

**MARCOS DELLA NINA GAMBI
THALES GUILLERMO DE ARAÚJO COSTA OTHÓN**

**Sistema estrutural de controle de cargas difusas para
proteção dos lagos do Parque Estadual Alberto Löfgren –
microrregião do córrego Pedra Branca**

Projeto de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, no âmbito do Curso de
Engenharia Ambiental

São Paulo
2013

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é resultado de um esforço cooperativo e interativo entre a equipe, professores e pesquisadores. Gostaríamos, inicialmente, de agradecer ao nosso orientador Prof. Dr. Arisvaldo Mello Jr., que com muita dedicação, paciência, preocupação e profissionalismo nos apoiou para que pudéssemos concluir este trabalho.

Agradecemos ainda:

- À Prof. Dra. Katia Mazzei, a quem somos muito gratos, tanto pelo incentivo e suporte, quanto pela presença na banca examinadora. Juntos, os dois professores propiciaram uma experiência singular, na qual pudemos entrar em contato com o objeto de estudo (Parque Estadual Alberto Löfgren - PEAL) antes mesmo de definir o objetivo do projeto. Esse diferencial agregou muito valor ao trabalho, pois nos foi apresentado inicialmente um ambiente com uma gama de questões passíveis de serem estudadas. Além de envolver os recursos hídricos do PEAL, as possibilidades iniciais passavam pelos temas de remediação de áreas contaminadas, gestão de resíduos sólidos, manejo de árvores invasoras, entre outros. Foi só no contato com a realidade local que pudemos especificar o problema a ser estudado e propor alternativas adequadas, aproveitando ao máximo os conhecimentos adquiridos no curso.

- Ao funcionário Nelson Ferreira da Silva, pela paciência e disposição de nos receber e fornecer as informações necessárias.

- À professora e orientadora geral dos projetos de formatura, Prof. Dra. Dione Mari Morita, pela ajuda e atenção, além do acompanhamento contínuo de nossas atividades.

- Ao pesquisador da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) Luiz Fernando Orsini Yazaki, por nos ter apoiado, inclusive fazendo parte da banca examinadora.

- Ao professor Prof. Dr. Podalyro Amaral de Souza, por nos ter auxiliado com os cálculos hidráulicos.

- À equipe da Seção de Sustentabilidade de Recursos Florestais (SSRF) e aos engenheiros Marcos Tadeu Pereira e Márcio Nunes do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), por nos terem apoiado durante a elaboração desse projeto.

Por fim, agradecemos ao Prof. Dr. Mario Thadeu Leme de Barros pela sua análise crítica e conselhos durante a participação na primeira banca examinadora.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO	1
1.2 JUSTIFICATIVA.....	1
1.3 O PARQUE ESTADUAL ALBERTO LÖFGREN	2
1.4 OS LAGOS	2
1.5 LOCALIZAÇÃO DA MICROBACIA DO CÓRREGO PEDRA BRANCA	3
2. LEVANTAMENTO DE TRABALHOS E ESTUDOS PRÉVIOS	4
2.1 MANEJO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO PEAL.....	4
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE FLOTAÇÃO E REMOÇÃO DE FLUTUANTES	6
2.3 MEDIDAS DE PREVENÇÃO À POLUIÇÃO - PROGRAMA CÓRREGO LIMPO 11	
2.4 DINÂMICA DA PRODUÇÃO E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS – DADOS DO ESTUDO DA BACIA DO RIO CABUÇU DE BAIXO	13
2.5 LEVANTAMENTO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	14
2.6 DADOS DE SERVIÇOS DE DESASSOREAMENTO.....	15
2.7 DADOS LEVANTADOS PELA BATIMETRIA.....	16
2.8 DINÂMICA DA PRODUÇÃO, TRANSPORTE E CONTROLE DA CARGA DIFUSA	18
2.9 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DE RETENÇÃO	19
2.10 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RESERVATÓRIO DE PRIMEIRA CHUVA21	
2.11 POLUIÇÃO HÍDRICA NA POLÍTICA URBANA – TRATAMENTO DE EFLUENTES NA RMSP	22
2.12 POLUIÇÃO HÍDRICA NA POLÍTICA URBANA - PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO PMSP	23
2.13 PROCESSOS DE SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO E DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL EM APP	24
3. ANÁLISE DOS DADOS EXISTENTES.....	28
3.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO CÓRREGO PEDRA BRANCA	28
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO PEAL.....	32
3.2.1 DADOS DE RELEVO NA MICROBACIA DO CÓRREGO PEDRA BRANCA	34
3.2.2 QUALIDADE DA ÁGUA	37
4. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	43
5. ALTERNATIVAS PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA	45
5.1 ALTERNATIVA 1	46
5.2 ALTERNATIVA 2	49
6. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS	50
6.1 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E DOS MÉRITOS PARA OS CRITÉRIOS	50
6.2 ESCOLHA DA SOLUÇÃO	54
7. ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO.....	55
7.1 PRÉ-DIMENSIONAMENTO.....	55
7.1.1 CONFIGURAÇÃO	55

7.1.2 PRÉ DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE ENTRADA	58
7.1.3 PRÉ DIMENSIONAMENTO DO EXTRAVASOR DE ALÍVIO.....	62
7.1.4 PRÉ DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO DE JUSANTE	63
7.1.5 PRÉ DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE LAVAGEM.....	64
7.1.6 SISTEMA DE GRADES	68
7.2 AVALIAÇÃO DO ARMAZENAMENTO DA CARGA DE PRIMEIRA CHUVA ...	69
7.3 BACIA DE RETENÇÃO	76
7.4 OPERAÇÃO DO SECCD.....	79
7.5 ESTIMATIVA DO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE PRIMEIRA CHUVA.....	81
7.6 MONITORAMENTO DO SECCD.....	82
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
8.1 SISTEMAS NÃO ESTRUTURAIS	83
8.2 CONDICIONANTES DA REPLICAÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURAL EM OUTROS PARQUES URBANOS	84
9. CONCLUSÃO.....	85
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

RESUMO EXECUTIVO

Os lagos do Parque Estadual Alberto Löfgren (PEAL), na microbacia do córrego Pedra Branca, recebem aporte excessivo de sedimentos e outras cargas difusas por haver grande porção da sua área de contribuição em zona urbana. A otimização do sistema de coleta de esgoto na região começou em 1992 e se intensificou a partir da criação do Programa Córrego Limpo da SABESP, em 2007. A companhia monitora a qualidade da água que chega ao PEAL, indicando mensalmente a ausência de uma concentração significativa de efluentes domésticos no córrego ($DBO_{5,20}$ abaixo da meta de 30 mg.L^{-1} do Programa). Entretanto, o histórico de degradação da qualidade da água do córrego Pedra Branca fez com que a SABESP assinasse, em 2001, um termo de cooperação técnica com o Instituto Florestal (IF) e a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA) para a construção de uma estação de flotação *in situ*.

A capacidade do tratamento foi concebida em 50 L.s^{-1} para mitigar os danos relativos principalmente ao aporte de esgotos domésticos no corpo hídrico. Desse modo, um evento chuvoso que gera vazão superior à capacidade de tratamento da estação, provoca a sua paralisação. Assim, fração importante da carga de lavagem não é tratada. Por outro lado, são despendidos recursos públicos para um serviço que já não está orientado para a origem do problema da poluição hídrica, pois a vazão de maior permanência deixou de ser a principal causa da contaminação, hoje proporcionada intermitentemente pela carga difusa transportada nos eventos de chuva. Os sedimentos transportados para os lagos fazem parte dessa carga intermitente. O impacto ambiental negativo do aporte excessivo é principalmente devido à degradação direta da qualidade da água dos lagos. O outro impacto atua de forma indireta na degradação da qualidade hídrica e é referente à remoção periódica do material sedimentado por meio de serviços de desassoreamento.

Considerando a definição do problema, o trabalho tem por objetivo realizar um projeto de concepção de um sistema estrutural de controle de cargas difusas (SECCD) para proteção dos lagos do PEAL. O sistema é formado pela estação de flotação e remoção de flutuantes da SABESP, associada a um reservatório de primeira chuva a montante, “fora de linha”, e a uma bacia de retenção a jusante, na área onde atualmente está localizado o Lago 1. A função do reservatório é armazenar a carga de lavagem dos eventos de chuva intensa, que implicam em vazões superiores à capacidade da estação de flotação e direcionar posteriormente para tratamento. Já a função da bacia de retenção é a de sedimentar parte da vazão sólida afluente, juntamente com a remoção de uma parcela dos poluentes de origem difusa adsorvidos nos sedimentos.

O SECCD é definido como Alternativa 1, sendo duas outras alternativas analisadas, avaliando-se o conjunto por meio do uso de critérios ambientais, técnicos, legais e administrativos e econômicos. A Alternativa 0 corresponde a não implantação das estruturas (reservatório de primeira chuva e bacia de retenção) e da desativação do tratamento de flotação. A Alternativa 2 também não conta com o tratamento *in situ*, mas nesse caso a vazão de saída do reservatório de primeira chuva é encaminhada para a rede coletora de esgoto (tratamento da ETE Barueri), sendo o excedente tratado na bacia de retenção, como na Alternativa 1.

Por meio da adoção de 13 subcritérios para análise, a Alternativa 1 foi escolhida com 37% dos pontos, sendo especificada a partir do pré-dimensionamento do reservatório de primeira chuva. Além da configuração básica, o projeto inclui o sistema de lavagem do reservatório e as estruturas associadas (descarregadores, condutos e válvula). A estimativa de custo foi feita somente para a implantação do reservatório de primeira chuva e das estruturas associadas, resultando em uma quantia de R\$ 68.915,78. Para avaliar o desempenho do reservatório, foram utilizados dados de precipitação de uma área próxima para a obtenção de hidrogramas de diferentes períodos de retorno a partir do modelo ABC6. Para tanto, foi necessária a caracterização hidrológica da microbacia.

São indicadas as variáveis envolvidas no pré-dimensionamento da bacia de retenção, além de terem sido apontadas as medidas necessárias para operação das estruturas e monitoramento. Além disso, a área para construção do reservatório é indicada. Por ser uma APP com cobertura vegetal, é apresentada a legislação que regula a supressão e a compensação. As medidas não-estruturais para controle da carga difusa são brevemente apresentadas nos comentários finais do trabalho, juntamente com as considerações sobre a replicação desse sistema em outros locais.

O SECCD propicia benefícios para a qualidade da água dos lagos do PEAL, podendo ser considerado uma solução de curto prazo adequada para a mitigação dos principais problemas definidos no trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa microbacia do córrego Pedra Branca (escala original 1:20.000).....	2
Figura 2. Localização da microbacia do córrego Pedra Branca. Fonte: Modificado de	3
Figura 3. Precipitação média mensal, precipitação máxima em 24 horas e precipitação máxima	5
Figura 4. Estação Pluviométrica no PEAL	5
Figura 5. Fluxograma do Processo FLOTFLUX®	7
Figura 6. Planta do Projeto da Estação FLOTFLUX® do PEAL. Fonte: SABESP (comunicação pessoal) ⁴	8
Figura 7. Grade basculante. Fonte: Autores, em julho de 2013.....	9
Figura 8. Estrutura para injeção de coagulantes e comporta.....	9
Figura 9. Equipamento de microaeração da massa líquida.....	10
Figura 10. Equipamento para retenção do lodo.....	10
Figura 11. Sistema de captação de esgoto em tempo seco na microbacia	12
Figura 12. Registro da batimetria no PEAL	17
Figura 13. Exemplo de bacia de retenção (Colorado, EUA). Fonte: SMDU (2012b).20	
Figura 14. Recorte ampliado da caracterização do mapeamento da vegetação na AID do EIA do Rodoanel Trecho Norte (DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO, 2010).	26
Figura 15. Análise multi-temporal da mudança da cobertura vegetal na área de intervenção do reservatório de primeira chuva. Fonte: Google Earth (acesso em 07. jul. 2013)	27
Figura 16. Área de APP do córrego Pedra Branca no local escolhido para	27
Figura 17. Impermeabilização do Solo em 2004. Fonte: Autores. Base: Mapa Digital da.....	28
Figura 18. Análise multi-temporal da mudança no uso do solo. Fonte: Google Earth	30
Figura 19. Deposição de resíduos na entrada do córrego Pedra Branca no	30
Figura 20. Exposição de sedimentos ao carreamento pela água - serviço de poda .31	
Figura 21. Trecho da rede drenagem a montante do PEAL	31
Figura 22. Disposição inadequada de resíduos sólidos.....	32
Figura 23. Entrada da Estação de Flotação do PEAL (a) e canal paralelo (b).	32
Figura 24. Lago 1 do PEAL. Fonte: Autores, em junho de 2013.....	33
Figura 25. Detalhe da tubulação de saída do Lago 1.	33
Figura 26. Tubulação na saída do Lago 1. Fonte: SMA (2008).	34
Figura 27. Curvas de nível da área de contribuição para o reservatório. Fonte: Autores.	35
Figura 28. Relevo da microbacia do Córrego Pedra Branca em 2004. Fonte: Autores.	36
Figura 29. Perfis longitudinais dos cursos d'água. Fonte: SMDU, 2013.	37
Figura 30. Coloração esverdeada no Lago 1. Fonte: SMA, 2008 (a) e Autores, 2013 (b).	38
Figura 31. Aspecto visual da qualidade da água no Lago 2. Fonte: Autores, em	40
Figura 32. Sedimentos acumulados na entrada da estação.	41
Figura 33. Entrada do canal paralelo. Fonte: Autores, em junho de 2013.	41
Figura 34. Assoreamento no Lago 1 em 2007.....	42
Figura 35. Diagrama da avaliação de alternativas.....	46

Figura 36. SECCD. Fonte: Autores, 2013. Base: Mapa Digital da Cidade (PMSP, 2013).....	47
Figura 37. Configuração do reservatório de primeira chuva na primeira alternativa. Fonte:.....	48
Figura 38. Diagrama do funcionamento do SECCD.	48
Figura 39. Configuração do reservatório de primeira chuva na segunda alternativa.	49
Figura 40. Mapa da rede coletora de esgoto. Fonte: Autores, 2013. Base: Comunicação	50
Figura 41. Desenho tridimensional do reservatório de primeira chuva.	55
Figura 42. Planta do reservatório.	56
Figura 43. Vista lateral do reservatório.	57
Figura 44. Vista frontal do reservatório.	57
Figura 45. Evento crítico com um Período de Retorno de 100 anos.....	59
Figura 46. Desenho esquemático da estrutura de entrada do reservatório de	60
Figura 47. Desenho esquemático da saída 1 do reservatório de	62
Figura 48. Tubulação desde a saída do reservatório até o encontro com o córrego Pedra Branca.	64
Figura 49. Sistema de lavagem por reservatório basculante.	65
Figura 50. Entrada do reservatório, em destaque reservatórios basculantes na lateral	65
Figura 51. Curvas características.....	68
Figura 52. Polutograma (DBO5,20) e hidrograma do posto Vista Alegre.....	71
Figura 53. Polutograma (Sólidos Totais) e hidrograma do posto Vista Alegre.....	71
Figura 54. Ietograma/Hidrograma – Posto 274, em 07/02/2009. Fonte: SAISP, 2013.	73
Figura 55. Ietograma/Hidrograma – Posto 274, em 16/02/2011. Fonte: SAISP (2013).	74
Figura 56. Ietograma/Hidrograma – Posto 274, em 08/01/2008. Fonte: SAISP (2013).	75
Figura 57. Ietograma/Hidrograma – Posto 274, em 07/10/2010. Fonte: SAISP (2013).	76
Figura 58. Operação da comporta do Lago 2. Fonte: Autores, em	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Expectativa de eficácia do processo. Fonte: MMA (2000)	6
Tabela 2. Resultados do cálculo do volume - Lago 2 do PEAL	18
Tabela 3. Resultados do cálculo do volume - Lago 3 do PEAL	18
Tabela 4. Valores obtidos pela sonda multiparâmetro.....	39
Tabela 5. Critérios ambientais para a avaliação de alternativas	52
Tabela 6. Critérios técnicos para avaliação de alternativas.....	53
Tabela 7. Critérios legais e administrativos para a avaliação de alternativas	53
Tabela 8. Critérios econômicos para a avaliação de alternativas	54
Tabela 9. Pontuação global das alternativas.....	54
Tabela 10. Escolha da solução.....	55
Tabela 11. Volume específico (V _{cspec}) de um reservatório basculante em função da altura da queda, do material e do comprimento da pista (EUROMEC, 2004 apud PAPIRI e TODESCHINI, no prelo)	66
Tabela 12. Parâmetros do diagrama IDF para o Estado de São Paulo. Fonte: Wilken, 1978.....	69
Tabela 13. Fatores para o cálculo do volume acumulado de sedimentos.....	77
Tabela 14. Estimativas de tempos de residência hidráulico.	78
Tabela 15. Estimativas de custos de construções*. Data base: 30/09/2013.....	81
Tabela 16. Caracterização dos Córregos em função da DBO. Fonte: SILVA (2013)	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC – Análise de Bacias Complexas
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
BMP – Best Management Practices
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CODASP - Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente
CN – Curve Number
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica
DBO_{5,20} – Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias a 20ºC)
DQO – Demanda Química de Oxigênio
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
ETE – Estação de Tratamento de Efluentes
FLOTFLUX – Sistema de Flotação e Remoção de Flutuantes
ha - Hectare
HABISP - Habitação Social na cidade de São Paulo
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IDF – Intensidade Duração Frequência
IF – Instituto Florestal
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
LTG – Laboratório de Topografia e Geodésia
MP – Medida Provisória
OD – Oxigênio dissolvido
PCA – Plano de Controle Ambiental
PDE – Plano Diretor Estratégico
PEAL - Parque Estadual Alberto Löfgren
PEC - Parque Estadual da Cantareira
PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
PV – Poço de Visita
PVC - Policloreto de polivinila
Q_{7,10} - Vazão mínima da média móvel de 7 dias consecutivos com 10 anos de Tr
Q₉₅ – Vazão com permanência de 95% no ano hidrológico
RMSP – Região Metropolitana de São Paulo
SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAISP – Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo
SECCD – Sistema Estrutural de Controle de Cargas Difusas
SMA – Secretaria do Meio Ambiente
SST – Sólidos Suspensos Totais
TCCA – Termo de Compromisso de Compensação Ambiental
Tr – Período de Retorno
UC – Unidade de Conservação
UGRHI - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USEPA – United States Environmental Protection Agency

1. INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi apresentar um projeto de concepção de um sistema estrutural de controle de cargas difusas (SECCD) a montante dos lagos do Parque Estadual Alberto Löfgren (PEAL), justificando sua aplicabilidade no local de estudo. O SECCD proposto é formado pela estação de flotação da SABESP e por um reservatório de primeira chuva a montante, inserido na rede pluvial paralelamente ao curso d'água. Foi também indicado para o sistema um pós-tratamento provido por uma bacia de retenção a jusante da estação, no local do primeiro lago.

1.2 JUSTIFICATIVA

A concepção do SECCD prevê a adaptação do sistema de tratamento da SABESP existente no córrego Pedra Branca. O processo FLOTFLUX[®], projetado para 50 L.s⁻¹ no PEAL, foi concebido em uma época em que os trabalhos de prevenção à poluição da SABESP ainda não tinham sido concluídos. Com a criação do Programa Córrego Limpo, as ligações irregulares foram significativamente reduzidas, restando a contribuição da poluição de origem difusa no córrego Pedra Branca. Desse modo, a poluição que adentra o corpo d'água passou a ser transportada intermitentemente, concentrada na carga de lavagem dos eventos de chuva.

Portanto, o reservatório de primeira chuva amplia a eficácia global do tratamento *in situ*, incluindo no tratamento a carga de lavagem dos eventos em que a capacidade da estação é superada. A bacia de retenção complementa o tratamento com a remoção adicional principalmente de sólidos suspensos totais (SST). Alguns dos benefícios fornecidos pelo SECCD são:

- Melhoria na qualidade da água dos lagos, de modo a se aproximar da meta do enquadramento¹. A recuperação resulta em maior biodiversidade local, melhor harmonia paisagística e ausência de odores.
- Redução da frequência dos serviços de desassoreamento pela diminuição da vazão sólida que adentra os lagos, resultando em uma mitigação dos impactos negativos à biota aquática, bem como às demais espécies que dela dependem.

Para justificar a proposição do SECCD, além dos benefícios ambientais, deve-se considerar os custos associados à implantação, operação, manutenção e monitoramento, bem como os benefícios econômicos alcançados no médio e longo prazo.

¹ Segundo a Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), a qualidade da água destinada à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral é enquadrada na classe especial.

1.3 O PARQUE ESTADUAL ALBERTO LÖFGREN

O Parque Estadual Alberto Löfgren (PEAL) é uma área de acolhimento e proteção da biodiversidade da flora e fauna do município de São Paulo. O espaço, que oferece atividades recreativas, educativas e culturais à população, é situado na Zona Norte da cidade de São Paulo, ao lado do Parque Estadual da Cantareira (PEC). Segundo o IBAMA, o PEAL é o parque estadual mais visitado do Brasil, recebendo aproximadamente 60.000 pessoas por mês (SMA, 2009). Seu perímetro é de 7.663 m e a área, de 187 hectares, é maior que a do Parque Ibirapuera (SMA, 2009).

1.4 OS LAGOS

O PEAL conta com quatro lagos artificiais na microbacia do córrego Pedra Branca (Figura 1). As águas adentram o parque pelo córrego Pedra Branca após percorrerem uma área urbanizada e seguem para uma estação de flotação e remoção de flutuantes da SABESP (Estação FLOTFLUX®).

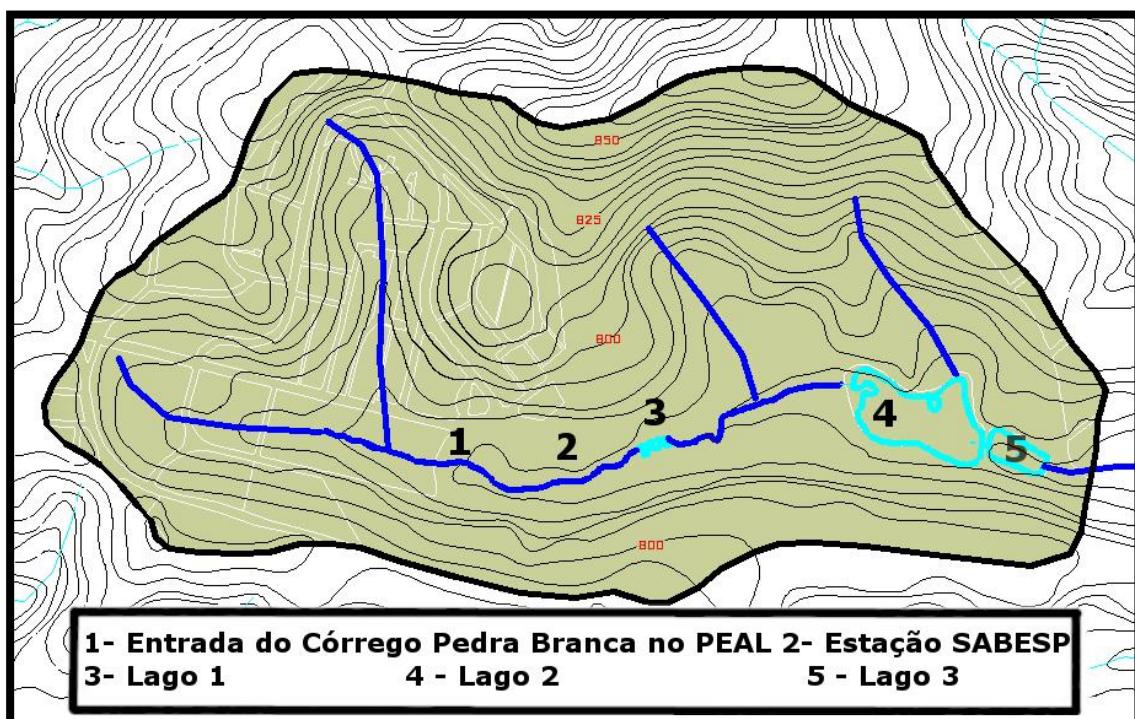


Figura 1. Mapa microbacia do córrego Pedra Branca (escala original 1:20.000).
Fonte: Modificado de SABESP (comunicação pessoal)²

Os três primeiros lagos possuem área aproximada de 4.500 m², 17.850m², 3.880 m², respectivamente (SMA, 2009). O quarto lago é o único que tem a cabeceira do córrego formador no interior do PEAL e a sua presença não foi registrada nos mapas utilizados por apresentar uma área reduzida.

² Informação fornecida por Gilmar Massone, em abril de 2013.

1.5 LOCALIZAÇÃO DA MICROBACIA DO CÓRREGO PEDRA BRANCA

A microbacia do córrego Pedra Branca está inserida na bacia do rio Cabuçu de Cima, no limite com a bacia do rio Cabuçu de Baixo. O PEAL possui uma porção de sua área na bacia do Cabuçu de Baixo (sub-bacia do córrego Vila Amália). O córrego Pedra Branca é afluente do ribeirão Tremembé, que por sua vez é afluente do rio Cabuçu de Cima. A localização da microbacia córrego Pedra Branca pode ser visualizada na Figura 2. A bacia do rio Cabuçu de Cima, assim como a do rio Cabuçu de Baixo, está inserida na bacia Penha-Pinheiros, que por sua vez está inserida na bacia do Alto Tietê (UGRHI-06). A área de drenagem da microbacia do córrego Pedra Branca é de 124,79 ha (SMA, 2009).

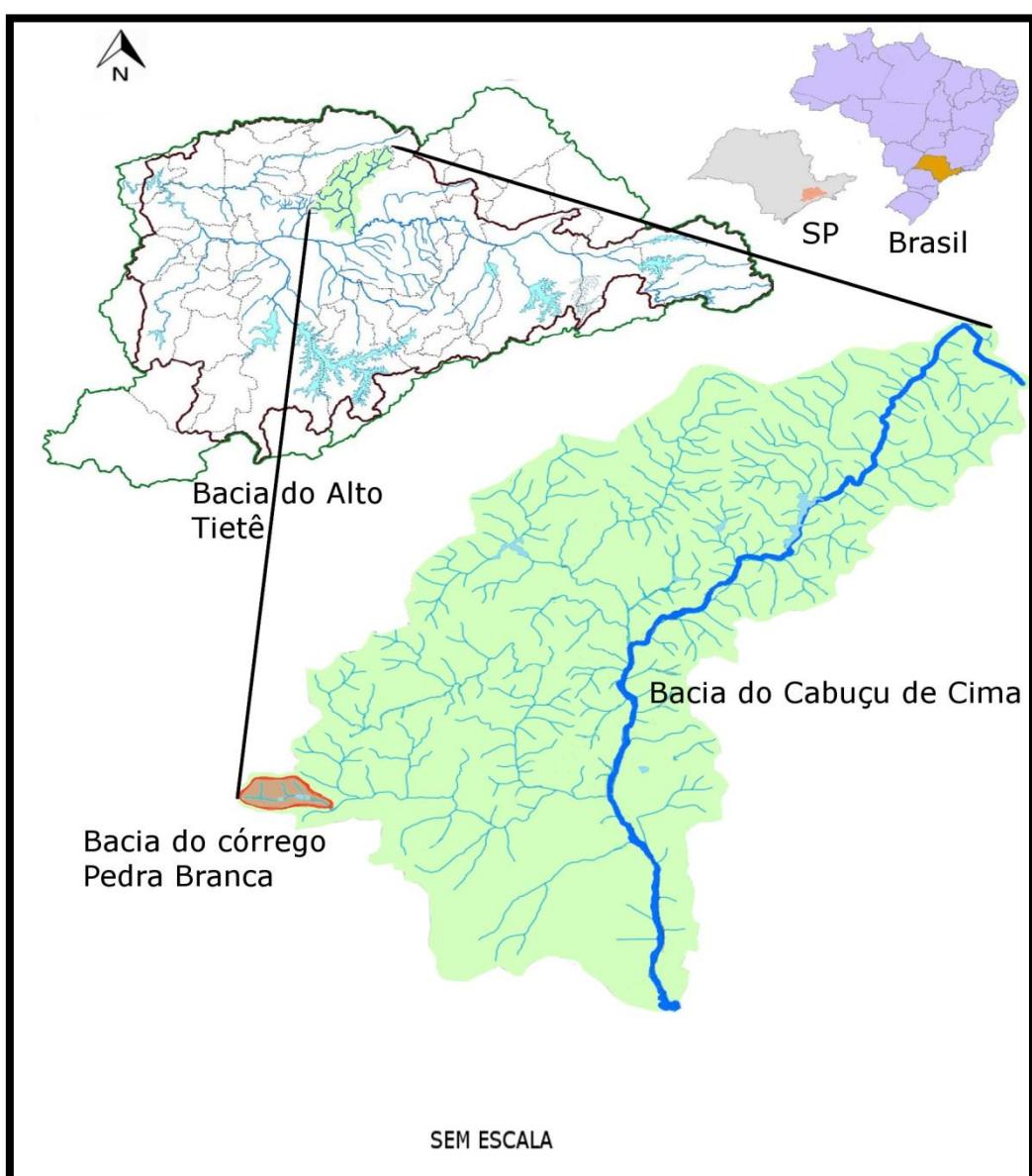


Figura 2. Localização da microbacia do córrego Pedra Branca. Fonte: Modificado de PRIME Engenharia (apud DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO, 2010, p.9).

2. LEVANTAMENTO DE TRABALHOS E ESTUDOS PRÉVIOS

2.1 MANEJO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO PEAL

O Plano de Manejo do PEAL, elaborado em 2009, é ferramenta de auxílio à gestão da área e define metas para buscar o equilíbrio entre a conservação e o uso público da área, além de indicar as possíveis contribuições a serem desenvolvidas através da pesquisa em todas suas vertentes. Os dados primários levantados no Plano se referem a uma campanha de campo realizada em março/abril de 2008 e também aos dados mensurados pela estação pluviométrica localizada no interior do PEAL.

O Plano também apresenta um zoneamento para as subáreas do PEAL. A área do entorno dos lagos é dividida em duas categorias: Zona de Recuperação e Zona de Uso Intensivo. A Zona de Recuperação abrange a área no entorno da estação de tratamento e do Lago 1, enquanto a Zona de Uso Intensivo abrange toda a área envolta dos lagos restante. Segundo o Plano de Manejo, as Zonas de Recuperação têm o objetivo de “deter a degradação dos recursos naturais” e “restaurar a área”. O estudo do zoneamento foi considerado para a viabilização de projetos na área. A estação FLOTFLUX® e o Lago 1 encontram-se no interior da Zona de Recuperação, sendo as atividades permitidas e proibidas detalhadas no Plano de Manejo do PEAL. Além disso, a execução de projetos na Zona de Recuperação deverá apresentar Plano de Controle Ambiental (PCA) que equacione eventuais impactos durante a intervenção e que deverá realizar um monitoramento mínimo de dois anos.

A equipe de elaboração do Plano de Manejo do PEAL calculou, em março de 2008, a vazão instantânea do córrego Pedra Branca. O método utilizado foi de “área - velocidade”, por meio de medições da seção transversal molhada e da velocidade média da água com molinete. A vazão calculada foi de $20,7 \text{ L.s}^{-1}$ (SMA, 2009). Sabe-se que estudos sobre águas superficiais necessitam de medições periódicas para a geração de dados ao longo de todo o ano, com o objetivo de se conhecer as variações sazonais das características hidrológicas e as variações na qualidade da água dos corpos hídricos.

O Plano fez uma estimativa, no caso das vazões mínimas, de acordo com a metodologia desenvolvida pelo DAEE conhecida como regionalização hidrológica (1988). A Q_{95} foi calculada em $3,0 \text{ L.s}^{-1}$ e a $Q_{7,10}$ foi calculada em $1,0 \text{ L.s}^{-1}$ (SMA, 2009).

As vazões do córrego Pedra Branca possuem uma variação natural ao longo do ano, conforme a sazonalidade da precipitação local. Podem-se estabelecer as precipitações máximas horárias e diárias e as médias mensais para a série 1992-2007 (Figura 3) a partir dos dados da estação pluviométrica localizada no interior do PEAL (Figura 4).

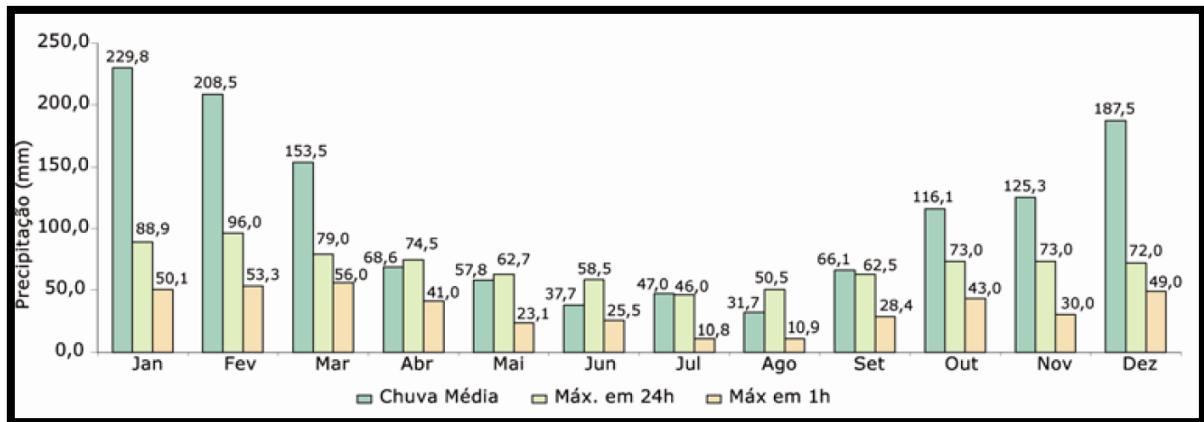


Figura 3. Precipitação média mensal, precipitação máxima em 24 horas e precipitação máxima em uma hora Parque Estadual Alberto Löfgren, série 1992- 2007. Fonte: SMA, 2009.



Figura 4. Estação Pluviométrica no PEAL.
Fonte: Autores, em novembro de 2013.

Para o levantamento das condições de qualidade da água no ano de 2008 foi realizada apenas uma amostragem, representativa do período úmido. A equipe de elaboração do Plano de Manejo do PEAL utilizou as seguintes variáveis de qualidade da água: cor, turbidez, OD, DBO_{5,20} e DQO, sólidos suspensos e dissolvidos totais (SST e SDT, respectivamente), cloreto, fosfato total, nitrogênio orgânico e amoniacal, nitrato, nitrito e coliformes. A equipe concluiu que os corpos d'água da microrregião do córrego Pedra Branca estavam com a qualidade deteriorada no período da campanha de campo. Salientam que esta deterioração comprometia os dois usos principais dessas águas na UC: preservação das comunidades aquáticas e recreação (sem contato primário).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE FLOTAÇÃO E REMOÇÃO DE FLUTUANTES

Desde 1997, estudos já demonstravam o elevado índice de comprometimento na qualidade das águas dos lagos. Por meio de pequenas e grandes intervenções no sistema, a SABESP procurou viabilizar a eliminação da poluição dos lagos do PEAL por esgotos, porém, houve dificuldades em localizar as irregularidades, proporcionadas pelo crescimento desordenado dos imóveis. A geologia e a topografia da área não são favoráveis e também a falta de conscientização dos usuários interfere muito no trabalho da SABESP. Desse modo, optou-se por instalar um módulo de flotação no canal do córrego Pedra Branca. O investimento previsto nesta obra foi de R\$ 790.532,72³ e a construção da obra foi realizada com recursos próprios da SABESP. A autorização para o serviço foi emitida em setembro de 2001 e a conclusão foi realizada em setembro de 2002 (comunicação pessoal)⁴.

A estação foi projetada com uma capacidade de 50 L.s⁻¹, sendo o funcionamento acompanhado pelo operador somente durante o horário comercial. Nesse período, vazões afluentes superiores à capacidade do tratamento resultam no completo desligamento das máquinas. Quando é ultrapassada a vazão limite fora do horário comercial, o sistema continua operando, porém a vazão excedente é desviada e o tratamento não gera resultados adequados (comunicação pessoal)⁵. É interessante salientar que o tratamento não possui um operador em prontidão durante 16 horas por dia (mais de 65% do tempo).

A expectativa da eficácia do processo FLOTFUX[®] é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Expectativa de eficácia do processo. Fonte: MMA (2000).

Variáveis	% de Remoção
DBO	70% - 75%
DQO	65% - 70%
FÓSFORO TOTAL	90%
COLIFORMES FECAIS	99%
COLIFORMES TOTAIS	99%
ÓLEOS E GRAXAS	75% - 85%
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST)	90% - 95%
TURBIDEZ	90% - 95%
COR	90% - 95%
NITROGÊNIO ORGÂNICO	50% - 60%

É possível destacar o bom desempenho da estação, em situações ideais, para a remoção das variáveis fósforo total, coliformes e SST's, e consequentemente resultando na boa expectativa de desempenho para as variáveis cor e turbidez. Foi atribuído uma expectativa de desempenho mediana à remoção de matéria orgânica

³ Equivalente a R\$ 1.882.207,16, em 2013, pela aplicação da correção de 138,09% do Índice Geral de Preços (IGP-10).

⁴ Informação fornecida por Gilmar Massone, em abril de 2013.

⁵ Informação fornecida por Cosme Antonio Domingues, em novembro de 2013.

e de óleos e graxas. Para a variável nitrogênio orgânico foi considerado uma expectativa de baixo desempenho de remoção.

O diagrama do processo FLOTFLUX® pode ser visualizado na Figura 5.

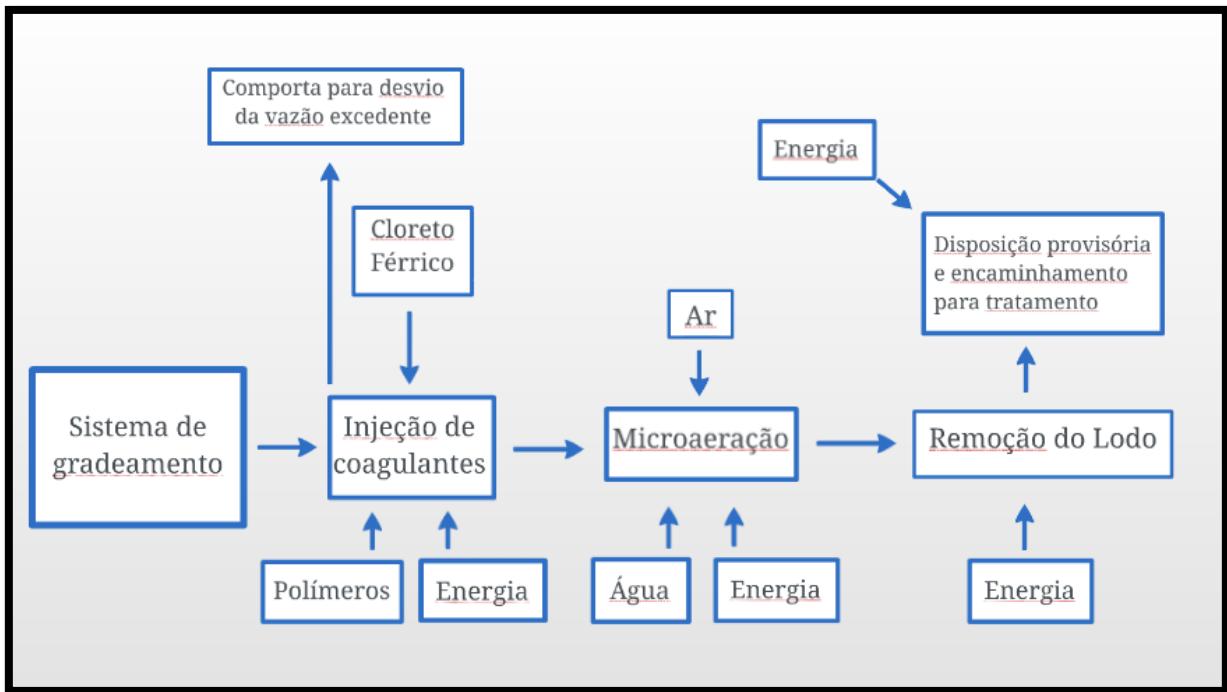


Figura 5. Fluxograma do Processo FLOTFLUX®.

O croqui em planta baixa da estação FLOTFLUX® projetada para o PEAL está apresentada na Figura 6.

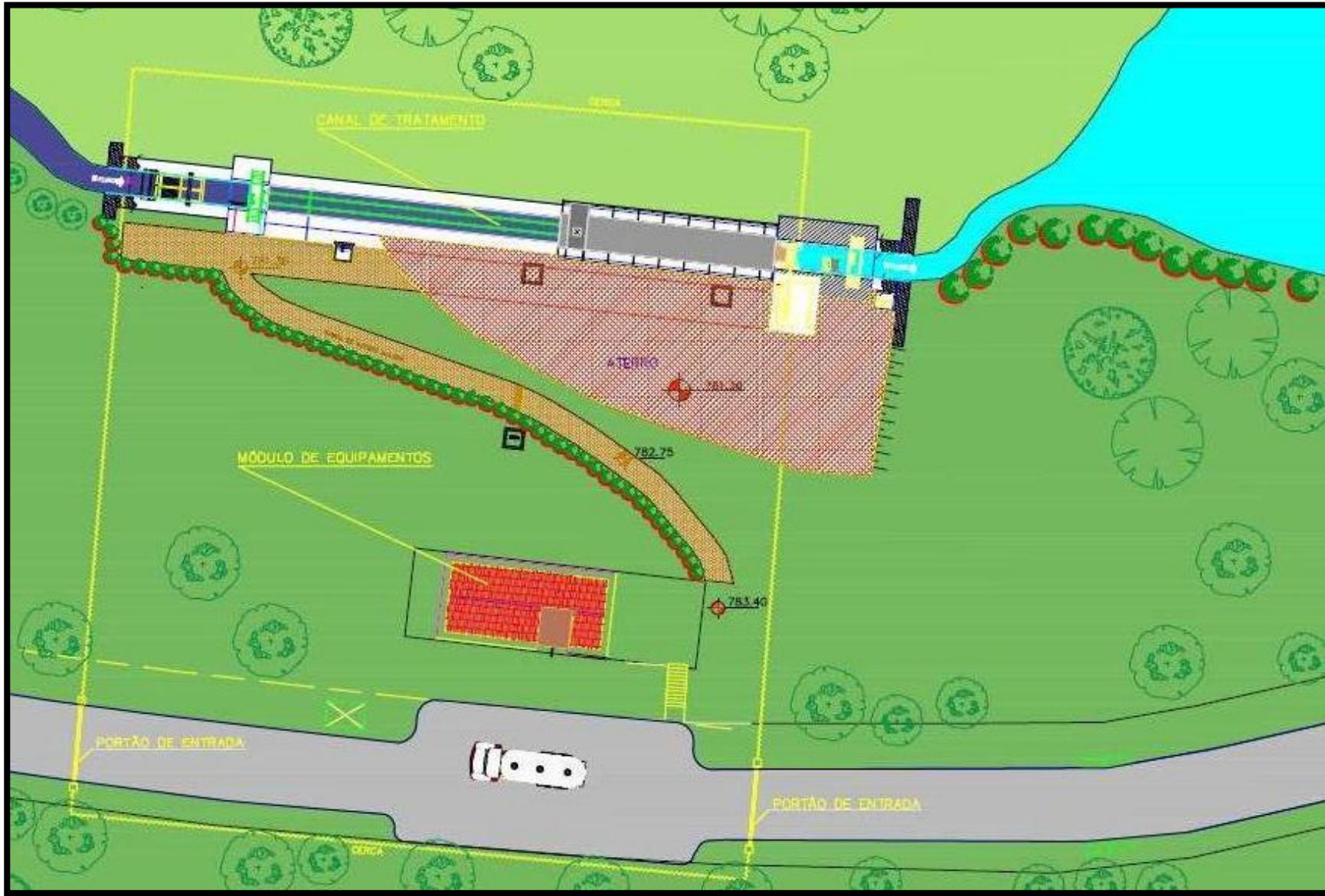


Figura 6. Planta do Projeto da Estação FLOTFLUX® do PEAL. Fonte: SABESP (comunicação pessoal)⁴.

⁶ Informação fornecida por Gilmar Massone, em abril de 2013.

A primeira etapa do tratamento é o sistema de gradeamento. A unidade incorpora um sistema de retenção de materiais sólidos formado por grades basculantes (Figura 7).



Figura 7. Grade basculante. Fonte: Autores, em julho de 2013.

A segunda etapa é a de injeção de coagulantes e auxiliares de coagulação. Consiste na aplicação do agente químico coagulante cloreto férrico a uma concentração que varia entre 75 e 88 mg.L⁻¹, possibilitando a formação de flocos de sólidos suspensos. Posteriormente, o escoamento adentra uma calha *Parshall* e é feita a injeção de um auxiliar de coagulação do tipo polímero catiônico floculador. São adicionados pulsos com 10 mg.L⁻¹ a cada minuto. (BUCCI; NARESSI, 2009). O equipamento pode ser visualizado na Figura 8.



Figura 8. Estrutura para injeção de coagulantes e comporta.
Fonte: Autores, em julho de 2013.

A terceira etapa é a de flotação com microaeração da massa líquida (Figura 9). É feita a injeção de solução micropulverizada de água e ar na massa líquida com o uso de ventiladores centrífugos, possibilitando a sobrelevação dos flocos. Antes da microaeração, há também difusores de bolhas grossas (BUCCI; NARESSI, 2009).



Figura 9. Equipamento de microaeração da massa líquida.
Fonte: Autores, em julho de 2013.

A última etapa é a de retenção e remoção e transporte de lodo flotado (Figura 10). A formação da massa homogênea de lodo flutuante possibilita a remoção por equipamentos rotativos de dragagem. O lodo úmido é recalcado para um depósito com capacidade de 14 m³. O lodo é decantado e a água residual volta para o início do sistema de tratamento. A retirada do lodo acumulado é feita por caminhões especializados em bombeamento de fossas e o lodo é destinado para tratamento na ETE Barueri (BUCCI; NARESSI, 2009). É realizada a análise química conforme os procedimentos descritos na última edição do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (comunicação pessoal)⁷.



Figura 10. Equipamento para retenção do lodo.
Fonte: Autores, em julho de 2013.

⁷ Informação fornecida por Vera Lúcia de Andrade Aguiar, em agosto de 2013

São monitorados os parâmetros de pH, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez e coagulação na estação. Os resultados do monitoramento não foram disponibilizados pela SABESP.

2.3 MEDIDAS DE PREVENÇÃO À POLUIÇÃO - PROGRAMA CÓRREGO LIMPO

Os serviços e obras para controle da poluição começaram em 1992 (comunicação pessoal)⁸. Foi constatado que a origem da contaminação era proveniente, principalmente, da favela Itabira Pedra Branca, mas também dos prédios localizados no interior do PEAL e em outros imóveis da microbacia.

No ano de 2007, o córrego Pedra Branca foi incluído nas ações da SABESP como uma das primeiras atividades do Programa Córrego Limpo, parceria entre o Governo do Estado e a Prefeitura do Município de São Paulo. O objetivo do Programa é a despoluição de córregos do Município de São Paulo por meio do aprimoramento dos sistemas de esgotamento sanitário do entorno dos mesmos. Para entrar no Programa, o córrego necessita apresentar trecho aberto e estar localizado em uma área com cobertura da rede coletora de esgoto.

O monitoramento da qualidade da água a montante da estação é feito mensalmente através do Programa Córrego Limpo pela Unidade de Negócios Norte da SABESP. Em 2007, foi realizada vistoria na estação e constatou-se que a vazão de entrada apresentava $DBO_{5,20}$ de 119 mg.L^{-1} e a de saída apresentava 37 mg.L^{-1} . Nesse episódio, a remoção de $DBO_{5,20}$ foi de 68,9%, pouco abaixo da expectativa de eficiência apresentada na Tabela 1. Com as obras de prevenção à poluição, término previsto para dezembro de 2007, a meta para a $DBO_{5,20}$ de saída era de 10 mg.L^{-1} (comunicação pessoal)⁹. Sabe-se que a meta não foi atingida até março de 2008, pela constatação da equipe de elaboração do Plano de Manejo através das coletas e análises realizadas.

O Programa Córrego Limpo fixou como meta manter os córregos, entregues como despoluídos, com a $DBO_{5,20}$ abaixo de 30 mg.L^{-1} . No período dos últimos 13 meses, agosto de 2012 a agosto de 2013, a média do monitoramento da $DBO_{5,20}$ a montante da estação ficou abaixo de 12 mg.L^{-1} , sendo que nenhum resultado atingiu o patamar de controle, que é de 30 mg.L^{-1} (comunicação pessoal)¹⁰.

Segundo a equipe do Programa Córrego Limpo, não há atualmente lançamentos pontuais de efluentes domésticos no córrego Pedra Branca, a carga afluente é de origem difusa, sendo possível a ocorrência de acidentes. O processo requer constante vigilância para detectar e regularizar as anomalias que ocorrem no sistema de esgotamento, tais como: entupimentos, arriamentos de tubulações, ligações irregulares, entre outras.

⁸ Informação fornecida por Gilmar Massone, em abril de 2013.

⁹ Informação fornecida por Gilmar Massone, em abril de 2013.

¹⁰ Informação fornecida por Edson Luiz Camilli, em setembro de 2013.

Consta em um documento de divulgação dos resultados do Programa Córrego Limpo que a vazão do córrego Pedra Branca é de 8 L.s^{-1} (GRAÇA, 2012). Não se sabe se esse é um valor representativo do período seco ou ainda uma média das vazões afluentes no PEAL.

Em determinadas regiões com ocupação irregular, o Programa Córrego Limpo adota sistemas de captação de esgoto em tempo seco. É utilizado um mecanismo simples composto por orifícios dimensionados para vazões de ordens de grandeza diferentes, denominado extravasor de cheia. Quando a vazão é reduzida, o fluxo passa para a tubulação de esgoto. Já nos eventos de precipitação intensa, a vazão extravasa o orifício menor e é alocada para a rede de drenagem.

Foi construído através do Programa Córrego Limpo, em novembro de 2007, um sistema de captação de esgoto em tempo seco (Figura 11) na entrada da Favela Itabira Pedra Branca (comunicação pessoal)¹¹.



Figura 11. Sistema de captação de esgoto em tempo seco na microbacia do córrego Pedra Branca.

Embora este sistema esteja em operação na microbacia, o mesmo viola a legislação no Artigo 13 do Decreto nº 5.916/75 em que é relatado: “É expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais nos

¹¹ Informação fornecida por Gilmar Massone, em abril de 2013.

ramais domiciliares de esgotos sanitários” (SÃO PAULO, 2013). O Decreto nº 8.468/76 também proíbe esse tipo de ligação no Art. 19A:

“Art 19-A - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados em sistema de esgotos, provido de tratamento com capacidade e de tipo adequados, conforme previsto no § 4º deste artigo se obedecerem às seguintes condições:

(...)

X - ausência de águas pluviais em qualquer quantidade.”

2.4 DINÂMICA DA PRODUÇÃO E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS – DADOS DO ESTUDO DA BACIA DO RIO CABUÇU DE BAIXO

A bacia do rio Cabuçu de Baixo faz divisa com a bacia do rio Cabuçu de Cima e ambas possuem áreas com cobertura vegetal pertencentes ao PEC, além de apresentarem tanto regiões com urbanização consolidada, como também em expansão. A microbacia do córrego Pedra Branca é localizada na bacia do Rio Cabuçu de Cima, no limite com a do rio Cabuçu de Baixo. A produção de sedimentos da porção da microbacia do córrego Pedra Branca a montante do PEAL pôde ser estimada com base na taxa de produção de sedimentos anual obtida pelo modelo matemático de sedimentos do Sistema de Suporte à Decisão do Projeto Cabuçu de Baixo¹². O modelo foi calibrado pelos dados de estações sedimentológicas instaladas pelo projeto. A taxa de produção de sedimentos adotada foi de $433.750 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$ (EPUSP, 2004).

Segundo Ponce (1989), uma estimativa da retenção de sedimentos em reservatórios pode ser realizada pela utilização de uma taxa de produção de sedimentos ($\text{kg} \cdot \text{ano}^{-1}$) para a área de contribuição. Divide-se esse valor pela densidade média das partículas e o resultado é o volume anual de sedimentos que potencialmente adentra o reservatório.

Para utilizar dados de uma microbacia vizinha e semelhante, deve-se analisar a representatividade pela comparação das condições de uso e ocupação do solo, principal fator condicionante do fenômeno de produção e aporte de sedimentos para os leitos dos rios. A urbanização consolidada, ao contrário do que ocorre em uma urbanização em expansão, acaba por provocar

¹² O Projeto Cabuçu de Baixo, desenvolvido pela Escola Politécnica da USP em 2004, é um projeto de pesquisa sobre gerenciamento de recursos hídricos para bacias urbanas que, por meio de modelagens matemáticas, objetiva servir de suporte à decisão. Por meio do projeto foi realizado um estudo de caso na bacia do rio Cabuçu de Baixo envolvendo tópicos relacionados à poluição por fontes difusas, erosão e sedimentos, produção de escoamento superficial, drenagem da bacia, entre outros temas. O estudo de caso pôde calibrar com as informações medidas, os modelos matemáticos empregados, sendo o conjunto de modelos reunidos num Sistema de Suporte à Decisão para o gerenciamento de bacias urbanas.

pouca interferência na bacia devido à ausência de revolvimento de solo por processos de corte e aterro. Em função disto, este solo não fica, na maioria das vezes, exposto e extremamente vulnerável ao carreamento promovido pela água. Dessa forma, dentre os dados dos postos sedimentológicos disponíveis no Projeto Cabuçu de Baixo, o Posto Campos Lemos, na sub-bacia do rio Cabuçu de Baixo, é o que possui maior similaridade com as características da microbacia do córrego Pedra Branca no que se refere à produção de sedimentos.

