



relação aos pesos manuseados e que atendem as condições de segurança das operações;

- Limpeza, capinação e roça do entorno das edificações e dos acessos à ETA;
- Eliminação de toda sujeira, restos de comida, animais mortos e todo e qualquer outro tipo de lixo que possa comprometer a estética e visual do local;
- Manutenção e limpeza das instalações hidráulicas, sanitárias e elétricas, incluindo móveis e utensílios, não se admitindo lâmpadas queimadas, vazamentos, pias quebradas, vasos entupidos e qualquer tipo de esgoto, lixo e materiais que exalem odores desagradáveis, como também, portas, janelas e fechaduras quebradas;
- Manutenção da iluminação externa com substituição de lâmpadas e reatores queimados, substituição de sensores e relés, incluindo no mínimo a limpeza semestral das luminárias e refletores. Especial atenção deve ser dada à luz de sinalização instalada em locais elevados, como também nas instalações de para-raios, se houver;
- Vigilância do local, vedando a presença de pessoas estranhas ao serviço;
- Registros dos visitantes e das pessoas autorizadas a ingressar na área;
- Não permitir a presença de animais domésticos na área;
- Manutenção do calçamento e jardins, se existentes;
- Manutenção anual de pintura externa e interna das instalações prediais, muros e portões;
- Disponibilidades de produtos químico requeridos nos processos de tratamento e desinfecção;
- Disponibilidades de materiais equipamentos, ferramentas e consumíveis para a operação e as manutenções de rotina;
- Limpeza com polimento com cera dos painéis de comando, com frequência anual, substituindo-se a borracha de vedação das portas, fechaduras e telas de vedação se necessário.

8.1.5 Requisitos Específicos

Os requisitos específicos a seguir discriminados contêm as recomendações de Operação e Manutenção para ETA:

- Disponibilização de Manual de operação e manutenção dos fabricantes de todos os equipamentos a ETA fornecidos, incluindo, sistema de preparação e dosificação de produtos químicos etc., com as recomendações de cautelas e cuidados especiais relativos às bombas dosadoras, agitadores, compressores, válvulas de controle, válvulas dosadoras, sistemas de cloração e sistemas de preparação e aplicação de produtos químicos;
- Disponibilização dos esquemas de automação se existente, incluindo Manual de Operação de Comando, Controle e Proteção;
- Verificação do alinhamento e nivelamento dos tanques e conjuntos motor-bombas com especial atenção para a fixação na base e chumbamento desta a estrutura de concreto. Recomenda-se inspeção a cada 2 meses;



- Verificação do estado de corrosão e deterioração dos tanques, conjuntos motor-bomba de lavagem e auxiliares, misturadores, agitadores, cilindros de cloro etc., incluindo juntas, válvulas, acoplamentos etc.;
- Verificação das juntas de desmontagem quanto ao alinhamento, vazamentos e travamento dos tirantes;
- Verificação das juntas flangeadas quanto a alinhamento, vazamentos e adequado aperto dos parafusos;
- Verificação dos suportes de tubulação, incluindo cintas e abraçadeiras;
- Verificações das ancoragens (metálicas ou de concreto) quanto a folgas e amarração da tubulação, observando possíveis movimentações ou eventuais trincas nos blocos de concreto ou parafusos frouxos (soltos) dos suportes metálicos;
- Inspeção semanal dos registros e válvulas, com lubrificação de eixos e das gaxetas com substituição destas quando necessário. Inclui-se nessa atividade a preservação dos parafusos e porcas com antioxidante;
- Implantação dos Procedimentos de Gestão na Qualidade dos Serviços com vistas à obtenção de certificação ISO-9000;
- Registro das variáveis de processo, do nº de horas de operação de cada equipamento, dos volumes aduzidos e produzidos, dos parâmetros de qualidade etc.;
- Anotação diária das não-conformidades ocorridas, mantendo-se o processo aberto até a superação dos problemas e encaminhamento para arquivo;
- Verificação de qualquer vazamento de óleo lubrificante e graxa nos equipamentos rotativos;
- Anotar e registrar qualquer ruído ou vibração considerada não normal, informando imediatamente a supervisão;
- Anotar e registrar qualquer variação significativa da pressão de operação, aumento ou diminuição de fluxo, entupimentos, interrupções de produtos químicos etc., informando imediatamente a supervisão. Nos casos extremos executar o desligamento programado;
- Anotar e registrar as flutuações do fornecimento de energia elétrica, efetuando-se desligamento programado quando necessário no caso dos sistemas de proteção deixar de atuar;
- Anotar, registrar e avaliar criticamente os desligamentos efetuados pelos relés de proteção no caso de sobrecorrente ou sobreaquecimento (sobrecarga) de motor elétrico, comparando com as pressões e vazões aduzidas, informando imediatamente à supervisão.



Setor de Licitação
1095

8.1.6 Processos de Tratamento de Água

A ETA é do tipo CC (Ciclo Convencional), onde os processos de coagulação, clarificação e filtração são combinados e ocorrem em unidade compacta. Enquadra-se em Tratamento Simplificado – Tratamento Básico.

Neste sentido, passa-se a descrever os seguintes procedimentos específicos:

- Procedimentos de preparo e aplicação de coagulantes;
- Procedimentos de mistura rápida com misturadores hidráulicos;
- Procedimento de floculação;
- Procedimento de decantação, (clarificação);
- Procedimentos de Filtração Ascendente – FA;
- Procedimentos de desinfecção da água filtrada;
- Procedimentos de cloração com cloro gás (se houver);
- Procedimentos de segurança de operação;
- Procedimentos de manutenção de equipamentos e estruturas.

8.1.7 Procedimentos de Preparo e Aplicação de Coagulante

8.1.7.1 Produtos empregados

Em geral, os produtos químicos mais empregados para a coagulação e correção de pH em ETA FDA são:

- O sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$), o sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) ou o cloreto férrico ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) para coagulação;
- O hidróxido de cálcio (cal hidratada) $[Ca(OH)_2]$ ou carbonato de sódio (Na_2CO_3) como auxiliar do coagulante ou para correção do pH final;
- Polieletrólitos (polímeros) catiônicos, aniônicos ou não iônicos.
- A concentração mais utilizada para as soluções de sulfato e cal é de 5%, máximo 10%.
- Para os polímeros a concentração máxima recomendada na literatura é de 2%.
- Kits de dosagem
- Cada kit de dosagem é composto por:
- Tanque em PRFV com volume suficiente para armazenamento da solução;
- Misturador da solução;
- Bomba dosadora tipo diafragma (kits menores).

Os tanques destinados ao preparo de soluções e suspensões devem ter volume suficiente para um dia de consumo. Em grandes estações pode ser suficiente um volume para cada turno de trabalho. São recomendáveis dois tanques para cada solução, pois enquanto em um deles está sendo preparada nova solução, o outro fica dosando até esvaziar.

As saídas das soluções devem situar-se 10 cm acima do fundo do tanque, a fim de evitar o carregamento das impurezas sedimentadas.



8.1.7.2 Policloreto de Alumínio

A maioria do policloreto de alumínio utilizado no tratamento de água contém teor elevado de impurezas, o que requer um tempo de 2 a 3 horas para diluição.

Para solução a 5%, para cada 100 litros de água deverão ser utilizados 5 kg de policloreto de alumínio. No método a seguir, explica-se o preparo da solução para um tanque de 1.000 litros (1 m³) de capacidade:

- Colocam-se 50 kg (5% de 1.000 litros) de policloreto de alumínio no cocho crivado do tanque de dissolução;
- Abre-se o registro de alimentação de água, até completar o volume de 1.000 litros;
- Fecha-se o registro de alimentação d'água e liga-se o agitador, ou se for o caso o soprador, mantendo-o em funcionamento durante 3 horas, para garantir a completa dissolução do policloreto de alumínio;
- Desliga-se o agitador, ou se for o caso o soprador;
- A solução está pronta para uso;
- Liga-se a bomba dosadora. Quando a bomba dosadora for do tipo centrífuga, a vazão de dosagem é visualizada por meio do medidor de vazão tipo rotâmetro, sendo ajustada por meio de registro próprio. Quando a bomba dosadora for do tipo diafragma, o rotâmetro é dispensado, uma vez que ela possui escala própria de ajuste de vazão.

Determinar a dosagem de policloreto de alumínio conforme recomendações no item “Método para Ensaio de Coagulação em Papel de Filtro” e ajustar a vazão da solução na bomba dosadora para se obter o valor desejado.

Por exemplo, sejam as seguintes condições:

- Vazão de água a tratar = 5,55 L/s;
- Dosagem de policloreto de alumínio recomendada = 25 mg/L;
- Concentração da solução no tanque de preparação = 3% (50.000 mg/L).

A vazão da solução q (L/h), na saída da bomba dosadora, será de:

$$q = \frac{Q \cdot D \cdot 0,36}{C}$$

- Q = Vazão de água a tratar (L/s);
- D = Dosagem de policloreto (mg/L);
- C = Concentração da solução no tanque de preparo (%);



8.1.7.3 Polieletrólitos

Os polieletrólitos são polímeros de longa cadeia molecular, sendo recomendados para:

- ETA que trabalham com altas taxas de aplicação;
- ETA que operam com a capacidade acima da nominal;
- Quando se deseja melhorar a qualidade da água tratada;
- Como auxiliar da filtração.
- Quando há necessidade de aumentar a vazão da ETA, o polieletrólito pode contribuir para o aumento da densidade do floco, permitindo uma sedimentação mais adequada à nova vazão.

Os polieletrólitos podem ser: Catiônicos, quando a resultante de suas cargas é positiva, aniônicos, quando a resultante de suas cargas é negativa, não iônicos, quando a resultante de suas cargas é nula. Capazes de agregar partículas e torná-las mais densas para transformar-se em flocos mais pesados, são utilizados em dois casos: Em certas águas que não tenham quantidades suficientes de núcleo para a formação do floco. Nestes casos, o tratamento com o uso dos coagulantes primários comuns fica difícil.

Os polieletrólitos, por possuírem fórmulas complexas, devem ser empregados com cuidado, pois podem apresentar em sua composição elementos nocivos à saúde. Utilizar exclusivamente os polieletrólitos específicos para potabilização de água.

O produto pode ser fornecido na forma sólida (pó ou grânulos), em sacos ou tambores, e na forma líquida (emulsão). O armazenamento deve ser em local seco e ventilado e temperatura ambiente média (não extremas).

Para preparar a solução, o tanque de preparo deve ser preenchido primeiro com água e logo adicionado o produto, lentamente, com o equipamento misturador ligado. É importante que o misturador opere com baixa velocidade, para evitar a quebra das moléculas do produto.

A aplicação do produto usualmente se faz na forma de solução diluída. A concentração máxima recomendável é de 2%, mas o uso de soluções mais diluídas facilita a aplicação. A dosagem da solução diluída pode ser feita com bombas dosadoras centrífugas ou de diafragma.

Para consumos maiores em instalações de porte, podem ser utilizados dosadores de emulsão concentrada, diretamente a partir do conteúdo do tambor, com diluição posterior na tubulação.



Sector de Licitação
1018

8.1.7.4 Cuidados na Operação

O operador deve estar atento ao desligamento da bomba quando o tanque em operação estiver próximo a esvaziar, para evitar que a bomba trabalhe sem líquido, o que iria danificá-la.

Outro cuidado a ser tomado é evitar o uso do agitador sem líquido suficiente no tanque, pois a haste pode empenar, produzindo vibrações futuras.

8.1.8 Procedimentos de Mistura Rápida

8.1.8.1 Conceito

Mistura rápida é a operação destinada a promover a perfeita homogeneização dos produtos químicos na água a ser tratada.

Quando a mistura rápida é insuficiente, podem ocorrer dois efeitos prejudiciais:

- Desperdício de produtos químicos;
- Baixa agregação das partículas para uma determinada dosagem de produtos químicos, com efeitos prejudiciais nas etapas posteriores do tratamento.

8.1.8.2 Mistura Rápida

Será fabricado calha parshall em fibra de vidro de nove polegada proporcionando um gradiente de 1728,09 s-1. Esse gradiente proporcionará a mistura dos produtos químicos que auxiliam na coagulação e floculação. A mistura da solução de coagulante ocorre, com grande intensidade, na zona de máxima deflexão.

