

Adequação do Centro de Treinamento,  
Demonstração e Desenvolvimento em Reúso  
Agrícola de Água

VOLUME IV

**META 3 – Unidades de Pós-Tratamento**

JUNHO/2017



## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| 1 Identificação da Proposta .....                                    | 5  |
| 2 Equipe Técnica-Administrativa.....                                 | 7  |
| 3 Considerações Iniciais.....  | 9  |
| 4 Projeto Proposto .....   | 11 |
| Wetland.....   | 11 |
| 4.1.1 Material Filtrante.....  | 12 |
| Filtro em Pedregulho.....  | 13 |
| Floco-Flotador por Ar Dissolvido .....                               | 15 |
| 4.3.1 Unidade de Floco-Flotação .....                                | 16 |
| 4.3.2 Câmara de Saturação.....                                       | 16 |
| 4.3.3 Sistema de Dosagem de Produtos Químicos.....                   | 17 |
| Unidade de Ultrafiltração .....                                      | 18 |
| 5 Memorial de Cálculo .....  | 22 |
| Wetland.....   | 22 |
| Filtros em Pedregulho .....  | 23 |
| 5.3 Floco-Flotador por Ar Dissolvido .....                           | 24 |
| 5.3.1 Processo de Flocculação .....                                  | 24 |
| 5.3.2 Processo de Flotação .....                                     | 27 |
| 6 Peças Gráficas .....   | 34 |
| 7 Especificações Técnicas.....                                       | 43 |
| 7.1 Wetland e Filtro em Pedregulho.....                              | 43 |
| 7.1.1 Locação .....  | 43 |
| 7.1.2 Movimento de Terra .....                                       | 43 |
| 7.1.3 Compactação em Valas.....                                      | 49 |
| 7.1.4 Esgotamento e Drenagem .....                                   | 50 |
| 7.1.5 Esgotamento com Bombas.....                                    | 51 |
| 7.1.6 Assentamento de Tubulações .....                               | 51 |
| 7.1.7 Concreto Não-Estrutural Preparo Manual.....                    | 52 |
| 7.1.8 Concreto para Vibração, fck 30 Mpa com Agregado Adquirido..... | 52 |
| 7.1.9 Lançamento e Aplicação de Concreto sem Elevação.....           | 52 |
| 7.1.10 Armadura CA-50 média D=6,3 a 10,00mm .....                    | 52 |
| 7.1.11 Forma Plana Chapa Compensada Resinada, EPS.=12mm UTIL 3X..... | 52 |



|  |    |
|--|----|
| 7.1.12 Alvenaria de Embasamento de Tijolo Comum c/ Argamassa Mista Cal Hidratada                                     | 52 |
| 7.1.13 Alvenaria de Elemento Vazado de Concreto (50x50x6)cm com Argamassa Cimento e Areia, Traço 1:3 Anti-Chuva..... | 52 |
| 7.1.14 Impermeabilização c/Argamassa de Cimento e Areia 1:3 Aditivada, esp=2,5cm                                     | 53 |
| 7.1.15 Impermeabilização com Emulsão Asfáltica Consumo 2kg/m <sup>2</sup> .....                                      | 53 |
| 7.1.16 Calçada de Proteção em Cimentado com Base de Concreto L=0,60m.....  | 53 |
| 7.1.17 Caiação em Três Demãos em Parede .....  | 53 |
| 7.2 Floco-flatador por Ar Dissolvido – Câmara de Saturação .....   | 54 |
| 7.3 Unidade de Ultrafiltração.....   | 54 |
| 7.3.1 Módulo de Filtração .....  | 55 |
| 7.3.2 Módulo de Recalque .....   | 55 |
| 7.3.3 Módulo de Ultrafiltração.....  | 55 |
| 7.3.4 Módulo de Limpeza .....  | 55 |
| 7.3.5 Módulo de Monitoramento e Controle.....  | 56 |
| 7.3.6 Entrega .....  | 56 |
| 8 ART .....  | 58 |



## Identificação da Proposta



## 1 Identificação da Proposta

**Centro de Treinamento, Demonstração e Desenvolvimento em Reúso Agrícola de Água - Aquiraz/CE**

**Instituição Proponente:**

Secretaria das Cidades do Estado do Ceará

**CNPJ:**

07.954.480/0001-79

**Endereço:** Av. Gal Afonso Albuquerque Lima - Ed. SEPLAG 1º Andar - Cambéba - Fortaleza/CE - CEP: 60.822-325.

**Instituição Executora:**

Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE

**CNPJ:**

07.040.108.0001 - 57

**Endereço:** Av. Lauro Vieira Chaves, 1030 Vila União - Fortaleza/CE - CEP: 60.422-901

**Instituição de Apoio:**

Universidade Federal do Ceará – UFC

**CNPJ:**

07.272.636/0001-31

**Endereço:** Av. da Universidade, 2835 Benfica - Fortaleza/CE

Esta proposta consiste no projeto de Readequação do Centro de Reúso da CAGECE instalado na Estação de Tratamento de Esgotos de Aquiraz - CE, referente ao **Ofício, GS nº 3621/2015-SCIDADES**, de 30 de setembro de 2015, contemplando a implantação de Unidades Técnicas de Demonstração e Treinamento, Unidades de Produção de Mudas, Unidade de Educação Ambiental, além de revitalização da área e inclusão de uma área para pós-tratamento com *wetland*.



**Equipe Técnica –  
Administrativa**



## **2 Equipe Técnica-Administrativa**

**Pela Secretaria das Cidades do Estado do Ceará:**

Danielle Araújo

**Pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará:**

Biol. Dr. Silvano Porto Pereira (Coordenador)

Eng. Civil Msc André Schramm Brandão

Eng. Agrônomo Msc Ronney Mendes Magalhães de Lima

Técnico Agrícola Cristiano Dantas Araújo

Eng. Civil Msc Claudiane Quaresma Pinto Bezerra

Eng. Civil Ronner Braga Gondim

Eng. Civil Msc Paulo Sérgio Silva do Amaral

Químico Marlon Vieira de Lima

Eng. Químico Carlos Adler Saraiva Paiva

**Pela Universidade Federal do Ceará:**

Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti (Eng. Agrônomo)



## Considerações Iniciais



### 3 Considerações Iniciais

Aspectos relacionados à remoção de algas presentes em efluentes lançados em corpos receptores, vem sendo trabalhado motivado, principalmente, devido ao aumento da demanda por oxigênio e riscos de possibilidade de produção e liberação de toxinas que podem afetar o ambiente e a saúde humana. As lagoas de estabilização são ambientes propícios à proliferação de cianobactérias, devido à presença de nutrientes, elevada luminosidade e baixa predação, há motivos para preocupação com o pós-tratamento destes efluentes.

Nesse sentido, técnicas convencionais comumente utilizadas no tratamento de água vêm sendo avaliadas e aplicadas com o objetivo de polir efluentes de lagoas de estabilização. Técnicas, como oxidação química, adsorção em carvão ativado, filtração em leito de pedra e outros tipos de leitos filtrantes, barreiras por mantas sintéticas, dentre outras, são empregadas de acordo com as características regionais e a disponibilidade de recursos.

Foram selecionadas quatro tecnologias para pós-tratamento dos efluentes da última lagoa de maturação da ETE Aquiraz que alimenta o Centro de Reúso, envolvendo: Wetlands construídos, filtros em pedregulho, floco-flotador por ar dissolvido e ultrafiltração. Dentre estas tecnologias a ultrafiltração será adquirida como unidade totalmente pré-fabricada, enquanto as demais serão fornecidas mediante obras e serviços.



## **Projeto Proposto**



## 4 Projeto Proposto

### Wetland

Os *wetlands* são sistemas para melhorar a qualidade das águas residuárias e reduzir sua carga poluidora no ambiente. Fundamentam-se nos processos naturais de purificação de águas decorrentes da interação da vegetação de zonas húmidas ou alagadas, seus solos e a comunidade microbiana ali existente (NIKOLIĆ; MILIĆEVIĆ; MILENKOVIĆ, 2009). Conhecidos internacionalmente como *wetlands*, em português também são denominados de trincheiras filtrantes, lagoas ou leitos de macrófitas, fito-lagunagem, fito-ETARs (estações de tratamento de águas residuais por meio de plantas) ou sistema de zona de raízes.

As vantagens do sistema *wetlands* resultam de um tratamento basicamente biológico sem o uso de energia, agentes químicos ou equipamentos mecânicos, além da ausência de odores desagradáveis, pois as plantas atuam como filtros.

O uso destes ambientes no tratamento de efluentes líquidos ocorre desde a década de 60. Desde então, sua utilização tem sido pesquisada em diversos países para tratamento dos mais variados resíduos, apresentando eficiências satisfatórias com baixo custo de implantação e operação, além de possibilitar o tratamento dos resíduos de forma descentralizada (KADLEC; KNIGHT, 2009).

A utilização de plantas no tratamento de esgoto representa uma tecnologia emergente que está se revelando como uma alternativa, eficiente e de baixo custo, aos sistemas convencionais. Esses sistemas podem ser implantados no local onde o esgoto é produzido, podem ser operados por pessoas de baixa escolaridade, demandam pouca energia e são mais flexíveis e menos susceptíveis às variações nas taxas de aplicação (BRIX, 1994; SOLANO; SORIANO; CIRIA, 2004).

O projeto ora apresentado vem possibilitar a instalação de unidades técnicas de Wetlands Construídos de Escoamento Horizontal (WCHF) que servirão para o desenvolvimento de pesquisas de reúso para o pós-tratamento dos efluentes das lagoas de estabilização da ETE de Aquiraz.

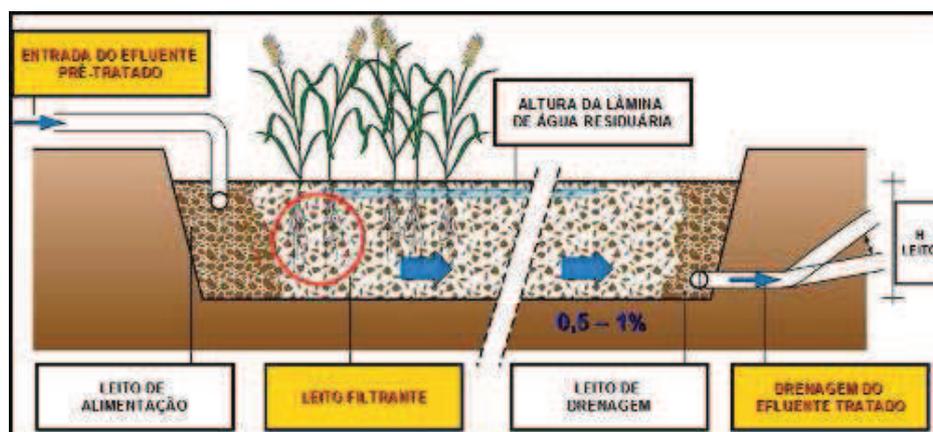
Foram considerados seis leitos de *wetlands* sequenciais, operando simultaneamente e em paralelo. As dimensões construtivas de cada wetland são 10,00 m de largura e 30,00 m de comprimento. A distribuição do fluxo se dará por uma caixa única divisória de fluxo seguida por caixas individuais de brita na entrada de cada célula. Já a saída se dará pelo encaminhamento do fluxo para o poço de sucção da estação elevatória, de onde uma parte será recalçada para o reservatório elevado e o restante seguirá o curso existente atualmente (Rio Pacoti).

O dimensionamento do wetland foi baseado na taxa de aplicação de carga orgânica e em referências de estudos, nas quais indicam um dimensionamento de 3,00 a 5,00 m<sup>2</sup> por pessoa (SOUSA et al., 2004; CALIJURI et al., 2009; VYMAZAL, 2010).

As *wetlands* horizontais, objeto desse estudo, são projetadas para que o efluente percole entre os interstícios do meio filtrante e das raízes e rizomas das plantas.

As WCHF são compostas tipicamente por uma tubulação de distribuição na entrada, fundo impermeabilizado para evitar contaminação do lençol freático, o meio filtrante, vegetação, bermas e tubulação de saída com controle de nível do líquido dentro do sistema. Um esquema de uma WHFSS é apresentado na figura 01.

Os acessórios hidráulicos utilizados para compor as zonas de distribuição e recolhimento são constituídos por tubos de PVC perfurado.



**Figura 01 - Corte esquemático do sistema de *wetlands* horizontais**

**Fonte:** Adaptado de AGENCE DE L'EAU (2005)

Os microrganismos desenvolvem-se aderidos à superfície do material do meio suporte, do caule e das raízes das plantas e dos sólidos em suspensão acumulados no sistema. O efluente flui longitudinalmente e é submetido ao tratamento durante o contato com a superfície do substrato e com os rizomas e raízes que são locais de concentração do biofilme bacteriano decompositor do material orgânico. A oxidação do meio é feita, dependendo da espécie vegetal cultivada, via rizomas das plantas e por difusão do ar atmosférico na superfície do meio suporte, possibilitando a formação de locais aeróbios e anaeróbios no interior da unidade de tratamento (MATOS e LO MONACO, 2003).

#### **4.1.1 Material Filtrante**

Desde os primeiros estudos realizados na Alemanha por Kickuth, os quais empregaram o solo como meio filtrante e de sustentação para as macrófitas, o material de enchimento do leito vem merecendo bastante atenção, devido, principalmente, à necessidade de manter as condições hidráulicas para que o processo de tratamento ocorra (PHILIPPI, 2006).

Busca-se, portanto, um material capaz de manter ao longo do tempo, boas condições de fluxo (condutividade hidráulica), aliado a um potencial reativo, ou seja, capaz de promover

adsorção de compostos inorgânicos presentes nas águas residuárias, tais como a amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) e ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Contudo, esta associação não se dá com facilidade, ou melhor, materiais filtrantes como a areia possuem alta condutividade hidráulica, porém, nenhuma, ou muito pouca capacidade adsortiva. Por outro lado, argilas possuem alto potencial de adsorção, mas são praticamente impermeáveis. A escolha do tipo deste material filtrante a ser empregado numa unidade de WHFSS está, portanto, condicionada às finalidades do tratamento (SEZERINO, 2006).

As WCHF quando aplicadas ao tratamento de esgotos, tanto a nível secundário como terciário, via de regra, são compostas por areias e/ou brita. As areias tornam-se os materiais mais empregados e melhor caracterizados, sendo inclusive transcritas na literatura recomendações quanto à sua granulometria e índices físicos, destacando-se (COOPER et al., 1996):

- diâmetro efetivo ( $d_{10}$ ) superior ou igual a 0,20 mm;
- coeficiente de uniformidade ( $U = d_{60}/d_{10}$ ) menor ou igual a 5 unidades;
- coeficiente de permeabilidade, ou condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ), maior ou igual a  $10^{-4}$  m/s.

Há autores (MONTEIRO, 2009) que recomendam o uso de mais de um material de enchimento ao longo do leito, uma vez que a qualidade da águas residuárias é alterada no decorrer do sistema, permitindo, assim, o uso de materiais mais adequados.

Na pesquisa do presente trabalho será utilizada brita no início do leito, seguida de areia no restante. A idéia é que no trecho inicial haja melhores condições de desenvolvimento do biofilme, sem que a condutividade hidráulica seja alterada drasticamente, e no final do leito, quando a concentração de sólidos e de matéria orgânica é menor, outros poluentes sejam removidos de forma mais satisfatória pela interatividade com o meio.

Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos em WCHF com materiais filtrantes alternativos, sendo a grande parte compostos de resíduos da indústria, construção civil (BORGES et al., 2002 apud SEZERINO, 2006) e agrícolas, como a casca de arroz (PHILIPPI et al., 2009), sabugos de milho, entre outros.

O material filtrante e as plantas a serem utilizadas nas unidades “*Wetlands*” serão objeto de estudo das pesquisas a serem desenvolvidas em parceria com a Universidade Federal do Ceará - UFC.

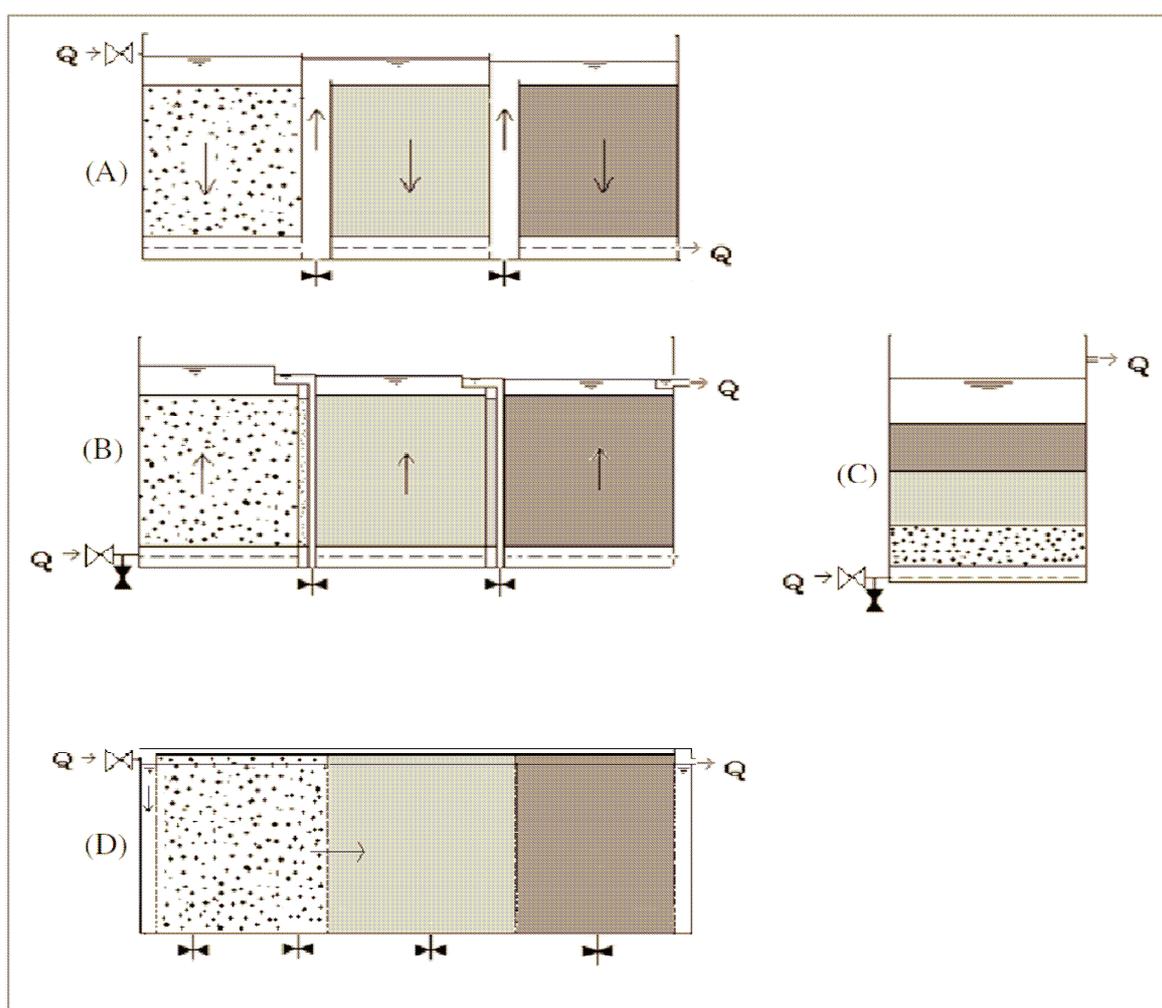
## **Filtro em Pedregulho**

Dentre as tecnologias desenvolvidas para o polimento de lagoas de estabilização, os filtros em pedregulho se apresentam como promissor, pois retém o fitoplâncton presente nos efluentes das lagoas de maturação.

Ao passar pelo leito submerso as algas se ligam à superfície da pedra à medida que o líquido escoar através dos interstícios, sendo degradadas biologicamente. A utilização de filtros com meios filtrantes diversos como alternativa de pós-tratamento de efluentes de lagoas de estabilização, com os custos e simplicidade compatíveis aos das lagoas, vêm sendo estudada

desde a década de 1970. As principais vantagens destes filtros são que, além da simples operação, fornece o polimento de efluente de lagoas com baixo custo possível, não necessitando de manutenções contínuas.