Quanto à distribuição das unidades geológicas que dão origem aos sedimentos, as bacias do rio Cabuçu de Baixo e do rio Cabuçu de Cima são predominantemente formadas por rochas granítóides maciças de granulação variada, como pode ser visualizado em anexo (Anexo 1). Uma menor porção é formada por micaxistos, com quartzitos e metassiltitos subordinados. Outra porção reduzida é formada por rochas metacarbonáticas (FABHAT, 2009). As condições geomorfológicas também similares são favoráveis à aplicação da taxa anual de produção de sedimentos na microbacia do córrego Pedra Branca.

Outra importante grandeza a ser discutida é a taxa de transferência de sedimentos. A taxa é a relação entre a quantidade de sedimentos que atinge a rede de drenagem e a quantidade de material efetivamente erodida. Segundo Vanoni (1977 apud SMDU, 2012b), estudos realizados nos EUA indicam que em bacias rurais com área de drenagem da ordem de 1 km² as taxas de transferência de sedimentos podem ser superiores a 50%, chegando a atingir valores próximos a 100%. Para áreas urbanas as taxas de transferência tendem a ser ainda mais elevadas do que nas áreas rurais, pois os sistemas de drenagem se tornam mais eficientes em transportar os sedimentos.

2.5 LEVANTAMENTO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Como constatado na análise quantitativa dos recursos hídricos realizada no Plano de Manejo do PEAL, os dados pluviométricos não são adequados para o projeto, pois não permitem avaliar a intensidade das chuvas com a precisão necessária. A estação pluviométrica localizada no PEAL não possui um pluviógrafo. Os dados pluviométricos obtidos do Plano foram utilizados apenas para ilustrar o padrão sazonal da precipitação. Assim, para estabelecer chuvas de projeto, optou-se por utilizar a série histórica (2007-2012) do posto mais próximo da área de estudo, pertencente à rede telemétrica do Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP).

O SAISP disponibiliza as leituras de postos das Redes Telemétricas do Alto Tietê, Cubatão, Registro e Piracicaba, além de fornecer a cada cinco minutos mapas de chuva observada na área do Radar Meteorológico de São Paulo. São gerados boletins que incluem as consequências das chuvas na cidade. O serviço de previsão da precipitação produzida pelo SAISP foi utilizado como suporte à operação do SECCD.

O posto telemétrico do Reservatório Guaraú, localizado na bacia do rio Cabuçu de Baixo, a aproximadamente 3100 m da área de estudo para a direção Oeste, foi a fonte de dados pluviométricos escolhida para a análise. A região recebe uma influência climática do PEC similar ao que ocorre na microbacia do córrego Pedra Branca (fatores como efeito vale-montanha, entrada de frentes, brisa marítima e a presença da vegetação da Serra da Cantareira).

2.6 DADOS DE SERVIÇOS DE DESASSOREAMENTO

A última execução de um serviço de desassoreamento nos lagos foi realizada no final da década de 90 (comunicação pessoal)¹³. No ano de 2003, foi feito pelo DAEE um acompanhamento do problema de assoreamento acentuado com o desenvolvimento de um projeto técnico para desassoreamento. As obras começaram em 2006, porém foram paralisadas em 2007 por insuficiência de recursos. Em 2009, houve a possibilidade de utilização de recursos através de um Termo de Compromisso de Compensação Ambiental (TCCA), sendo destinado um recurso no valor de R\$ 6.000.000,00. Na época, os recursos foram considerados insuficientes (SMA, 2009). Conforme está descrito no título do projeto realizado pela Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo (CODASP), o objetivo da obra era escavar, limpar e desassorear o Lago 1. A itemização da planilha orçamentária (Anexo 3) indica que a obra pretendia executar serviços em todos os lagos. Os serviços especificados na planilha são: desassoreamento nos Lagos 1, 2 e 3; construção de muro de contenção no Lago 3; construção da rede de água pluvial; travessia do Lago 1; e a construção da escada hidráulica dos bueiros (comunicação pessoal)¹⁴.

Os subitens que constam no item “desassoreamento no Lago 1, Lago 2 e Lago 3” são os de escavação e carga de material brejoso para os três lagos; o fornecimento de solo de primeira categoria para acesso de veículos dentro do Lago 1; carga mecanizada de solo brejoso; tubo geotêxtil tecido para contenção, desidratação e consolidação de lodo e sedimentos; transporte de material escavado até 25 km; disposição final e tratamento em aterro sanitário e enrocamento com pedra. Esse item foi orçado em R\$ 11.521.502,47, enquanto todos os serviços (total da obra) foram orçados em R\$ 17.203.581,90. Está incluído nesse projeto a realização de um vertedor de fundo na área do Lago 1 com as seguintes características: “Execução de vertedouro de fundo, tipo monge, em alvenaria de tijolos de barro, revestimento impermeabilizante, armado, comporta de madeira tratada” (comunicação pessoal)¹⁵. Este projeto não foi executado e não houve continuidade nas ações de melhoria nos lagos, entretanto, a sinalização da possível construção de um vertedor demonstra a preocupação com a necessidade de se realizar uma obra de infraestrutura no Lago 1.

¹³ Informação fornecida por Oswaldo Poffo, em julho de 2013.

¹⁴ Informação contida na planilha orçamentária CODASP, fornecida por Katia Mazzei, em março de 2013.

¹⁵ Informação contida na planilha orçamentária CODASP, fornecida por Katia Mazzei, em março de 2013.

Um novo projeto foi proposto cujo título é “Contenção de Bordas dos Lagos, Substituição de Adufas, Transporte e Deposição do Lodo proveniente do Desassoreamento dos Lagos, Adequação hidráulica do Parquinho Infantil”. O projeto faz parte de uma série de investimentos em infra-estrutura previstas para o PEAL. Para a realização desta atividade, será firmado convênio com o DAEE que tem previsão de investimento de recursos no importe de R\$ 5.300.537,26. O valor disponibilizado pelo TCCA para esse item do projeto é de R\$ 3.500.000,00 (comunicação pessoal)¹⁶.

2.7 DADOS LEVANTADOS PELA BATIMETRIA

Para verificar a significância do amortecimento de cheia propiciado pelos lagos e para constatar o grau de assoreamento na situação presente, foi realizada uma batimetria simplificada nos Lagos 2 e 3 através da medição manual da profundidade com auxílio de um barco. Uma mira foi utilizada para medir aproximadamente a espessura da coluna de água.

Os pontos de medição foram distribuídos em seções dos lagos. Em cada seção foram medidos três pontos na região interna mais dois pontos nas margens. No Lago 2, as seções foram traçadas a partir de um ponto central, sendo medidos dois pontos na margem externa entre cada seção (Figura 12). Para cada seção, as distâncias foram marcadas com uma fita adesiva em um fio de comprimento de 100 m, sendo posteriormente medidas com fita métrica de 30 m. Os equipamentos foram disponibilizados pelo Laboratório de Topografia e Geodésia (LTG) da escola e a metodologia de cálculo do volume foi a seguinte:

Foi calculada a profundidade média de cada trecho a partir da média aritmética dos dois pontos extremos. A delimitação de polígonos foi feita a partir das seções e margens. A profundidade média de cada polígono foi calcula a partir da média ponderada pelo comprimento de cada trecho. As áreas de cada polígono foram obtidas por método gráfico com auxílio de software de desenho. Os pontos foram transferidos para o software a partir de referências nas margens dos lagos e com transformações de escala.

A área dos lagos foi calculada por método gráfico, a partir do Mapa Digital da Cidade (PMSP, 2013), sendo a área do Lago 2 de 17.089 m² e a área do Lago 3 de 3.547 m². O objetivo da batimetria foi estimar o volume de água existente nos lagos a partir da situação presente e tendo como referência a borda de concreto situada ao lado direito de cada comporta. A diferença entre o nível d’água e a margem de concreto no Lago 2 foi de 0,17 m, enquanto que no Lago 3 o desnível foi de 0,41 m. Os principais dados obtidos estão apresentados nas Tabelas 2 e 3 e os dados brutos são apresentados em tabelas em anexo (Anexos 4 e 5).

¹⁶ Informação fornecida por Katia Mazzei, em março de 2013.

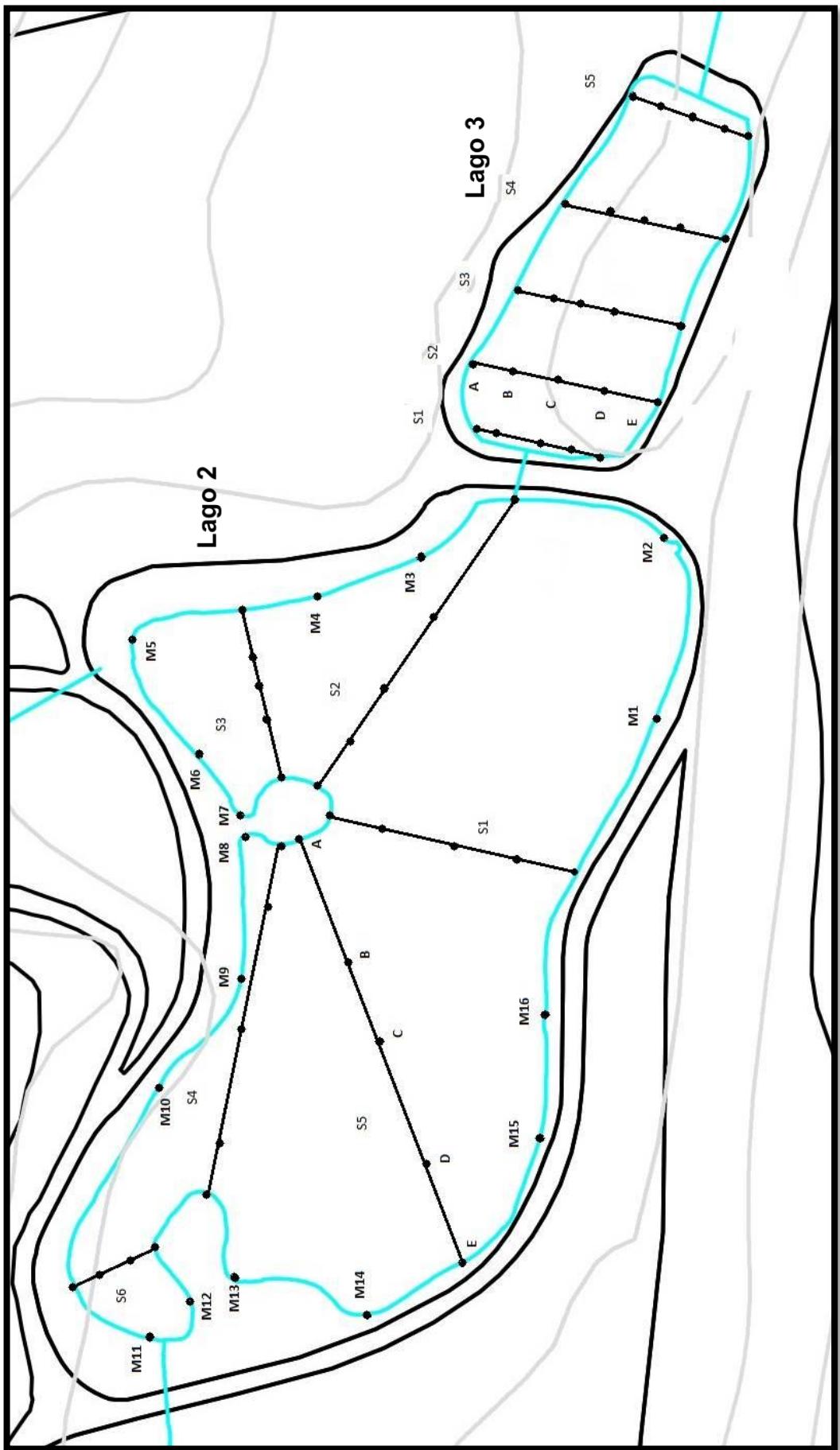


Figura 12. Registro da batimetria no PEAL.

Tabela 2. Resultados do cálculo do volume - Lago 2 do PEAL.

Planilha de apoio Lago 2			
Polígono	Área (m²)	Prof. Média (m)	Volume (m³)
1	4605,5	0,71	3271,7
2	1715,2	0,72	1237,9
3	908,9	0,41	372,2
4	1413,5	0,27	383,9
5	4399,2	0,55	2408,5
6	3687,2	0,70	2598,7
7	359,32	0,17	61,2
TOTAL	17088,82	-	10334,1

Tabela 3. Resultados do cálculo do volume - Lago 3 do PEAL.

Planilha de apoio Lago 3			
Polígono	Área (m²)	Prof. Média (m)	Volume (m³)
1	141,9	0,8	113,5
2	773,9	0,8	616,8
3	846,8	0,7	609,7
4	866,5	0,8	734,3
5	705,3	1,1	791,3
6	213,1	0,9	191,8
TOTAL	3547,5	-	3057,4

Os volumes calculados para os Lagos 2 e 3 foram 10.334 m³ e 3.057 m³, respectivamente. Avaliando as profundidades de cada lago, percebe-se que o Lago 2 está mais assoreado do que o Lago 3, se não houver diferença significativa na profundidade de projeto dos lagos.

2.8 DINÂMICA DA PRODUÇÃO, TRANSPORTE E CONTROLE DA CARGA DIFUSA

Carga difusa é aquela de origem distribuída ou esparsa de poluentes na área de contribuição da bacia hidrográfica e quando gerada em áreas urbanizadas possui fontes bastante diversificadas. Segundo SMDU (2012b) e PROSAB (2009), alguns exemplos de origem da carga difusa são: abrasão e desgaste dos pavimentos; lixo acumulado nas ruas; resíduos orgânicos de animais domésticos e silvestres; lavagens da construção civil (tintas, solventes, óleos e graxas, cimento e cal); entulhos diversos; derrames de combustível, óleo lubrificante, fluido de freio e líquido refrigerante; partículas que se soltam com o desgaste de pneus, freios, ferrugem e tinta; efluentes de lavagens de ferramentas e veículos, de lavagens de feiras livres e de lavagens de quintais;

fuligens de escapamentos e chaminés, outros resíduos da deposição seca e úmida de poluentes atmosféricos, entre outras. Resíduos de esgotos domésticos retidos nas redes pluviais também podem ser incluídos nos exemplos de carga difusa. Segundo SMDU (2012a), as redes de drenagem urbana são responsáveis pela veiculação dessas cargas, que constituem importantes fontes de degradação de rios e lagos.

Segundo Novotny (1991 apud SMDU, 2012b), a carga difusa é lançada de modo intermitente, pois está relacionada à precipitação e sua origem exata é impossível de ser identificada. A complexidade dos fenômenos que regem a produção e transporte da carga difusa faz com que a correlação entre a vazão e a carga poluidora seja praticamente impossível de ser estabelecida. Segundo o autor, a característica mais marcante da poluição de origem difusa é a grande variabilidade da concentração de poluentes, que pode variar de uma bacia para outra, entre diferentes eventos de precipitação e também durante um mesmo evento.

A carga de primeira chuva (“*first flush*”) corresponde à remoção inicial do material acumulado entre chuvas sobre o solo ou no interior das canalizações. Quando o fenômeno ocorre, o pico do polutograma antecede o pico do hidrograma. A não ocorrência da carga de primeira chuva está relacionada com as perdas iniciais do escoamento superficial. Nesse caso, pode haver retenção de uma parte dos poluentes, dependendo do volume total escoado e da altura da lâmina formada. Além disso, é mais frequente observar o fenômeno da carga de primeira chuva em bacias pequenas do que em bacias maiores (SMDU, 2012b).

Novotny (2003 apud SMDU, 2012b) e Brites & Gastaudini (2006 apud SMDU, 2012b) encontraram valores semelhantes sobre o transporte de carga poluente: as primeiras frações do escoamento superficial urbano obtidas pelos autores (32 e 40%) continham 74 e 60% da carga poluente transportada, respectivamente. Na Europa, o uso de sistemas armazenadores da parcela inicial do escoamento superficial é praticamente obrigatório (SMDU, 2012b). Este tipo de controle é alcançado pela adoção de um conjunto de medidas capazes de reduzir o potencial poluidor das águas de drenagem, chamadas de medidas ótimas para gerenciamento de águas pluviais (*Storm Water Best Management Practices - BMP*) que incluem, entre outros dispositivos, os reservatórios de primeira chuva e as bacias de retenção.

2.9 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DE RETENÇÃO

A bacia de retenção, ou bacia de detenção alagada, é um dispositivo que retém temporariamente o volume escoado proveniente da drenagem de uma área, mantendo uma lâmina d’água permanente. A bacia promove a retenção e tratamento do escoamento de águas pluviais contaminadas. Com a precipitação, o escoamento superficial é retido em um volume de espera, até ser trocado pelo escoamento do próximo evento de chuva (USEPA, 1999). O tempo de residência recomendado é de apenas 12 horas, sendo necessária

uma pequena vazão de base para sustentar a lâmina d'água permanente (SMDU, 2012b). Segundo Debo & Reese (1941), as bacias de retenção produzem benefícios para múltiplos objetivos, servindo de habitat natural para a vida terrestre e aquática. As bacias podem ser integradas junto a parques, permitindo a utilização do espaço pela população (SMDU, 2012b).

Dentre os múltiplos objetivos da estrutura, o principal é o da retenção de poluentes por meio da sedimentação de uma fração do SST e de outros poluentes que possam ser carreados para o fundo por estarem associados a esses sólidos (BMP, 2007). A bacia de retenção pode promover o tratamento das águas pluviais com a redução da carga poluidora (PROSAB, 2009), mitigando os impactos ambientais negativos no corpo receptor. É realizado na bacia o controle quali-quantitativo da vazão gerada (PROSAB, 2009), sendo essas estruturas utilizadas não só para tratamento de águas pluviais, mas também para amortecer os picos de vazão nos eventos de cheia.

A operação desta estrutura se dá pelo barramento do escoamento durante e após um evento de chuva com o uso de dispositivos de controle como o apresentado na Figura 13. Há decantação de uma fração dos poluentes que chegam ao dispositivo e as águas estocadas são drenadas para o corpo hídrico a jusante, sendo necessária a remoção dos sedimentos depositados como medida de manutenção (SMDU, 2012b).

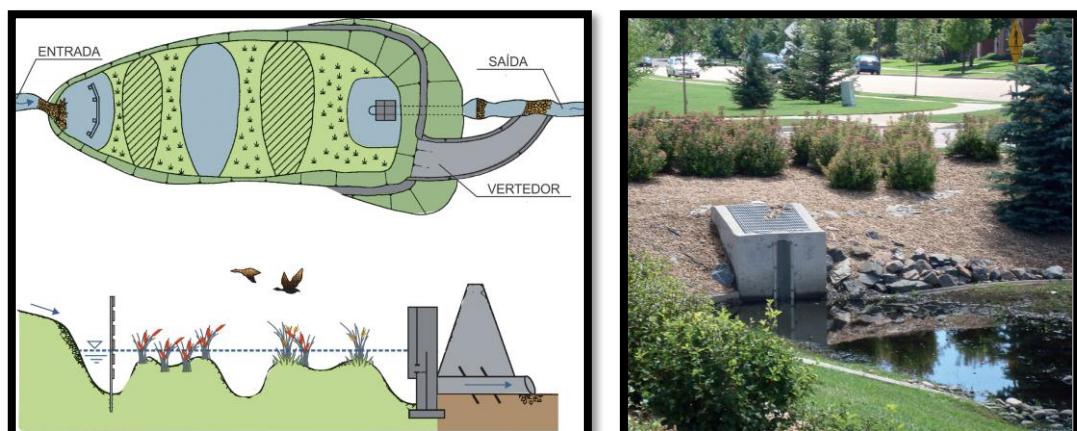


Figura 13. Exemplo de bacia de retenção (Colorado, EUA). Fonte: SMDU (2012b)

As bacias de retenção costumam apresentar cobertura vegetal na porção que é inundada periodicamente e outras espécies vegetais aquáticas nas áreas em que o nível d'água é mantido permanentemente. O escoamento sobre as superfícies vegetadas possibilita a remoção de alguns tipos de poluentes (PROSAB, 2009). A vegetação atua como uma espécie de filtro biológico e também auxilia na fixação dos sedimentos situados nas margens. Por fim, a oscilação do nível d'água na bacia possui potencial erosivo e a vegetação cumpre importante função na prevenção à erosão.

Muitos estudos foram realizados para constatar os benefícios das bacias de retenção na remoção de poluentes, porém sabe-se que a eficácia de remoção depende das condições de cada local (PITT, 2003). Com base em testes

laboratoriais, Colston (1974 apud PITT, 2003) determinou que 15 minutos de sedimentação em repouso foi suficiente para remover cerca de 80% de SST, 60% de DQO e 50% de turbidez de uma amostra de água de escoamento superficial urbano. Davis (1979 apud PITT, 2003) apontou uma significante redução de bactérias e patógenos apenas com a sedimentação.

A bacia ou lagoa de retenção é internacionalmente conhecida como retention *pond/basin* ou *wet pond/basin*, a estrutura é uma categoria das medidas ótimas para gerenciamento das cargas difusas (*International Storm Water BMP*). As instituições *Water Environment Research Foundation* (WERF), *American Society of Civil Engineers* (ASCE)/*Environmental and Water Resources Institute* (EWRI), *American Public Works Association* (APWA), *Federal Highway Administration* (FHWA) e *U.S. Environmental Protection Agency* (USEPA) produziram em conjunto um banco de dados a partir da seleção e análise técnica de projetos implantados nos EUA que monitoram a concentração de variáveis de qualidade da água na entrada e saída das estruturas. Os resultados atualizados em 2012 das 68 estruturas selecionadas podem ser visualizados em anexo (Anexo 2).

2.10 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RESERVATÓRIO DE PRIMEIRA CHUVA

O reservatório de primeira chuva é um dispositivo que armazena a primeira parcela do escoamento superficial e a direciona para tratamento, reduzindo os impactos negativos, provenientes da carga de primeira chuva da bacia hidrográfica, ao corpo hídrico receptor. A retenção pode ser “em linha” - reservatório “em série” na rede - ou “fora de linha” - reservatório separado da rede. No último caso, o armazenamento ocorre quando a vazão supera um valor prefixado e é desviada por um extravasor (estrutura de partição de vazão). Ao extravasor pode estar associado um dispositivo de desvio que exclui o reservatório quando este estiver completamente cheio. Esse dispositivo pode fazer com que as vazões excedentes entrem no reservatório e se misturem com a água já acumulada (reservatório de trânsito) ou que sejam interceptadas a montante do reservatório e despejadas no receptor sem que se misturem ao volume já acumulado (reservatório de captura). O esvaziamento pode ser projetado por diferentes técnicas, na modalidade contínua ou intermitente. Há ainda a possível divisão em câmaras para otimizar a captura dos poluentes. Por último, os reservatórios podem possuir sistemas de lavagem auto-limpantes, que impedem o acúmulo de sedimentos no seu interior (PAPIRI e TODESCHINI, no prelo).

Muitos estudos indicam que as águas de primeira chuva estão associadas a uma fração importante da massa de poluentes. Segundo Tucci (2002 apud PROSAB, 2009), a primeira parte da precipitação efetiva, aproximadamente 25 mm, possui cerca de 90% da carga poluente encontrada em todo o escoamento superficial. Na Itália, a legislação proíbe o lançamento das águas de primeira chuva nos principais corpos hídricos (HAUPT *et al*, 2007). Na região da Lombardia, os cinco primeiros milímetros de chuva precipitados nas

áreas impermeabilizadas diretamente conectadas à rede de drenagem devem receber tratamento. Essa precipitação corresponde a um volume de 50 m³ para uma área impermeável de um hectare (HAUPT *et al.*, 2007).

2.11 POLUIÇÃO HÍDRICA NA POLÍTICA URBANA – TRATAMENTO DE EFLUENTES NA RMSP

No Brasil é adotado o sistema separador absoluto, mas como é comum a ocorrência de infiltrações nas redes de esgoto, o sistema, na realidade, opera como separador parcial (Andreoli *et al.*, 2006). Segundo Bueno e Tsutya (2004), o aumento da vazão das redes de esgotamento sanitário em períodos chuvosos pode chegar a 283% em relação à vazão máxima em período seco, alcançando uma taxa de infiltração de até 12 L.s⁻¹.km⁻¹. Essa contribuição nas redes de esgoto eleva a vazão afluente a valores acima da capacidade dimensionada para o tratamento, causando desestabilização do sistema, principalmente no tratamento biológico. É necessário longo período para a reestabilização do sistema, resultando no lançamento de efluentes nos corpos receptores sem o devido tratamento. Para proteger os sistemas de tratamento normalmente é utilizado um “by-pass” que possibilita a extravasão da vazão superior à capacidade máxima da estação diretamente para o corpo receptor. Segundo Bueno e Tsutya (2004), o projeto de uma ETE já deve prever essa contribuição adicional. Os autores defendem que devem ser definidos novos parâmetros de projeto decorrentes das contribuições de águas pluviais, de modo a subsidiar a comunidade técnica a discutir e rever o sistema atualmente utilizado, pois o mesmo não retrata a realidade nacional.

Paoletti (2005) considera que eliminar ou reduzir significativamente as ligações irregulares de águas pluviais em redes de esgoto (e vice-versa) é uma medida muito complexa, apresentando elevado custo associado. A escassez de investimentos para realizar a cobertura total de coleta e tratamento dos esgotos sanitários prioriza o uso dos recursos disponíveis para essa finalidade, sendo o tratamento das águas pluviais muitas vezes deixado como uma perspectiva de longo prazo (ANDREOLI *et al.*, 2006). Porém, segundo Paoletti (2005), é necessário propor soluções que, ao menos numa perspectiva de longo prazo, efetuem também o tratamento da poluição difusa, principalmente da primeira chuva. Assim, as adaptações futuras para os sistemas de tratamento já serão antevistas nos projetos, resultando em uma economia de recursos estratégica e atingindo a qualidade hídrica almejada em um horizonte mais próximo.

De modo geral, os países que utilizam os sistemas unitários limitam a vazão afluente às estações de tratamento, sendo que a vazão excedente é extravasada para o corpo receptor sem tratamento. Na Itália, o cálculo da vazão afluente dos sistemas de tratamento é feito com base em um coeficiente de diluição geralmente compreendido no intervalo de 2,5 a 5 (normalmente adotado 4). Nos casos onde o fator de diluição e a taxa de infiltração são elevados, temos como uma das alternativas para o aumento a eficiência global do sistema o amortecimento da vazão afluente através da implantação de

reservatórios (BERNARDES e SOARES, 2004). Os autores defendem que as alternativas de planejamento para as cidades brasileiras não devem necessariamente remeter para o completo restabelecimento de sistemas separadores absolutos como sistemas unitários, mas sim propor a utilização de algumas concepções dos sistemas unitários que poderiam trazer benefícios hidráulicos e ambientais. Segundo Paoletti (2005), deve-se prever, tanto no sistema unitário como no separador absoluto, com base na disponibilidade econômica, a instalação de rede de descarga e de reservatório de primeira chuva para posterior encaminhamento para tratamento. Entretanto, as medidas a serem adotadas devem ser intensamente discutidas, já que o Brasil apresenta diversas especificidades locais que podem implicar em maiores volumes a serem tratados.

As soluções adotadas para o esgotamento no Brasil devem ter como objetivo principal a proteção e recuperação dos corpos receptores. Para alcançar esse objetivo em longo prazo é necessário tratar todas as águas poluídas de cada bacia hidrográfica. Segundo Andreoli *et al.* (2006), a drenagem urbana e o esgotamento sanitário não devem ser considerados aspectos isolados no planejamento do ambiente urbano. As relações entre os dois tipos de efluentes são evidentes, sendo mais adequado aplicar soluções sistêmicas. É necessário projetar os sistemas de tratamento com a possibilidade de aumento da capacidade. A construção de reservatórios para o armazenamento das vazões excedentes para posterior tratamento viabilizará o tratamento da carga poluidora das águas pluviais.

É também necessário pensar nas necessidades futuras de ampliação da eficácia dos sistemas de tratamento. As ETE's podem ser projetadas considerando a posterior adaptação para a remoção de outros poluentes, não só da matéria orgânica.

Como complemento dessas futuras práticas, está o incentivo desde já de medidas não-estruturais para controle de cargas difusas, citadas no item 8.1.

2.12 POLUIÇÃO HÍDRICA NA POLÍTICA URBANA - PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO PMSP

O Plano Diretor Estratégico (PDE) foi instituído pela Lei nº 13.430, em 2002, juntamente com o Sistema de Planejamento e Gestão do Desenvolvimento Urbano do Município de São Paulo. Uma das diretrizes da Política Urbana do Município é a implantação do direito à infraestrutura urbana, a ordenação e controle do uso do solo, de forma a combater e evitar a poluição e a degradação ambiental. Os objetivos da política que se relacionam com o projeto de concepção do SECCD para proteção dos lagos do PEAL são:

- Proteger e recuperar o meio ambiente e a paisagem urbana;
- Controlar e reduzir os níveis de poluição e de degradação em quaisquer de suas formas;

- Pesquisar, desenvolver e fomentar a aplicação de tecnologias orientadas ao uso racional e à proteção dos recursos naturais;

As diretrizes vinculadas aos objetivos da gestão da drenagem urbana relacionadas ao presente estudo constituem-se em:

- **Controle da poluição da água**, do ar e a contaminação do solo e subsolo (SMDU, 2012a, grifo nosso);
- Definição de metas para redução da poluição;

Em relação às questões do saneamento básico, o PDE estabelece os objetivos para os Serviços de Saneamento:

- **Despoluir os cursos d'água**, recuperar talvegues e matas ciliares e ainda **reduzir a poluição afluente aos corpos d'água através do controle de cargas difusas** (SMDU, 2012a, grifo nosso).
- Equacionar a drenagem e a absorção de águas pluviais combinando elementos naturais e construídos;
- Garantir o equilíbrio entre absorção, retenção e escoamento de águas pluviais;

Uma das quatro redes estruturais estabelecidas pelo PDE é a Rede Hídrica Estrutural:

“A Rede Hídrica Estrutural é constituída pelos cursos d'água e fundos de vale, eixos ao longo dos quais serão propostas intervenções urbanas para recuperação ambiental – drenagem, recomposição de vegetação e saneamento ambiental”.

O Programa de Recuperação Ambiental de Cursos d'Água e Fundos de Vale tem alguns objetivos que se relacionam com o estudo de caso:

- Motivar programas educacionais visando ao correto manejo do lixo domiciliar, à limpeza dos espaços públicos, ao **permanente saneamento dos cursos d'água** e à fiscalização desses espaços (SMDU, 2012a, grifo nosso);
- Promover ações de saneamento ambiental dos cursos d'água;
- Implantar sistemas de retenção de águas pluviais;

2.13 PROCESSOS DE SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO E DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL EM APP

A implantação do SECCD prevê a construção de um reservatório de primeira chuva no córrego Pedra Branca. Para isso foi indicado um trecho de Área de Preservação Permanente (APP) com cobertura vegetal para a construção, sendo a tipificação da vegetação da área e o levantamento da regulamentação do processo de supressão da vegetação itens importantes para a concepção do projeto.

A supressão da vegetação nas APPs é permitida em alguns casos excepcionais, desde que de acordo com as determinações vigentes. A Medida Provisória (MP) nº 2.166-67/01, alterando a redação do art. 4º do Código Florestal, estabeleceu as seguintes condições para que a supressão de vegetação em APP seja autorizada:

- Somente em caso de utilidade pública ou de interesse social;
- Devidamente caracterizada e motivada em procedimento administrativo próprio;
- Quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto.

A MP também definiu as hipóteses de utilidade pública ou interesse social, fixando, ainda, a possibilidade de supressão eventual e de baixo impacto. As seguintes atividades públicas são verificadas:

- Atividades de segurança nacional e proteção sanitária; Obras essenciais de infraestrutura destinadas aos serviços públicos de transporte, saneamento e energia; Demais obras, planos, atividades ou projetos previstos na resolução CONAMA nº 369/06 (BRASIL, 2006) (dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental em que se permite a supressão de vegetação em APP).

Além das duas primeiras hipóteses de utilidade pública trazidas pela MP 2.166-67/01, na Resolução CONAMA 369/06 (BRASIL, 2006), a seguinte atividade seria aplicável em área urbana:

- Obras públicas para implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e de efluentes tratados.

A Resolução CONAMA nº 369/06 (BRASIL, 2006) definiu que a implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e efluentes tratados é considerada intervenção ou supressão de vegetação eventual e de baixo impacto ambiental em APP, assim como outras ações ou atividades similares, reconhecidas como eventual e de baixo impacto ambiental pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA).

Segundo a Resolução CONAMA nº 001/94 (BRASIL, 1994), o histórico de uso da terra é um dos parâmetros para tipificar os diferentes estágios de regeneração da vegetação secundária. Por meio da análise de imagens de satélite de diferentes períodos, do mapeamento da cobertura vegetal retirado do EIA do Trecho Norte do Rodoanel (DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO, 2010) e de um registro fotográfico realizado em campo, pode-se tipificar o estágio de regeneração da vegetação da área de construção do reservatório de primeira chuva como um trecho de vegetação secundária em estágio pioneiro de regeneração.

Segundo BRASIL (1994), a categoria é “aquela cuja fisionomia, geralmente campestre, tem inicialmente o predomínio de estratos herbáceos, podendo

haver estratos arbustivos e ocorrer predomínio de um ou outro. O estrato arbustivo pode ser aberto ou fechado, com tendência a apresentar altura dos indivíduos das espécies dominantes uniformes, geralmente até 2 m. Os arbustos apresentam ao redor de 3 cm de diâmetro do caule ao nível do solo e não geram produto lenhoso. Não ocorrem epífitas. Trepadeiras podem ou não estar presentes e, se presentes, são geralmente herbáceas. A camada de serapilheira, se presente, é descontínua e/ou incipientes”.

A tipificação realizada considera que a área tem um grande potencial de regeneração, dada a existência de importantes fragmentos de vegetação na vizinhança. Porém, dependendo do histórico recente da área, a vegetação local pode ser tipificada como “campo antropizado”. Sabe-se que para confirmar a tipificação é necessário realizar um estudo de campo com profissionais capacitados para essa atividade, porém a análise do mapeamento da cobertura vegetal do recorte ampliado (Figura 14), a análise multitemporal das imagens de satélite de 2007 a 2011 (Figura 15) e a fotografia da área em 2013 (Figura 16) fornecem indicativos de que a intervenção na área do reservatório de primeira chuva será de baixo impacto ambiental associado, sendo também facilitado o processo de supressão da vegetação.

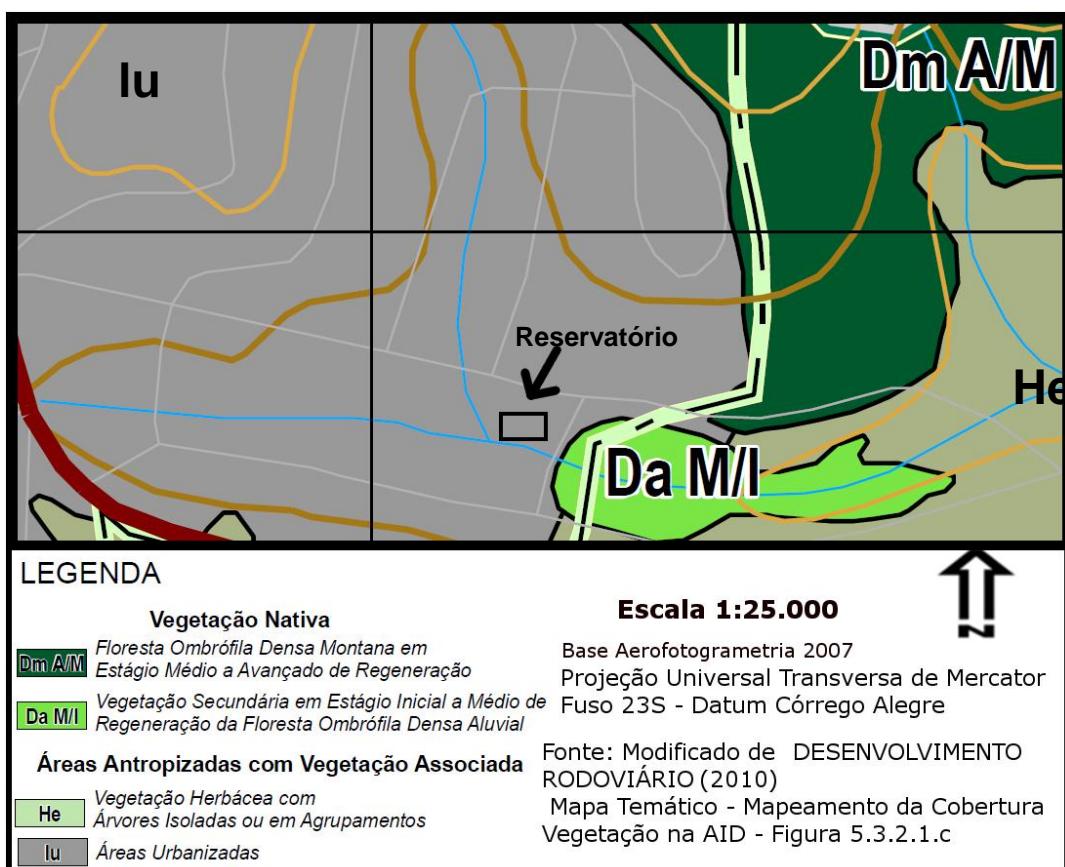


Figura 14. Recorte ampliado da caracterização do mapeamento da vegetação na AID do EIA do Rodoanel Trecho Norte (DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO, 2010).



Figura 15. Análise multi-temporal da mudança da cobertura vegetal na área de intervenção do reservatório de primeira chuva. Fonte: Google Earth (acesso em 07. jul. 2013).



Figura 16. Área de APP do córrego Pedra Branca no local escolhido para a construção do reservatório de primeira chuva. Fonte: Autores, em novembro de 2013.

Na esfera municipal vigora a Lei nº 10.365/87, que disciplina a supressão de vegetação e o Decreto nº 47.145/06 (SÃO PAULO, 2006), que regulamenta o TCCA, instituído pela Lei nº 13.430/02.

A compensação ambiental da supressão da vegetação na área de intervenção pode ser aplicada na própria APP do córrego Pedra Branca. A recuperação florestal das margens do córrego faz parte das medidas não-estruturais de controle da poluição difusa, apresentadas no item 8.1.

3. ANÁLISE DOS DADOS EXISTENTES

3.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO CÓRREGO PEDRA BRANCA

As duas nascentes a montante do PEAL e toda área de drenagem que contribui para o reservatório de primeira chuva do projeto estão localizadas em área urbanizada, como pode ser visualizado no mapa de impermeabilização do solo da Figura 17. A classificação de imagem foi feita com os dados de 2004 do Mapa Digital da Cidade da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU) da Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP). A área de drenagem que contribui para o reservatório de primeira chuva é somente uma estimativa, pois a delimitação, feita por ferramenta computacional a partir do modelo digital do terreno, desconsidera a configuração das sarjetas, galerias e outros elementos da microdrenagem.

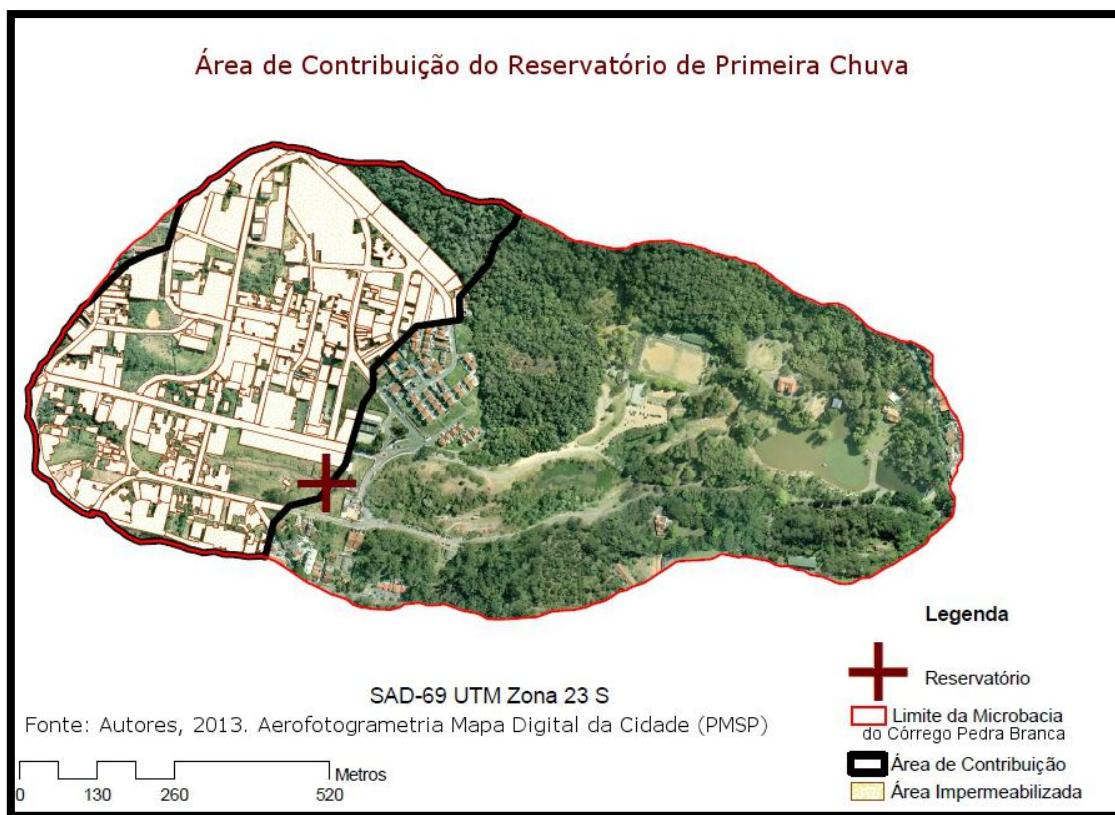


Figura 17. Impermeabilização do Solo em 2004. Fonte: Autores. Base: Mapa Digital da Cidade (PMSP, 2013).

A área de contribuição do reservatório de primeira chuva é de 337.285 m², sendo 192.294 m² (57%) de área impermeável.

O uso do solo na área urbanizada é predominantemente formado pelas classes de conjuntos residenciais e arruamentos com asfalto. Há predomínio de residências de médio/baixo padrão, sendo baixa a porcentagem de área permeável nos lotes. A porção sul da microbacia se diferencia do restante por

apresentar menor densidade de ocupação, com maiores áreas permeáveis, porém a área urbanizada é predominantemente formada por ocupação densa. A nascente mais ao norte se localiza a montante da Favela Itabira Pedra Branca. O número de domicílios estimado pela prefeitura (HABISP) é de 120 e a área é de 4878 m² (PMSP, 2013). A área está inserida na Zona Especial de Interesse Social 1 – N109 (ST). Além da ocupação irregular, cabe destacar a existência de um conjunto habitacional com três edifícios na porção noroeste.

O restante da área da microbacia externa ao parque é classificado como zona mista de proteção ambiental – ZMP, definida como:

"Porções do território destinadas à implantação de usos urbanos, de baixa densidade de construção, com gabarito de altura máxima de até 15 (quinze) metros para as edificações".

Todo o parque se localiza na Macrozona de Proteção Ambiental que segundo o Plano Diretor Estratégico: "é a porção do território do Município onde a instalação do uso residencial e o desenvolvimento de qualquer atividade urbana subordina-se à necessidade de preservar, conservar ou recuperar o ambiente natural" (SMA, 2009). Mesmo existindo instrumentos que disciplinam o uso e a ocupação do solo no entorno da UC, os processos de ocupação urbana são imprevisíveis, pois ocorrem a despeito desses dispositivos legais, favorecendo a expansão desordenada de assentamentos humanos de diversos padrões.

Considerando a distribuição descrita para o padrão de ocupação na área de estudo, o maior potencial de produção de sedimentos está localizado na área das habitações precárias (porção norte). Além de possuir declives menos acentuados (como pode ser constatado nos mapas a serem apresentados no item 3.2.1), a porção sul possui trechos com maior cobertura vegetal, indicando um menor potencial de produção de sedimentos.

É interessante destacar a construção de um conjunto residencial na porção noroeste da microbacia que expôs sedimentos ao carreamento da água nos últimos anos através da remoção da vegetação e do revolvimento do solo por obras de corte e aterro. A sequência das imagens de satélite (Figura 18) ilustra esse processo, além de destacar a localização da Favela Itabira Pedra Branca e do conjunto habitacional próximo.



Figura 18. Análise multi-temporal da mudança no uso do solo. Fonte: Google Earth (acesso em 07. jul. 2013).

A imagem da Figura 19 retrata o depósito irregular de resíduos sólidos próximo à entrada do córrego Pedra Branca no PEAL. A imagem permite também avaliar as condições da entrada da água de drenagem das vias no córrego. Todo o material existente na via é carreado pelas águas pluviais até o córrego, a grade de proteção não exerce adequadamente a função de reter os resíduos.



Figura 19. Deposição de resíduos na entrada do córrego Pedra Branca no PEAL. Fonte: Autores, 2013.

A atividade de remoção de árvores pela PMSP (Figura 20) foi observada na microbacia do córrego Pedra Branca e serve de exemplo para ilustrar o potencial de produção de cargas difusas das atividades antrópicas na microbacia, principalmente de sedimentos.



Figura 20. Exposição de sedimentos ao carreamento pela água - serviço de poda e remoção de árvores da PMSP. Fonte: Autores, em novembro de 2013.

A imagem da Figura 21 corresponde a um terreno localizado na Rua Itabira, no Bairro Pedra Branca. É retratado um trecho da galeria de água pluvial com aspecto de poluição hídrica, sendo também retratado o acúmulo de resíduos sólidos pela disposição final inadequada.

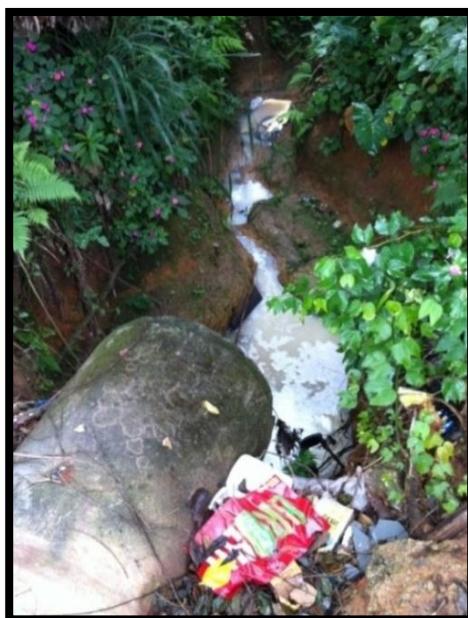


Figura 21. Trecho da rede drenagem a montante do PEAL. Fonte: Autores, em julho 2013.

Além da ocorrência de contaminação por cargas difusas, a Figura 21 permite avaliar o potencial erosivo do escoamento. A contribuição pluvial a montante proveniente de uma área impermeabilizada é concentrada pela tubulação e encaminhada para um trecho de solo exposto. A alta energia envolvida com o incremento da velocidade do escoamento acaba por induzir periodicamente o transporte de parte dos sedimentos para os lagos do PEAL.

Esses trechos abertos da rede pluvial a montante caracterizados por apresentarem um canal natural de drenagem com vegetação ciliar são utilizados pela população como área de disposição inadequada de resíduos sólidos tanto de menor quanto de maior porte. Esse material (Figura 22) pode ser carreado para o PEAL.



Figura 22. Disposição inadequada de resíduos sólidos.
Fonte: Autores, em julho de 2013.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO PEAL

O córrego Pedra Branca adentra a área do PEAL por uma tubulação abaixo da Estrada do Horto Florestal. Após percorrer um trecho a céu aberto com vegetação ciliar, o córrego adentra a estação de tratamento FLOTFUX® quando a vazão é inferior a 50 L.s^{-1} ou percorre um canal paralelo à estação nos períodos em que ultrapassa esse valor. O aspecto visual da água na entrada da estação e a conformação do canal paralelo podem ser visualizados na Figura 23.



Figura 23. Entrada da Estação de Flotação do PEAL (a) e canal paralelo (b).
Fonte: Autores, em junho de 2013.

As duas trajetórias possíveis para o escoamento se interceptam a aproximadamente 5 m a jusante da saída da estação e percorrem uma área

vegetada que dá origem ao Lago 1 (Figura 24). O lago está dentro da Zona de Recuperação do zoneamento do Plano de Manejo, estando afastado da área de maior circulação dos frequentadores (Zona de Uso Intensivo).



Figura 24. Lago 1 do PEAL. **Fonte:** Autores, em junho de 2013.

A saída é livre, composta por uma tubulação de 900 mm de diâmetro (Figura 25). A parte inferior da tubulação coincide com o fundo do Lago 1, não havendo opção de controle do nível d'água no corpo hídrico.



Figura 25. Detalhe da tubulação de saída do Lago 1. **Fonte:** Autores, em junho de 2013.

A tubulação está instalada sob o arruamento e o fluxo deságua em um trecho a céu aberto, com mata ciliar (Figura 26). A partir desse trecho, o córrego percorre uma tubulação de 400 mm de diâmetro e chega ao Lago 2.



Figura 26. Tubulação na saída do Lago 1. Fonte: SMA (2008).

A ligação entre o Lago 2 e o Lago 3 é feita por um vertedor e também uma comporta de operação manual. No Lago 3, há um extravasor e outra comporta de operação manual.

3.2.1 DADOS DE RELEVO NA MICROBACIA DO CÓRREGO PEDRA BRANCA

A partir das informações obtidas nos sobrevoos da prefeitura realizados em 2004 para a produção do Mapa Digital da Cidade (PMSP, 2013), foi possível analisar as curvas de nível de metro em metro da área de contribuição do reservatório de primeira chuva, que inclui uma significativa porção da área urbanizada da microbacia do córrego Pedra Branca (Figura 27).

Área de Contribuição do Reservatório de Primeira Chuva

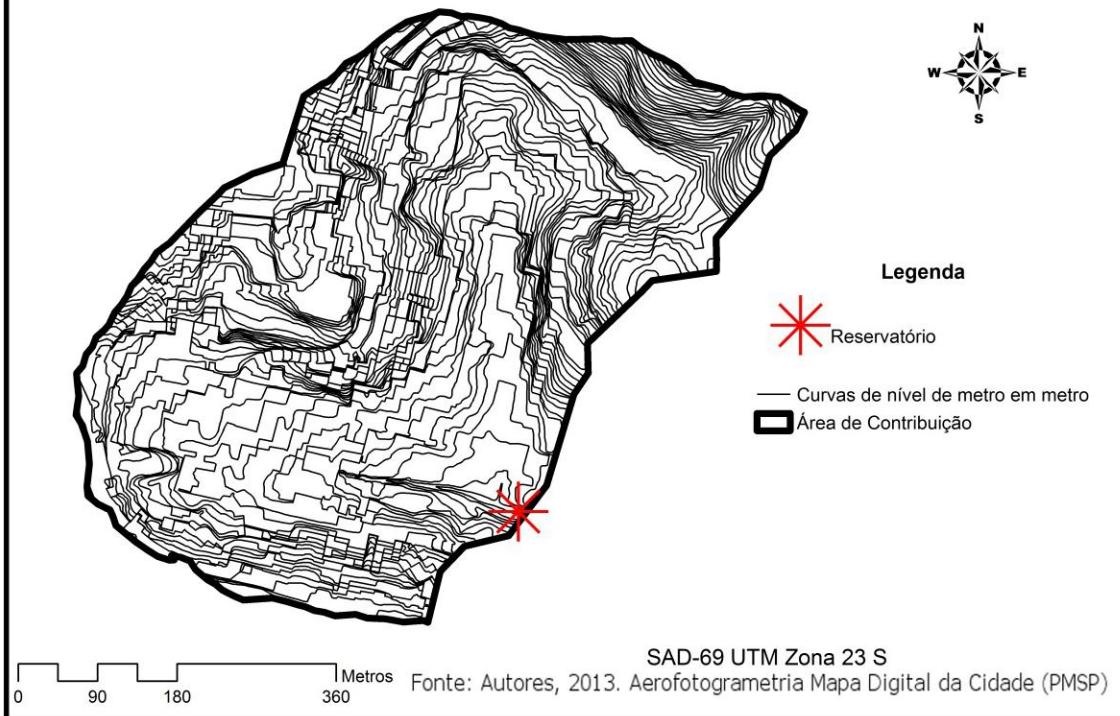


Figura 27. Curvas de nível da área de contribuição para o reservatório. Fonte: Autores. Base: Mapa Digital da Cidade (PMSP, 2013).

Para melhor visualização, toda a microbacia teve as cotas agrupadas em faixas de altitude para as subáreas associadas (Figura 28).