8.1.9 Procedimentos de Ciclo Convencional – CC

8.1.9.1 Tecnologia de Ciclo Convencional - CC

A tecnologia de ciclo convencional para tratamento de água geralmente envolve várias etapas sequenciais para remover impurezas e contaminantes. A etapa inicial é a Coagulação e Floculação onde são adicionados produtos químicos, como sulfato de alumínio, para aglutinar partículas suspensas na água, formando flocos maiores posteriormente os flocos formados na etapa anterior são permitidos a se sedimentarem no fundo do decantador. Isso resulta na remoção de partículas suspensas e sólidas da água. A água clarificada passa por camadas de areia e antracito para remover partículas finas, bactérias e outros contaminantes. Por fim, o próximo passo da desinfecção da água para eliminar microrganismos patogênicos. O cloro é comumente usado para



esse fim, embora outras substâncias, como ozônio ou dióxido de cloro, também possam ser aplicadas, após o tratamento, a água será armazenada em reservatórios e distribuída para consumidores por meio de redes de distribuição.

O funcionamento do sistema se inicia com a entrada da água bruta no módulo iniciando o processo de tratamento na unidade de mistura rápida, realizada através da calha parshall fabricada em fibra de vidro, trabalhando com um gradiente de $1728,09 \text{ s}^{-1}$, com adição de produtos químicos, a água coagulada entrará no floculador hidráulico, composto por duas câmaras, sendo três bandejas em cada câmara, com seis gradientes de velocidade diferentes e decrescentes, água floculada entrará no decantador por meio de tubulação distribuidora. Serão utilizados perfis tubulares em PVC rígido, com ângulo de inclinação com a horizontal igual a 60° , para auxiliar no processo de sedimentação, a água clarificada será direcionada para os filtros de camada dupla com fluxo ascendente, a partir de calhas coletoras, posteriormente a água filtrada será encaminhada para o tanque de contato, onde ocorrerá o processo de desinfecção, após o tempo de contato a água tratada será recalçada até o reservatório elevado de água tratada existente.

8.1.9.2 Coagulação

Uma baixa turbidez é importante numa água potável para minimizar os agentes patogênicos contidos nela. A turbidez em água pode ser causada por organismos patogênicos, por partículas que os alimentam ou por partículas que podem protegê-los no processo de desinfecção.

A cor da água é devida à presença de substâncias orgânicas dissolvidas ou coloidais, substâncias inorgânicas dissolvidas, como também por corpos vivos presentes, tais como algas (cor aparente). A cor constitui uma característica de ordem estética, e seu acentuado teor pode causar repugnância.

As impurezas mais encontradas nas águas são: bactérias, microrganismos, areia, silte, argila, resíduos industriais e domésticos, substâncias corantes vegetais, sílica, sais de cálcio, magnésio e sódio, ferro, manganês e gases.

A coagulação é uma etapa muito importante para o processo de filtração ascendente, sendo necessário um acompanhamento cuidadoso na variação da turbidez da água bruta.

Deve ser estabelecida uma dosagem adequada do coagulante (policloreto de alumínio), para que a coagulação seja efetivada pelo mecanismo de neutralização de cargas.

Após determinação da dosagem ótima do coagulante (policloreto de alumínio) pelo método descrito no item "Método para Ensaio de Coagulação em Papel de Filtro", poderá ser iniciada a operação dos filtros da ETA.



Nesta fase, é adicionada à água bruta uma quantidade de policloreto de alumínio, ou outro coagulante, na dosagem encontrada no ensaio de coagulação.

A hora mais crítica em uma estação de tratamento de água, normalmente ocorre nos primeiros dois minutos após a água bruta entrar na estação. O que o operador faz ou deixa de fazer nesse espaço de tempo afeta todo o sistema, inclusive até na ponta de rede (consumidor).

As consequências dos problemas no controle da coagulação são bem conhecidas:

- Má qualidade da água final;
- Alto custo dos produtos químicos;
- Rápida saturação dos filtros e alto custo de retro lavagem;
- Lodo em excesso;
- Aumento no custo de bombeamento (água bruta e final);
- Presença de alumínio solúvel na distribuição;
- Passagem de organismos patógenos ao sistema de água.

Cada operador de ETA quer manter boa a qualidade da água final. Quando tudo está correndo bem, a estação praticamente opera sozinho, o trabalho do operador torna-se tranquilo, sendo interrompido ocasionalmente por algumas horas de trabalho em situações de atenção causadas por:

- Falha na dosagem do coagulante;
- Fortes chuvas, havendo bruscas oscilações de turbidez e cor na água bruta;
- Mau funcionamento dos equipamentos operacionais etc.

As dosagens químicas são determinadas e controladas pelo operador da ETA.

Operadores experientes conseguem trabalhar com as trocas normais de turbidez da água bruta e nas alterações da vazão, mas há ocasiões em que é necessária mudança rápida, suficiente para manter a qualidade desejável da água.

8.1.9.3 Floculação

A coagulação-floculação da água constitui o processo básico de operação de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) de ciclo completo. Da coagulação-floculação depende a maior ou menor eficiência dos processos subsequentes. A remoção da turbidez da água que se obtém no efluente dessas instalações está diretamente relacionada com a maneira com que as partículas são desestabilizadas e com a intensidade das forças que as aglutinam. Portanto, o controle do processo de coagulação-floculação, deve constituir uma das principais preocupações na operação das ETAS.



Sector de Licitação
1081
Morada Nova-CE

Os fatores principais para se obter uma boa floculação são:

- Dosagens dos coagulantes – O tipo do coagulante e dosagem indicada deve ser em função da qualidade da água (ensaio jar-test). No nosso dimensionamento foi considerado como coagulante o sulfato de alumínio (SA) líquido, a dosagem estimada encontrasse entre 20 e 60 mg/L.
- Pontos de aplicação das dosagens - o coagulante é aplicado na placa difusora, onde ocorre a mistura hidráulica. Tempo de mistura na placa difusora menor que 5 s.
- Gradientes de velocidade
- Gradiente de mistura na placa difusor entre 700 a 1100 s⁻¹

Devem ser realizados os ensaios de floculação em laboratório (Jar-test) e em função dos resultados obtidos se define a dosagem da bomba dosadora e regula manualmente a bomba de dosagem. Como não deverá ter o controle por meio do monitor de coagulante, esse procedimento deve ser feito mais constante de modo a observar qualquer alteração significativa nas características da água bruta refletindo na dosagem.

Em caso de acúmulo de sólidos no fundo do floculador, se faz necessário a descarga de fundo destes, sendo está por meio de acionamento dos registros que ficam localizados próximos a base dos equipamentos.

8.1.9.4 Decantação

A água chega ao equipamento pela tubulação de entrada, e logo em seguida tem trajetória ascendente. O equipamento foi projetado de forma a atender ao tempo necessário para decantação prevista para a vazão. Na região superior do tanque, a água se choca com os perfis de decantação que são posicionados com inclinação pré-determinada. Os tubos de decantação influenciam aos sólidos decantarem, e ocuparem os lugares mais próximos da base devido a sua densidade.

Os flocos acabam por se precipitarem para o poço de lodo, onde permanecem acumulados até serem removidos através da descarga de fundo na válvula de lodo decantado. Está prevista a descarga periódica do lodo, a cada 24 horas de operação aproximadamente, sendo está por pressão hidráulica e com duração média de 1 minuto. O dreno de fundo deve ser utilizado para esvaziar o equipamento quando necessário, durante a manutenção.

O operador deverá realizar a descarga citada, por meio de acionamento da válvula para remoção do lodo do fundo, conforme figura anterior, a cada 24 horas, controlando o tempo de duração em cerca de 1 minuto. Tanto o intervalo da descarga do lodo quanto à duração, poderão



ser alterados para mais ou para menos, dependendo da qualidade da água bruta e em consequência do acúmulo do lodo decantado.

O lodo acumulado, no fundo dos decantadores, será encaminhado para leito drenante, será injetado polímero na tubulação de entrada do leito, a água drenada retorna para o tanque de equalização, o lodo desidratado ficará retido dentro do leito formando uma espécie de "torta" ou bolo de lodo, que é consistente e tem teor reduzido de umidade, após um período de tempo determinado, quando a desidratação adequada for alcançada, a "torta" de lodo será removida do leito drenante e terá destinação final adequada.

8.1.9.5 Filtros Ascendente

A alimentação dos filtros ascendentes se realiza pela tubulação de entrada, e logo em seguida tem trajetória ascendente.

Filtração Ascendentes

- Abrir a válvula de entrada de água clarificada (Nº A);
- Em seguida, abrir a válvula vertical de descarga de lavagem (Nº B), desprezando-se, assim, as primeiras águas filtradas. Nessa etapa todas as demais válvulas estarão fechadas. Em geral, o tempo gasto para desprezar as primeiras águas após o início ou reinício de filtração, não deverá exceder quatro minutos.
- Por observação, quando a água clarear, fecha-se a válvula vertical de descarga de lavagem (Nº B), direcionando assim, a água filtrada ao reservatório (por gravidade).

8.1.9.6 Lavagem do Filtro

- Conceito e Parâmetros:

A manutenção do bom funcionamento do filtro depende em muito, da operação de lavagem adequada. Estudos comprovam que descargas de fundo intermediárias (camadas de pedregulhos), com introdução de água na interface, ampliam em muito a carreira de filtração nos filtros ascendentes. Aliando-se a praticidade com as experiências realizadas, recomenda-se 04 (quatro) descargas de fundo intermediárias, em cada carreira de filtração, com introdução de água de interface, sendo que, antecedendo a lavagem geral, inclui-se uma descarga de fundo com introdução de água na interface, totalizando (cinco) a cada carreira de filtração.

A perda de carga máxima admitida em cada carreira de filtração é de 2,50 m, sendo 0,40 m para cada descarga no filtro. Teoricamente dá-se conforme tabela a seguir:



NÍVEL (m)	OPERAÇÃO	
0,00	Filtros Limpos	
0,40	1ª descarga	(Lavagem Interface)
0,80	2ª descarga	(Lavagem Interface)
1,20	3ª descarga	(Lavagem Interface)
1,60	4ª descarga	(Lavagem Interface)
2,00	5ª descarga	(Lavagem Interface) + (Lavagem Geral)
PARÂMETRO		FILTRO ASCENDENTE
Velocidade de Lavagem		1,0 m/min
Tempo de Lavagem		10 min
Velocidade na Interface		0,60 m/min
Tempo de Descarga de Fundo		1 min
Carreira de Filtração		12 a 72 horas

▪ Procedimentos Operacionais:

► Descargas de Fundo:

- ✓ Retira-se o filtro de operação, fechando-se a válvula de entrada de água (Nº A);
- ✓ Abre-se a válvula de descarga de fundo (Nº B), por 1 minuto;
- ✓ Fecha-se a válvula de descarga de fundo (Nº B);
- ✓ Abre-se a válvula de entrada de água (Nº A).

▪ Lavagem Geral do Filtro – Com conjunto Motobomba:

► Primeiro, efetua-se uma descarga de fundo:

- ✓ Retira-se o filtro de operação, fechando-se a válvula de entrada de água coagulada (Nº A);
- ✓ Abre-se a válvula de descarga de fundo (Nº B), por 1 minuto;
- ✓ Fecha-se a válvula de descarga de fundo (Nº B).

► Após o procedimento de descarga de fundo, abre-se a válvula de lavagem geral (Nº C e D) lentamente, e em seguida, abre-se a válvula de descarga de fundo (Nº B);

► Quando a água de lavagem clarear (após 8 a 10 minutos) fecha-se a válvula de lavagem geral (Nº C e D), permanecendo a válvula de descarga de fundo (Nº B) aberta, para desprezar as primeiras águas filtradas (não deverá exceder quatro minutos);

► Abre-se a válvula de entrada de água coagulada (Nº A);

► Após desprezar as primeiras águas, fecha-se a válvula de descarga de fundo (Nº B), e assim o filtro volta à operação normal de filtração.



Quadro de Operação das Válvulas

Operação	Válvulas			
	A	B	C	D
Filtração	Aberta	Fechada	Fechada	Fechada
Lavagem	Fechada	Fechada	Aberta	Aberta
Descarga de fundo	Fechada	Aberta	Fechada	Fechada
Nota: Conforme desenho em planta				

▪ Limpeza da Calha Coletora e Superfície Interna Livre:

- Para a limpeza da calha coletora e superfície interna livre proceder da seguinte maneira:
 - ✓ Com o filtro isolado, de preferência quando for lavá-lo, esfrega-se a calha e a superfície interna do filtro com escova de nylon dura, removendo todo material impregnado, utilizando-se água como removedor;
 - ✓ A seguir enxagua-se com hipoclorito de sódio, ou água superclorada. Esse enxágue é seguido de pinceladas com escovas de nylon, próprias para pintura, devendo o operador estar devidamente protegido.
 - ✓ Finalmente, quando as primeiras águas da lavagem do material filtrante forem subindo, aproveita-se para utilizá-la na remoção dos resíduos amolecidos no enxágue acima citado e encaminha-os para a calha.