Estes filtros são sistemas constituídos por camadas submersas de pedras, variando desde 75 a 200 mm, com o objetivo principal de remover algas e sólidos de efluentes das lagoas de estabilização, podendo ser de fluxo vertical ou horizontal. Como se pode observar na Figura abaixo, o filtro ascendente pode apresentar duas configurações: unidade em camadas ou unidades em série.



**Figura 02 - Esquema em corte de instalação de filtro de pedregulho. A descendente em série; B: ascendente em série C: ascendente em camadas; D: horizontal (Adaptado de Wegelin, 1996)**

Dentre os diversos trabalhos feitos com filtros como estes, destacam-se os realizados em 2008 por Von Sperling et al., que identificaram a redução da concentração de algas, clorofila a, DBO e SS, não apresentando sinais de colmatção e perdas de carga desprezíveis,

mesmo após três anos de operação. Estudos realizados com os filtros horizontais da ETE de Rio Formoso (PE) mostram que eles Promovem uma importante remoção adicional de matéria orgânica, DQO e DBO total, com valores médios de 70 mg/L e 23 mg/L, respectivamente. A concentração média de SST, afluente e efluente, foram de 65 e 27 mg/L, enquanto que para a turbidez foram de 95 e 7 NTU, apresentando resultados amplamente satisfatórios. Os resultados revelam que a de remoção média do fitoplâncton total foi de 99%, e a densidade média de cianobactérias efluentes foi de 6594 cel/mL, ficando muito abaixo dos limites preconizados pela resolução CONAMA No 357/05 para águas classes I (20.000 cel/mL), II (50.000 cel/ml), e III (100.000 cel/mL). O bom desempenho dos filtros de pedra comprova a sua viabilidade de aplicação para a remoção de fitoplâncton de lagoas de estabilização.

### Floco-Flotador por Ar Dissolvido

O sistema proposto consiste em uma unidade integrada de floculação e flotação. É resultado de uma parceria entre a Cagece e a Universidade Federal do Ceará (UFC), desenvolvida a partir de uma unidade piloto instalada no Centro de Pesquisa em Água da Cagece, na qual foram realizados vários testes, cujos resultados (vide figuras 03, 04 e 05) mostraram ótima eficiência no tratamento das águas de lavagem dos filtros da ETA GAVIÃO e de lagoas de estabilização (última lagoa da maturação).

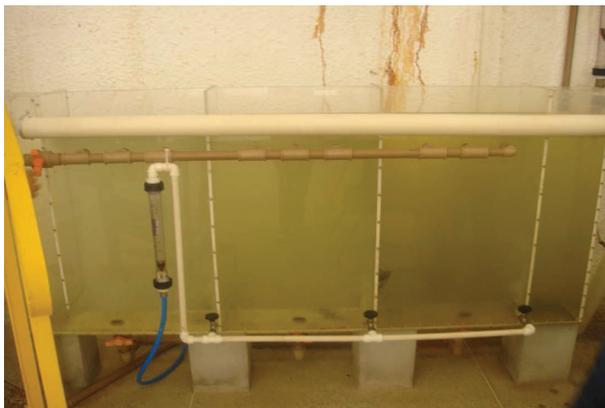


Figura 03 - Unidade Piloto Floco-Flotador  
– ETA Gavião



Figura 04 - Unidade Piloto - Lodo Formado



Figura 05 – Amostras: Água de lavagem dos  
filtros e água clarificada após processo de  
floco-flotação

O fluxograma apresentado na figura 06 mostra a disposição das referidas unidades e o ponto de aplicação de produto químico.

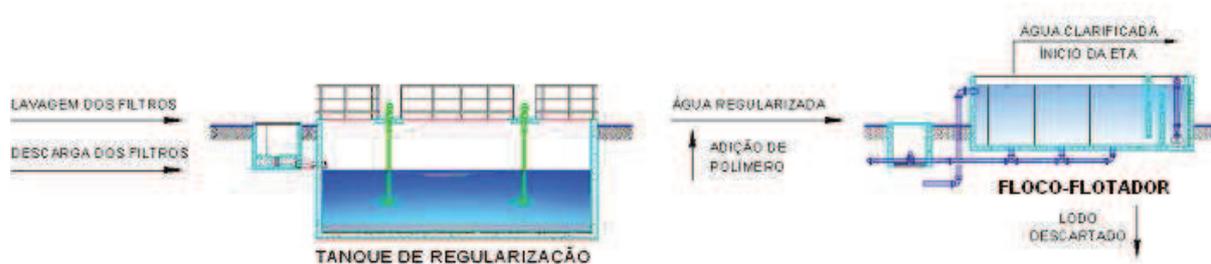


Figura 06 – Fluxograma do projeto proposto

#### 4.3.1 Unidade de Floco-Flotação

No equipamento proposto a floculação é obtida através da turbulência criada pela passagem da massa líquida por placas perfuradas. O dimensionamento das placas, quanto ao número, espaçamento e diâmetro dos orifícios e afastamento entre as placas é baseada na modelagem utilizada para projeto de cortinas de entrada dos decantadores de escoamento horizontal. Esse sistema produz agitação adequada e mantém a superfície de escoamento sem turbulência, permitindo que o lodo flotado fique retido na parte superior do tanque.

Na flotação por ar dissolvido as partículas sólidas são separadas da água fazendo-as flutuar, através da redução de sua densidade pela adesão de pequeníssimas bolhas de ar. Neste processo, as bolhas de ar são geradas pela súbita redução de pressão de corrente líquida saturada de ar, proveniente de uma câmara de saturação. Por meio de uma bomba, uma pequena quantidade da água clarificada (em torno de 10%) é conduzida à câmara de saturação, onde é submetida a uma pressão da ordem de 5 atm, recebendo ar proveniente de um compressor até que seja atingida uma concentração de ar dissolvido próxima à concentração de saturação. Após a câmara de saturação, a água é encaminhada ao tanque de flotação, onde será submetida a uma rápida descompressão, liberando uma grande quantidade de microbolhas de ar, que aderem aos flocos já formados, fazendo-os flutuar. Os flocos sobem e se acumulam na superfície do tanque, formando uma capa de lodo de espessura crescente, que é removida periodicamente por meio de um raspador superficial. A água clarificada, que circula pela parte inferior do tanque, é bombeada para a entrada da ETA, sendo reutilizada no processo de tratamento.

#### 4.3.2 Câmara de Saturação

A seguir, apresentamos os dados de construção da câmara de saturação.

#### CARACTERÍSTICAS DE FABRICAÇÃO:



- Vaso tipo cilíndrico vertical, Diâmetro 250 mm x 1000 mm de altura do costado, pressão de projeto de 9,0 Kgf/cm<sup>2</sup> e temperatura de operação 50° C;
- Corpo fabricado em chapa calandrada espessura de 3/8”;
- 04 (quatro) pernas com sapatas de apoio;
- Chapa perfurada para apoio do recheio espessura de 3/4”;
- Olhais de içamento;
- Sobre espessura de corrosão de 1,6mm;
- Espessura do revestimento: (ver especificações abaixo).

#### **MATERIAL DE FABRICAÇÃO:**

- Chapas: Aço carbono ASTM A 516 60;
- Tubos: Aço carbono ASTM A 106 B;
- Demais conexões: Aço carbono ASTM A 105, ANSI B16.5;
- Juntas em papelão hidráulico;
- Elementos de fixação: ASTM A 193 B7.

#### **ACABAMENTO (interno e externo):**

- Isento de rebarbas e respingos de solda, jateamento padrão SA 2 ½;
- Aplicação de Coaltar epoxi.

#### **INCLUSOS:**

- Teste hidrostático;
- Relatórios de inspeção visual, soldas e dimensional;
- Ensaio Líquido Penetrante;
- Projeto, memorial de cálculo e desenhos de fabricação;
- Matéria prima, consumíveis e maquinários;
- Data-book completo;
- Certificados / relatórios de evidência de rastreabilidade de matéria-prima e insumos;
- Documentação de soldagem EPS / RQPS / RQS;
- Plano de solda;
- Carregamento dos equipamentos para transporte.

#### **4.3.3 Sistema de Dosagem de Produtos Químicos**

Para melhorar as condições de flotabilidade dos sólidos presentes no efluente da lagoa de estabilização, faz-se necessário um condicionamento que se constitui num tratamento físico, químico e/ou biológico. O condicionamento químico pode ser realizado com a aplicação de polímeros catiônicos, aniônicos e não-iônicos apropriados para água de abastecimento. No presente trabalho será utilizado o polímero catiônico que auxiliará na clarificação da água de lavagem dos filtros e no adensamento dos sólidos suspensos.

Será aplicado o polímero na tubulação afluyente (água regularizada) ao floco-flotador.

A dosagem deverá ser determinada através de ensaios em equipamento de jar-teste. No memorial de cálculo, foi adotada uma dosagem e concentração da solução a partir de estudos realizados pelo Eng<sup>o</sup> Manoel Sales, da CAGECE.



Para a utilização do polímero devem ser instalados 02 (1 ativo e outro reserva) tanques pré-fabricados do tipo KPDS de 1000 L cada.

A dosagem da solução é calculada pela seguinte fórmula:

$$q = \frac{Q_{regul} \times D}{C}$$

Onde:

$Q_{regul}$  ..... vazão de regularização (L/s)

$D$  ..... dosagem (ppm)

$C$  ..... concentração (%)

Será adotada uma dosagem de 10ppm e uma concentração de 0,5% para a dosagem do polímero catiônico.

## Unidade de Ultrafiltração

A filtração é um processo de separação sólido – líquido, envolvendo fenômenos físicos, químicos e, às vezes, biológicos que visa a remoção das impurezas (partículas em suspensão e parte da carga bacteriana) da água por sua passagem através de um meio poroso. Dentro dessa classe de processos de separação, há a ultrafiltração (UF), que é um processo comandado por um gradiente de pressão através de uma membrana semipermeável para separar macromoléculas e colóides de uma solução. Comparando as membranas de UF com as membranas de osmose reversa (OR) e nanofiltração (NF), podemos notar que aquela apresenta uma maior porosidade retendo somente as macromoléculas e colóides, que apresentam uma pressão osmótica baixa. Solutos menores transpassam a membrana e são transportados juntamente com a água. Por isso, as pressões de operação da UF são mais baixas. Partículas entre 0,002 a 0,2  $\mu\text{m}$ , com uma massa molecular de 0,5 a 300 kDa, são retidas na ultrafiltração. O avanço no uso da tecnologia de UF se deu por alguns fatores:

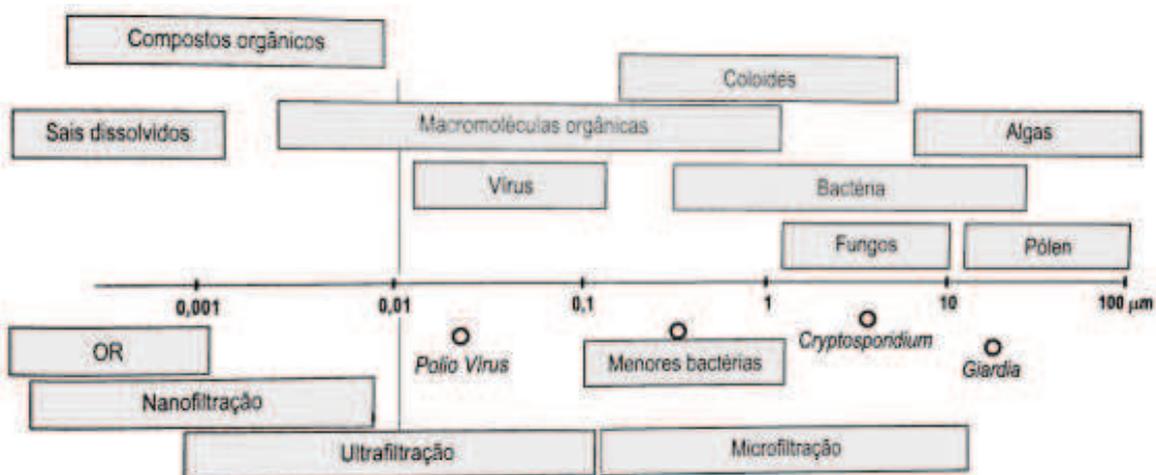
- a) a qualidade da água produzida ser superior àquela obtida por métodos de tratamento convencionais, retendo inclusive microrganismos, tais como bactérias, vírus, protozoários, germes e larvas;
- b) apresenta-se em sistemas mais compactos em comparação com outros sistemas de tratamento de água;
- c) sua automação é de fácil controle;
- d) a operação e a manutenção são mais simples que nos sistemas tradicionais;
- e) exige um menor uso de produtos químicos;
- f) produz menos lodo.

A qualidade da água do afluente a ser tratado e a capacidade de produção da planta são fatores impactantes no seu custo de implantação.

Na tabela e figura abaixo, tem-se uma síntese comparativa dos principais processos de separação por membranas.

**Tabela 01 - Tabela comparativa entre os principais processos de separação por membranas**

| Processo       | Pressão (bar) | Abertura dos poros da membrana (nm) | Componentes Removidos  |
|----------------|---------------|-------------------------------------|--|
| Osmose Reversa | 10-30         | 0,1-1                               | Ions monovalente (Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), dureza                          |
| Nanofiltração  | 4-20          | 1-10                                | Micropoluentes, ions bivalentes (Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ) |
| Microfiltração | 0,1-2         | 100-1000                            | Sólidos suspensos, bactérias   |
| Ultrafiltração | 0,1-2         | 10-100                              | Macromoléculas, vírus, proteínas   |



**Figura 03: Comparação do tamanho de partículas com o tamanho de poros de membranas que utilizam o gradiente de pressão como força motriz**

A qualidade da água do afluente a ser tratado e a capacidade de produção da planta são fatores impactantes no seu custo de implantação. Esses custos veem caindo e a eficiência das plantas aumentando, contribuindo cada vez mais para que novos sistemas de UF sejam utilizados.



**Figura 04 - Unidade de UF com capacidade de 20 m<sup>3</sup>/h**



# Memorial de Cálculo



## 5 Memorial de Cálculo

### Wetland

O sistema escolhido foi zona de raízes de fluxo horizontal descrito por Crites et al. (2005 apud DORNE LAS, 2008).

Para o cálculo da área superficial necessita-se obter K, o coeficiente de remoção de DBO<sub>5</sub> (d<sup>-1</sup>) a certa temperatura do líquido (°C), (Eq. 01), como segue:

$$K = K_{20} * 1,06^{(T-20)}$$

Logo,

$$K = 1,75 \text{ d}^{-1}$$

Em que:

K<sub>20</sub> = coeficiente de remoção de DBO<sub>5</sub>, 20 valor sugerido de 1,1 d<sup>-1</sup>;

H<sub>liq</sub> = altura do líquido no interior do leito filtrante (m).

Conhecido o coeficiente K as configurações geométricas das unidades foram obtidas calculando-se a área superficial, A<sub>s</sub> (Eq. 02)

$$A_s = Q * \left( \ln \frac{C_a}{C_e} \right) / (K * H_{liq} * n)$$

$$A_s = 1812,495 \text{ m}^2$$

Em que:

A<sub>s</sub> = área superficial, m<sup>2</sup>;

Q<sub>Med.</sub> (vazão de projeto média – L/s) = 9,00 (777,60 m<sup>3</sup>/dia)

C<sub>a</sub> (Concentração de DBO<sub>5</sub> afluyente em mg/L) = 120

C<sub>e</sub> (Concentração de DBO<sub>5</sub> efluente, desejável, em mg/L) = 30

K<sub>t</sub> (Coeficiente de decaimento do poluente) – dado pela expressão:

$$K_t = K_{20} * 1,06^{(T-20)}, \text{ onde:}$$

K<sub>20</sub> (Coeficiente de remoção de DBO<sub>5,20</sub> – em d<sup>-1</sup>) = 1,10

T (Temperatura local - em °C) = 28

Cada unidade terá uma área de 1.254,8 m<sup>2</sup>, altura total dos leitos de 0,70 m e altura do líquido nos leitos de 0,50 m. A relação de comprimento, largura adotada de 3:1 resulta em quatro unidades com dimensões de 30,00 m para o comprimento e 10,00 m para a largura cada.



Tabela 01 – Resultados dos Parâmetros

| Unidade     | Unidade | Valor    |
|-------------|---------|----------|
| Vazão       | l/s     | 9        |
| Vazão       | m3/dia  | 777.6    |
| Altura útil | m       | 0.7      |
| Largura     | m       | 10.00    |
| Comprimento | m       | 30       |
| k20         | d-1     | 1.1      |
| Temperatura | oC      | 28       |
| K           | d-1     | 1.753233 |
| Ca          | mg/L    | 120      |
| Ce          | mg/L    | 60       |
| Porosidade  | %       | 35%      |
| As          | m2      | 1,254.80 |
|             | m2      | 1,200.00 |

Tempo de detenção hidráulica

O tempo de detenção hidráulica (Td) é obtido através da divisão do volume de cada zona de raízes pela vazão individual (q) de cada unidade (Eq. 03)

$$T_d = \frac{L \times C \times y \times p}{q}$$

(03)

Em que:

- L: Largura do leito (m);
- C: Comprimento do leito (m);
- y: Profundidade do leito (m);
- p: Porosidade do leito (%)

### Filtros em Pedregulho

Filtro em Pedregulho de Fluxo Horizontal em Subcamadas (FPHC) - Parâmetros e Dimensionamento

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Vazão de cada unidade (L/s) .....                                      | 0,58                       |
| .....  | 50,00 m <sup>3</sup> / dia |
| Número de unidades.....  | 2                          |
| Taxa de aplicação adotada (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> x dia) ..... | 0,50                       |
| Área superficial total (m <sup>2</sup> ) .....                         | 400,00                     |
| Área superficial de uma unidade (m <sup>2</sup> ) .....                | 200,00                     |
| Dimensões:   |                            |
| Comprimento (m).....   | 20,00                      |
| Largura (m).....   | 10,00                      |



|   |            |
|---|------------|
| Vazão média (m <sup>3</sup> /dia) .....               | 50         |
| Granulometria .....                                   | média (cm) |
| .....   | 2,0        |
| Índice de vazios .....                                | 0,41       |
| Volume necessário de brita (m <sup>3</sup> ) .....    | 100        |
| Altura adotada de brita (m) .....                     | 1,5        |
| Comprimento de brita (m).....                         | 20         |
| Largura de brita (m) .....                            | 3,33       |
| Largura adotada (m).....                              | 20         |
| Volume adotado (m <sup>3</sup> ) .....                | 300        |
| Taxa de aplicação adotada (m <sup>3</sup> /dia) ..... | 0,17       |
| Volume da lagoa (sem brita - m <sup>3</sup> ) .....   | 33 500     |
| TDH (sem brita - dias) .....                          | 670,00     |
| Volume da lagoa (com brita - m <sup>3</sup> ) .....   | 33 323     |
| TDH (com brita - dias) .....                          | 666,46     |
| Perda de TDH (dias) .....                             | ..3,54     |

### 5.3 Floco-Flotador por Ar Dissolvido

#### 5.3.1 Processo de Floculação

Com a determinação dos parâmetros das placas do floculador, é possível calcular o gradiente de velocidade médio em cada placa.

Os parâmetros de projeto compreendem:

- viscosidade cinemática da água (T = 25°C);
- vazão de regularização (m<sup>3</sup>/s);
- altura do nível da água (m);
- largura do canal (m);
- distância entre orifícios eixo a eixo (m);
- diâmetro dos orifícios (m);
- coeficiente de descarga adotado;
- número de orifícios possíveis na horizontal;
- número de orifícios possíveis na vertical;
- número total de orifícios na placa.