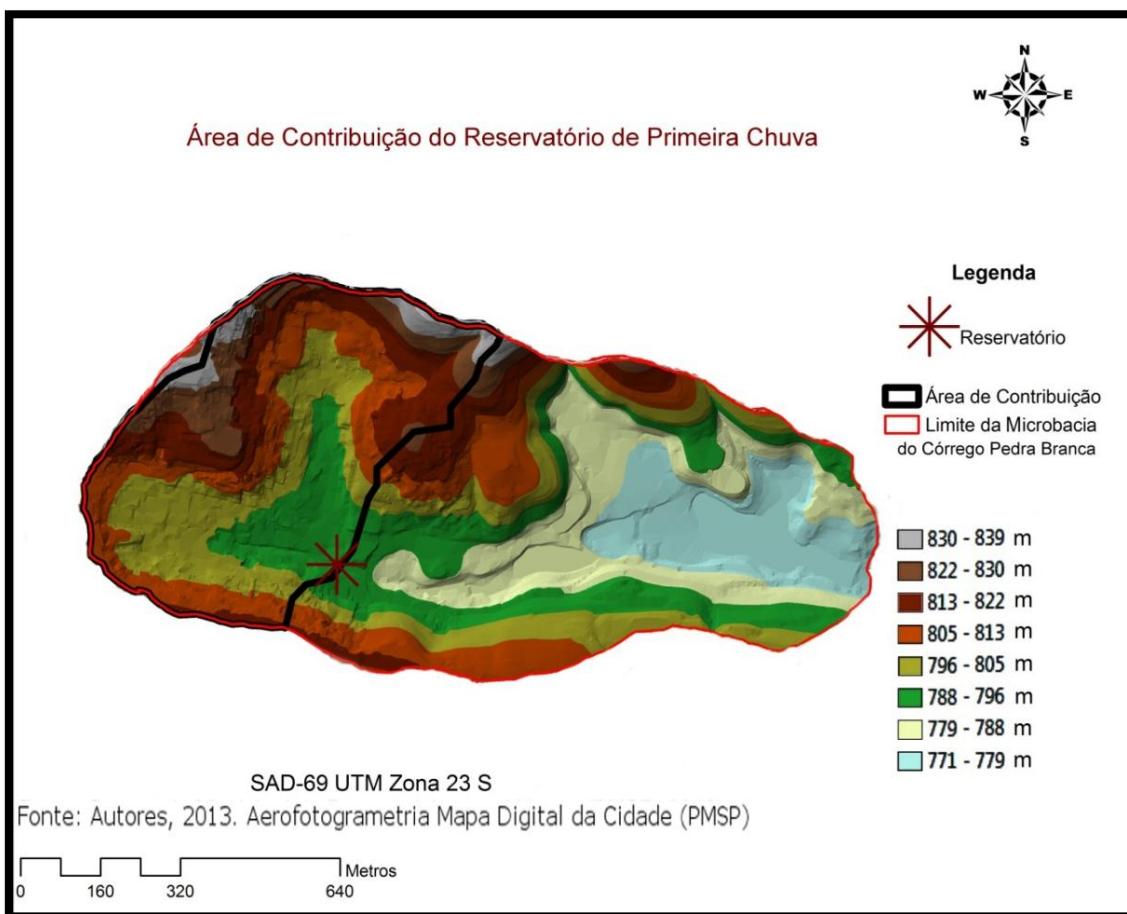


Figura 28. Relevo da microbacia do Córrego Pedra Branca em 2004. Fonte: Autores. Base: Mapa Digital da Cidade (PMSP, 2013).

Os perfis longitudinais dos cursos d'água da microbacia do córrego Pedra Branca que contribuem para o reservatório de primeira chuva foram elaborados com base nos mapeamentos apresentados acima e na delimitação do traçado dos córregos fornecida pela SABESP (comunicação pessoal)¹⁷ (Figura 29).

Cabe destacar a maior declividade média do primeiro afluente, indicando o potencial erosivo do escoamento acelerado que se origina na região mais densamente ocupada. As altas velocidades são também decorrentes do maior grau de impermeabilização do solo dessa região, resultando em uma maior contribuição de cargas difusas para a subárea do primeiro afluente.

¹⁷ Informação fornecida por Gilmar Massone, em abril de 2013.

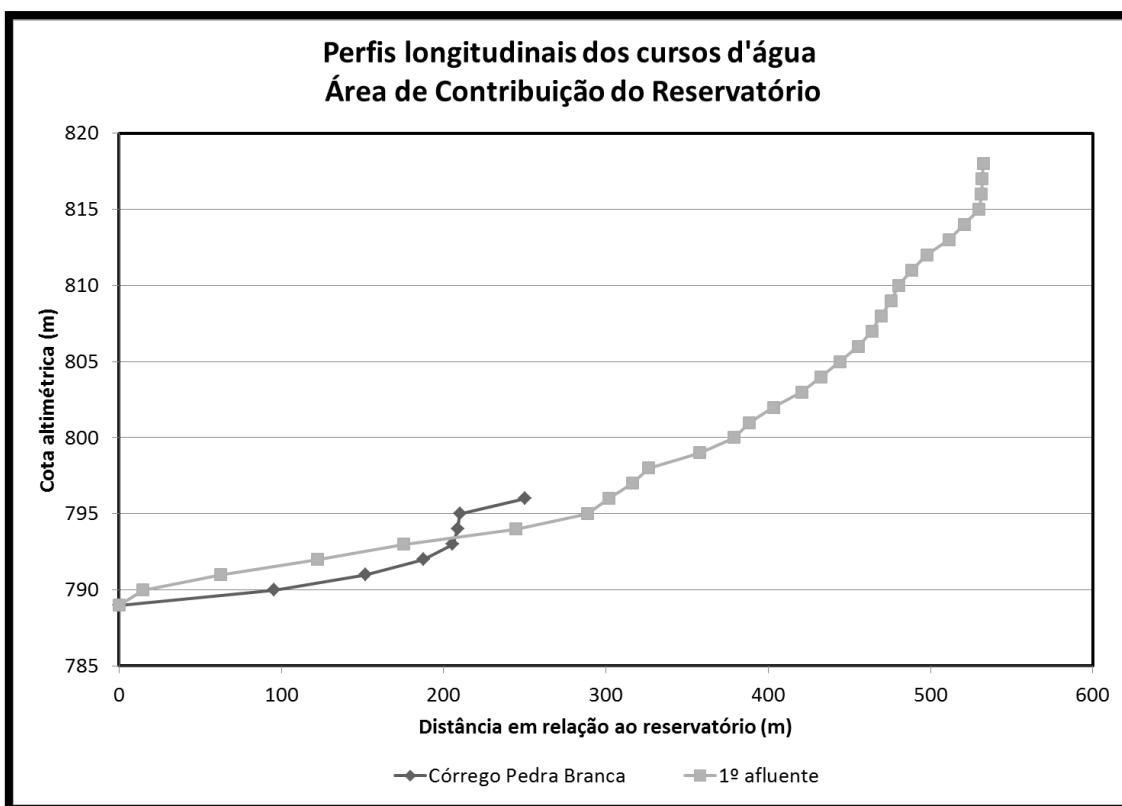


Figura 29. Perfis longitudinais dos cursos d'água. Fonte: SMDU, 2013.

3.2.2 QUALIDADE DA ÁGUA

Os dados disponíveis não permitem a determinação do estado atual da qualidade da água nos lagos do PEAL. Sabe-se que para a caracterização da qualidade da água seria necessário monitorar as variáveis ao longo da coluna d'água e de forma sazonal. A campanha de campo da equipe do Plano de Manejo do PEAL constatou no período úmido de 2008 que os lagos apresentavam indícios de um desequilíbrio ecológico, passando por um processo de eutrofização artificial, dada a contribuição excessiva de efluentes domésticos. Em abril de 2013, com as correções das ligações clandestinas na rede de drenagem já providenciadas, foi observada a mesma coloração esverdeada, característica da presença de algas (Figura 30). A eutrofização artificial manifesta-se pelo aumento da produtividade biológica, podendo ser observada a proliferação de algas e outros vegetais aquáticos, devido à maior disponibilidade de nutrientes proporcionada pela ação antrópica.



(a)

(b)

Figura 30. Coloração esverdeada no Lago 1. Fonte: SMA, 2008 (a) e Autores, 2013 (b).

A alta produção de biomassa impossibilita a incorporação pelo sistema na mesma velocidade da produção. Há proliferação excessiva de vegetais aquáticos na camada superior, tornando-a zona produtora de oxigênio e consumo excessivo de oxigênio nas camadas inferiores pela presença dos decompositores. Os peixes passam a competir com os decompositores pelo OD, restringindo a biodiversidade da ictiofauna, pois sobrevivem só as espécies mais resistentes. Além disso, os decompositores podem liberar, através da atividade anaeróbia no fundo do lago, poluentes para a coluna d'água através da produção de gases como metano, gás sulfídrico, amônia, além de ressuspender os sedimentos (BARROS *et al.*, 2005).

Sabe-se que os lagos continuam recebendo diversos vetores de pressão. O primeiro vetor envolve a produção de cargas difusas em toda a área urbanizada da microbacia e o transporte nos eventos intensos de chuva para os lagos do PEAL. A estação FLOTFLUX® teve sua vazão máxima dimensionada em 50 L.s^{-1} , ocorrendo a desativação das máquinas na ocorrência de chuvas intensas. Portanto, toda a carga difusa que adentra o PEAL transportada por vazões do córrego Pedra Branca superiores a 50 L.s^{-1} não pode ser tratada pela estação da SABESP e polui os corpos d'água inclusive com o aporte excessivo de sedimentos.

O segundo vetor de pressão se deve a fração de poluentes também de origem difusa, porém especificamente da carga que é transportada por eventos de chuva que não proporcionam vazões capazes de superar o limite de operação de 50 L.s^{-1} da estação. Essa carga difusa adentra a estação e é parcialmente atenuada, pois o tratamento possui eficácia diferenciada para cada poluente. Um exemplo é a concentração de nitrogênio amoniacal medida em agosto de 2008 na entrada ($10,44 \text{ mg.L}^{-1}$) e na saída da estação ($5,90 \text{ mg.L}^{-1}$), conforme SMA(2009).

O terceiro vetor se deve à produção interna de poluentes devido principalmente ao aporte de urina e fezes proveniente da fauna existente nos lagos, à ressuspensão do sedimento de fundo e ao aporte de cargas difusas produzido no próprio PEAL nas imediações dos lagos.

O processo FLOTFUX® atua, portanto, no tratamento de somente uma fração da carga com potencial de contaminação dos lagos, apenas mitigando uma parte dos impactos ambientais negativos nos corpos d'água.

Segundo SMA (2008), os dados levantados em agosto de 2008 apontam para uma concentração de $\text{DBO}_{5,20}$, de 75 mg.L^{-1} na entrada da estação, 13 mg.L^{-1} na saída da estação e 41 mg.L^{-1} no Lago 1. Esses valores permitem constatar que os benefícios adquiridos com o tratamento químico do processo FLOTFUX® são parcialmente anulados pela degradação da qualidade da água que sai da estação quando em contato com a água armazenada nos lagos.

Além da análise dos dados secundários do Plano de Manejo, foram feitas medições no dia 07/05/2013 e no dia 01/06/2013, ambas realizadas no período da manhã, às 11:00h. A medição de parâmetros como SDT, Condutividade, potencial de oxirredução (ORP), pH e Temperatura foi realizada com uma sonda multiparâmetros e os dados podem ser visualizados na Tabela 4. Os valores de OD foram descartados por suspeitar-se de descalibração do sensor de OD.

A medição foi feita na saída de cada lago e também na saída da estação. Os pontos de medição correspondem a marcos próximos às estruturas hidráulicas de saída. No caso do Lago 1, a estrutura hidráulica é um duto, enquanto nos Lagos 2 e 3 as estruturas são comportas. A medição foi feita a aproximadamente 0,20 m de profundidade, a altura corresponde à dimensão do medidor que é inserido na água. Somente na medição da saída da estação que a profundidade foi menor (0,10 m), pois a altura da coluna d'água era reduzida.

Tabela 4. Valores obtidos pela sonda multiparâmetro.

Variável x Valores (Maio/Junho)	Unidade	Saída Estação	Saída Lago 1	Saída Lago 2	Saída Lago 3
pH	Adimensional	6,90/6,86	6,94/6,99	6,59/6,80	6,85/7,35
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	19,00/18,26	20,00/18,30	20,34/18,90	21,48/20,43
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	mg.L^{-1}	186/140	206/147	116/97	105/96
Condutividade	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	368/280	418/294	233/194	210/192
ORP	mV	-31/-23,4	29,1/103,7	118,1/84,2	101/86,4

De acordo com CETESB (2008, apud SMA 2009), valores de condutividade acima de $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ caracterizam ambientes impactados. Todos os lagos apresentam valores maiores na faixa de 192 a $418 \mu\text{S.cm}^{-1}$. Para comparação, foi medida a condutividade e concentração de SDT de um pequeno lago que recebe contribuição apenas de nascentes internas ao PEAL, não apresentando impactos provenientes de área urbana. O resultado foi de $68 \mu\text{S.cm}^{-1}$ em maio e 32 mg.L^{-1} em junho, indicando impactos diferenciados para esses corpos d'água. Os valores negativos de ORP indicam o estado oxidante das águas na saída da estação devido a presença dos íons férricos. A concentração de SDT, outra variável indicadora da presença de poluentes, cresce da saída da estação para a saída do Lago 1 e decresce ao percorrer os outros lagos, apontando para o impacto dos sedimentos na qualidade de água.

As imagens da Figura 31 retratam o aspecto da qualidade da água no Lago 2, principal lago do PEAL. É possível observar a presença excessiva de substâncias sobrenadantes.

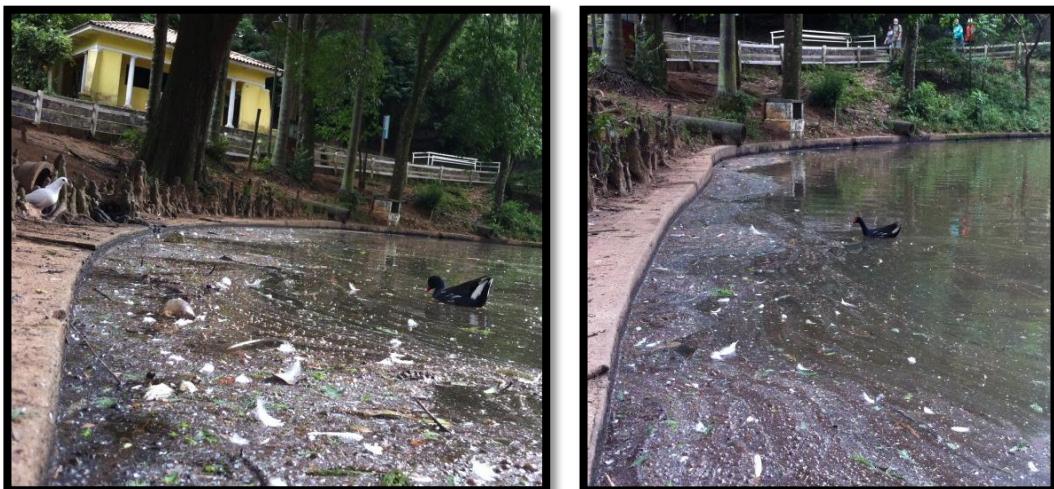


Figura 31. Aspecto visual da qualidade da água no Lago 2. Fonte: Autores, em novembro de 2013.

3.2.2.1 IMPACTO DOS SEDIMENTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA

Antes de adentrar na estação, o córrego é dividido em duas trajetórias. A vazão principal, quando menor que 50 L.s^{-1} , é direcionada para a estação de tratamento e o canal paralelo fica com sua vazão reduzida ou mesmo inexistente. Esse trecho do córrego que acompanha a estação tem, aproximadamente, 50 m e possui uma vegetação ciliar que segue após a saída da estação até o Lago 1. O canal paralelo não consta na planta do projeto da estação de tratamento. É interessante destacar que a trajetória da água nos eventos de cheia passou por uma mudança: até 2008 a vazão entrava na estação e era desviada para o canal paralelo. Essa configuração resultava na retenção de sedimentos provenientes dos eventos de cheia na entrada da estação, como é evidenciado na Figura 32.



Figura 32. Sedimentos acumulados na entrada da estação.
Fonte: (SMA, 2008).

Com o tempo, o escoamento criou uma passagem a montante da estação diretamente para o canal paralelo através da erosão provocada nos eventos de cheia. O trecho erodido é ilustrado na Figura 33.



Figura 33. Entrada do canal paralelo. Fonte: Autores, em junho de 2013.

Com essa alteração da trajetória da água dos eventos de cheia, todo o material que antes ficava acumulado na entrada da estação, passou a ir diretamente para o primeiro lago. Cabe destacar que o próprio canal é erodido constantemente e que esse material também vai para o corpo d'água. Além disso, com a vazão reduzida ou mesmo inexistente, fica acumulada água com poluentes no canal por períodos variáveis ao longo do ano, principalmente no período seco. Os compostos formados durante esse tempo são direcionados para os lagos quando a vazão do córrego ultrapassa o limite de projeto da estação.

É interessante observar que a eficácia na remoção de turbidez e sólidos suspensos totais assegurada para a estação é de 90 a 95% (MMA, 2000). A estação teoricamente retém grande parte dos sedimentos nas vazões inferiores à sua capacidade. Porém, a parcela mais significativa do volume de sedimento

que adentra os lagos é principalmente transportada nos eventos de chuva intensa, quando a estação é desativada.

Segundo Nakazawa e Helou (1993 apud SMDU, 2012b), a parcela de maior contribuição para o assoreamento do Rio Tietê está situada em sua maior parte em terrenos de declividades acentuadas e de grande susceptibilidade à erosão, estes terrenos são constituídos predominantemente por siltes, sedimentos que naturalmente são transportados em suspensão e em forma de carga de primeira chuva. Segundo Lloret Ramos e Ikeda (1993 apud SMDU, 2012b), a quase totalidade do aporte sólido ocorre em poucos eventos, estudos efetuados em afluentes demonstram que aportes superiores à ordem de 80% ocorrem em 4% do tempo.

O resultado é o aporte excessivo de sedimentos nos lagos do PEAL, principalmente no Lago 1. A Figura 34 ilustra o estado assoreado do Lago no ano de 2007.

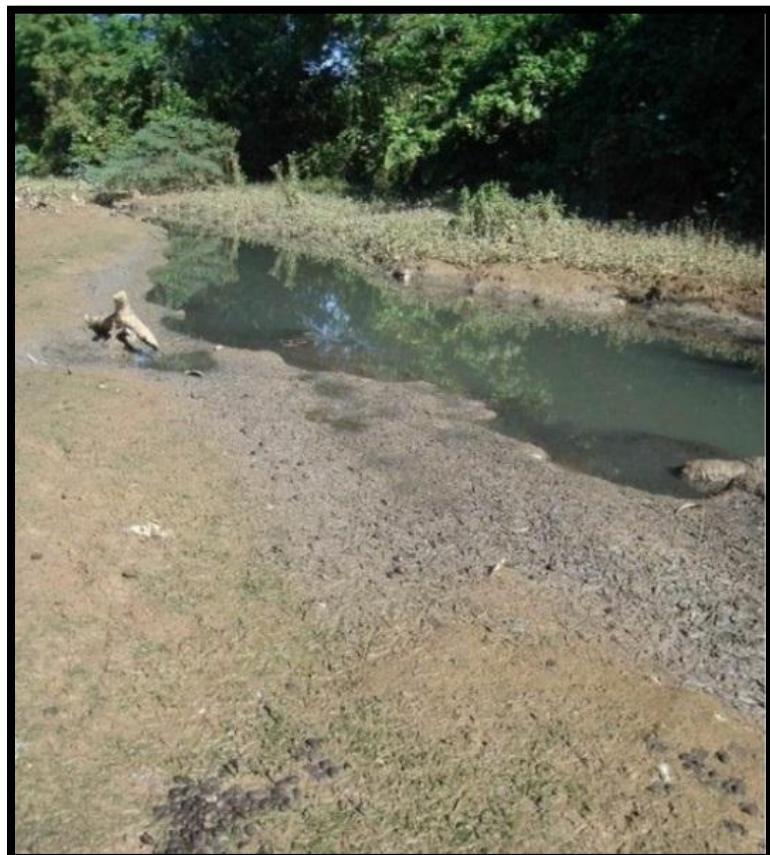


Figura 34. Assoreamento no Lago 1 em 2007.
Fonte: comunicação pessoal¹⁸.

Com a configuração atual do Lago 1, a lâmina d'água não é mantida permanentemente, sendo a turbidez da água elevada em determinadas épocas do ano. A turbidez da água pode aumentar da saída da estação para o sistema de lagos pela ressuspensão dos sedimentos de fundo.

¹⁸ Relatório interno SABESP fornecido por Gilmar Massone, junho de 2013.

4. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A urbanização da microbacia do córrego Pedra Branca se concentrou a montante do PEAL, chegando até as duas primeiras cabeceiras, e esse processo tem gerado impactos negativos nos lagos. Os corpos d'água receberam contribuição de efluentes domésticos no passado por haver lançamentos clandestinos na rede de drenagem e irregularidades na rede de coleta de esgoto. O lançamento da drenagem urbana em corpos d'água já introduz modificações que produzem impactos negativos diversos, com consequências a curto e longo prazo sobre o ecossistema aquático. O lançamento da drenagem urbana com efluentes domésticos acelera ainda mais esse processo.

O histórico de poluição do córrego Pedra Branca aponta para a melhoria na qualidade da água que adentra no PEAL com a gradual eliminação da contribuição de efluentes domésticos propiciada pelas ações de prevenção à poluição realizadas pela SABESP (Programa Córrego Limpo). Atualmente, é predominante o aporte de sedimentos, cargas difusas e resíduos sólidos. A estação de flotação e remoção de flutuantes em funcionamento cumpre um papel importante ao remover parte da concentração dos poluentes do escoamento. Porém, quando a capacidade da estação é superada, o aporte de poluentes de origem difusa em determinados eventos de chuva implica em um processo de degradação da qualidade ambiental dos corpos d'água. No caso do aporte excessivo de sedimentos, fruto da modificação do ambiente natural a montante, são demandados serviços de manutenção como os de desassoreamento. Trata-se, portanto, de um problema centrado nos eventos de chuvas intensas: as vazões superiores à capacidade da estação impactam negativamente o sistema de lagos.

Na descrição das áreas já despoluídas do Programa Córrego Limpo, o córrego Pedra Branca é citado da seguinte maneira: “Lago Horto Florestal – Pedra Branca (despoluído das nascentes até o primeiro lago)”. A água que sai da estação de tratamento tem sua qualidade deteriorada ao adentrar os lagos (comunicação pessoal)¹⁹. A qualidade da água afluente é deteriorada ao percorrer o sistema, por receber carga proveniente da biota que se desenvolve no PEAL e também pelo acúmulo das cargas difusas que são incorporadas no sistema. As cargas têm seu potencial de degradação acentuado pelo estado assoreado dos corpos d'água e pelo revolvimento do lodo de fundo proporcionado pela fauna. O resultado é um mecanismo corretivo oneroso que não gera benefícios evidentes nos lagos, pois o nível da qualidade da água alcançado a montante dos lagos é rebaixado ao longo do percurso.

A degradação da qualidade da água em que a biota se desenvolve com o aporte de poluentes provenientes do meio urbano tem o sedimento como componente-chave, não só devido ao impacto físico e estético, mas também porque o escoamento de sedimentos em zonas urbanas é frequentemente associado com o de outros poluentes. Por exemplo, o fósforo, muito presente em detergentes, e os metais advindos da poluição veicular, podem adsorver na

¹⁹ Informação fornecida por Gilmar Massone, em abril de 2013.

superfície do sedimento, especialmente em argilas e partículas orgânicas presentes no escoamento (CLARY *et al*, 2011).

As alterações das características do meio físico da microbacia proporcionadas pelo processo de urbanização aumentam a necessidade de desassoreamento dos lagos. A diminuição do tempo de concentração da microbacia provoca um maior potencial erosivo no escoamento, dados os elevados valores de pico de cheia. Além disso, com a degradação dos recursos florestais da APP, a fixação dos sedimentos superficiais do solo é prejudicada, deixando-os mais suscetíveis ao carreamento pela água.

O desassoreamento periódico utiliza recursos financeiros públicos para cada serviço de manutenção. A prática é de difícil execução, em função da indisponibilidade desses recursos no PEAL, fazendo com que a atividade de limpeza seja realizada esporadicamente, como descrito no item 2.6. Os serviços de desassoreamento, além de despender recursos públicos, geram impactos ambientais negativos no ecossistema dos lagos. Os impactos estão associados ao esvaziamento dos lagos com o recolhimento de indivíduos da biota.

O problema central constatado no PEAL está relacionado à concepção de um sistema de flotação sem previsão de monitoramento, ou passível de se adaptar às transformações do cenário. O monitoramento é realizado apenas na entrada e saída da estação, sem investigação da qualidade da água nos lagos, principal objetivo do tratamento. Quanto à adaptação, a contribuição da carga de efluentes domésticos no córrego Pedra Branca foi significativamente reduzida e o tratamento continua operando com a mesma estrutura, provavelmente utilizando uma concentração menor de coagulantes e auxiliares de coagulação. A origem dos danos ambientais nos lagos passou a se concentrar nos eventos de chuva intensa e não foram providenciadas medidas mitigadoras para esse novo cenário.

São investidos continuamente recursos públicos estatais para a operação da estação como, por exemplo, o uso dos produtos químicos (coagulante cloreto férreo e auxiliares de coagulação); de energia para a microaeração da massa líquida; a dragagem e transporte do lodo; gastos com manutenção de equipamentos e também, com as remunerações de funcionários. A análise de custos, essencial para o planejamento e avaliação de alternativas de projeto, poderia ser melhor aplicada se disponibilizados os custos de operação da estação, porém a SABESP negou o fornecimento de dados, inclusive os de monitoramento dos resultados do tratamento. A companhia não disponibiliza os dados de operação das estações para estudos acadêmicos, dificultando a contribuição potencial dos trabalhos de pesquisa para o aprimoramento do manejo dos recursos hídricos do PEAL.

O objetivo do Programa Córrego Limpo é garantir a qualidade da água adequada na entrada da estação, enquanto o objetivo do tratamento é o de garantir a qualidade da água adequada na saída da estação. O problema está na ausência de um acompanhamento sistêmico da política pública de saneamento e manejo de águas pluviais adotada na microbacia Pedra Branca. Não há um gerenciamento do sistema completo que incorpore, para a situação

atual, a geração da poluição na fonte até os resultados diretos nos lagos do PEAL. O planejamento ambiental da área depende do envolvimento da comunidade residente na microrregião, dos dirigentes e frequentadores do PEAL e também do trabalho conjunto da SABESP com a SMA.

A unidade de flotação foi implantada como medida emergencial de mitigação no ano de 2001, o Programa Córrego Limpo iniciou suas atividades em 2007 e o Plano de Manejo do PEAL foi concluído em 2009. Resta estabelecer uma agenda para a continuidade das ações, incluindo o devido monitoramento e a proposição de objetivos a serem alcançados. O estudo de caso é ideal para atividades de pesquisa, dada a variedade de áreas de conhecimento envolvidas na situação problemática aqui apresentada e também pela proximidade com o IF, Fundação Florestal e PEC. A atualização do Plano de Manejo do PEAL deve vir acompanhada de mais uma campanha de campo pontual, porém sabe-se que para o diagnóstico e enquadramento da qualidade de água dos lagos, todo o período entre a elaboração dos planos precisa ser monitorado. Os dados se tornam consistentes quando levantados de acordo com um plano de trabalho, apresentados em séries históricas e não apenas em análises pontuais.

5. ALTERNATIVAS PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA

As alternativas preveem a utilização de um reservatório de primeira chuva como forma de viabilizar o tratamento da carga de primeira chuva dos eventos de chuva que proporcionam vazões superiores à capacidade da estação *in situ*. O reservatório tem a capacidade de 960 m³ e foi dimensionado a partir do fator de 50 m³.ha⁻¹ de área impermeabilizada (HAUPT *et al*, 2007). O fator é definido na legislação italiana da região da Lombárdia e corresponde aos primeiros 5 mm de chuva precipitados nas áreas impermeabilizadas diretamente conectadas à rede.

A comparação é feita entre a configuração em que o volume da primeira chuva é retido até que a vazão do córrego Pedra Branca, somada à vazão de saída do reservatório, seja inferior à 45 L.s⁻¹; com a configuração em que o volume de primeira chuva é direcionado para a rede de esgoto para ser tratado na ETE Barueri.

Os valores de ativação da entrada e saída da estrutura são de 45 L.s⁻¹ - correspondente à capacidade da estação -, pois considerou-se o incremento de 5 L.s⁻¹ na contribuição da água de drenagem para a estação de tratamento em relação à contribuição para o reservatório de primeira chuva.

A vazão excedente não armazenada no reservatório de primeira chuva é tratada pela bacia de retenção. O dispositivo, localizado onde atualmente é o Lago 1, permite a sedimentação de uma fração do material que é recebido, complementando o tratamento da estação.

A análise de alternativas inclui a comparação com a Alternativa 0, na qual nenhuma medida estrutural é mantida para a recuperação dos lagos do PEAL.

Nesse cenário, a estação de tratamento e remoção de flutuantes é desativada e não há construção de um reservatório de primeira chuva, nem adaptação do Lago 1 para uma bacia de retenção.

O diagrama da Figura 35. Diagrama da avaliação de alternativas. Figura 35 ilustra a avaliação de alternativas.

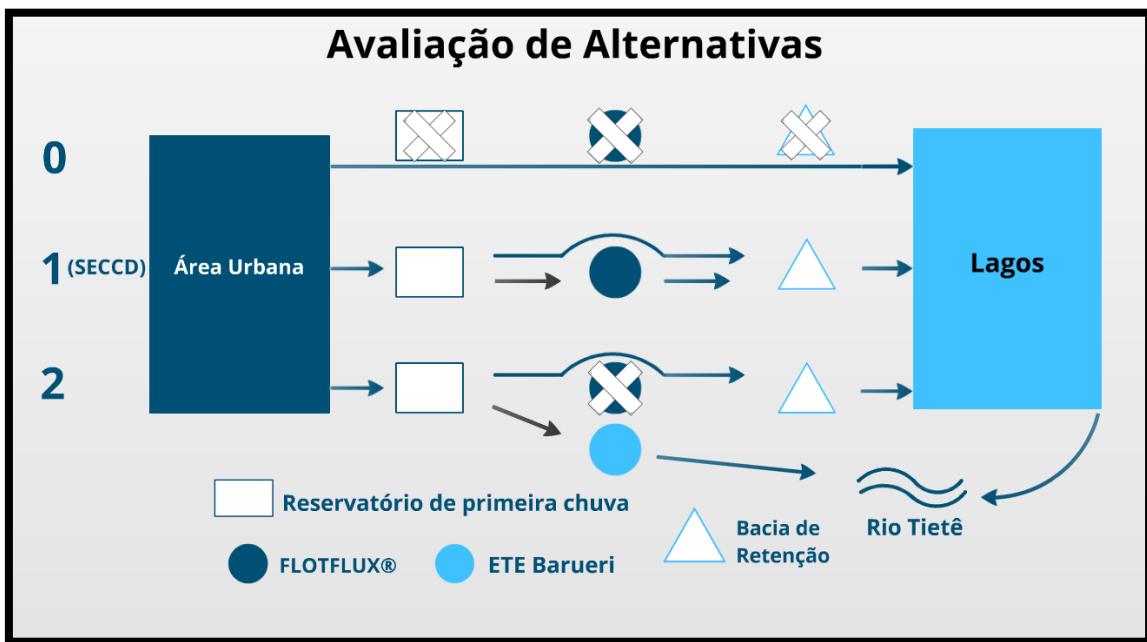


Figura 35. Diagrama da avaliação de alternativas.

5.1 ALTERNATIVA 1

A Alternativa 1 prevê a implantação e operação do SECCD (Figura 36). Para essa alternativa, a saída do reservatório de primeira chuva é conectada ao próprio corpo receptor, a montante da estação de flotação e remoção de flutuantes.

Sistema Estrutural de Controle de Cargas Difusas - PEAL

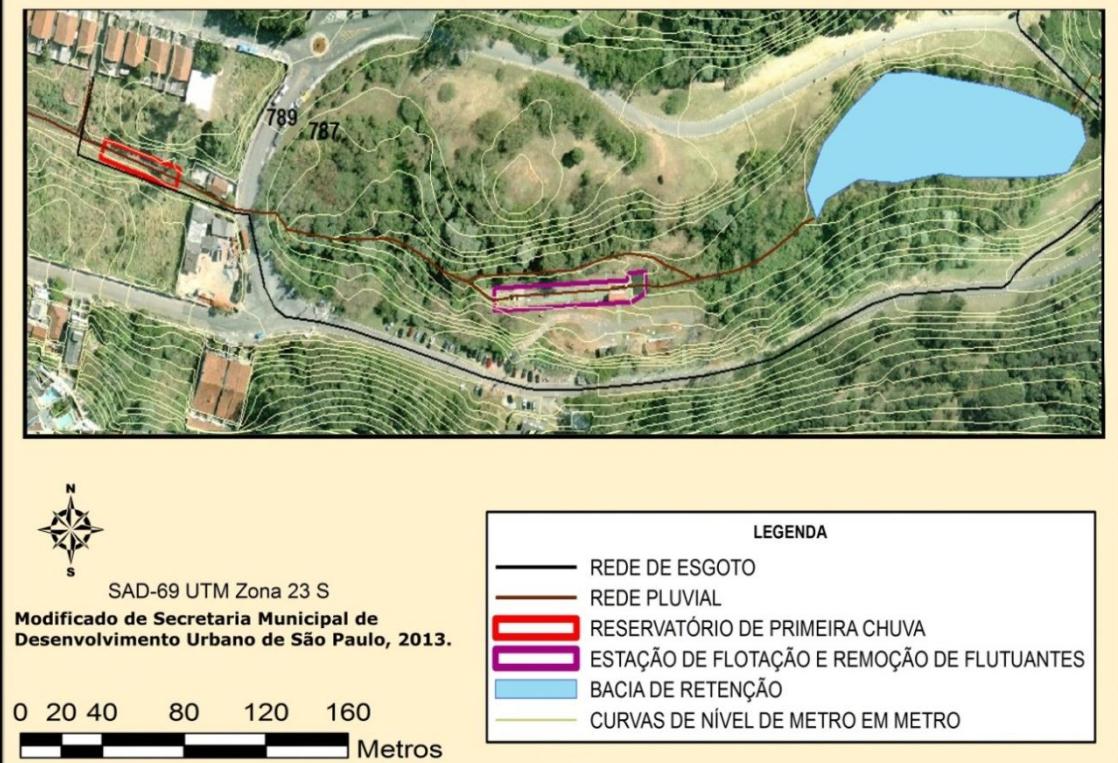


Figura 36. SECCD. Fonte: Autores, 2013. Base: Mapa Digital da Cidade (PMSP, 2013).

Essa ligação é intermitente, pois necessita que a descarga da água de primeira chuva somente seja realizada quando a vazão do córrego na entrada da estação apresentar um valor suficientemente pequeno, pois a soma das vazões não deve superar a capacidade do tratamento *in situ*. O dimensionamento do sistema de derivação para o corpo receptor (extravasor de alívio) decorre da determinação dessa vazão limite (HAUPT *et al*, 2007). Para isso, é utilizada uma válvula limitadora de acionamento remoto, de modo a otimizar a descarga. A configuração do reservatório de primeira chuva pode ser visualizada na Figura 37.

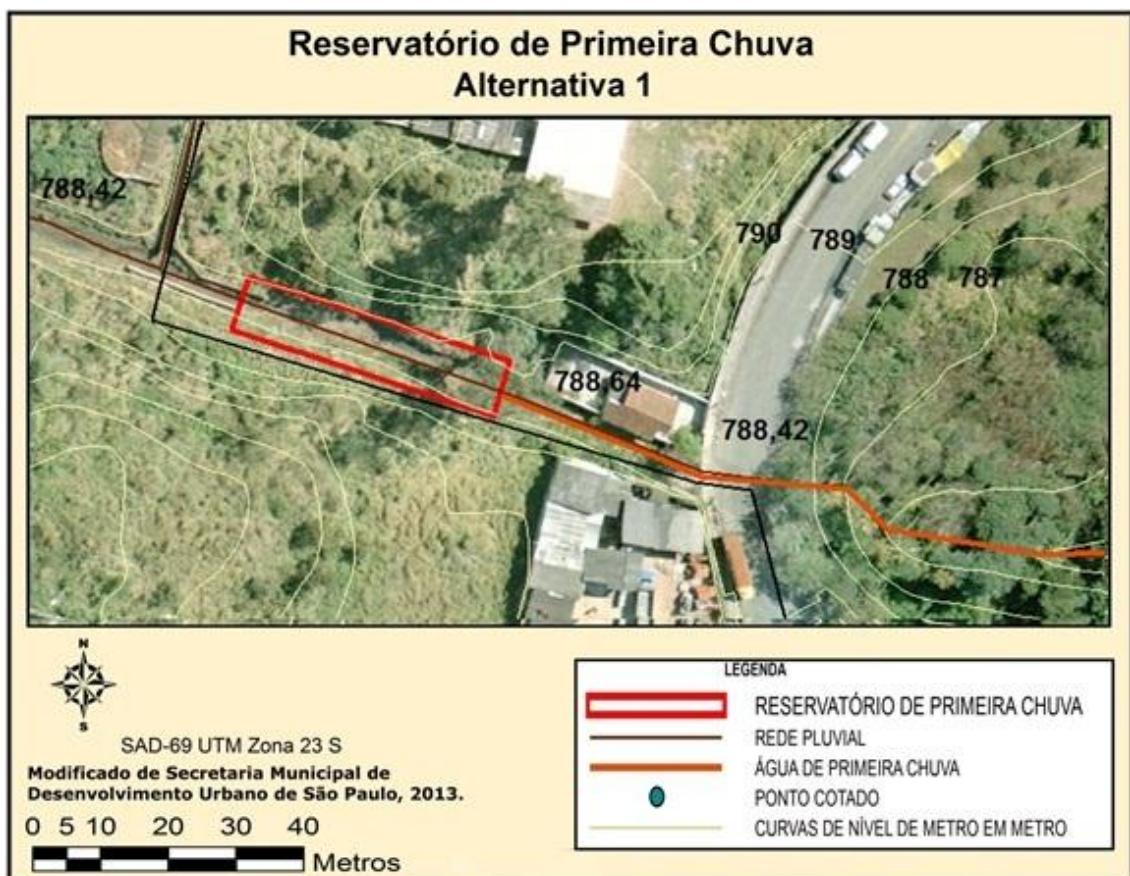


Figura 37. Configuração do reservatório de primeira chuva na primeira alternativa. Fonte: Autores, 2013. Base: Mapa Digital da Cidade (PMSP, 2013).

A Figura 38 ilustra na forma de um diagrama o funcionamento do SECCD. A descrição mais detalhada do sistema de entrada e saída do reservatório de primeira chuva é efetuada no item 7.1.1.

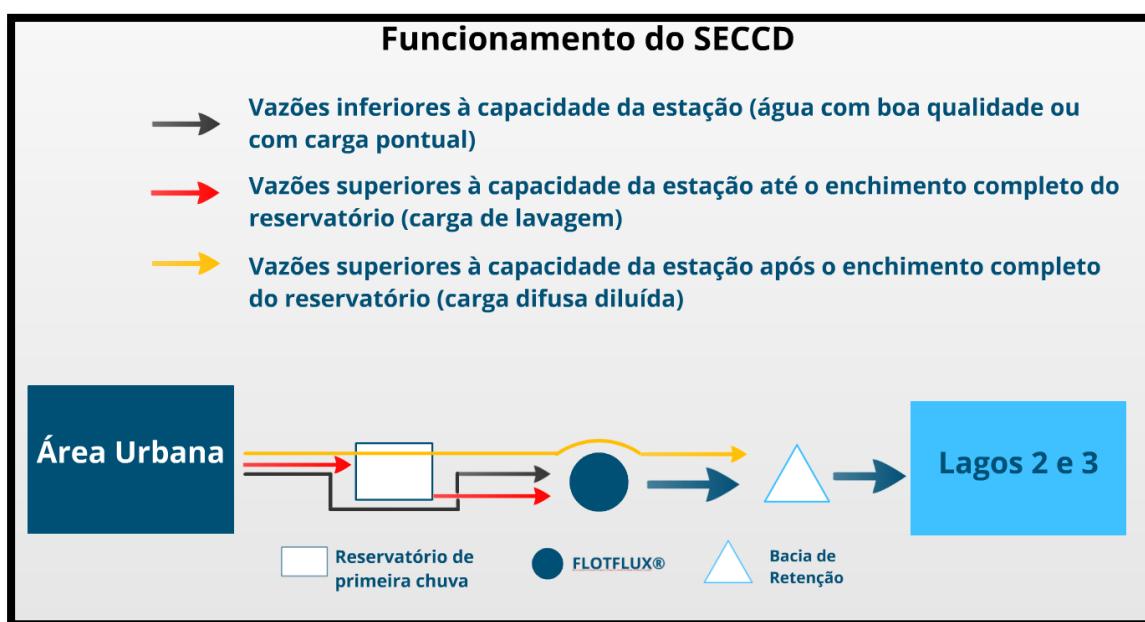


Figura 38. Diagrama do funcionamento do SECCD.

5.2 ALTERNATIVA 2

A Alternativa 2 prevê a ligação da saída do reservatório na rede coletora de esgoto (Figura 39), o que implica em algumas diferenças em relação à primeira alternativa no que se refere ao sistema de esvaziamento do reservatório.

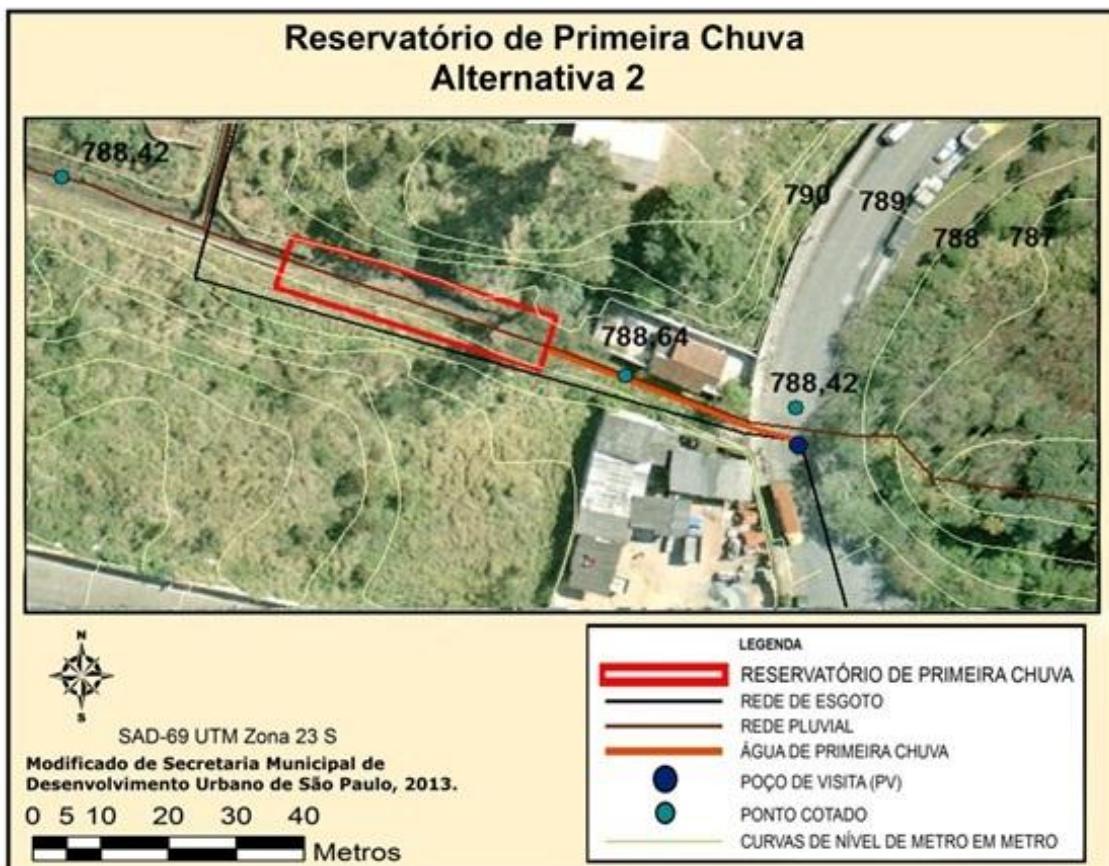


Figura 39. Configuração do reservatório de primeira chuva na segunda alternativa.
Fonte: Autores, 2013. Base: Mapa Digital da Cidade (PMSP, 2013).

Com o direcionamento da água de primeira chuva para a rede coletora de esgoto, o sistema de esvaziamento pode ser operado de modo contínuo. Essa configuração é simplificada porque é usado um orifício na saída que limita a vazão até determinado valor, fazendo com que o reservatório seja preenchido e esvaziado automaticamente. Com essa configuração, o volume do reservatório pode ser melhor aproveitado, já que o reservatório é preenchido enquanto uma vazão de saída é gradualmente liberada. A vazão de enchimento passa a ser a diferença entre a vazão de entrada e a vazão de saída. Estas vazões limites são definidas em função da capacidade hidráulica máxima da rede a jusante e da capacidade da estação de tratamento de esgoto em tratar efluentes de períodos chuvosos (HAUPT *et al*, 2007). A imposição de um tempo de espera para o início do esvaziamento pode ser uma boa estratégia para não sobrecarregar a estação de tratamento de esgoto, dadas as altas taxas de infiltração que ocorrem na rede, conforme mencionado no item 2.11.

O trecho da rede de coleta de esgoto próximo à área de implantação do reservatório pode ser visualizado na Figura 40, bem como as cotas dos PV's localizados a jusante do dispositivo.

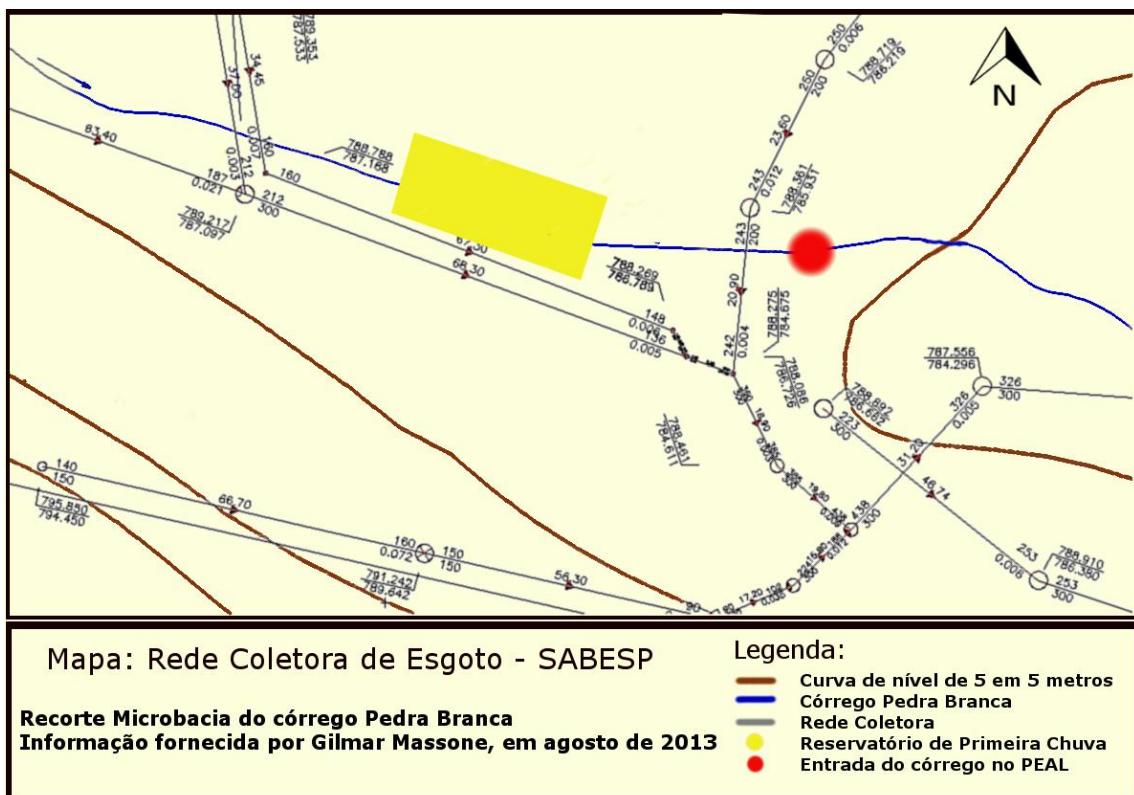


Figura 40. Mapa da rede coletora de esgoto. Fonte: Autores, 2013. Base: Comunicação pessoal²⁰

Para esta alternativa, a estação de flotação e remoção de flutuantes do PEAL pode ser desativada, pois o tratamento da carga de primeira chuva (poluição difusa) será realizado pela ETE Barueri e a poluição por esgotos domésticos já não está presente na microbacia do córrego Pedra Branca.

6. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS

6.1 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E DOS MÉRITOS PARA OS CRITÉRIOS

Resumindo, a água de primeira chuva é encaminhada para diferentes sistemas de tratamento. A Alternativa 1 (SECCD) consiste na ligação da saída do reservatório na própria rede pluvial, enquanto a Alternativa 2 possui a saída do reservatório ligada diretamente à rede coletora de esgoto. Ambas tem seus impactos positivos e adversos comparados com a Alternativa 0, que

²⁰ Informação fornecida por Gilmar Massone, em agosto de 2013.

compreende a não realização das estruturas de apoio (reservatório de primeira chuva e bacia de retenção) e a desativação do processo FLOTFUX®.

Sabe-se que o procedimento de análise multicritério é uma ferramenta que deve incluir diversos decisores de diferentes áreas de atuação para ter uma abrangência suficiente que garanta sua boa aplicação, ainda mais tratando-se de interesses e recursos públicos. A análise de alternativa a seguir é, portanto, simplificada, considerando os dados disponíveis na atual conjuntura.

Os pontos são atribuídos referindo-se a importância que o critério tem para cada alternativa. A escala é de 0 a 10, sendo 10 a melhor avaliação. Para os critérios econômicos, por exemplo, quanto maior o custo de operação, menor a pontuação. Por outro lado, quanto maior o custo evitado, maior a pontuação.

Como o objetivo da análise multicritério é o de auxiliar na escolha e hierarquização de alternativas, é realizada a atribuição de pesos a cada critério para pontuação de cada alternativa. Uma escala de 1 a 5 é utilizada na ponderação, sendo que o valor 1 indica o critério com menor importância. A seguinte equação é utilizada para determinar a soma total das pontuações de cada alternativa.

$$T_j = \sum_{i=1}^{13} p_i * N_{i,j}$$

Onde:

T = Total de pontos da alternativa j;

p = Peso relativo do critério i;

N = Nota do critério i da alternativa j.

Para o critério ambiental, a avaliação é realizada para os subcritérios de Implantação, Operação, Danos evitados e Impactos adicionais. Para o critério técnico, a avaliação passa pelos subcritérios Levantamento de dados de projeto, Implantação e Operação. Já para os critérios legais e administrativos, avalia-se a Aceitabilidade e o Alinhamento ao PDE. Por fim, no critério econômico, são avaliados os Custos de implantação, os Custos de operação, os Custos evitados e os Custos adicionais, totalizando 13 subcritérios.

A avaliação pelo critério ambiental (Tabela 5) ocorrerá a partir do levantamento dos impactos benéficos e adversos gerados nas fases de implantação e operação do sistema para cada alternativa. Na implantação, os impactos da construção da obra envolvem a supressão da vegetação, as atividades de escavação e destinação do material, a construção do reservatório de primeira chuva e de estruturas associadas, como as tubulações, mais extensas para a Alternativa 1. Para esse subcritério foi considerado peso 1, já que são impactos pontuais, concentrados na fase de implantação.

Por outro lado, para a fase de operação, o peso atribuído foi três vezes maior, uma vez que os impactos distribuem-se no tempo. Deve-se considerar o uso constante de produtos químicos na operação da estação FLOTFUX como um impacto ambiental relevante, pelo uso de recursos naturais.

Além disso, a avaliação pondera a capacidade das alternativas em mitigar o problema de qualidade da água dos lagos a partir da eficácia na redução do aporte de poluentes de origem difusa, subcritério este nomeado "danos evitados". Esse subcritério foi considerado como central na avaliação de alternativas, por representar o objetivo a ser atingido com a proposição do SECCD, portanto, foi atribuído peso 5. Estão incluídos os impactos associados aos serviços de desassoreamento, que podem ser mais ou menos frequentes dependendo da retenção ou desvio de sedimentos realizados em cada alternativa.

O último subcritério inclui os impactos ao meio ambiente urbano de forma geral, nomeados Impactos adicionais. Para a Alternativa 2, foi considerada a sobrecarga da ETE Barueri, proporcionada pelo lançamento da água de primeira chuva na rede coletora de esgoto, e consequentemente a degradação do rio Tietê. Sabe-se que a ETE encontra-se atualmente sobrecarregada pelo aumento das máximas vazões afluentes, próximas a $11 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (CAVALVANTI, 2013). O lançamento de efluentes não domésticos onera o tratamento, sobrecarregando tanto a sua fase líquida como a sólida. O excedente da sua vazão afluente sofre "bypass", sendo direcionado para o rio Tietê sem receber nenhum tratamento. Para esse subcritério, foi atribuído peso 2. Uma discussão similar é realizada na avaliação à luz dos critérios legais e administrativos, porém foi dado menor peso aos critérios ambientais, já que, conforme a discussão do item 2.11, a rede coletora de esgoto possui uma taxa de infiltração elevadíssima, sendo uma contribuição extra em eventos de chuva intensa de, por exemplo, 30 L.s^{-1} , pouco relevante. Para os episódios em que a vazão afluente da ETE sofre "bypass", considerando ainda que o corpo receptor se encontra em um estado avançado de degradação, os impactos são muito mais relevantes do ponto de vista administrativo do que propriamente ambiental. Os dois critérios avaliam os impactos ambientais, porém, na esfera administrativa, avalia-se a regulação de todas as práticas análogas a essa em discussão; enquanto no critério estritamente ambiental, avalia-se o impacto dessa situação específica. Para as Alternativas 0 e 1, os impactos adicionais estão relacionados apenas com a degradação ambiental do córrego Pedra Branca, que também impacta a qualidade da água do rio Tietê.