8.1.9.7 Controle Laboratorial

Para assegurar o desempenho operacional da ETA, torna-se imprescindível a existência do controle de algumas características da água e de dosagem dos produtos químicos, através de determinações laboratoriais por pessoas qualificadas, pois erros de dosagens conduzem à produção de água com qualidade insatisfatória.

Portanto, torna-se indispensável que a instalação laboratorial no SAAE tenha no mínimo os seguintes equipamentos e soluções:

- Turbidímetro;
- Calorímetro;
- Medidor de pH;
- Condutivímetro;
- Medidor de cloro residual;
- Erlenmeyer de 250 mL;
- Provetas de 500 e 1000 mL;



- Becker de 1000 e 250 mL graduados;
- Funis;
- Pipetas graduadas de 1, 5 e 10 mL;
- Termômetro;
- Papel de filtro Whatman 40;
- Misturador Mix (Walita ou Singer);
- Soluções de Sulfato de Alumínio e Cal preparadas a 0,1%.

Os operadores devem ter recebido treinamento específico para o processo da ETA, ou seja, filtração direta ascendente seguida de desinfecção, incluindo o controle laboratorial para efetuar, no mínimo, as determinações de alcalinidade, pH, temperatura, cor aparente, turbidez, condutividade específica e cloro residual.

8.1.9.8 Método Para Ensaios de Coagulação

- ✓ Coloca-se água bruta em beakers de 1000 mL, até atingir o nível máximo (1 litro). Em geral utilizam-se 6 beakers;
- ✓ Introduce-se a solução de Policloreto de alumínio a 1% em cada Becker com água, em dosagens compreendidas entre 5 e 30 mg/L (5 a 35 mL da solução a 0,1%) e cal quando necessário (ver quadro orientativo a seguir);
- ✓ Após adição das soluções químicas (policloreto e cal quando necessário), introduz-se o misturador mix e liga-se, mantendo-se a agitação por 1 minuto;
- ✓ Pipeta-se o conteúdo do Becker e filtra-se no papel de filtro previamente disposto no final, até que seja obtido um volume filtrado suficiente para determinação de cor aparente, pH e turbidez.

Selecionar aquela condição que fornece resultados com cor menor ou igual a 5 uH e turbidez menor ou igual a 1 uT. Esta é a dosagem de coagulante que deverá ser utilizada na ETA.

QUADRO ORIENTATIVO

TURBIDEZ	COR APA- RENTE	DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS (mg/L)	
		Policloreto de Alu- mínio	Cal
(uT)	(uH)		
< 5	< 30	5;6;8;9;10;12	0,0;0,0;0,0;0,5;1,0
5 - 15	35 - 60	8;10;12;13;14;15	0,0;0,0;1,0;1,0;1,5;1,5
15 - 30	60 - 80	15;18;19;20;22;25	1,0;1,5;1,5;1,5;2,0;2,5



> 30	> 80	18;20;28;25;30;35	1,0;1,5;2,0;2,5;3,0;3,5
------	------	-------------------	-------------------------

Nota: O uso de cal só se torna necessário se a alcalinidade da água bruta for baixa, já que, teoricamente, 1,0 g de policloreto de alumínio necessita de 0,68 mg de CO_2 . Exemplo: Usando-se 10 mg/L de policloreto seria necessário, no mínimo alcalinidade natural na água bruta de 6,8 mg/L de $CaCO_3$.

FL. 1086
Município de Morada Nova - CE

8.1.10 Procedimentos de Desinfecção de Água Tratada

8.1.10.1 Objetivo

A desinfecção se realiza para destruir microrganismos prejudiciais à saúde ou ao sistema, assim como dificultar seu desenvolvimento. Tem importante ação contra microrganismos patogênicos, algas e bactérias reductoras de ferro ou de manganês.

Entre os desinfetantes disponíveis está o cloro que é o mais utilizado por seu preço, praticidade no emprego e controle e conhecimento de suas ações na água.

8.1.10.2 Principais reativos empregados

Os principais desinfetantes utilizados em tratamento de água são:

- Cloro gasoso;

O cloro gasoso é o principal desinfetante utilizado em tratamento de água. Sua utilização deve ser acompanhada de cuidados especiais, já que se trata de um produto que ao ser empregado de forma inadequada, pode causar sérios riscos à saúde do homem e ao meio ambiente.

Em condições ambientais, o cloro é um gás amarelo verdoso de odor irritante, penetrante e lesivo às vias respiratórias, ainda que em baixas concentrações. É mais denso que o ar, o que significa que em casos de vazamentos, o gás tende a acumular-se junto ao solo.

O cloro seco não é corrosivo aos metais; no entanto, em contato com a água se transforma em ácido clorídrico, tornando-se extremamente corrosivo.

- Hipoclorito de cálcio;

O hipoclorito de cálcio resulta de uma combinação do cloro com hidróxido de cálcio. É largamente empregado em estações de tratamento de pequena vazão.

É fornecido na forma de pó branco, com concentração de cloro ativo de aproximadamente 70%.

Possui boa estabilidade quando protegido da umidade.

- Hipoclorito de sódio.

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL

OU SEJA, PRESSÃO QUE A BOMBA PRECISARÁ PARA ATENDER CURVA DE FUNCIONAMENTO

Hmt=Altura manométrica total em MCA

Hg=Desnível geométrico em m 14,20

Hf=perda de carga total em m 1,292

$$Hmt = Hg + Hf$$

$$Hmt = 15,49 \text{ mca}$$

GOLPE DA CELERIDADE

ESPESSURA DOS TUBOS PVC (MM)			
D	CLASSES		
	12	15	20
50	2,7	3	4,3
75	3,9	5	6,1
100	5	6,1	7,8
150 Defofo	6,8		
200 Defofo	8,9		
250 Defofo	11		
300 Defofo	13,1		
350 Defofo	15,2		
400 Defofo	17,2		
500 Defofo	21,3		

TABELA: ESPECIFICAÇÕES TIGRE

Com relação às espessuras e respectivas classes dos tubos PVC, utiliza-se uma tabela muito conhecida e atestada por engenheiros e projetistas no caso a tabela da tigre descrita abaixo:

Fabricado em ferro fundido dúctil conforme norma NBR 7675 para transporte de água bruta ou tratada.

C=Golpe da celeridade m/s

K= Constante do material 18

D=Diâmetro do tubo em mm 350

E= espessura do tubo conforme tabela em mm 15,2

$$C = 9.900 / [48,3 + K (D / E)]^{0,50}$$

$$C = 460,20 \text{ m / s}$$

GOLPE DE SOBRE PRESSÃO MÁXIMA EM EXTREMIDADE A LINHA

SOBRE PRESSÃO (Sobre Pressão no Tubo)

Há=Golpe da sobre pressão máxima em MCA.

C=Golpe da celeridade m/s 460,20

V=velocidade no tubo l/s 1,040

G= velocidade gravidade m/s² 9,81

$$H_a = C \times V / G$$

$$H_a = \boxed{48,78 \quad mca}$$

GOLPE SOBRE PRESSÃO MÁXIMA INSTALADA

P = golpe sobre pressão máxima instalada em mca

H_a = Golpe de Sobre Pres. Máx. em Cima da Linha 48,78

H_g = Desnível geométrico 14,20

$$P = H_a + H_g$$

$$P = \boxed{62,98 \quad mca}$$

Para este caso pode-se adotar um tubo de 1MPa.

Golpe de sobre pressão máxima instalada

Classe	Pressão de Serviço (MCA)
12	60
15	75
20	100
TABELA DO AUTOR AZEVEDO NETO	

LUCAS NOGUEIRA DE
ANDRADE:6043271
2305

Assinado de forma digital
por LUCAS NOGUEIRA DE
ANDRADE:60432712305
Dados: 2025.09.29
15:54:12 -03'00'



MORADA NOVA
PREFEITURA



ANEXO C – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA (EEAB)

EEAB – 10 ANOS

EEAB – 20 ANOS

Dimensionamento da Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB 10 ANOS
(SAAE – MORADA NOVA/CE)



CÁLCULO DA BOMBA CAPTAÇÃO

Dados de dimensionamento

Rendimento do motor (η)	65	%
Vazão de adução (Q_a)	82,03	l/s
Altura manométrica total (Hmt)	15,08	m.c. a

OBS: O fator de rendimento depende da potência do motor descrito separadamente na tabela abaixo.

Potência do Motor	Fator de Correção(f)
< ou = 2 HP	50%
2 a 5 HP	30%
5 a 10 HP	20%
10 a 20 HP	15%
> de 20 HP	10%
TABELA DO AUTOR AZEVEDO NETO	

CÁLCULO DA POTÊNCIA DA BOMBA

P=Potência da bomba CV

Qa=Vazão de adução	82,03
Hmt=Altura manométrica total	15,08
H= Fator de rendimento adotado conforme ind. %	65

$$P = Q_a \times H_{mt} / 75 \times \eta$$

$$P = \boxed{25,38} \text{ CV}$$

Potência de acordo com fator de rendimento usado em tabela no caso 10 %

Para se obter bomba com folga de funcionamento adota-se uma folga conforme tabela, desta forma.

Pr=Potência real em CV

P=Potência calculada	24,72
F=Fator de correção adotado em tabela de correção %	10%

$$Pr = P \times f$$

$$Pr = \boxed{27,92} \text{ CV}$$

$$\text{ADOPTA-SE POTÊNCIA COMERCIAL DE } \boxed{30,0} \text{ CV}$$

Dimensionamento da Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB 20 ANOS
(SEDE – MORADA NOVA/CE)



CÁLCULO DA BOMBA CAPTAÇÃO

Dados de dimensionamento

Rendimento do motor (η) 65 %
Vazão de adução (Q_a) 100,00 l/s
Altura manométrica total (Hmt) 15,49 m.c.a

OBS: O fator de rendimento depende da potência do motor descrito separadamente na tabela abaixo.

Potência do Motor	Fator de Correção(f)
< ou = 2 HP	50%
2 a 5 HP	30%
5 a 10 HP	20%
10 a 20 HP	15%
> de 20 HP	10%
TABELA DO AUTOR AZEVEDO NETO	

CÁLCULO DA POTÊNCIA DA BOMBA

P=Potência da bomba CV

Q_a =Vazão de adução 100,00
 H_{mt} =Altura manométrica total 15,49
 H = Fator de rendimento adotado conforme ind. % 65

$$P = Q_a \times H_{mt} / 75 \times \eta$$

P= 31,78 CV

Potência de acordo com fator de rendimento usado em tabela no caso 10 %

Para se obter bomba com folga de funcionamento adota-se uma folga conforme tabela, desta forma.

