totais na água a ser tratada (mg/L); DCAP: Dosagem de carvão ativado pulverizado (mg/L); Dcal: dosagem de cal hidratada (mg/L)</p>		
Produção de massa seca total na ETA	$P_{SST} = P_{SST \text{ bruta}} + P_{SST \text{ químicos}}$ <p>P_{SST}: massa seca de sólidos total afluyente ao tratamento (mg/L); P_{SST bruta}: massa seca de sólidos afluyente na água bruta (mg/L); P_{SST químicos}: massa seca de sólidos devido aos produtos químicos (mg/L).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.59
Vazão da água de lavagem dos filtros	$Q_{ALF} = \frac{A_F \cdot v_A}{60}$ <p>em que: Q_{ALF}: vazão da água de lavagem dos filtros (m³/s); A_F: área do filtro em planta (m²); v_A: velocidade ascensional da água de lavagem dos filtros (m/min).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.60
Volume de drenagem	$V_{dren.} = A \cdot (cota_{crista} - cota_{acima})$ <p>em que: V_{dren}: volume de drenagem (m³); A: área de um filtro (m²); Cota_{crista}: cota da crista (m); Cota_{acima}: cota 30 cm acima do meio filtrante (m).</p>		E.61
Volume para lavagem de um filtro	$V_{lav.} = (Q_{lav} \cdot t_{lav} \cdot 60) + V_{dren.}$ <p>em que: V_{lav}: volume para lavagem de um filtro (m³); Q_{lav}: vazão de lavagem (m³/s);</p>		E.62

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	t_{lav} : tempo de lavagem (min); $V_{dren.}$: volume de drenagem (m ³).		
Volume total de água para lavagem	$V_{lav.} = V_{1filt.} \cdot n^{o}_{filt.} \cdot \frac{24}{t}$ em que: $V_{lav.}$: volume total de água para lavagem (m ³); $V_{1filt.}$: volume para lavagem de um filtro (m ³); $n^{o}_{filt.}$: número de filtros na bateria; t : duração da carreira de filtração (60).		E.63
Massa de sólidos suspensos totais retida em todos os decantadores diariamente	$M_{SST}^d = M_{SST} - M_{SST}^f$ em que: M_{SST}^d : massa de sólidos suspensos totais retida em todos os decantadores diariamente (kg); M_{SST} : massa de sólidos suspensos totais gerada diariamente na ETA (kg); M_{SST}^f : massa de sólidos suspensos totais nos filtros (kg).	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.	E.64
Tempo do deslocamento do removedor	$T_{rem.} = t_{perc.} \cdot n^{o}_{pas.}$ em que: $T_{rem.}$: tempo em que há deslocamento do removedor (min); $t_{perc.}$: tempo de percurso (min); $n^{o}_{pas.}$: número de passagens diárias necessárias.		E.65
Vazão de lodo adensado para 1 adensador	$Q_{lodo} = \frac{Q_1 \cdot (C_{TRV} - C_{clar.})}{C_{lodo} - C_{clar.}}$ em que: Q_{lodo} : vazão de lodo adensado para um adensador (m ³ /h); Q_1 : vazão afluyente de 1 clarificador/ adensador (m ³ /h); C_{TRV} : concentração média de SST no TRV (g/L);		E.66

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
	$C_{clar.}$: concentração de SST na água clarificada (g/L); C_{lodo} : concentração do lodo adensado (g/L).		
Vazão de água clarificada para um adensador	$Q_{clar.} = Q_1 - Q_{lodo}$ em que: $Q_{clar.}$: vazão de água clarificada para um adensador (m ³ /h); Q_1 : vazão afluyente de 1 clarificador/ adensador (m ³ /h); Q_{lodo} : vazão de lodo adensado para um adensador (m ³ /h).		E.67
Comprimento da circunferência	$C = 2 \times \pi \times R$ C: comprimento da circunferência (m); R: raio do tanque (m).	-	E.68
Volume do poço de lodo em formato de tronco de pirâmide	$V_{PL} = \frac{h}{3} \cdot (A_B + \sqrt{A_B \cdot A_b} + A_b)$ em que: V_{PL} : volume do poço de lodo em formato de tronco de pirâmide (m ³); h: altura do poço de lodo (m) A_B : área da base maior (m ²); A_b : área da base menor (m ²).	-	E.69
Tempo para enchimento do poço de lodo	$T = \frac{V_{PL}}{Q_{lodo}} \cdot 60$ em que: T: tempo para enchimento do poço de lodo (min); V_{PL} : volume do poço de lodo em formato de tronco de pirâmide (m ³); Q_{lodo} : vazão de lodo adensado para um adensador (m ³ /h);		E.70
Número de descargas por dia	$n^{\circ}_{desc.} = \frac{1440}{T}$ n ^o desc.: número de descargas;		E.71

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência
	T: tempo para enchimento do poço de lodo (min);	
Volume de lodo por dia	$V_{\text{lodo}} = n^{\circ}_{\text{desc.}} \cdot V_{\text{PL}}$ <p>em que: V_{lodo}: volume do poço de lodo por dia (m³); n^o_{desc.}: número de descargas; V_{PL}: volume do poço de lodo em formato de tronco de pirâmide (m³).</p>	E.72
Duração da descarga de um poço de lodo	$D = \frac{V_{\text{PL}}}{Q_{\text{desc.}}}$ <p>em que: D: duração da descarga de um poço de lodo (s); V_p: volume de um poço de lodo (m³); Q_d: vazão de descarga de um poço de lodo (m³/s).</p>	-
Volume médio diário de lodo gerado	$V_{\text{diario}} = \frac{MSST}{\rho_L \cdot CC_{\text{des}}}$ <p>em que: V_{diário}: volume médio diário de lodo (m³); MSST: massa de sólidos suspensos totais (t); ρ_L: massa específica do lodo (adotada 1,15 t/m³); CC_{des}: concentração de sólidos no lodo desaguado (adotado 0,15 t/m³).</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos: Editora LDiBe, 2012.
Período de atendimento de um bag	$Pat. = \frac{Ngt \cdot Vgt}{V_{\text{diário}}}$ <p>em que: Pat: período de atendimento de um bag (d); Ngt: número de bags de geotêxtil (m³); Vgt: volume de 1 bag de geotêxtil (m³); V_{diário}: volume médio diário de lodo (m³)</p>	DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos: Editora LDiBe, 2012.