Tabela 5. Critérios ambientais para a avaliação de alternativas.

Alternativa X Subcritério (Peso)	Critérios ambientais			
	Implantação (1)	Operação (3)	Danos evitados (5)	Impactos adicionais (2)
0	9	10	0	9
1	5	7	8	8
2	6	10	9	3

A avaliação dos critérios técnicos (Tabela 6) é inicialmente voltada para a viabilidade dos levantamentos de dados de projeto, que envolve a hidráulica e a hidrologia, a topografia, a análise da qualidade dos corpos d'água e a de métodos construtivos. Também são avaliadas as etapas de implantação e operação de cada alternativa. O nível de detalhamento do projeto não é

suficiente para uma avaliação técnica precisa. Sendo assim, foi atribuído peso 1 para esses subcritérios, uma vez que mesmo podendo ocorrer maiores ou menores dificuldades, os estudos são considerados viáveis para as três alternativas.

Tabela 6. Critérios técnicos para avaliação de alternativas.

Alternativa X Subcritério (Peso)	Critérios técnicos		
	Levantamento de dados de projeto (1)	Implantação (1)	Operação (1)
0	10	10	10
1	6	4	7
2	7	6	8

Outro critério utilizado envolve aspectos legais e administrativos (Tabela 7). Dentro desse critério a aceitabilidade e o alinhamento com o PDE foram utilizados na análise. A aceitabilidade foi realizada com base na discussão realizada no item 2.3. A viabilidade administrativa desse tipo de ligação entre as redes com o intuito de controlar cargas difusas para proteger lagos urbanos, ainda não foi plenamente discutida na literatura. A Alternativa 2 é proibida na presente conjuntura, possivelmente admitida apenas em cenários futuros, conforme a discussão apresentada no item 2.11. A ponderação atribuída a esse subcritério foi o peso máximo. No subcritério de alinhamento ao PDE, é avaliado se as alternativas estão de acordo com suas diretrizes e objetivos descritos no item 2.12. Para esse subcritério foi atribuído o peso 2.

Tabela 7. Critérios legais e administrativos para a avaliação de alternativas.

Alternativa X Subcritério (Peso)	Critérios legais e administrativos	
	Aceitabilidade (5)	Alinhamento ao PDE (2)
0	10	0
1	10	8
2	0	6

Por fim, será realizada a análise de custos e benefícios financeiros associados para definição da viabilidade econômica (Tabela 8). Nos custos de implantação, estão incluídas a construção do reservatório de primeira chuva, a instalação das tubulações e as escavações necessárias, sendo atribuído o peso 2. No caso das Alternativas 0 e 2, a desativação da estação de tratamento despende recursos para a retirada e transporte dos equipamentos. Nos custos de operação, estão incluídos o consumo de energia no sistema de lavagem, exclusivo das Alternativas 1 e 2, e também o custo de operação da estação de flotação, exclusivo da Alternativa 1. Para esse subcritério foi atribuído o peso 3. Os custos evitados são referentes à redução da frequência de desassoreamento dos lagos principais pela retenção de sedimentos viabilizada pela bacia de retenção (Alternativas 1 e 2), sendo atribuído o peso 2. Os custos adicionais incluem os mesmos critérios dos impactos ambientais adicionais (sobrecarga da ETE Barueri e degradação do rio Tietê), porém

recebem menor peso (1), uma vez que não é sob o aspecto econômico que os impactos adicionais são mais significativos.

Tabela 8. Critérios econômicos para a avaliação de alternativas.

Alternativa X Subcritério (Peso)	Critérios econômicos			
	Custos de implantação (2)	Custos de operação (3)	Custos evitados (2)	Custos adicionais (1)
0	9	10	2	4
1	5	4	8	8
2	6	6	10	5

6.2 ESCOLHA DA SOLUÇÃO

A Tabela 9 apresenta o resultado da pontuação global das alternativas, após a multiplicação pelos respectivos pesos de cada subcritério.

Tabela 9. Pontuação global das alternativas.

Critérios	Subcritérios	Alternativas		
		0	1	2
Ambientais	Implantação	9	5	6
	Operação	30	21	30
	Danos Evitados	0	40	45
	Impactos adicionais	18	16	6
Técnicos	Levantamento de dados de projeto	10	7	6
	Implantação	10	4	6
	Operação	10	7	8
Legais e administrativos	Aceitabilidade	50	50	0
	Alinhamento ao PDE	0	16	12
Econômicos	Custos de implantação	18	10	12
	Custos de operação	30	12	18
	Custos adicionais	2	8	10
	Custos evitados	8	16	10

A partir da pontuação total das alternativas, pode-se compará-las para determinar a hierarquização de alternativas (Tabela 10).

Tabela 10. Escolha da solução.

Alternativas	Pontuação total	Pontuação percentual
0	195	34%
1	212	37%
2	169	29%

A Alternativa 1 foi a escolhida com 37% dos pontos, sendo que os subcritérios Danos Evitados e Alinhamento com o PDE foram considerados os mais significantes para o descarte da Alternativa 0. A Alternativa 2 foi descartada principalmente pela influência do subcritério Aceitabilidade.

7. ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO

7.1 PRÉ-DIMENSIONAMENTO

7.1.1 CONFIGURAÇÃO

Embora o reservatório de primeira chuva esteja visualmente posicionado “em linha” no córrego Pedra Branca (Figura 41), o funcionamento do dispositivo é separado da rede, a partir de uma configuração “fora de linha”. Devido às grande diferenças entre a magnitude da vazão máxima afluente e a vazão derivada pelo extravasor, os dispositivos sugeridos por Becciu *et al.*, (no prelo) não são adequados. Portanto foi sugerida uma solução alternativa específica para o local.

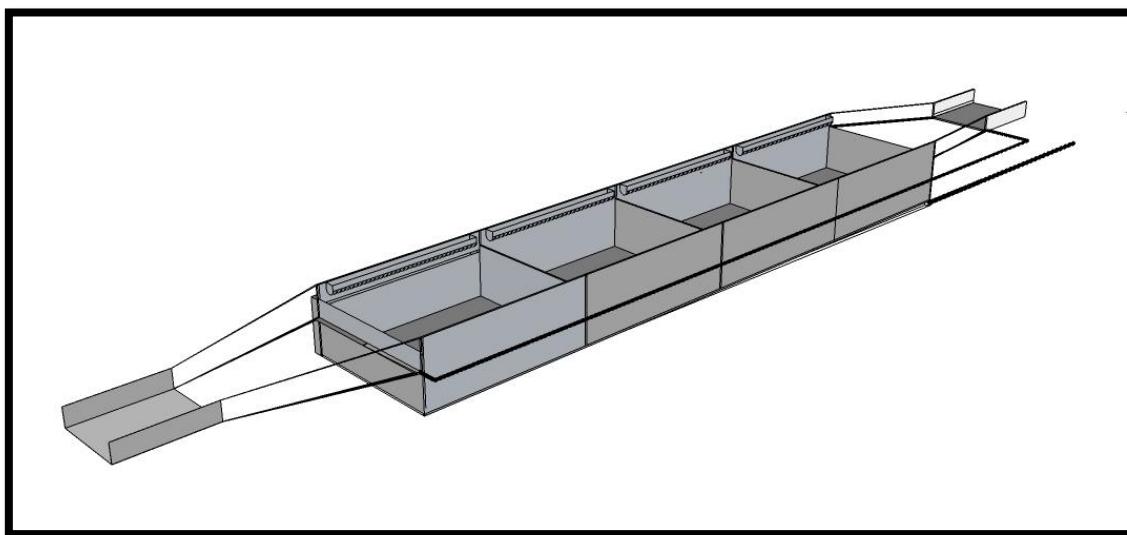


Figura 41. Desenho tridimensional do reservatório de primeira chuva.

A vazão que se pretende reservar está situada entre 45 L.s^{-1} e 5400 L.s^{-1} . O menor valor corresponde à capacidade da estação de tratamento *in situ*,

enquanto o maior está associado à vazão máxima afluente para um período de retorno de 100 anos. A configuração escolhida para o reservatório de primeira chuva prevê um desvio da vazão de período seco por uma tubulação lateral. A tubulação foi dimensionada de modo a não suportar as vazões superiores a 45 L.s⁻¹, ficando o reservatório “em paralelo” com o córrego Pedra Branca para as vazões de maior permanência. Durante os eventos de chuva em que a vazão afluente supera esse valor, o escoamento excedente é vertido frontalmente para o reservatório (item 7.1.2).

O volume do reservatório foi determinado a partir do produto do fator 50 m^{3.ha⁻¹ (HAUPT *et al*, 2007) pela área de contribuição impermeabilizada de 19,3 ha, estimada pelo método de classificação de imagem (Figura 16), descrito no item 3.1. O volume de projeto para o reservatório de base retangular foi definido em 960 m³, sendo adotadas as dimensões 40x8x3 m (Figura 41, **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Figura 44).}

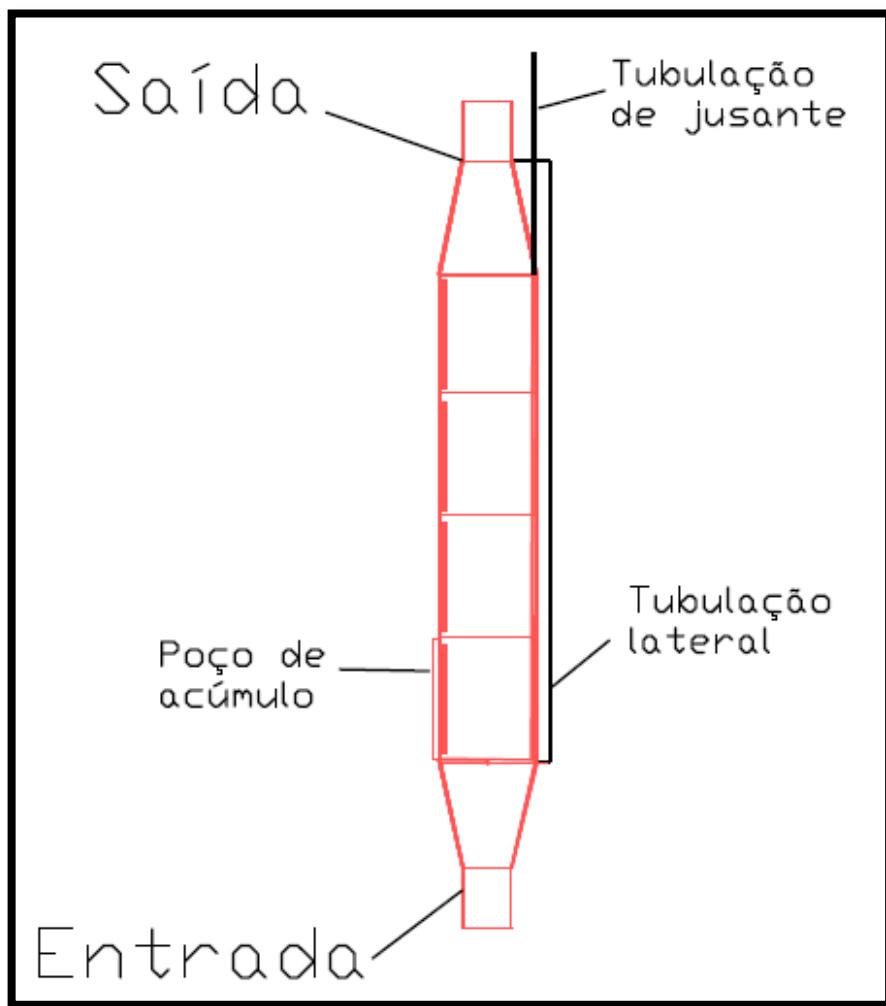


Figura 42. Planta do reservatório.

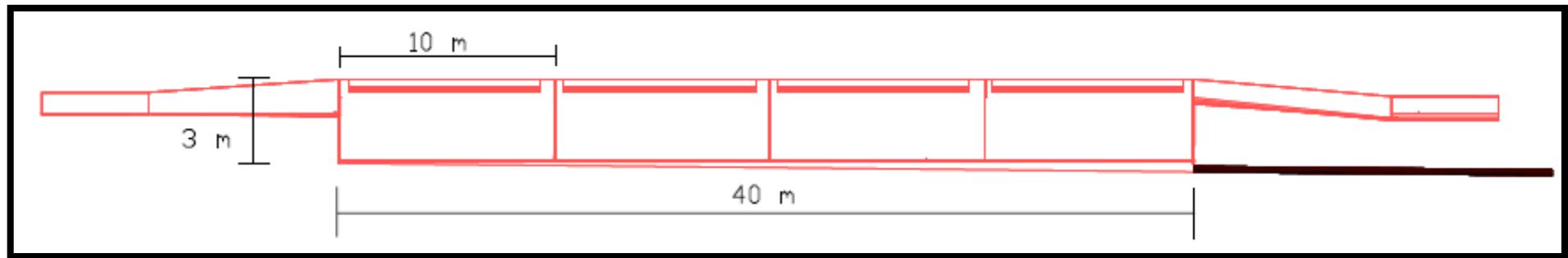


Figura 43. Vista lateral do reservatório.

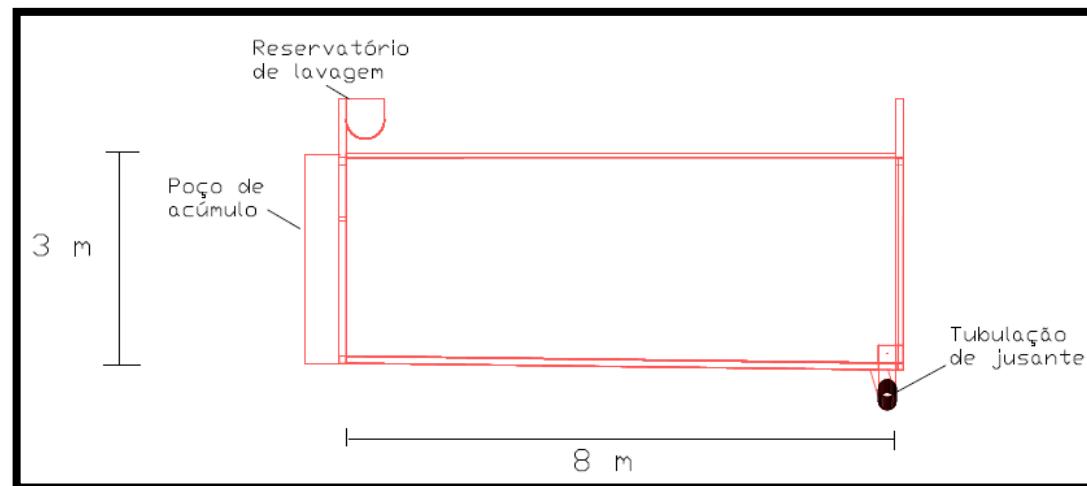


Figura 44. Vista frontal do reservatório.

A entrada do canal contém um dispositivo de remoção de flutuantes do tipo grelha que funciona como barreira para reter os resíduos sólidos. A água passa pelas aberturas, separando o resíduo. Pela dificuldade de acesso da área, é necessário que se escolha uma grelha autolimpante inclinada, de modo a fazer com que os resíduos escoem por gravidade até um local de armazenamento temporário.

Ao adentrar a estrutura, a vazão de período seco é direciona para o lado esquerdo da base do canal, pois a estrutura que o conecta com o vertedor frontal foi pré-dimensionada com uma inclinação de $0,01 \text{ m.m}^{-1}$ no lado esquerdo, enquanto a parte direita segue em nível. Ao defrontar-se com a soleira, a vazão de período seco é encaminhada da esquerda para a direita por uma calha paralela à soleira, indo ao encontro da tubulação que conduzirá a água para jusante. Essa configuração foi adotada para que a vazão de período seco percorra toda a extensão da calha inclinada junto à soleira do vertedor, de modo a impedir o acúmulo do material que é sedimentado nos períodos em que o vertedor entra em operação.

Pelo dimensionamento do sistema de lavagem (item 7.1.5), foram adotadas três divisões no reservatório, correspondentes às quatro pistas de lavagem. As pistas são inclinadas na direção transversal ao escoamento ($0,01 \text{ m.m}^{-1}$). Essas divisões serão utilizadas para impedir a mistura excessiva da água de primeira chuva com o restante da vazão afluente. O reservatório é disposto “em trânsito”, porém as câmaras impedem que ocorra a mistura, sendo o funcionamento da estrutura similar ao de um reservatório de captura. Os compartimentos se comunicam através de uma calha inclinada ($0,01 \text{ m.m}^{-1}$) no lado direito do reservatório, portanto há mistura na estrutura, porém em grau reduzido. Essa calha faz parte do sistema de lavagem, pois permite o encaminhamento dos sedimentos depositados para a tubulação de esvaziamento (item 7.1.4), controlada por uma válvula.

7.1.2 PRÉ DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE ENTRADA

No dimensionamento da estrutura de entrada do reservatório de primeira chuva foi adotada uma vazão máxima para um período de retorno de 100 anos. Um hidrograma de projeto foi obtido por simulação no software ABC6, a partir de um ietograma criado pela aplicação do método dos blocos alternados com o uso de curvas IDF para São Paulo (Figura 45). Foi utilizada a discretização de 2 minutos, adotando-se uma duração correspondente a um período crítico de chuva (tempo de concentração da área de contribuição para esse ponto). A estimativa das intensidades de chuva foi feita com base nos parâmetros de Wilken (1978) para São Paulo, apresentados no item 7.2. Com esses dados, pode-se pré-dimensionar as estruturas de entrada do reservatório, como o trecho de canal retangular a montante e o vertedor retangular de parede delgada.

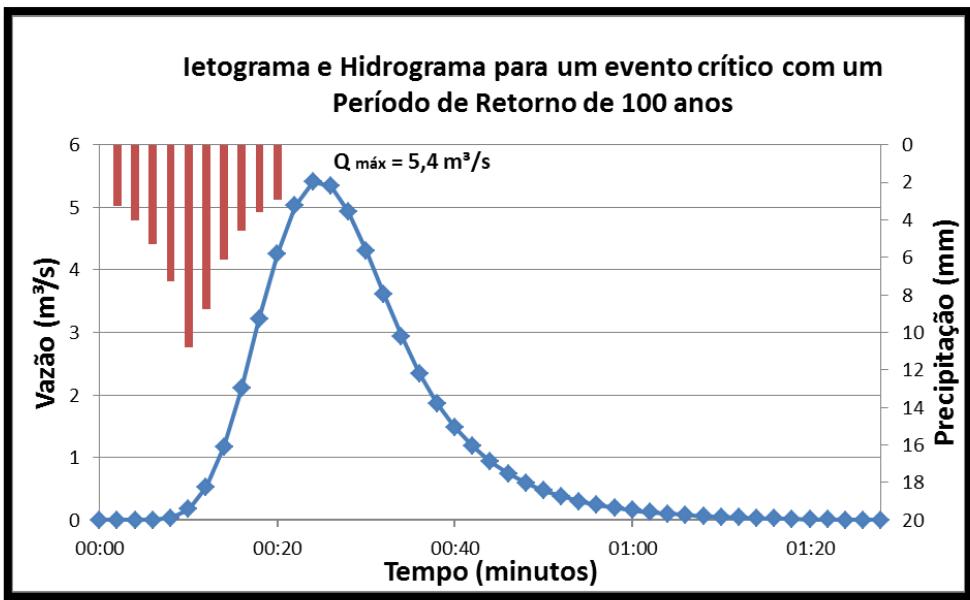


Figura 45. Evento crítico com um Período de Retorno de 100 anos.

Para o pré-dimensionamento, foi adotado um canal de declive (S) de $0,001 \text{ m.m}^{-1}$ e coeficiente de rugosidade (n) de $0,013 \text{ m}^{-1/3}.\text{s}$ (concreto).

Nessas condições, foi utilizada a fórmula de Manning, com a vazão crítica (Q) de $5,4 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$:

$$Q = n^{-1} * A^{\frac{5}{3}} * P^{-\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Em que “ A ” é a área da seção transversal do canal (m^2) e “ P ” é o perímetro molhado na seção transversal (m).

Ficando,

$$A^{\frac{5}{3}} * P^{-\frac{2}{3}} = 2,22$$

Para um canal retangular, o raio hidráulico pode ser expresso na forma:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b * h}{b + 2 * h}$$

Para uma base de 4 metros, a lâmina d’água atingirá uma altura de 0,8 m. Ao se aproximar do reservatório, o canal passa por um alargamento de seção com queda de $0,01 \text{ m.m}^{-1}$ e a vazão é partida, somente se ultrapassar 45 L.s^{-1} , por haver um vertedor de soleira frontal junto à face do reservatório. Um conduto recebe a vazão denominada “ q ”, enquanto o excedente (Q) é vertido para o reservatório. Para isso, será adotado um diâmetro de modo que a vazão “ q ” não ultrapasse os 45 L.s^{-1} para a situação crítica ($T_r = 100$ anos).

Sabe-se que a relação entre a carga do vertedor ($h_{máx}$), a cota da soleira (z) e a carga que atua no conduto ($H_{máx}$) é expressa pela Equação 2 (Figura 46):

$$H_{máx} = h_{máx} + z - \frac{D}{2} \quad (2)$$

$$Q_{máx} = Q + q .$$

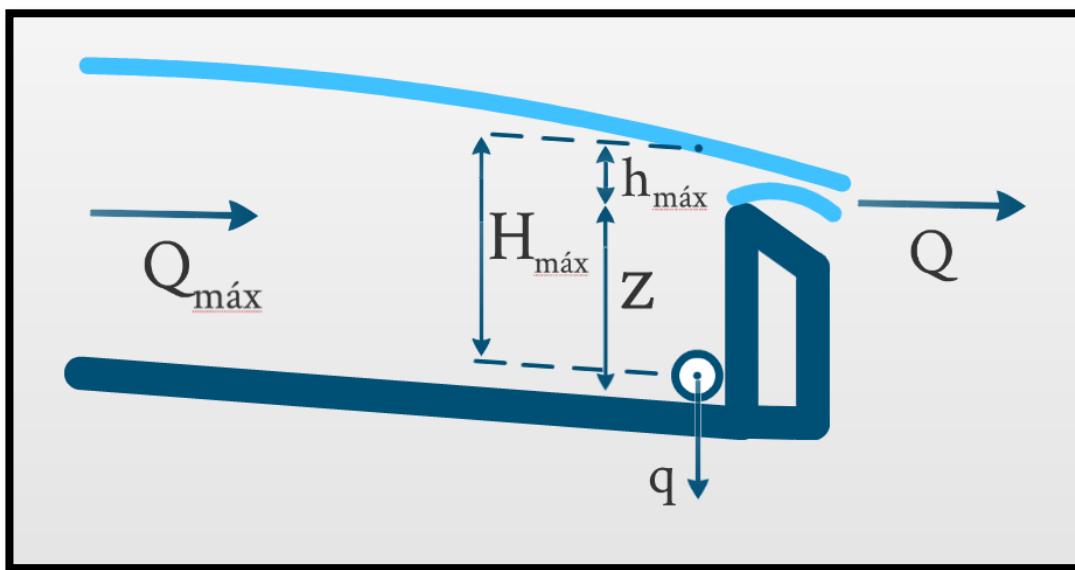


Figura 46. Desenho esquemático da estrutura de entrada do reservatório de primeira chuva (partição de vazão).

A altura máxima ($h_{máx}$) de 0,52 m pôde ser obtida através do cálculo iterativo pela equação do vertedor (Equação 3), com um coeficiente de contração (C_Q) de 0,611 (Horace Lamb):

$$Q = \frac{2}{3} * C_Q * B * h_{máx} * \sqrt{2 * g * h_{máx}} \quad (3)$$

$$C_Q = \frac{\pi}{\pi + 2} = 0,611$$

Sendo “g” a aceleração da gravidade e “B” a largura do vertedor (8 m). Considerando que é admissível um valor de “z” de duas a três vezes o valor de $h_{máx}$, pode-se adotar “z” igual a um metro.

Para o dimensionamento do conduto, foram fixadas duas seções para aplicação da Equação de Bernoulli. A seção 1 corresponde ao nível da lâmina d’água na situação crítica e a seção 2 corresponde à saída livre do conduto. Considerando a extensão “L” de 42 metros e os coeficientes de perdas localizadas “ k_e ” (entrada do conduto) e “ k_j ” (curva), pode-se estabelecer a seguinte equação:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + k_e * \frac{v^2}{2 \cdot g} + 2 * k_j * \frac{v^2}{2 \cdot g} + f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Sendo:

- z_i = cota do ponto i ;
- p_i = pressão no ponto i ;
- v_i = velocidade no ponto i ;
- f = fator de atrito.

Ficando:

$$(z_1 - z_2) = \left(1 + 0,5 + 2 * 0,9 + \frac{fL}{D}\right) * \frac{8 * q^2}{\pi^2 * D^4 * g}$$

Ou ainda:

$$D = \sqrt[4]{\frac{(1+0,5+2*0,9+\frac{fL}{D})}{(z_1-z_2)} * \frac{8*q^2}{\pi^2*g}} \quad (4)$$

Para calcular “f” sem dispor de “D”, será utilizado o seguinte adimensional:

$$Re * \sqrt[5]{f} = \frac{1}{\nu} \sqrt[5]{\left(\frac{128 * Q^3 * g * \Delta H}{\pi^3 * L}\right)} \quad (5)$$

Onde “Re” é o número de Reynolds e “ ΔH ” a perda de carga entre as seções. O adimensional foi calculado considerando uma viscosidade cinemática da água (ν) para 20°C ($10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$).

A inclinação do conduto ($0,00425 \text{ m.m}^{-1}$) foi definida através da diferença de nível $[(z_1 - z_2) - H_{\max}]$ entre o canal de entrada e o de saída:

$$(z_1 - z_2) = H_{\max} + 0,17 \text{ m}$$

E nesse caso considera-se ΔH como $(z_1 - z_2)$.

O valor de H_{\max} pode ser estimado pela equação (2), a partir da adoção de um diâmetro de 0,2 m (a ser conferido).

Assim, o coeficiente de atrito pode ser calculado pela utilização da seguinte relação:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log\left(\frac{4,15}{(Re * \sqrt[5]{f})^{0,937}}\right) \quad (6)$$

O valor resultante de 0,0084 pode ser aplicado na Equação 4, para obter o diâmetro de forma iterativa. O diâmetro obtido coincidiu com o comercial de PVC (150 mm), sendo o valor de “ $H_{máx}$ ” corrigido na Equação 2, a partir da adoção do diâmetro obtido.

Para confirmação do funcionamento da partição de vazão, foi simulada a vazão “ q ” resultante para uma carga de apenas 1 m na entrada do conduto (correspondente à altura da soleira). O cálculo resultou em uma vazão de 36 $L.s^{-1}$, considerada suficiente para a vazão de período seco do córrego Pedra Branca.

7.1.3 PRÉ DIMENSIONAMENTO DO EXTRAVASOR DE ALÍVIO

A saída do reservatório ocorre de duas formas: a primeira é a partir da vazão que aflui no reservatório após seu completo enchimento (extravasor de alívio), através de um canal de jusante (Figura 47). A segunda forma é a partir do acionamento remoto de abertura da válvula no fundo do reservatório (item 7.1.4).

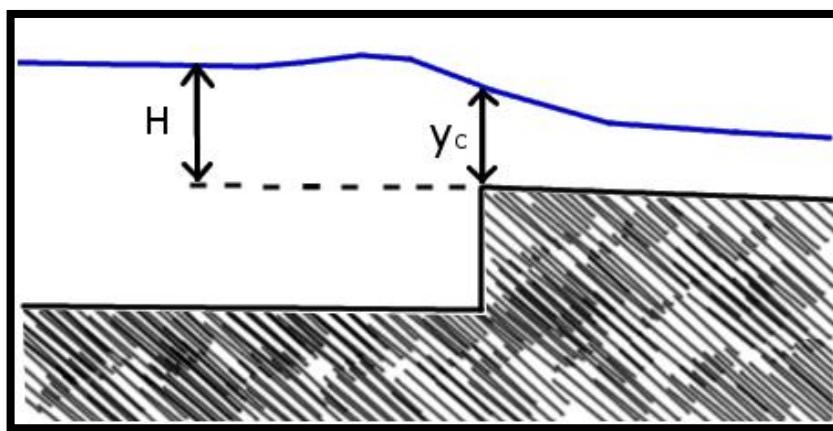


Figura 47. Desenho esquemático da saída 1 do reservatório de primeira chuva.

Para esse tipo de saída, o cálculo é semelhante ao de um vertedor, como demonstrado a seguir. Considerando “ q ” agora como a vazão específica ($Q.B^{-1}$), sabe-se que:

$$y_c = \frac{2}{3} * H \quad (7)$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (8)$$

Em que “ y_c ” é a lâmina contraída e “ H ” a carga do vertedor.

Das Equações 17 e 8, resulta a Equação 9, similar a de um vertedor:

$$Q = \frac{2}{3} * \left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right) * B * H * \sqrt{2 * g * H} \quad (9)$$

Sendo B a largura do vertedor de 8 m. Para a situação crítica, a vazão Q vale $5,355 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, resultando em uma carga H de 0,54 m, compatível com as condições de montante.

7.1.4 PRÉ DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO DE JUSANTE

Considerando que a água que irá escoar pela tubulação a jusante do reservatório é contaminada e carregada de sedimentos, foi utilizado o método de cálculo similar ao que se utiliza no dimensionamento de tubulações de esgoto. A capacidade do duto foi calculada utilizando-se a equação de Manning, na forma:

$$Q = n^{-1} * A^{\frac{5}{3}} * P^{-\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Para seção circular, considerando 50% da seção cheia ($\theta = \pi$), temos:

$$P = \frac{D * \theta}{2} = \frac{D * \pi}{2}$$

$$A = \frac{D^2 * (\theta - \text{sen } \theta)}{8} = \frac{D^2 * (\pi - \text{sen } \pi)}{8}$$

Assim, para uma declividade média de $0,01 \text{ m.m}^{-1}$, temos:

$$D = 230 \text{ mm}$$

Uma vez que a vazão máxima de saída do duto (caso crítico) foi fixada em 30 L.s^{-1} para garantir que o escoamento não ultrapasse a capacidade da estação a jusante, o diâmetro mínimo correspondente calculado resultou em 230 mm. Desse modo, será adotado o valor 250 mm, por exigências de padrões comerciais. Para um duto de 250 mm, a velocidade média de escoamento é de $1,49 \text{ m.s}^{-1}$ e a área molhada não ultrapassa 44% da área total da seção.

A tubulação sai do reservatório na cota 785,24 e segue em direção ao PEAL por 107 m, até encontrar o córrego Pedra Branca novamente, na cota 784 (Figura 48). Adotou-se uma declividade de $0,01 \text{ m.m}^{-1}$ para garantir o escoamento da água retida no reservatório por gravidade.

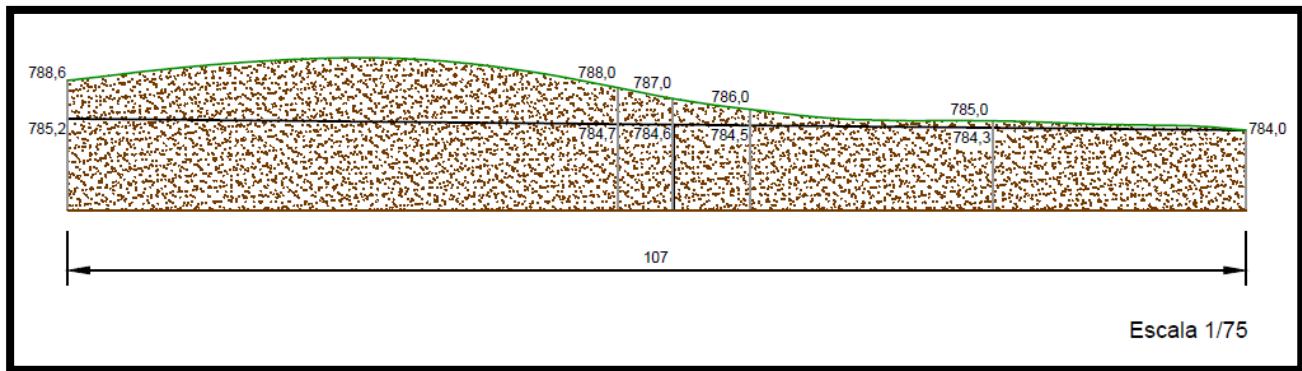


Figura 48. Tubulação desde a saída do reservatório até o encontro com o córrego Pedra Branca.

Como mecanismo de controle da vazão da tubulação, foi determinada uma válvula do tipo borboleta tri-excêntrica em aço carbono, essa válvula foi escolhida devido ao potencial abrasivo da água do reservatório, que é uma água carregada de sedimento e sólidos em suspensão, e também por ser uma válvula de baixa manutenção e proporcionar o controle da vazão, com pouca possibilidade de vazamentos.

Este tipo de válvula pertence ao grupo das rotativas, denominadas válvulas de 1/4 de volta, pois seu elemento móvel de vedação tem movimento de abertura e fechamento girando em seu próprio eixo, limitado a 90º.

Elas podem substituir as válvulas do tipo gaveta, globo, macho ou esfera em aplicações de bloqueio ou controle para baixas pressões e elevadas vazões, dependendo do tipo construtivo. Seu peso baixo e menor custo com manutenção e instalação contribuem para sua popularidade.

Com a instalação dessa válvula pode-se utilizar um atuador elétrico para controlar a abertura modulada da válvula, de maneira que a vazão da tubulação seja variável, de acordo com a vazão do córrego.

7.1.5 PRÉ DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE LAVAGEM

A lavagem por meio de reservatórios basculantes (Figura 49 e Figura 50) age quando o reservatório está vazio, utilizando a água da primeira fração da chuva que entra no reservatório. Este sistema utiliza reservatórios de acúmulo de forma particular, construídos em geral com estrutura metálica e posicionados em uma cota acima do fundo do reservatório.

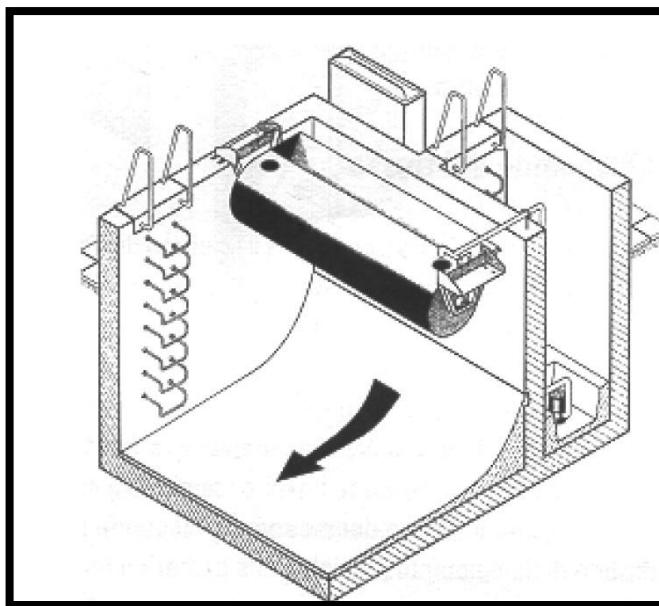


Figura 49. Sistema de lavagem por reservatório basculante.
Fonte: Ladurner (2004 apud PAPIRI e TODESCHINI, no prelo).

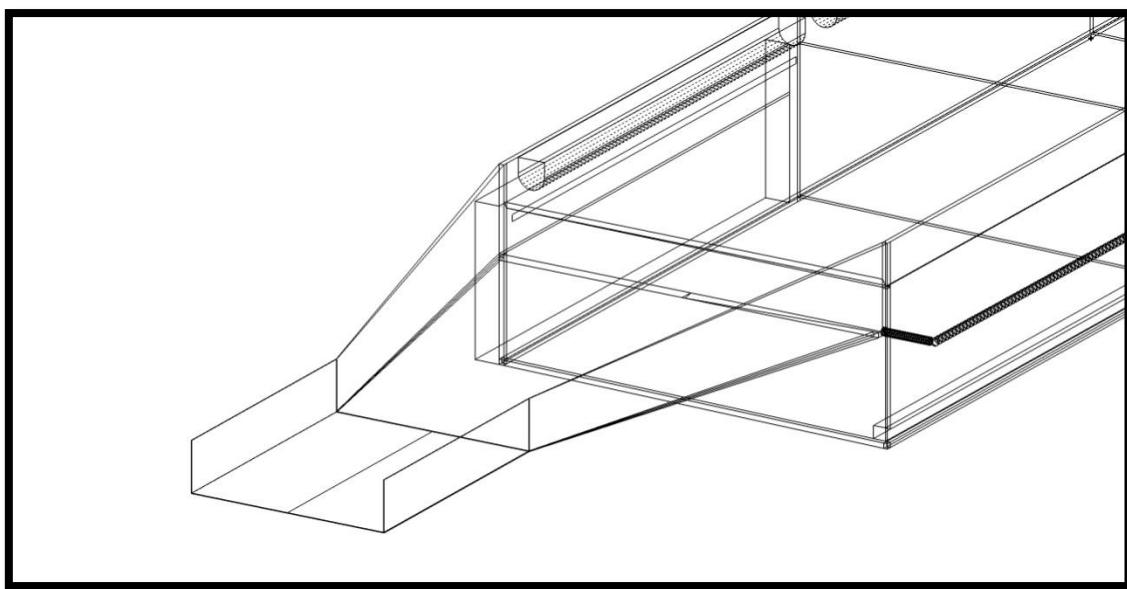


Figura 50. Entrada do reservatório, em destaque reservatórios basculantes na lateral esquerda.

Segundo Papiri e Todeschini (no prelo), a onda que é gerada após o basculamento pode lavar pistas com largura de até 10-12 m e comprimento de até 100 m, com declives do fundo da ordem de $0,01 \text{ m.m}^{-1}$. Quando os reservatórios têm largura acima de 12 m, constroem-se mais pistas divididas por muretas com espessura de aproximadamente 0,20 m. Mesmo os reservatórios equipados com este sistema de lavagem têm uma canaleta de coleta na direção transversal das pistas.

A Tabela 11, sugerida pela Sociedade EUROMEC, indica alguns valores específicos do volume de lavagem por unidade de largura da pista (V_{cspec}) em função do comprimento da pista e da altura de queda da água.

Tabela 11. Volume específico (V_{cspec}) de um reservatório basculante em função da altura da queda, do material e do comprimento da pista (EUROMEC, 2004 apud PAPIRI e TODESCHINI, no prelo)

V _{cspec} (L.m ⁻¹)	Altura da queda (m)	Comprimento da pista (m)
350	3,00	aprox. 17
	4,50	aprox. 21
	6,00	aprox. 25
500	3,00	aprox. 21
	4,50	aprox. 25
	6,00	aprox. 29
700	3,00	aprox. 17
	4,50	aprox. 21
	6,00	aprox. 25

Na ocasião de um evento chuvoso, a primeira fração do escoamento de chuva chega ao reservatório. Na primeira pista está dimensionada uma abertura de 10 cm na altura de 2,90 m que se comunica com o poço de acúmulo. À medida que a água enche a primeira pista do reservatório, quando o nível d'água atingir a altura de 2,90 m ela passa também a encher o poço de acúmulo lateral, utilizado posteriormente para alimentação dos reservatórios basculantes. Uma vez que esse poço estiver cheio, a água passará para as outras pistas, até que o reservatório inteiro esteja cheio.

Após o evento chuvoso, quando o reservatório de primeira chuva estiver completamente vazio, um sistema de controle automático ativa a bomba que envia a água do poço de acúmulo aos reservatórios basculantes. Durante o enchimento, o baricentro composto (do reservatório basculante e da massa d'água contida nele) se desloca: na fase inicial ele abaixa, enquanto na fase posterior ele se eleva. Quando o reservatório basculante está cheio, o baricentro se desloca para cima do ponto de articulação e, por consequência, o reservatório bascula. Devido à inércia do reservatório e da massa d'água, assim como do contragolpe devido à fuga da água, o deslocamento do baricentro segue um percurso com a forma de oito. O reservatório, sem necessidade de nenhum dispositivo mecânico de escoramento, se imobiliza em relação ao ponto inferior de rotação e, portanto, retorna para a posição inicial. Não é possível que o reservatório permaneça na posição suspensa, nem que execute sobreirotações. O tempo de esvaziamento é de aproximadamente um segundo (PAPIRI e TODESCHINI, no prelo).

De acordo com Papiri e Todeschini (no prelo), é possível alimentar o poço de acúmulo e, desse modo, os reservatórios basculantes com água da rede de distribuição; contudo, esta solução resulta muito custosa, principalmente se o reservatório de primeira chuva for muito grande.

As pistas são lavadas uma de cada vez, mantendo entre uma lavagem e outra uma pausa que faz com que as ondas de lavagem não se sobreponham na canaleta de coleta.

Para se dimensionar o sistema de lavagem consideramos quatro pistas de 10 m de largura, separadas por muretas com espessura de 20 cm. Consultando a Tabela 10, verifica-se que para uma altura de queda de 3 m e para reservatórios de 10 m de largura, a capacidade do reservatório de lavagem de cada pista deve ser de 3500 L. Para as quatro pistas, totalizam 14000 L de água de lavagem, essa parcela será armazenada no poço de acúmulo dimensionado para esse volume e que contará com uma bomba responsável por efetuar o enchimento dos reservatórios basculantes.

Sabe-se que o dimensionamento sugerido pela Tabela 10 é baseado em estudos realizados na Itália, e consequentemente leva em conta as características dos sedimentos locais. Para adequar este dimensionamento para as características dos sedimentos presentes na região do PEAL, foi considerada a lavagem de uma pista com 8 m de comprimento, e não 17 m de comprimento como indica a Tabela 10, já que são sedimentos com grande parcela de silte, e necessitam de um fluxo mais forte para que ocorra sua lavagem.

No escopo de um projeto executivo, fica a recomendação de um estudo de transporte de sedimentos, para avaliar efetivamente o funcionamento do sistema de lavagem.

Para garantir a eficácia desse sistema de lavagem, o reservatório deve possuir uma declividade de 1%. Sendo assim, a configuração do sistema de lavagem em conjunto com o reservatório pode ser visualizada no corte da **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Através do dimensionamento econômico, obteve-se o diâmetro de recalque e de sucção da bomba que irá realizar o recalque da água do poço de acúmulo para os reservatórios basculantes. Foi utilizada a fórmula da ABNT (NBR-5626), recomendada para funcionamento intermitente ou não-contínuo (PORTO, 2006).

$$Dr = 1,3 * \sqrt[4]{\frac{T}{24} * \sqrt{Q}}$$

Onde:

Dr = diâmetro de recalque em m;

T = período – número de horas de funcionamento da bomba por dia;

Q = vazão em $m^3.s^{-1}$;

Ds = diâmetro de sucção – diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro de recalque calculado na fórmula acima.

Com uma vazão de $0,0039 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, os reservatórios basculantes levariam 1 hora para estarem cheios. Adotando-se esses valores para Q e T , temos:

$$Dr = 0,037 \text{ m}$$

Temos então, $Dr = 38 \text{ mm}$ (1.1/2" – diâmetro comercial) e $Ds = 40 \text{ mm}$.

Aplicando a fórmula de velocidade econômica, para comprovar que a velocidade do escoamento fica entre $0,5$ e $4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$:

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * Dr^2}$$

Temos $v = 3,42 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Considerando essas características foi selecionada a bomba submersível KSB KTR Drainer Hidráulica F1 1000 (Folheto Descritivo – Anexo 6). A bomba KTR Drainer com hidráulica F1 é recomendada para bombeamento de águas limpas ou sujas com sólidos em suspensão. Como observado no Folheto Descritivo, tratando-se de uma vazão de $14 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ seu campo de aplicação é de uma altura manométrica de até 7 m (Figura 51).

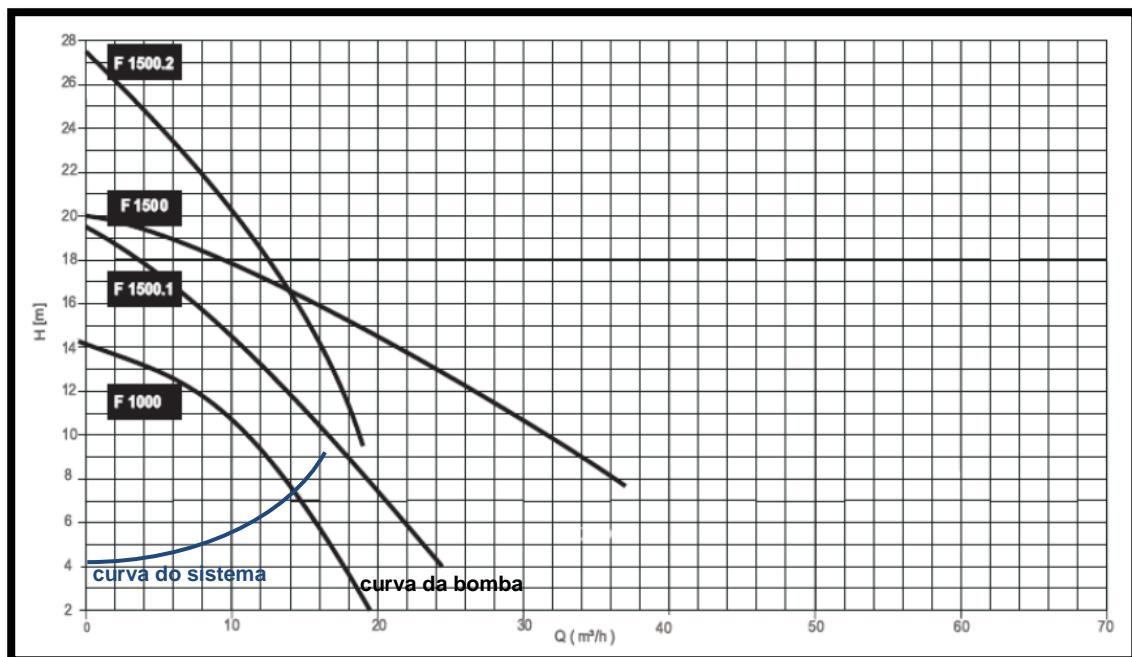


Figura 51. Curvas características.

7.1.6 SISTEMA DE GRADES

Para se garantir o bom funcionamento do reservatório, é preciso que a entrada do canal contenha um dispositivo de remoção de resíduos sólidos

grosseiros do tipo grelha. A água passa pelas aberturas, separando o resíduo. Deve-se instalar então uma grade fixa na entrada do sistema aqui descrito.

O reservatório dimensionado é um reservatório aberto, e desta maneira fica sujeito à queda de materiais (como galhos e folhas de árvores) que podem prejudicar o funcionamento do mesmo. Também pode ocorrer a queda de animais ou até pessoas, sendo assim, por razões de segurança e eficiência do sistema, fica a recomendação de que seja instalada uma grade de piso em cima do reservatório de maneira a prevenir possíveis acidentes.

7.2 AVALIAÇÃO DO ARMAZENAMENTO DA CARGA DE PRIMEIRA CHUVA

Para a verificação do funcionamento do reservatório de primeira chuva, foi utilizado o Sistema de Suporte a Decisões para Análise de Ondas de Cheia em Bacias Complexas (SSD ABC6 1.32), produzido pelo Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões (LabSid) da POLI. Os dados obtidos serviram de suporte à verificação do funcionamento do reservatório de primeira chuva, indicando a parcela do hidrograma a ser armazenada no reservatório para cada evento de projeto escolhido.

O modelo simulou diversos eventos de chuva obtidos pela série histórica (2007-2013) disponibilizada pela rede telemétrica da SAISP no posto Guaraú – Jusante. Para cada evento escolhido, foi calculado o período de retorno associado a partir das curvas Intensidade Duração Frequência (IDF) com os dados para a cidade de São Paulo (Latitude: 23°31'S; Longitude: 46°41' O) adotados por Wilken (1978), para durações inferiores a duas horas (Tabela 12):

$$i = \frac{a * Tr^m}{(t + b)^n}$$

Tabela 12. Parâmetros do diagrama IDF para o Estado de São Paulo. Fonte: Wilken, 1978.

Parâmetro	Valor
a	1747,9
b	15
m	0,181
n	0,89

i: intensidade da chuva, em $mm.h^{-1}$, correspondente à duração t e ao período de retorno Tr;

t: duração da chuva, em minutos;

Tr: período de retorno, em anos;

A duração escolhida foi a crítica, correspondente ao tempo de concentração da área de contribuição para reservatório de primeira chuva. Essa é uma aproximação que é normalmente atribuída para bacias pequenas, mas que foi

confirmada pela simulação de diferentes durações. O valor de 20 min foi obtido pela ponderação dos tempos de concentração calculados pela equação de Dooge (1956 apud PORTO, 19956) para as duas sub-bacias simuladas no software ABC6:

$$t_c = 21,88 * A^{0,41} * S^{-0,17}$$

Sendo "A" a área de contribuição (km^2), "S" a declividade média do trecho (m.m^{-1}) e t_c o tempo de concentração a ser determinado (min). A sub-bacia do córrego Pedra Branca apresentou menor área de contribuição (147394 m^2) com um curso d'água mais curto (250 m) e com menor declividade (2,8%). Já a sub-bacia do primeiro afluente apresentou uma área de contribuição de 190285 m^2 com um comprimento do córrego de 530 m e declividade de 5,4%.

Nos modelos hidrológicos de transformação chuva-vazão, é necessário entrar com as condições do escoamento superficial. O processo de cálculo do *Soil Conservation Service* (S.C.S.) utiliza o coeficiente número de curva (CN: *curve number*), estimado a partir da classificação hidrológica dos solos e do tipo de cobertura existente na área de contribuição. O CN foi estimado em 56 para a sub-bacia do córrego Pedra Branca e em 68 para a sub-bacia do primeiro afluente.

Os dados de solo obtidos a partir do Plano de Manejo do PEAL foram enquadrados através dos critérios de Sartori (2005), selecionando a categoria do grupamento de solos segundo suas qualidades e características para a classificação hidrológica do solo nas condições brasileiras. Foi considerada a ocorrência exclusiva do grupo hidrológico de solos A. Segundo Mockus (1972 apud SARTORI, 2005), o grupo A compreende os solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração uniforme quando completamente molhados, consistindo principalmente de areias ou cascalhos, ambos profundos e excessivamente drenados com taxa mínima de infiltração de 7,62 mm/h.

Os polutogramas e hidrogramas apresentados a seguir (Figura 52 e Figura 53) foram retirados de Haupt *et al* (2007 apud EPUSP, 2004) e de EPUSP (2004), respectivamente. Os dados são provenientes do posto de monitoramento de Vista Alegre, na bacia do rio Cabuçu de Baixo. Sabe-se que a relação entre polutogramas e hidrogramas é variável para cada evento de chuva e para cada poluente, porém é possível notar um padrão de comportamento que reflete a existência da carga de primeira chuva.

Esse comportamento padrão da curva permite avaliar o funcionamento do reservatório de primeira chuva para eventos de chuva selecionados na série histórica (2007-2013) do posto telemétrico da SAISP de Guaraú-jusante. Os eventos de chuva foram utilizados como dados de entrada para a simulação do escoamento superficial na microbacia do córrego Pedra Branca. Portanto, a partir da análise da fração da área abaixo da curva do hidrograma, correspondente à parcela do volume que é armazenada no reservatório, é possível avaliar de forma simplificada a eficiência da estrutura em reter as altas concentrações de carga difusa para eventos de diferentes ordens de grandeza.

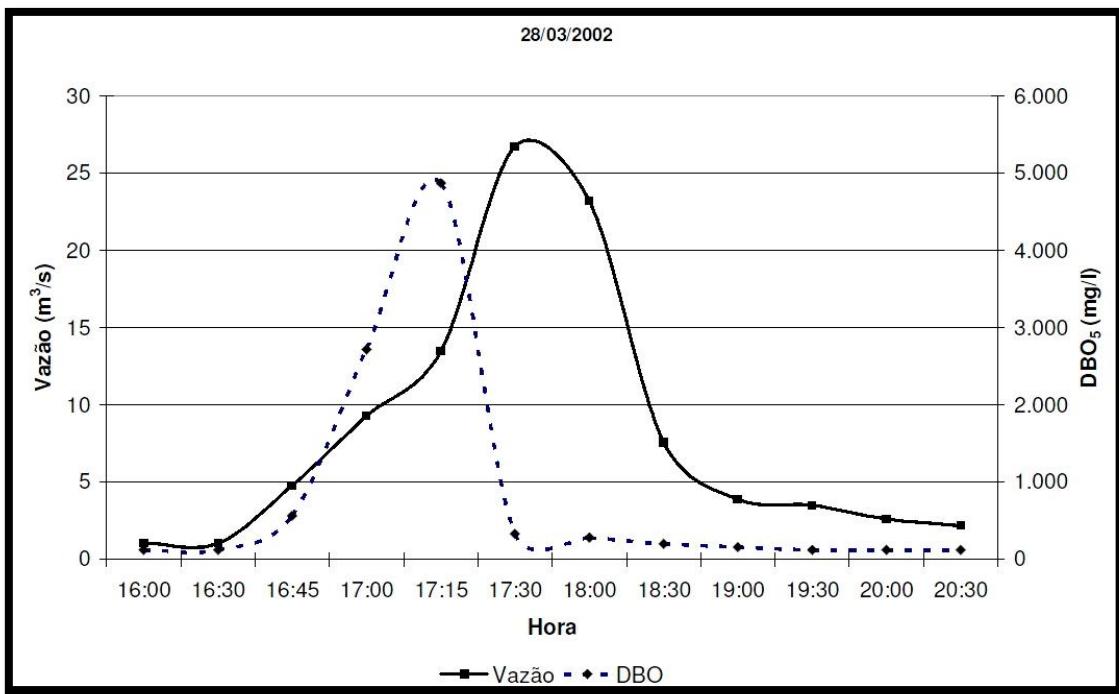


Figura 52. Polutograma (DBO_{5,20}) e hidrograma do posto Vista Alegre.
Fonte: (HAUPT *et al*, 2007).