P_r = Potência real em CV

P = Potência calculada 31,78
 F = Fator de correção adotado em tabela de correção % 10%

$$P_r = P \times f$$

P_r = 34,96 CV

ADOTA-SE POTÊNCIA COMERCIAL DE 35,0 CV

LUCAS NOGUEIRA DE
ANDRADE:60432712
305

Assinado de forma digital
por LUCAS NOGUEIRA DE
ANDRADE:60432712305
Dados: 2025.09.29 15:54:58
-03'00'



MORADA NOVA
PREFEITURA



ANEXO D – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA

DIMENSIONAMENTO DA CALHA PARSHALL

Setor de Licitação
1093

Dimensões padronizadas do Medidor Parshall (m) e vazões com escoamento livre para cada modelo (m³/s)

Pol	W (m)	A	B	C	D	E	F	G	K	N	X	Y	Escoamento Livre	
													Qmín	Qmáx
1 "	0,0254	0,363	0,356	0,093	0,168	0,229	0,076	0,203	0,019	0,029	-	-	0,000	0,005
3 "	0,0762	0,466	0,457	0,178	0,259	0,457	0,152	0,305	0,025	0,057	0,025	0,038	0,001	0,054
6 "	0,1524	0,610	0,610	0,394	0,403	0,610	0,305	0,610	0,076	0,114	0,051	0,076	0,001	0,110
9 "	0,2286	0,880	0,864	0,380	0,575	0,763	0,305	0,457	0,076	0,114	0,051	0,076	0,003	0,252
11 '	3,3528	1,372	1,344	0,610	0,845	0,915	0,610	0,915	0,076	0,229	0,051	0,076	0,003	0,456
1*1/2 '	0,4572	1,449	1,420	0,762	1,026	0,915	0,610	0,915	0,076	0,229	0,051	0,076	0,004	0,697
2 '	0,6096	1,525	1,496	0,915	1,207	0,915	0,610	0,915	0,076	0,229	0,051	0,076	0,012	0,937
3 '	0,9144	1,677	1,645	1,220	1,572	0,915	0,610	0,915	0,076	0,229	0,051	0,076	0,017	1,427
4 '	1,2192	1,830	1,795	1,525	1,938	0,915	0,610	0,915	0,076	0,229	0,051	0,076	0,037	1,923
5 '	1,524	1,983	1,941	1,830	2,303	0,915	0,610	0,915	0,076	0,229	0,051	0,076	0,045	2,424
6 '	1,8288	2,135	2,090	2,135	2,667	0,915	0,610	0,915	0,076	0,229	0,051	0,076	0,074	2,931
7 '	2,1336	2,288	2,240	2,440	3,030	0,915	0,610	0,915	0,076	0,229	0,051	0,076	0,085	3,438
8 '	2,4384	2,240	2,392	2,745	3,490	0,915	0,610	0,915	0,076	0,229	0,051	0,076	0,099	3,950
10 '	3,048	2,745	4,270	3,660	4,759	1,220	0,915	1,830	0,153	0,343	-	-	0,200	5,660

$$Q = K * H^n$$

$$H = K * Q^n$$

Pol	W (m)	n	K	n	K
3 "	0,0762	1,547	0,176	0,646	3,704
6 "	0,1524	1,580	0,381	0,636	1,842
9 "	0,2286	1,530	0,535	0,633	1,486
11 '	3,3528	1,522	0,690	0,657	1,276
1*1/2 '	0,4572	1,538	1,054	0,650	0,966
2 '	0,6096	1,550	1,426	0,645	0,795
3 '	0,9144	1,566	2,182	0,639	0,608
4 '	1,2192	1,578	2,935	0,634	0,505
5 '	1,524	1,587	3,728	0,630	0,436
6 '	1,8288	1,595	4,515	0,627	0,389
7 '	2,1336	1,601	5,306	-	-
8 '	2,4384	1,606	6,101	0,623	0,324

1) PASSO

$$H_a = K * Q^n$$

K e n são definidos de acordo com o W da calha parshall
dessa forma de acordo com a tabela da direita os valores
correspondem a fórmula superior da esquerda

K	1,486
n	0,633
Q _{máx}	0,103 m ³ /s
Ho	0,352 m

2) PASSO

$$D' = \frac{2}{3} * (D - W) + W$$

D	0,575 m
W	0,229 m
D'	0,46 m

3) PASSO

$$V_a = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{D' * H_a}$$

A	0,162 m ²
Q _{máx}	0,103 m ³ /s
Va	0,635 m/s

4) PASSO

$$E_a = H_o + \frac{V_a^2}{2 * g} + N_{parshall}$$

Ho	0,352 m
Va	0,635 m/s
g	9,81 m/s ²
N	0,114 m

Ea	0,487 m
----	---------

5) PASSO

$$\cos \theta = \frac{-g * Q_{max}}{W * (0,67 * g * E_a)^{3/2}}$$

g	9,81 m/s ²
Q _{máx}	0,103 m ³ /s
W	0,229 m
Ea	0,487 m

Cos(θ)	-0,771
--------	--------

$$\theta_{rad} = \cos^{-1}(\cos \theta)$$

$$\theta^{\circ} = \theta_{RAD} * \left(\frac{180}{\pi} \right)$$

θ	2,451421 rad
θ°	140,456 graus

6) PASSO

$$V_1 = 2 * \cos \frac{\theta^\circ}{3} * \left(\frac{2 * g * E_a}{3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

θ° 140,456 graus

g 9,81 m/s²

E_a 0,487 m

V_1 2,441 m/s

7) PASSO

$$E_a = E_1 \rightarrow E_a = h_1 + \frac{V_1^2}{2 * g}$$

$$h_1 = E_a - \frac{V_1^2}{2 * g}$$

g 9,81 m/s²

E_a 0,487 m

V_1 2,441 m/s

h_1 0,183 m

8) PASSO

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g * h_1}}$$

V_1 2,441 m/s

g 9,81 m/s²

h_1 0,183 m

Fr_1 1,823 -

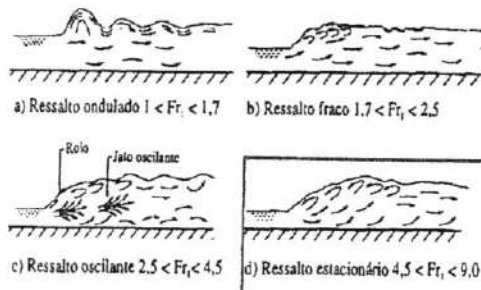


Figura 11.2 Tipos de ressaltos hidráulicos em função do número de Froude a montante.

9) PASSO

$$h_3 = \frac{h_1}{2} * (\sqrt{1 + 8 * F_{r1}^2} - 1)$$

h1 0,183 m

Fr1 1,823 -

h3 0,389 m

10) PASSO

$$h_2 = h_3 - N_{parshall} + K_{parshall}$$

h3 0,389 m

N 0,114 m

K 0,076 m

h2 0,351 m

11) PASSO

$$V_2 = \frac{Q}{A} \rightarrow \frac{Q}{h_2 * C_{parshall}}$$

Qmáx 0,103 m³/s

h2 0,351 m

C 0,380 m

V2 0,771 m/s

12) PASSO

$$H_o + N_{parshall} = h_3 + \Delta H$$

$$\Delta H = (H_o + N_{parshall}) - h_3$$

Ho 0,351988 m
N 0,114 m
h3 0,389 m

ΔH 0,077 m



13) PASSO

$$TDH(\theta_h) = \frac{G_{parshall}}{V_{média}} \rightarrow \frac{G_{Parshall}}{\frac{(V_1 + V_2)}{2}}$$

V1 2,441 m/s
V2 0,771 m/s
G 0,457 m/s

TDH 0,285 s

14) PASSO

Temp. 25 °C

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * \Delta H}{\mu * TDH}}$$

γ (f-->temp) 9779 N/m³

ΔH 0,077 m

μ (f-->temp) 0,00089 kg/m.s

TDH 0,285 s

G 1728,09 s⁻¹

Quadro 2.3 – Propriedades físicas da água – sistema internacional

Temperatura	Massa Específica	Peso Específico	Pressão de Vapor	Módulo de Elasticidade Volumétrico	Viscosidade Dinâmica	Viscosidade Cinemática
T	ρ	γ	P _v atm	K	μ	ν
°C	kg/m³	N/m³	Pa	10⁷ Pa	10⁻³ kg/m.s	10⁻⁴ m²/s
0	999,9	9805	611	204	1,79	1,79
5	1000,0	9806	873	206	1,52	1,52
10	999,7	9803	1266	211	1,31	1,31
15	999,1	9798	1707	214	1,14	1,14
20	998,2	9789	2335	220	1,01	1,01
25	997,1	9779	3169	222	0,89	0,90
30	995,7	9767	4238	223	0,80	0,80
35	994,1	9752	5621	224	0,72	0,73
40	992,2	9737	7377	227	0,66	0,66
45	990,2	9720	9584	229	0,60	0,61
50	988,1	9697	12331	230	0,55	0,56
55	985,7	9679	15745	231	0,51	0,51
60	983,2	9658	19924	228	0,47	0,48
65	980,6	9635	25015	226	0,44	0,44
70	977,8	9600	31166	225	0,41	0,42
75	974,9	9589	38563	223	0,38	0,39
80	971,8	9557	47372	221	0,36	0,37
85	968,6	9529	57820	217	0,34	0,35
90	965,3	9499	70132	216	0,32	0,33
95	961,9	9469	84552	211	0,30	0,31
100	958,4	9438	101357	207	0,28	0,30

DIMENSIONAMENTO DO FLOCULADOR HIDRAULICO

Vazão	360,00	M³/H
Vazão	0,10000	m³/s
Gravidade	9,80886	m/s²
Peso específico	9782,65	N/m³
Viscosidade absoluta	0,001008	N.s/m³
Viscosidade cinemática	0,000001	m²/s

Setor de Licitação
FL. 1099
Morada Nova-Ce

Setor de Licitação
1288
Morada Nova-Ce

Para o dimensionamento hidráulico foi definir o número de floculadores necessários para realizar a floculação da água, para a vazão estabelecida.

Dessa forma, adotou-se **2,0** floculador, resultando em uma vazão individual de **0,050 m³/s**

1) Escolha do tipo de floculador

Adotou-se um Floculador hidráulico, do tipo de bandejas perfuradas descritos em Vianna (2014).

3) Escolher quantidade de bandejas a serem perfuradas

Adotou-se **6** Bandejas

4) Adotar velocidade nos orifícios em cada bandeja

Vianna (2014) recomenda que as velocidades da água ao passar pelos orifícios das placas sejam maiores ou iguais a 10 cm/s.

Adotou-se	V1	0,6	m/s
	V2	0,6	m/s
	V3	0,4	m/s
	V4	0,4	m/s
	V5	0,2	m/s
	V6	0,2	m/s

cm/s	m/s
1	0,01
70	0,7

5) Calcular área total dos orifícios em cada bandeja (Ato)

BANDEJA 01			BANDEJA 02			BANDEJA 03		
Q	0,050	m³/s	Q	0,050	m³/s	Q	0,050	m³/s
V	0,6	m/s	V	0,6	m/s	V	0,4	m/s
Ato1	0,083	m²	Ato2	0,083	m²	Ato3	0,125	m²
BANDEJA 04			BANDEJA 05			BANDEJA 06		
Q	0,050	m³/s	Q	0,050	m³/s	Q	0,050	m³/s
V	0,4	m/s	V	0,2	m/s	V	0,2	m/s
Ato4	0,125	m²	Ato5	0,250	m²	Ato6	0,250	m²

6) Adotar diâmetro dos orifícios (Do)

Adotou-se

40 mm
0,040 m

$$Ato = \frac{Q}{V}$$



7) Calcular área individual do orifício (Aind)

$$Aind = \pi \frac{D^2}{4}$$

Do 0,040 m

Aind 0,0013 m²

8) Calcular número de orifícios por bandeja

BANDEJA 01			BANDEJA 02			BANDEJA 03		
Ato1	0,083	m ²	Ato2	0,083	m ²	Ato3	0,125	m ²
Aind	0,0013	m ²	Aind	0,0013	m ²	Aind	0,0013	m ²
Nº orifícios	66,31	orifícios	Nº orifícios	66,31	orifícios	Nº orifícios	99,47	orifícios
Nº orifícios	66,0	orifícios	Nº orifícios	68,0	orifícios	Nº orifícios	72,0	orifícios
Nova área	0,083	m ²	Nova área	0,085	m ²	Nova área	0,090	m ²
Nova velocidade	0,60	m/s	Nova velocidade	0,59	m/s	Nova velocidade	0,55	m/s
BANDEJA 04			BANDEJA 05			BANDEJA 06		
Ato4	0,125	m ²	Ato5	0,250	m ²	Ato6	0,250	m ²
Aind	0,0013	m ²	Aind	0,0013	m ²	Aind	0,0013	m ²
Nº orifícios	99,47	orifícios	Nº orifícios	198,94	orifícios	Nº orifícios	198,94	orifícios
Nº orifícios	82,0	orifícios	Nº orifícios	115,0	orifícios	Nº orifícios	160,0	orifícios
Nova área	0,103	m ²	Nova área	0,145	m ²	Nova área	0,201	m ²
Nova velocidade	0,49	m/s	Nova velocidade	0,35	m/s	Nova velocidade	0,25	m/s

$$N^{\circ} \text{ orifícios} = \frac{Ato}{Aind}$$

9) N° de Reynolds

BANDEJA 01			BANDEJA 02			BANDEJA 03		
Do	0,040	m	Do	0,040	m	Do	0,040	m
v1	0,60	m/s	V1	0,59	m/s	V1	0,55	m/s
v	0,000001	m ² /s	v	0,000001	m ² /s	v	0,000001	m ² /s
Re1	24.114		Re2	23.405		Re3	22.105	
BANDEJA 04			BANDEJA 05			BANDEJA 06		
Do	0,040	m	Do	0,040	m	Do	0,040	m
V1	0,49	m/s	V1	0,35	m/s	V1	0,25	m/s
v	0,000001	m ² /s	v	0,000001	m ² /s	v	0,000001	m ² /s
Re4	19.409		Re5	13.839		Re6	9.947	

$$Re_D = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

10) Espaçamento entre os furos

$$\frac{X}{S}$$

S1	0,20	m
S2	0,20	m
S3	0,20	m
S4	0,20	m
S5	0,20	m
S6	0,20	m

Encontrar distância para interferência dos jatos (X) pela relação X/S

BANDEJA 01			BANDEJA 02			BANDEJA 03		
X/s	3,81		X/s	3,89		X/s	4,00	
S1	0,2		S2	0,2		S3	0,2	
X1	0,76	m	X2	0,78	m	X3	0,80	m
Xadotad	0,90	m	Xadotad	1,10	m	Xadotad	1,40	m
BANDEJA 04			BANDEJA 05			BANDEJA 06		
X/s	4,21		X/s	4,45		X/s	4,47	
S4	0,2		S5	0,2		S6	0,2	
X4	0,84	m	X5	0,89	m	X6	0,89	m
Xadotad	1,40	m	Xadotad	0,90	m	Xadotad	1,30	m