A vazão em cada orifício é dada por:

$$Q_o = \frac{Q_{regul}}{N^{\circ}_{orif}}$$

Onde:

Q<sub>o</sub> ..... vazão em cada orifício (m<sup>3</sup>/s)

Q<sub>regul</sub> ..... vazão de regularização (m<sup>3</sup>/s)

N<sup>o</sup><sub>orif</sub> ..... número de orifícios

O número de Reynolds (Re) é dado pela expressão:

$$Re = \frac{V_o \cdot D_o}{\nu}$$

Em que:

- V<sub>o</sub> ..... velocidade no orifício (m/s)
- D<sub>o</sub> ..... diâmetro do orifício (m)
- ν ..... viscosidade cinemática da água (m<sup>2</sup>/s)

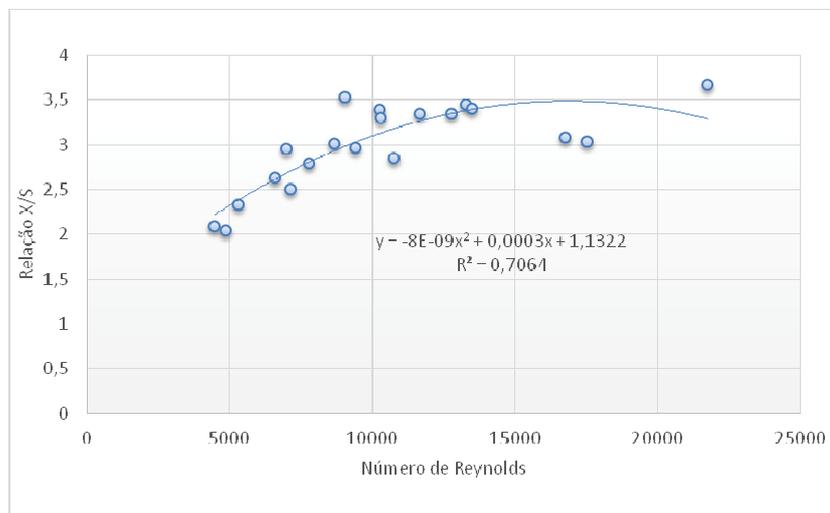
O número de Reynolds (Re) é dado pela expressão:

$$Re = \frac{V_o \cdot D_o}{\nu}$$

Em que:

- V<sub>o</sub> ..... velocidade no orifício (m/s)
- D<sub>o</sub> ..... diâmetro do orifício (m)
- ..... viscosidade cinemática da água (m<sup>2</sup>/s)

O alcance dos jatos pode ser estimado utilizando o gráfico abaixo, obtido a partir de dados produzidos em estudo realizado no CPA, com um protótipo do FFAD, visando modelar o processo de floculação no mesmo.



**Fonte: Almeida (2016)**

O gradiente médio de velocidade pode ser calculado por:

$$G_m = \frac{d_o}{S_o} \sqrt{\frac{\pi \cdot V_o^3}{8 \cdot \nu \cdot C_d^2 \cdot X_o}}$$



Onde:

- C<sub>d</sub> ..... coeficiente de descarga (0,61)
- S<sub>o</sub> ..... espaçamento entre orifícios (m)
- d<sub>o</sub> ..... diâmetro dos orifícios (m)
- V<sub>o</sub> ..... velocidade média de escoamento dos orifícios (m/s)
- v ..... viscosidade cinemática da água (m<sup>2</sup>/s)
- X<sub>o</sub> ..... alcance dos jatos (m)**

Foram adotados os seguintes parâmetros de projeto

- Vazão (Q) – 10 m<sup>3</sup>/h
- Tempo de floculação (T<sub>f</sub>) = 24 min
- Altura de lâmina d'água = 1,5 m
- Largura (B) = 1,0 m
- Comprimento = 4,0 m
- Diâmetro dos orifícios das placas (D<sub>o</sub>) = 15 mm (1<sup>a</sup> Placa), 20 mm (2<sup>a</sup> Placa), 25 mm (3<sup>a</sup> Placa)
- Número de orifícios na horizontal (N<sub>h</sub>)= 3
- Número de orifícios na vertical (N<sub>v</sub>)= 4
- Número total de orifícios por placa (N<sub>o</sub>) = 12
- Número de Reynolds (Re): 22.000 (1<sup>a</sup> Placa), 20.000 (2<sup>a</sup> Placa), 12.000 (3<sup>a</sup> Placa)
- Viscosidade cinemática (v) = 8,87x10<sup>-7</sup> m<sup>2</sup>/s
- Relação X/S\* = 3,74 (1<sup>a</sup> Placa), 3,81 (2<sup>a</sup> Placa), 3,43 (3<sup>a</sup> Placa)

\* X = alcance dos jatos, S = distância entre os orifícios; parâmetro obtido a partir do gráfico da figura 4

## Dimensionamento das câmaras

### 1<sup>a</sup> Câmara

$$\text{Distância entre os orifícios (S)} = \frac{B - 0,2}{N_h - 1} = \frac{1 - 0,2}{3 - 1} = 0,40 \text{ m}$$

$$\text{Total de orifícios por placa} = N_h \times N_v = 3 \times 4 = 12$$

$$\text{Área de cada orifício (A}_o\text{)} = \frac{\pi \cdot (D_o)^2}{4} = \frac{3,1416 \cdot (0,015)^2}{4} = 0,0002 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidade em cada orifício (V}_o\text{)} = \frac{Re \cdot v}{D_o} = \frac{22000 \cdot 8,87 \cdot 10^{-7}}{0,015} = 1,30 \text{ m/s}$$

$$\text{Vazão em cada orifício (Q}_o\text{)} = A_o \times V_o = 0,0002 \times 1,3 = 0,00023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Alcance do jato (X)} = (X/S) \times \text{distância entre os orifícios} = 3,74 \times 0,40 = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Gradiente de velocidade (G)} = \frac{D_o}{S} \sqrt{\frac{\pi \cdot V^3}{8 \cdot \nu C_d^2 \cdot X}} = \frac{0,015}{0,40} \sqrt{\frac{3,1416 \cdot 1,30^3}{8,8,87 \cdot 10^{-7} C_d^2 \cdot 1,5}} = 39,9 \text{ s}^{-1}$$

### 2ª Câmara

$$\text{Distância entre os orifícios (S)} = \frac{B - 0,2}{Nh - 1} = \frac{1 - 0,2}{3 - 1} = 0,40 \text{ m}$$

$$\text{Total de orifícios por placa} = Nh \times Nv = 3 \times 4 = 12$$

$$\text{Área de cada orifício (Ao)} = \frac{\pi \cdot (D_o)^2}{4} = \frac{3,1416 \cdot (0,02)^2}{4} = 0,0003 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidade em cada orifício (Vo)} = \frac{Re \cdot \nu}{D_o} = \frac{22000 \cdot 8,87 \cdot 10^{-7}}{0,02} = 0,887 \text{ m/s}$$

$$\text{Vazão em cada orifício (Qo)} = Ao \times Vo = 0,0002 \times 1,3 = 0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Alcance do jato (X)} = (X/S) \times \text{distância entre os orifícios} = 3,81 \times 0,40 = 1,52 \text{ m}$$

$$\text{Gradiente de velocidade (G)} = \frac{D_o}{S} \sqrt{\frac{\pi \cdot V^3}{8 \cdot \nu C_d^2 \cdot X}} = \frac{0,020}{0,40} \sqrt{\frac{3,1416 \cdot 0,887^3}{8,8,87 \cdot 10^{-7} C_d^2 \cdot 1,52}} = 29,7 \text{ s}^{-1}$$

### 3ª Câmara

$$\text{Distância entre os orifícios (S)} = \frac{B - 0,2}{Nh - 1} = \frac{1 - 0,2}{3 - 1} = 0,40 \text{ m}$$

$$\text{Total de orifícios por placa} = Nh \times Nv = 3 \times 4 = 12$$

$$\text{Área de cada orifício (Ao)} = \frac{\pi \cdot (D_o)^2}{4} = \frac{3,1416 \cdot (0,025)^2}{4} = 0,0005 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidade em cada orifício (Vo)} = \frac{Re \cdot \nu}{D_o} = \frac{22000 \cdot 8,87 \cdot 10^{-7}}{0,015} = 0,43 \text{ m/s}$$

$$\text{Vazão em cada orifício (Qo)} = Ao \times Vo = 0,0002 \times 1,3 = 0,00021 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Alcance do jato (X)} = (X/S) \times \text{distância entre os orifícios} = 3,74 \times 0,40 = 0,86 \text{ m}$$

$$\text{Gradiente de velocidade (G)} = \frac{D_o}{S} \sqrt{\frac{\pi \cdot V^3}{8 \cdot \nu C_d^2 \cdot X}} = \frac{0,025}{0,40} \sqrt{\frac{3,1416 \cdot 0,43^3}{8,8,87 \cdot 10^{-7} C_d^2 \cdot 0,86}} = 26,2 \text{ s}^{-1}$$

## 5.3.2 Processo de Flotação

### Dados de Projeto:

|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| Vazão                 | $Q = 10 \text{ m}^3/\text{h}$ |
| Taxa de recirculação  | $r = 10\%$                    |
| Vazão de recirculação | $q = 1 \text{ m}^3/\text{h}$  |

### **Critérios para o dimensionamento:**

- Richter, Carlos A: Os saturadores são usualmente dimensionados para taxas compreendidas entre 350 a 1300  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$  (4 a 15  $\text{kg}/\text{s} \cdot \text{m}^2$ ), embora estudos pilotos tenham utilizado taxas de até 2600  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$  (30  $\text{kg}/\text{s} \cdot \text{m}^2$ );

\*Di Bernardo, Luiz: as câmaras de saturação são geralmente projetadas para valores de  $T_{\text{escsuper}}$  entre 700 e 1200  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ , não obstante existam instalações com  $T_{\text{escsuper}}$  de até 2000  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ . o tempo médio de detenção é geralmente inferior a 5 min, para câmaras de saturação sem recheio e entre 1,5 a 3 min, em câmaras com recheio (por exemplo, com anéis tipo Pall de 30 mm). A altura do recheio na câmara de saturação varia entre 0,6 a 0,9 m para que se tenha saturação de 90%; Tempo de detenção menor que 5,0 min

\*AWWA: Os saturadores são usualmente dimensionados para taxas compreendidas entre 300 a 2000  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$  (4 a 15  $\text{kg}/\text{s} \cdot \text{m}^2$ ), embora estudos pilotos tenham utilizado taxas de até 2600  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$  (30  $\text{kg}/\text{s} \cdot \text{m}^2$ );

### **Área da seção transversal da câmara de saturação A ( $\text{m}^2$ )**

Adotando-se uma taxa de escoamento superficial (T) de 500  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ , tem-se:

$$A = \frac{r \cdot 24}{T \cdot i} = \frac{1 \cdot 24}{500 \cdot 0,05} = 0,05$$

### **Diâmetro da câmara de saturação D (m)**

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,05}{3,1416}} = 0,25 \text{ m}$$



### Volume da câmara de saturação $V$ ( $m^3$ )

Adotando-se o tempo de detenção ( $T_d$ ) de 3 minutos, o volume necessário será:

$$V_{\text{volume}} = q \cdot T_d = (1,0 \cdot 3) / 60 = 0,05 \text{ m}^3$$

### Altura total da câmara de saturação ( $A_T$ )

$$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,05}{3,1416 \cdot (0,25)^2} = 1,04 \text{ m}$$

Adotando = 1,0 m

### Pressão de serviço: 500 Kpa = 5 bar

### Pressão absoluta no interior da câmara de pressurização: $P = 6 \text{ atm}$

A pressão absoluta no interior da câmara de pressurização é igual à pressão relativa somada à pressão atmosférica (atm ou kPa).

Pressão relativa na câmara de saturação  $P_{\text{rcs}} = 5 \text{ atm}$

Pressão Atmosférica (atm)  $P_{\text{atm}} = 1 \text{ atm}$

A pressão atmosférica de ar seco, a uma elevação  $Z$  metros acima do nível do mar, pode ser calculada pela expressão:

$$P_z = P_0 \cdot e^{-0,00012092 \cdot Z}$$

onde  $P_0$  é a pressão atmosférica ao nível do mar (pressão atmosférica padrão)

Aplicando a fórmula acima com  $P_0 = 1 \text{ atm}$ , resulta:

$$P_z = 1 \cdot e^{-0,00012092 \cdot 5,7} = 0,999 \text{ atm} \approx 1 \text{ atm}$$

Assim, a pressão absoluta no interior da câmara de pressurização resulta em:

$$P = 5 + 1 = 6 \text{ atm}$$

### Concentração de ar na água saturada: $C = 125,4 \text{ mg/L}$

Ao introduzir ar e água na câmara de saturação a uma pressão absoluta P, o ar se dissolve na água até uma **concentração de saturação**  $C_{satp}$  de acordo com a Lei de Henry.

$$C_{satp} = K_H \cdot P$$

Em que,

$C_{satp}$  : concentração de saturação do ar na câmara de saturação na pressão P (mg/l);

$K_H$ : constante da lei de Henry, em função da temperatura do ar (mg/l atm ou mg/l kpa);

P: pressão absoluta no interior da câmara de pressurização.

### **Coefficientes da lei de Henry (Solubilidade do ar e de alguns gases em água pura):**

| Temp. (°C) | $K_H$ (mg/l.atm) |                |                |                 |
|------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|
|            | Ar               | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> |
| 0          | 37,0             | 69,6           | 29,4           | 3349            |
| 5          | 32,7             | 61,2           | 27,7           | 2810            |
| 10         | 29,0             | 54,4           | 23,3           | 2354            |
| 15         | 26,9             | 48,3           | 20,7           | 2011            |
| 20         | 23,7             | 43,4           | 19,3           | 1725            |
| <b>25</b>  | <b>21,7</b>      | 40,2           | 17,9           | 1500            |
| 30         | 20,9             | 36,0           | 16,8           | 1315            |

À temperatura de 30° C,  $K_H = 20,9$  mg/l.atm, conforme tabela acima.

Portanto, a concentração de ar resultante na água de recirculação é:

$$C_{satp} = K_H \cdot P = 20,9 \times 6 = 125,4 \text{ mg/l}$$

**Massa de ar na água de recirculação:  $M_{ar} = 2,1$  g/min**

$$M = q \cdot C_{satp}$$

$$M = 17 \text{ L/min} \times 0,1254 \text{ g/L} = 2,1 \text{ g/min}$$

**Volume de ar a ser deslocado pelo compressor:  $V_{ar} = 7,91$  l/min**

Para calcular o volume de ar, pode-se aplicar a equação dos gases,

$$pV = nRT,$$

para o ar ambiente, com

|  |                       |
|--|-----------------------|
| p : pressão atmosférica, atm                     | 1 atm                 |
| V: volume de ar deslocado pelo compressor, l/min |                       |
| n: número de moléculas de ar contidas na massa N | mol                   |
| R: constante dos gases, l.atm/K. mol             | 0,0821 l.atm/K. mol   |
| T: temperatura, K                                | K : 273 + 25 = 298° K |

O número de moléculas de ar é praticamente a soma das moléculas de nitrogênio e oxigênio, seus principais componentes, cujas massas são proporcionais a sua composição na atmosfera, respectivamente, 78 e 21%.

$n_N$ : nº moléculas de nitrogênio ( $N_2$ )                      78% do ar

$n_O$ : nº moléculas de oxigênio ( $O_2$ )                        21% do ar

Número de moléculas de  $N_2$

$$n_N = M \times 0,78 / (\text{massa molecular})$$

$$n_N = 2,1 \times 0,78 / 28 = 0,06 \text{ mol/min}$$

Número de moléculas de  $O_2$

$$n_O = M \times 0,21 / (\text{massa molecular})$$

$$n_O = 2,1 \times 0,21 / 32 = 0,01 \text{ mol/min}$$

O número de moléculas de ar sendo dissolvidas na água de recirculação é:

$$n = n_N + n_O, \text{ mol}$$

$$n = 0,01 + 0,06 = 0,07 \text{ mol/min}$$

Aplicando os dados na equação dos gases, vem:

$$1 \times V_{\text{ar}} = 0,07 \times 0,0821 \times 303,15$$

$$V_{\text{ar}} = 1,74 \text{ l/min}$$

Considerando-se um período de funcionamento do compressor de 8 horas/dia, tem-se que:

$$\text{Vazão do compressor: } 1,74 \times 3 = 5,2 \text{ l/min}$$

Características do compressor:



Vazão mínima do compressor

140 L/min

Pressão nominal do compressor

80 a 120 psi

Potência do motor

1 CV

Rotação máxima

**1680 rpm**

Para os motores das bombas dosadoras pode ser adotado 1/2cv e do raspador 1cv.

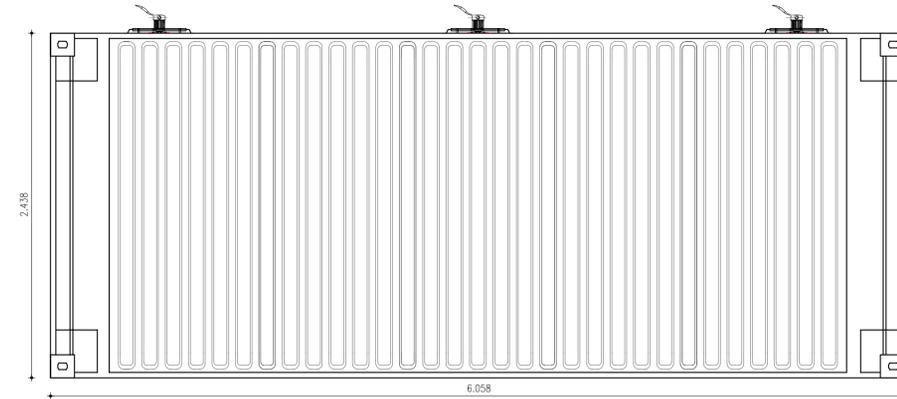


## Peças Gráficas

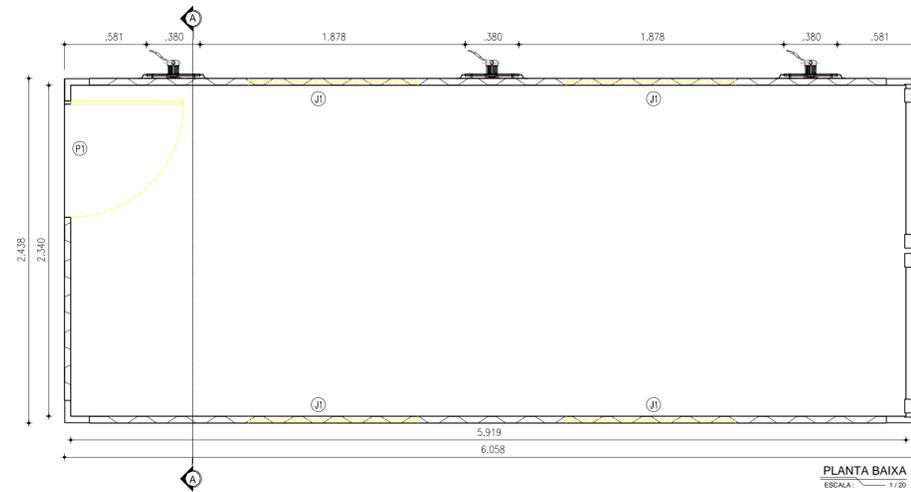


## 6 Peças Gráficas

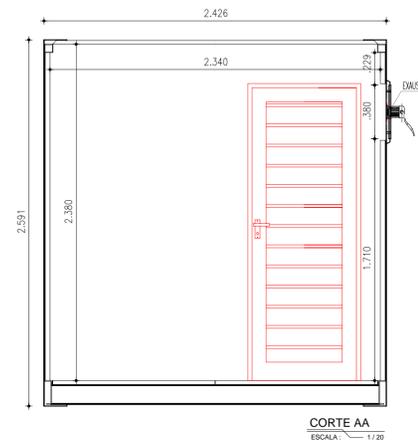
| <b>Desenho</b> | <b>Prancha</b> | <b>Título</b>   |
|----------------|----------------|---|
| 01             | 01/01          | Contanier – Planta Baixa, Vista e Cortes                                    |
| 02             | 01/02          | Floco-Flotador – Planta Baixa, Cortes e Vista                               |
| 03             | 02/02          | Floco-Flotador – Locação, Cortes e Detalhes                                 |
| 04             | 01/01          | Câmara de Saturação – Locação, Planta baixa, Vista e Detalhes               |
| 05             | 01/03          | Arranjo Geral – Unidade de Pós-Tratamento – Wetland e Filtros de Pedregulho |
| 06             | 02/03          | Unidade de pós-tratamento – Wetland - Planta Baixa e Cortes                 |
| 07             | 03/03          | Unidade de pós-tratamento - Wetland - Planta de Detalhes                    |