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DA UNIDADE DE FILTRAÇÃO,
VEICULAÇÃO DE ÁGUA TRATADA AOS RESERVATÓRIOS E SISTEMA DE TRATAMENTO
DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA DE ARARAS**



MEMORIAL DE CÁLCULO - FORMULÁRIO

Parâmetro	Equação	Referência	
Vazão de lodo retido em um <i>bag</i>	$Q_{\text{lodoretido}} = \frac{Q_{\text{entra}} \cdot (C_{\text{entra}} - C_{\text{rec.}})}{C_{\text{lodoretido}} - C_{\text{rec.}}}$ <p>em que: $Q_{\text{lodoretido}}$: vazão de lodo retido em um <i>bag</i> (m³/h); Q_{entra}: vazão afluyente a um <i>bag</i> (m³/h); C_{TRV}: concentração média de SST no afluyente (g/L); $C_{\text{clar.}}$: concentração de SST na água recuperada (g/L); C_{lodo}: concentração média de SST no lodo retido (g/L).</p>		E.76
Vazão de água recuperada de um <i>bag</i>	$Q_{\text{rec.}} = Q_{\text{entra}} - Q_{\text{lodoretido}}$ <p>em que: $Q_{\text{rec.}}$: vazão de água recuperada de um <i>bag</i> (m³/h); Q_{entra}: vazão afluyente a um <i>bag</i> (m³/h); $Q_{\text{lodoretido}}$: vazão de lodo retido em um <i>bag</i> (m³/h).</p>		E.77



ANEXO 3

BOLETIM DOS PONTOS DE SONDAAGEM





SONDAGEM À PERCUSSÃO

Cliente: Hidrosan Engenharia S/S Ltda.

Empreendimento: SAEMA - Araras

Local: Município de Araras – SP

Data: Fevereiro/2019



São Paulo, 08 de Fevereiro de 2019.

À

Hidrosan Engenharia Ltda.

Empreendimento: SAEMA – Araras

Local: Município de Araras - SP

1. SONDAGENS À PERCUSSÃO

As sondagens a percussão foram executadas com tubos de 2 1/2” de diâmetro, e as amostras de solo foram extraídas de metro em metro, ao longo da perfuração. Na extração de amostras do solo foram utilizados o amostrador de 2” de diâmetro interno, do tipo TERZAGHI, tendo observado as resistências oferecidas pelo terreno à cravação do mesmo (Standart Penetracion Test. S.P.T.).

Os índices de resistências à cravação do amostrador permitem avaliar a compacidade e/ou consistência do solo ao longo da perfuração.

As sondagens atingiram profundidades tais, de modo a permitir a solução adequada ao problema de fundações. As profundidades foram limitadas pela ocorrência de matacões, obstruções, rochas não perfuráveis pelo equipamento em questão.

Foram executados 07 furos de sondagem à percussão, totalizando 102,49 metros.

Sendo o que se apresenta para o momento.

Atenciosamente,

SOLOTEC Engenharia Ltda

Eng.º Marcos Monteiro

CREA 0682420194



BOLETINS DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-01

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm											
								10	20	30									
0,10			CAMADA DE ASFALTO COM PRESENÇA DE PEDRAS, MARROM																
10,45	10,56		ARGILA SILTOSA ARENOSA, MUITO MOLE, MARROM AVERMELHADA	S.R.		1 1 1 15 15 15	1	2											
						1 2 1 15 15 15	2	3											
						1 2 2 15 15 15	3	4											
						2 2 1 15 15 15	4	3											
						1 1 1 15 15 15	5	2											
						1 1 2 15 15 15	6	3											
						1 1 1 15 15 15	7	2											
						1 2 1 15 15 15	8	3											
						1 2 2 15 15 15	9	4											
						1 2 1 15 15 15	10	3											
						3 5 8 15 15 15	11						13						
						5 7 15 15 15 15	12						22						
						11 15 20 15 15 15	13												35
						14 19 33 15 15 15	14												>40
						18 29 46 15 15 15	15												>40
						26 38 56 15 15 15	16												>40
			FINAL DO FURO																

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	16:35	10,78	T. Cavadeira	0,00	6,00	Profun. de Início (m) : --	LEGENDA:
2	16:45	10,62	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : --	-S.R.- SOLO RESIDUAL
3	16:55	10,45	Lavagem	6,45	16,45	Estagio 2 (cm) : --	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
						Estagio 3 (cm) : --	PROFUNDIDADE ATINGIDA ESTABELECIDA PELO CLIENTE.
DATA DE INICIO		05/02/2019	COORD. N:		7525678,5622	COTA 657,00 m	
TÉRMINO		05/02/2019	E:		253191,7706		

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO	
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.	
LOCAL		Município de Araras - SP	
OBRA		Saema - Araras	
DESENHISTA		ESCALA	
Daniella		1 : 100	
DATA		DESENHO N°	
08/02/2019			



Rua Cenobelino Serra, 253
Vila Sônia - SP
CEP 05518-010

Telefax (0xx11)37423005
e-mail: solotec@solotec.br

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-02

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	SPT últimos 30cm		
							A	M	
							10	20	30
	0,15		CAMADA DE ASFALTO COM PRESENÇA DE PEDRAS, MARROM						
			ARGILA SILTOSA ARENOSA, MUITO MOLE A MEDIANAMENTE MOLE, MARROM AVERMELHADA	S.R.		1 1 1 15 15 15	1	2	
						1 1 2 15 15 15	2	3	
						1 1 2 15 15 15	3	3	
						1 2 1 15 15 15	4	3	
						1 2 2 15 15 15	5	4	
						1 2 1 15 15 15	6	3	
						1 1 2 15 15 15	7	3	
						2 2 2 15 15 15	8	4	
						2 2 3 15 15 15	9	5	
10,46						2 3 3 15 15 15	10	6	
	11,30					3 4 5 15 15 15	11	9	
						6 12 16 15 15 15	12		28
						10 16 28 15 15 15	13		>40
						13 29 38 15 15 15	14		>40
						18 35 48 15 15 15	15		>40
	16,45					27 29 58 15 15 15	16		>40
			FINAL DO FURO						