11) Coeficiente de descarga (Cd)

Em orifícios circulares o Cd varia dentre 0,8 e 0,9 (VIANNA, 2014)

Adotou-se Cd 0,90

12) Gradiente de velocidade

BANDEJA 01			BANDEJA 02			BANDEJA 03		
D	0,0400	m	D	0,0400	m	D	0,040	m
S	0,2000	m	S	0,2000	m	S	0,200	m
v1	0,603	m/s	v1	0,585	m/s	v1	0,553	m/s
u	0,000001		u	0,000001		u	0,000001	
Cd	0,9000		Cd	0,9000		Cd	0,900	
X	0,9000	m	X	1,1000	m	X	1,400	m
G	68,69	s-1	G	59,41	s-1	G	48,34	s-1

Setor de Licitação
1102
Pavão Verde

BANDEJA 04			BANDEJA 05			BANDEJA 06		
D	0,040	m	D	0,040	m	D	0,040	m
S	0,200	m	S	0,200	m	S	0,200	m
v1	0,485	m/s	v1	0,346	m/s	v1	0,249	m/s
u	0,000001		u	0,000001		u	0,000001	
Cd	0,900		Cd	0,900		Cd	0,900	
X	1,400	m	X	0,900	m	X	1,300	m
G	39,77	s-1	G	29,87	s-1	G	15,14	s-1

$$G = \frac{D}{S} \sqrt{\frac{\pi \cdot v^3}{8 \cdot v \cdot C_d^2 \cdot X}}$$

5.9.2.2 Não sendo realizados ensaios, deve ser previsto gradiente de velocidade máximo, no primeiro compartimento, de 70 s⁻¹ e mínimo, no último, de 10 s⁻¹.

13) Profundidade da lâmina líquida do floculador (hf)

$h_f = X1 + X2 + X3$	X1	0,90	m
	X2	1,10	m
	X3	1,40	m
	X4	1,40	m
	X5	0,90	m
	X6	1,30	m

hf 3,50 m

Entretanto foi adotado hf= 4,20 m

14) Adotar diâmetro do floculador (Df)

Adotou-se um diâmetro de 3,50 m

15) Cálculo da área do floculador (Af)

$A_f = \pi \frac{D^2}{4}$	Df	3,50	m
	Af	9,62	m ²

16) Cálculo do Volume do floculador (Vf)

$V_f = A_f \times h_f$	Af	9,62	m ²
	hf	4,20	m
	Vf	40,41	m ³

17) Tempo de floculação (TDH)

$TDH = \frac{V_f}{Q}$	Vf	80,82	m ³
	Q	0,050	m ³ /s
	TDH	1616,36	s
	TDH	26,94	min

NBR 12216

DIMENSIONAMENTO DO DECANTADORES DE ALTA TAXA DE MÓDULO TUBULAR

DADOS DE ENTRADA:

	Valor entrada		Unidade	
1. Vazão Q do sistema	100,00	0,100	L/s m³/s	8639,94 m³/d
2. Número N _d de decantadores	2,000			
3. Ângulo de inclinação dos dutos (graus)	60,00	1,047		
4. Largura l _a do decantador	3000,0		mm	
4. Comprimento l do duto (mm)	1200,0		mm	
5. Dimensão d do duto (mm)	90,00		mm	
6. Dimensão h do duto (mm)	50,00		mm	
7. Espessura e da parede (mm)	1,00		mm	
8. Fator do duto quadrado S	1,00			
9. Velocidade de sedimentação V _s	1,74	0,00029	cm/min m/s	
11. Área útil A _{ud} da secção ortogonal de um duto:	0,34		(m²) /m²	
12. Viscosidade cinemática da água a 25°C	0,00924		cm²/s	

CÁLCULOS:

Comprimento efetivo do duto (mm):

1148,04 mm

Relação L:

12,76

$$L = \frac{l}{d}$$

Fator de forma F:

6,27

$$F = \frac{\sin \theta (\sin \theta + L \cos \theta)}{S}$$

Área A superficial do decantador (m²):

27,48 m²

$$A = \frac{Q}{F \times V_s}$$

Área A₀ ortogonal ao fluxo (m²)

23,8 m²

$$A_0 = A \sin \theta$$

Velocidade Longitudinal V_0 (cm/s):

$$V_0 = \frac{Q}{A \sin \theta}$$

0,21	cm/min
------	--------

Raio hidráulico do perfil (cm):

$$R_H = \frac{d \times h}{2(d + h)}$$

1,61	cm
------	----

Número de Reynolds (Temperatura da água a 25°C):

$$N_R = \frac{4R_H \times V_0}{\nu}$$

146,16

Velocidade longitudinal máxima P/ regime laminar:

Velocidade longitudinal máxima p/ regime laminar:

$$V_{0\max} = \left(\frac{N_R}{8}\right)^{0,5} \times V_s$$

0,12	(cm/s)
107,10	(m/dia)

Extensão de Transição (mm)

$$L_t = 0,058 \times \frac{V_0 \times d}{\nu}$$

11,87	mm
-------	----

Taxa de Escoamento Superficial T_{es} (m³/m².dia):

$$T_{es} = \frac{Q}{N_d \times A}$$

157,19	m³/m².dia
--------	-----------

DIMENSÕES CONSTRUTIVAS DO DECANTADOR

a) Largura l_a (m):

3,2	m
-----	---

b) Área de duto A_{dh} em projeção horizontal (m²):

$$A_{dh} = \frac{A_0}{A_{ud}}$$

70,84	m²
-------	----

c) Comprimento C (m):

$$C = \frac{A_{d1}}{l_a} + L_h$$

8,60	m
------	---

d) Projeção L_h horizontal do duto (m):

$$L_h = l \cdot \cos \theta$$

0,60	m
------	---

e) Altura H_d do duto (m):

$$H_d = l \cdot \sin \phi$$

1,04	m
------	---

f) Distância vertical H_v entre o módulo e os dispositivos de entrada e saída (m):

$$T_{es} = 4,80 \cdot \pi \cdot V_{0máx} \cdot \arctan\left(\frac{l_a}{H_v}\right) \cdot \left(\frac{l_a}{H_v}\right)^{-1}$$

$V_{0máx} = 0,35$ cm/s (de acordo com a NB-12216).

Resolvendo-se a equação acima, obtém-se:

$$H_v = \frac{l_a}{1,10}$$

$l_a/H_v =$	1,10	
-------------	------	--

Substituindo-se o valor de l , teremos:

$H_v =$	1,34	m
---------	------	---

g) Lâmina sobre o vertedor da calha de saída (m):

0,014	m
-------	---

Utilizaremos a Fórmula de Francis para o cálculo da lâmina (m):

$$Lâm = \left(\frac{Q}{1,838 \times 2C} \right)^{\frac{2}{3}}$$

h) Dimensionamento da calha de saída (m):

Q (L/s) 33,333

$h_0 =$	0,28	m
$b =$	0,25	m

Adotaremos a fórmula constante no livro do engenheiro Di Bernardo, página 428:

$$h_0 = \left(\frac{Q}{1,38 \times b} \right)^{2/3}$$

Quando da lavagem de um filtro as vazões dos decantadores se somarão para a passagem por uma calha. Dessa maneira, temos:

Q (L/s) = 25,00

$h_0 =$	0,44	m
$b =$	0,40	m

VERIFICAÇÃO DO GRADIENTE DE ENTRADA AO DECANTADOR

	Valor entrada	Unidade
Vazão Q do sistema	0,05000	m³/s
Diâmetro adotado:	500,00	mm
Velocidade média	0,2546	m/s
Massa específica da água γ	997,100	Kg/m³
Temperatura da água	25,00	°C
Viscosidade absoluta da água (25°C) μ	9,11E-05	kg. s/m²
Viscosidade cinemática (25 °C)	8,93E-07	m²/s
f (Fórmula universal)	0,015	-

$$G = (\gamma/2\mu g)^{0,5} \cdot (f/4 R_H)^{0,5} \cdot VL^{1,5}$$

16,62	s⁻¹
-------	-----

Remoção do Lodo

A remoção do lodo se dará na parte inferior do decantador, na zona de acumulação de lodos. Será instalado uma tubulação no fundo do decantador, que permita uma velocidade de escoamento superior a 3m/s. A vazão da descarga do tubo extrator é dada por:

$$q_{te} = C_d S_t \sqrt{2gh_d}$$

onde:

C_{tf} - coeficiente em função da relação entre o comprimento total equivalente e o diâmetro da tubulação.

Usando a tabela abaixo e adotando:

S - Seção da tubulação

h_d - perda de carga

Quadro 3. Valores de C_d em função de L/D

L _{eq} /d (m)	C _d
300	0.33
200	0.39
100	0.47
90	0.49
80	0.52
70	0.54
60	0.56
50	0.58
40	0.64
30	0.70
20	0.73

POÇO DE ACUMULAÇÃO DE LODO

Poço longitudinal único por decantador

Ângulo de inclinação do poço

Altura poço

Altura livre do poço

Altura total do poço

Altura do eixo do tubo de entrada ao início das placas

Altura das placas

Altura da borda superior dos módulos e tubo de coleta

Altura livre do decantador

Volume do poço de lodos

Número poços / decantadores

Volume total para acumulação de lodo

Taxa de produção de lodo adotada

Volume de lodo produzido

4,0	unid.
60°	1,0472rad
1,04	m
0,30	m
1,34	m
0,30	m
0,87	m
0,55	m
0,18	m
7,41	m³
4,00	unid.
29,64	m³
1,00	ml/L
4,32	m³/d

Capacidade máxima de armazenamento de lodos

Frequência adotada de descarga de lodos

Volume de produção de lodos entre descargas

Duração da descarga

6,86	dias
24,00	h
4,32	m³
0,29	min

Tubo extrator de lodo

Distância entre tubos

Número de tubos

Diâmetro

Seção do tubo

Comprimento unitário da tubulação

Perda de carga equiv.

Curva 45° x 2 unid.

Entrada

saída canal

Comprimento total equiv.

1,80	m
2,0	unid.
200	mm
0,031	m²
2,80	m
2,60	m
1,00	m
0,200	m
1,40	m
5,40	m

Carga, H_{DL} :

Leq/D

C_d

Vazão por tubulação

Velocidade na tubulação

3,00	m
27,00	m
0,510	-
122,92	L/s
3,91	m/s

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO

CÁLCULO DIÂMETRO E ÁREA DO FILTRO

QUANT. FILTROS

4

VAZÃO DA ETA (Qf)

Q_f = 90,00 m³/h

TAXA DE APLICAÇÃO SUPERFICIAL (T_{as})

T_{as} = 240 m³/m². d

ÁREA DO FILTRO (A_f)

$$A_f = \frac{Q_f \times 24}{T_{as}} \quad A_f = 9,00 \quad m^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times \text{Área}}{\pi}} \quad D = \begin{array}{|c|c|} \hline 3,39 & m \\ \hline 3,50 & m \\ \hline \end{array}$$

ÁREA DO FILTRO RECALCULADA (A)

$$A = \frac{\pi \times D_{adot}^2}{4} \quad A = \begin{array}{|c|c|} \hline 9,62 & m^2 \\ \hline \end{array}$$

TAXA DE APLICAÇÃO SUPERFICIAL CORRIGIDA (T_{as} corr.)

$$T_{as \text{ corr.}} = \frac{Q_f \times 24}{A} \quad T_{as} = \begin{array}{|c|c|} \hline 224,50 & m^3/m^2.d \\ \hline \end{array}$$

CARACTERÍSTICAS DO MEIO FILTRANTE

LEITO FILTRANTE			
Espessura da camada (L)	1,0	m	
Tamanho dos grãos	0,6	2,0	mm
Tamanho efetivo - d10	0,84	mm	
Coefficiente de desuniformidade (Cd)	1,68		
Coefficiente de esfericidade (Ce)	0,7		
Massa específica (ρ _s)	2650	Kg/m ³	
Porosidade (P)	0,40	m	

Segundo Di Bernardo (2003), o leito terá essas características o lado.