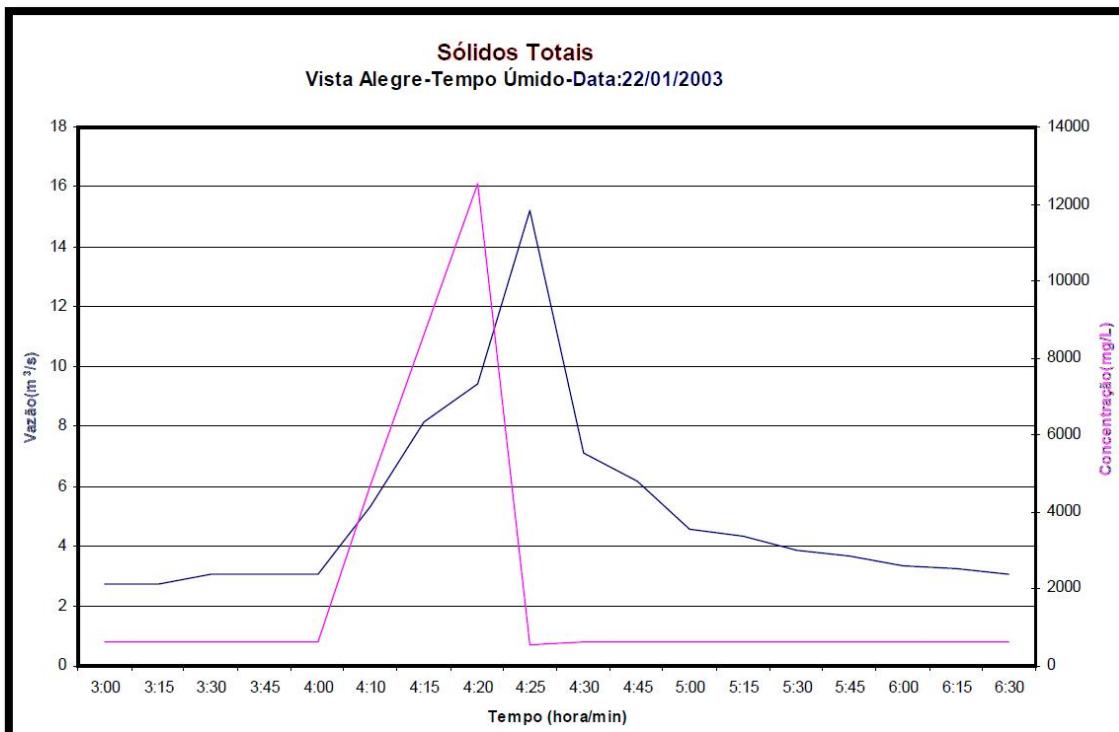


Figura 53. Polutograma (Sólidos Totais) e hidrograma do posto Vista Alegre.
Fonte: EPUSP (2004).

O evento de chuva do dia 07/02/2009 (Figura 54) teve a intensidade de chuva média correspondente a um período de retorno de aproximadamente 14 anos, calculado pela curva IDF com os parâmetros obtidos por Wilken (1978). A intensidade crítica foi calculada para a duração de 20 minutos, equivalente

ao tempo de concentração da área de contribuição do reservatório. O evento de chuva proporcionaria vazões extremas no córrego Pedra Branca, chegando a vazões de pico de $3,25 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

Na Figura 38, o ietograma do evento está em vermelho e o hidrograma calculado pode ser visualizado em azul. Em verde, o hidrograma considera a perda para o enchimento do reservatório de primeira chuva, portanto, pode ser visualizado o amortecimento da onda de cheia. A área entre as curvas corresponde ao volume que seria armazenado no reservatório durante o evento.

Para o cálculo do volume a ser armazenado, foi considerada a vazão base do córrego Pedra Branca de 10 L.s^{-1} . Portanto, para essa análise, a vazão máxima de saída (35 L.s^{-1}) somada à vazão base do córrego totalizariam 45 L.s^{-1} , limite estipulado para que o escoamento não ultrapasse a capacidade da estação de 50 L.s^{-1} .

Como o funcionamento do dispositivo é intermitente, não foi apresentado no gráfico a contribuição de saída do reservatório, que prolongaria a curva para a direita a partir do instante em que a vazão é inferior a 35 L.s^{-1} . A curva de esvaziamento seria crescente até estabilizar na vazão máxima de saída (35 L.s^{-1}), com a duração aproximada de sete horas, tempo suficiente para o total esvaziamento do reservatório.

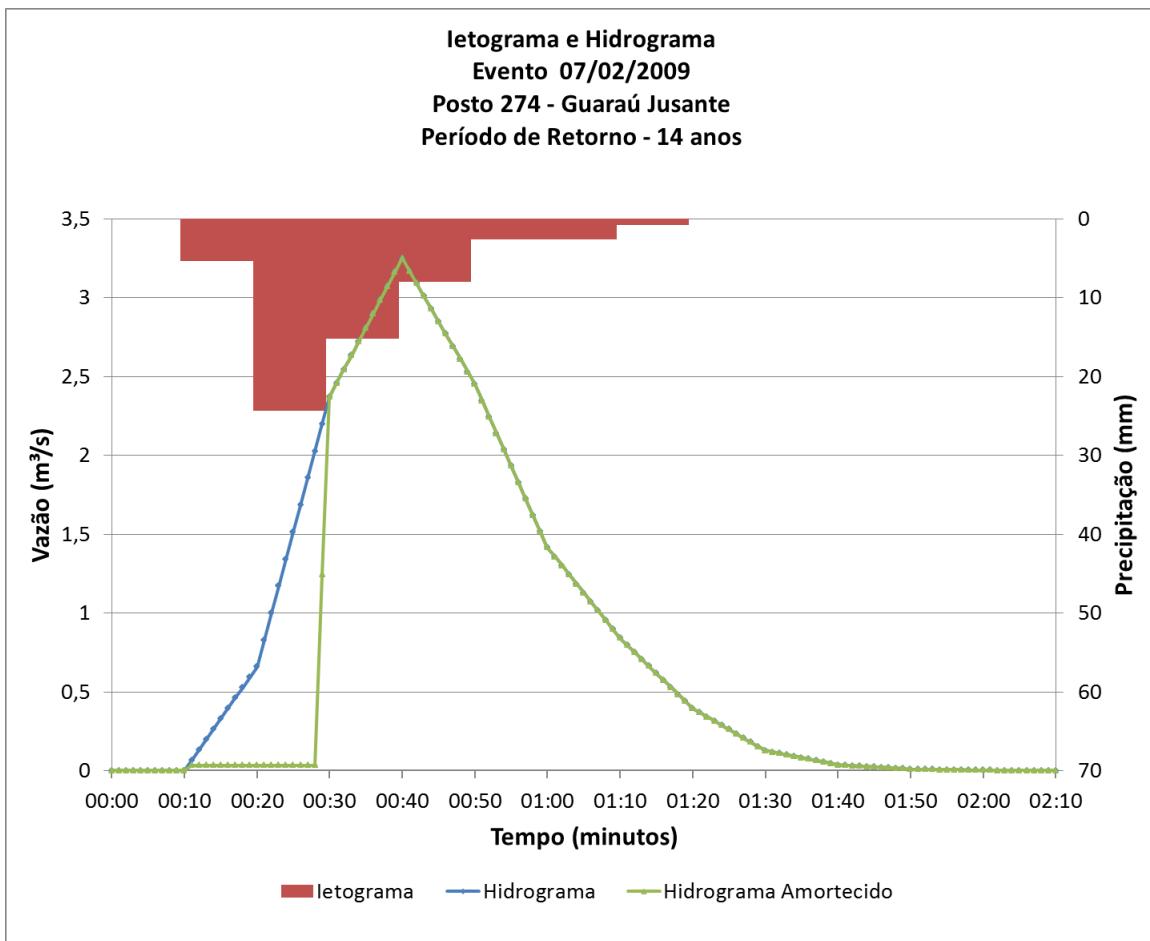


Figura 54. Ietograma/Hidrograma – Posto 274, em 07/02/2009. Fonte: SAISP, 2013.

O evento de chuva do dia 16/02/2011 (Figura 55) foi associado a um período de retorno de 6 anos, para os 20 minutos com intensidade de chuva média mais crítica. O hidrograma amortecido pode ser visualizado em verde e o volume correspondente à fração que seria armazenada no reservatório pode ser visualizado na área entre as curvas.

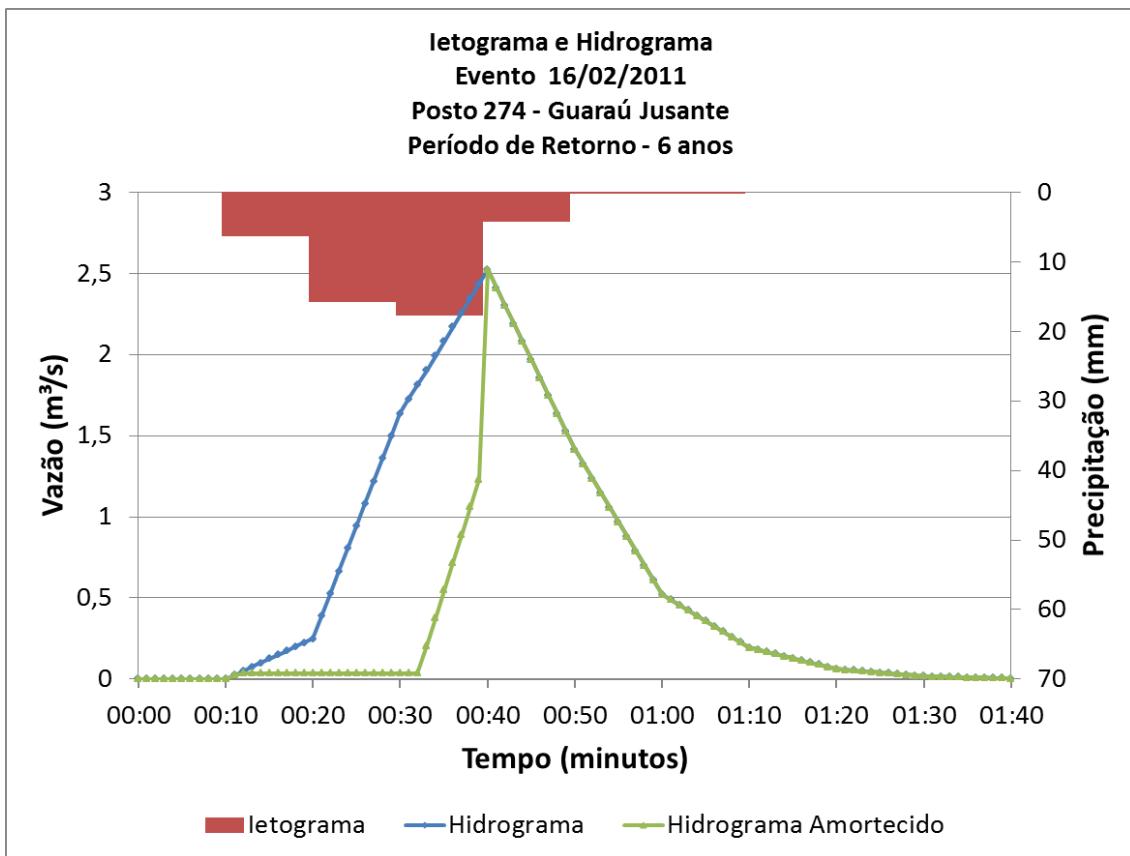
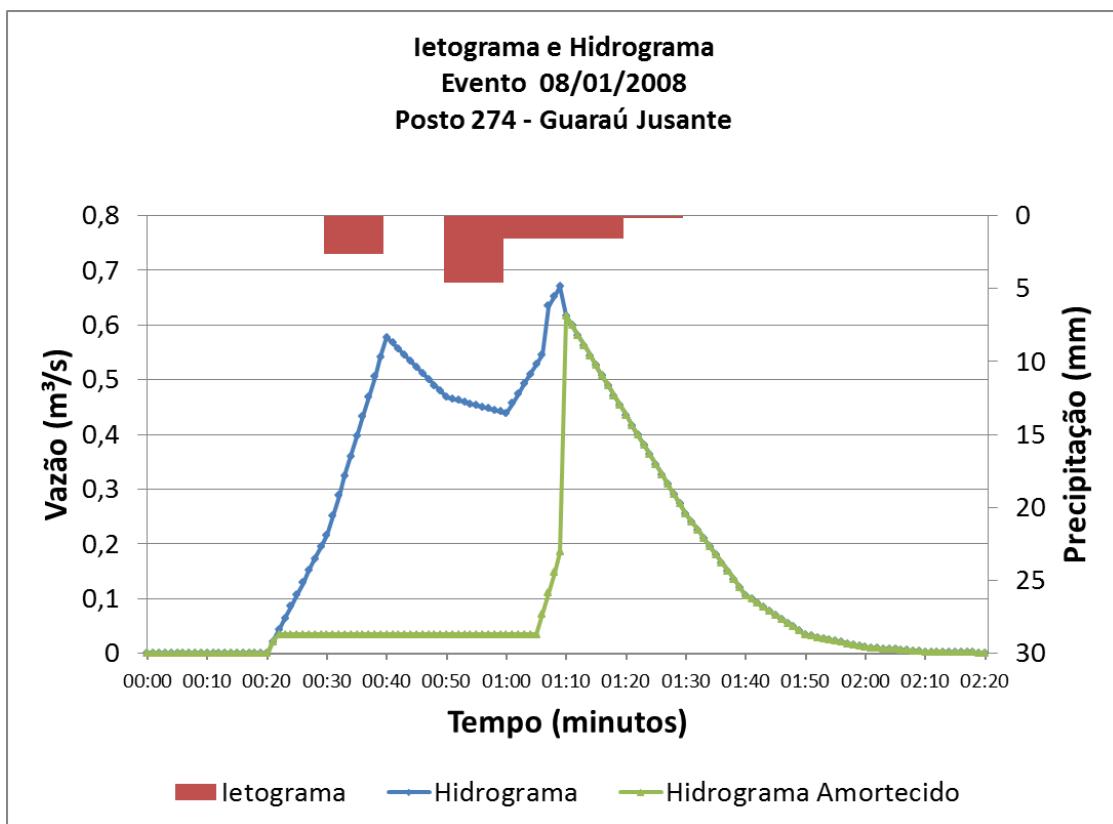


Figura 55. Letograma/Hidrograma – Posto 274, em 16/02/2011. Fonte: SAISP (2013).

Pode-se notar que a área entre as curvas abrange a localização do pico do polutograma padrão, sendo o período retorno de seis anos de máxima eficiência em termos de captura da carga de primeira chuva para a capacidade de 960 m³ dimensionada para o reservatório.

O evento de chuva do dia 08/01/2008 (Figura 56) tem uma probabilidade de ocorrência maior que 100% em um ano, ou seja, é um evento de precipitação intensa, porém com maior risco envolvido. A vazão máxima do evento foi simulada em 617 L.s⁻¹. Nesse caso, o volume que seria armazenado no reservatório corresponde à seguinte área (entre curvas):



A análise do gráfico permite avaliar que para essa ordem de grandeza de intensidade de precipitação, o volume de primeira chuva seria armazenado, porém o armazenamento se prolongaria por mais tempo, resultando em uma captura além do necessário. Entretanto, sabe-se que esse armazenamento excessivo que ultrapassaria o pico do polutograma não teria implicações prejudiciais ao funcionamento do SECCD. Outro benefício nesse caso é o de impedir o desligamento da estação.

O evento de chuva do dia 07/10/2010 (Figura 57) também tem uma probabilidade de ocorrência maior que 100% em um ano. A vazão máxima simulada chegou a 60 L.s^{-1} , não sendo o reservatório totalmente preenchido.

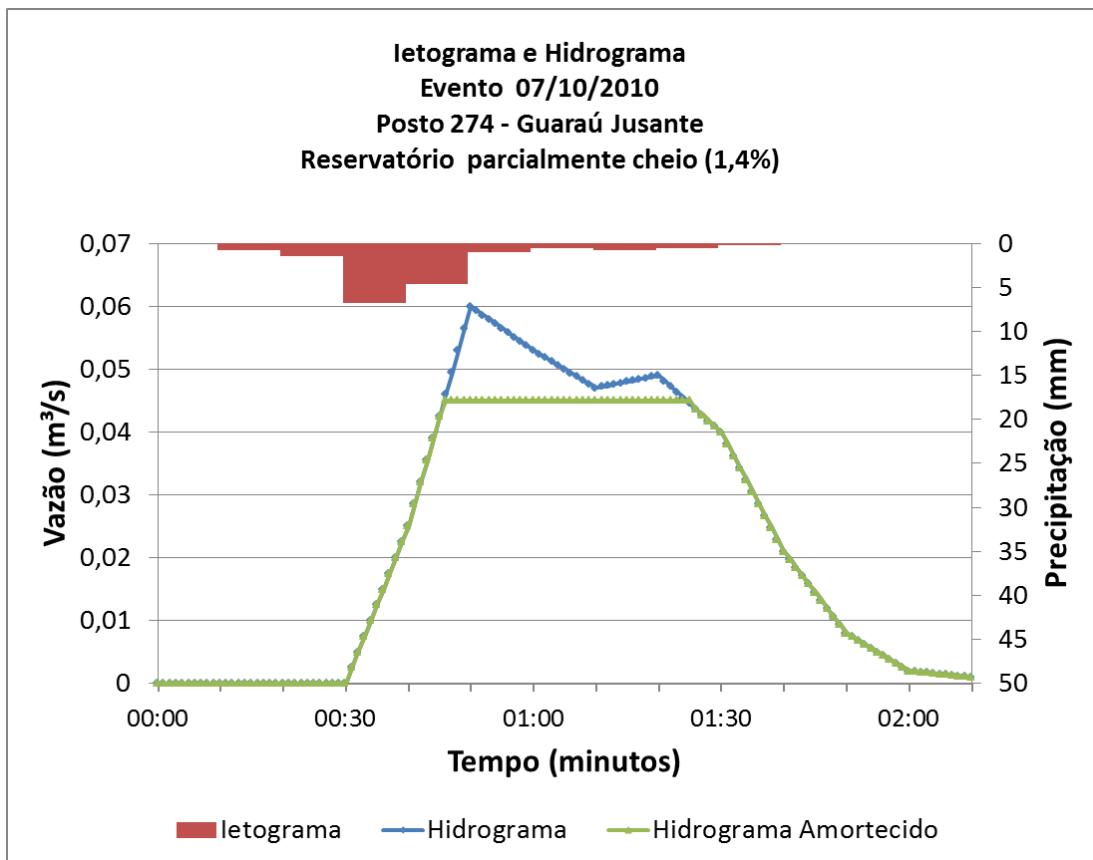


Figura 57. Letograma/Hidrograma – Posto 274, em 07/10/2010. Fonte: SAISP (2013).

Nesse caso, pela análise do comportamento do polutograma padrão, o reservatório não capturaria a carga de primeira chuva do escoamento superficial, pois a água de primeira chuva teria sido diretamente direcionada para a estação de tratamento. Tal fato não implica em nenhum prejuízo para o SECCD, pois a vazão que passa sem adentrar o reservatório é inferior à capacidade da estação, sendo, portanto, tratada adiante.

Do mesmo modo que foram apresentadas diferentes ordens de grandeza de intensidade de chuva, sabe-se que ocorrem no PEAL eventos ainda mais frequentes que não implicariam em vazões suficientemente grandes para o acionamento do reservatório de primeira chuva.

7.3 BACIA DE RETENÇÃO

A bacia de retenção é um dispositivo essencial para a complementação do tratamento realizado pela estação da SABESP. O serviço realizado pela estrutura pode ser classificado como um pós-tratamento, mas também como um tratamento complementar para o excedente que passa pelo reservatório de primeira chuva após seu enchimento completo, atravessando o canal paralelo à estação de tratamento. O Lago 1 é uma bacia de retenção na sua configuração atual, porém não possui determinadas estruturas internas e práticas de operação e manutenção que otimizariam os resultados gerados. Em outras palavras, o potencial de tratamento da bacia de retenção é subaproveitado, resultando inclusive em prejuízos à qualidade da água por estar em um estado

crítico de assoreamento e não dispor de um sistema de controle da vazão efluente. As adaptações necessárias serão indicadas, porém não faz parte do escopo do projeto o pré-dimensionamento da estrutura, sendo apenas descritos alguns aspectos importantes.

Para o pré-dimensionamento de uma bacia de retenção, um parâmetro fundamental para o planejamento da operação e avaliação dos custos envolvidos é a taxa de assoreamento. Para estabelecer a periodicidade da manutenção da estrutura seria necessário conhecer a dinâmica em que é dado o aporte do material. Para a definição da periodicidade da manutenção e também para definir o tempo de residência da bacia de retenção é necessário estimar a taxa média de sedimentação do material suspenso. Nesse caso, normalmente são utilizados modelos de sedimentação que pressupõem o conhecimento das características da vazão sólida afluente como distribuição granulométrica e densidade média das partículas. No entanto, estas informações muitas vezes não são relatadas como parte do monitoramento de águas pluviais urbanas e não estão disponíveis para o local de estudo.

Considerando que a bacia de retenção possui uma taxa de sedimentação similar ao das médias levantadas pelo banco de dados apresentado no item 2.4 (CLARY *et al*, 2012), o volume anual de sedimentos acumulado (V_a) na estrutura pode ser estimado pelo uso da taxa de produção de sedimentos do Posto Campos Lemos (EPUSP, 2004) e pela aplicação de uma taxa de transferência de sedimentos intermediária, conforme Vanoni (1977 apud SMDU, 2012b). Tal metodologia considera a simplificação de que todo aporte de sedimentos corresponde ao SST. Outra simplificação existente é a não consideração da remoção de SST pelo processo FLOTFUX, já que a quantidade de sedimentos removida não pode ser quantificada, não sendo facilmente estimada. Os fatores e taxas obtidos podem ser visualizados na Tabela 13.

Tabela 13. Fatores para o cálculo do volume acumulado de sedimentos.

Fator	Valor
Produção de sedimentos (P)	433750 t.km ⁻² .ano ⁻¹
Área de contribuição (A)	0,4 km ²
Taxa de transferência de sedimentos (T_t)	80%
Taxa de sedimentação na bacia de retenção (T_s)	$\frac{70,7 - 13,5}{70,7} * 100\% = 80,9\%$

$$V_a = P * A * T_t * T_s$$

O volume anual de sedimentos acumulados na bacia de retenção é de aproximadamente 112 toneladas.

Segundo Ponce (1989), uma estimativa do volume de retenção de sedimentos em reservatórios pode ser realizada dividindo-se o valor da aplicação da taxa de produção de sedimentos (kg.ano⁻¹) para a área de

contribuição pela densidade média das partículas. Pressupõe-se que todo material é sedimentável. A prerrogativa desconsidera os sólidos dissolvidos e também os sedimentos finos que não podem ser depositados para as condições variáveis específicas de turbulência e tempo de residência hidráulico. As densidades de partículas em águas pluviais variam de 1,1 g.cm⁻³, a 2,86 g.cm⁻³, com os valores mais comuns no intervalo de 1,4 g.cm⁻³, a 1,8 g.cm⁻³ (CLARY *et al*, 2011). Para a avaliação do volume sedimentado de cada ciclo anual, foi adotada a densidade média das partículas em 1,8 g.cm⁻³. Espera-se que diferentes classes de tamanho de partícula possuam densidades diferentes, devido à variação na porcentagem de matéria orgânica e mudanças na mineralogia.

Segundo essa estimativa, o volume anual ocupado pelos sedimentos na bacia de retenção é de 62 m³. Considerando esse valor, a atividade de limpeza da estrutura pode ser realizada com a periodicidade recomendada pela USEPA (1999) de dois a cinco anos. Considerando que a área da bacia de retenção corresponde a área atual do Lago 1, sendo realizada apenas a atividade de escavação, um volume de projeto pode ser calculado pela adoção da profundidade média de 2 m na estrutura. É importante manter uma profundidade suficiente para impedir a ressuspensão dos sedimentos e não muito elevada para não criar estratificação térmica e condições anóxicas nas camadas inferiores. Segundo Hartigan (1988 apud USEPA, 1999), a profundidade ótima varia entre 1 e 3 m para a maioria das regiões, dado um tempo de residência hidráulico de 2 semanas.

Com 5600 m² de área, a capacidade máxima da bacia de retenção fica estimada em 11200 m³. Assim, um volume de acúmulo de sedimentos de cinco anos corresponde a um assoreamento de 2,8% da capacidade do dispositivo, enquanto um acúmulo de dois anos corresponde a 1,1%.

O tempo de residência hidráulico pode ser estimado para diferentes períodos de retorno (T_r), a partir do cálculo iterativo da vazão média para uma duração correspondente ao tempo de residência hidráulico (t_h) ou à duração total do evento analisado (t), se $t < t_h$. Para isso, estabelece-se um nível d'água de um metro para o normal funcionamento da estrutura ($T_r < 1$) e um nível d'água de dois metros para o tratamento do volume proveniente de um evento de chuva intensa ($T_r > 1$). Os dados de vazão afluente associados às três primeiras linhas e as duas últimas linhas da Tabela 14 foram obtidos pela metodologia descrita nos itens 7.2 e 7.1.2, respectivamente.

Tabela 14. Estimativas de tempos de residência hidráulico.

Período de Retorno	Vazão média afluente e efluente (L.s ⁻¹)	Tempo de residência hidráulico
<1	5 à 200	15 horas à 13 dias
6	735	4 horas
14	1000	3,1 horas
100	1800	1,7 horas
500	3300	1 hora

Sabe-se que é possível ampliar o tempo de residência hidráulico a partir do controle da vazão de saída da estrutura com o uso dos alertas do SAISP. Para otimizar a taxa de sedimentação, é mantida uma lâmina d'água máxima, até que seja previsto um novo evento de chuva intenso e as comportas sejam abertas para ceder um volume de espera para o tratamento seguinte.

Para o dimensionamento da bacia de retenção, é necessário garantir a manutenção de um nível de água mínimo na estrutura para ocorrer a sedimentação. Desta forma, é necessário considerar a evaporação e é desejável que não haja perdas por infiltração que possam prejudicar o funcionamento da estrutura. Normalmente, os solos com permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-6} cm.s⁻¹ são adequados para manter um nível d'água permanente (USEPA, 1999). Além dos dados de entrada relacionados à quantidade de água, o dimensionamento de uma bacia de retenção necessita de um levantamento topográfico para definir as operações de escavação e de corte e aterro exigidas para cada volume máximo de projeto. A topografia da área é favorável, pois o Lago 1 já possui um formato similar ao de uma estrutura de retenção.

Segundo Hartigan (1988 apud USEPA, 1999), as bacias de retenção promovem a remoção de poluentes através da sedimentação e também através de processos de absorção biológicos. Estes processos podem ser modelados para determinar um tempo de residência de projeto. A definição dessa grandeza pode considerar variáveis de qualidade da água como o OD, sendo utilizados modelos de eutrofização, alternativos aos modelos de sedimentação. O tempo de residência pode variar muito dependendo do método escolhido.

7.4 OPERAÇÃO DO SECCD

A operação do reservatório de primeira chuva demanda o acionamento da abertura da válvula de saída. Essa atividade pode ser desenvolvida pelo controle remoto do operador do sistema de tratamento da SABESP no momento em que a estação for reativada. Além disso, o reservatório de primeira chuva demanda serviços de manutenção periódicos para a retirada de resíduos sólidos acumulados no gradeamento do canal de entrada.

A bacia de retenção, por sua vez, demanda serviços de retirada, análise, transporte e disposição final dos sedimentos acumulados, além de poder ter o nível d'água controlado especificamente quando da ocorrência de um alerta com a previsão de eventos de chuva intensa para a área. Sobre o processo de disposição dos sedimentos, é necessário averiguar qual seria a compatibilização possível com a logística já providenciada pela SABESP, sondando as possíveis adaptações para a alocação e transporte desse material. A análise do lodo da estação de flotação é realizada conforme os procedimentos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, ou seja, o lodo da estação é considerado lodo de esgoto, mesmo não sendo atualmente a contribuição de efluentes domésticos a carga predominante no córrego Pedra Branca. Quando se trata do transporte e

disposição final de sedimentos, a Resolução CONAMA nº 344/2004 (BRASIL, 2004) orienta a coleta e análise para caracterização e classificação. Portanto, a logística de operação da bacia de retenção necessita de estudos mais aprofundados para sua definição.

Sobre o gerenciamento do nível d'água na bacia de retenção, há possibilidade da otimização da remoção de poluentes na estrutura com o controle da vazão de saída, sendo possível ampliar o tempo de retenção hidráulico, o que aumentaria a eficácia do SECCD. Por outro lado, o nível d'água pode ser rebaixado pelo controle da comporta quando previsto um evento intenso de chuva pelo SAISP. Através da utilização do alerta, o volume de espera é ampliado, otimizando o amortecimento do pico de cheia. Os dados são obtidos pelo Radar Meteorológico de São Paulo de 5 em 5 minutos e preveem a intensidade da precipitação nos 30 minutos seguintes. Não só o controle da lâmina d'água na bacia de retenção pode ser realizado com base no SAISP, mas também nos dois lagos principais a jusante. Atualmente, a operação das comportas (Figura 58) é realizada apenas após a observação da elevação excessiva do nível d'água nos Lagos 2 e 3. Essa prática exige uma resposta suficientemente rápida, dependendo da presença e prontidão do operador. Esse problema já resultou em prejuízos como alagamentos internos e também intensificação de alagamentos externos, pois a abertura das comportas é normalmente realizada no pico do evento de chuva, liberando uma vazão para jusante não suportada pela rede (comunicação pessoal)²¹.



Figura 58. Operação da comporta do Lago 2. Fonte: Autores, em junho de 2013.

O problema de alagamentos na área do parquinho infantil também se deve à necessidade da adequação hidráulica a jusante do Lago 1, prevista na obra orçada pela CODASP (comunicação pessoal)²².

²¹ Informação fornecida por Nelson Ferreira da Silva, em junho de 2013.

²² Informação contida na planilha orçamentária CODASP, fornecida por Katia Mazzei, em março de 2013.

7.5 ESTIMATIVA DO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE PRIMEIRA CHUVA

Para realizar a análise de custos foi utilizada a referência dos sistemas PINI de estimativas de custos de construções. Deve-se ressaltar que foi feita uma análise de custos prévia, dentro das limitações de um projeto básico, tendo esta análise que ser revista e refinada para se obter resultados mais precisos, no escopo de um projeto executivo.

A ficha técnica de um coletor de esgoto (Anexo 7) descreve no item que diz respeito à instalação dos coletores, que a largura da vala escavada deverá ser uniforme e no mínimo de 60 cm para tubulações com altura de recobrimento até 1,5 m e no mínimo de 80 cm para tubulações com altura de recobrimento superior a 1,5 m. Desta maneira para a análise de custos de escavação para instalação dos coletores foi considerada uma largura de 80 cm. O perfil do terreno demonstrado na Figura 48 indica as respectivas profundidades e mudanças de cota ao longo da tubulação, desde a saída do reservatório de primeira chuva, até o reencontro com o córrego Pedra Branca.

Considerando que a estrutura do reservatório será de concreto, e supondo uma espessura de 20 cm, calculou-se o volume necessário de concreto. Também se admitiu a impermeabilização da área interna do reservatório através de cimento impermeabilizante, conforme descrito na Tabela 15 abaixo.

Tabela 15. Estimativas de custos de construções*. Data base: 30/09/2013
(Fonte: www.piniweb.com.br)

Tipo	Descrição	Un.	Praça	Preço unitário	Qtd.	Total parcial
Serviços	Escavação mecanizada de vala em solo de 1 ^a categoria, com escoramento, até 4 m de profundidade	m ³	SP	R\$ 7,94	960	R\$ 7.622,40
Serviços	Impermeabilização interna de reservatório aplicando três demões de cimento impermeabilizante estrutural com emulsão adesiva	m ²	SP	R\$ 9,26	624,02	R\$ 5.778,43
Serviços	Escavação mecanizada de vala em solo de 1 ^a categoria, profundidade até 4 m	m ³	SP	R\$ 5,46	167,6	R\$ 915,10
Materiais	Concreto dosado em central convencional brita 1 e 2 (resistência: 25 MPa)	m ³	SP	R\$ 277,61	124,8	R\$ 34.645,73
Materiais	Tubo PVC branco PBV série normal (D da seção:150 mm)	m	SP	R\$ 20,43	42	R\$ 858,06
Materiais	Curva 90º PVC branco PBV longa série normal (diâmetro da seção: 150 mm)	un	SP	R\$ 48,03	2	R\$ 96,06
						Total: R\$ 49.915,78

*Essa estimativa não contempla o custo do aço para a estrutura do reservatório e também não inclui o custo do reservatório de lavagem.

A Tabela 15 apresenta os custos de escavação do reservatório de primeira chuva, implantação da sua estrutura e impermeabilização, além da tubulação que fará o desvio da água do córrego pela lateral do reservatório e a escavação necessária durante o trajeto da tubulação de saída do reservatório até seu encontro com o córrego Pedra Branca.

O sistema de lavagem conta com uma bomba hidráulica, modelo KSB KTR Drainer Hidraulica FI 1000 cotada em R\$ 1.890,00 (comunicação pessoal)²³.

A válvula escolhida (Anexo 8). para o controle de saída da água do reservatório é uma válvula borboleta tri-excêntrica tipo torqueal de 10 polegadas, cotada em R\$ 9.500,00 (comunicação pessoal)²⁴.

Quanto à tubulação que sai do reservatório e leva a água armazenada até o córrego Pedra Branca, foi escolhido um tubo coletor jei DN 250 da marca TIGRE. São necessários 108 m desse coletor, orçados em R\$ 7.610,00 (Anexo 9).

O valor final da análise de custos que contempla a instalação do sistema de reservatório de primeira chuva é de R\$ 68.915,78²⁵.

7.6 MONITORAMENTO DO SECCD

Faz parte do SECCD o acompanhamento dos resultados diretos nos corpos d'água propiciados pelo sistema de tratamento instalado, sempre atentando para a identificação de nova contribuição por esgoto doméstico. Essa demanda de monitoramento abrange tanto a análise da qualidade da água nos lagos principais, quanto a do próprio córrego Pedra Branca a montante do PEAL.

Segundo Silva (2013), o Programa Córrego Limpo utiliza a DBO_{5,20} como indicador de qualidade da água nos corpos d'água, desta forma eles são classificados de “condições naturais” a “poluídos” conforme a Tabela 16:

Tabela 16. Caracterização dos Córregos em função da DBO. Fonte: SILVA (2013)

Faixa de Concentração	Descrição das condições
0 a 5 mg.L⁻¹	Condições naturais, permite o contato primário das pessoas e a rega de hortaliças.
5 a 10 mg.L⁻¹	Condições boas, já não se recomenda o contato primário nem a rega de hortaliças, mas possibilita a existência de peixes, o uso da água para animais e o tratamento convencional da água.
10 a 30 mg.L⁻¹	Condições boas, aspecto estético bom, permite a existência de peixes, não exala odores e possibilita o tratamento convencional da água.

²³ Informação fornecida pelo Departamento de Divisão de Águas da KSB.

²⁴ Informação fornecida pelo Departamento de vendas da VELAN.

²⁵ Valor em dólares: US\$ 29.578,65 (cotado em 29/11/2013).

30 a 70 mg.L⁻¹

Condição estética ainda boa, porém com restrições a existência de peixes e exalação de odores em determinadas épocas do ano (verão seco, principalmente); tratamento de água com consumo alto de produtos químicos.

> 70 mg.L⁻¹

Poluído.

Esse monitoramento deve ser feito para analisar a compatibilidade da qualidade da água com as exigências locais, que no caso são de preservação do ecossistema, sendo o teor de oxigênio dissolvido um bom indicador. Ainda segundo Silva (2013), para a caracterização da qualidade de um corpo d'água com avaliação dos impactos associados ao aporte de cargas pontuais e difusas, é necessário fazer o uso de indicadores físicos, químicos e também biológicos. O monitoramento da qualidade da água dos lagos pode ainda ser incluído em projetos de pesquisa e ensino, que incluam o levantamento das espécies existentes na área e a dinâmica das populações durante o processo de recuperação dos corpos d'água.

O monitoramento vem sendo praticado de forma fragmentada por diferentes áreas pertencentes à SABESP, incluindo o Programa Córrego Limpo (parceria com a PMSP), e também pela SMA, através da campanha de campo da elaboração da primeira versão do Plano de Manejo do PEAL. Os monitoramentos são realizados separadamente na entrada da estação, na saída da estação e nos corpos d'água. É interessante destacar que durante o desenvolvimento desse projeto, a sede da Agência Ambiental de Santana da CETESSB passou a localizar-se no próprio PEAL. Os lagos poderiam ser incluídos na rede de monitoramento de qualidade da água da companhia.

É fundamental que os dados de monitoramento sejam disponibilizados para conhecimento da comunidade e para utilização em pesquisas e projetos acadêmicos. Os benefícios a serem alcançados dependem de um planejamento futuro para a área e essa atividade só será bem realizada se houverem dados levantados e estudos desenvolvidos. Para isso, é também necessário que se divulguem os custos de operação do sistema FLOTFLUX®, não só no PEAL, mas os de sistemas similares em outros parques.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1 SISTEMAS NÃO ESTRUTURAIS

As medidas não-estruturais são importantes para a eficiência da recuperação ambiental dos cursos d'água e minimização de custos, são complementares às medidas estruturais. As medidas não-estruturais configuram programas de prevenção e controle que diminuem a quantidade de poluentes depositados sobre as superfícies urbanas ou a probabilidade desses poluentes entrarem em contato com o escoamento superficial. Segundo SMDU (2012b), algumas das medidas não-estruturais de controle da carga difusa são:

- Programas de esclarecimento e conscientização da população sobre os impactos da disposição inadequada de resíduos sólidos em geral, principalmente de resíduos tóxicos como restos de tinta, solventes, pesticidas e outros venenos, óleos lubrificantes, produtos para piscinas e dejetos de animais;
- Cuidados gerais com a limpeza da cidade como eficiência na varrição de ruas;
- Programas de prevenção e controle de poluição difusa na construção civil. Regulamentação para áreas em construção com licenças que incluíam a obrigatoriedade de medidas de controle da produção de sedimentos e outras cargas difusas;
- Controle do uso do solo urbano, incluindo a garantia de espaços livres, redução da área impermeável, distribuição coerente das diferentes densidades de ocupação. Incentivo à manutenção de áreas verdes, à criação e à recuperação de áreas degradadas;

As medidas não estruturais envolvem ações de cunho social, com o uso de meios legais, sanções econômicas e programas educacionais, para modificar padrões de comportamento da população (PROSAB, 2009). Essas medidas são ainda mais importantes em uma área como a da microbacia do córrego Pedra Branca. A área é de relevante interesse ambiental, sendo o uso e ocupação do solo submetido à conservação dos recursos naturais. Além disso, são espaços de convivência da população, adequados para a disseminação de informação, proposição de programas com palestras e debates. Além do objetivo de despoluir e manter os córregos limpos, o Programa foca na conscientização e educação ambiental da população diretamente beneficiada, pois foi verificado que esse é um fator fundamental para a consolidação dos resultados (CORREGO LIMPO, 2013).

O enriquecimento das superfícies vegetadas nas margens do córrego Pedra Branca é uma medida não estrutural de controle de carga difusa que pode ser viabilizada pela compensação ambiental da supressão da vegetação para construção do reservatório de primeira chuva.

8.2 CONDICIONANTES DA REPLICAÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURAL EM OUTROS PARQUES URBANOS

O SECCD aqui descrito não foi proposto como modelo a ser replicado para proteção de lagos de parques públicos urbanos em geral. Sabe-se que a construção de estações de flotação e remoção de flutuantes a montante de lagos é uma medida emergencial para o controle de cargas pontuais.

A associação do reservatório de primeira chuva ao tratamento por flotação é aqui sugerida como maneira de aproveitar os investimentos já realizados pela SABESP, no caso de ter sido eliminado o lançamento de esgotos domésticos

na rede de drenagem da microbacia. Sabe-se que por mais que a SABESP tenha afirmado que foi eliminada a contribuição de esgotos domésticos no córrego Pedra Branca, as ligações irregulares são recorrentes, sendo sempre demandadas novas medidas de prevenção à poluição e fiscalização constante. Considerando isso, admite-se a construção do reservatório de primeira chuva como forma de prolongar a vida útil do tratamento por flotação, enquanto este não é desativado completamente.

Em um cenário futuro, supondo que tenham sido construídos reservatórios de primeira chuva a montante dos principais lagos de parques públicos urbanos conforme metodologia apresentada na alternativa escolhida (Alternativa 1) e, supondo também que a capacidade do tratamento de esgotos da RMSP tenha sido ampliada, a carga de lavagem captada por esses reservatórios pode ser direcionada para a rede coletora de esgoto, como apresentado na Alternativa 2. Nesse cenário, o tratamento por flotação poderia ser desativado, por ser um processo custoso que não soluciona o problema com a eficiência adequada, podendo haver outras prioridades na gestão de águas pluviais urbanas para a alocação desses recursos. A discussão sobre a viabilidade de se conectar em um horizonte futuro as águas de primeira chuva à rede coletora de esgoto depende do que for definido como estratégia de planejamento ambiental da RMSP para as áreas de drenagem e esgotamento sanitário. A contextualização do tema foi realizada no item 2.11.

9. CONCLUSÃO

O SECCD foi considerado uma solução de curto prazo adequada para a mitigação dos principais problemas definidos no item 4 e que aproveita a infraestrutura existente no PEAL. A especificação da solução (Alternativa 1) ampliou as expectativas de que o SECCD exerça a função de recuperar a qualidade da água dos corpos hídricos da microbacia do córrego Pedra Branca.

A solução apontada apenas reduz a carga afluente nos lagos, não atuando na causa do problema. As medidas não-estruturais para controle de cargas difusas, citadas no item 8.1, juntamente com as atividades de prevenção à poluição da SABESP, podem contribuir de modo a reduzir significativamente a ocorrência dos vetores de degradação por meio de ações que interferem na origem do problema. Segundo o Art. 11 do Decreto nº 8.468/76 (SÃO PAULO, 1976), nas águas de classe especial “é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados”. Portanto, o SECCD é uma medida circunstancial, de caráter provisório, que deve ser descartada no longo prazo, quando não houver maiores impactos na qualidade da água do córrego Pedra Branca.

O estudo de caso realizado ilustra questões que envolvem a recuperação ambiental de cursos d’água, além de envolver demais temas dentro das áreas de drenagem urbana e esgotamento sanitário, principalmente na discussão contida na avaliação da Alternativa 2. Considerando que a redução significativa da produção de carga difusa no meio urbano é uma atividade extremamente

complexa, a interceptação e tratamento dessa carga podem ser discutidos como medidas de médio prazo. Para isso, é necessário que se inclua no sistema de tratamento de esgotos o tratamento das cargas difusas, utilizando determinadas estratégias adotadas nos sistemas unitários. A possível adoção dessas concepções na RMSP suscita a discussão técnica e revisão de conceitos diretamente relacionados ao planejamento ambiental da região.

A estimativa de custos não englobou os demais custos para implantação, operação, manutenção e monitoramento do SECCD. Porém, o custo de aproximadamente R\$ 70.000 para a implantação do reservatório de primeira chuva e de estruturas associadas é um indicativo de que o SECCD apresenta-se como uma alternativa economicamente viável. Por outro lado, espera-se algum retorno financeiro pela redução da frequência dos serviços de desassoreamento nos Lagos 2 e 3 do PEAL, já que uma fração da vazão sólida afluente será captada pelo reservatório de primeira chuva e removida pela estação de flotação e outra será sedimentada na bacia de retenção.

A avaliação prévia dos impactos ambientais decorrentes da supressão da vegetação se mostrou uma atividade essencial para o projeto, principalmente por se tratar de uma Zona de Amortecimento de uma UC. A viabilidade do projeto está diretamente relacionada com os impactos adversos associados às atividades propostas. Essa análise se adianta à etapa do licenciamento, antevendo possíveis problemas decorrentes da implantação do SECCD. Esse procedimento se mostrou adequado para um projeto de concepção, servindo de exemplo para outros casos.

Para finalizar, é necessário que se divulgue esse trabalho de modo a suscitar a discussão sobre o tema e o desenvolvimento de pesquisas e estudos que deem suporte à tomada de decisão. Sabemos que um cenário similar ocorre, por exemplo, no Parque Ibirapuera e que aprendizados aqui obtidos podem ser replicados mediante estudos detalhados. O aprimoramento da proteção de lagos de parques públicos está atrelado à recuperação de corpos hídricos em geral, que envolve a unificação do tratamento dado à drenagem urbana e ao esgotamento sanitário. Dependendo do que for decidido para o futuro do manejo de águas pluviais nas áreas urbanas do Brasil, variações do SECCD podem ser adotadas em diferentes localidades do país.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOLI, C. V.; FRANÇA, M.; GARBOSSA, L. H. P.; PEGORINI, E. S.; WEIGERT, G. **Alternativas para o gerenciamento dos sistemas separadores absolutos sob influência de contribuições irregulares.** VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2006.
- ARTINA, S.; CALENDA, G.; CALOMINO, F.; LOGGIA, G.; MODICA, C.; PAOLETTI, A.; PAPIRI, S.; RASULO, G.; VELTRI, P.; **Sistemi di fognatura - manuale di progettazione.** CSDU - Centro Studi Idraulica Urbana. Hoepli S.p.A. Milão, Itália, 1997.
- BARROS, M., T., L.; BRAGA, B.; EIGER, S.; HESPAÑHOL, I.; CONEJO, J., G., L.; JULIANO, N.; MIERZWA, J., C.; NUCCI, N.; PORTO, M.; SPENCER, M. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável.** 2005.
- BECCIU, G.; CALENDA, G.; MORTE, R. D.; RASULO, G. **Extravasores.** In: **Manejo integrado de águas urbanas – Projetos de redes de drenagem e de esgotos sanitários.** Centro Studi Idraulica Urbana e Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. São Paulo. No prelo.
- BERNARDES, R. S.; SOARES, S. R. A. **Esgotos Combinados e Controle da Poluição:** Estratégia para Planejamento do Tratamento da Mistura de Esgotos Sanitários e Águas Pluviais. Caixa Econômica Federal, UNB; Brasília. 2004, 160 p.
- BMP, International Stormwater Best Management Practices Database. **Summary of Cost Data**, 2007.
- BUCCI, F. F.; NARESSI, A. M.. **Análise e comparação da estação de tratamento de esgoto do córrego Pedra Branca com estação teórica de Lodos Ativados – Estudo de caso.** Sorocaba, SP, 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 001 de 31 de janeiro de 1994. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 jan. 1994.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 344 de 25 de março de 2004. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 mar. 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 mar. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 369 de 28 de março de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 mar. 2006.

BUENO, R. C. R.; TSUTIYA, M. T. **Contribuição de águas pluviais em sistema de esgoto sanitário no Brasil**. Revista Água Latinoamérica, Tucson, v. 4, n. 4, p. 20-25, jul./ago. 2004. Disponível em: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/070804%20Sanitario%20Brasil_port.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2013

CAVALCANTI, J. E.; **Tratamento dos esgotos não domésticos (ENDs)**. Disponível em: <<http://www.brasilengenharia.com/portal/saneamento/4944-tratamento-dos-esgotos-nao-domesticos-ends>>. Acesso em: 28 de outubro de 2013.

CLARY, J.; LAWLERK.; LEISENRING, M.P.E.; HOBSON P. Solids (TSS, TDS and Turbidity). In: **International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database Pollutant Category Summary**. 2011.

CLARY, J.; LAWLERK.; LEISENRING, M.P.E.; HOBSON P. Statistical Addendum: TSS, Bacteria, Nutrients, and Metals. In: **International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database Pollutant Category Summary**. 2012.

CÓRREGO LIMPO, **Programa Córrego Limpo**, Disponível em: <http://www.corregolimpo.com.br/corregolimpo/por_que_despoluir/sobre_projeto.asp> Acesso em: 29 de maio de 2013.

DEBO, T. N.; REESE, A. J. Structural Best Management Practices. In: **Municipal Storm Water Management**. 1941. Cap. 13, p. 577-583

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO. **Programa Rodoanel - Trecho Norte - Estudo de Impacto Ambiental - EIA**. São Paulo: Dersa, 2010. 451p. v.4. (Trecho Norte AID Físico e Biótico)

DT ENGENHARIA, **Estação de tratamento de água e esgoto – A tecnologia FLOTFLUX®**, Disponível em: <<http://www.dtengenharia.com.br/flotflux.html#>>. Acesso em 15 de Maio de 2013.

EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas em áreas urbanas** - sistema de suporte ao gerenciamento da água urbana - estudo de caso: rio Cabuçu de Baixo, cidade de São Paulo. Livro técnico. EPUSP. São Paulo, SP, Brasil, 2004. CD ROM.

FABHAT - Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê** (2009). Disponível em: <http://www.fabhat.org.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=55>. Acesso em: 10 de julho de 2013.

GRAÇA, C.E.C., **Programa Córrego Limpo**, 2012. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/planejamento/escola_de_formacao/arquivos/cursos/presenciais/corrego_limpo.pdf>. Acesso em: 16 de abril de 2013.

HABISP – **Habitação Social na cidade de São Paulo**, Disponível em:<<http://www.habisp.inf.br/>>. Acesso em: 15 de maio de 2013.

HAUPT J. P. O; PORTO M. F. A.; YAZAKI, L. F. O. **Uso Potencial de Sistemas Mistos de Esgotos e Águas Pluviais para Redução da Poluição Hídrica em Bacias Urbanas**. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, São Paulo, Anais/CD-ROOM, São Paulo, 2007.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório Técnico GPS-RE-001-R0 Projeto PROAGUA** – Fortalecimento Institucional, Fase III - Sistema de Gestão da Bacia do Rio Paraíba do Sul. 2000.

PAOLETTI, A. **Gestione sostenibile delle acque meteoriche e delle acque reflue**. Curso. "Gestão Integrada das Águas e dos Resíduos na Cidade". Brasília. HYDROAID. PMSS – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – Ministério das Cidades. 53f. (Apostila). 2005.

PAPIRI, S.; TODESCHINI, S. Reservatórios de Primeira Chuva. In: **Manejo integrado de águas urbanas – Projetos de redes de drenagem e de esgotos sanitários**. Centro Studi Idraulica Urbana e Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. São Paulo. No prelo.

PITT, R. **The Design, Use, and Evaluation of Wet Detention Ponds for Stormwater Quality Management**, Alabama, EUA, 2003.

PONCE, V. M. Sediment in the Hydrologic Cycle. In: **Engineering Hydrology – Principles and Practices**. 1989. Cap. 15, p. 565-569.

PORTO, R.L.L., 1995, **Escoamento Superficial Direto**, In : TUCCI, C.E.M., PORTO, R.L.L., BARROS, M.T. (org.), 1995, **Drenagem Urbana, Coleção ABRH de Recursos Hídricos**, vol. 5, Editora da Universidade, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, pp 107-165.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Mapa Digital da Cidade**. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/desenvolvimento_urbano/da_dos_estatisticos/> Acesso em: 07 de agosto de 2013.

PROSAB. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. 2009.

SAISP. **Sistema de Alertas a Inundações de São Paulo**. Disponível em: <www.saisp.br>. Acesso em: 15 de julho de 2013.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 5.916, de 13 de março de 1975.** Aprova o Regulamento a que se refere o Artigo 22 do Decreto-Lei n. 211, de 30 de março de 1970, que dispõe sobre normas de promoção, preservação e recuperação da saúde no campo de competência da Secretaria de Estado da Saúde. Disponível em:

<<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1975/decreto-5916-13.03.1975.html>>. Acesso em: 20 de setembro de 2013.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976.** Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente Disponível em:

<<http://governo-sp.jusbrasil.com.br/legislacao/213741/decreto-8468-76>>. Acesso em: 20 de setembro de 2013.

SÃO PAULO (Município). **Decreto nº 47.145, de 29 de março de 2006.** Regulamenta o Termo de Compromisso Ambiental - TCA, instituído pelo artigo 251 e seguintes da Lei nº 13.430, de 13 de setembro de 2002 (Plano Diretor Estratégico). Disponível em:

<<http://www.radarmunicipal.com.br/legislacao/decreto-47145>>. Acesso em: 20 de setembro de 2013.

SARTORI, A. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** Vol. 10, n. 4, p. 5-18, Out/Dez. 2005.

SILVA, J. C. A. **Recuperação de córregos urbanos através do controle de cargas pontuais e difusas. Estudo de caso: córrego Ibiraporã e do Sapé.** São Paulo, 2013.