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	12:40	10,80	T. Cavadeira	0,00	8,00	Profun. de Início (m) : --	LEGENDA:
2	12:50	10,68	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : --	-S.R.- SOLO RESIDUAL
3	13:00	10,46	Lavagem	8,45	16,45	Estagio 2 (cm) : --	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
						Estagio 3 (cm) : --	PROFUNDIDADE ATINGIDA ESTABELECIDO PELO CLIENTE.
DATA DE INICIO	05/02/2019		COORD. N:	7525679,1713		COTA	655,60 m
TÉRMINO	05/02/2019		E:	253191,7706			

RESPONSÁVEL TÉCNICO	INTERESSADO		
Eng.º Marcos Monteiro	Hidrosan Engenharia S.S Ltda.		
CREA N° 0682420194	LOCAL		
	Município de Araras - SP		
	OBRA		
Rua Cenobelino Serra, 253 Vila Sônia - SP CEP 05518-010	Saema - Araras		
Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br	DESENHISTA	ESCALA	DATA
	Daniella	1 : 100	08/02/2019
			DESENHO N°

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-03

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm			
								10	20	30	
2,31	1,35		SILTE ARENOSO ARGILOSO COM PRESENÇA DE ENTULHOS DIVERSOS, FOFO, VERMELHO	AT.		1 1 1 15 15 15	1	2			
	2,80		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, MARROM	AT.		1 1 20 25	2	1/25			
	3,84		ARGILA (ORGÂNICA) SILTOSA ARENOSA, MUITO MOLE, PRETA	AL.		1 1 25 20	3	1/20			
			*IMPENETRÁVEL								

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	06:41	2,79	T. Cavadeira	0,00	3,00	Profun. de Início (m) : 3,81	LEGENDA:
2	06:51	2,53	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,02	-AT.- ATERRO
3	07:01	2,31	Lavagem	3,45	3,84	Estagio 2 (cm) : 0,01 Estagio 3 (cm) : 0,00	-AL.- ALUVIÃO
DATA DE INICIO		05/02/2019	COORD. N:		7525914,7344	COTA 611,70 m	*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.
TÉRMINO		05/02/2019	E:		252290,8612		

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO	
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.	
LOCAL		Município de Araras - SP	
OBRA		Saema - Araras	
DESENHISTA	ESCALA	DATA	DESENHO N°
Daniella	1 : 100	08/02/2019	



Rua Cenobelino Serra, 253
Vila Sônia - SP
CEP 05518-010

Telefax (0xx11)37423005
e-mail: solotec@solotec.br

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-03A

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm						
								10	20	30				
1,65	0,70		SILTE ARENOSO ARGILOSO COM RPESENÇA DE ENTULHOS DIVERSOS, VERMELHA	AT.										
			AREIA (FINA) SILTOSA, FOFO, MARROM	AT.		1 1 1 15 15 15	1	2						
	2,50		ARGILA (ORGÂNICA) SILTOSA ARENOSA, MUITO MOLE, PRETA	AL.		1 1 1 15 15 15	2	2						
	3,00		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFO, CINZA	AL.		1 1 1 15 15 15	3	2						
3,83			*IMPENETRÁVEL											

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	08:02	2,15	T. Cavadeira	0,00	3,83	Profun. de Início (m) : --,--	LEGENDA:
2	08:12	1,86	T. Espiral	--,--	--,--	Estagio 1 (cm) : --,--	-AT.- ATERRO
3	08:22	1,65	Lavagem	--,--	--,--	Estagio 2 (cm) : --,--	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : --,--	*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.
DATA DE INICIO		06/02/2019	COORD. N:		7525912,4355	COTA	611,70 m
TÉRMINO		06/02/2019	E:		252288,9338		

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO Hidrosan Engenharia S.S Ltda.					
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		LOCAL Município de Araras - SP					
		OBRA Saema - Araras					
Rua Cenobelino Serra, 253 Vila Sônia - SP CEP 05518-010		DESENHISTA Daniella		ESCALA 1 : 100		DATA 08/02/2019	
Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br		DESENHO N°					

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-03B

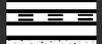
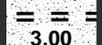
COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm											
								10	20	30									
1,67	1,00		SILTE ARENOSO ARGILOSO COM PRESENÇA DE ENTULHOS DIVERSOS, VERMELHA	AT.															
	2,00		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, CINZA	AT.		1 1 2 15 15 15	1	3											
	3,00		ARGILA (ORGÂNICA) SILTOSA ARENOSA, MUITO MOLE, PRETA	AL.		1 1 25 20	2	1/20											
	3,69		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, CINZA	AL.		1 1 1 15 15 15	3	2											
			*IMPENETRÁVEL																

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	09:32	2,05	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 3,68	LEGENDA:
2	09:42	1,81	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,01	-AT.- ATERRO
3	09:52	1,67	Lavagem	2,45	3,69	Estagio 2 (cm) : 0,00	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.
DATA DE INICIO		06/02/2019	COORD. N:		7525917,6545	COTA	611,70 m
TÉRMINO		06/02/2019	E:		252291,4819		

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO Hidrosan Engenharia S.S Ltda.					
Eng.º Marcos Monteiro		LOCAL Município de Araras - SP					
CREA N° 0682420194		OBRA Saema - Araras					
		Rua Cenobelino Serra, 253 Vila Sônia - SP CEP 05518-010		DESENHISTA		DATA	
Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br		Daniella		ESCALA		08/02/2019	
				1 : 100		DESENHO N°	

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-04

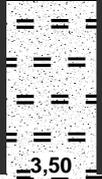
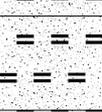
COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm						
								10	20	30				
2,18	0,50		SILTE ARENOSO POUCO ARGILOSO, MARROM AVERMELHADO	AT.										
	1,30		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, MARROM	AT.		1 1 2 15 15 15	1	3						
	3,00		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, CINZA CLARA	AL.		1 2 1 15 15 15	2	3						
	3,62		AREIA (FINA) SILTOSA, MUITO COMPACTA, CINZA CLARA	S.A.		1 1 1 15 15 15	3	2						
	5,11		*IMPENETRÁVEL			18 40 55 15 15 8	4							>40
							5							

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	10:17	2,52	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 5,08	LEGENDA:
2	10:27	2,30	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,02	-AT.- ATERRO
3	10:37	2,18	Lavagem	2,45	5,11	Estagio 2 (cm) : 0,01	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
DATA DE INICIO	06/02/2019	COORD. N:	7525910,1557	COTA		611,20 m	*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.
TÉRMINO	06/02/2019	COORD. E:	252324,0020				