CAMADA SUPORTE (PEDREGULHO)			
Espessura da camada (L)	0,55	m	
Tamanho dos grãos	3,2	38,0	mm
Coefficiente de esfericidade (Ce)	0,85		
Porosidade (P)	0,45	m	
Massa específica (ρ_s)	2650	Kg/m ³	

Usou-se a camada suporte ao lado, segundo Di Bernardo (2005).

SISTEMA DE LAVAGEM

CÁLCULO DA VELOCIDADE ASCENCIONAL DA ÁGUA

DADOS:

Tamanhos dos grãos $G = 0,6$

Tamanhos dos grãos em mm em tabela 2 mm

O DQE é a média geométrica dos valores extremos dos diâmetros

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{0,6 \times 1}{1000}}$$

$$D_{eq} = 0,001086278 \text{ m}$$

TEMPERATURA DA ÁGUA	T =	30	°C
PESO ESPECÍFICO	g =	9765	N/m ³
MASSA ESPECÍFICA	ρ_a =	995,7	Kg/m ³
VISCOSIDADE CINEMÁTICA	n =	0,0000008	m ² /s
VISCOSIDADE ABSOLUTA	μ =	0,000798	Ns/m ²
ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE	g =	9,81	m/s ²

As equações utilizadas para determinar a velocidade ascensional foram calculadas segundo Libânio (2008).

NÚMERO DE GALILEU

$$Ga = \frac{D_{eq}^3 \times \gamma \times (\rho_s - \rho_a) \times g}{\mu^2}$$

$$Ga = 32525,88$$

VELOCIDADE MINIMA DE FLUIDIZAÇÃO

$$V_{mf} = \left(\frac{\mu}{\rho_a \times D_{eq}} \right) \times [\sqrt{(33,7)^2 + 0,0408 \times Ga} - 33,7]$$

$$V_{mf} = \boxed{0,01 \text{ m/s}}$$

Multiplica-se por sessenta e temos a velocidade em m/min

$$V_{mf} = \boxed{0,71 \text{ m/min}}$$

$$V_a = 1 \text{ m/min}$$

Para descobrir a velocidade ascensional da água é necessário dividir por 60

VELOCIDADE ASCENCIONAL DA

$$V_a = \boxed{0,0167 \text{ m/s}}$$

$$\boxed{0,0167 \text{ m/s}}$$

EXPANSÃO DO MEIO FILTRANTE DURANTE A LAVAGEM

Cálculo de expansão do meio filtrante durante a lavagem segundo o método utilizado por Libânio (2008).
OBS. Equações usadas na planilha abaixo.

DADOS:

VELOCIDADE INTERTICIAL

$$V_i = 0,0167 \text{ m/s}$$

Vi é igual a velocidade ascensional

FÓRMULAS UTILIZADAS NA TABELA ABAIXO

Diâmetro Equivalente (d_{eqi})	$Deqi \sqrt{D_{sup} \times D_{inf}}$
Fração em peso de cada subcamada (i) do meio filtrante entre duas peneiras consecutivas	$X_i = \frac{L_i}{\sum L}$
Número de Galileu (Ga)	$Ga = \frac{Deq^3 \times \gamma \times (\rho_s - \rho_a) \times g}{\mu^2}$
Reynolds Modificado (Rem)	$Rem = \frac{C \times dep \times Vi}{6 \times v \times (1 - Pe)}$
Velocidade mínima de fluidização (V_{mf})	$V_{mf} = \left(\frac{\mu}{\rho_a \times Deq} \right) \times \left[\sqrt{(33,7)^2 + 0,0408 \times Ga} - 33,7 \right]$
Equação modelo *	$A = \frac{Pe^3}{(1 - Pe)^2} \times \left(\frac{\gamma \cdot (\rho_g - \rho) \times Ce^3 \times Deq^3}{216 \times \mu^2} \right)$

*O modelo apresentado pela equação abaixo, é válido para $Rem > 0,2$, para porosidade $< 0,85$ quando $Rem < 100$ e inferior a 0,90 quando $Rem > 100$:

TABELA 1. Iterações para cálculo de expansão durante a lavagem

$$\log A = 0,56543 + 1,09348 \log Rem + 0,17979 (\log Rem)^2 - 0,000392 (\log Rem)^4 - 1,5 (\log Ce)^2$$

Subcamada	L (m)	d _{sup} (m)	d _{inf} (m)	x _i	d _{eqi} (m)	G _a	V _{mf} (m/s)	P _{ei}	x _i /(1- P _{ei})	Re _m	A	Meta*
1	0,17	0,00071	0,00059	0,11	0,0006	6878	0,005	0,62	0,28	4,17	18,9	0,00
2	0,10	0,00084	0,00071	0,06	0,0008	11684	0,007	0,58	0,15	4,45	20,5	0,00
3	0,32	0,00100	0,00084	0,20	0,0009	19530	0,009	0,54	0,43	4,80	22,7	0,00
4	0,28	0,00119	0,00100	0,18	0,0011	32931	0,012	0,50	0,35	5,26	25,7	0,00
5	0,30	0,00141	0,00119	0,19	0,0013	55135	0,015	0,46	0,35	5,81	29,3	0,00
6	0,18	0,00168	0,00141	0,11	0,0015	92485	0,019	0,42	0,20	6,47	34,0	0,00
7	0,25	0,00200	0,00168	0,16	0,0018	156239	0,023	0,39	0,26	7,28	40,1	0,00
Total	1,60		Total	1,00				Total	2,01			

DETERMINAÇÃO PE (POROSIDADE DO MEIO FILTRANTE EXPANDIDO)

$$Pe = 1 - \frac{1}{\sum \frac{x_i}{(1 - Pa)}}$$

$$Pe = 0,50$$

EXPANSÃO DO MEIO FILTRANTE (E)

$$E (\%) = \frac{Pfe - Pfo}{1 - Pfo} \times 100$$

$$E = 20,82 \%$$

ALTURA DO MEIO FILTRANTE EXPANDIDO (Le)

$$Lfe = Lfo \times \frac{(1 - Po)}{(1 - Pe)}$$

$$Le = 1,93 \text{ m}$$

META*: Artifício do programa EXCEL para realizar iterações. Iterações essas necessárias para o cálculo de expansão.

COLETA DE ÁGUA DE LAVAGEM E FILTRADA (CALHA DE COLETA)

VAZÃO DE LAVAGEM PARA O FILTRO (Qlf)

$$Q = Va \times A$$

Cálculo da calha de coleta de água de lavagem e filtrada segue segundo Richter (1995).

$$Qlf = 0,1604 \text{ m}^3/\text{s}$$

multiplica-se por 3600 e tem o valor em M³/h

$$Qlf = 577,27 \text{ m}^3/\text{h}$$

DIMENSIONAMENTO DA CALHA DO FILTRO

LARGURA ÚTIL (b)

$$b = 0,30 \text{ m Adotado}$$

ALTURA MÁXIMA DA ÁGUA (H)

$$H = \sqrt[3]{\left(\frac{Q}{1,3xb}\right)^2}$$

$$H = 0,55 \text{ m}$$

$$H_{adot} = 0,60 \text{ m}$$

CÁLCULO DA PERDA DE CARGA DURANTE A LAVAGEM

PERDA DE CARGA NO LEITO (AREIA)

$$\frac{H}{L} = \frac{(1 - Po)(\rho_s - \rho_a)}{\rho_a}$$

$$h_f = 1,59 \text{ m}$$

PERDA DE CARGA NA CAMADA SUPORTE

Usa a mesma formula, do Viana (2012) usada anteriormente para o mesmo cálculo

$$\frac{H}{L} = \frac{(1 - Po)(\rho_s - \rho_a)}{\rho_a}$$

$$h_f = 0,50 \text{ m}$$

PERDA DE CARGA NO SISTEMA DE DRENAGEM

Número de vigas por filtro N_v	4
Espaçamento entre os orifícios X_o (m)	0,19
Número de orifícios N_o	165
Diâmetro de cada orifício D_o (pol.)	0,75
Diâmetro de cada orifício D_o (m)	0,02
Área de cada orifício A_o (m ²)	0
Vazão em cada orifício Q_o (m ³ /s)	0
Velocidade de passagem pelo orifício V_o (m/s)	1,45
Coefficiente de descarga C_d	0,61

$$H_f = \frac{\left(\frac{q_o}{C_d \times A}\right)^2}{2 \times g}$$

$$H_f = 0,29 \text{ m}$$

PERDA DE CARGA NAS PEÇAS E TUBULAÇÕES

Perdas de Carga na Tubulação de Sucção

Dimensionamento das tubulações

Velocidades máximas			Diâmetros			Velocidades		
$V_{la,máx} =$	3,60	m/s	$D_{la} =$	300	mm	$V_{la} =$	2,27	m/s
$V_{le,máx} =$	1,80	m/s	$D_{le} =$	350	mm	$V_{le} =$	1,67	m/s

$$\text{Diâmetro Adot. } d_{adot} = 0,35 \text{ m}$$

Setor de Licitação
1113
Piedade Nova - CE

Sucção			
Acessório	Comprimento equivalente (m)		
Válvula de pé e crivo	265 D	92,8	m
Curva 90° R/D = 1,5	12,8 D	4,48	m
Entrada	14,7D	5,15	m
Tê de passagem direta	21,8D	7,63	m
Comp. Real	3	3	m
Comp. Total (L _s)			113 m

COEFICIENTE DE RUGOSIDADE (ε)- MATERIAL PVC

$$\varepsilon = 0,1 \text{ mm}$$

$$Re = \frac{4 \times Q}{\pi \times d \times v}$$

$$Re = 725538,9718$$

$$f = \frac{0,25}{\left(\log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d} \right) + \left(\frac{5,74}{Re^{0,9}} \right)^2 \right)^2}$$

$$f = 0,00990428$$

$$J_s = \frac{8 \times f \times Q^2}{8 \times \pi^2 \times D^5}$$

$$J_s = 0,004006628$$

Portanto, a perda de carga total na sucção será:

$$\Delta H_s = J_s \times L_s$$

$$\Delta H_s = 0,452768952$$

Perda de Carga na Tubulação de Recalque

$$\text{Diâmetro Adot. } d_{\text{adot}} = 0,35 \text{ m}$$

Recalque						
Acessório	Comprimento equivalente (m)			Acessório	Comprimento equivalente (m)	
Saída			m	Registro de gaveta aberto	7D	2,45 m
curva 90° R/D = 1	17,5D	6,13	m			
Tê passagem direta	21,8D	7,63	m			
Comp. Real		0	m	Comp. Total (L _s)	16,21	m

Usando as mesmas equações da sucção, podemos calcular a perda de carga no recalque.

$$Re = \frac{4 \times Q}{\pi \times d \times v}$$

$$Re = 725538,9718$$

$$f = \frac{0,25}{\left(\log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d} \right) + \left(\frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right)^2}$$

$$f = 0,00990428$$

$$Jr = \frac{8 \times f \times Q^2}{8 \times \pi^2 \times D^5}$$

$$Jr = 0,004006628$$

$$\Delta Hr = Jr \times Lr$$

$$\Delta H_r = 0,0649274$$

CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA (H_m)

ALTURA GEOMÉTRICA

$$H_g = 7 \text{ m}$$

SOMATÓRIO DAS PERDAS DE CARGA

$$\Sigma \Delta H = 2,90 \text{ m}$$

ALTURA MANOMÉTRICA

$$H_m = H_g + \Sigma \Delta H$$

$$H_m = 9,90 \text{ m}$$

DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO BOMBA PARA LAVAGEM DO FILTRO

Vazão de lavagem m³/h

577,27 160,35 l/s

$\eta = 0,65$ fator de potência do motor

$$P = \frac{Q_{lavagem} \times H_{mt}}{75 \times \eta}$$

$$P = \frac{10\% \text{ geral}}{32,57 \text{ CV}}$$

$$P = \frac{35,83 \text{ cv}}{\text{Padotada}} = 40,0 \text{ cv}$$

Para a seleção da bomba de lavagem do filtro, são indicados os parâmetros vazão (Q) e altura manométrica (H_m).