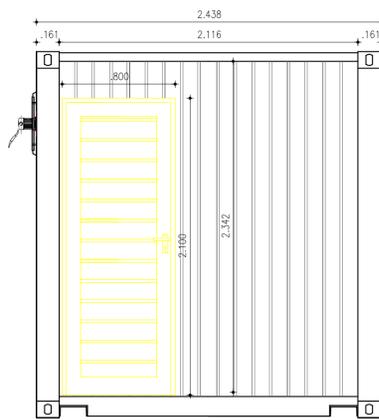
VISTA SUPERIOR  
ESCALA: 1/20



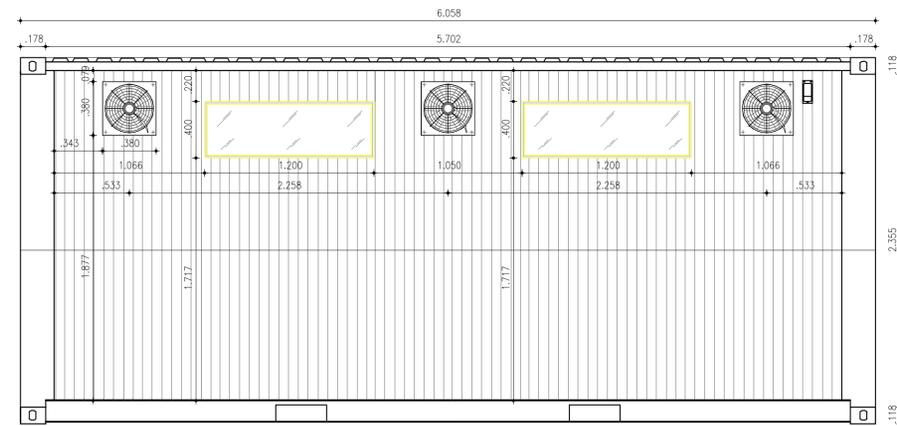
PLANTA BAIXA  
ESCALA: 1/20



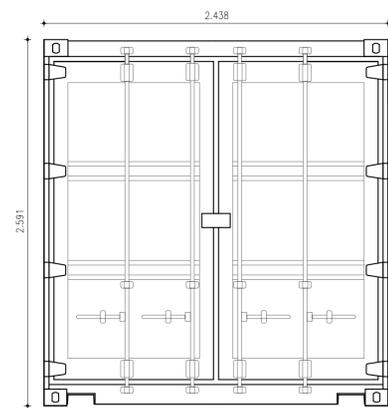
CORTE AA  
ESCALA: 1/20



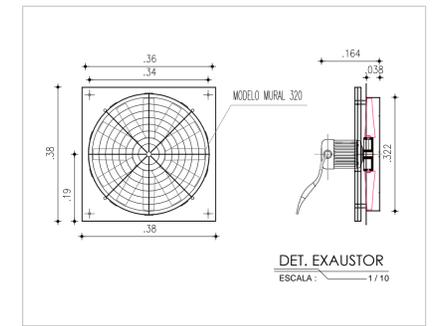
VISTA POSTERIOR



VISTA LATERAL DIREITA



VISTA FRONTAL



DET. EXAUSTOR  
ESCALA: 1/10

| QUADRO DE ESQUADRIAS    |        |                                    |
|-------------------------|--------|------------------------------------|
| DESCRIÇÃO               | QUANT. | TIPO                               |
| (P1) 0,80 x 2,10        | 01     | Porta de abrir Alumínio            |
| (J1) 1,20 x 0,40 x 1,71 | 02     | Janela basculante vidro e Alumínio |

| Nº      | DESCRIÇÃO | DATA | PROJETADO | DESENHADO |
|---------|-----------|------|-----------|-----------|
| REVISÃO |           |      |           |           |

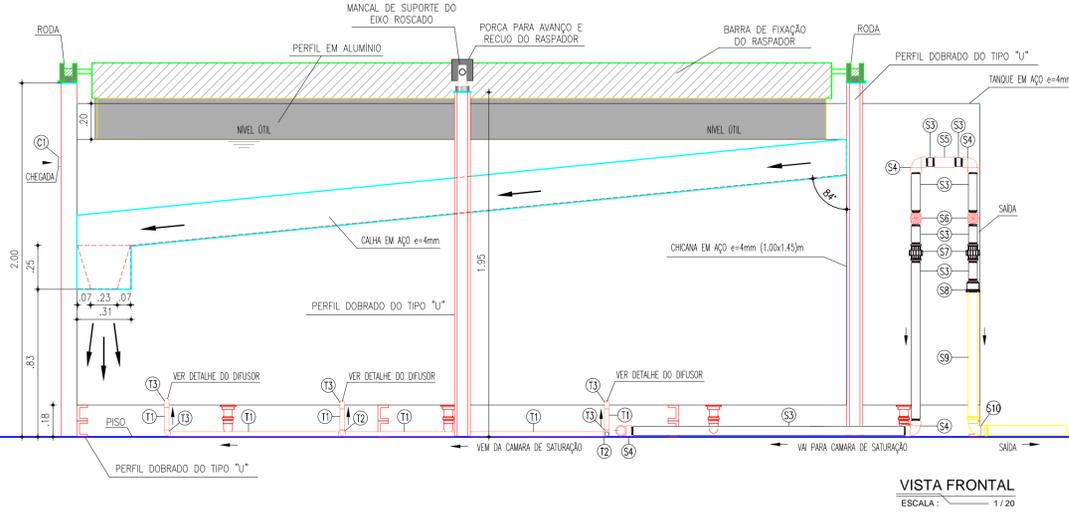
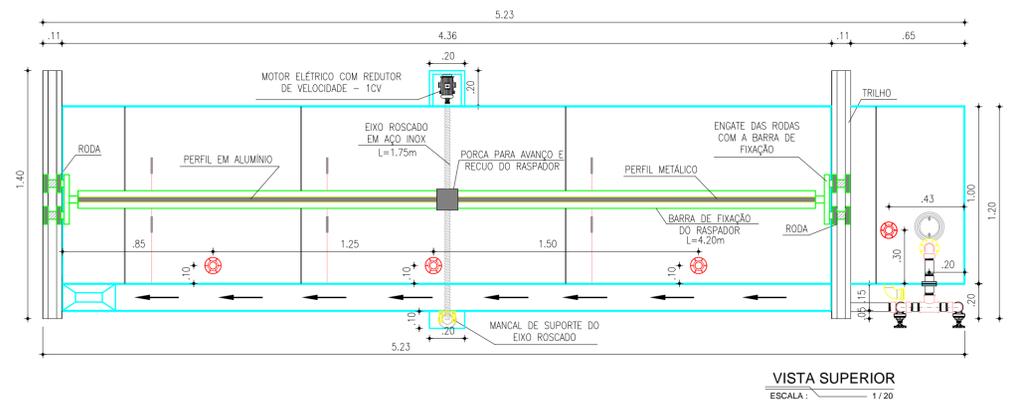
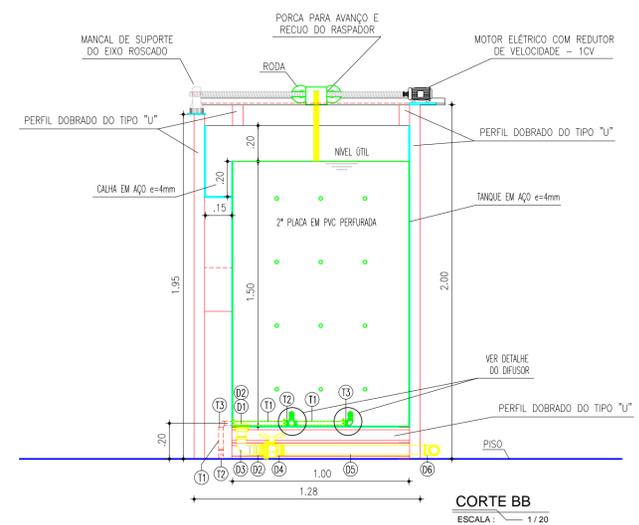
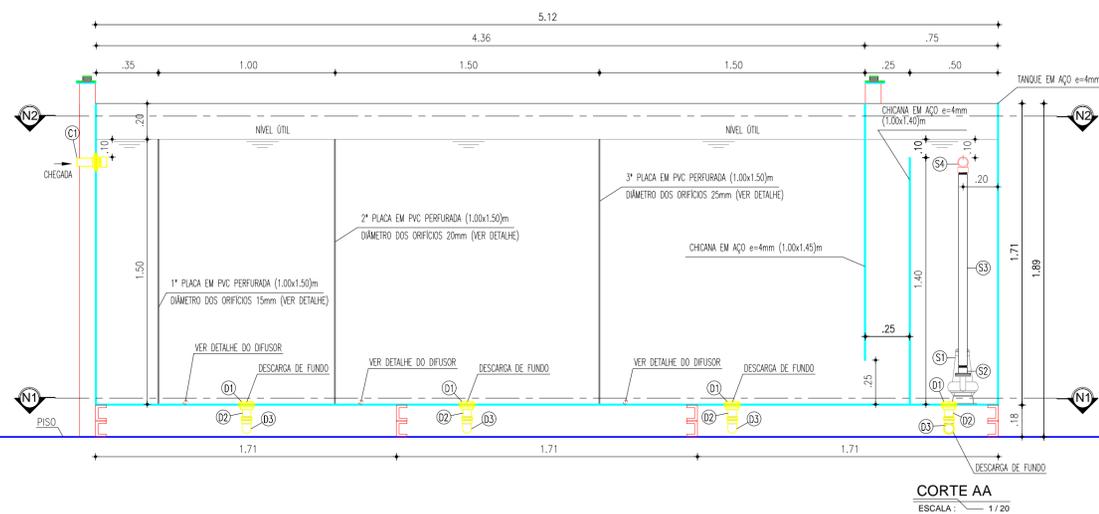
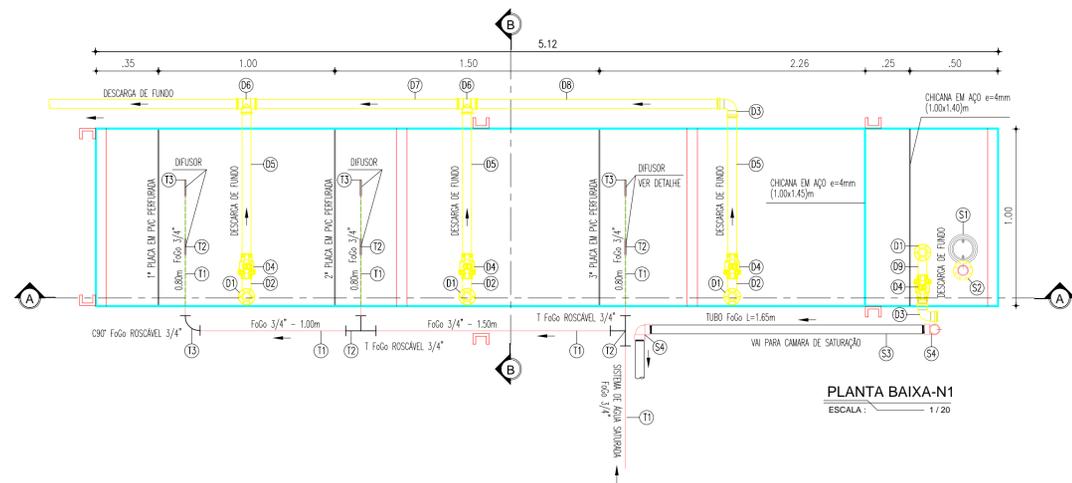
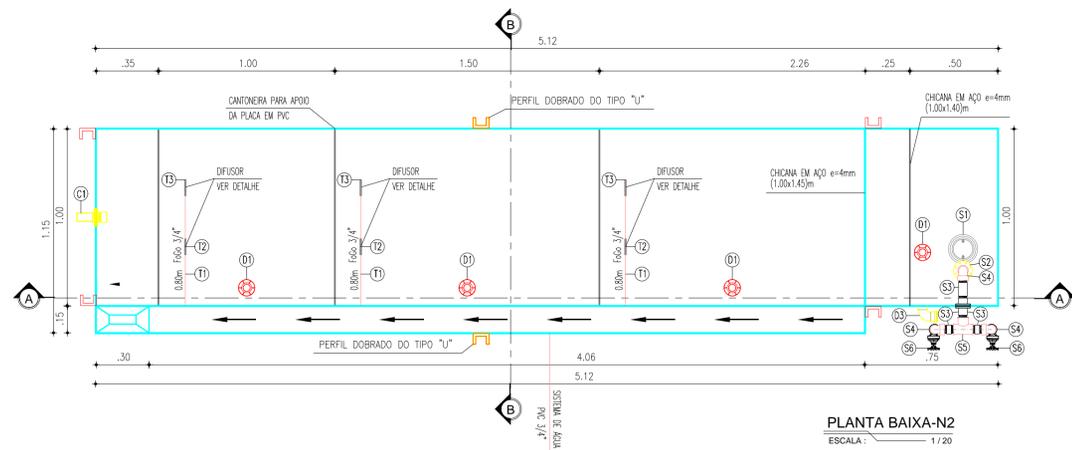
COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ  
DIRETORIA DE ENGENHARIA  
GERÊNCIA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

CENTRO DE TREINAMENTO, DEMONSTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EM REUSO AGRÍCOLA DE ÁGUA - AQUIRAZ-CE  
PROJETO EXECUTIVO - META 03 - FASE - 02

**CONTANIER**  
PLANTA BAIXA, VISTAS E CORTES

|         |       |            |       |
|---------|-------|------------|-------|
| DESENHO | 01/07 | PRANCHA Nº | 01/01 |
|---------|-------|------------|-------|

|              |   |         |           |
|--------------|---|---------|-----------|
| GERÊNCIA:    | ENGº ANDRE SCHRAMM BRANDÃO  |         |           |
| COORDENAÇÃO: | ENGº CLAUDIANE QUARESMA PINTO BEZERRA / BIOL. SILVANO PORTO PEREIRA |         |           |
| PROJETO:     | ENGº ANA MARIA ROBERTO MOREIRA                                      |         |           |
| DESENHO:     | JOÃO MAURICIO   | ESCALA: | 1:20      |
| ARQUIVO:     | Aquiraz_01.07_Contanier_01.01.dwg                                   | DATA:   | JUN./2016 |



| RELAÇÃO DE MATERIAIS     |                                  |        |          |
|--------------------------|----------------------------------|--------|----------|
| ITEM                     | DISCRIMINAÇÃO                    | QUANT. | DIÂMETRO |
| CHEGADA                  |                                  |        |          |
| C1                       | ADAPTADOR SOLDÁVEL BOLSA x ROSCA | 01     | 50       |
| SAÍDA                    |                                  |        |          |
| S1                       | BOMBA SUBMERSÍVEL                | 01     | -        |
| S2                       | ADAPTADOR x DIÂMETRO DA BOMBA    | 01     | 2"       |
| S3                       | TUBO FoGo VAR L=6.00m            | 01     | 2"       |
| S4                       | CURVA 90° FoGo ROSCÁVEL          | 05     | 2"       |
| S5                       | TÊ FoGo ROSCÁVEL                 | 01     | 2"       |
| S6                       | REGISTRO GLOBO                   | 02     | 2"       |
| S7                       | VALVULA DE RETENÇÃO ROSCÁVEL     | 02     | 2"       |
| S8                       | ADAPTADOR SOLDÁVEL BOLSA x ROSCA | 01     | 50       |
| S9                       | TOCO TUBO PVC L=0.80m            | 01     | 50       |
| S10                      | JOELHO 90° PVC SOLDÁVEL          | 01     | 50       |
| DESCARGA DE FUNDO        |                                  |        |          |
| D1                       | ADAPTADOR SOLDÁVEL COM ANEL      | 04     | 50       |
| D2                       | TOCO TUBO PVC L=0.10m            | 07     | 50       |
| D3                       | JOELHO 90° PVC SOLDÁVEL          | 06     | 50       |
| D4                       | REGISTRO DE ESFERA VS SOLDÁVEL   | 04     | 50       |
| D5                       | TUBO PVC L=0.90m                 | 03     | 50       |
| D6                       | TE PVC SOLDÁVEL                  | 02     | 50       |
| D7                       | TUBO PVC L=1.20m                 | 01     | 50       |
| D8                       | TUBO PVC L=1.45m                 | 01     | 50       |
| D9                       | TUBO PVC L=0.30m                 | 01     | 50       |
| CHEGADA DE ÁGUA SATURADA |                                  |        |          |
| T1                       | TUBO FoGo VAR L=6.00m            | 01     | 3/4"     |
| T2                       | TÊ FoGo ROSCÁVEL                 | 05     | 3/4"     |
| T3                       | CURVA 90° FoGo ROSCÁVEL          | 08     | 3/4"     |

OS TUBOS EM FoGo FORAM QUANTIFICADOS EM TUBOS DE 6.00m.  
 OS TAMANHOS ESPECÍFICOS DEVEM SER CORTADOS NO LOCAL.  
 AS ROSCAS SERÃO CONFECCIONADAS "IN LOCO" E DEVEM SER REVESTIDAS DE C.Z. (COMPOSTO RICO EM ZINCO)

| Nº      | DESCRIÇÃO | DATA | PROJETADO | DESENHADO |
|---------|-----------|------|-----------|-----------|
| REVISÃO |           |      |           |           |

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ  
 DIRETORIA DE ENGENHARIA  
 GERÊNCIA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

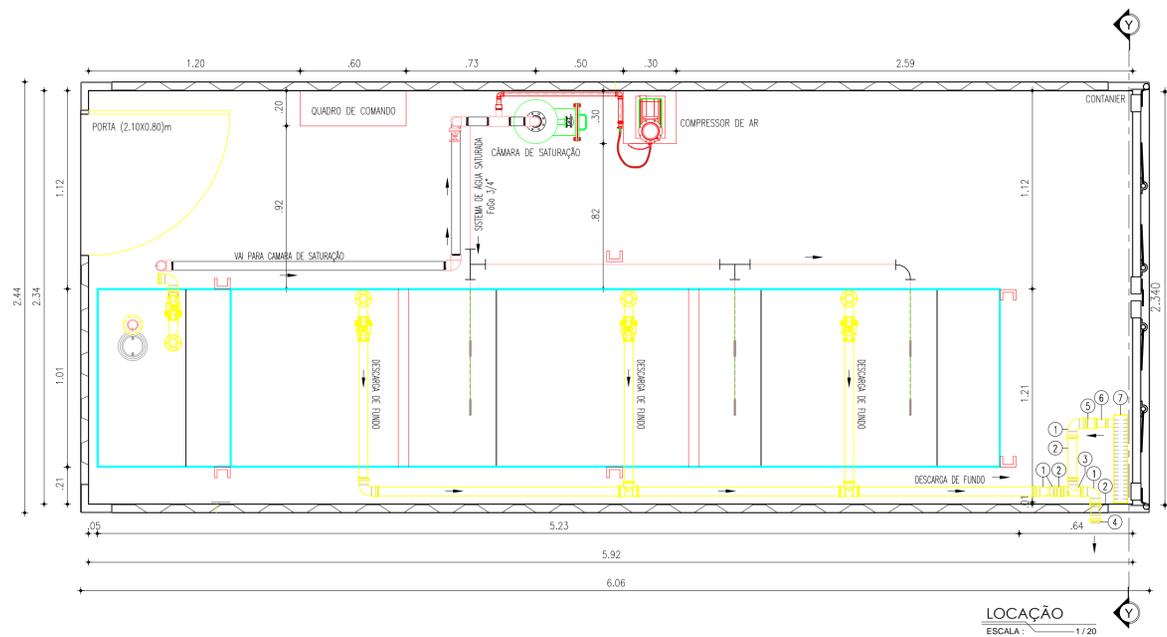
CENTRO DE TREINAMENTO, DEMONSTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EM REUSO AGRÍCOLA DE ÁGUA - AQUIRAZ-CE  
 PROJETO EXECUTIVO - META 03 - FASE - 02