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO			
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.			
Rua Cenobelino Serra, 253 Vila Sônia - SP CEP 05518-010		LOCAL			
		Município de Araras - SP			
Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br		OBRA			
		Saema - Araras			
DESENHISTA		ESCALA		DATA	
Daniella		1 : 100		08/02/2019	
DESENHO N°					

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-04A

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm						
								10	20	30				
1,67	0,60		SILTE ARENOSO POUCO ARGILOSO, MARROM AVERMELHADO	AT.										
	1,20		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, MARROM	AT.										
	3,78		AREIA (FINA) POUCO SILTOSA, FOFA, CINZA	AL.		1 1 2 15 15 15	1	3						
	5,03		AREIA (FINA) SILTOSA, MUITO COMPACTA, CINZA CLARA	S.A.		1 2 1 15 15 15	2	3						
			*IMPENETRÁVEL			1 1 1 15 15 15	3	2						
						20 38 53 15 15 6	4							>40
						48 3	5							>40

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	11:58	2,61	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 5,03	LEGENDA:
2	12:08	2,86	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,01	-AT.- ATERRO
3	12:18	1,67	Lavagem	2,45	5,03	Estagio 2 (cm) : 0,00	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
DATA DE INICIO	06/02/2019	COORD. N:	7525912,6419	COTA		611,20 m	*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.
TÉRMINO	06/02/2019	COORD. E:	252322,4066				

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO			
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.			
Rua Cenobelino Serra, 253 Vila Sônia - SP CEP 05518-010		LOCAL			
SOLOTEC Engenharia Ltda. Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br		Município de Araras - SP			
		OBRA			
		Saema - Araras			
DESENHISTA		ESCALA		DATA	
Daniella		1 : 100		08/02/2019	
DESENHO N°					

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-04B

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm											
								10	20	30									
1,66	0,40		SILTE ARENOSO POUCO ARGILOSO, MARROM AVERMELHADO	AT.															
	1,32		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, MARROM	AT.		1 1 2 15 15 15	1	3											
	3,00		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, CINZA ESCURA	AL.		2 1 2 15 15 15	2	3											
	3,71		AREIA (FINA) SILTOSA, MUITO COMPACTA, CINZA CLARA	S.A.		1 1 1 15 15 15	3	2											
	5,04		*IMPENETRÁVEL			19 38 48 15 15 5	4												>40
							5												

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	12:45	2,15	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 5,02	LEGENDA:
2	12:55	1,87	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,02	-AT.- ATERRO
3	13:05	1,66	Lavagem	2,45	5,04	Estagio 2 (cm) : 0,00	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
DATA DE INICIO	06/02/2019	COORD. N:	7525907,1363	COTA		611,20 m	*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.
TÉRMINO	06/02/2019	COORD. E:	252323,6738				

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO	
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.	
LOCAL		Município de Araras - SP	
OBRA		Saema - Araras	
DESENHISTA	ESCALA	DATA	DESENHO N°
Daniella	1 : 100	08/02/2019	
Rua Cenobelino Serra, 253 Vila Sônia - SP CEP 05518-010			
SOLOTEC Engenharia Ltda. Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br			

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-05

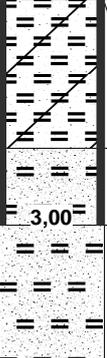
COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm												
								10	20	30										
	0,06		CAMADA VEGETAL																	
2,12	1,86		SILTE ARENOSO ARGILOSO COM NÍVEIS MAIS ARGILOSOS, FOFO, MARROM AVERMELHADO	AT.		1 2 2 15 15 15	1	4												
	2,75		AREIA (MÉDIA A GROSSA) POUCO SILTOSA, FOFA, VARIEGADA (MARROM E CINZA)	AL.		2 1 2 15 15 15	2	3												
	3,00		AREIA (FINA) SILTOSA, MUITO COMPACTA, CINZA CLARA	S.A.		18 28 38 15 15 15	3													>40
	4,65		*IMPENETRÁVEL			27 39 49 15 15 6	4													>40

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	13:33	2,51	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 4,62	LEGENDA:
2	13:43	2,26	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,02	-AT.- ATERRO
3	13:53	2,12	Lavagem	2,45	4,65	Estagio 2 (cm) : 0,01	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
DATA DE INICIO	06/02/2019		COORD. N:	7525920,7220		COTA	608,70 m
TÉRMINO	06/02/2019		E:	252358,3768			*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO Hidrosan Engenharia S.S Ltda.					
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		LOCAL Município de Araras - SP					
		OBRA Saema - Araras					
Rua Cenobelino Serra, 253 Vila Sônia - SP CEP 05518-010		DESENHISTA Daniella		ESCALA 1 : 100		DATA 08/02/2019	
Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br		DESENHO N°					

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-05A

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm						
								10	20	30				
	0,05		CAMADA VEGETAL											
2,04	1,98		SILTE ARENOSO POUCO ARGILOSO COM NÍVEIS MAIS ARGILOSOS, FOFO, MARROM AVERMELHADO	AT.		1 2 2 15 15 15	1	4						
	3,00		AREIA (MÉDIA A GROSSA) POUCO SILTOSA, FOFA, VARIEGADA (CINZA E MARROM)	AL.		1 1 2 15 15 15	2	3						
	3,00		AREIA (FINA) SILTOSA, MUITO COMPACTA, CINZA CLARA	S.A.		19 30 40 15 15 15	3							>40
	4,79					30 50 59 15 15 4	4							>40
			*IMPENETRÁVEL											

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	15:36	2,38	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 4,76	LEGENDA:
2	15:46	2,17	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,02	-AT.- ATERRO
3	15:56	2,04	Lavagem	2,45	4,79	Estagio 2 (cm) : 0,01	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
DATA DE INICIO	06/02/2019	COORD. N:	7525917,8755	COTA		608,70 m	*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.
TÉRMINO	06/02/2019	COORD. E:	252359,3378				

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO	
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.	
LOCAL		Município de Araras - SP	
OBRA		Saema - Araras	
DESENHISTA	ESCALA	DATA	DESENHO Nº
Daniella	1 : 100	08/02/2019	
 Rua Cenobelino Serra, 253 Vila Sônia - SP CEP 05518-010 Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br			