SISTEMA DE FILTRAÇÃO

PERDA DE CARGA DURANTE A FILTRAÇÃO

DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO DAS TUBULAÇÕES

Perdas de Carga na Tubulação de Sucção

Velocidades máximas			Diâmetros			Velocidades		
$V_{fz,máx} =$	0,60	m/s	$D_{f,a} =$	250	mm	$V_{fz} =$	0,51	m/s
$V_{fe,máx} =$	1,25	m/s	$D_{f,e} =$	250	mm	$V_{fe} =$	0,51	m/s

Diâmetro Adot. $d_{adot} = 0,25$ m (sucção)

Recalque							
Acessório	Comprimento equivalente (m)			Acessório	Comprimento equivalente (m)	1,75	m
Saída			m	Registro de gaveta aberto	7D		
curva 90° R/D =1	17,5D	4,375	m				
Tê passagem direta	21,8D	5,45	m			11,575	m
Comp. Real			m	Comp. Total (L_s)			

Usando as mesmas equações da sucção, podemos calcular a perda de carga no recalque.

$$Re = \frac{4 \times Q}{\pi \times d \times v}$$

$$Re = 1015754,561$$

$$f = \frac{0,25}{\left(\log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d} \right) + \left(\frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right)^2}$$

$$f = 0,009352307$$

$$J_r = \frac{8 \times f \times Q^2}{8 \times \pi^2 \times D^5}$$

$$J_r = 0,020347684$$

$$\Delta H_r = J_r \times L_r$$

$$\Delta H_r =$$

$$0,235524444$$

PERDA DE CARGA NO SISTEMA DE DRENAGEM

Número de vigas por filtro N_v	4
Espaçamento entre os orifícios X_o (m)	0,19
Número de orifícios N_o	165
Diâmetro de cada orifício D_o (pol.)	0,75
Diâmetro de cada orifício D_o (m)	0,02
Área de cada orifício A_o (m²)	0
Vazão em cada orifício Q_o (m³/s)	0
Velocidade de passagem pelo orifício V_o (m/s)	0,1
Coefficiente de descarga C_d	0,61

$$H_f = \frac{\left(\frac{q_0}{C d x A}\right)^2}{2 x g}$$

$$h_f = 0,00122936 \text{ m}$$

PERDA DE CARGA NO LEITO (AREIA)

CÁLCULO VELOCIDADE DE FILTRAÇÃO

$$V_f = \frac{Q_f}{A_f}$$

$$V_f = 0,0025984 \text{ m/s}$$

Subcamada	L (m)	d _{sup} (m)	d _{inf} (m)	x _i	d _{eqi} (m)	x _i /d _{eqi}
1	0,73900	0,00119	0,00100	0,46	0,0011	424,20
2	0,39000	0,00141	0,00119	0,24	0,0013	188,53
3	0,31200	0,00168	0,00141	0,20	0,0015	126,94
4	0,07800	0,00200	0,00168	0,05	0,0018	26,65
5	0,07800	0,00240	0,00200	0,05	0,0022	22,29
Total	1,60		Total	1,00	Total	788,60

$$\frac{H_f}{L_f} = \frac{180 \cdot \mu \cdot V L \cdot (1-P)^2}{\gamma \cdot P^3 \cdot C_e^2} \sum \frac{X_i}{(D_{eqi})^2}$$

$$h_f = 0,081 \text{ m}$$

PERDA DE CARGA NA CAMADA SUPORTE

Subcamada	L (m)	d _{sup} (m)	d _{inf} (m)	x _i	d _{eqi} (m)	x _i /d _{eqi}
1	0,15	0,0381	0,0254	0,27	0,031	8,77
2	0,1	0,0254	0,0190	0,18	0,022	8,28
3	0,1	0,0190	0,0127	0,18	0,016	11,70
4	0,1	0,0127	0,0064	0,18	0,009	20,17
5	0,1	0,0064	0,0032	0,18	0,005	40,18
Total	0,55		Total	1,00	Total	89,09

$$\frac{H_f}{L_f} = \frac{180 \cdot \mu \cdot V L \cdot (1-P)^2}{\gamma \cdot P^3 \cdot C_e^2} \sum \frac{X_i}{(D_{eqi})^2}$$

$$h_f = 0,000114 \text{ m}$$

PERDA DE CARGA NO VERTEDOR DE SAÍDA EM CAIXA INDIVIDUAL

ALTURA DA LÂMINA LÍQUIDA (h_f)

$$h_f = \left[\frac{Q}{1,84 \times B} \right]^{2/3}$$

$$h_f = 0,44 \text{ m}$$

PERDA DE CARGA TOTAL (H_T)

$$H_T = 0,521593 \text{ m}$$

Para lavagem do filtro adotaremos o tempo de lavagem de 10 minutos conforme sugerido, resultando

DIMENSIONAMENTO DO RESERVATORIO APOIADO (R.A.P)

QI= Vazão de lavagem

577,27 m³/h

t=

10 min

1H=

60 min

$$V \text{ R.A.P} = \frac{QI}{60} \times 10$$

$$V \text{ R.A.P} = 96,2 \text{ m}^3$$

$$V. \text{ NECESSARIO PARA RETROLAVAGEM} = 100,0 \text{ m}^3$$

Diâmetro comercial filtro	3,5	m
Altura do filtro	3,6	m
Altura da camada suporte	0,55	m
Altura da camada leito filtrante	1,6	m
Diâmetro sucção de lavagem	300	mm
Diâmetro Recalque de lavagem	350	mm
Diâmetro sucção de Adução	250	mm
Diâmetro saída do filtro	250	mm
Calha coleta água de lavagem	0,1 h x 0,2	m
Vazão de lavagem filtro	577,27	m ³ /h
Potência do conjunto moto bomba lavagem	40,0	Cv

LUCAS NOGUEIRA
DE
ANDRADE:6043271
2305

Assinado de forma digital
por LUCAS NOGUEIRA DE
ANDRADE:60432712305
Dados: 2025.09.29
15:55:53 -03'00'



O hipoclorito de sódio é fornecido em forma de solução com 10 % de cloro ativo. Tem estabilidade por aproximadamente 1 mês, e se decompõe sob a ação da luz e do calor, motivo pelo qual é menos empregado.

8.1.10.3 Eficiência da desinfecção

Entre os fatores que influem na eficiência da desinfecção e, conseqüentemente, no tipo de tratamento que será empregado, se encontram:

- Espécie e concentração do organismo a ser destruído;
- Espécie e concentração do desinfetante;
- Tempo de contato;
- Características químicas e físicas da água;
- Grau de dispersão do desinfetante na água.

A morte de organismos, causada por certo desinfetante, havendo-se fixado os outros fatores, é proporcional à concentração do desinfetante e ao tempo de reação. Deste modo, se pode trabalhar com altas concentrações e curto tempo ou baixas concentrações e tempo prolongado.

8.1.10.4 Preparo e aplicação de suspensão de hipoclorito de cálcio

A concentração usual para as suspensões de hipoclorito de cálcio é de 10%.

- Kits de dosagem
 - Tanque em PRFV com volume suficiente para armazenamento da suspensão;
 - Misturador da suspensão (no caso realizado por soprador);
 - Bomba dosadora tipo diafragma.

Os tanques destinados ao preparo das suspensões devem ter volume suficiente para um dia de consumo. São recomendáveis dois tanques, pois enquanto em um deles está sendo preparada nova suspensão, o outro fica dosando até esvaziar.

As saídas das suspensões devem situar-se 10 cm acima do fundo do tanque, a fim de evitar o carregamento das impurezas sedimentadas.

- **Preparação da Suspensão**

Para suspensão a 10%, para cada 100 litros de água deverão ser utilizados 10 kg de hipoclorito de cálcio.

No método a seguir, explica-se o preparo da suspensão para um tanque de 100 litros de capacidade:

- Colocam-se 10 kg (10% de 100 litros) de hipoclorito de cálcio no cocho crivado do tanque de dissolução;



- ▶ Abre-se o registro de alimentação de água, até completar o volume de 100 litros;
- ▶ Fecha-se o registro de alimentação d'água e liga-se o soprador, mantendo-o em funcionamento até perfeita homogeneização;
- ▶ Enquanto a suspensão preparada estiver em uso, o soprador deverá permanecer ligado, a fim de evitar sedimentação do produto;
- ▶ A suspensão está pronta para uso;
- ▶ Liga-se a bomba dosadora e ajusta-se à vazão requerida.

▪ **Dosagem e Vazão da Suspensão**

A dosagem da suspensão deverá ser determinada em laboratório, de tal forma a obter o percentual de cloro residual na saída da Estação de Tratamento especificada pela operação, em geral de 2,0 mg/L.

Por exemplo, sejam as seguintes condições:

- ▶ Vazão de água a tratar = 50 L/s;
- ▶ Dosagem de hipoclorito recomendada = 5 mg/L;
- ▶ Concentração da suspensão no tanque de preparação = 10% (100.000 mg/L).
- ▶ A vazão da suspensão q (L/h), na saída da bomba dosadora, será de:

$$q = \frac{Q \cdot D \cdot 0,36}{C}$$

Onde:

- ✓ Q = Vazão de água a tratar (L/s);
- ✓ D = Dosagem de hipoclorito (mg/L);
- ✓ C = Concentração da solução no tanque de preparo (%);

▪ **Cuidados na operação**

O operador deve estar atento ao desligamento da bomba quando o tanque em operação estiver próximo a esvaziar, para evitar que a bomba trabalhe sem líquido, o que iria danificá-la.

8.1.10.5 Procedimentos de Segurança de Operação

8.1.10.6 Segurança do Trabalho

O SAAE, operadora da ETA, deverá elaborar e implantar orientações básicas para a segurança na execução dos serviços, com respaldo das normas de Segurança do Trabalho. Os procedimentos mínimos a implantar são:



- Obrigatoriedade de uso de equipamentos de segurança individuais e coletivos;
- Posições de segurança para a execução de determinadas tarefas como manobras de válvulas, levantamento de pesos, etc.;
- Procedimentos para a manipulação de produtos químicos;
- Primeiros auxílios para afogamentos, intoxicação com produtos químicos e acidentes com eletricidade.

8.1.10.7 Segurança Industrial Geral

- Todos os equipamentos deverão ter linha a terra;
- Quando existam subestações transformadoras de energia elétrica e cabines primárias, todas as partes metálicas e não destinadas à
- condução de energia elétrica devem ter linha a terra;
- Qualquer interrupção dos circuitos de terra deverá ser comunicada para sua rápida correção;
- Não poderá faltar na ETA elementos de segurança individual como: luvas, botas, abrigos e máscaras contra gases;
- É recomendável existir na ETA um lava-olhos e uma máscara autônoma com cilindro de oxigênio;
- Deverão ser elaboradas instruções de combate a incêndios, especificando o uso correto dos extintores em cada tipo de situação, equipamento ou instalação.

8.1.10.8 Acidentes com Produtos Químicos

O SAAE deve desenvolver um Manual de Orientação de Gestão para Prevenção, Preparação e Resposta a Acidentes com Produtos Químicos para atender a SEMACE e com a finalidade de dar subsídios aos trabalhadores de ETA para uma melhor gestão dos riscos químicos.

Este Manual de Orientação de Gestão para Prevenção, Preparação e Resposta a Acidentes com Produtos Químicos deve conter informações que os trabalhadores devem conhecer sobre o desenvolvimento organizacional e as estruturas necessárias à formação de estratégias para prevenir e combater acidentes com produtos químicos. Deve demonstrar, também, os passos essenciais para o planejamento e os contatos necessários entre instituições e SAAE. Com esses dados, podem ser desencadeadas ações conjuntas para prevenção, preparação e resposta a acidentes com produtos químicos, otimizando os recursos materiais e humanos disponíveis com eficiência e eficácia, minimizando os riscos e reduzindo as consequências desses episódios.