**FLOCO FLOTADOR**  
**PLANTA BAIXA, CORTES, VISTA**

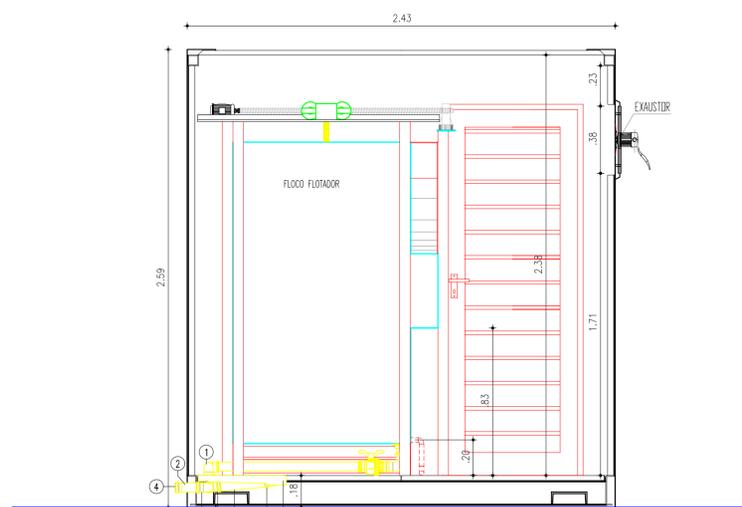
DESENHO: 02/07

PRANCHA Nº: 01/02

|              |   |         |          |
|--------------|---|---------|----------|
| GERÊNCIA:    | ENGº ANDRÉ SCHRAMM BRANDÃO  |         |          |
| COORDENAÇÃO: | ENGº CLAUDIANE QUARESMA PINTO BEZERRA / BIOL. SILVANO PORTO PEREIRA |         |          |
| PROJETO:     | ENGº ANA MARIA ROBERTO MOREIRA                                      |         |          |
| DESENHO:     | JOÃO MAURÍCIO   | ESCALA: | 1:20     |
| ARQUIVO:     | Aquiraz_02a03.07_Floco Flotador_01.02.dwg                           | DATA:   | JUN/2016 |



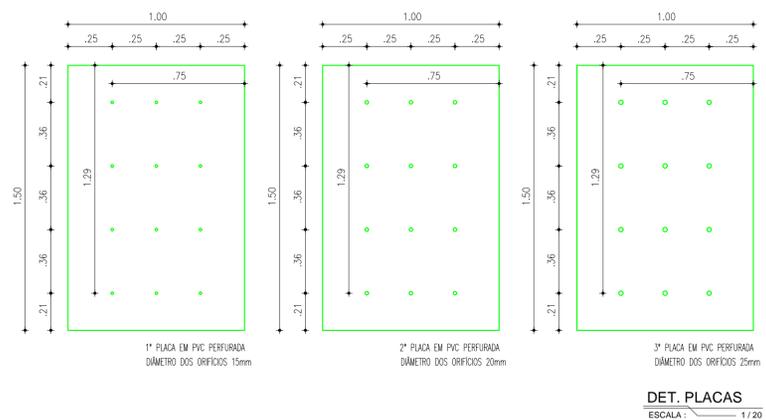
LOCAÇÃO  
ESCALA: 1/20



CORTE YY  
ESCALA: 1/20

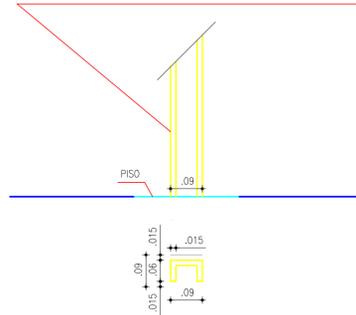
| RELAÇÃO DE MATERIAIS |                               |        |          |
|----------------------|-------------------------------|--------|----------|
| ITEM                 | DISCRIMINAÇÃO                 | QUANT. | DIÂMETRO |
| SAIDA                |                               |        |          |
| 1                    | JOELHO 90° EM PVC             | 04     | 50       |
| 2                    | TUBO EM PVC L=1.00m           | 01     | 50       |
| 3                    | TE EM PVC                     | 01     | 50       |
| 4                    | CAP EM PVC                    | 01     | 50       |
| 5                    | BUCHA DE REDUÇÃO LONGA EM PVC | 01     | 50X40    |
| 6                    | TUBO EM PVC L=1.00m           | 01     | 50       |
| 7                    | RALO LINEAR                   | 01     |          |

OS TUBOS EM PVC FORAM QUANTIFICADOS EM TUBOS DE 1.00m.



DET. PLACAS  
ESCALA: 1/20

PERFIL DOBRADO DO TIPO "U" ENRIJECIDO MEDINDO (90x60x15mm) EM CHAPA DE AÇO DE 1.5mm DE ESPESURA COM ALTURA CONFORME PROJETO. APLICAR COMO COLUNAS DE SUSTENTAÇÃO PERIMETRAIS E CENTRAIS.



DETALHE DO APOIO

ESCALA: 1/10  
MEDIDAS EM CENTÍMETROS



DETALHE DIFUSOR  
ÁGUA SATURADA

| Nº | DESCRIÇÃO | DATA | PROJETADO | DESENHADO |
|----|-----------|------|-----------|-----------|
|    |           |      |           |           |

REVISÃO

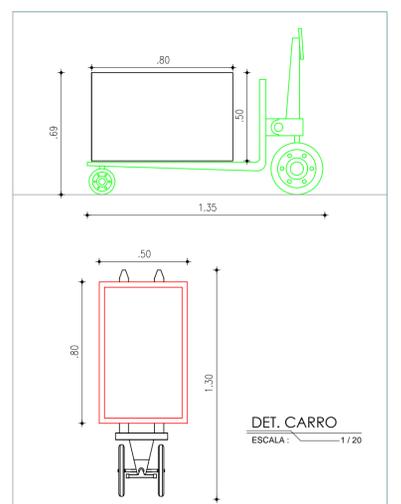
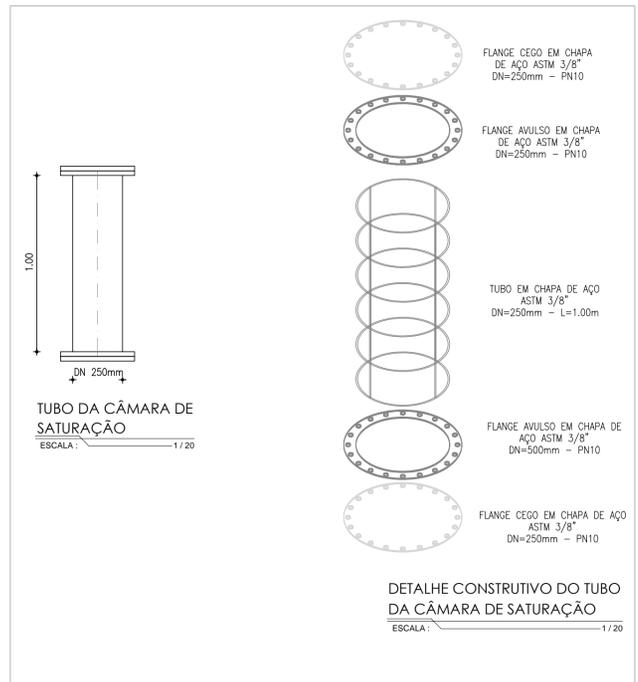
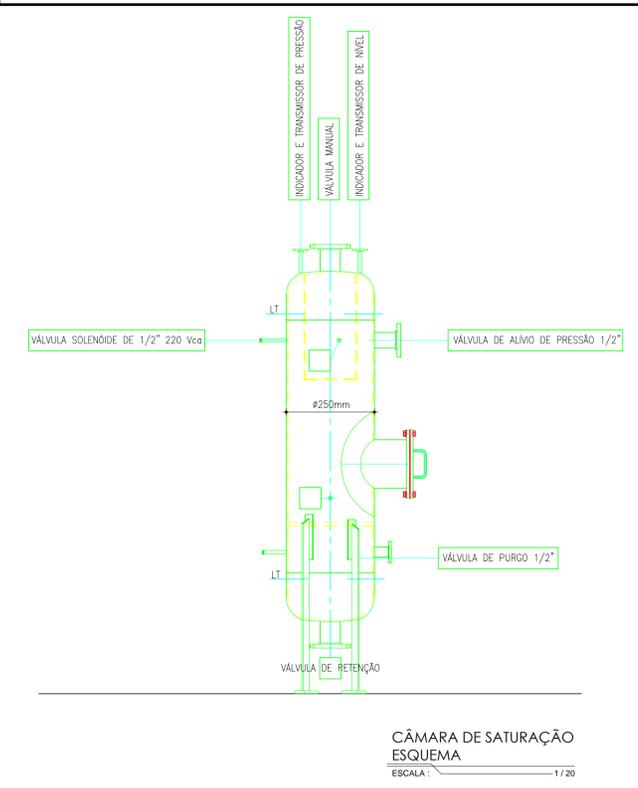
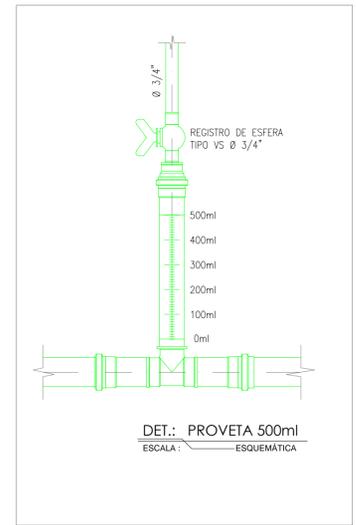
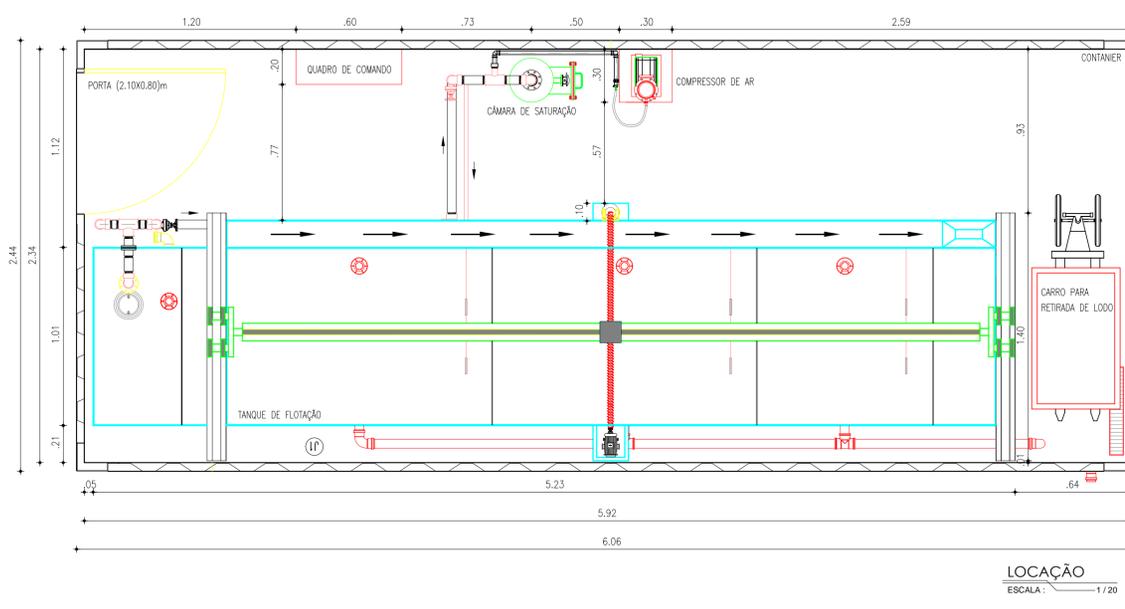
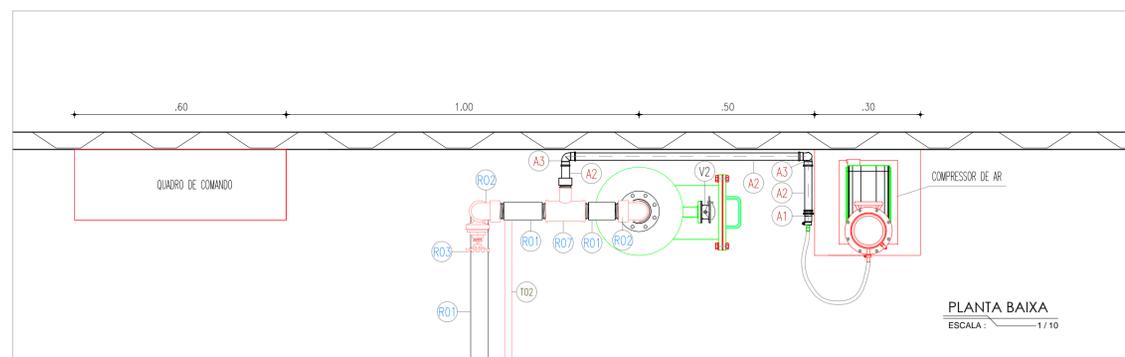
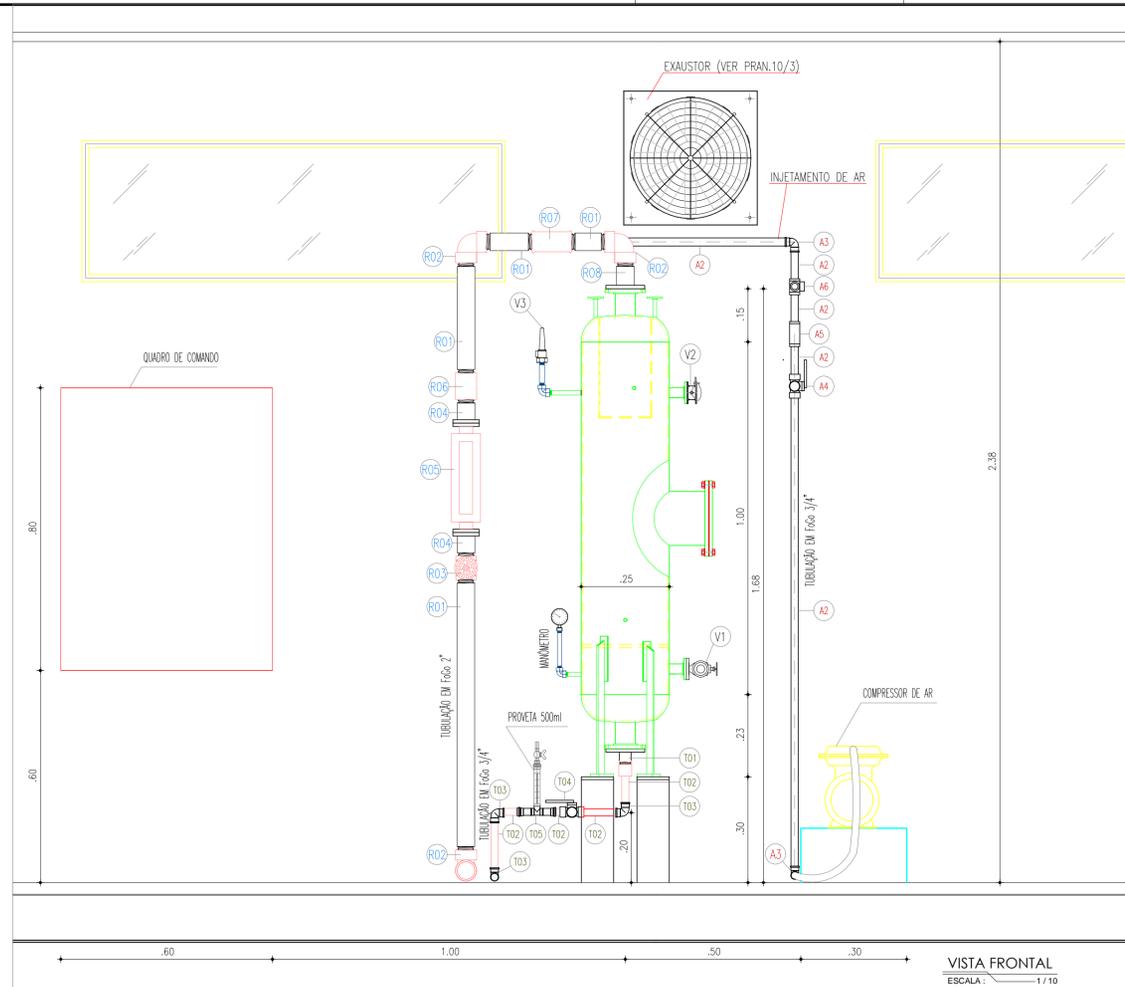
COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ  
DIRETORIA DE ENGENHARIA  
GERÊNCIA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

DESENHO: 03/07  
PRANCHA Nº: 02/02

CENTRO DE TREINAMENTO, DEMONSTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EM REUSO AGRÍCOLA DE ÁGUA - AQUIRAZ-CE  
PROJETO EXECUTIVO - META 03 - FASE 02

FLOCO FLUTADOR  
LOCAÇÃO, CORTE E DETALHES

|              |   |         |           |
|--------------|---|---------|-----------|
| GERÊNCIA:    | ENGº ANDRÉ SCHRAMM BRANDÃO  |         |           |
| COORDENAÇÃO: | ENGº CLAUDIANE QUARESMA PINTO BEZERRA / BIOL. SILVANO PORTO PEREIRA |         |           |
| PROJETO:     | ENGº ANA MARIA ROBERTO MOREIRA                                      |         |           |
| DESENHO:     | JOÃO MAURÍCIO   | ESCALA: | 1:20      |
| ARQUIVO:     | Aquiraz_02a03.07_Floco Flotador_02.02.dwg                           | DATA:   | JUN./2016 |



**MATERIAL HIDROMECÂNICO PARA INTERLIGAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

| Nº  | DESCRIÇÃO   | QUANT. |
|---|---|--------|
| RECALQUE DE ÁGUA PARA A CÂMARA DE SATURAÇÃO |   |        |
| R01   | TUBO FoGo DN 2" VAR L=6.00m   | 02     |
| R02   | CURVA 90° FoGo ROSCAVEL DN 2"   | 02     |
| R03   | REGISTRO CLOBO DN 2"  | 01     |
| R04   | ADAPTADOR (ROSCA FoGo ) x ROTÔMETRO   | 02     |
| R05   | ROTAMETRO<br>VAZÃO: 15.0 L/s<br>PRESSÃO DE OPERAÇÃO: 10 bar<br>TEMPERATURA: 27 °C | 01     |
| R06   | LUVA COM ROSCA DN 2"  | 01     |
| R07   | TE DE REDUÇÃO FoGo ROSCAVEL DN 2" x 3/4"  | 01     |
| R08   | ADAPTADOR FoGo FLANGE DN 2" x ROSCA DN 2"   | 01     |
| SAÍDA DE ÁGUA SATURADA                      |   |        |
| T01   | ADAPTADOR FoGo FLANGE DN 2" x ROSCA DN 3/4"                                       | 01     |
| T02   | TUBO FoGo DN 3/4" VAR L=2.00m   | 01     |
| T03   | CURVA 90° FoGo ROSCAVEL DN 3/4"   | 03     |
| T04   | REGISTRO CLOBO DN 3/4"  | 01     |
| T05   | TE FoGo ROSCAVEL DN 3/4"  | 01     |
| TUBULAÇÃO DE AR                             |   |        |
| A1  | ADAPTADOR MANGUEIRA x TUBO FoGo DN 3/4"   | 01     |
| A2  | TUBO FoGo DN 3/4" VAR L=6.00m   | 01     |
| A3  | CURVA 90° FoGo ROSCAVEL DN 3/4"   | 03     |
| A4  | REGISTRO DE ESFERA FECHÉ RÁPIDO DN 3/4" C/ADAPTADORES                             | 01     |
| A5  | VÁLVULA DE RETENÇÃO ROSCAVEL 3/4"   | 01     |
| A6  | VÁLVULA REGULADORA DE PRESSÃO   | 01     |
| VÁLVULAS                                    |   |        |
| V1  | VÁLVULA ANGULAR "PURGA" AÇO INOXIDÁVEL DN 1/2"<br>PRESSÃO DE SERVIÇO: 15.0 bar    | 02     |
| V2  | VÁLVULA DE ALÍVIO DE PRESSÃO 1/2"   | 02     |
| V3  | VÁLVULA SOLENÓIDE 1/2" 220 Vca  | 02     |

OS TUBOS TANTO EM PVC COMO EM FoGo FORAM QUANTIFICADOS EM TUBOS DE 6.00m.  
OS TAMANHOS ESPECÍFICOS DEVEM SER CORTADOS NO LOCAL.  
AS ROSCAS SERÃO CONFECIONADAS "IN LOCO" E DEVEM SER REVESTIDAS DE C.Z.Z. (COMPOSTO RICO EM ZINCO)

| Nº      | DESCRIÇÃO | DATA | PROJETADO | DESENHADO |
|---------|-----------|------|-----------|-----------|
| REVISÃO |           |      |           |           |