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-05B

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm						
								10	20	30				
	0,04		CAMADA VEGETAL											
2,14	1,96		SILTE ARENOSO POUCO ARGILOSO, FOFO, VERMELHO	AT.		1 2 1 15 15 15	1	3						
	3,05		AREIA (FINA) SILTOSA COM NÍVEIS MAIS ARGILOSOS, FOFA, VARIEGADA (CINZA E MARROM)	AL.		1 1 2 15 15 15	2	3						
	4,59		AREIA (FINA) SILTOSA, MUITO COMPACTA, CINZA CLARA	S.A.		15 26 31 15 15 15	3							>40
			*IMPENETRÁVEL			22 37 50 15 15 10	4							>40

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	17:06	2,43	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 4,58	LEGENDA:
2	17:16	2,21	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,01	-AT.- ATERRO
3	17:26	2,14	Lavagem	2,45	4,59	Estagio 2 (cm) : 0,00	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
DATA DE INICIO	06/02/2019		COORD. N:	7525923,3092		COTA	608,70 m
TÉRMINO	06/02/2019		E:	252356,8583			

*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO	
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.	
LOCAL		Município de Araras - SP	
OBRA		Saema - Araras	
DESENHISTA	ESCALA	DATA	DESENHO N°
Daniella	1 : 100	08/02/2019	

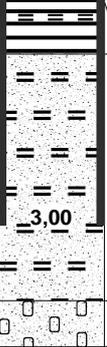


Rua Cenobelino Serra, 253
Vila Sônia - SP
CEP 05518-010

Telefax (0xx11)37423005
e-mail: solotec@solotec.br

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-06

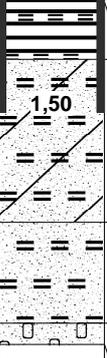
COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm						
								10	20	30				
	0,04		CAMADA VEGETAL											
	0,73		SILTE ARENOSO POUCO ARGILOSO, MARROM	AT.										
2,02			AREIA (FINA) SILTOSA A POUCO ARGILOSA, FOFA, CINZA ESCURA	AL.		1 1 1 15 15 15	1	2						
						1 1 2 15 15 15	2	3						
						1 2 2 15 15 15	3	4						
	4,00		AREIA (MÉDIA A GROSSA) COM PRESENÇA DE PEDREGULHOS, MEDIANAMENTE COMPACTA, CINZA ESCURA	S.A.		2 5 13 15 15 15	4						18	
	4,61		*IMPENETRÁVEL											

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	10:41	2,38	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 4,58	LEGENDA:
2	10:51	2,16	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,02	-AT.- ATERRO
3	11:01	2,02	Lavagem	2,45	4,61	Estagio 2 (cm) : 0,01	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
DATA DE INICIO	07/02/2019		COORD. N:	7525907,1629		COTA	609,00 m
TÉRMINO	07/02/2019		E:	252382,2230			*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO			
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.			
Rua Cenobelino Serra, 253 Vila Sônia - SP CEP 05518-010		LOCAL			
		Município de Araras - SP			
Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br		OBRA			
		Saema - Araras			
		DESENHISTA		DATA	
		Daniella		08/02/2019	
		ESCALA		DESENHO N°	
		1 : 100			

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-06A

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm						
								10	20	30				
	0,04		CAMADA VEGETAL											
	0,80		SILTE ARENOSO ARGILOSO, MARROM	AT.										
2,03	1,50		AREIA (FINA) SILTOSA A POUCA ARGILOSA, COM NÍVEIS MAIS ARGILOSOS, FOFA, VARIEGADA (MARROM E CINZA)	AL.		1 1 1 15 15 15	1	2						
	2,96		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA A POUCA COMPACTA, CINZA ESCURA	AL.		1 1 2 15 15 15	2	3						
	4,30		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA A POUCA COMPACTA, CINZA ESCURA	AL.		1 2 3 15 15 15	3	5						
	4,58		AREIA (MÉDIA A GROSSA) COM PRESENÇA DE PEDREGULHOS, MEDIANAMENTE COMPACTA, CINZA ESCURA *IMPENETRÁVEL	S.A.		2 8 19 15 15 15	4						27	

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	11:52	2,39	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : --	LEGENDA:
2	12:02	2,19	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : --	-AT.- ATERRO
3	12:12	2,03	Lavagem	2,45	4,58	Estagio 2 (cm) : --	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : --	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
DATA DE INICIO	07/02/2019		COORD. N:	7525910,0131		COTA	609,00 m
TÉRMINO	07/02/2019		E:	252383,1255			*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO	
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.	
LOCAL		Município de Araras - SP	
OBRA		Saema - Araras	
DESENHISTA	ESCALA	DATA	DESENHO N°
Daniella	1 : 100	08/02/2019	

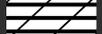
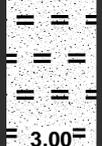
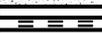
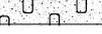


Rua Cenobelino Serra, 253
Vila Sônia - SP
CEP 05518-010

Telefax (0xx11)37423005
e-mail: solotec@solotec.br

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-06B

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm						
								10	20	30				
	0,04		CAMADA VEGETAL											
	1,00		ARGILA SILTOSA ARENOSA, MARROM AVERMELHADA	AT.										
2,14			AREIA (FINA) SILTOSA ARGILOSA, FOFA, VARIEGADA (MARROM E CINZA)	AL.		1 1 1 15 15 15	1	2						
	3,20		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, CINZA ESCURA	AL.		1 1 1 15 15 15	3	2						
	4,28		AREIA (MÉDIA A GROSSA) COM PRESENÇA DE PEDREGULHOS, MEDIANAMENTE COMPACTA, CINZA ESCURA	S.A.		3 10 28 15 15 15	4							38
	4,63		*IMPENETRÁVEL											

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	13:03	2,40	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 4,61	LEGENDA:
2	13:13	2,26	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,02	-AT.- ATERRO
3	13:23	2,14	Lavagem	2,45	4,63	Estagio 2 (cm) : 0,01	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
DATA DE INICIO	07/02/2019		COORD. N:	7525904,1949		COTA	609,00 m
TÉRMINO	07/02/2019		E:	252381,9001			

*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO			
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.			
 Rua Cenobelino Serra, 253 Vila Sônia - SP CEP 05518-010 Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br		LOCAL			
		Município de Araras - SP			
 Rua Cenobelino Serra, 253 Vila Sônia - SP CEP 05518-010 Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br		OBRA			
		Saema - Araras			
DESENHISTA		ESCALA		DATA	
Daniella		1 : 100		08/02/2019	
		DESENHO Nº			