SMDU. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano - PMSP. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana.** 2012a. 168p. v1.

SMDU. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano - PMSP. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamentos.** 2012b. 220p. v2.

SMA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Plano de Manejo do Parque Estadual Alberto Lofgren.** Submetido à análise do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). 2009.

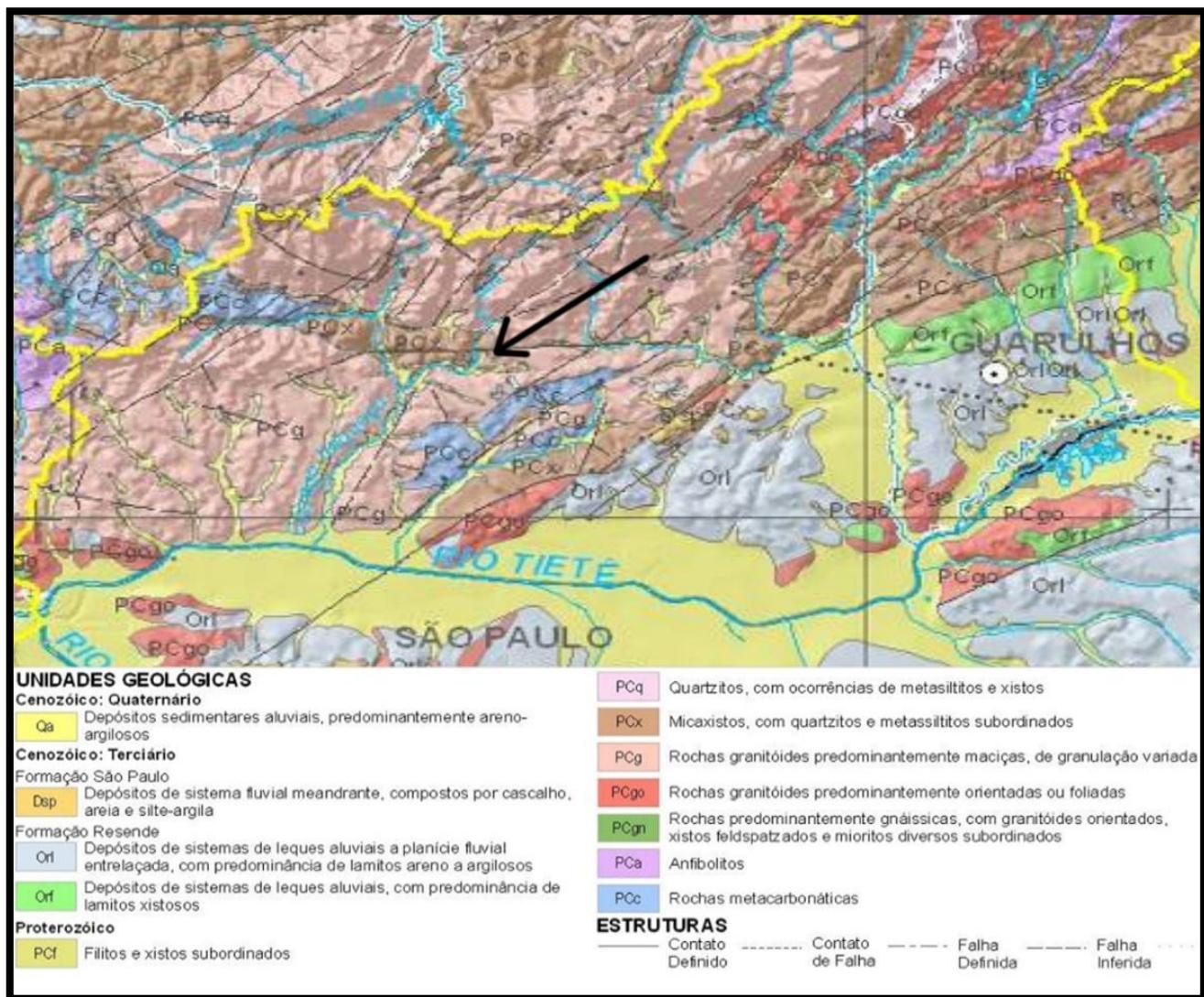
SMA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Plano de Manejo do Parque Estadual Alberto Lofgren.** Relatório consolidado (Módulo: Meio físico. Sub-módulo: Recursos Hídricos). 2008.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação.** 1. Ed. Rio Grande do Sul: edusp, 1993.

USEPA. Office of Water Washington, D. C. **Storm Water Technology Fact Sheet – Wet Detention Ponds.** 1999.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial.** São Paulo. p. 477. 1978.

ANEXOS



Anexo 1. Recorte ampliado das unidades geológicas das bacias do Cabuçu de Baixo e Cabuçu de Cima.
Fonte: FABHAT (2009) Escala 1:400.000

	fluxo de entrada	fluxo de saída
Sólidos Suspensos Totais (mg.L ⁻¹)	70,7	13,5
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	0,3	0,13
Fósforo Dissolvido (mg.L ⁻¹)	0,13	0,06
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	1,83	1,28
NOx (mg.L ⁻¹)	0,43	0,18
Coliformes Fecais (#/100 mL)	1920	707
E.coli (#/100 mL)	2800	150

Anexo 2. Concentrações médias das variáveis de qualidade da água no fluxo de entrada e saída de um conjunto de bacias de retenção. Fonte: Clary et al (2012).

Assunto: Escavação, Limpeza e Desassoreamento do Lago das Capivaras

Cliente: Secretaria do Meio Ambiente - SMA

Local: Instituto Florestal - " Parque Estadual Alberto Loefegreen"

PLANILHA ORÇAMENTARIA

CODASP

CÓDIGO	Item	Descrição do Serviço	Unid.	Quant.	CUSTO (R\$)	
					Custo Unitário	Custo Total
	1.0	Canteiro de obras				R\$ 245.962,22
1.1	Instalação de canteiro de serviços (máximo 1% do valor dos serviços)	vb		1,00	R\$ 115.808,55	R\$ 115.808,55
1.2	Manutenção do canteiro de obras (máximo 0,6% do valor dos serviços)	mês		1,00	R\$ 69.485,13	R\$ 69.485,13
1.3	Desmobilização do canteiro de obras (máximo 0,5% do valor dos serviços)	vb		1,00	R\$ 57.904,28	R\$ 57.904,28
1.4	Placa de obra	vb		18,00	R\$ 153,57	R\$ 2.764,26
	2.0	Desassoreamento nos lagos capivara, Lago 1 e lago 2				R\$ 11.521.502,47
2.1	Lago das capivaras - escavação e carga de material brejoso	m ³		34.661,04	R\$ 2,71	R\$ 93.931,42
2.2	Lago 1 (maior) - escavação e carga de material brejoso	m ³		19.719,11	R\$ 18,38	R\$ 362.437,24
2.3	Lago 2 (menor) - escavação e carga de material brejoso	m ³		3.970,29	R\$ 7,75	R\$ 30.769,75
2.4	Fornecimento de solo de primeira categoria para acesso de veículos dentro do lago das capivaras (fornecimento de terra, será de ponto ao lado do lago das capivaras)	m ³		5.000,00	R\$ 4,41	R\$ 22.050,00
2.5	Carga mecanizada de solo brejoso	m ³		58.350,44	R\$ 22,10	R\$ 1.289.544,72
2.6	Tubo Geotextil tecido para contenção, desidratação e consolidação de lodo e sedimentos.	un		4,00	R\$ 80.000,00	R\$ 320.000,00
2.7	Transporte de material escavado até 25 km	m ³		58.350,44	R\$ 77,60	R\$ 4.527.994,14
2.8	Disposição final e tratamento em anterro sanitário	m ³		58.350,44	R\$ 80,00	R\$ 4.668.035,20
2.9	Enrocamento com pedra	m ³		1.000,00	R\$ 206,74	R\$ 206.740,00

Anexo 3. Planilha orçamentária, com destaque para as obras de desassoreamento dos lagos do PEAL.
Fonte: (comunicação pessoal)²⁶.

²⁶ Planilha fornecida por Katia Mazzei, em março de 2013.

Anexo 4. Tabela de dados da batimetria - Lago 2 do PEAL.

LAGO 2				
Trecho	Distância (m)	Prof. Média (m)	Ponto	Prof. Medida (m)
S1E-M1	46,3	0,5	M1	0,5
M1-M2	46,3	0,55	M2	0,6
M2-S2E	37,0	0,6	M3	0,5
S2E-M3	27,8	0,55	M4	0,4
M3-M4	27,8	0,45	M5	0,2
M4-S3E	20,4	0,35	M6	0,2
S3E-M5	32,4	0,25	M7	0,2
M5-M6	36,1	0,2	M8	0,3
M6-M7	20,4	0,2	M9	0,2
M7-S3A	15,7	0,2	M10	0,2
S3A-S2A	11,1	0,2	M11	0,1
S2A-S1A	8,3	0,15	M12	0,2
S1A-S5A	9,3	0,1	M13	0,3
S5A-S4A	4,6	0,15	M14	0,3
S4A-M8	9,3	0,25	M15	0,5
M8-M9	37,0	0,25	M16	0,5
M9-M10	36,1	0,2	S1A	0,1
M10-S6A	55,5	0,2	S1B	0,9
S6A-M11	24,1	0,15	S1C	0,8
M11-M12	13,9	0,15	S1D	1,1
M12-S6D	17,6	0,25	S1E	0,5
S6D-S4E	18,5	0,25	S2A	0,2
S4E-M13	22,2	0,25	S2B	0,9
M13-M14	36,1	0,3	S2C	1,1
M14-S5E	27,8	0,4	S2D	1,1
S5E-M15	37,0	0,5	S2E	0,6
M15-M16	31,5	0,5	S3A	0,2
M16-S1E	37,0	0,5	S3B	1,1
S1A-S1B	13,9	0,5	S3C	0,9
S1B-S1C	18,5	0,85	S3D	1
S1C-S1D	18,5	0,95	S3E	0,3
S1D-S1E	17,6	0,8	S4A	0,2
S2A-S2B	13,9	0,55	S4B	0,4
S2B-S2C	15,7	1	S4C	0,4
S2C-S2D	22,2	1,1	S4D	0,5
S2D-S2E	37,0	0,85	S4E	0,2
S3A-S3B	19,4	0,65	S5A	0,1
S3B-S3C	11,1	1	S5B	1
S3C-S3D	10,2	0,95	S5C	1
S3D-S3E	14,8	0,65	S5D	1,1
S4A-S4B	15,7	0,3	S5E	0,5

S4B-S4C	31,5	0,4	S6A	0,2
S4C-S4D	30,5	0,45	S6B	0,1
S4D-S4E	13,9	0,35	S6C	0,1
S5A-S5B	33,3	0,55	S6D	0,3
S5B-S5C	22,2	1		
S5C-S5D	33,3	1,05		
S5D-S5E	27,8	0,8		
S6A-S6B	8,3	0,15		
S6B-S6C	9,3	0,1		
S6C-S6D	6,5	0,2		

Anexo 5. Tabela de dados da batimetria - Lago 3 do PEAL.

LAGO 3				
Trecho	Distância (m)	Prof. Média (m)	Ponto	Prof. Medida (m)
S1A-S1B	5,1	0,7	S1A	0,5
S1B-S1C	11,1	0,85	S1B	0,9
S1C-S1D	7,7	1,05	S1C	0,8
S1D-S1E	7,7	0,85	S1D	1,3
S1E-S2E	17,9	0,5	S1E	0,4
S1A-S2A	15,3	0,5	S2A	0,5
S2A-S2B	10,2	1,25	S2B	2
S2B-S2C	11,1	1,85	S2C	1,7
S2C-S2D	11,9	1,6	S2D	1,5
S2D-S2E	12,8	1,05	S2E	0,6
S2E-S3E	19,6	0,5	S3A	0,6
S2A-S3A	20,4	0,55	S3B	1,7
S3A-S3B	8,5	1,15	S3C	1,7
S3B-S3C	6,8	1,7	S3D	1,9
S3C-S3D	8,5	1,8	S3E	0,4
S3D-S3E	17,0	1,15	S4A	0,6
S3E-S4E	23,0	0,7	S4B	1,9
S3A-S4A	23,0	0,6	S4C	1,9
S4A-S4B	11,1	1,25	S4D	1,7
S4B-S4C	8,5	1,9	S4E	1
S4C-S4D	8,5	1,8	S5A	0,8
S4D-S4E	11,9	1,35	S5B	1,1
S4E-S5E	25,6	0,75	S5C	1,15
S4A-S5A	29,8	0,7	S5D	1
S5A-S5B	9,4	0,95	S5E	0,5
S5B-S5C	10,2	1,125		
S5C-S5D	10,2	1,075		
S5D-S5E	7,7	0,75		

ANEXO 6 – BOMBA KST KRB DRAINER

Bomba submersível para instalação em poço úmido

Linha: Submersível



Hidráulica K
1500/2000/3000

Hidráulica F
1500

Hidráulica FI
1000/1500.1/1500.2

Hidráulica E
3000.1

1. Aplicação

As bombas submersíveis KRT DRAINER Hidráulicas K e E, são recomendadas para aplicações em drenagem de esgotos, fossas sépticas e galerias subterrâneas, bombeamento de águas limpas ou sujas, com sólidos em suspensão. A KRT DRAINER com hidráulica F e FI, é recomendada para aplicação em drenagem de galerias subterrâneas e bombeamento de águas limpas ou sujas com sólidos em suspensão.

Aplicações:

- Na indústria e comércio;
- Residências;
- Construção civil;
- Garagens subterrâneas e subsolos.

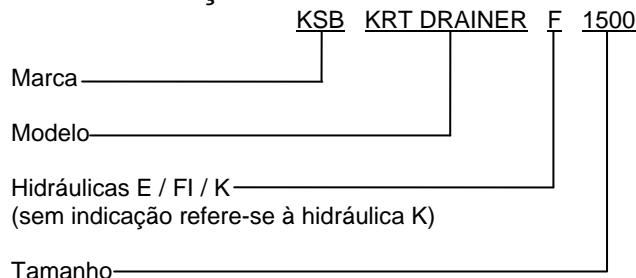
2. Descrição geral

Moto-bomba centrífuga submersível, bipartida radialmente dotada de hidráulica “não obstruível”, em execução transportável, diâmetro máximo de sólidos em suspensão 35 mm para hidráulica K.

A hidráulica F possui um crivo na sucção com furos que permitem a passagem de sólidos até 10 mm para hidráulicas FI 1000 e FI 1500.1; 3 mm para hidráulica FI 1500.2 e 9 mm para hidráulica F 1500.

A hidráulica E, permite a passagem de sólidos até 50 mm.

3. Denominação



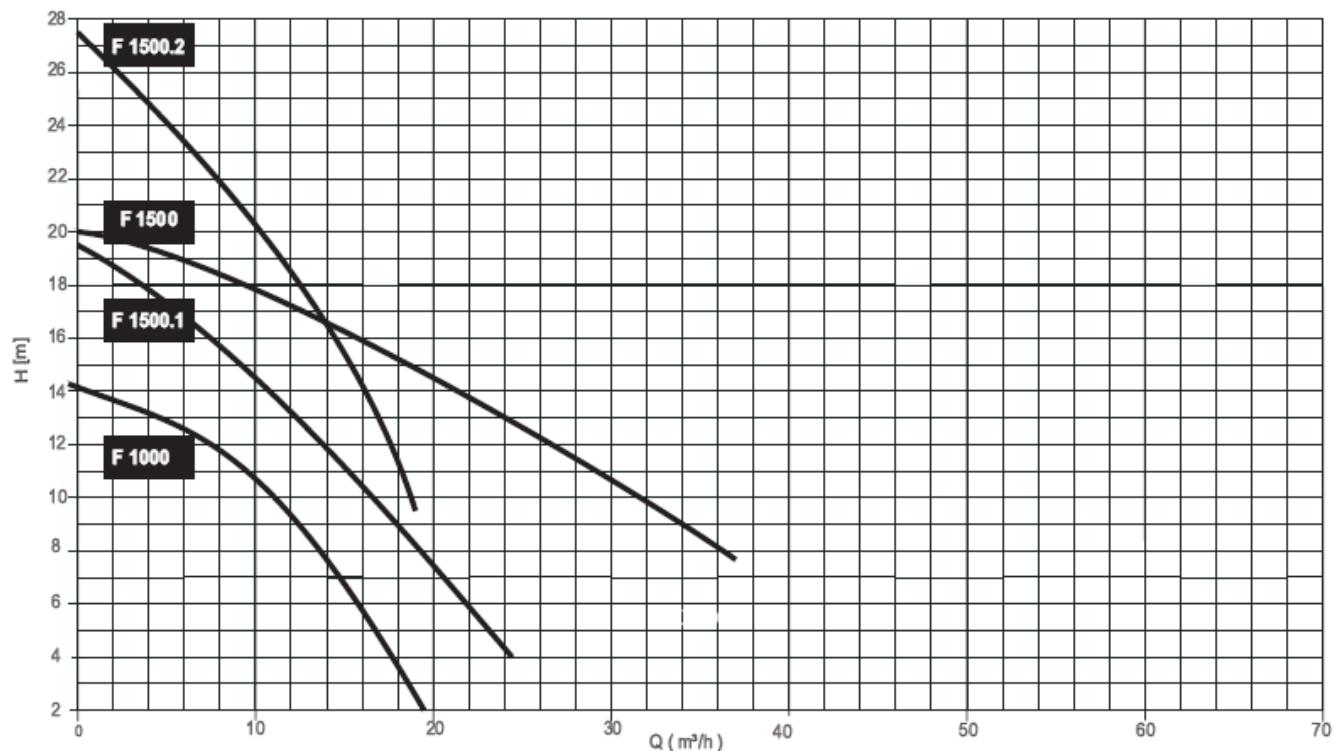
4. Dados de operação

Vazões	- até 66 m ³ /h
Elevações	- até 27,5 m
Potência	- até 3 CV
Temperatura	- até 30°C para hidráulica K e F1500, até 40°C para hidráulicas FI1000.1500.1;1500.2 e 3000.1.
Rotação Nominal	= 1.750 rpm (hidráulica K) = 3.500 rpm (hidráulicas F, FI e E)
Motor	- trifásico 220 V ou 380 V – 60 Hz

5. Campo de seleção

Campo da aplicação 60Hz

Drenagem de galerias subterrâneas e bombeamento de água limpa:



Drenagem de esgotos, fossas sépticas e bombeamento de água limpa ou suja com sólidos em suspensão:

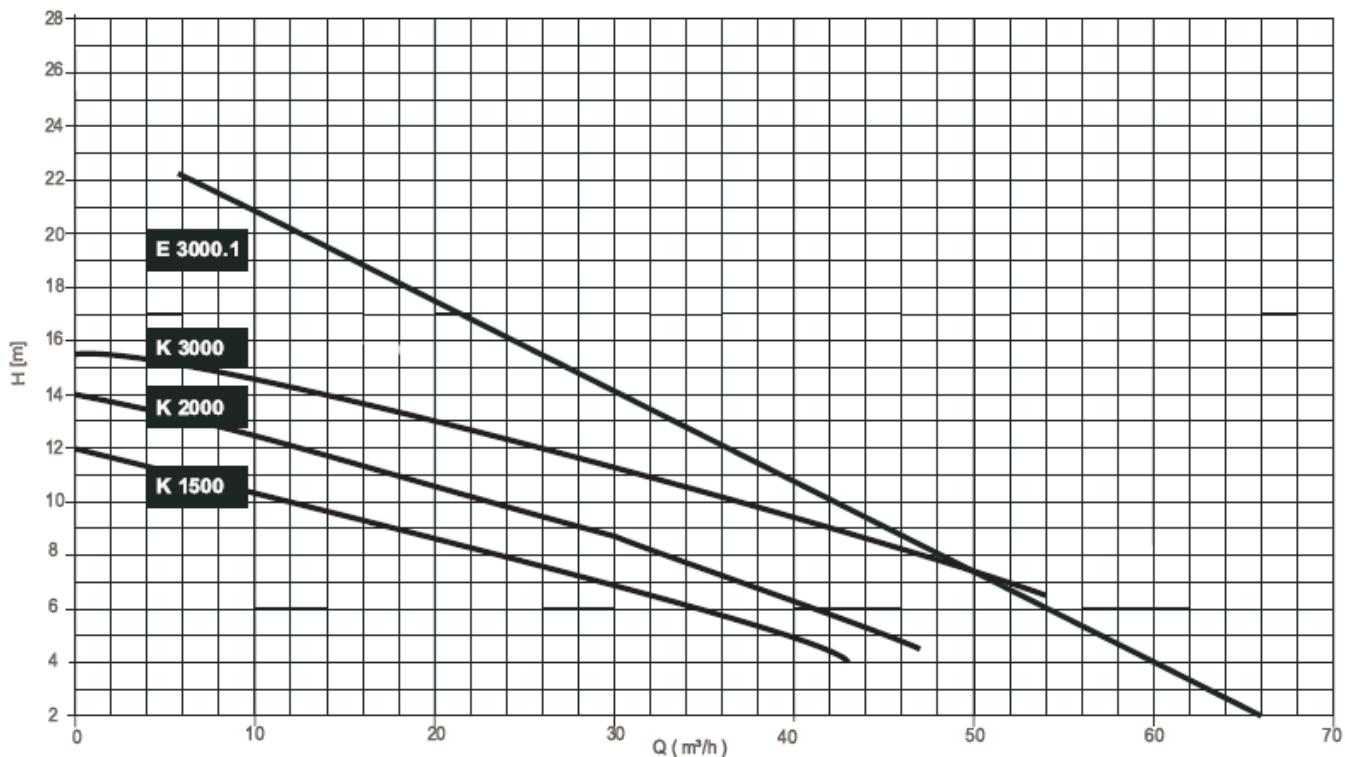


Fig. 01

6. Características técnicas

- Motor trifásico; IP 68, isolação classe B, para hidráulicas K e F 1500; isolação classe F para hidráulicas FI 1500.1; F 1500.2; E 3000.1
- Rolamentos lubrificados à graxa com dupla blindagem.
- Sistema de alívio de empuxo axial através de palhetas traseiras.
- A bomba KRT Drainer E 3000.1 possui no motor proteção térmica contra aquecimento excessivo.

Materiais:

Hidráulicas	Corpo da bomba	Carcaça do motor	Eixo do motor	Crivo	Rotor	Selo mecânico
K 1500/2000/3000	Ferro fundido	Ferro fundido	Aço carbono	Não aplicável	Ferro fundido	Grafite x Cerâmica
F 1500				Aço galvanizado	Ferro fundido	Carbeto de silício x Carbeto de silício
FI 1000/1500.1/1500.2			Aço inox	Aço inox		
E 3000.1					Ferro fundido	

Tabela 01

7. Dimensões externas

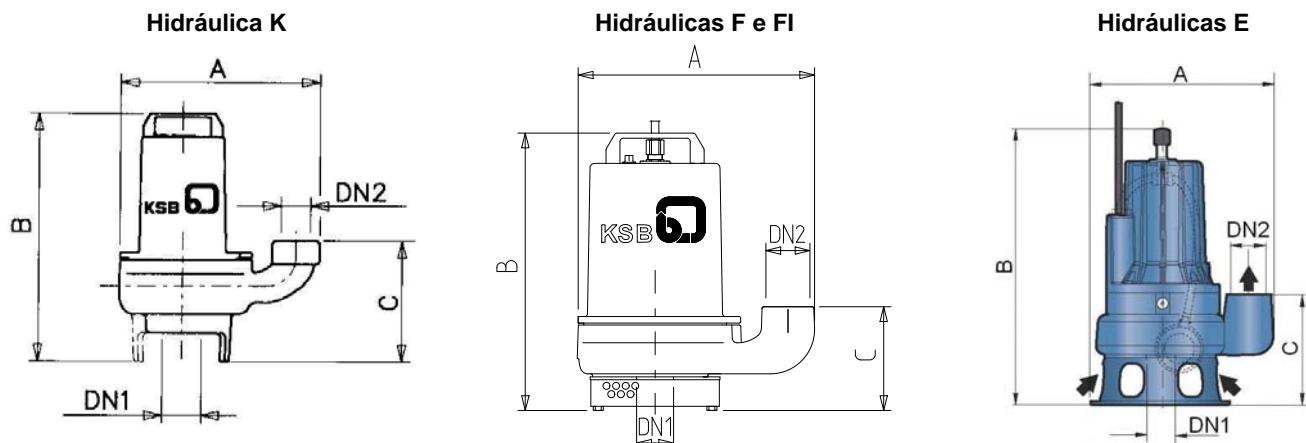


Fig. 02

Modelo da bomba trifásico	DN1	DN2	Dimensões em mm			Pesos (Kg)
	mm	Gás	A	B	C	
KRT Drainer K 1500	65	2"	334	429	211	36
KRT Drainer K 2000	65	2"	334	434	211	40
KRT Drainer K 3000	65	2"	334	434	211	40
KRT Drainer F 1500	50	2"	320	370	141	28
KRT Drainer FI 1000	40	1.1/2"	226	285	66	16.5
KRT Drainer FI 1500.1	40	1.1/2"	230	310	80	18.5
KRT Drainer FI 1500.2	40	1.1/2"	230	310	80	18.5
KRT Drainer E 3000.1	51	2.1/2"	374	500	188	36.0

Tabela 02

8. Dados técnicos do motor

Dados	Unidades	KRT Drainer K	KRT Drainer F	KRT Drainer FI	KRT Drainer E
Potência	(cv)	1,5	2,0	3,0	3000,1
	(kW)	1,1	1,5	2,2	3,0
Regime de serviço					
Categoria - isolação		N - B			
Rotação nominal	(rpm)	1750	3500		
Alimentação					
Cabo de alimentação	(m)	5			
	(mm ²)	2,5			
Fator de serviço		1,0	1,15		
Variação de tensão adm.	%			± 5%	
Tensão nominal	(V)	220	380	220	380
Corrente nominal	(A)	4,6	2,7	6,1	3,5
I _p / I _n		6,5	7,0	6,7	7,5
Corrente de partida	(A)	29,4	17,0	42,3	24,5
		59,7	34,6	41,0	23,7
				13,7	7,8
Fator de potência		0,83	0,79	0,80	0,89
				0,69	0,70
Rendimento (%)		3/4	0,74	0,72	0,73
		1/4	0,60	0,59	0,61
		4/4	76,7	72,5	81,0
		3/4	77,0	82,0	79,0
		1/4	74,8	78,5	80,0

Tabela 03

9. Recomendações para instalação

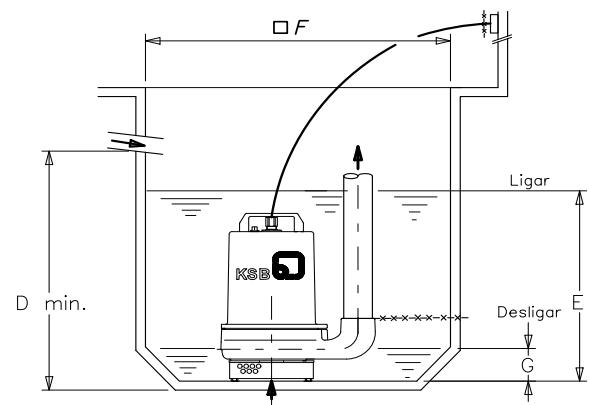


Fig. 03

-X-X-X Limite de fornecimento KSB.

Modelo da bomba	Medidas			
	D mm	E mm	F mm	G mm
KRT Drainer K	500	450	550	150
KRT Drainer F 1500	440	390	540	95
KRT Drainer FI 1000 1500.1; 1500.2	500	450	500	50
KRT Drainer E 3000.1	800	750	800	100

Tabela 04

10. Composição em corte / vistas explodidas e lista de peças

Hidráulica K

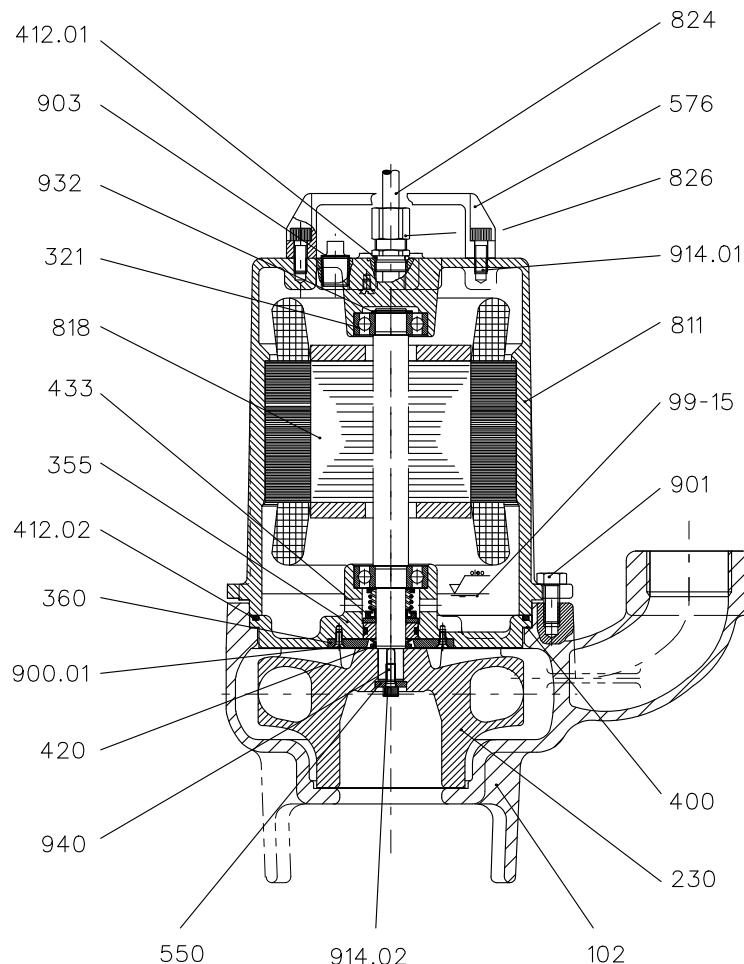
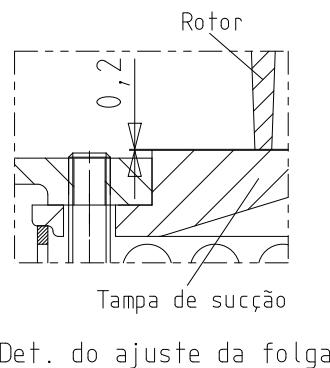
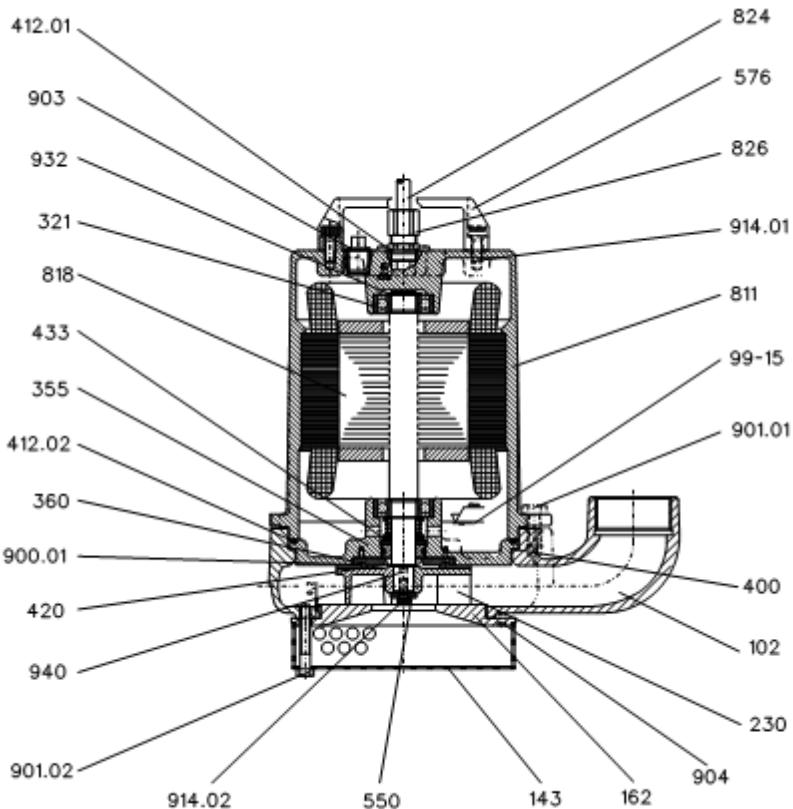


Fig. 04

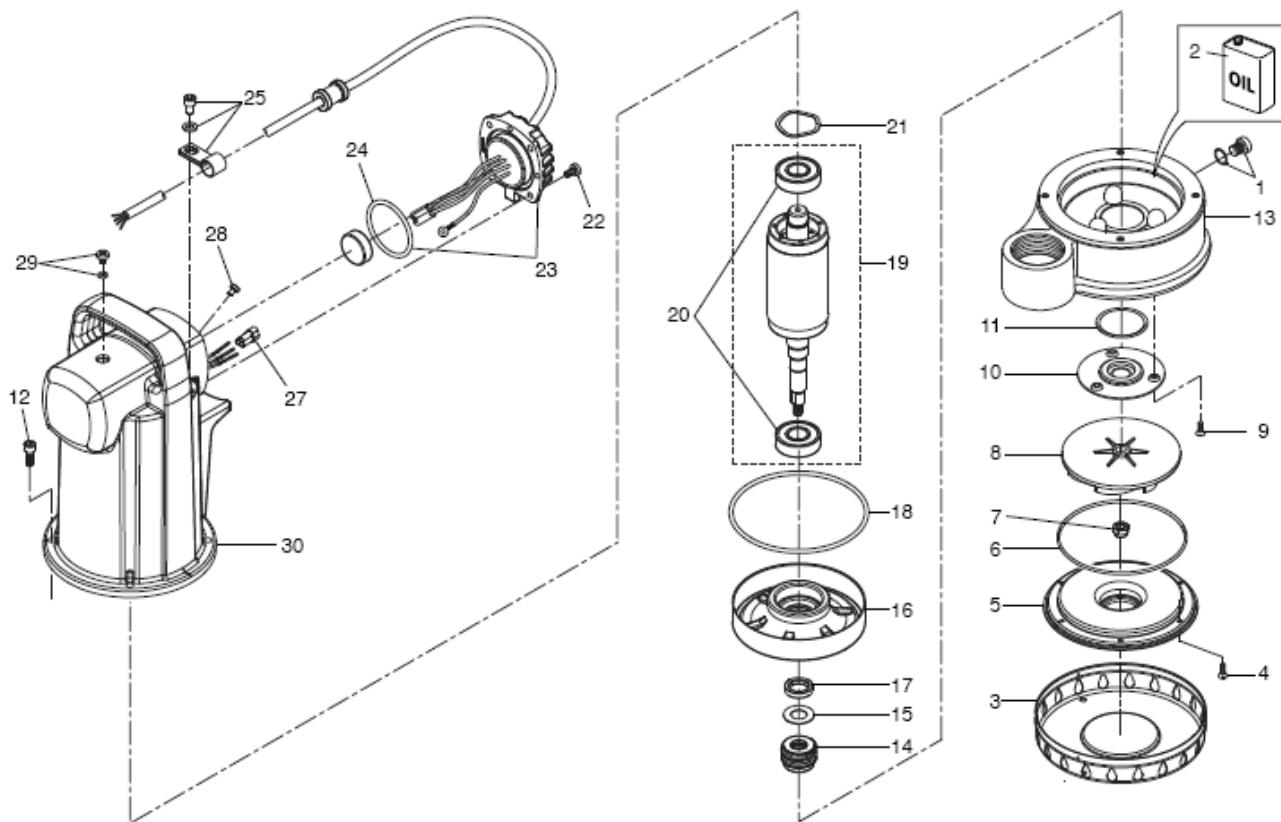
Peça nº	Denominação	Material	Qt	Peça nº	Denominação	Material	Qt
102	Corpo espiral	Ferro fundido cinzento	01	811	Carcaça do motor	Ferro fundido cinzento	01
230	Rotor	Ferro fundido cinzento	01	818	Parte do motor	Aço silício / cobre	01
321	Rolamento	Aço	02	824	Cabo	Viniflex	01
355	Sup. do mancal	Ferro fundido cinzento	01	826	Passagem de cabo	Latão PVC	01
360	Tampa do mancal	Aço carbono	01	900.01	Parafuso de fenda	Aço inox 316	03
400	Junta plana	Pap. hidráulico	01	901	Parafuso cab. sextavada	Aço carbobo	04
412.01	Anel oring	Borracha nitrílica	01	903	Bujão	Ferro maleável	01
412.02	Anel o'ring	Borracha nitrílica	01	914.01	Parafuso allen	Aço carbono	02
420	Retentor	Borracha nitrílica	01	914.02	Parafuso allen	Aço inox 316	01
433	Selo mecânico	Cerâmica / Grafite / NB	01	932	Anel elástico	Anel elástico	01
550	Arruela	Aço inox 316	01	940	Chaveta	Aço crbono	01
576	Alça	Nylon	01	99-15	Óleo		0,30 l

Hidráulica F 1500

Det. do ajuste da folga
Fig. 05

Peça nº	Denominação	Material	Qt
102	Corpo espiral	Ferro fundido cinzento	01
143	Crivo	Aço carbono zinzado	01
162	Tampa de sucção	Ferro fundido cinzento	01
230	Rotor	Ferro fundido cinzento	01
321	Rolamento	Aço	02
355	Sup. do mancal	Ferro fundido cinzento	01
360	Tampa do mancal	Aço carbono	01
400	Junta plana	Pap. hidráulico	01
412.01	Anel o'ring	Borracha nitrílica	01
412.02	Anel o'ring	Borracha nitrílica	01
420	Retentor	Borracha nitrílica	01
433	Selo mecânico	Cerâmica / Grafite / NB	01
550	Arruela	Aço inox 316	01
576	Alça	Nylon	01

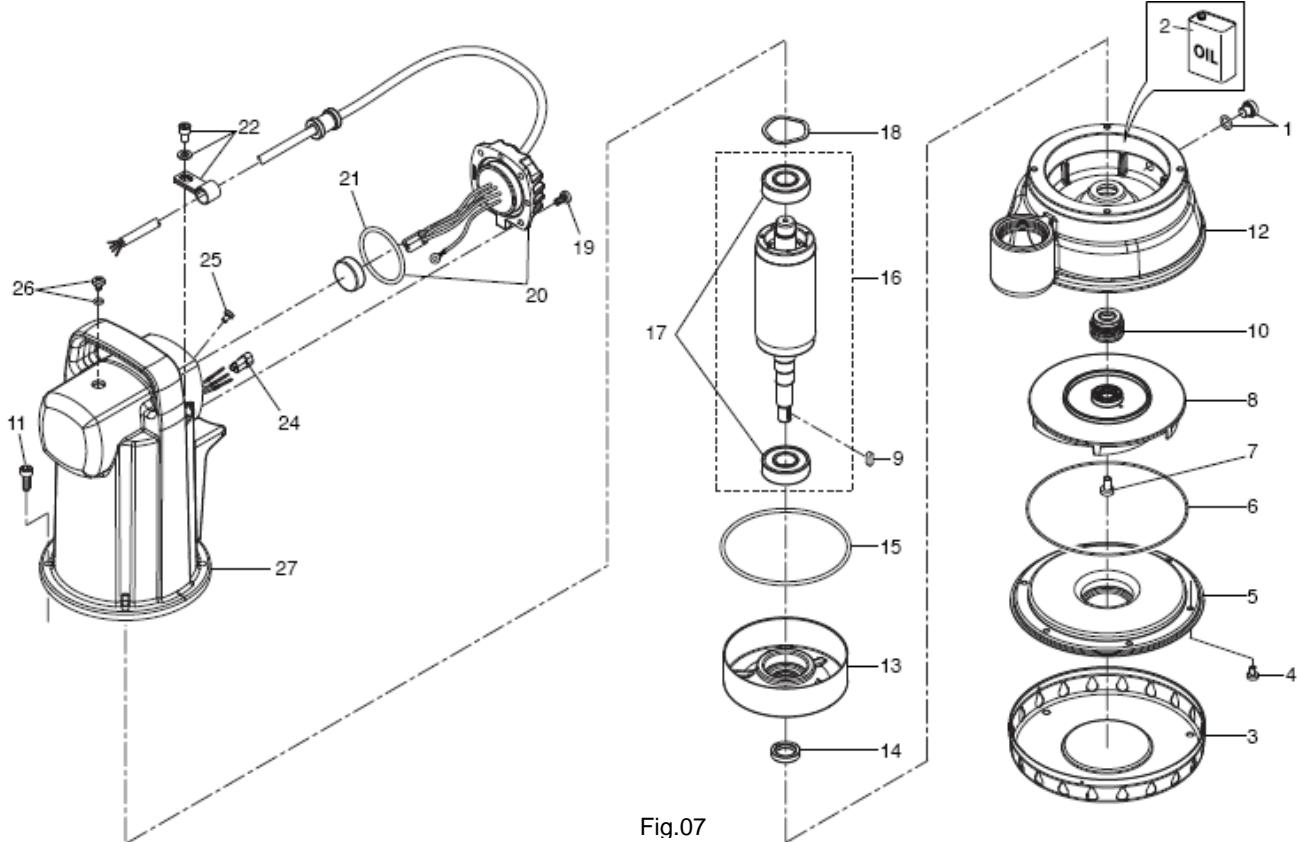
Peça nº	Denominação	Material	Qt
811	Carcaça do motor	Ferro fundido cinzento	01
818	Parte do motor	Aço silício / cobre	01
824	Cabo	Viniflex	01
826	Passagem de cabo	Latão / PVC	01
900.01	Parafuso de fenda	Aço inox 316	03
901.01	Parafuso cab. sextavada	Aço carbono	04
901.02	Parafuso cab. sextavada	Aço inox 316	03
903	Bujão	Ferro maleável	01
904	Pino roscado (1)	Aço inox 316	03
914.01	Parafuso allen	Aço carbono	02
914.02	Parafuso allen	Aço inox 316	01
932	Anel elástico	Aço mola	01
940	Chaveta	Aço carbono	01
99-15	Óleo		0,30 l

1) Caso necessário, o ajuste da folga entre a tampa de sucção e rotor pode ser feito através do pino roscado 904, soltando-se levemente o parafuso de fixação do crivo 901.02 e reapertando-o novamente após o ajuste.

Hidráulica FI 1000

Fig. 06

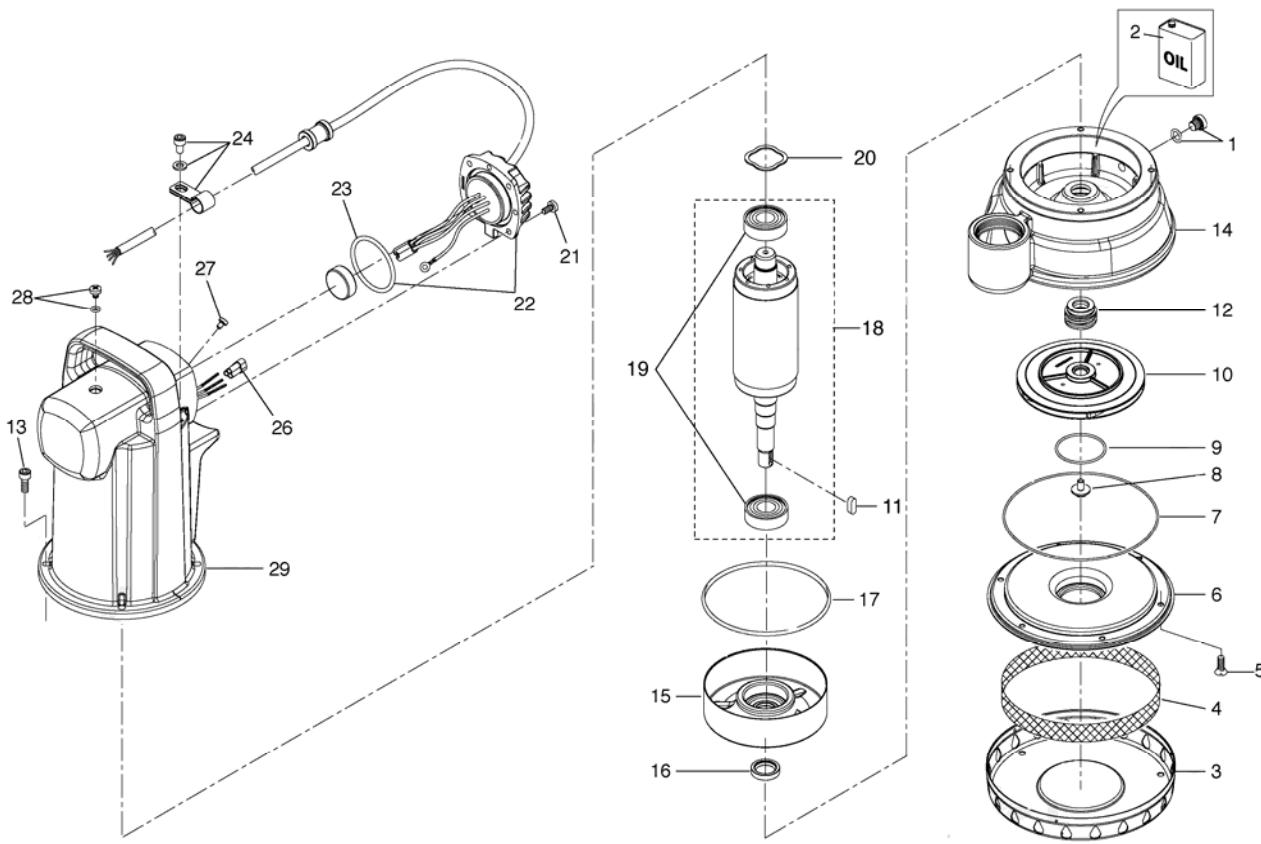
Peça nº	Denominação	Qt
1	Bujão com anel o'ring	01
2	Óleo	0,2 kg
3	Crivo	01
4	Parafuso	03
5	Tampa de sucção	01
6	Anel o'ring	01
7	Porca	01
8	Rotor	01
9	Parafuso	03
10	Tampa da câmara de óleo	01
11	Anel o'ring	01
12	Parafuso	04
13	Corpo da bomba	01
14	Selo mecânico	01
15	Arruela	01

Peça nº	Denominação	Qt
16	Tampa do motor	01
17	Anel de vedação	01
18	Anel o'ring	01
19	Rotor do motor com eixo	01
20	Rolamentos	02
21	Mola de ajuste	01
22	Parafuso	04
23	Cabo de alimentação completo	01
24	Anel o'ring	01
25	Presilha do cabo de alimentação	01
27	Conectores	01
28	Parafuso	01
29	Parafuso com anel o'ring	01
30	Corpo de motor com estator	01

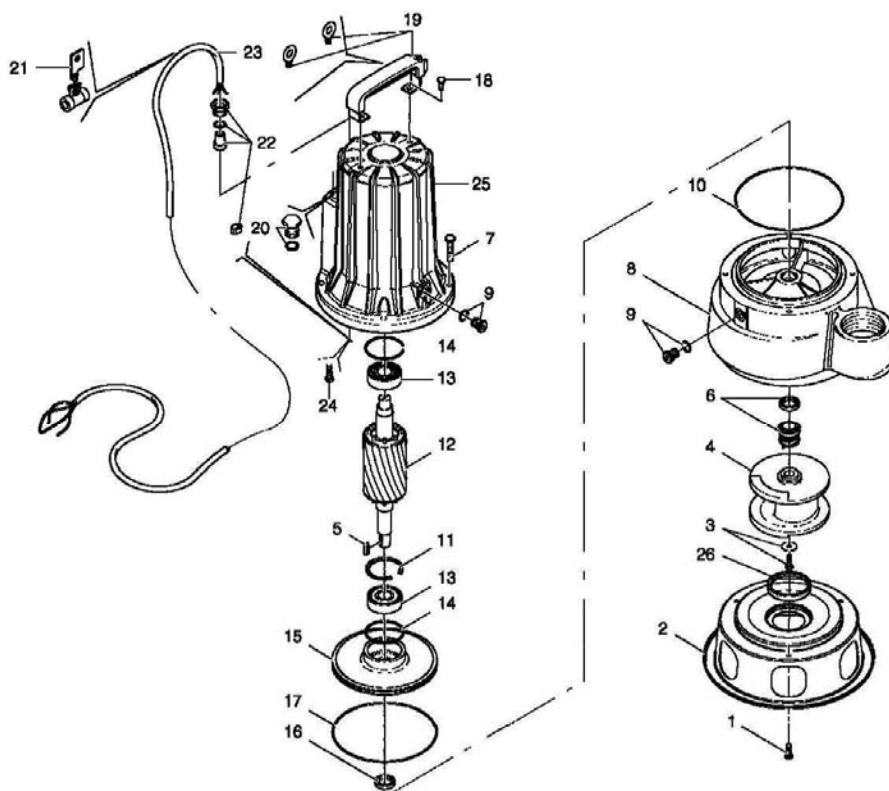
Hidráulica FI 1500.1

Fig.07

Peça nº	Denominação	Qt
1	Bujão com anel o'ring	01
2	Óleo	0,2 kg
3	Crivo	1
4	Parafuso	6
5	Tampa de sucção	1
6	Anel o'ring	1
7	Parafuso	1
8	Rotor	1
9	Chaveta	1
10	Selo mecânico	1
11	Parafuso	4
12	Corpo da bomba	1
13	Tampa do motor	1

Peça nº	Denominação	Qt
14	Anel de vedação	1
15	Anel o'ring	1
16	Rotor do motor com eixo	1
17	Rolamentos	2
18	Mola de ajuste	1
19	Parafuso	4
20	Cabo de alimentação completo	1
21	Anel o'ring	1
22	Presilha do cabo de alimentação	1
24	Conectores	1
25	Parafuso	1
26	Parafuso com anel o'ring	1
27	Corpo do motor com estator	1

Hidráulica FI 1500.2

Fig.08

Peça nº	Denominação	Qt	Peça nº	Denominação	Qt
1	Bujão com anel o'ring	1	15	Tampa do motor	1
2	Óleo	0,2 kg	16	Anel de vedação	1
3	Crivo	1	17	Anel o'ring	1
4	Filtro	1	18	Rotor do motor com eixo	1
5	Parafuso	6	19	Rolamentos	2
6	Tampa de sucção	1	20	Mola de ajuste	1
7	Anel o'ring	1	21	Parafuso	4
8	Parafuso	1	22	Cabo de alimentação completo	1
9	Anel o'ring	1	23	Anel o'ring	1
10	Rotor	1	24	Presilha do cabo de alimentação	1
11	Chaveta	1	26	Conectores	1
12	Selo mecânico	1	27	Parafuso	1
13	Parafuso	4	28	Parafuso com anel o'ring	1
14	Corpo da bomba	1	29	Corpo do motor com estator	1

Hidráulica E 3000.1

Fig.09

Peça nº	Denominação	Qt	Peça nº	Denominação	Qt
01	Parafuso	03	14	Anel o'ring	02
02	Pé de apoio	01	15	Tampa do motor	01
03	Parafuso do rotor com arruela	01	16	Anel de vedação	01
04	Rotor	01	17	Anel o'ring	01
05	Chaveta	01	18	Parafuso	02
06	Selo mecânico	01	19	Alça	01
07	Parafuso	04	20	Bujão	01
08	Corpo da bomba	01	21	Suporte do cabo	01
09	Bujão	02	22	Passagem de cabo	01
10	Anel o'ring	01	23	Cabo de energia	01
11	Anel de segurança	01	24	Parafuso	01
12	Rotor do motor	01	25	Carcaça do motor com enrolamento	01
13	Rolamento	02	26	Anel de desgaste	01

KSB Bombas Hidráulicas SA
Rua José Rabello Portella, 400
Várzea Paulista SP 13220-540
Brasil <http://www.ksb.com.br>
Tel.: 11 4596 8500 Fax: 11 4596 8580
SAK – Serviço de Atendimento KSB
e-mail: gqualidade@ksb.com.br
Fax: 11 4596 8656

**ANEXO 7 – FICHA TÉCNICA COLETOR
TIGRE**

Coletor Esgoto

Localização no Website Tigre:

Obra ▶ Infra-estrutura ▶ Saneamento Esgoto ▶ Coletor esgoto

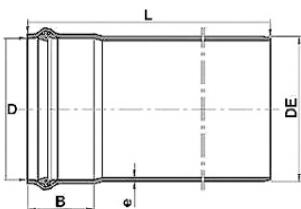


Função:

- Transporte de esgoto sanitário em redes coletoras.

Aplicações:

- Ligações prediais, redes coletoras, interceptores de esgoto sanitário, sistemas condominais, estações de tratamento de esgoto (ETE's), despejos industriais não agressivos ao PVC, instalações prediais de esgoto e águas pluviais (bitolas a partir de DN 100).



DIMENSÕES							
	100	150	200	250	300	350	400
B	75,4	97,2	113	130	151	159,8	171
D	110,4	160,5	200,6	250,6	316	355,8	400,8
DE	110	160	200	250	315	355	400
e	2,5	3,6	4,5	6,1	7,7	8,7	9,8
L	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000

1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

MAR/2011

- Fabricados em PVC rígido;
- Sistema de junta elástica integrada (JEI)*;
- Anéis de borracha JEI fabricados em borracha SBR;
- Cor ocre;
- Diâmetros nominais (bitolas) DN 100 a DN 400;
- Dimensionados para trabalharem enterrados e sem pressão (conduto livre);
- Temperatura máxima de condução dos despejos de 40°C;
- Coeficiente de rugosidade (Manning): $n=0,010$;
- Tubos nas opções - parede maciça e dupla parede (liso

internamente e corrugado externamente, somente DN 150); Classe de rigidez tubos, conforme tabela abaixo:

- Resistência a impacto conforme NBR 7362-1;
- Resistência a compressão diametral.