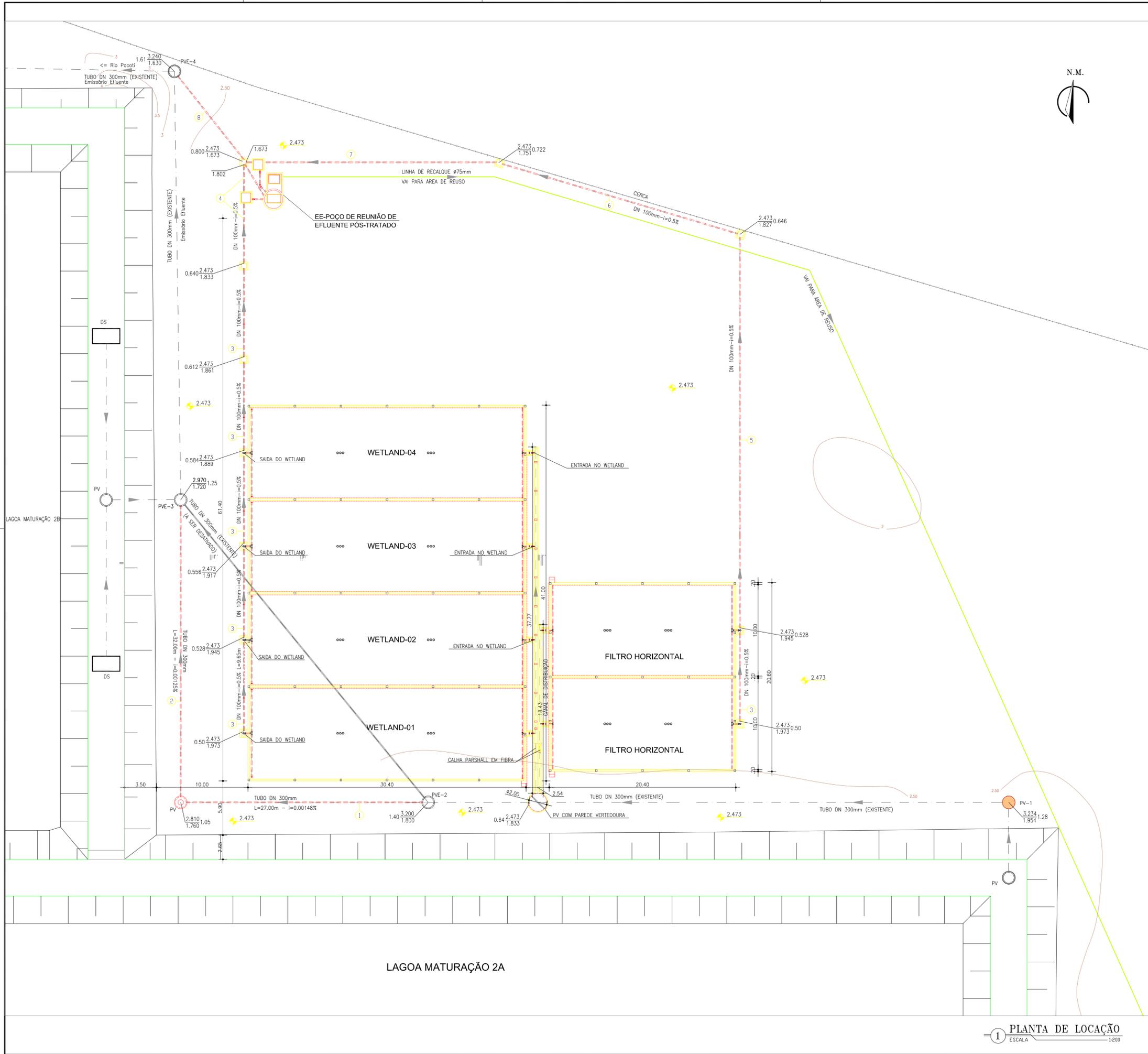
COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ  
DIRETORIA DE ENGENHARIA  
GERÊNCIA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

CENTRO DE TREINAMENTO, DEMONSTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EM REUSO AGRÍCOLA DE ÁGUA - AQUIRAZ-CE  
PROJETO EXECUTIVO - META 03 - FASE 03

**CÂMARA DE SATURAÇÃO**  
LOCAÇÃO, PLANTA BAIXA, VISTA E DETALHES

|         |       |            |       |
|---------|-------|------------|-------|
| DESENHO | 04/07 | PRANCHA Nº | 01/01 |
|---------|-------|------------|-------|

|              |   |
|--------------|---|
| GERÊNCIA:    | ENGº ANDRÉ SCHRAMM BRANDÃO  |
| COORDENAÇÃO: | ENGº CLAUDIANE QUARESMA PINTO BEZERRA / BIOL. SILVANO PORTO PEREIRA |
| PROJETO:     | ENGº ANA MARIA ROBERTO MOREIRA                                      |
| DESENHO:     | JOÃO MAURICIO   |
| ARQUIVO:     | Aquiraz_04.07_Câmara de Saturação_01.01.dwg                         |
| ESCALA:      | INDICADA  |
| DATA:        | JUN/2016  |



| RELAÇÃO DE MATERIAIS |                    |          |            |            |
|----------------------|--------------------|----------|------------|------------|
| ITEM                 | DISCRIMINAÇÃO      | MATERIAL | DIAM. (mm) | QUANT (un) |
| 1                    | TUBO , L=27,00m    | PVC OCRE | 300        | 1          |
| 2                    | TUBO , L=32,00m    | PVC OCRE | 300        | 1          |
| 3                    | TUBO , L=9,65m     | PVC      | 100        | 7          |
| 4                    | TUBO , L=11,00m    | PVC      | 100        | 1          |
| 5                    | TUBO , L=42,65,00m | PVC      | 100        | 1          |
| 6                    | TUBO , L=27,00m    | PVC      | 100        | 1          |
| 7                    | TUBO , L=27,50m    | PVC      | 100        | 1          |
| 8                    | TUBO , L=12,30m    | PVC      | 100        | 1          |

| LEGENDA |                                     |
|---------|-------------------------------------|
|         | TUBULAÇÃO PROJETADA                 |
|         | TUBULAÇÃO EXISTENTE                 |
|         | TUBULAÇÃO DESATIVADA                |
|         | MEIO FIO                            |
|         | CERCA                               |
|         | EDIFICAÇÕES                         |
|         | PV PROJETADO                        |
|         | PV EXISTENTE                        |
|         | PV MODIFICADO (ELEVÇÃO DA CHAMINER) |

| Nº      | DESCRIÇÃO | DATA | PROJETADO | DESENHADO |
|---------|-----------|------|-----------|-----------|
| REVISÃO |           |      |           |           |

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ  
DIRETORIA DE ENGENHARIA  
GERÊNCIA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

DESENHO: 05/07  
FRANCHA Nº: 01/03

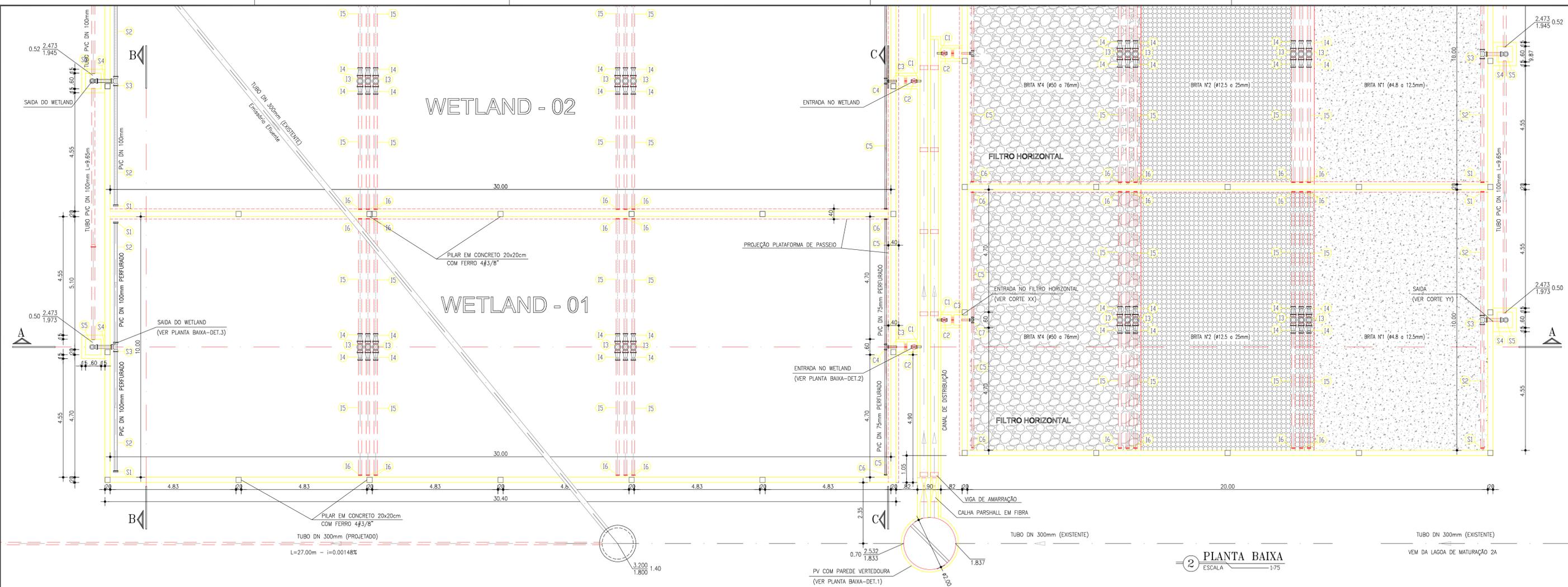
CENTRO DE TREINAMENTO, DEMONSTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EM REUSO AGRÍCOLA DE ÁGUA - AQUARAZCE

PROJETO EXECUTIVO - META 03 - FASE 01/02

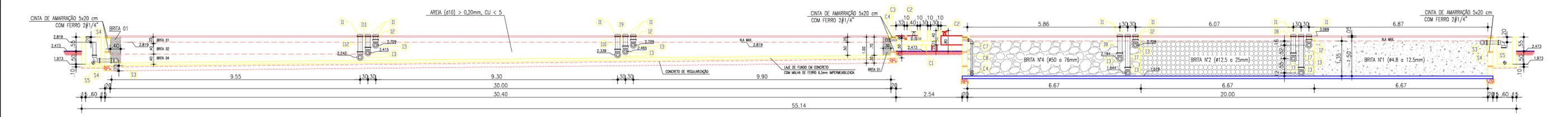
**ARRANJO GERAL**  
UNIDADE DE PÓS-TRATAMENTO WETLAND  
E FILTROS EM PEDREGULHO

|              |   |         |           |
|--------------|---|---------|-----------|
| GERÊNCIA:    | ENGº ANDRE SCHRAMM BRANDÃO  | ESCALA: | INDICADA  |
| COORDENAÇÃO: | ENGº CLAUDIANE QUARESMA PINTO BEZERRA / BIOL. SILVANO PORTO PEREIRA | DATA:   | MAIO/2016 |
| PROJETO:     | ENGº PAULO SERGIO SILVA DO AMARAL / ENGº ANA MARIA ROBERTO MOREIRA  |         |           |
| DESENHO:     | JOÃO MAURICIO   |         |           |
| ARQUIVO:     | Aquiraz_CPR_5a7.07_WETLAND E FILTRO_01.03.dwg                       |         |           |

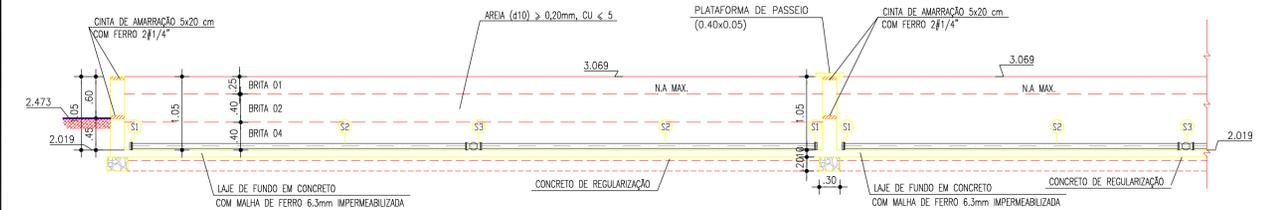
1 PLANTA DE LOCAÇÃO  
ESCALA 1:200



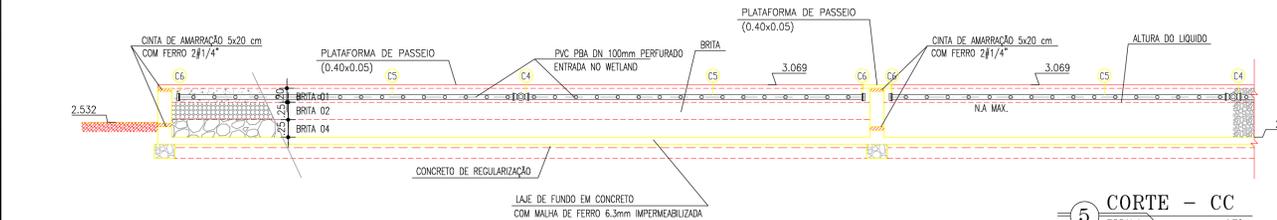
2 PLANTA BAIXA  
ESCALA 1:75



3 CORTE - AA  
ESCALA 1:75



4 CORTE - BB  
ESCALA 1:50



5 CORTE - CC  
ESCALA 1:50

| RELAÇÃO DE MATERIAIS WETLAND |  |              |            |             |
|------------------------------|--|--------------|------------|-------------|
| ITEM                         | DISCRIMINAÇÃO                                | MATERIAL     | DIAM. (mm) | QUANT. (un) |
| CHEGADA                      |  |              |            |             |
| C1                           | TOCO TUBO COM PONTAS, L=0,25m                | Fofo         | 80         | 8           |
| C2                           | REGISTRO DE GAUETA BOLSA E VOLANTE           | Fofo         | 80         | 8           |
| C3                           | TUBO COM PONTAS, L=0,40m                     | PVC PBA      | 100        | 4           |
| C4                           | TE COM BOLSAS                                | PVC PBA      | 100        | 4           |
| C5                           | TUBO COM PONTAS PERFORADO, L=4,90m           | PVC PBA      | 100        | 8           |
| C6                           | CAP  | PVC PBA      | 100        | 8           |
| SAÍDA                        |  |              |            |             |
| S1                           | CAP  | PVC PBA      | 100        | 8           |
| S2                           | TUBO COM PONTAS PERFORADO, L=4,90m           | PVC PBA      | 100        | 8           |
| S3                           | TE COM BOLSAS                                | PVC PBA      | 100        | 4           |
| S4                           | TUBO COM PONTAS, L=0,60m                     | PVC PBA      | 100        | 8           |
| S5                           | CURVA 90° COM BOLSA                          | PVC PBA      | 100        | 8           |
| TUBO DE INSPEÇÃO             |  |              |            |             |
| I1                           | CAP  | DE Fofo      | 150        | 24          |
| I2                           | TUBO COM PONTAS, L=0,30m                     | DE Fofo      | 150        | 8           |
| I3                           | TE COM BOLSAS                                | Fofo         | 150        | 24          |
| I4                           | REDUÇÃO PONTA E BOLSA                        | refo/pvc pba | 150x100    | 48          |
| I5                           | TUBO CORRUGADO RIGIDO PARA DRENAGEM, L=4,60m | Fofo         | 100        | 48          |
| I6                           | CAP  | PVC PBA      | 100        | 48          |
| I7                           | TUBO COM PONTAS, L=0,35m                     | DE Fofo      | 150        | 8           |
| I8                           | TUBO COM PONTAS, L=0,67m                     | DE Fofo      | 150        | 8           |
| I9                           | TUBO COM PONTAS, L=0,60m                     | DE Fofo      | 150        | 8           |
| I10                          | TUBO COM PONTAS, L=0,60m                     | DE Fofo      | 150        | 8           |
| I11                          | TUBO COM PONTAS, L=1,35m                     | DE Fofo      | 150        | 8           |
| I12                          | TUBO COM PONTAS, L=0,76m                     | DE Fofo      | 150        | 8           |

| RELAÇÃO DE MATERIAIS FILTRO HORIZONTAL |  |              |            |             |
|--|--|--------------|------------|-------------|
| ITEM                                   | DISCRIMINAÇÃO                                | MATERIAL     | DIAM. (mm) | QUANT. (un) |
| CHEGADA                                |  |              |            |             |
| C1                                     | TOCO TUBO COM PONTAS, L=0,25m                | Fofo         | 80         | 2           |
| C2                                     | REGISTRO DE GAUETA BOLSA E VOLANTE           | Fofo         | 80         | 2           |
| C3                                     | TUBO COM PONTAS, L=0,40m                     | PVC PBA      | 100        | 2           |
| C4                                     | TE COM BOLSAS                                | PVC PBA      | 100        | 2           |
| C5                                     | TUBO COM PONTAS PERFORADO, L=4,90m           | PVC PBA      | 100        | 4           |
| C6                                     | CAP  | PVC PBA      | 100        | 4           |
| C7                                     | CURVA 90° COM BOLSA                          | PVC PBA      | 100        | 2           |
| C8                                     | TUBO COM PONTAS, L=1,20m                     | PVC PBA      | 100        | 2           |
| SAÍDA                                  |  |              |            |             |
| S1                                     | CAP  | PVC PBA      | 100        | 4           |
| S2                                     | TUBO COM PONTAS PERFORADO, L=4,90m           | PVC PBA      | 100        | 4           |
| S3                                     | TE COM BOLSAS                                | PVC PBA      | 100        | 2           |
| S4                                     | TUBO COM PONTAS, L=0,60m                     | PVC PBA      | 100        | 2           |
| S5                                     | CURVA 90° COM BOLSA                          | PVC PBA      | 100        | 2           |
| TUBO DE INSPEÇÃO                       |  |              |            |             |
| I1                                     | CAP  | DE Fofo      | 150        | 12          |
| I2                                     | TUBO COM PONTAS, L=0,30m                     | DE Fofo      | 150        | 4           |
| I3                                     | TE COM BOLSAS                                | Fofo         | 150        | 12          |
| I4                                     | REDUÇÃO PONTA E BOLSA                        | refo/pvc pba | 150x100    | 24          |
| I5                                     | TUBO CORRUGADO RIGIDO PARA DRENAGEM, L=4,60m | PVC PBA      | 100        | 24          |
| I6                                     | CAP  | PVC PBA      | 100        | 24          |
| I7                                     | TUBO COM PONTAS, L=1,35m                     | DE Fofo      | 150        | 4           |
| I8                                     | TUBO COM PONTAS, L=0,80m                     | DE Fofo      | 150        | 4           |

|  |   |            |           |
|--|---|------------|-----------|
| REVISÃO  |   |            |           |
| Nº   | DESCRIÇÃO   | DATA       | PROJETADO |
|  |   |            |           |
| COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ<br>DIRETORIA DE ENGENHARIA<br>GERÊNCIA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA |   |            |           |
| DESENHO  |   | FRANCHA Nº |           |
| 06/07  |   | 02/03      |           |
| CENTRO DE TREINAMENTO, DEMONSTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EM REUSO AGRÍCOLA DE ÁGUA - AQUARAZCE                                    |   |            |           |
| PROJETO EXECUTIVO - META 03 - FASE 01  |   |            |           |
| PLANTA BAIXA E CORTES<br>UNIDADE DE PÓS-TRATAMENTO WETLAND   |   |            |           |
| GERÊNCIA:  | ENGº ANDRE SCHRAMM BRANDÃO  |            |           |
| COORDENAÇÃO:   | ENGº CLAUDIANE QUARESMA PINTO BEZERRA / BIOL. SILVANO PORTO PEREIRA |            |           |
| PROJETO:   | ENGº PAULO SERGIO SILVA DO AMARAL / ENGº ANA MARIA ROBERTO MOREIRA  |            |           |
| DESENHO:   | JOÃO MAURICIO   | ESCALA:    | INDICADA  |
| ARQUIVO:   | Aquiraz_CPR_5a7_07_WETLAND E FILTRO_01.03.dwg                       | DATA:      | MAIO/2016 |





## **Especificações Técnicas**

## **7 Especificações Técnicas**

### **7.1 Wetland e Filtro em Pedregulho**

#### **7.1.1 Locação**

A locação e nivelamento objetivam determinar a posição da obra no terreno, bem como determinar os níveis solicitados em projeto, em relação à R.N. mencionada. Serão executados, para tanto, quadros envolventes à obra com material e em situação tal que possam ser deslocados de suas posições originais; isto acontecendo, deverão ser feitas as verificações. Para o que se contará com um ou mais pontos indeslocáveis.