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-07

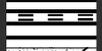
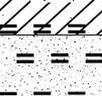
COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm						
								10	20	30				
	0,03		CAMADA VEGETAL											
	0,70		SILTE ARENOSO ARGILOSO, MARROM, AVERMELHADO	AT.										
2,08	2,00		AREIA (FINA) SILTOSA ARGILOSA, FOFA, CINZA CLARA	AL.		$\frac{1}{30}$ $\frac{1}{15}$	1	1/15						
	3,50		ARGILA SILTOSA ARENOSA, MUITO MOLE, CINZA ESCURA	AL.		$\frac{1}{45}$	2	1/45						
	4,08		ARGILA SILTOSA ARENOSA, MUITO MOLE, CINZA ESCURA	AL.		$\frac{1}{30}$ $\frac{1}{15}$	3	1/15						
	5,09		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, CINZA ESCURA	AL.		$\frac{1}{20}$ $\frac{1}{25}$	4	1/25						
			*IMPENETRÁVEL				5							

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	06:31	2,39	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 5,06	LEGENDA:
2	06:41	2,20	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,02	-AT.- ATERRO
3	06:51	2,08	Lavagem	2,45	5,09	Estagio 2 (cm) : 0,01	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	-S.A.- SOLO DE ALTERAÇÃO
DATA DE INICIO	07/02/2019		COORD. N:	7525926,5344		COTA	609,40 m
TÉRMINO	07/02/2019		E:	252405,6684			*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.

RESPONSÁVEL TÉCNICO	INTERESSADO		
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194	Hidrosan Engenharia S.S Ltda.		
	LOCAL	Município de Araras - SP	
	OBRA	Saema - Araras	
DESENHISTA	ESCALA	DATA	DESENHO N°
Daniella	1 : 100	08/02/2019	
Telefax (0xx11)37423005 e-mail: solotec@solotec.br			

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-07A

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm						
								10	20	30				
2,13	0,65		SILTE ARENOSO ARGILOSO, MARROM AVERMELHADO	AT.										
	2,09		AREIA (FINA) SILTOSA A ARGILOSA, FOFA, VARIEGADA (CINZA E MARROM)	AL.		1/28	1/17	1	1/17					
	3,50		ARGILA SILTOSA ARENOSA, MUITO MOLE, CINZA ESCURA	AL.		1/45		2	1/45					
	3,98		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, CINZA ESCURA	AL.		1/38	1/12	3	1/12					
	5,05		*IMPENETRÁVEL					4	3					
								5						

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	08:02	2,46	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 5,02	LEGENDA:
2	08:12	2,20	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,02	-AT.- ATERRO
3	08:22	2,13	Lavagem	2,45	5,05	Estagio 2 (cm) : 0,01	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.
DATA DE INICIO		07/02/2019	COORD. N:		7525929,3788	COTA	609,40 m
TÉRMINO		07/02/2019	E:		252406,5921		

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO	
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.	
LOCAL		Município de Araras - SP	
OBRA		Saema - Araras	
DESENHISTA	ESCALA	DATA	DESENHO N°
Daniella	1 : 100	08/02/2019	



Rua Cenobelino Serra, 253
Vila Sônia - SP
CEP 05518-010

Telefax (0xx11)37423005
e-mail: solotec@solotec.br

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

SP-07B

COTA E N.A. (m)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERP. GEOL.	CONSISTÊNCIA** OU COMPACTIDADE**	NUMERO DE GOLPES	A M	SPT últimos 30cm						
								10	20	30				
	0,03		CAMADA VEGETAL											
	0,75		SILTE ARENOSO POUCO ARGILOSO, MARROM	AT.										
1,72	1,90		AREIA (FINA) SILTOSA A ARGILOSA, FOFA, VARIEGADA (CINZA E MARROM)	AL.		1 15	1 15	1 15	1	2				
	3,50		ARGILA SILTOSA ARENOSA, MUITO MOLE, CINZA ESCURA	AL.			1 46		2	1/46				
	3,98		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, CINZA ESCURA	AL.		1 27	1 18		3	1/18				
	5,00		AREIA (FINA) SILTOSA, FOFA, CINZA ESCURA	AL.		1 35	1 15	2 15	4	3				
			*IMPENETRÁVEL						5					

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS. :
1	09:28	2,18	T. Cavadeira	0,00	2,00	Profun. de Início (m) : 4,97	LEGENDA:
2	09:38	1,87	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 0,02	-AT.- ATERRO
3	09:48	1,72	Lavagem	2,45	5,00	Estagio 2 (cm) : 0,01	-AL.- ALUVIÃO
						Estagio 3 (cm) : 0,00	*IMPENETRÁVEL, IMPOSSÍVEL PROSEGUIR COM A PENETRAÇÃO DEVIDO A PRESENÇA DE ROCHA OU MATAÇÃO.
DATA DE INICIO		07/02/2019	COORD. N:		7525924,7503	COTA	609,40 m
TÉRMINO		07/02/2019	E:		252403,2241		

RESPONSÁVEL TÉCNICO		INTERESSADO	
Eng.º Marcos Monteiro CREA N° 0682420194		Hidrosan Engenharia S.S Ltda.	
LOCAL		Município de Araras - SP	
OBRA		Saema - Araras	
DESENHISTA	ESCALA	DATA	DESENHO N°
Daniella	1 : 100	08/02/2019	



Rua Cenobelino Serra, 253
Vila Sônia - SP
CEP 05518-010

Telefax (0xx11)37423005
e-mail: solotec@solotec.br



REGISTRO FOTOGRÁFICO

As fotos a seguir correspondem aos locais onde foram realizadas as execuções das Sondagens à Percussão (SP).