1.1 NORMAS DE REFERÊNCIA:

Fabricação: TUBOS - NBR-7362-1: 1999 - Sistemas enterrados para condução de esgoto. Parte 1:

Requisitos para tubos de PVC com junta elástica; Parte 2: Requisitos para tubos de PVC com parede maciça; Parte 3: Requisitos para tubos de PVC com dupla Parede;

• CONEXÕES NBR-1 0569: 1988 - Conexões de PVC rígido com junta elástica, para coletor de esgoto sanitário Tipos e Dimensões; NBR-10570 : 1988 Tubos e conexões de PVC rígido com junta elástica para coletor predial e sistema condominial de esgoto sanitário Tipos e dimensões;

• Instalação: NBR-7367 Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário; NBR-9814 Execução de rede coletora de esgoto sanitário.

DIMENSÕES		
Tubo	Diâmetro nominal (DN)	Classe de Rigidez (CR)
Parede maciça - NBR 7362-2 Tubo Coletor Esgoto JEI	DN 100 a DN 200 DN 250 a DN 400	2500 Pa 3200 Pa
Dupla parede - NBR 7362-2 Tubo Coletor Esgoto Corrugado JEI	DN 150 a DN 400	5000 Pa

2. BENEFÍCIOS:

- Estanqueidade garantida pelas juntas elásticas;
- Sistema completo tubos e conexões várias bitolas;
- Tubos parede maciça e Conexões com anel JEI (Junta Elástica Integrada) Facilita instalação e evita erros de montagem;
- Rapidez na instalação maior produtividade com redução de custo;
- Possibilidade de instalação em profundidades de vala menores devido sua maior classe de rigidez;
- Menor dependência da qualificação da mão-de-obra;

- Superfície interna lisa;
- Facilidade na manutenção;
- Restringe o acesso de materiais indesejáveis (sólidos) no interior dos condutos em função das dimensões reduzidas dos tampões;
- Elimina a visita manual do operador no interior do sistema;
- Longa durabilidade, evitando o desperdício de recursos e transtorno urbano com abertura de valas e bloqueio de ruas;
- Qualidade garantida Tigre.

3. INSTRUÇÕES:

3.1 ESTOCAGEM:

- Quando os tubos ficarem estocados por longos períodos, devem permanecer ao abrigo do sol, evitando-se possíveis deformações provocadas pelo seu aquecimento excessivo;
- O local para estocagem deverá ser plano, com declividade mínima, limpo, livre de pedras ou objetos salientes;
- A primeira camada de tubos deve ser colocada sobre um tablado de madeira contínua, ou pranchões de 0,1 Om de largura, espaçados de 0,20m no máximo, colocados no sentido transversal dos tubos;
- Devem ser providenciadas estroncas verticais, espaçadas de metro em metro, para apoio lateral;
- Os tubos devem ser colocados com as bolsas alternadamente em cada lado;
- As camadas dos tubos deverão estar dispostas uma sobre as outras, observadas as alternâncias entre as bolsas;
- A altura máxima da pilha não deve ultrapassar 1,8 m;
- As conexões e TILs devem ser estocados em local adequado, de modo a não sofrerem danos ou deformações.

- Verificar se o chanfro da ponta do tubo não foi danificado (ou o tubo foi cortado). Caso necessário, corrigi-lo com uma grossa;

- Devem-se limpar os anéis dos tubos e conexões, aplicar Pasta Lubrificante Tigre nas pontas dos tubos e na parte aparente do anel. Não utilizar, em hipótese nenhuma, graxas ou óleos minerais, que podem afetar as características da borracha;



Coletor Esgoto

DN (mm)	Pasta Lubrificante (g/junta)
100	25
125	30
150	35
200	40
250	50
300	60
350	70
400	80

DIÂMETRO NOMINAL (DN)	COMPRIMENTO DE MONTAGEM (CM) MÍNIMO - M
100	5,90
150	5,88
200	5,88
250	5,84
300	5,82
350	5,78
400	5,77

3.2 INSTALAÇÃO DOS COLETORES:

3.2.1. ESCAVAÇÃO DA VALA:

- As escavações das valas devem obedecer as regras da boa técnica, abertas de jusante para montante, devendo-se utilizar escoramento (para conter as paredes laterais da vala), sempre que necessário;
- A largura da vala deverá ser uniforme e no mínimo de 60 cm para tubulações com altura de recobrimento até 1,5m e no mínimo de 80 cm para tubulações com altura de recobrimento superior a 1,5m;
- As escavações em rocha decomposta, pedras soltas e rocha viva devem ser feitas até abaixo do nível inferior da tubulação, para que seja possível a execução de um berço de material granular de no mínimo 15 cm sobre os tubos.

3.2.2. FUNDO DA VALA:

- O fundo da vala deve ser regular e uniforme, obedecendo a declividade prevista no projeto, isento de saliências e reentrâncias. As eventuais reentrâncias devem ser preenchidas com material adequado, convenientemente compactado, de modo a se obter as mesmas condições de suporte do fundo da vala normal;
- Quando o fundo da vala for constituído de argila saturada ou lodo, deve ser executada uma fundação (camada de brita ou cascalho, de no mínimo 15 cm, compactada adequadamente ou concreto estaqueado). A tubulação sobre a fundação deve ser apoiada sobre berço de material adequado.

3.2.3. INSTALAÇÃO DAS TUBULAÇÕES:

- Deve-se impedir o arrasto dos tubos no chão, durante o transporte de descida dos tubos na vala;
- Os tubos devem ser assentados com a sua geratriz inferior coincidindo com o eixo do berço, de modo que as bolsas fiquem nas escavações previamente preparadas, assegurando um apoio contínuo do corpo do tubo;

- Se necessário, podem ser instalados piquetes ou calços laterais, para assegurar o alinhamento da tubulação, especialmente em trechos curvos.
- Após o posicionamento correto da ponta do tubo junto à bolsa do tubo já assentado, realizar o encaixe, empurrando manualmente o tubo. Para os diâmetros maiores, pode-se utilizar uma alavanca junto à bolsa do tubo a ser encaixado, com o cuidado de se colocar uma tábua entre a bolsa e a alavanca, a fim de evitar danos;
- O sentido de montagem dos trechos deve ser de preferência caminhando-se das pontas dos tubos para as bolsas, ou seja, cada tubo assentado deve ter como extremidade livre uma bolsa, onde deve ser acoplada a ponta do tubo subsequente. A montagem da tubulação entre dois pontos fixos, deve ser feita utilizando-se Luvas de Correr Coletor de Esgoto;
- Os tubos são fornecidos em barras de 6,0 m. Entretanto, na especificação e instalação em campo deve ser considerado o comprimento de montagem dos tubos (CM), conforme tabela abaixo, extraída da Norma NBR 7362-1, que leva em consideração o comprimento útil de cada barra quando os tubos estão conectados, descontando-se o segmento de tubo que está dentro da bolsa do outro tubo;

3.2.4. INSTALAÇÃO SELIM COMPACTO TIGRE

Passo 1 - Retire o Selim da embalagem plástica somente no momento da instalação.



Não é necessário desmontar o Selim, ele já vem pronto para ser instalado.

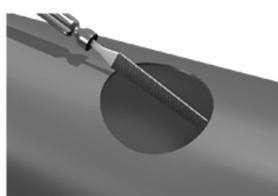


Não gire a bolsa. O Selim já está pronto para ser montado.

Passo 2 - Faça o furo pela geratriz superior do tubo, com serracopo 105 mm acoplada a uma chave para serra copo ou uma furadeira elétrica.



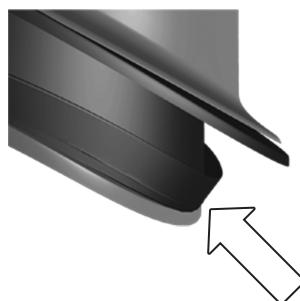
Retire as rebarbas externas e internas e elimine o canto vivo externo.



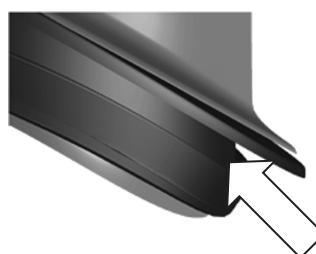
Limpe a superfície em volta do tubo, retirando partículas de solo ou areia.



Passo 3 - Verifique se o anel de vedação está posicionado corretamente.



Na posição CORRETA o anel não ultrapassa a borda da trava



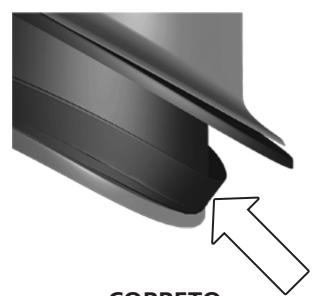
Aqui o anel foi apertado em excesso e ultrapassou a borda do Selim, portanto está ERRADO.

oBS.: a cor do anel para o tubo coletor é OCRE.

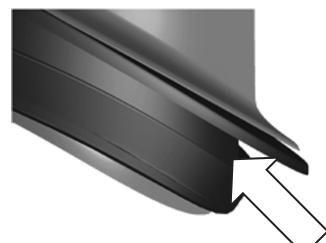
Passo 4 - Lubrifique todo o perímetro da superfície externada lábio do anel com Pasta Lubrificante TIGRE.



Passo 5 - Posicione sobre o furo a parte do Selim que contém o anel labial. O lábio do anel deve estar parcialmente introduzido nas extremidades de contato com o furo.



CORRETO



ERRADO

Passo 6 - As linguetas de fixação do anel bilabial devem ficar sobre a geratriz superior do tubo, favorecendo o acoplamento.



Pressione o Selim sobre o tubo para que o anel de borracha se encaixe perfeitamente na parede do furo.



Verifique se o anel de borracha encostou totalmente na superfície externa do tubo.



Passo 7 - Rosquei a bolsa para garantir o aperto e a estanqueidade. Durante o giro, faça uma leve compressão sobre o tubo.



Passo 8 - Observe que o anel labial deve ficar totalmente assentado sobre a superfície do tubo, e o anel posicionador sobre o anel labial.



Passo 9 - Certifique-se que o aperto foi adequado olhando por dentro da bolsa se a extremidade da trava encostou no batente da bolsa.

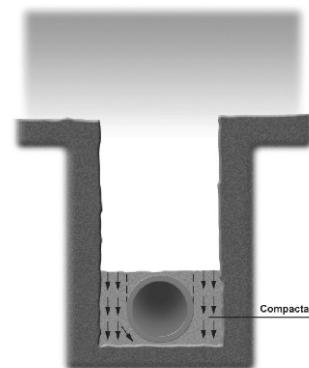


Passo 10 - Na versão JEI DN 100, já vem com anel integrado. Para montagem do tubo DN 100 Coletor de Esgoto, siga os procedimentos padrões de montagem da junta JEI.



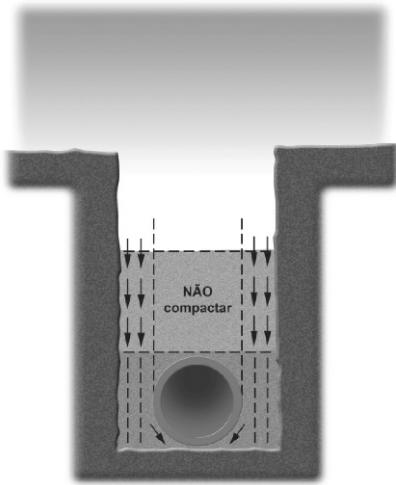
3.2.5. REATERRO:

- Os tubos de PVC rígido Coletor Esgoto e Coletor Esgoto Corrugado devem ser envolvidos com solo conforme recomendações do projetista. O reaterro deverá ser realizado em três etapas distintas: lateral, superior e final;

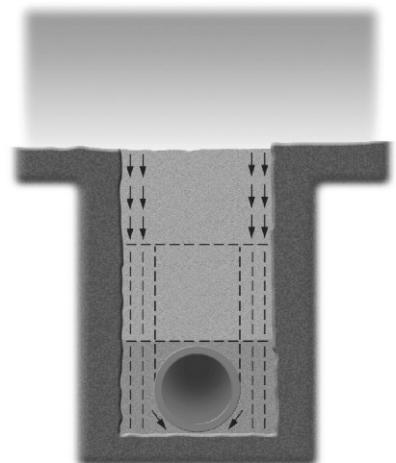


• Os tubos de PVC rígido Coletor Esgoto e Coletor Esgoto Corrugado devem ser envolvidos com solo conforme recomendações do projetista. O reaterro deverá ser realizado em três etapas distintas: lateral, superior e final;

- No reaterro lateral, o solo deverá ser colocado em volta da tubulação e compactado manualmente em ambos os lados simultaneamente, em camadas não inferiores a 0,10m, sem deixar vazios sob a tubulação. Se houver escoramento na vala, este deve ser retirado progressivamente, procurando-se preencher todos os vazios;



- O reaterro superior deve ser feito com material selecionado, sem pedras ou matacões, em camadas de 0,10 m a 0,15m, compactando-se manualmente apenas as regiões compreendidas entre o plano vertical tangente às tubulação e a parede da vala (laterais). A região diretamente acima da tubulação não deve ser compactada, para evitarem-se deformações nos tubos. Não se admite despejar o solo de reaterro da vala nesta etapa;



- O restante do material de reaterro da vala deve ser lançado em camadas sucessivas e compactadas (reaterro final), de tal forma a se obter o mesmo estado do terreno das laterais da vala;
- Os TILs e tampões devem ser ancorados para suportar o peso próprio e os esforços longitudinais, transversais e trepidações a que podem ficar sujeitos, sendo que a tubulação de PVC rígido e as peças de ligações devem trabalhar livres.

3.3 DISPOSIÇÃO DOS TILs NOS SISTEMAS DE ESGOTO SANITÁRIO:

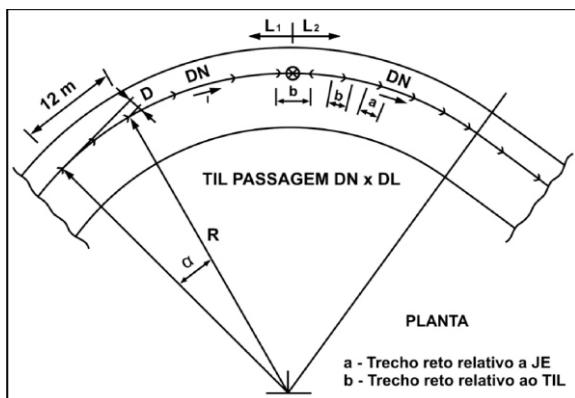
- O TIL Radial Rede Coletor Esgoto é aplicado em redes de esgotos sanitários no ponto de união de uma ou mais redes de contribuição;
- A distância máxima entre os TILs é determinada pelo alcance do equipamento de limpeza previsto para a operação e manutenção do sistema de esgoto. Assim, trechos longos podem ser subdivididos em trechos menores utilizando-se o TIL de Passagem Coletor Esgoto, de forma que o comprimento dos trechos resultantes seja compatível com o alcance do equipamento;
- Nos trechos onde é prevista a mudança de diâmetro, devem ser previstos uma redução e um TIL a jusante da redução;
- Nas cabeceiras das redes coletoras, devem ser utilizados terminais de limpeza (TL), formados a partir de um Tampão para TIL e uma Curva 90 Coletor Esgoto, e nos casos onde é prevista a extensão do sistema, deve-se utilizar um TIL de Passagem Coletor Esgoto dotado de um Plug Coletor Esgoto na extremidade;
- Quando a declividade da superfície do terreno for mais acentuada e/ou incompatível com a declividade do coletor, devem-se utilizar TILs Tubo de Queda Coletor Esgoto e Curvas 90 Coletor Esgoto;
- O TIL Ligação Predial Coletor Esgoto deve ser instalado no passeio, preferencialmente próximo ao meio fio .

3.4 ASSENTAMENTOS ESPECIAIS DA TUBULAÇÃO:

- A profundidade mínima de assentamento dos tubos Coletor Esgoto e Coletor Esgoto Corrugado não deverá ser inferior a 1 m;
- Nos trechos em que o recobrimento da tubulação for inferior a 1m ou quando a tubulação for assentada em ruas com pesadas cargas móveis, deve-se providenciar canaletas ou lajes de concreto e material granular ou pó de pedra envolvendo a tubulação, que deverá estar desvinculada dos elementos de proteção;
- Não é recomendável o envolvimento dos tubos de PVC rígido com concreto; A profundidade máxima de assentamento é uma função da carga de terra, que não deve provocar deformações superiores a 7,5% no diâmetro dos tubos em condições normais de assentamento;
- Nos trechos em que as deformações diametrais forem superiores a 7,5%, devem ser previstas proteções da tubulação, por meio de canaletas ou lajes de concreto, ou envolvimento em material granular com módulo reativo (E') elevado, tais como pó de pedra e cascalho .

3.5. CURVATURA MÁXIMA ADMISSÍVEL:

- As curvaturas máximas admissíveis dos tubos de PVC rígido Coletor Esgoto, em função dos seus diâmetros e para cada 12 metros, estão estabelecidas na tabela abaixo, assim como as demais relações geométricas;
- Essas curvaturas são permitidas apenas nos tubos de PVC rígido. Não são permitidas deflexões nas juntas elásticas. Essas regiões devem ser mantidas em alinhamento, através de ancoragem, com aproximadamente 0,5 metro para cada lado da junta;



DN	Comprimento de Coletor	Ângulo Máximo Admis. para 12m de Coletor	D Descolamento Máximo Admisional para 12m de Coletor	R (mín.) Raio Médio Curvatura (Min. Admis.)	Ø Dem Deformação Diametral Vertical Relativa
N	m	α	m	m	∞
75	12	25 30	2,63	27	0,11
100	12	17 20	1,82	40	0,16
125	12	15 20	1,60	45	0,16
150	12	12 00	1,25	57	0,16
200	12	9 30	0,99	72	0,16
250	12	7 40	0,80	90	0,14
300	12	6 00	0,63	115	0,14
350	12	5 20	0,56	129	0,14
400	12	4 40	0,49	147	0,14

3.6. INSTALAÇÕES AÉREAS

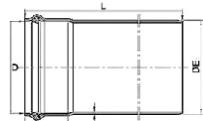
- As tubulações de PVC rígido, nos trechos aéreos, devem ser assentadas numa viga com seção em U, com dimensões tais que permitam envolvê-la com material granular.
- Quando a tubulação tiver que ser apoiada por braçadeiras, o espaçamento entre apoios deve ser conforme a tabela abaixo:

DN	Espaçamento Máximo (m)
75	1,5
100	1,8
125	2,0
150	2,3
200	2,7
250	3,2
300	3,7
350	4,0
400	4,4

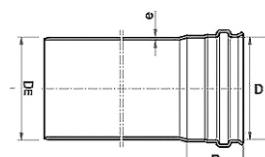
- Quando os tubos ficarem estocados por longos períodos, devem permanecer ao abrigo do sol, evitando-se possíveis deformações provocadas pelo seu aquecimento excessivo;
- O local para estocagem deverá ser plano, com declividade mínima, limpo, livre de pedras ou objetos salientes;
- A primeira camada de tubos deve ser colocada sobre um tablado de madeira contínua, ou pranchões de 0,10m de largura, espaçados de 0,20m no máximo, colocados no sentido transversal dos tubos;
- Devem ser providenciadas estroncas verticais, espaçadas de metro em metro, para apoio lateral;
- Os tubos devem ser colocados com as bolsas alternadamente em cada lado;
- As camadas dos tubos deverão estar dispostas uma sobre as outras, observadas as alternâncias entre as bolsas;
- A altura máxima da pilha não deve ultrapassar 1,8 m;
- As conexões e Tils devem ser estocados em local adequado, de modo a não sofrerem danos ou deformações.

4. ITENS DA LINHA:

Tubo Coletor Esgoto



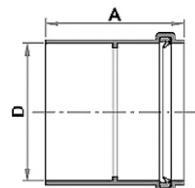
Tubo PVC Esgoto Condominial 6m



DIMENSÕES							
	100	150	200	250	300	350	400
B	75,4	97,2	113	130	151	159,8	171
D	110,4	160,5	200,6	250,6	316	355,8	400,8
DE	110	160	200	250	315	355	400
e	2,5	3,6	4,5	6,1	7,7	8,7	9,8
L	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000

DIMENSÕES	
Cotas	DN 100
B	55
D	102,1
DE	101,6
E	2,5

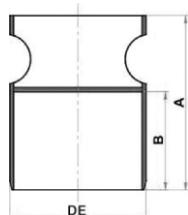
Luva Simples para Til Coletor Esgoto



DIMENSÕES

DIMENSÕES	
Cotas	DN 100
A	112
D	110,7

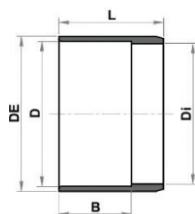
Plug Coletor Esgoto



DIMENSÕES

DIMENSÕES								
Cotas	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400
A	142	154	177	203	247	275	302	320,2
B	79	90	108	129	167	188	208	221
DE	110	125	150	200	250	300	350	400

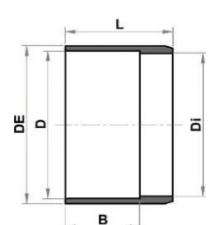
Adaptador Ponta Coletor Esgoto x Série R



DIMENSÕES

DIMENSÕES	
Cotas	150
B	75
D	150,2
L	108
DE	160
DI	145,4

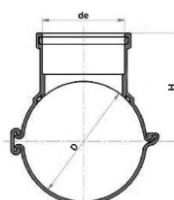
Adaptador Ponta Coletor Esgoto x Bolsa Soldável Esgoto Predial



DIMENSÕES

DIMENSÕES	
Cotas	100
B	55
D	101,9
L	74
DE	110,3
DI	97,6

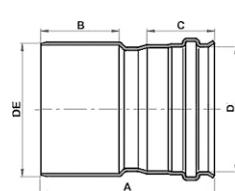
Selim 90° Elástico Coletor Esgoto VT 10



DIMENSÕES

Cotas	DN 125 x 100	DN 150 x 100
D	105	146
h	55	61
DE	100	100

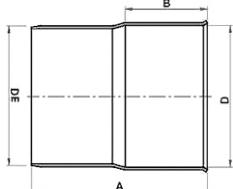
Adaptador Ponta Coletor X Bolsa Soldável Esgoto Predial



DIMENSÕES

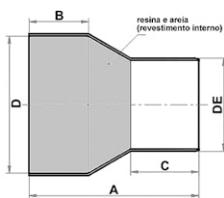
DIMENSÕES	
Cotas	100x101,6
A	14
B	65
C	55
D	101,6
DE	110

**Adaptador
Ponta Coletor Esgoto x BSA Coletor Esgoto Corrugado**



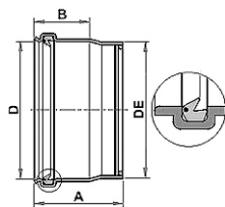
DIMENSÕES	
Cotas	DN 150
A	191,52
B	72,9
D	160,5
DE	160

Adaptador Ponta Coletor Escoto x BSA CER



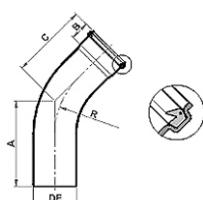
DIMENSÕES		
Cotas	DN 100	DN 150
A	194	240
B	65	65
C	90	120
D	150	215
DE	110	160

Cap Coletor Esgoto JEI/JE



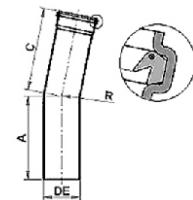
DIMENSÕES		
Cotas	DN 150	DN 200
A	103,3	120,5
B	62,7	75
D	160,5	200,6
DE	160	200

Curva 45° Coletor Esgoto JEI/JE



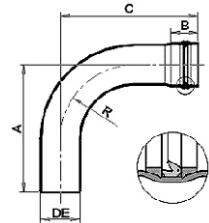
DIMENSÕES							
Cotas	DN 100	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400
A	219	460	510	630	750	790	820
B	47,1	62,7	75	92,5	102,8	111	118
C	195	460	510	630	750	790	820
DE	110	160	200	250	315	355	400
R	200	300	450	600	700	800	850

Curva 11° 15' Coletor Esgoto PB JEI/JE



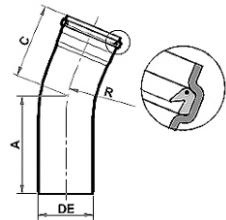
DIMENSÕES		
Cotas	DN 100	DN 150
A	156	365
C	131	365
DE	110	160
R	200	300

Curva 90° Coletor Esgoto PB INJ. JEI/JE



DIMENSÕES	
Cotas	DN 100
A	152,5
B	62,5
C	150
DE	110
R	75

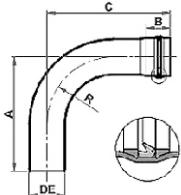
Curva 22° 30' Coletor Esgoto PB JEI/JE



DIMENSÕES

Cotas	DN 100	DN 150
A	176	395
C	152	395
DE	110	160
R	200	300

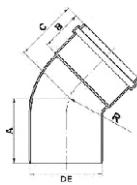
Curva 90° Coletor Esgoto PB JEI/JE



DIMENSÕES

Cotas	DN 100	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400
A	338	487	602	785	932,5	1172,5	1255
B	47,1	62,7	75	92,5	102,8	111	118
C	312,6	457,7	581,8	747	890,3	1123,5	1207,5
DE	110	160	200	250	315	355	400
R	200	300	450	500	600	800	850

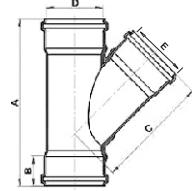
Curva 45° Coletor Esgoto PB Curta INJ. JEI/JE



DIMENSÕES

Cotas	DN 100
A	96
B	60
C	96
DE	110
R	65

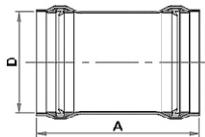
Junção 45° Coletor Esgoto BBB JEI/JE



DIMENSÕES

Cotas	DN 100x100	DN150x100	DN 150x150	DN 200x200	DN 250x250	DN 300x300	DN 350x350	DN 400x400
A	367	333,1	453,4	549,8	677,9	960	1120	1215
B	65	79,9	62,7	75	92,5	102,8	111	118
C	239	230,6	306,7	374,9	464	630	733	795
D	110,4	160,5	160,5	200,6	250,6	315,7	355,8	400,8
E	110,4	110,4	160,5	200,6	250,6	315,7	355,8	400,8

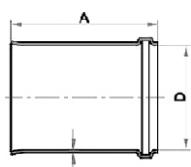
Luva de Correr Coletor Esgoto JEI/JE



DIMENSÕES

Cotas	DN 100	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400
A	130,3	170,6	250	310	360	390	415
D	110,4	160,5	200,6	250,6	315,7	355,8	400,8

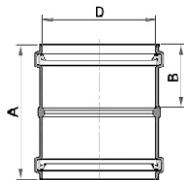
Luva de Correr Coletor Esgoto X Maciço JEI/JE



DIMENSÕES

Cotas	DN 150
A	186,7
D	160,5
e	3,6

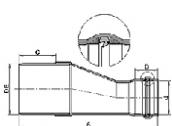
Luva Dupla Coletor Esgoto JEI/JE



DIMENSÕES

Cotas	DN 100	DN 150
DN	100	150
D	110,4	160,5
A	130,3	170,6
B	61,1	79,9

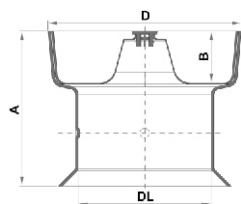
Redução Excêntrica Coletor Esgoto PBJEI/JE



DIMENSÕES

Cotas	DN 150x100	DN 200x150	DN 250x200	DN 300x200	DN 300x250	DN 350x300	DN 400x300	DN 400x350
A	360	388,7	496,6	804	607,1	560	730	630
B	47,1	62,7	75	75	92,5	102,8	102,8	111
C	107	125	160	175	175	195	205	205
d	110,4	160,5	200,6	200,6	250,6	315,7	315,7	355,8
DE	150	200	250	315	300	350	400	400

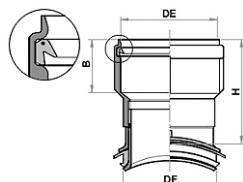
Tampão Completo para Til



DIMENSÕES

Bitola	A	B	D	DL
100	120	55	168,3	112
125	168	55	196,9	127
150	189,5	65	235,9	162
200	218	95	299,8	202
250	220	111	339,5	251

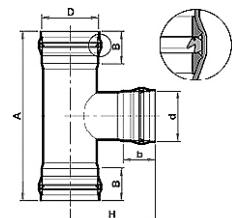
Selim Compacto Coletor Esgoto JEI



DIMENSÕES

Cotas	DN 150X100	DN 200X100	DN 250x100	DN 300x100	DN 150x100 (Ultra)
DE	110	110	110	110	110
B	61,1	61,1	61,1	61,1	61,1
DF	105	105	105	105	105
H	112	112	112	112	112

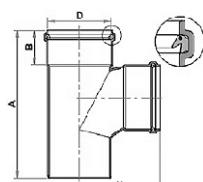
Tê Coletor Esgoto BBB JEI/JE



DIMENSÕES

Cotas	DN 100x100	DN 150x150	DN 200x150	DN 200x200	DN 250x150	DN 250x250	DN 300x300	DN 400x400
A	285,2	375,4	450	447	484	584	682,6	1148
B	47,1	62,7	75	75	92,5	92,5	102,8	118
b	47,1	62,7	62,7	75	62,7	92,5	102,8	118
D	110,4	160,5	200,6	200,6	250,6	250,6	315,7	400,8
d	110,4	160,5	160,5	200,6	160,5	250,6	315,7	400,8
H	139,7	206	210	246	239	357	445	574

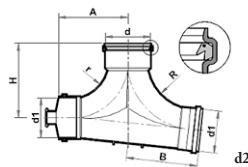
Tê Coletor Esgoto BBP JEI/JE



DIMENSÕES

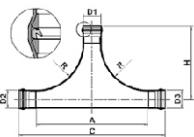
Cotas	DN 100 X 100
A	261
B	61,1
D	110,4
H	140

Til Ligação Predial BBB JEI/JE



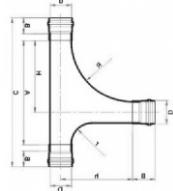
DIMENSÕES		
Cotas	DN 100 (Vinilfort)	DN 100 (Condominial)
A	166,7	166,7
B	132,9	128,9
D	110,4	110,4
d1	101,6	101,6
H	180,3	180,3
R	170	170
r	142,5	142,5
d2	110,4	101,6

Til Passagem Rede BBB JEI/JE



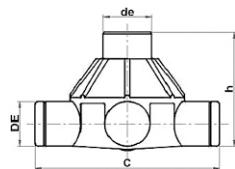
DIMENSÕES					
Cotas	DN 100xDL 100	DN 150xDL 150	DN 200xDL 150	DN 250xDL 150	DN 300xDL 150
A	705	753	752	753	753
C	921,4	1046	1095,2	1193	1259,6
D1	110,4	160,5	160,5	160,5	160,5
D2	110,4	160,5	200,6	250,6	315,7
D3	110,4	160,5	200,6	250,6	315,7
H	460,7	520	542	565	622,8
R	300	300	300	300	300

Til Tubo Queda BBB JEI/JE



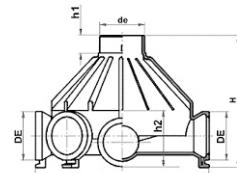
DIMENSÕES						
Cotas	100 x DL 100	125 x DL 125	150 x DL 150	200 x DL 150	250 x DL 150	300 x DL 150
A	508	522	553	596	644	700
B	63,1	72,4	85,7	98	128,5	140,8
b	63,1	72,4	85,7	85,7	85,7	85,7
C	704,2	736,8	804,4	869,7	958,2	1036,5
D	110,4	125,4	160,5	200,6	250,6	315,7
d	110,4	125,4	160,5	160,5	160,5	160,5
H	353	360	373	396	419	450
h	353	360	377	377	377	377
R	300	300	300	300	300	300
r	100	100	100	100	100	100

Til Condominial



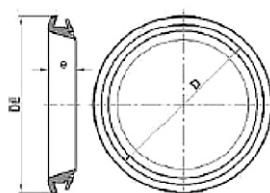
DIMENSÕES	
Cotas	DN 100
DE	101,6
C	440
de	110,4
h	270

Til Radial Rede



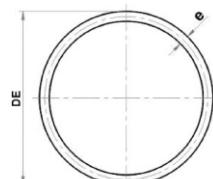
DIMENSÕES		
Cotas	DN 150	DN 300
C	800	1010
DE	160	315
de	200	250
H	610	1000
h1	92	110
h2	265	523

Anel de Borracha para Til de Rede



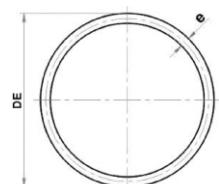
DIMENSÕES (mm)		
Cotas	DN 150	DN 300
D	175	341,5
DE	198	370
e	31	46

Anel de Borracha Coletor Esgoto JE



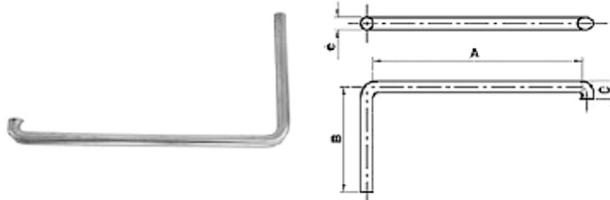
DIMENSÕES							
Cotas	100	125	150	200	250	300	350
e	7	8	9	10	15	16	17,5
DE	123	140	177	219	279	346	389
							436

Anel de Borracha para Tubo Condominial



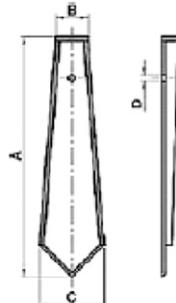
DIMENSÕES	
Cotas	100
e	6,2
DE	101,3

Chave para Tampão Coletor Esgoto



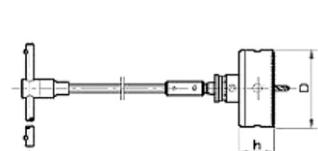
DIMENSÕES (mm)	
Cotas	-
A	230
B	116
C	19,5
e	1/2"

Cortador para Til Radial Rede



DIMENSÕES (mm)	
Cotas	-
A	186
B	25
C	50
D	5

Serra Copo para Selim Coletor Esgoto



DIMENSÕES (mm)	
Cotas	DN 100
D	105
h	51

ANEXO 8 – CATÁLOGO VÁLVULA VENAN

Torqseal® Triple-offset valves



ASME classes: 150–900

Sizes: NPS 3–80 (DN 80–2000)



VELAN

VELAN'S PROFILE

VELAN AT A GLANCE

History

- Founded in 1950

Sales

- Over \$450 million

People

- Over 2,000 employees

Product line

A world-leading range of valves across all major industrial applications:

- Cast steel gate, globe, check, and ball valves
- Forged steel gate, globe, check, and ball valves
- Triple-offset butterfly valves
- Knife gate valves
- Severe service valves
- Bellows seal valves
- Steam traps

Quality

All major certifications and approvals

- ASME N stamp and NPT for nuclear valves (since 1970)
- ISO 9001 (since 1991)
Currently certified to ISO 9001:2008
- PED
- GOST (TR and RTN)
- API 6A and API 6D
- TA-Luft
- Quality programs fully compliant with ISO-9001, NCA 4000, ASME NQA-1 and 10 CFR 50 Appendix B, surveyed by ASME and audited by NUPIC, Northrop Grumman Newport News, DCMA, utilities, architect/engineers, and other organizations from around the world

Headquartered in Montreal, Velan has several international subsidiaries.

For general inquiries:

Velan head office:
7007 Côte de Liesse,
Montreal, QC H4T 1G2 Canada

Tel: +1 514 748 7743
Fax: +1 514 748 8635

Check our website for more specific contact information.

www.velan.com



Velan is one of the world's leading manufacturers of industrial steel valves, supplying gate, globe, check, ball, triple-offset butterfly, knife gate, control, and highly engineered severe service valves for critical applications in the chemical, petrochemical, oil and gas, fossil and nuclear power, cogeneration, pulp and paper, mining, marine and cryogenic industries. The company also supplies actuators and integrated control packages.

Founded in 1950, Velan has earned a reputation for product excellence and innovation by bringing to the market superior products with special emphasis on quality, safety, ease of operation, and long service life. Velan valves have an extremely broad installation base and are approved by major companies worldwide.

Velan concentrates on one business—the design, manufacture and marketing of steel valves in a broad range of types and sizes for high performance service in a wide range of applications. The company's talented people are focused on Velan's core values of quality, reliability, innovation, and integrity and mission to be the world's leading valve brand.

© 2013 Velan Inc., Montreal, QC, Canada. All rights reserved. The contents hereof are confidential and proprietary to Velan. Any unauthorized reproduction or disclosure, in whole or in part, is strictly prohibited. Velan reserves the right to change this information without notice. Velan does not accept any liability or damages arising from the use of information in this catalog. Velan Valves, Velan Inc., Memoryseal, Securaseal, Torqseal, Proquip, Velflex, Adaxie, and RAMA are trademarks or registered trademarks of Velan Inc. and/or another Velan company. Stellite® is a registered trademark of Deloro Stellite Holdings Corporation, a Kennametal Company. All other trademarks and registered trademarks are owned by their respective companies.

TABLE OF CONTENTS

Velan's global network	3
Manufacturing program	4
Applications in major industries.....	5
Total quality and process improvement	6
Engineered solutions.....	7
Principle of operation.....	8
Valve design features	9
Stem seal technology.....	10-11
Valve parts and materials to ASTM standards	12-13
Dimensions and weights	14-15
Metal-seated Torqseal triple-offset cryogenic valves.....	16-17
Cryogenic valves dimensions and weights.....	18-19
Qualification tests including fire testing to API 607	20-21
Torqseal® triple-offset valves	22
Cv flow coefficient.....	23
Pressure/temperature ratings	23
Closing torques (lb·ft).....	24
Closing torques (Nm).....	25
Air and electric actuators.....	26
Optional stem extensions, steam jackets, and special cleaning....	26
How to order	27

VELAN'S GLOBAL NETWORK

Head office



Montreal, Canada
Velan Inc.

- 16 production facilities
- 5 plants in North America
- 6 plants in Europe
- 5 plants in Asia

- 4 stocking and distribution centers
- Hundreds of distributors worldwide
- Over 60 service shops worldwide

Manufacturing Plants

North America



Montreal, Canada
Velan Inc., Plant 1

Europe



Lyon, France
Velan S.A.S.



Montreal, Canada
Velan Inc., Plant 2 and 7



Mennecy, France
Segault S.A.



Granby, Canada
Velan Inc., Plant 4 and 6



Leicester, UK
Velan Valves Ltd.



Montreal, Canada
Velan Inc., Plant 5



Lisbon, Portugal
Velan Válvulas Industriais, Lda.



Williston, VT, USA
Velan Valve Corp., Plant 3



Lucca, Italy
Velan ABV S.p.A., Plant 1



Lucca, Italy
Velan ABV S.p.A., Plant 2

Asia



Ansan City, South Korea
Velan Ltd., Plant 1



Ansan City, South Korea
Velan Ltd., Plant 2



Taichung, Taiwan
Velan Valvac Mfg. Co., Ltd.



Suzhou, China
Velan Valve (Suzhou) Co., Ltd.



Coimbatore, India
Velan Valves India Pvt. Ltd.

Distribution centers



Granby, Canada
VelCAN



Benicia, CA, USA
VelCAL



Marietta, GA, U.S.A.
VelEAST



Houston, TX, U.S.A.
VelTEX



Willich, Germany
Velan GmbH

 – ASME N-stamp accredited manufacturer

MANUFACTURING PROGRAM

VELAN TRIPLE -OFFSET ZERO LEAKAGE BUTTERFLY VALVE STANDARD PRODUCTION RANGE TO API 609

Carbon and alloy steel, 316 stainless, duplex, monel, hastelloy, inconel, alloy 20 and titanium.

For valve sizes, ASME classes and designs not shown below, please consult Velan Engineering.

Double flanged (short pattern) to ISO 5752

NPS 3-48 (DN 80-1200)

ASME classes 150-600

Face-to-Face to
ISO 5752

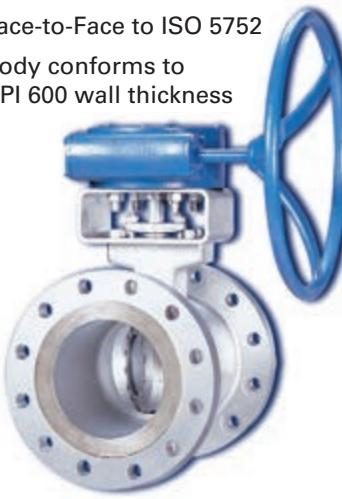


Double flanged (long pattern) to B16.10

NPS 3-48 (DN 80-1200)

ASME classes 150-600

Face-to-Face to ISO 5752
Body conforms to
API 600 wall thickness



Cryogenic

NPS 3-80 (DN 80-2000)

ASME classes 150-900

Face-to-face to ISO 5752

Butt weld also available



Butt weld type to B16.34

4-24 (DN 100-600)

ASME class 150-300



Lug type

NPS 3-48 (DN 80-1200)

ASME classes 150-600

Face-to-face to API 609



Wafer type

NPS 3-48 (DN 80-1200)

ASME classes 150-600

Face-to-face to API 609



Note: CoCr alloy as used throughout this catalog refers to cobalt chrome hardfacing alloys as supplied by Deloro Stellite, a Kennametal Company, and other approved manufacturers.

Valves fire tested to API 607
(see page 21).

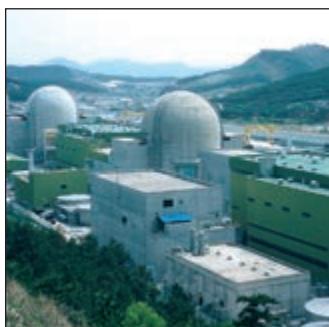
APPLICATIONS IN MAJOR INDUSTRIES



Fossil & Cogeneration Power

- Pump isolation
- Condenser cooling
- Pump & steam extraction isolation
- Heat exchanger, condenser cooling isolation
- District heating & cooling

All over the world, Velan valves are used by the world's leading industrial companies to help keep their operating facilities running smoothly. In fact, Velan valves have a long history of proving themselves in many of the industrial world's toughest applications.



Nuclear

- Containment isolation
- Saltwater service
- Core spray systems
- Pump isolation (Velan holds the ASME N-stamp)



Pulp & Paper

- Steam isolation, Boiler water
- Black and white liquors
- Oxygen lines
- Lime and slurries



Refining

- Oil storage isolation
- Hot cracking gas
- Flare gas hydrogen, sour gas isolation
- Product segregation
- Steam supply valves
- Catalytic cracker units
- Desulphurization systems & tail gas treaters



LNG & Cryogenics

- All liquid gases
- Oil field recovery
- Liquid natural gas
- Gasification plants and storage
- LNG ships
- Tank farm isolation



Petrochemicals

- Brine, CO₂ vapor, steam service
- Hydrogen gas, propane gas
- Ethylene plants
- Ethylene crackers
- Propylene plants
- Oxygen service
- Flare inlet & manifold isolation
- PSA & molecular sieves
- Coker plants



TOTAL QUALITY AND PROCESS IMPROVEMENT



▼ Total Quality Commitment ▼

Velan Total Quality Program

Our aim is to offer products and services that not only meet but clearly exceed the expectations of our customers.

Through training, teamwork, and performance, our employees strive to achieve continuous improvement of all processes.

Our goal is total quality and on-time delivery; our method is total commitment.



A.K. Velan,
Founder of Velan

Velan's number-one priority is quality. From order entry to design engineering, the entire company is totally committed to offering top quality products and services that not only meet but exceed customer expectations. All Velan valves are designed and manufactured with an emphasis on low emissions, safety, simple maintenance, ease of operation, and, above all, long and reliable service life.

TOTAL PROCESS IMPROVEMENT

While Velan has always made quality a priority, in 1990 the company adopted a formal Total Quality Management Program, aimed at improving production processes. The company was awarded ISO 9001 status the following year.

Today, Velan's Total Process Improvement Program brings together a group of industry best practices, including Lean Manufacturing and Six-Sigma, with the goal of creating a more balanced and efficient production system.

CERTIFICATES/APPROVALS

Velan holds all major applicable approvals, including ISO 9001:2008, PED, ASME N/NPT, TÜV, and TA-Luft. Velan's comprehensive quality program is fully compliant with the most stringent industry standards and has been surveyed and audited by leading organizations, regulatory bodies, utilities, and architect/engineers from around the world.



TOTAL PROCESS IMPROVEMENT PROGRAM

- Total Quality Management Program (TQM) (since 1990)
- Lean manufacturing
- Six-Sigma

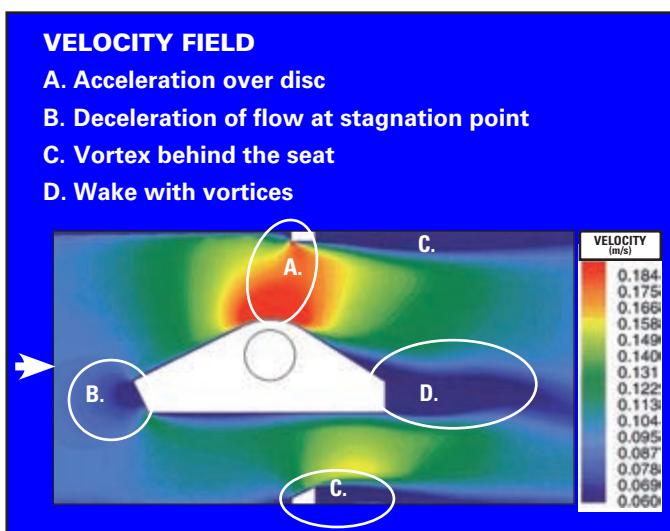
CERTIFICATIONS/APPROVALS

- ISO 9001 (since 1991); Currently certified to ISO 9001:2008
- PED
- ASME N and NPT (since 1970)
- AD2000-Merkblatt HP 0 and A4/TRD 110
- TA-Luft
- Designed and tested to B16.34
- QA program fully compliant with NCA 4000, ASME NOA-1, and 10 CFR 50 Appendix B
- Quality programs surveyed by ASME and audited by NUPIC, Northrop Grumman Newport News, DCMA, utilities, architect/ engineers, and other organizations from around the world
- SIL 3 capable (per IEC 61508).

ENGINEERED SOLUTIONS

Velan's Engineering Design and Applications Group is comprised of approximately 50 professional engineers with extensive experience in critical applications across a broad range of industries. Equipped with advanced software applications, including finite element analysis (FEA), computational fluid dynamics (CFD) and 3D solid modeling, Velan engineers design superior quality valves that meet the most demanding performance requirements. Velan's R&D facilities, equipped with steam boilers and superheaters, flow loops and cryogenic test stands, provide the company with extensive testing capabilities.

Whether we are refining the design of our standard valves, or engineering valves to meet the demands of a specific application, Velan's vast engineering resources can handle the task. In fact, Velan has a long history of partnering with major architect/engineers, electric utilities and other end users to develop innovative solutions for their valving needs.

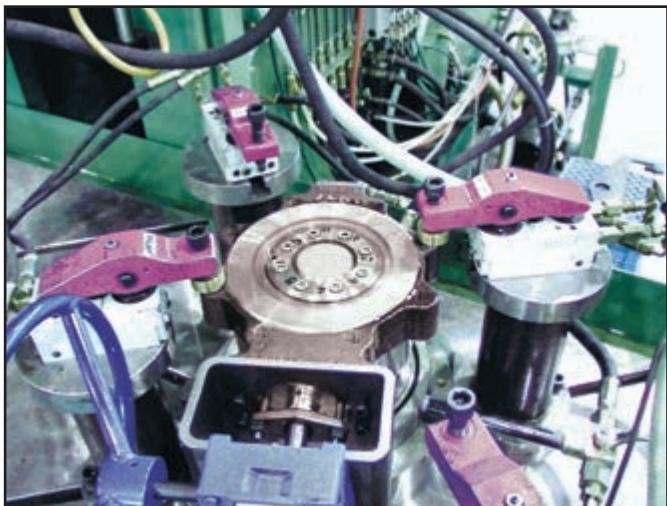


A computer simulation of flow through Velan Torqseal® triple-offset valves destined for nuclear containment isolation service.

Velan's production machinery and equipment are specially engineered to meet the requirements of advanced large valve manufacturing. This includes large CNC horizontal and vertical boring mills with tool changers, CNC lathes and CNC machining centers. Over 150 CNC machines are in operation in Velan's North American plants.

All welding techniques employed at Velan are in accordance with qualified welding procedures for SMAW, GTAW, GMAW, PTAW and SAW processes.

Production testing equipment is designed to safely and efficiently test high pressure valves in strict accordance with industry codes and standards, as well as customer imposed criteria.



Seat bubble test performed on NPS 8 (DN 200) ISO class lug style Torqseal® valve.



Automated Torqseal® valves destined for a petrochemical facility.



Automated CoCr alloy (cobalt-chrome alloy) deposit system.

PRINCIPLE OF OPERATION

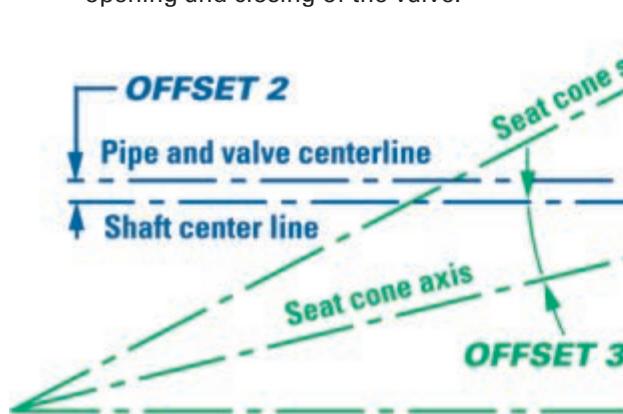
The Velan triple-offset valve provides a bidirectional bubble tight shut-off to API 598. This geometry ensures that the disc seal contacts the body seat only at the final

shut-off position without rubbing or galling, providing a torque generated resilient seal with sufficient "wedging" to ensure a uniform seal contact.

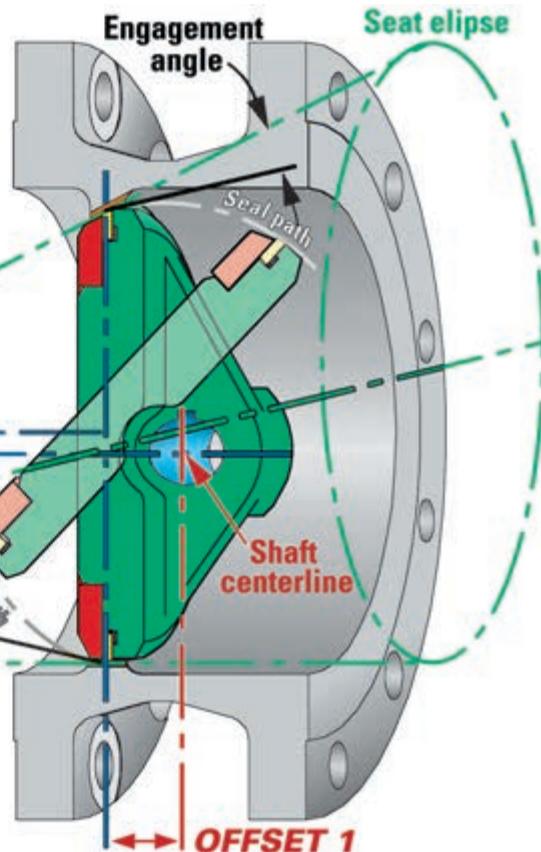
THE TRIPLE-OFFSET GEOMETRY

OFFSET 1: The shaft is offset behind the seat axis to allow complete sealing contact around the entire seat.

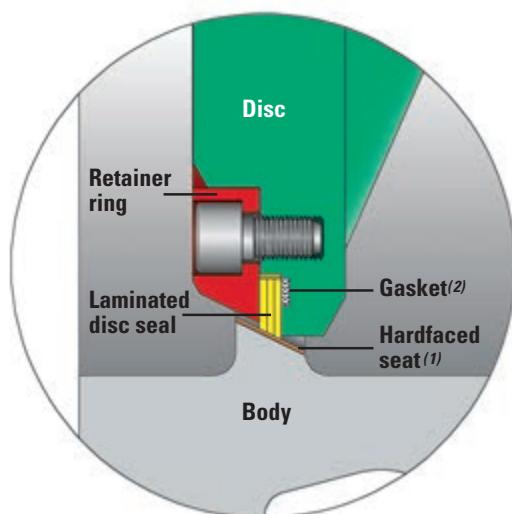
OFFSET 2: The shaft centerline is offset from the pipe and valve which provides interference free opening and closing of the valve.



OFFSET 3: The seat cone axis is offset from the shaft centerline to eliminate friction during closing and opening and to achieve uniform compressive sealing around the entire seat.