A CONTRATADA deverá inicialmente proceder a execução da locação e nivelamento e contranivelamento, de acordo com o projeto, deixando visíveis, para confluências, os marcos orientadores.

A locação e nivelamento das linhas de adução serão executadas atendendo ao projeto com uso de teodolito com precisão tal que permita uma leitura direta de, no mínimo, 20 segundos.

Para a demarcação das linhas adutoras serão utilizados equipamentos topográficos, e a demarcação será executada pela fixação de piquetes de dimensões e em profundidades tais que permitam a sua fácil identificação posterior, na linha de eixo da tubulação. Será empregado linha de nylon ou arame esticado entre os piquetes para abertura das valas.

Piquetes auxiliares afastados de ambos os lados da linha de eixo da tubulação serão colocados para que após a escavação, com a conseqüente retirada do piqueteamento principal, seja possível determinar o posicionamento correto dos tubos.

O espaçamento entre piquetes será de, no máximo, 20m, podendo, no entanto, pela configuração do terreno, ser fixado um piquete intermediário.

Os pontos de deflexão serão determinados por marcos que os caracterizem perfeitamente, assim como são caracterizados todos os pontos que mereçam especial destaque.

A marcação deverá ser acompanhada pela FISCALIZAÇÃO, de modo a permitir que eventuais mudanças sejam determinadas com um máximo de antecedência.

#### **7.1.2 Movimento de Terra**

##### Material de 1ª categoria

a) Solo arenoso: agregação natural, constituído de material solto sem coesão, pedregulhos, areias, siltes, argilas, turfas ou quaisquer de suas combinações, com ou sem componentes orgânicos. Escavado com ferramentas manuais, pás, enxadas, enxadões;

b) Solo lamacento: material lodoso de consistência mole, constituído de terra pantanosa, mistura de argila e água ou matéria orgânica em decomposição. Removido com pás, baldes, “drag-line”;

#### Material de 2ª categoria

2. Solo de terra compacta: material coeso, constituído de argila rija, com ou sem ocorrência de matéria orgânica, pedregulhos, grãos minerais. Escavado com picaretas, alavancas, cortadeiras;

3. Solo de moledo ou cascalho: material que apresenta alguma resistência ao desagregamento, constituído de arenitos compactos, rocha em adiantado estado de decomposição, seixo rolado ou irregular, matacões, “pedras-bola” até 25cm. Escavado com picaretas, cunhas, alavancas;

#### Material em rocha

- Solo de rocha branda: material com agregação natural de grãos minerais, ligados mediante forças coesivas permanentes, apresentando grande resistência à escavação manual, constituído de rocha alterada, “pedras-bola” com diâmetro acima de 25cm, matacões, folhelhos com ocorrência contínua. Escavado com rompedores, picaretas, alavancas, cunhas, ponteiras, talhadeiras, fogachos e, eventualmente, com uso de explosivos;

- Solo em rocha são a fogo: materiais encontrados na natureza que só podem ser extraídos com emprego de perfuração e explosivos. A desagregação da rocha é obtida utilizando-se da força de explosão dos gases devido à explosão. Enquadramos as rochas duras como as rochas compactas vulgarmente denominada, cujo volume de cada bloco seja superior a 0,5m<sup>3</sup> proveniente de rochas graníticas, gnaiss, sienito, grês ou calcário duros e rocha de dureza igual ou superior à do granito.

Neste tipo de extração dois problemas importantíssimos chamam à atenção: vibração e lançamentos produzidos pela explosão. A vibração é o resultado do número de furos efetuados na rocha com martelo pneumático e ainda do tipo de explosivos e espoletas utilizados. Para reduzir a extensão, usa-se uma rede para amortecer o material da explosão. Deve ser adotado técnica de perfurar a rocha com as perfuratrizes em pontos ideais de modo a obter melhor rendimento do volume expandido, evitando-se o alargamento desnecessário, o que denominamos de DERROCAMENTO.

Essas cautelas devem fazer parte de um plano de fogo elaborado pela CONTRATADA onde possam estar indicados: as cargas, os tipos de explosivos, os tipos de ligações, as espoletas, método de detonação, fonte de energia (se for o caso).

As escavações em rocha deverão ser executadas por profissional devidamente habilitado.

Nas escavações com utilização de explosivos deverão ser tomadas todas as precauções exigidas pelas normas regidas pelos órgãos reguladores desse tipo de serviço. A seguir, lembramos alguns desses cuidados:

a) A aquisição, o transporte e a guarda dos explosivos deverão ser feitas obedecendo as prescrições legais que regem a matéria.

b) As cargas das minas deverão ser reguladas de modo que o material por elas expelidos não ultrapassem a metade da distância do desmonte à construção mais próxima.

c) A detonação da carga explosiva é precedida e seguida de sinais de alerta.

d) Destinar todos os cuidados elementares quando à segurança dos operários, transeuntes, bens móveis, obras adjacentes e circunvizinhança e para tal proteção usar malha de cabo de aço, painéis etc., para impedir que os materiais sejam lançados à distância. Essa malha protetora deve ter a dimensão de 4m x 3 vezes a largura da cava, usando-se o material: moldura em cabo de aço  $\text{Æ } 3/4''$ , malha de  $5/8''$ . A malha é quadrada com 10cm de espaçamento. A malha é presa com a moldura, por braçadeira de aço, parafusada, e por ocasião do fogo deverá ser atirantada nos bordos cobrindo a cava.

Como auxiliares serão empregadas também uma bateria de pneus para amortecimento da expansão dos materiais.

e) A carga das minas deverá ser feita somente quando estiver para ser detonada e jamais na véspera e sem a presença do encarregado do fogo (Blaster).

Devido a irregularidade no fundo da vala proveniente das explosões é indispensável a colocação de material que regularize a área para assentamento de tubulação. Este material será: areia, pó de pedra ou outro de boa qualidade com predominância arenosa.

A escavação em pedra solta ou rocha terá sua profundidade acrescida de até 15cm para colocação de colchão (lastro ou berço) de material já especificado.

#### Escavação em qualquer tipo de solo exceto rocha

Este tipo de escavação é destinada a execução de serviços para construção de unidades tais como: Reservatórios, Escritórios, ETAS, etc. Somente para serviços de Rede de água e Esgoto, Adutora se faz distinção de solo.

As escavações serão feitas de forma a não permitir o desmoronamento. As cavas deverão possuir dimensões condizentes com o espaço mínimo necessário ali desenvolvida.

O material escavado será depositado a uma distância das cavas que não permita o seu escorregamento ou enxurrada.

As paredes das cavas serão executadas em forma de taludes, e onde isto não seja possível em terreno de coesão insuficiente, para manter os cortes aprumados, fazer escoramentos.

As escavações podem ser efetuadas por processo manual ou mecânico de acordo com a conveniência do serviço. Não será considerado altura das cavas, para efeito de classificação e remuneração.

As escavações serão feitas de forma a não permitir o desmoronamento. As cavas deverão possuir dimensões condizentes com o espaço mínimo necessário ali desenvolvida.

O material escavado será depositado a uma distância das cavas que não permita o seu escorregamento ou enxurrada.

As paredes das cavas serão executadas em forma de taludes, e onde isto não seja possível em terreno de coesão insuficiente, para manter os cortes aprumados, fazer escoramentos.

As escavações podem ser efetuadas por processo manual ou mecânico de acordo com a conveniência do serviço. Não será considerada altura das cavas, para efeito de classificação e remuneração.

As escavações serão feitas de forma a não permitir o desmoronamento. As cavas deverão possuir dimensões condizentes com o espaço mínimo necessário ali desenvolvida.

O material escavado será depositado a uma distância das cavas que não permita o seu escorregamento ou enxurrada.

As paredes das cavas serão executadas em forma de taludes, e onde isto não seja possível em terreno de coesão insuficiente, para manter os cortes aprumados, fazer escoramentos.

As escavações podem ser efetuadas por processo manual ou mecânico de acordo com a conveniência do serviço. Não será considerada altura das cavas, para efeito de classificação e remuneração.

Qualquer tipo de escavação poderá ser executada manual ou mecanicamente, mediante aprovação pela CAGECE do método proposto pela contratada. Se autorizada a escavação mecânica, todos os danos causados à propriedade, bem como levantamento e reposição de pavimentos além das larguras especificadas, serão da responsabilidade da contratada. Os equipamentos a serem utilizados deverão ser adequados aos tipos e profundidades de escavação. Na falta destes, a fiscalização poderá permitir o uso de outro tipo de equipamento. Esta liberalidade não justificará atrasos no cronograma da obra. Além disso, no caso de escavação de vala, a eventual necessidade de rebaixamento do terreno para se atingir a profundidade desejada, oriunda de utilização de equipamento inadequado, não será remunerada pela CAGECE. Desta forma, os serviços serão considerados como se fossem executados de maneira normal e de acordo com as larguras especificadas.

As valas deverão ser escavadas com a largura definida pela seguinte fórmula:

$$L = D + SL + X + Y$$

Onde:

L = largura da vala, em m.

D = valor correspondente ao diâmetro nominal (DN) da tubulação, em m.

SL = valor correspondente à sobrelargura para área de serviço, em m, conforme tabela 1.

X = valor igual a 0,10m, a ser considerado somente em valas com escoramento.

Y = acréscimo correspondente a 0,10m, para cada metro ou fração que exceder a profundidade de 2m. De 4 até 6m acrescentar 20cm na largura.

*Tabela 02: Sobrelargura de Valas (Sl)*

| <b>TIPO DE MATERIAL</b>  | <b>TIPO DE JUNTA</b> | <b>SL(m)</b> |
|--------------------------|----------------------|--------------|
| FERRO DÚCTIL DN 50 A 100 | ELÁSTICA             | 0,40         |

|                            |          |      |
|----------------------------|----------|------|
| FERRO DÚCTIL DN 150        | ELÁSTICA | 0,45 |
| FERRO DÚCTIL DN 200 A 300  | ELÁSTICA | 0,40 |
| FERRO DÚCTIL DN 350 A 600  | ELÁSTICA | 0,45 |
| FERRO DÚCTIL DN 700 A 1200 | ELÁSTICA | 0,90 |

NOTA: Em tubulações de ferro dúctil com juntas travadas ou mecânicas e de aço com juntas soldadas ou travadas, a largura da vala será a mesma determinada para junta elástica. Admitir-se-á abertura de "cachimbos" nos locais das juntas, com dimensões compatíveis às necessidades do serviço, mediante prévia aprovação da fiscalização.

As valas deverão ser escavadas segundo a linha do eixo, sendo respeitado o alinhamento e as cotas indicadas em projetos. Tanto para a distribuição de água como para a coleta de esgotos, as valas abertas com dimensões inferiores às definidas serão medidas pelas dimensões reais executadas. No caso de excesso nas dimensões definidas, estas somente serão medidas, se justificadas pela contratada e aprovadas formalmente pela fiscalização através de registro no DO (Diário de Obras), recomendando-se a anexação, ao processo de medição, de documentos comprobatórios, tais como: laudos, fotos e outros. Quanto à extensão máxima de abertura de valas, devem-se considerar as condições locais de trabalho, o trânsito, o tempo necessário à progressão contínua das obras e a necessidade de serviços preliminares. Qualquer excesso de escavação ou depressão do fundo da vala, proveniente de erro na escavação, deverá ser preenchido com areia, pó-de-pedra ou outro material de boa qualidade, aprovado pela fiscalização e sem ônus para a CAGECE.

As valas deverão ser abertas e fechadas no mesmo dia, principalmente nos locais de grande movimento, travessias de ruas e acessos, de modo a garantir condições de segurança ao tráfego de veículos e pedestres. Em casos extremos, quando as valas ficarem abertas por mais de um dia, deverão ser feitos passadiços provisórios nos acessos de veículos e pedestres. Neste caso, toda a extensão da vala deverá ser convenientemente sinalizada e protegida.

Todos os serviços de escavação não em valas deverão obedecer, rigorosamente, às cotas e perfis previstos no projeto. Nas cavas a serem executadas, admitir-se-á um acréscimo de até um metro para cada lado, ou no raio, sobre as dimensões projetadas como espaço liberado para área de serviço.

Em solos turfosos e/ou sem suporte, as escavações deverão ser feitas até que se atinjam um solo de boa qualidade. Nestes casos as cotas definidas nos projetos serão obtidas através de reaterro com material importado.

Caso necessário, serão feitos esgotamentos ou drenagens de modo a garantir a estabilidade do solo.

Nas escavações em solos de pouca coesão, para permitir a estabilidade das paredes da escavação e garantir a segurança, a critério da fiscalização, admitir-se-ão taludes inclinados a partir da cota superior da tubulação obedecendo ao ângulo de atrito natural do material que está sendo escavado. Caso este recurso não se aplique, por inviabilidade técnica ou econômica, serão utilizados escoramentos nos seus diversos tipos, conforme o caso exigir.

Os serviços de escavação poderão ser executados manual ou mecanicamente. A definição da forma como serão executadas as escavações ficará a critério da FISCALIZAÇÃO e/ou

projeto em função do volume, situação da superfície e subsolo, posição das valas e rapidez pretendida para a execução dos serviços, e outros pareceres técnicos julgados pertinentes.

Os materiais escavados reaproveitáveis para o reaterro, sempre que possível, deverão ser depositados junto ao local de reaterro. Caso não seja possível, os materiais serão transportados para local aprovado pela fiscalização e depositados sem compactação, visto que, para o retorno do mesmo ao local de aplicação, será paga somente a parcela relativa à carga, transporte e descarga.

O material retirado (exceto rocha, moledo e entulho de calçada) será aproveitado para reaterro, devendo-se, portanto, depositá-lo em distância mínima de 0,40m da borda da vala, de modo a evitar o seu retorno para o interior da mesma. A terra será, sempre que possível, colocada só de um dos lados da vala.

Quando a escavação for mecânica, as valas deverão ter o seu fundo regularizado manualmente, antes do assentamento da tubulação.

Para a interrupção de vias urbanas de movimento acentuado e rodovias, será solicitada, pela firma EMPREITEIRA, autorização para sua interrupção, aos órgãos competentes.

As valas só poderão ser reaterradas depois que o assentamento da tubulação for aprovado pela fiscalização. O recobrimento deverá ser feito alternadamente, de ambos os lados do tubo, evitando-se o deslocamento do mesmo e danos nas juntas. O material a ser utilizado no reaterro, até 30cm acima da geratriz superior do tubo, não deverá conter pedras, detritos vegetais ou outros materiais que possam afetar os tubos quando sobre eles for lançado, bem como deverá ser de textura homogênea. Quando o material escavado for inconveniente ao reaterro, a critério da fiscalização, deverá ser substituído por material de boa qualidade, e será denominado reaterro com empréstimo ou com material adquirido.

No caso de áreas onde houver necessidade de aterros, o solo a ser utilizado deverá vir, preferencialmente, de áreas próximas de corte; materiais orgânicos ou contaminados com restos orgânicos (raízes, folhas, etc) ou entulhos de qualquer tipo (resto de demolições, maticões, madeira, etc) não são aceitáveis devido ao baixo suporte, alta compressibilidade, volume, deterioração, etc. O material de aterro na origem deve ter características previamente estudadas visando conhecimento do tipo de solo, quantidade disponível, homogeneidade, capeamento a ser descartado, compactação, umidade, suporte, expansibilidade e compressibilidade, entre outras.

O aterro/reaterro de cavas refere-se à reposição dos materiais escavados a mais, para permitir a construção de obras enterradas ou semi-enterradas, tais como reservatórios, estações de tratamento, fundações, etc.

Sempre que preciso, a CONTRATADA deverá fazer sondagens complementares a fim de obter as informações necessárias.

A CONTRATANTE se exime de toda e qualquer responsabilidade sobre eventuais acidentes.

Todas as etapas devem ser previamente aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

### 7.1.3 Compactação em Valas

A compactação de aterros/reaterros em valas será executado manualmente, em camadas de 20cm, até uma altura mínima de 30cm acima da geratriz superior das tubulações, passando então, obrigatoriamente, a ser executada mecanicamente com utilização de equipamento tipo "sapo mecânico", também em camadas de 20cm.

Quando o desmonte de rocha ultrapassar os limites fixados, a contratada deverá efetuar o aterro de todo o vazio formado pela retirada do material, adotando as mesmas prescrições técnicas. O volume em excesso não será considerado, para efeito de pagamento.

Os defeitos surgidos na pavimentação executada sobre o reaterro, causados por compactação inadequada, serão de total responsabilidade da contratada.

O processo a ser adotado na compactação de valas, bem como as espessuras máximas das camadas, está sujeito à aprovação da fiscalização. As eventuais exigências de alteração do processo de trabalho não significarão ônus adicionais à CAGECE.

Dependendo das dimensões do aterro, do tipo de solo, do grau de compactação que se queira obter, a compactação em cavas poderá ser feita através de soquetes, sapos mecânicos, placas vibratórias, pé de carneiro, rolos, etc.

Quando o desmonte de rocha ultrapassar os limites fixados, a contratada deverá efetuar o aterro de todo o vazio formado pela retirada do material, adotando as mesmas prescrições técnicas. O volume em excesso não será considerado, para efeito de pagamento.

O processo a ser adotado na compactação de cavas, bem como as espessuras máximas das camadas, está sujeito à aprovação da fiscalização. As eventuais exigências de alteração do processo de trabalho não significarão ônus adicionais à CAGECE.

Considera-se necessária a compactação mecânica, em cavas, sempre que houver a adição de solo adquirido ou substituição. Basicamente é um processo de adensamento de solos, através da redução dos índices de vazios, para melhorar seu comportamento relativo à capacidade de suporte, variação volumétrica e impermeabilização.

A seqüência normal dos serviços deverá atender aos itens específicos abaixo:

- a) lançamento e espalhamento do material, procurando-se obter aproximadamente a espessura solta adotada;
- b) regularização da camada de modo que a sua espessura seja 20 a 25% maior do que a altura final da camada, após a compactação;
- c) homogeneização da camada pela remoção ou fragmentação de torrões secos, material conglomerado, blocos ou matacões de rocha alterada, etc.;
- d) determinação expedita da umidade do solo, para definir a necessidade ou não de aeração ou umedecimento do solo, para atingir a umidade ótima;
- e) compactação ou rolagem, utilizando-se equipamento adequado com o número de passadas suficientes para se atingir, em toda camada, o grau de compactação desejado.

Na Tabela 02, a seguir, estão definidas as espessuras máximas de camadas e o tipo de equipamento a ser utilizado de acordo com o tipo de solo.

No caso de aterro sobre encostas, o solo deverá ser escarificado, produzindo-se ranhuras acompanhando as curvas de nível. Quando o projeto definir o grau de compactação do solo, ou quando a fiscalização assim o determinar, deverá ser executado o controle tecnológico;

*Tabela 03: Equipamentos e Espessuras Máximas para Compactação Mecânica*

| <b>EQUIPAMENTO</b>                   | <b>PESO (T)</b> | <b>ESPESSURA MÁXIMA (compactada) cm</b> | <b>TIPO DE SOLO</b>                 |
|--------------------------------------|-----------------|---|-------------------------------------|
| Pé de carneiro estático              | 20              | 40                                      | Argila e silte                      |
| Pé de carneiro vibratório            | 30              | 40                                      | Mistura de areia com silte e argila |
| Pneumático leve                      | 15              | 15                                      | Mistura de areia com silte e argila |
| Pneumático pesado                    | 35              | 35                                      | Praticamente todos                  |
| Vibratório com redes metálicas lisas | 30              | 50                                      | Areia, cascalho, material granular  |
| Liso metálico estático               | 20              | 10                                      | Material granular, brita            |
| Grade (malhas)                       | 20              | 20                                      | Material granular ou bloco          |
| Combinados                           | 20              | 20                                      | Praticamente todos                  |

1) Uma vez verificado que os materiais proveniente das escavações das valas, ou ainda, dos materiais de demolição não possuem a qualidade necessária para reaproveitamento, classificando-se como imprestáveis, a FISCALIZAÇÃO determinará a imediata remoção para local apropriado, chamado então de “bota-fora”.

2) Poderemos, também, ter a necessidade de remoção de material de escavação para futuro reaproveitamento, apenas está sendo afastado da área de trabalho com distância até 500 metros por conveniências técnicas dos serviços, mas autorizado pela FISCALIZAÇÃO.