Sondagem à Percussão SP 01



Sondagem à Percussão SP 02



Sondagem à Percussão SP 03



Sondagem à Percussão SP 03A



Sondagem à Percussão SP 03B



Sondagem à Percussão SP 04



Sondagem à Percussão SP 04A



Sondagem à Percussão SP 04B



Sondagem à Percussão SP 05



Sondagem à Percussão SP 05A



Sondagem à Percussão SP 05B



Sondagem à Percussão SP 06



Sondagem à Percussão SP 06A



Sondagem à Percussão SP 06B



Sondagem à Percussão SP 07



Sondagem à Percussão SP 07A

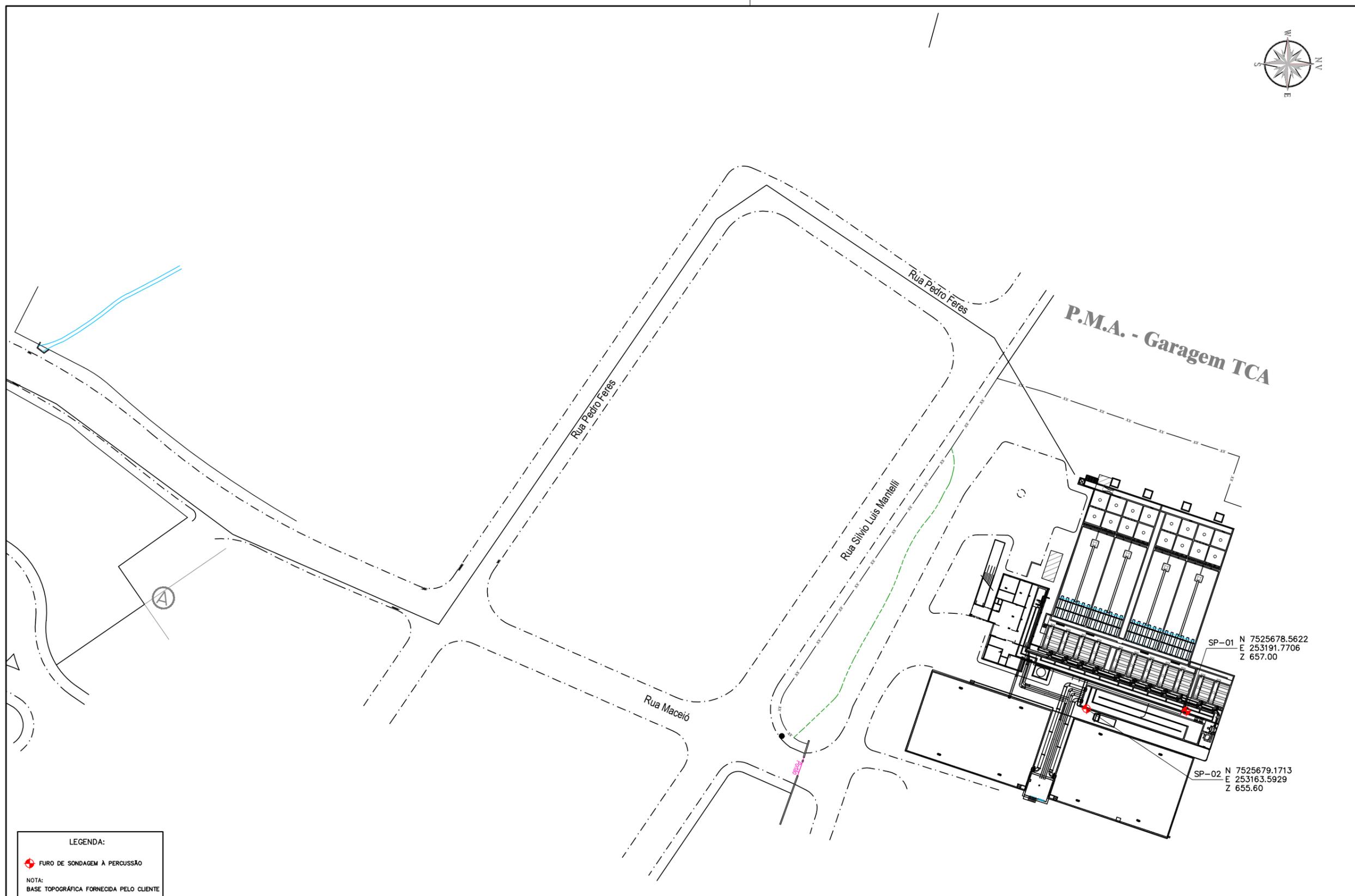
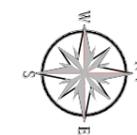


Sondagem à Percussão SP 07B





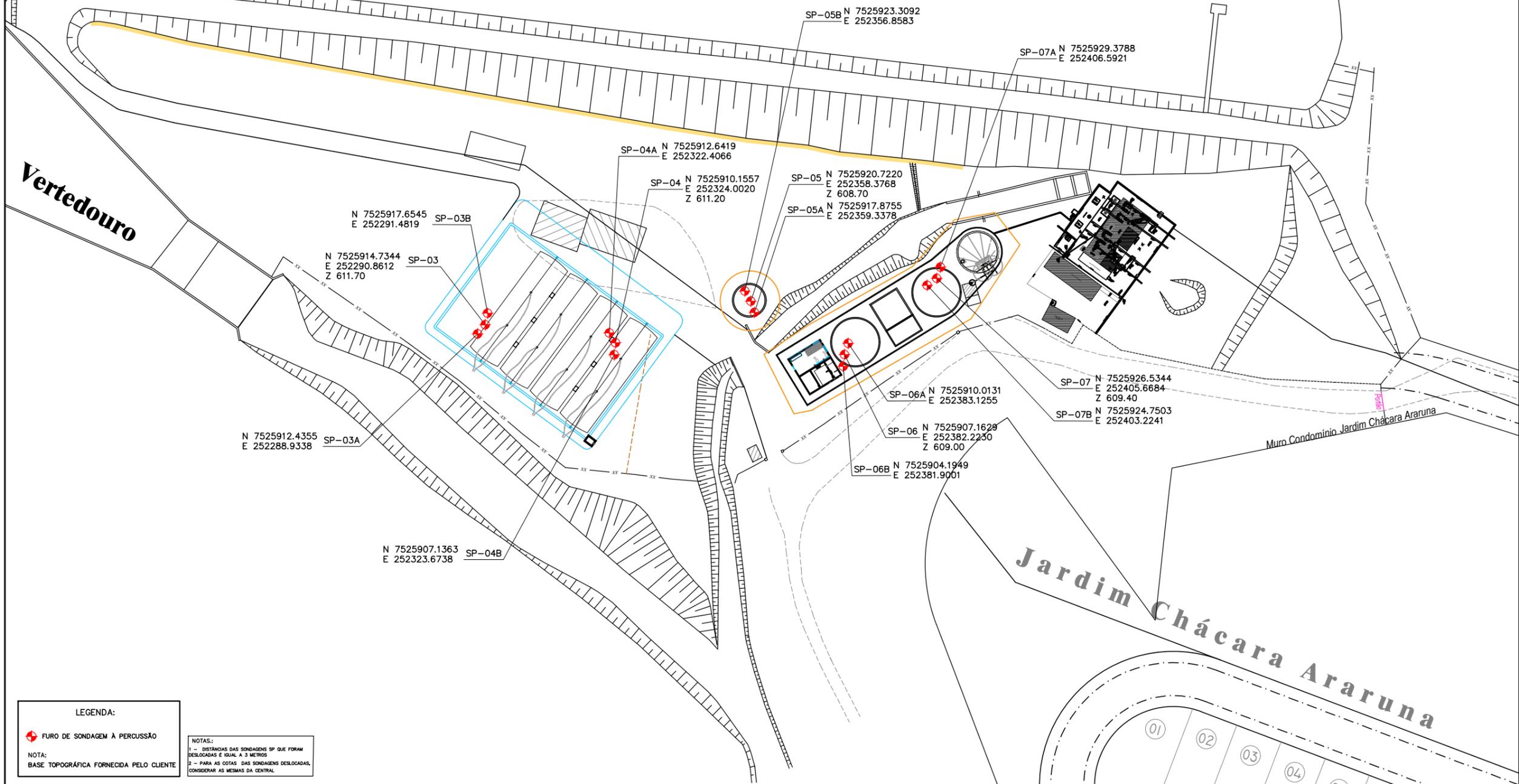
PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS



LEGENDA:
 FURO DE SONDAEM A PERCUSSÃO
 NOTA:
 BASE TOPOGRÁFICA FORNECIDA PELO CLIENTE

REVISÃO		NOTAS	EXECUTADA POR:	RESPONSÁVEL TÉCNICO	PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DOS FURUS DE SONDAEM A PERCUSSÃO	
Nº	DATA				DESCRICOÃO	APROVAÇÃO	CLIENTE:	FL.:
			 Rua Cenobelino Serra, 253 - Vila Sônia São Paulo - S.P. CEP 05518-010 Telefax: (0XX11) 3742-3005 e-mail: solotec@solotec.eng.br	Marcos Monteiro CREA : 0682420194	HIDROSAN ENGENHARIA S/S LTDA	01/02
					SAEMA - ARARAS	CONTRATO Nº
					ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - MUNICÍPIO DE ARARAS - SP	ESCALA
						1:1000

Represa Dr. Hermínio Ometto

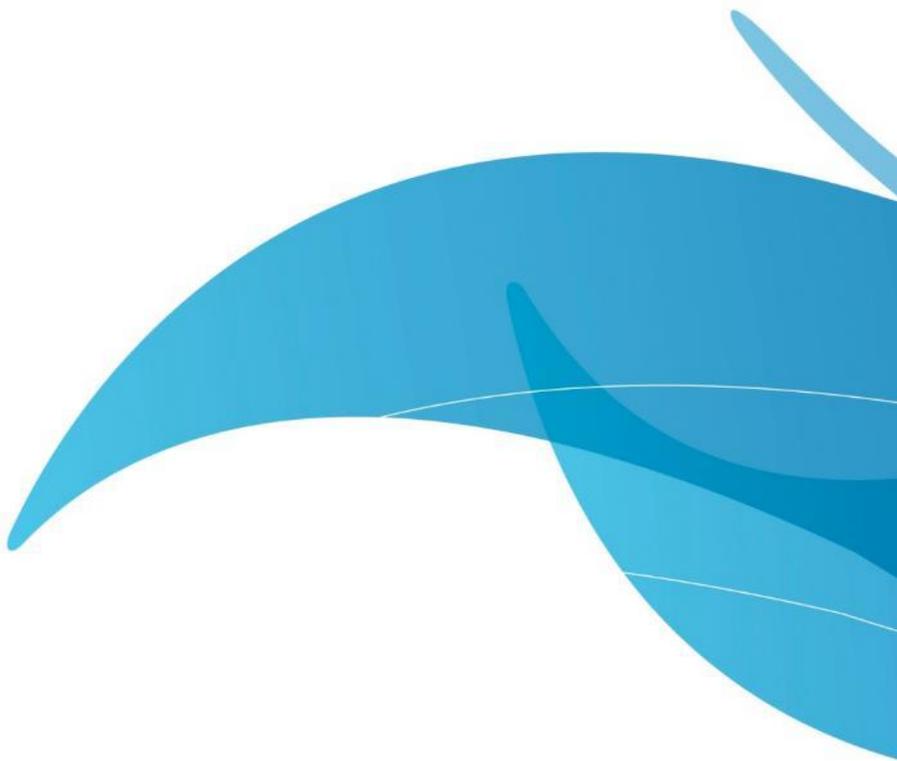


LEGENDA:
 FURO DE SONDAAGEM À PERCUSSÃO
 NOTA:
 BASE TOPOGRÁFICA FORNECIDA PELO CLIENTE

NOTAS:
 1 - DISTÂNCIAS DAS SONDAJENS SP QUE FORAM DESLOCADAS É IGUAL A 3 METROS
 2 - PARA AS COTAS DAS SONDAJENS DESLOCADAS, CONSIDERAR AS MESMAS DA CENTRAL

REVISÃO			NOTAS	EXECUTADA POR:	RESPONSÁVEL TÉCNICO	PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DOS FURUS DE SONDAAGEM À PERCUSSÃO	
Nº	DATA	DESCRIÇÃO				APROVAÇÃO	CLIENTE:	FL.:
				Rua Cenobelino Serra, 253 - Vila Sônia São Paulo - S.P. CEP 05518-010 Telefax: (0XX11) 3742-3005 e-mail: solotec@solotec.eng.br	Marcos Monteiro CREA : 0682420194	HIDROSAN ENGENHARIA S/S LTDA	02/02
						SAEMA - ARARAS	CONTRATO Nº
						ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - MUNICÍPIO DE ARARAS - SP	ESCALA 1:1000

www.hidrosanengenharia.com.br



Av. São Carlos, 2205, r. 106
Zip Code. 13560-900
São Carlos SP Brazil
phone +55 16 3371 3466

Av. São Carlos, 2205, sl.106
CEP: 13560-900
São Carlos SP
tel. 16 3371 3466