O Manual de Orientação de Gestão para Prevenção, Preparação e Resposta a Acidentes com Produtos Químicos, deve elaborar planos de trabalho, destinadas a promover a integração entre os responsáveis pela atuação conjunta entre os trabalhadores da ETA e a comunidade.

Sua metodologia deve orientar a elaboração de estratégias organizacionais de gestão e operação que permitem acompanhar as atividades da ETA, a fim de que a chefia do SAAE possa ter condições de atender às demandas da sociedade, prevenindo, preparando e respondendo a acidentes com produtos químicos.

8.1.10.9 Procedimentos com Acidentes com Cloro Líquido

Se os olhos forem alcançados com cloro líquido, deverão ser lavados durante quinze minutos com abundância de água da torneira mais próxima (se possível, um lava-olhos);

Tomar cuidado em manter as pupilas abertas durante a lavagem, para assegurar que todo o cloro que entrou seja retirado. Em seguida, procurar um médico. Não aplicar colírios, óleos ou pomadas nos olhos sem que sejam prescritos por este;

Se a pele for alcançada por cloro líquido, lavá-la com água e sabão durante quinze minutos. Em seguida procurar um médico para que seja prescrito um creme ou pomada;

Se o cloro líquido penetra na boca, deve ser feito enxágues com água da torneira mais próxima durante quinze minutos, trocando a água pelo menos 10 vezes por minuto.

8.1.10.10 Procedimentos de Manutenção de Equipamentos e Estruturas

Os componentes físicos de uma ETA são tanques metálicos ou de fibra, tubulações, válvulas, registros, bombas, motores, painéis e equipamentos elétricos, entre outros, além das estruturas de concreto.

Os diversos procedimentos descritos para a operação de uma ETA abordam os principais cuidados com a manutenção dos equipamentos, assim como dos processos.

A limpeza dos equipamentos deverá fazer-se com cuidado, recordando desativar as partes elétricas e bloquear o painel elétrico.

A manutenção deverá definir-se de comum acordo com a equipe de trabalho e ser executado por um ajudante de operação, orientado pelo operador da ETA.



Capítulo 9 – Especificações técnicas

9.1 Generalidades

As especificações contidas neste relatório se destinam a regulamentar as obras de abastecimento de água no município de Morada Nova no estado do Ceará.

As especificações são de caráter abrangente, devendo ser admitidas como válidas para quaisquer umas das obras integrantes do sistema, no que for aplicável a cada uma delas.

9.2 Termos E Definições

CONSULTOR / FISCALIZAÇÃO – Pessoa, pessoas, firmas ou associação de firmas (consórcio) designadas, fiscalização, consultoria e assessoramento técnico e gerencial da obra, nos termos do contrato, de que tratam estas especificações. **CONSTRUTOR** - Pessoa, pessoas, firmas ou associação de firmas (consórcio) que subscreveram o contrato para execução e fornecimento de todos os trabalhos, materiais e equipamentos permanentes, a que se refere esta especificação. **CONTRATO** - Documento assinado pela prefeitura de Morada Nova, pelo construtor e / ou consultor, de acordo com a legislação em vigor, e que define as obrigações de ambas as partes, com relação a elaboração do projeto, fiscalização, consultoria, assessoramento técnico e gerencial da obra e execução das obras a que se referem este contrato.

RESIDENTE DO CONSTRUTOR - O representante credenciado do construtor, com função executiva no canteiro das obras, durante todo o decorrer dos trabalhos e autorizada a receber e cumprir as decisões da fiscalização.

ESPECIFICAÇÕES - As instruções, diretrizes, exigências, métodos e disposições detalhadas quanto a maneira de execução dos trabalhos.

CAUSAS IMPREVISÍVEIS - São cataclismos, tais como inundações, incêndios e transformações geológicas bruscas, de grande amplitude; desastres e perturbações graves na ordem social, tais como motins e epidemias.

DIAS - Dias corridos do calendário, exceto se explicitamente indicado de outra maneira.

FORNECEDOR - Pessoa física ou jurídica fornecedora dos equipamentos, aparelhos e materiais a serem adquiridos pela ASSOCIAÇÃO.

RELAÇÕES DE QUANTIDADE E LISTAS DE MATERIAL - Relações detalhadas, com as respectivas quantidades, de todos os serviços, materiais e equipamentos necessários à implantação do projeto.



ORDEM DE EXECUÇÃO DE SERVIÇOS - Determinações contidas nos contratos, para início e execução de serviços contratuais, emitidas pelo consultor / fiscalização. *MA3*

DESENHOS - Todas as plantas, perfis, seções, vistas, perspectivas, esquemas, diagramas ou reproduções que indiquem as características, dimensões e disposições das obras a executar.

CRONOGRAMA - Organização e distribuição dos diversos prazos para execução das Obras e que será proposto pelo Concorrente e submetido à aprovação da prefeitura de Morada Nova / FISCALIZAÇÃO.

CONCORRENTE - Pessoa física ou jurídica que apresentam propostas à concorrência para execução das obras.

OBRAS - Conjunto de estruturas de caráter permanente que o Construtor terá de executar de acordo com o Contrato.

DOCUMENTO DO CONTRATO - Conjunto de todos os documentos que definem e regulamentam a execução das obras, compreendendo os editais de concorrência, especificações, o projeto executivo, a proposta do Construtor, o cronograma ou quaisquer outros documentos suplementares que se façam.

Necessários à execução das obras de acordo com as presentes especificações e as condições contratuais.

PROJETO TÉCNICO - Todos os desenhos de detalhamento de obras civis a executar e instalações que serão fornecidos ao Construtor em tempo hábil a lhe permitir o ataque dos serviços.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Compreende as Normas (NB), Especificações (EB), Métodos (MB) e as Padronizações Brasileiras (PB).

ASTM - American Society for Testing and Materials

AWG - American wire Gage

BWG - British Wire Gage

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagens

DER - Departamento Estadual de Rodovias.

9.1 Descrição Dos Trabalhos e Responsabilidades

9.1.1 Generalidades

Em qualquer uma das etapas da implantação das etapas do projeto e das obras, indica-se o envolvimento da ASSOCIAÇÃO, pelo Consultor/Fiscalização e pelo Construtor (empresa ganhadora da licitação). Estas atribuições são descritas e definidas em contrato.



9.1.1.1 Encargos E Responsabilidades

Os Encargos e Responsabilidades são aqueles contidos nos contratos de serviços.

9.1.1.2 Encargos E Responsabilidades Do Consultor / Fiscalização

A fiscalização terá sob seus cuidados tantos encargos técnicos como administrativos que deverão ser desempenhados de maneira rápida e diligente.

9.1.1.3 Encargos Administrativos

Consultor como órgão fiscalizador e supervisor das obras, deverão exigir o fiel cumprimento do contrato e seus aditivos pelo construtor e fornecedores, devendo para tanto receber autorização da prefeitura municipal de Morada Nova, para execução destes serviços.

Verificar o fiel cumprimento pelo construtor das obrigações legais e sociais, das disciplinas nas obras, da segurança dos trabalhadores e do público e de outras medidas necessárias a boa administração desta.

Verificar as medições e encaminhá-las para a aprovação da prefeitura de Morada Nova, devendo para tanto, elaborar relatórios e planilhas de medição.

9.1.1.4 Encargos Técnicos

Zelar pela fiel execução do projeto, como pleno atendimento às especificações explícitas e/ou implícitas.

Controlar a qualidade dos materiais utilizados e dos serviços executados, rejeitando aqueles julgados não satisfatórios,

Assistir ao construtor na escolha dos métodos executivos mais adequados, para melhor qualidade e economia das obras.

Exigir do construtor a modificação de técnicas de execução inadequadas e a recomposição dos serviços não satisfatórios.

Revisar quando necessário, o projeto e as disposições técnicas adaptando-os às situações específicas do local e momento.

Executar todos os ensaios necessários ao controle de construção das obras e interpretá-los devidamente.

Dirimir as eventuais omissões e discrepâncias dos desenhos e especificações.

Verificar a adequabilidade dos recursos empregados pelo construtor quanto à produtividade, exigindo deste acréscimo e melhorias necessárias à execução dos serviços dentro dos prazos previstos.



ENCARGOS E RESPONSABILIDADES DO CONSTRUTOR (Empresa Ganhadora da Licitação)

Os encargos e responsabilidades do construtor serão aqueles que se encontram descritos a seguir.

9.1.1.5 Conhecimento Das Obras

O construtor deve estar plenamente ciente de tudo o que se relaciona com a natureza e localização das obras, suas condições gerais e locais e tudo o mais que possa influir sobre estas. Sua execução, conservação e custo, especialmente no que diz respeito a transporte, aquisição, manuseio e armazenamento de materiais; disponibilidade de mão-de-obra, água e energia elétrica; vias de comunicação; instabilidade e variações meteorológicas; vazões dos cursos d'água e suas flutuações de nível; conformação e condições do terreno; tipo dos equipamentos necessários; facilidades requeridas antes ou durante as execuções das obras; e outros assuntos a respeito dos quais seja possível obter informações e que possam de qualquer forma interferir na execução, conservação e no custo das obras controladas.

O construtor deve estar plenamente ciente de tudo o que se relaciona com os tipos, qualidades e quantidades dos materiais que se encontram na superfície do solo e subsolo, até o ponto em que essa informação possa ser obtida por meio de reconhecimento e investigação dos locais das obras.

De modo a facilitar o conhecimento das obras a serem construídos, todos os relatórios que compõem o projeto se encontrarão a disposição do construtor. Entretanto em nenhum caso serão concedidos reajustes de quaisquer tipos ou ressarcimentos que sejam alegados pelo construtor tomando por base o desconhecimento parcial ou total das obras a executar.

9.1.1.6 Instalação E Manutenção Do Canteiro De Obras, Acampamentos E Estradas De Serviço E Operação. (Não Indicado Ou Contabilizado Em Planilha Orçamentaria)

Caberá ao construtor, de acordo com os cronogramas físicos de implantação, a execução de todos os serviços relacionados com a construção e manutenção de todas as instalações do canteiro de obras, de alojamentos, depósitos, escritórios e outras obras indispensáveis a realização dos trabalhos. Ainda a seu encargo ficará a construção e conservação das estradas necessárias ao acesso e a exploração de empréstimos e de quaisquer outras estradas de serviços que se façam necessárias, assim como a conservação ou melhoramento das estradas já existentes.



Todos os canteiros e instalações deverão dispor de suficientes recursos materiais e técnicos, inclusive pessoal especializado, visando poder prestar assistência rápida e eficiente ao seu equipamento, de modo a não ficar prejudicado o bom andamento dos serviços. Além disso, todos os canteiros e equipamentos deverão permanecer em perfeitas condições de asseio e, após a conclusão dos trabalhos, deverão ser removidas todas as instalações, sucatas e detritos de modo a restabelecer o bom aspecto local.

As instalações do canteiro e métodos a serem empregados deverão ser submetidos a aprovação da fiscalização, cabendo ao construtor o transporte, montagem e desmontagem de todos os equipamentos, máquinas e ferramentas bem como as despesas diretas e indiretas relacionadas com a colocação e retirada do canteiro, de todos os elementos necessários ao bom andamento dos serviços.

A aprovação da fiscalização relativa à organização e as instalações dos canteiros propostos pelo construtor não eximirá, este último em caso de algum fortuito, de todas as responsabilidades inerentes a perfeita realização das obras no tempo previsto.

9.1.1.7 Locação Das Obras

A locação das obras será encargo do construtor.

9.1.1.8 Execução Das Obras

A execução das obras será responsabilidade do construtor que deverá, entre outras, se encarregar das seguintes tarefas:

Fornecer todos os materiais, mão-de-obra e equipamentos necessários a execução dos serviços e seus acabamentos.

Controlar as águas durante a construção por meio de bombeamento ou quaisquer outras providências necessárias.

Construir todas as obras de acordo com estas especificações e projeto.

Adquirir, armazenar e colocar na obra todos os materiais necessários ao desenvolvimento dos trabalhos.

Adquirir e colocar na obra todos os materiais constantes das listas de material.

Permitir a inspeção e o controle por parte da fiscalização, de todos os serviços, materiais e equipamentos, em qualquer época e lugar, durante a construção das obras. Tais inspeções não isentam o construtor das obrigações contratuais e das responsabilidades legais, dos termos do artigo 1245 do código civil brasileiro.