Para ambos os casos, os serviços consistem na carga, transporte e descarga dos materiais removidos, ficando a critério da Fiscalização a autorização do volume. A distância admitida para lançamento será de até 5km.

#### **7.1.4 Esgotamento e Drenagem**

Sempre que ocorrer o aparecimento de água nas escavações, proveniente de chuvas, lençol freático, vazamentos em tubulações, etc, deverá ser esgotada a vala ou a cava a fim de garantir a continuidade da obra e a estabilidade das paredes da escavação.

A água esgotada deverá ser conduzida para a galeria de águas pluviais ou vala mais próxima, se necessário por meio de calhas ou condutos, a fim de evitar alagamento das superfícies vizinhas e local de trabalho.

Em caso de esgotamento de valas onde será assentada a tubulação, o bombeamento se prolongará pelo menos até que os materiais que compõem a junta e o berço atinjam o ponto de estabilização e sejam executados os testes de qualidade. O mesmo procedimento deve ser adotado em esgotamento de cavas, onde sejam executados serviços cuja qualidade possa ficar comprometida com a presença de água.

A contratada deverá dispor de equipamentos, em quantidade suficiente e com capacidade de vazão adequada, precavendo-se, desta forma, contra paralisações fortuitas da obra.

Os equipamentos deverão ser dimensionados, operados e mantidos pela contratada, adequadamente, de forma a que promovam eficiente esgotamento. A fiscalização poderá intervir no referido dimensionamento, em qualquer fase da obra.

#### **7.1.5 Esgotamento com Bombas**

As bombas centrífugas são acionadas por motor a combustão ou elétrico. Estas bombas devem ser de construção especial para recalcar água contendo areia, lodo e outros sólidos em suspensão. Devem ser portáteis, auto-escorvantes e construídas para atender a grandes alturas de sucção e pequenas alturas de recalque.

As bombas com capacidade de vazão de até 20.000L/h, são do tipo:

a) centrífugas:

- com motores elétricos (comuns ou submersíveis);
- com motores à explosão (diesel ou gasolina).

b) alternativas:

- com motores elétricos;
- com motores à explosão (diesel ou gasolina).

Durante o decorrer dos trabalhos deve-se providenciar a drenagem e esgotamento das águas pluviais e de lençol, de modo a evitar que estes causem danos à obra.

Será utilizado este sistema sempre que o serviço não seja demorado a ponto de evoluir para desmoronamento de barreiras.

É aconselhável somente para serviços de barreiras em solos de boa consistência.

Abrange a instalação e retirada dos equipamentos submersos, tipo FLIGHT, ferramentas e mão-de-obra. Deve-se ser tomado cuidado nas instalações elétricas do equipamento, a fim de evitar descarga elétrica no meio do líquido onde os profissionais estão a serviço.

O esgotamento deve ser ininterrupto até alcançar condições de trabalho de assentamento, e a água retirada deve ser encaminhada à galeria de águas pluviais, a fim de evitar alagamento das superfícies vizinhas ao local de trabalho. Deve-se evitar também que a água do esgotamento corra pela superfície externa dos trechos já assentados, ou retorne ao ponto inicial em esgotamento.

Deve-se colocar no fundo da vala no esgotamento, brita para suporte da bomba, a fim de evitar o carreamento de areia para o seu motor.

#### **7.1.6 Assentamento de Tubulações**

A execução de serviços em rede de água e esgotos deverá atender os projetos e as determinações da fiscalização, levando-se em conta o cumprimento do cronograma e da programação de trabalho pré-estabelecido.

### **7.1.7 Concreto Não-Estrutural Preparo Manual**

Fornecimento de materiais, mão-de-obra e equipamentos para a mistura e preparo do concreto de acordo com o fck especificado. Aplica-se, conforme o consumo de cimento e resistência do concreto, para efeito de remuneração, o preço correspondente.

### **7.1.8 Concreto para Vibração, fck 30 Mpa com Agregado Adquirido**

Fornecimento de materiais, mão-de-obra e equipamentos para a mistura e preparo do concreto de acordo com o fck especificado. Aplica-se, conforme o consumo de cimento e resistência do concreto, para efeito de remuneração, o preço correspondente.

### **7.1.9 Lançamento e Aplicação de Concreto sem Elevação**

Fornecimento de mão-de-obra e equipamentos necessários para transporte, lançamento, vibração e adensamento e cura do concreto nas formas. Pelo volume de concreto efetivamente lançado – metro<sup>3</sup>.

### **7.1.10 Armadura CA-50 média D=6,3 a 10,00mm**

Execução de armadura de aço para concreto armado, incluindo fornecimento, cortes, limpeza, dobramento, soldas, amarração e colocação nas formas e/ou telas de aço, pastilhas, espaçadores e arames de amarração. Aplica-se, conforme o tipo de aço, para efeito de remuneração, o preço correspondente.

O critério de medição é Pelo peso da armadura determinado em projeto – quilo. As perdas por desbitolamento são de exclusiva responsabilidade da contratada. As perdas por conta do corte estão inclusos na quantificação do projeto específico e nos preços dos serviços.

### **7.1.11 Forma Plana Chapa Compensada Resinada, EPS.=12mm UTIL 3X**

Fornecimento de materiais, mão-de-obra e equipamentos necessários para a execução da forma com chapas compensadas, inclusive escoramento, montagem, nivelamento, aplicação de desmoldante e desmontagem da forma, limpeza, incluído reaproveitamento. Inclui transporte horizontal e vertical na área do canteiro de obras e Inclui o escoramento com fuste até 3.0 metros.

### **7.1.12 Alvenaria de Embasamento de Tijolo Comum c/ Argamassa Mista Cal Hidratada**

Os tijolos deverão ser maciços e de boa qualidade, uma vez que desempenharão funções estruturais. A menos que disposto o contrário em projeto, a argamassa a ser utilizada será de cimento e areia, no traço 1:3 em volume.

### **7.1.13 Alvenaria de Elemento Vazado de Concreto (50x50x6)cm com Argamassa Cimento e Areia, Traço 1:3 Anti-Chuva**

Estes elementos decorativos artificiais podem ser cerâmicos ou em concreto. Podem ser ou não anti-chuvas.

Deverão atender, no que couber, às prescrições para as paredes de tijolos.

Devem ser assentes somente as peças de mesma coloração e inteiros. Somente nos respaldos finais com estruturas serão permitidos cortes nas peças a fim de se ajustarem perfeitamente nos quadros.

Por ser elemento decorativo, não devem ser assentes com excesso de argamassa e evitar que resto de massa resseque no bloco, para não alterar a sua coloração natural.

As peças, nos modelos definidos no projeto, serão assentes com argamassa de cimento e areia peneirada traço 1:3 em volume.

#### **7.1.14 Impermeabilização c/Argamassa de Cimento e Areia 1:3 Aditivada, esp=2,5cm**

Fornecimento de material, mão-de-obra e equipamentos necessários a execução dos serviços incluindo, limpeza e preparo da superfície, aplicação da pasta cristalizante deixando a superfície lisa e homogênea de acordo com as Especificações Técnicas e instruções do Fabricante, transporte, acabamento final e os andaimes até 3,00m de altura de pé direito. Aplica-se, conforme o tipo, para efeito de remuneração, o preço correspondente.

Pela área efetivamente impermeabilizada – metro<sup>2</sup>.

#### **7.1.15 Impermeabilização com Emulsão Asfáltica Consumo 2kg/m<sup>2</sup>**

Fornecimento de material, mão-de-obra e equipamentos necessários a execução dos serviços incluindo, limpeza e preparo da superfície, aplicação de uma demão de imprimação e duas demãos da emulsão de acordo com as instruções do Fabricante, transporte, acabamento final.

Pela área efetivamente impermeabilizada – metro<sup>2</sup>. A superfície deverá ser preparada com a argamassa de cimento e areia grossa (reboco) e a remuneração pelo preço correspondente.

#### **7.1.16 Calçada de Proteção em Cimentado com Base de Concreto L=0,60m**

Fornecimento de material, equipamentos e mão-de-obra necessários para execução dos serviços, incluindo, lastro de concreto com espessura de 7cm, piso cimentado com espessura de 1,5cm, alvenaria de contorno, reboco e pintura hidrator nas laterais da calçada e limpeza.

#### **7.1.17 Caição em Três Demãos em Parede**

Lixamento de todas as paredes e forros, de modo a se obter superfícies livres de rebarbas decorrentes do reboco. Aparelhamento das superfícies com uma mão de nata de cal, diluída em água.

Emassamento dos buracos e fendas com massa de gesso e cola. Em seguida, aplicar-se-ão 3 demãos no mínimo, alternadamente, em direção cruzada, sendo para a pintura de forros, a última demão será aplicada no sentido perpendicular ao vão da luz das janelas.

Para as superfícies excessivamente absorventes, será adicionada pequena quantidade de óleo de linhaça aguada destinada à primeira caição.

## **7.2 Floco-flatador por Ar Dissolvido – Câmara de Saturação**

Os aços-carbono qualificados que poderão ser empregados na confecção dos tubos e flanges são os do tipo ASTM A 36, ASTM 283 GR C, ASTM 570 GR 36 ou similares, desde que comprovadamente equivalentes, sendo que as espessuras das chapas condicionadas as exigências estruturais das peças no projeto.

- As dimensões e furações dos flanges deverão estar de acordo com as dimensões especificadas nos desenhos, e a classe de pressão correspondente;
- Os tubos de aços-carbono com flanges ou pontas lisas (cilíndricos) deverão ser submetidos a exame visual, verificação dimensional e ensaio hidrostático conforme a NBR 9797;
- Todas as chapas de aços-carbono utilizadas para confecção dos tubos e conexões, antes de serem soldadas deverão sofrer limpeza por jateamento abrasivo ao metal quase branco conforme o padrão visual Sa 2½ (Norma Sueca SIS 05 5900) e pintura imediata (“holding primer” de montagem) com uma demão de tinta a base de epóxi poliamida, com espessura de 40 m de película seca. Poderá o fabricante utilizar outro procedimento de limpeza por jateamento abrasivo desde que previamente aprovado pela fiscalização;
- Após a montagem das chapas os cordões de solda deverão sofrer uma eficiente limpeza mecânica, ou, na sua impossibilidade, limpeza manual, porém, sem polir e/ou proporcionar acentuado brilho à superfície, pois há a necessidade em manter-se a rugosidade a fim de não comprometer a aderência da tinta e, imediatamente após, repor a pintura com uma demão de “holding primer” com espessura de 40 m de película seca;
- Na superfície interna dos tubos deverão ser aplicadas quatro demãos de tinta a base resina epoxídica curada com poliamida ou poliamida com espessura de película seca de 80 m por demão. Deverão ser utilizadas cores alternadas em cada demão a fim de facilitar a aplicação e fiscalização, tomando-se o cuidado de aplicar a cor branca na última demão.
- Na superfície externa dos tubos e conexões deverão ser aplicadas três demãos de tinta a base de alcatrão de hulha com espessura de película seca de 90 m por demão, observando-se a utilização de cores alternadas em cada demão a fim de facilitar a aplicação e fiscalização.
- Tolerância: Devem ser respeitados os limites de 10% para menos e 30% para mais nas espessuras indicadas por demão de tinta.

## **7.3 Unidade de Ultrafiltração**

Sistema de tratamento de efluente por processo de ultrafiltração com capacidade de 10 m<sup>3</sup>/h e com módulo de ultrafiltração com membranas de fibra oca em poliacrilonitrila modificada (PAN) e com poros de diâmetros médios iguais a 0,025µm. O sistema deverá ser composto de módulos de filtração, recalque, de membranas de ultrafiltração, de limpeza química além de módulo de controle responsável pela automação operacional. Os módulos devem ter as especificações mínimas descritas a seguir.

### 7.3.1 Módulo de Filtração

Objetivo: reter material particulado de tamanho mínimo de 100µm.

Características técnicas:

- Material de construção do filtro em aço inox 304.
- Gramatura de espaçamento do meio filtrante de 10 mm.

### 7.3.2 Módulo de Recalque

Objetivo: recalcar o efluente para o módulo de ultrafiltração, de forma automatizada sob a supervisão de controlador lógico processado (PLC).

Características técnicas:

- Proteção contra falta de efluente a recalcar por sensor tipo boia com monitoramento via PLC.
- Controle de vazão para no mínimo de 12 m<sup>3</sup>/h via controle de inversão de frequência por PLC.
- Pressão de operação 11 psi.
- Potência da bomba de recalque de no mínimo de 0,5 HP.

### 7.3.3 Módulo de Ultrafiltração

Objetivo: realizar a ultrafiltração com módulos de membranas de fibra oca em poliacrilonitrila modificada (PAN) com área superficial entre 40 e 60m<sup>2</sup> e poros de diâmetros médios iguais a 0,025µm, com vazão de 10 m<sup>3</sup>/h. Deverá possuir controle microprocessado por PLC com tela de LCD sensível ao toque.

Características técnicas:

- O equipamento deverá ser construído em skid de aço inox 304.
- A válvula da linha de entrada do efluente deverá ser tipo borboleta acionada eletricamente por atuador para bloqueio em modo de espera (repouso).
- O equipamento deverá possuir proteção contra baixa pressão de alimentação através de pressostato ajustável, escala de 0 a 4 bar, para bloqueio do equipamento quando houver alimentação a baixa pressão.
- Conjunto de filtração constituído de membranas de ultra filtração com porosidade de 0,025 micrômetros e área total de filtração de, no mínimo, 420 m<sup>2</sup> e capacidade de permear 11 m<sup>3</sup>/h de efluente tratado (com TSS máximo de 350 ppm e turbidez máxima de 300 NTU) alimentado a pressão de 1 bar. A área de filtração individual deverá estar entre 40 e 60 m<sup>2</sup> por unidade de membrana.
- O medidor de vazão do efluente tratado deverá ser construído de polióxido de metileno (também conhecido como poliacetal) e ter precisão mínima de 2% e escala de, no mínimo, 0 a 15 m<sup>3</sup>/h.

### 7.3.4 Módulo de Limpeza

Objetivo: aplicação de limpeza diária periódica por fibrilação e retro lavagem, limpeza a cada três dias com uso de hipoclorito de sódio (NaOCl) e limpeza CIP (clean in place) mensal com uso controlado de NaOCl. Todos os procedimentos de limpeza deverão ser executados e monitorados via PLC.

Características técnicas:

1. Tanque de polietileno com capacidade de 5,0 m<sup>3</sup> com controle de enchimento e esvaziamento com válvulas elétricas e controle de nível por ultrassom.
2. Sistema de injeção de ar com compressor de ar isento de óleo com capacidade mínima de 70 Nm<sup>3</sup>/h. Também deverá ter pressão de injeção controlada em 1 bar e controle de sentido de fluxo por válvula elétrica com proteção de retorno.
3. As bombas de limpeza CIP e retro lavagem deverão ser do tipo centrífuga, com potência de 3 HP e vazão de 14 m<sup>3</sup>/h a 1,2 bar, construídas em aço inox 304 e controle de vazão por inversor de frequência via PLC.
4. O bombeamento das soluções alcalina e ácida para execução de limpeza química deverá ser feito através de bomba dosadora do tipo diafragma e controle on-line de pH (escala de 1 a 14).
5. O bombeamento da solução de hipoclorito de sódio para execução de desinfecção deverá ser feito através de bomba dosadora do tipo diafragma e controle de cloro residual livre (1 a 20 ppm).

### **7.3.5 Módulo de Monitoramento e Controle**

Objetivo: Controle da operação e limpeza do sistema, bem como monitoramento de parâmetros de processo.

Características técnicas:

4. O sistema deverá ter tela de LCD sensível ao toque para exibição (interface homem-máquina, IHM) do controle do processo de ultrafiltração de permeado, processo de retro lavagem, processo de limpeza química e processo de CIP, todos via PLC. Deverão existir: menu operacional para acompanhamento da operação do sistema; sinótico operacional do sistema com monitoramento on-line de parâmetros; menu técnico para teste e customização da operação do sistema; menu operacional para customização e realização de procedimentos de limpeza e desinfecção.
5. O sistema deverá ter mecanismos automáticos de monitoramento e segurança contra falhas via PLC, dentre eles: monitoramento da pressão de entrada das membranas de ultrafiltração; alarme de pressão mínima e máxima de operação customizável de 0 a 16 bar; monitoramento de vazão de permeado filtrado; alarme de vazão mínima e máxima do permeado filtrado customizável de 0 a 12 m<sup>3</sup>/h; bloqueio do sistema por baixo nível de efluente a tratar; bloqueio do sistema por baixa pressão do efluente e bloqueio do sistema por falha elétrica.
6. O sistema deverá ter mecanismos automáticos para realização de procedimentos de limpeza e desinfecção programáveis via PLC, incluindo: rotina de fibrilação automática customizável em tempo e frequência de execução; rotinas de limpeza química automática incluindo rotina para limpeza alcalina, rotina para limpeza ácida, com controle de pH e temporização para passagem, contato e enxágue.
7. O sistema deverá ter mecanismos automáticos para desinfecção automática, controlado por PLC, com monitoramento de residual de cloro livre, temporização para passagem, contato e enxágue.

### **7.3.6 Entrega**

A mão de obra para a instalação deverá ser responsabilidade do fornecedor. Deverá ser entregue manual de operação e manutenção em português, com todas as descrições e informações para o correto funcionamento do sistema. Também ficará a cargo do contratado a



**ART**



## 8 ART



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

**CREA-CE**

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Ceará

**ART OBRA / SERVIÇO -  
REGISTRO ANTES DO  
TÉRMINO DA  
OBRA/SERVIÇO  
Nº CE20160092412**

INICIAL  
INDIVIDUAL

**1. Responsável Técnico**

**ANA MARIA ROBERTO MOREIRA**

Título profissional: ENGENHEIRA CIVIL

Empresa contratada: FORTAL EMPREENDIMENTOS LTDA

RNP: 060093002-5

Registro: 33246-0

**2. Contratante**

Contratante: CAGECE - CIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ

RUA DR. LAURO VIEIRA CHAVES 1030

Complemento:

Cidade: FORTALEZA

País: Brasil

Telefone: 31011794

Contrato: Não especificado

Valor: R\$ 6.000,00

Ação Institucional: NENHUMA - NÃO OPTANTE

Bairro: AEROPORTO

UF: CE

CPF/CNPJ: 07.040.108/0001-57

Nº:

CEP: 60420280

Email: gentil.mala@cagece.com.br

Celebrado em: 04/07/2016

Tipo de contratante: PESSOA JURIDICA DE DIREITO PRIVADO

**3. Dados da Obra/Serviço**

Proprietário: CAGECE - CIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ

RUA DR. LAURO VIEIRA CHAVES 1030

Complemento:

Cidade: FORTALEZA

Telefone: 31011794

Coordenadas Geográficas: Latitude: 0 Longitude: 0

Data de início: 06/07/2016

Finalidade: Saneamento básico

Bairro: AEROPORTO

UF: CE

CPF/CNPJ: 07.040.108/0001-57

Nº: 1030

CEP: 60420280

Email: gentil.mala@cagece.com.br

Previsão de término: 31/08/2016

**4. Atividade Técnica**

A1 - ATUACAO

6 - PROJETO BÁSICO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL ->  
#1491 - SANEAMENTO

Quantidade

1,00

Unidade

un

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

**5. Observações**

Projeto de Unidade de Floco-floação para o Centro de Pesquisas de Reúso - CPR da CAGECE em Aquiraz-Ce.

**6. Declarações**

**7. Entidade de Classe**

SINDICATO DOS ENGENHEIROS NO ESTADO DO CEARÁ (SENGE-CE)

**8. Assinaturas**

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Fortaleza, 31 de outubro de 2016

Local

data

Ana Maria R. Moreira  
ANA MARIA ROBERTO MOREIRA - CPF: 511.552.653-00

Eng. Raul Tigre de Arruda Leitão

Gerente de Projetos de Engenharia  
em Exercício

CAGECE - CIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ - CNPJ: 07.040.108/0001-57

GPROJ - CAGECE

**9. Informações**

\* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

\* Somente é considerada válida a ART quando estiver cadastrada no CREA, quitada, possuir as assinaturas originais do profissional e contratante.

**10. Valor**

Valor da ART: R\$ 74,37

Pago em: 12/08/2016

Nosso Número: 8211426822