FRICTION FREE SEALING FOR LONG CYCLE LIFE



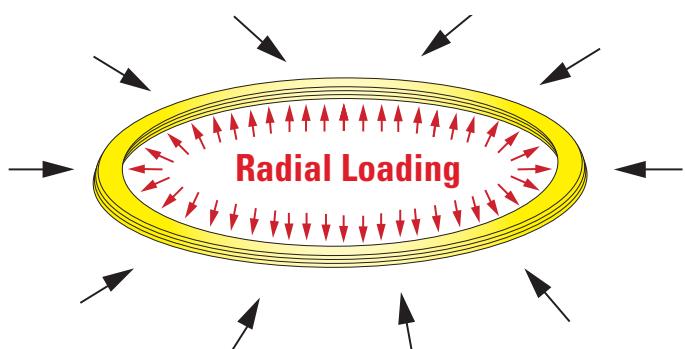
Velan provides an extra rigid retaining ring with bolting, designed in response to ASME stress calculations.

(1) Seat is hardfaced with CoCr alloy as standard.

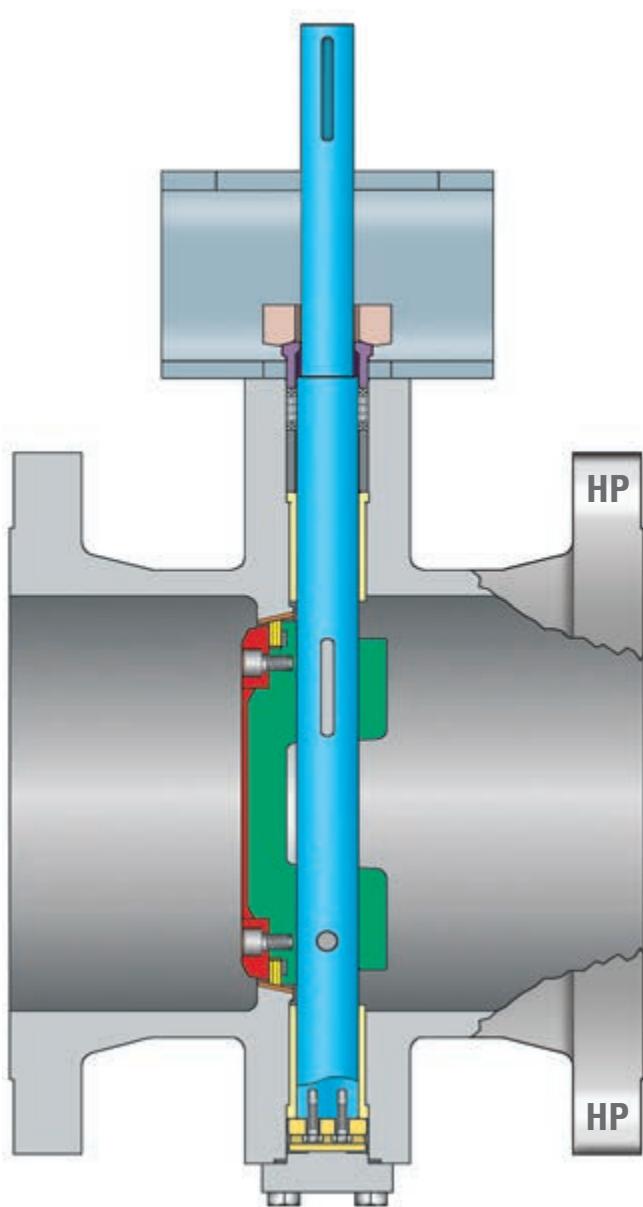
(2) The gasket is spiral wound SS/Graphite for zero leakage.

THE LAMINATED DISC SEAL

Torque seating during closing of the valve provides uniform forces around the entire circumference of the valve seat. The self-adjusting, resilient seal flexes and energizes, assuming the shape of the seat. The compression forces equally distributed around the perimeter provide a tight bidirectional shut off. The resiliency of the seal allows the valve body and disc to contract or expand, without the risk of jamming due to temperature fluctuations.

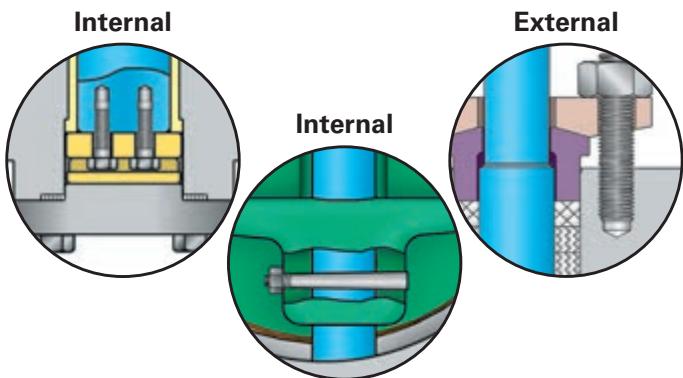


VALVE DESIGN FEATURES



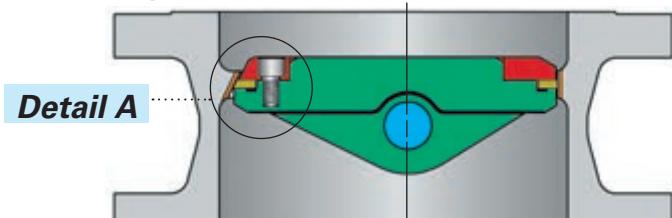
NOTE: The valve is marked HP for the preferred pressure side when installing the valve (shaft side is the high pressure side for flow assisted sealing). Valve is bi-directional.

- **Triple shaft blowout protection conforms to API 609**



The Torqseal® advanced design features three-way eccentricity and unique elliptical seat geometry ensuring compressive sealing around the entire seat and a tight, bubble free valve.

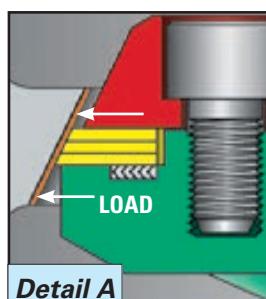
- **CoCr alloy hardfaced seat**



Raised, conical seat prevents solids build-up from interfering with the seal. Seat is hardfaced with CoCr alloy to meet severe service (in lieu of soft 316SS hardfacing).

- **Standard laminated resilient disc seal to 800°F (427°C)**

One to four graphite layers are carefully assembled between stainless steel rings and graphite using phenolic resin bond. Solid seal rings are available for abrasive services as well as high temperature applications up to 1112°F (600°C).



- **Zero leakage seat tightness (API 598 resilient seat standard)**

The disc seal, evenly compressed around its circumference, produces a wedging effect which flexes the seal ring and reacts like a spring. The resilient seal assures zero leakage of liquids or gases to API 598 - resilient seat standard. Resiliency in the seal allows disc movement during thermal cycles while retaining tight shutoff as shown.

- **No cavity**

There is no cavity to allow build-up of solids.

- **One-piece shaft**

Large diameter shaft for safety is connected to the disc close to the bearings to absorb loads with taper pin and/or key to allow for differential expansion due to temperature.

- **Shaft bearings**

The shaft is centered on two long bearings, chromed, nitrided, or as CoCr alloy (option) protected against the entrance of solids by bearing seals which are optional on Torqseal® valves.

- **Low emission shaft seals to API 622**

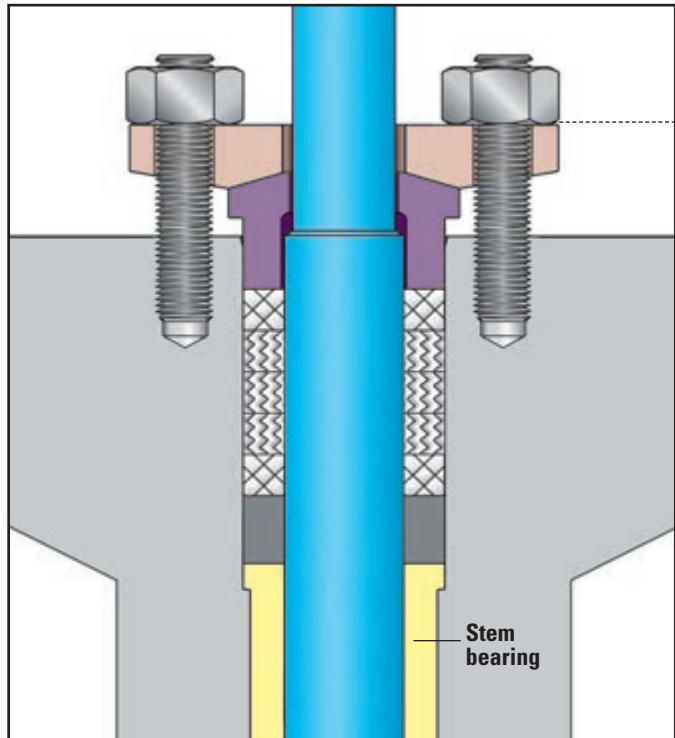
Shaft is burnished to 16 RMS, ID of packing chamber finish 32 RMS. Live-loading available for long maintenance-free service. Easy access for packing adjustment. (See pages 10-11 for details and alternative stem seals.)

- **Certified to API 591, PED & ASME N (upon request)**

NEW STEM SEAL TECHNOLOGY PIONEERED BY VELAN

As a result of extensive tests conducted by Velan between 1966 and 1972, a new technology emerged at the time for high performance, leakproof, long life, and low maintenance stem seals for nuclear power, now available for all industries and applications.

Velan is continuing its efforts in updating the low emission technology which, in the case of Torqseal® valves, concerns the stem seal alone (no body-bonnet joint) to newly emerging standards.

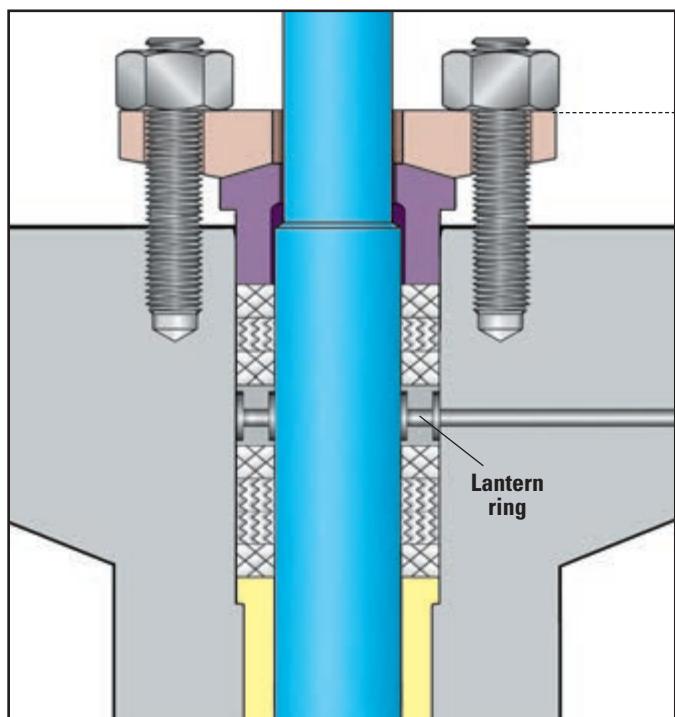


1. STANDARD LOW EMISSION STEM SEAL

- **Short and narrow packing chamber**
Maximum 5 rings, 1/4" wide.
- **Large compression load required**
Graphite rings pre-compressed to 4000 psi for effectiveness of all rings. Gland torque must be maintained after installation and in service to levels shown in manuals.
- **Superior finish** (32 RMS) of packing chamber and stem (16 RMS) to assure long cycle life.
- **Stem bearing** to assure concentric stem rotation, allowing stem packing to provide maximum sealing effectiveness.
- **Two-piece gland** with spherical mating surfaces to assure an even packing load over 360°.

OPTIONAL LIVE-LOADING

Provides predictable and constant packing compression for more than 5000 cycles before adjustment or repacking.



2. DOUBLE PACKED WITH PACKING PORT

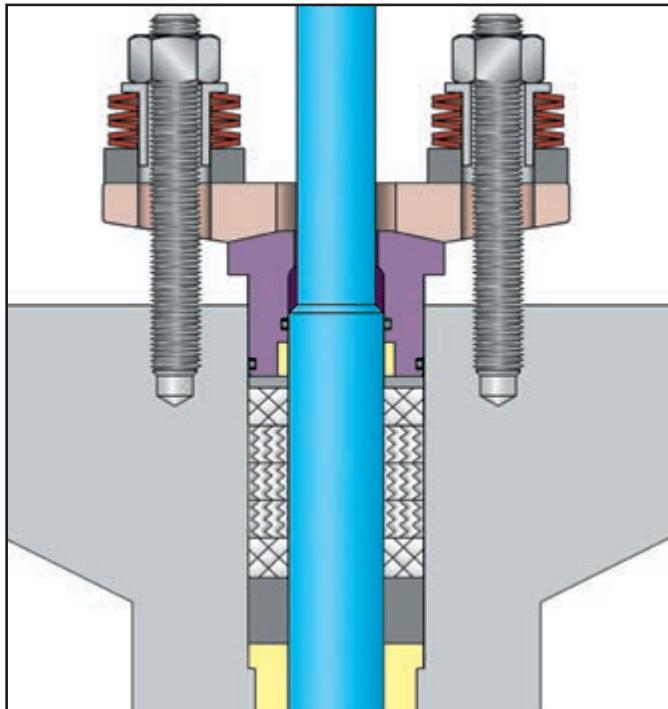
- Double packing with leak-off monitoring purge port.
- Two sets of packing rings, precompressed to 4000 psi (graphite).
- A lantern ring and leak-off connection allows removal of leakage, if any, from bottom packing set.

Note: Select option "T" under *Service*, (section J) in the *How To Order* table. See page 26 for more details and options.

ASSURES LOWEST POSSIBLE ENVIRONMENTAL EMISSIONS

TA-Luft VDI 2440 is a German standard for fugitive emission measurement widely accepted throughout Europe. Packing sealing systems are required to be certified to this standard if they are intended to be used in certain critical applications. The specification requires that testing be witnessed by TUV Germany. Maximum allowable packing leakage is between ISO 15848-1 Class

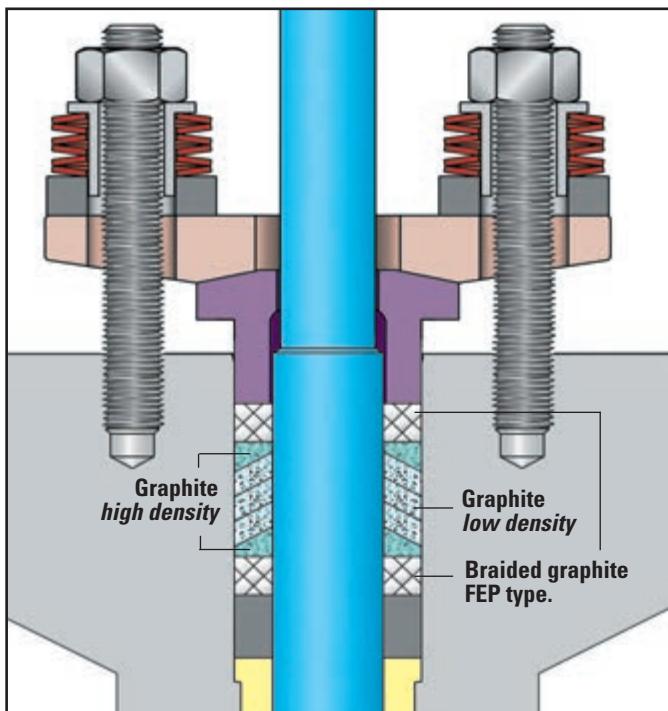
AH and BH and although there is no direct correlation between the ISO 15848-1 global leakage measurement and the leakage concentration measured by Method 21, it can be estimated that the TA-Luft requirement demands packing leakage in the range of only a few ppm. **Velan has qualified two different stem seal designs to the TA-Luft VDI 2440 requirement.**



3. THE TA-LUFT* VDI 2440 STEM SEAL

- **Fully-guided stem**
Stem bearings in body and gland follower prevent wobbling and packing leakage due to side thrust on stem.
- **Precompressed packing rings to 4000 psi.**
- **Two O-Rings in gland follower**
provide additional stem seal protection.
- **Live-loading**
Provides constant packing compression and is essential for this packing arrangement.
- **Two-piece flanged gland.**
- **Superior finish of packing chamber (32 RMS) and stem (16 RMS) to assure long life.**

*Technical instructions to maintain cleanliness of air.



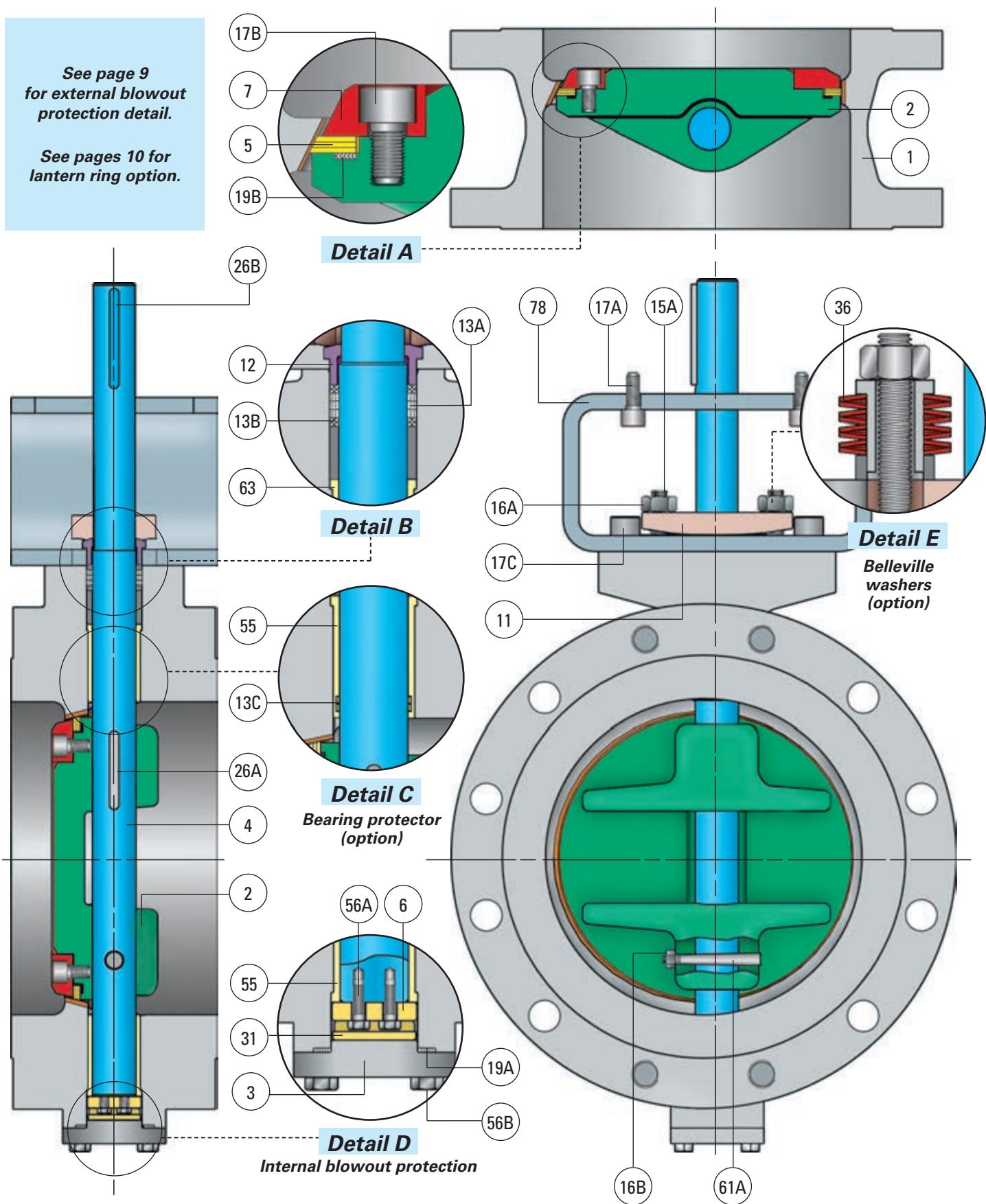
4. STEM SEAL WITH HIGH PERFORMANCE PACKING

- **Special High Performance Packing** is installed and then compressed using gland bolting to approximately 80% of its "free length".
- The inherent sealing ability due to its cup and cone technology.
- Excellent quality of materials has been proven in standard and very difficult valve applications.
- All backed up by an intensive research program.

VALVE PARTS AND MATERIALS

See page 9
for external blowout
protection detail.

See pages 10 for
lantern ring option.



TO ASTM STANDARDS

ITEM	QTY	DESCRIPTION	CARBON STEEL	STAINLESS STEEL ⁽¹⁾	
			P02-AAAA	P13-DCDA	P13-DCJA
			Up to 800°F (427°C)	Up to 600°F (316°C)	Up to 800°F (427°C)
1	1	Body	A 216 WCB	A 351 Gr. CF8M	A 351 Gr. CF8M
	1	Seat (hard faced)	CoCr alloy Gr. 21	CoCr alloy Gr. 21	CoCr alloy Gr. 21
2	1	Disc	A 216 Gr. WCB nickel plated ⁽²⁾	A 351 Gr. CF8M or A182 F316	A 351 Gr. CF8M or A182 F316
3	1	Cover	WCB or A 105	CF8M or F316	CF8M or F316
4	1	Stem	A 479 Gr. 410	Type 630 ASTM 564	A 638 Type 660
5	1	Seal ⁽³⁾	Duplex + Graphite	Duplex + Graphite	Duplex + Graphite
6	1	Thrust bearing	Stainless steel (Nitrided)	Stainless steel (chrome plated)	Stainless steel (chrome plated)
7	1	Retaining ring	Duplex or SS410	Duplex	Duplex
11	1	Packing flange	Carbon steel	Stainless steel	Stainless steel
12	1	Gland bushing	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
13A	2	Packing ring (end)	Graphite braided	Graphite braided	Graphite braided
13B	3	Packing ring (internal)	Graphite die formed	Graphite die formed	Graphite die formed
13C	Option	Bearing protector	Graphite	Graphite	Graphite
14 ⁽⁴⁾	Option	Lantern ring ⁽⁵⁾	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
15A	2	Stud (packing flange)	A 193 Gr. B7	A 193 Gr. B8M	A 193 Gr. B8M
16A	2	Nut (packing flange)	A 194 Gr. 2H	A 194 Gr. 8M	A 194 Gr. 8M
16B	1	Locknut (crimped) ⁽⁶⁾	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
17A	Set	Socket head cap screw (bracket)	Alloy steel	Alloy steel	Alloy steel
17B	Set	Socket head cap screw (disc)	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
17C	4	Socket head cap screw (actuator)	Alloy steel	Alloy steel	Alloy steel
19A	1	Gasket (cover)	SS 347 + Graphite	SS 347 + Graphite	SS 347 + Graphite
19B	1	Gasket (disc)	SS 347 + Graphite	SS 347 + Graphite	SS 347 + Graphite
26A	1	Key (disc)	A 479 Type 410	Type 630 ASTM 564	A 638 Type 660
26B	1	Key (actuator)	Alloy steel	Alloy steel	Alloy steel
31	1	Locking plate	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
36	Option	Belleville washer	Gr. H11/H13	Gr. 6150	Gr. 6150 (Standard)
55	2	Bushing	Stainless steel (Nitrided)	Stainless steel (chrome plated)	Stainless steel (chrome plated)
56A	2	Hex head cap screw (bearing)	A 193 Gr. B8M	A 193 Gr. B8M	A 193 Gr. B8M
56B	4	Hex head cap screw (cover)	A 193 Gr. B8M	A 193 Gr. B8M	A 193 Gr. B8M
61A	1	Taper pin	A 479 Gr. 410	Type 630 ASTM 564	A 638 Type 660
61B ⁽⁴⁾	1	Centering pin	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
63	1	Packing washer	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
78	1	Bracket	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel

Alternative materials for body, disc and other parts are available to meet specific conditions.

(1) For application above 800°F (427°C) contact Velan.

(4) Not shown in illustration.

(2) NPS 3 (DN 80) to NPS 12 (DN 300) = A182 F316.

(5) See page 10, option 2.

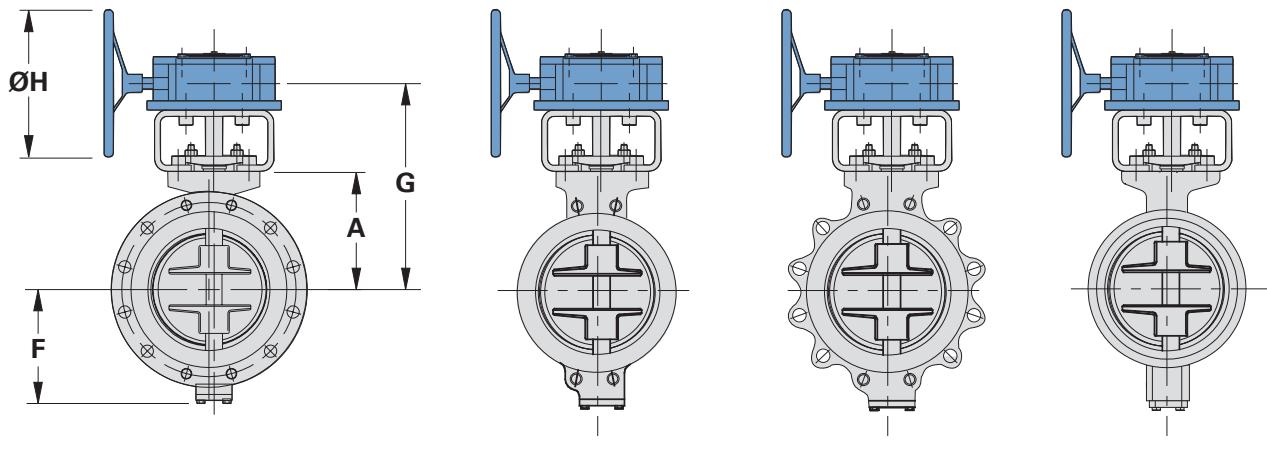
(3) Other materials are available upon request.

(6) Locknut with deformed thread.

Note: CoCr alloy as used throughout this catalog refers to cobalt chrome hardfacing alloys as supplied by Deloro Stellite, a Kennametal Company, and other approved manufacturers.

IMPERIAL DIMENSIONS AND WEIGHTS

METAL-SEATED TORQSEAL® VALVES B16.5/B16.47



Double flanged short and long pattern

Wafer type

Lug type

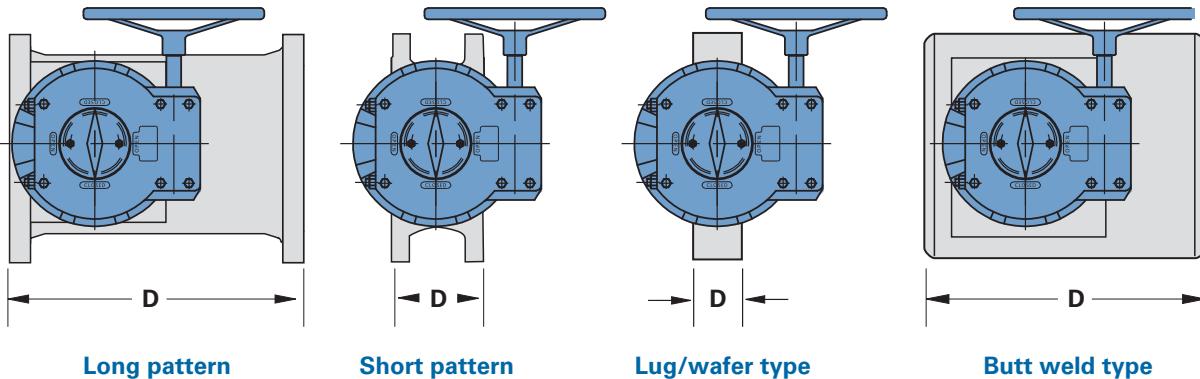
Butt weld type

NPS	Dimensions (inch.)									Weight (lbs)					
	A	D					F	G	ØH	Bare Stem B16.5 / B16.47 Series A					Std. actuator + Top works
		Long	Short	Lug	Wafer	Butt Weld				Long	Short	Lug	Wafer	Butt Weld	
ASME class 150, NPS 3-48															
3	5.36	8.00	4.50	1.88	1.88	—	4.94	9.46	7.87	45	40	32	23	—	15
4	6.21	9.00	5.00	2.12	2.12	7.5	5.78	11.31	7.87	65	60	48	37	53	20
6	5.98	10.50	5.50	2.25	2.25	8.88	6.51	12.09	7.87	101	87	61	56	110	20
8	8.86	11.50	6.00	2.50	2.50	9.94	8.48	14.20	11.81	155	135	90	80	178	30
10	9.75	13.00	6.50	2.81	2.81	12.00	9.41	15.25	19.69	265	195	145	110	291	35
12	11.44	14.00	7.00	3.19	3.19	13.63	11.16	17.09	19.69	350	300	210	175	378	50
14	12.47	15.00	7.50	3.62	3.62	14.31	11.91	20.36	23.62	445	385	280	230	623	75
16	13.72	16.00	8.50	4.00	4.00	16	13.32	21.89	23.62	570	500	390	306	906	130
18	15.41	17.00	8.75	4.50	4.50	17.19	15.01	23.58	19.69	750	650	580	568	1132	165
20	16.65	18.00	9.00	5.00	5.00	18.69	16.11	24.97	19.69	930	800	720	680	1424	170
24	20.65	20.00	10.50	6.06	6.06	20.75	19.49	28.95	23.62	1525	1350	1145	1060	2402	240
28	24.40	24.00	11.50	6.50	6.50	—	22.55	37.36	23.62	2175	1850	2150	1720	—	570
30	25.01	24.00	12.50	7.50	7.50	—	23.24	37.36	23.62	2500	2195	2015	1950	—	570
36	29.51	28.00	13.00	8.00	8.00	—	27.54	43.41	23.62	3810	3260	3110	2570	—	700
40	30.25	32.00	16.12	9.00	9.00	—	30.00	44.15	24.00	5100	4415	4675	3700	—	750
42	30.50	32.00	16.12	9.69	9.69	—	31.75	44.82	27.56	6250	4610	5025	4020	—	1475
48	32.84	36.00	18.50	10.88	10.88	—	35.02	47.55	27.56	8000	6650	7460	6000	—	1675
ASME class 300, NPS 3-36															
3	5.36	11.12	4.50	1.88	1.88	—	4.94	9.46	7.87	55	45	32	29	—	15
4	6.21	12.00	5.00	2.12	2.12	7.5	5.78	11.31	7.87	90	75	45	35	53	20
6	7.93	15.88	5.50	2.31	2.31	8.88	7.54	13.27	11.81	170	130	78	58	110	30
8	9.56	16.50	6.00	2.88	2.88	9.94	9.29	15.21	19.69	260	200	130	100	178	50
10	10.77	18.00	6.50	3.25	3.25	12.00	10.29	18.66	23.62	395	295	215	165	291	75
12	12.09	19.75	7.00	3.62	3.62	13.63	11.69	20.26	23.62	530	400	300	265	378	130
14	13.41	30.00	7.50	4.62	4.62	14.31	13.01	21.58	19.69	820	550	460	330	623	165
16	14.78	33.00	8.50	5.25	5.25	16	14.23	23.10	19.69	1095	745	645	430	906	215
18	16.59	36.00	8.75	5.88	5.88	17.19	16.04	24.91	23.62	1400	945	850	750	1132	240
20	18.51	39.00	9.00	6.25	6.25	18.69	17.36	26.83	23.62	1795	1185	1065	820	1424	450
24	21.76	45.00	10.50	7.12	7.12	20.75	20.11	34.11	23.62	2600	1680	1590	1110	2402	570
28	25.82	53.00	11.50	9.00	9.00	—	24.11	39.72	23.62	3700	2618	2900	2100	—	700
30	26.39	55.00	17.75	9.50	9.50	—	24.42	40.29	23.62	4815	3485	3180	2550	—	700
36	29.39	68.00	20.00	9.50	9.50	—	27.92	43.71	23.62	7450	5100	4350	3200	—	800
ASME class 600, NPS 4-24															
4	6.75	17.00	7.5	2.50	2.50	—	6.92	12.09	11.81	163	134	75	60	—	30
6	8.80	22.00	8.25	3.06	3.06	—	8.37	14.46	19.69	307	231	135	95	—	50
8	10.46	26.00	9.06	4.00	4.00	—	10.00	18.63	23.62	554	388	270	203	—	130
10	12.05	31.00	9.81	4.62	4.62	—	11.86	20.21	19.69	913	597	425	289	—	165
12	13.46	33.00	10.63	5.50	5.50	—	13.21	21.78	19.69	1142	742	585	400	—	215
14	14.52	35.00	11.42	6.12	6.12	—	15.32	28.95	23.62	1375	890	700	480	—	450
16	17.55	39.00	12.2	7.00	7.00	—	16.20	34.11	23.62	2175	1350	1250	875	—	570
18	19.01	43.00	12.99	7.88	7.88	—	17.55	33.91	23.62	2675	1650	1525	1067	—	570
20	20.80	47.00	13.78	8.50	8.50	—	19.20	35.70	24.00	3075	1900	1750	1225	—	700
24	24.05	55.00	15.35	9.13	9.13	—	22.20	38.37	27.56	4425	2750	2400	1680	—	850

Larger sizes available upon request.

METRIC DIMENSIONS AND WEIGHTS

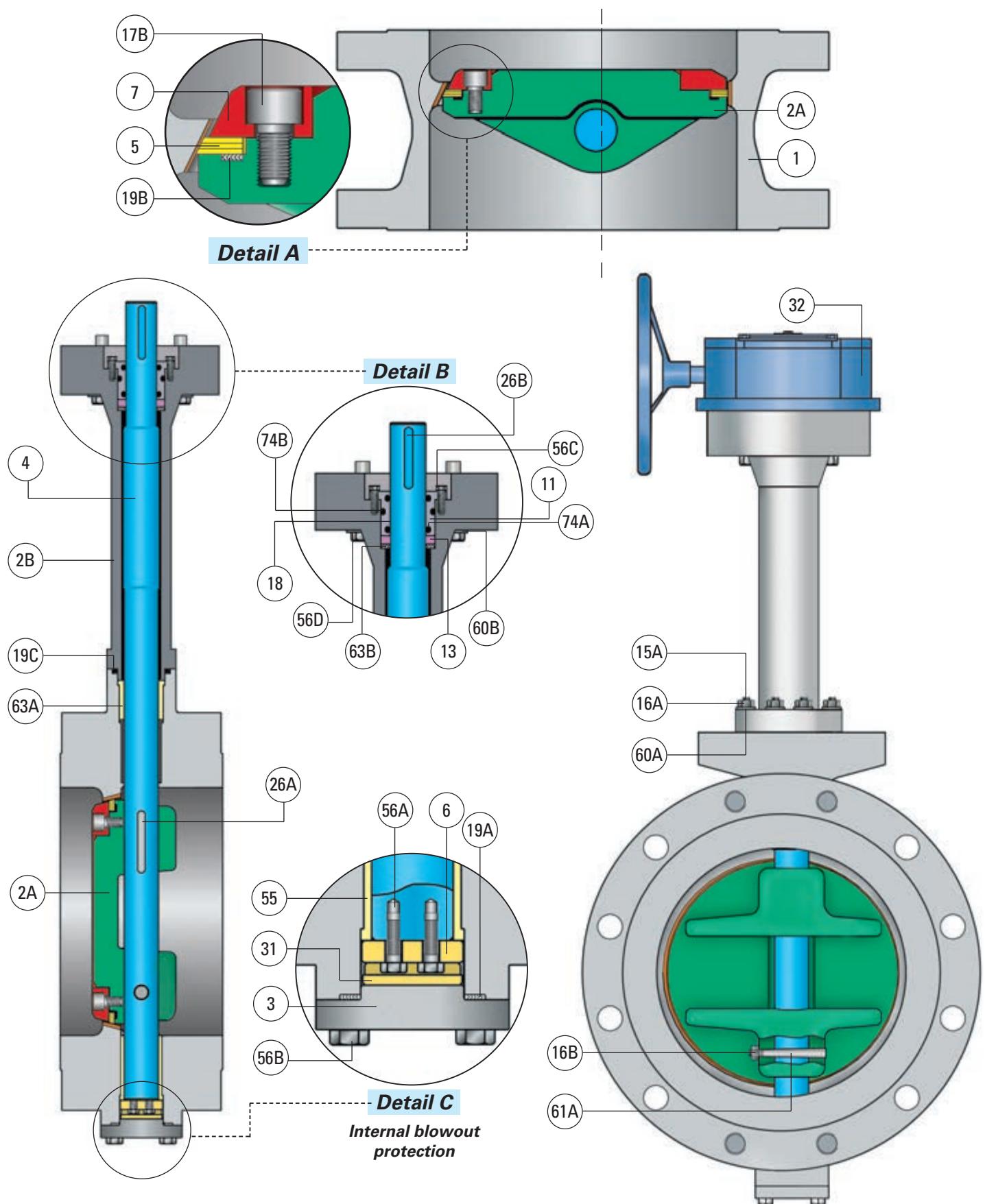
METAL-SEATED TORQSEAL® VALVES B16.5/B16.47



DN	Dimensions (mm)										Weight (kg)						
	A	D					F	G	ØH	Bare Stem B16.5 / B16.47 Series A					Std. actuator + Top works		
		Long	Short	Lug	Wafer	Butt Weld				Long	Short	Lug	Wafer	Butt Weld			
ASME class 150, DN 80–1200																	
80	136	203	114	48	48	—	125	240	200	20	18	15	10	—	—	7	
100	158	229	127	54	54	191	147	287	200	30	27	22	17	24	—	9	
150	152	267	140	57	57	225	165	307	200	46	39	28	25	50	—	9	
200	225	292	152	64	64	252	215	361	300	70	61	41	36	81	—	14	
250	248	330	165	71	71	305	239	387	500	120	89	66	50	132	—	16	
300	291	356	178	81	81	346	283	434	500	159	136	95	79	172	—	23	
350	317	381	191	92	92	364	303	517	600	202	175	127	104	283	—	34	
400	348	406	216	102	102	406	338	556	600	259	227	177	139	411	—	59	
450	391	432	222	114	114	437	381	599	500	341	295	263	258	514	—	75	
500	423	457	229	127	127	475	409	634	500	422	363	327	309	646	—	77	
600	525	508	267	154	154	527	495	735	600	692	613	520	481	1091	—	109	
700	620	610	292	165	165	—	573	949	600	987	840	976	781	—	—	259	
750	635	610	318	191	191	—	590	949	600	1135	997	915	885	—	—	259	
900	750	711	330	203	203	—	700	1103	600	1730	1480	1412	1167	—	—	318	
1000	768	813	409	229	229	—	762	1121	610	2315	2004	2122	1680	—	—	340	
1050	775	813	409	246	246	—	806	1138	700	2838	2093	2281	1825	—	—	669	
1200	834	914	470	276	276	—	890	1208	700	3632	3019	3387	2724	—	—	760	
ASME class 300, DN 80–900																	
80	136	282	114	48	48	—	125	240	200	25	20	15	13	—	—	7	
100	158	305	127	54	54	191	147	287	200	41	34	20	16	24	—	9	
150	201	403	140	59	59	225	192	337	300	77	59	35	26	50	—	14	
200	243	419	152	73	73	252	236	386	500	118	91	59	45	81	—	23	
250	274	457	165	83	83	305	261	474	600	179	134	98	75	132	—	34	
300	307	502	178	92	92	346	297	514	600	241	182	136	120	172	—	59	
350	341	762	191	117	117	364	330	548	500	372	250	209	150	283	—	75	
400	375	838	216	133	133	406	361	587	500	497	338	293	195	411	—	98	
450	421	914	222	149	149	437	407	633	600	636	429	386	341	514	—	109	
500	470	991	229	159	159	475	441	682	600	815	538	484	372	646	—	204	
600	553	1143	267	181	181	527	511	866	600	1180	763	722	504	1091	—	259	
700	656	1346	292	229	229	—	612	1009	600	1680	1189	1317	953	—	—	318	
750	670	1397	451	241	241	—	620	1023	600	2186	1582	1444	1158	—	—	318	
900	747	1727	508	241	241	—	709	1110	600	3382	2315	1975	1453	—	—	363	
ASME class 600, DN 100–600																	
100	171	432	191	64	64	—	176	307	300	74	61	34	27	—	—	14	
150	224	559	210	78	78	—	213	367	500	139	105	61	43	—	—	23	
200	266	660	230	102	102	—	254	473	600	252	176	123	92	—	—	59	
250	306	787	249	117	117	—	301	513	500	415	271	193	131	—	—	75	
300	342	838	270	140	140	—	336	553	500	518	337	266	182	—	—	98	
350	369	889	290	155	155	—	389	735	600	624	404	318	218	—	—	204	
400	446	991	310	178	178	—	411	866	600	987	613	568	397	—	—	259	
450	483	1092	330	200	200	—	446	861	600	1214	749	692	484	—	—	259	
500	528	1194	350	216	216	—	488	907	610	1396	863	795	556	—	—	318	
600	611	1397	390	232	232	—	564	975	700	2009	1249	1090	763	—	—	386	

Larger sizes available upon request.

CRYOGENIC TORQSEAL TRIPLE-OFFSET



VALVE PARTS AND MATERIALS

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL GRADE
1	Body	A351 Gr. CF8M
	Seat (hard faced)	CoCr alloy Gr. 21
2A	Disc	A351 Gr. CF8M or CF3M
2B	Extended bonnet	A351 Gr. CF3M or CF8M
3	Cover	A479-316L
4	Stem	A453 Gr. 660Cl. B Type 2
5	Seal ⁽¹⁾	Nitronic 50
6	Thrust bearing	A479 XM19 Nitrided
7	Retaining ring	Duplex
11	Packing flange	A182F316 / Z6CNd 17-11
13	Graphite ring	Graphite
15A	Stud	A320 Gr. B8M Cl. 2
16A	Nut	A194 Gr. 8M
16B	Nut	A194 Gr. 8M
17	Socket head cap screw	SS 316
18	Bushing	-
19A	Gasket (cover)	SS347 + Graphite
19B	Gasket (disc)	Graphite
19C	Gasket	Graphite
26A	Key (disc)	A182F316
26B	Key (actuator)	X2CrNiMo 17-12-2
31	Locking plate	A479XM19 Nitrided
32	Gearbox	-
55	Bushing	Stainless steel + DFN15
56A	Hex head cap screw	A320 Gr. B8M Cl. 2
56B	Hex head cap screw	A320 Gr. B8M Cl. 2
56C	Hex head cap screw	A320 Gr. B8M Cl. 2
56D	Hex head cap screw	A320 Gr. B8M Cl. 2
60A	Nut lock	A182F316 / X2CrNi 18-9
60B	Nut lock	A182F316 / X2CrNi 18-9
61A	Taper pin	A320 Gr. B8M
61B ⁽²⁾	Centering pin	A182F316
63A	Packing washer	A182F316 / Z6CNd 17-11
63B	Packing washer	A182F316L
74A	O-ring	Viton
74B	O-ring	Viton

Alternative materials for body, disc, and other parts are available upon request to meet specific requirements.

(1) Other materials are available upon request.

(2) Not shown in illustration.

Note: CoCr alloy as used throughout this catalog refers to cobalt chrome hardfacing alloys as supplied by Deloro Stellite, a Kennametal Company, and other approved manufacturers.

Design Features

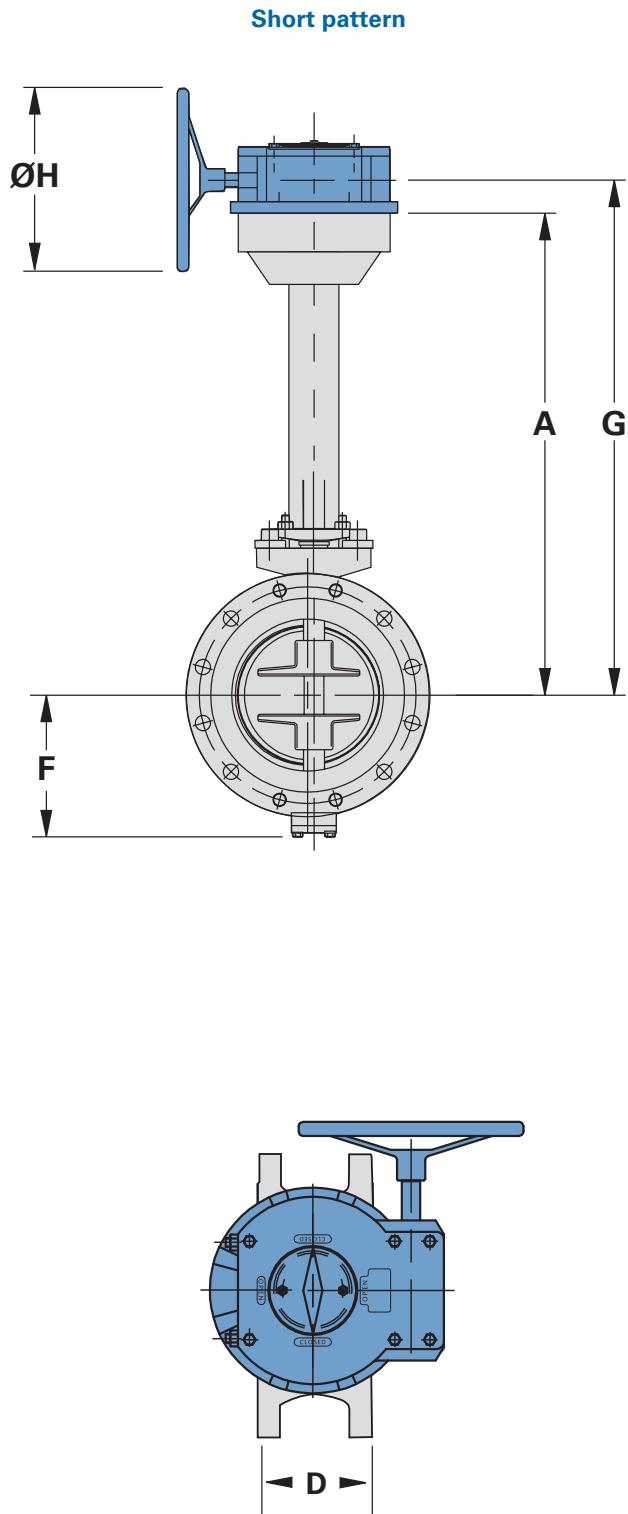
- **Triple-offset disc rotation:** provides bubble tight sealing without rubbing or galling.
- **Cryogenic stem packing** (Detail B): composed of superposed Viton O-rings and expanded graphite rings (fire-safe approved).
- **Low fugitive emission** (Detail B): in accordance with ISO 15848.
- **No cavity** (Detail C): no cavity to prevent build-up of solids.
- **Drainage possibility** (Detail C): the bottom cover can be removed if drainage is required.
- **Internal blow-out protection** (Detail C): prevents the shaft from blowing out under pressure.
- **Inherent fire safe function:** stainless steel construction and metallic seal (item 5) provide inherent fire safe function.
- **Extended bonnet** (item 2B): with a sufficient gas column to keep the stem packing away from cold fluid. Extended bonnet length is qualified for use in LNG application with type approvals from major Classification Societies.
- **Actuator:** manual, pneumatic (single or double acting type), electric or hydraulic according to customer specification. ON/OFF or MODULATING function according to the application. Fast acting actuators for Emergency Shut Down function (ESD) also available.
- **High quality castings:** radiographic control, dye penetrant test, ferrite content control, impact test at -321°F (-196°C) according to customer's requirements.
- **Reinforced stainless steel shaft bearings:** for high cycles and smooth operation at very low temperature (item 55).
- **High reliability:** Safety integrity level requirements according to IEC 61508.

Design Standards

- Design: ASME standard, CE marked (PED), ATEX certified.
- Face-to-face dimensions: ISO 5752 (Short Pattern).
- Ambient temperature testing: API 598 (other type of tests available upon request).
- Alternative Body types (ISO Long pattern, Wafer, LUG or Butt Welded) and sizes available upon request.
- Fire safe according to API 607 and ISO 10497.
- Flanges standard: ANSI B16.5 (sizes from NPS 3 to 24), ANSI B16.47 series A or B (sizes from NPS 26 to 60), ASME VIII div.1 Appendix 2 (sizes > NPS 60). Other flanges standards available upon request.
- Cryogenic temperature testing: BS6364 (other type of tests available upon request).

IMPERIAL DIMENSIONS AND WEIGHTS

METAL-SEATED TORQSEAL® TRIPLE-OFFSET CRYOGENIC VALVES



NPS	Dimensions (inch.)					Weight (lbs)	
	A	D	F	G	ØH	Valve	Valve and gear
ASME class 150, NPS 3-80							
3	21.65	4.49	4.92	23.39	5.91	62	80
4	22.44	5	5.79	24.17	5.91	82	100
6	23.23	5.51	6.54	24.96	7.87	108	127
8	25.28	5.98	7.83	26.97	11.81	152	171
10	26.77	6.5	9.41	28.5	19.69	232	250
12	28.68	7.01	10.06	30.47	19.69	331	362
14	29.92	7.48	11.93	31.89	23.62	456	505
16	31.5	8.5	13.31	33.46	27.56	584	633
18	34.65	8.74	15	37.13	19.69	761	860
20	37.4	9.02	16.1	39.88	19.69	942	1041
24	42.72	10.51	19.49	45.87	23.62	1541	1696
30	48.43	12.52	23.23	52.07	19.69	2485	2820
32	53.23	12.52	24.49	56.56	23.62	2999	3334
36	57.09	12.99	27.56	60.73	27.56	3786	4275
40	61.65	16.14	30.16	65.55	23.62	4902	5541
42	63.07	16.14	31.57	66.97	27.56	5497	6137
48	67.2	18.5	35.71	71.34	31.5	7532	8432
54	75.31	20.87	39.88	80.14	27.56	9958	11215
56	76.69	20.87	41.26	81.52	27.56	10860	12116
60	83.46	23.62	44.09	88.52	27.56	12802	15492
64	86.18	23.62	46.81	91.24	27.56	14943	17633
66	87.64	24.02	48.27	92.7	31.5	16090	18780
72	95.67	26.38	52.36	100.73	31.5	20948	23638
80	106.3	29.92	59.06	111.36	39.37	27563	30870
ASME class 300, NPS 3-36							
3	21.65	4.49	4.92	23.39	5.91	66	85
4	22.52	5	5.79	24.23	11.81	97	116
6	24.29	5.5	7.56	26	11.81	152	171
8	26.77	5.98	9.29	28.54	19.69	225	256
10	27.6	6.5	10.28	29.57	23.62	331	379
12	30.31	7.01	11.69	32.78	15.75	437	536
14	30.98	7.52	12.99	33.44	19.69	622	721
16	32.4	8.5	14.21	35.55	19.69	829	983
18	35.67	8.74	16.02	38.82	23.62	1056	1211
20	38.66	9.02	17.36	41.99	19.69	1327	1663
24	43.35	10.51	20.12	46.99	23.62	2073	2562
30	49.61	12.01	24.41	53.5	19.69	3779	4419
32	54.72	12.52	25.98	58.86	23.62	4406	5305
36	56.5	12.99	27.76	61.32	35.43	5627	6884
ASME class 600, NPS 4-24							
4	22.91	7.52	6.81	24.63	11.81	106	125
6	24.21	8.27	8.39	25.93	19.69	212	230
8	31.65	9.06	10	33.62	23.62	265	313
10	33.5	9.8	11.85	35.96	15.75	573	673
12	40.43	10.63	13.23	43.88	19.69	756	856
14	41.93	11.42	14.37	45.08	19.69	1036	1191
16	43.31	12.2	15.75	46.63	19.69	1544	1879
18	44.69	12.99	17.13	48.01	19.69	1874	2231
20	46.26	13.78	18.7	49.9	27.56	2403	2893
24	48.03	15.35	20.47	51.93	19.69	3098	3737
ASME class 900, NPS 6-24							
6	25.67	8.86	9.84	27.44	19.69	364	395
8	34.06	10.83	12.4	36.52	15.75	478	578
10	36.46	12.8	14.8	38.92	15.75	1025	1125
12	43.74	14.76	16.54	46.89	15.75	1429	1583
14	45.67	16.73	18.11	49	19.69	1921	2256
16	47.28	18.7	19.72	50.61	19.69	2765	3100
18	49.02	19.69	21.46	52.66	27.56	3565	4033
20	50.94	22.64	23.39	54.59	31.5	4507	4974
24	53.15	26.57	25.59	57.28	27.56	5980	6880

METRIC DIMENSIONS AND WEIGHTS

METAL-SEATED TORQSEAL® TRIPLE-OFFSET CRYOGENIC VALVES

DN	Dimensions (mm)					Weight (kg)	
	A	D	F	G	ØH	Valve	Valve and gear
ASME class 150, DN 80-2000							
80	550	114	125	594	150	28	37
100	570	127	147	614	150	37	46
150	590	140	166	634	200	49	58
200	642	152	199	685	300	69	78
250	680	165	239	724	500	105	114
300	729	178	255	774	500	150	164
350	760	190	303	810	600	207	229
400	800	216	338	850	700	265	287
450	880	222	381	943	500	345	390
500	950	229	409	1013	500	427	472
600	1085	267	495	1165	600	699	769
750	1230	318	590	1323	500	1127	1279
800	1352	318	622	1437	600	1360	1512
900	1450	330	700	1543	700	1717	1939
1000	1566	410	766	1665	600	2223	2513
1050	1602	410	802	1701	700	2493	2783
1200	1707	470	907	1812	800	3416	3824
1350	1913	530	1013	2036	700	4516	5086
1400	1948	530	1048	2071	700	4925	5495
1500	2120	600	1120	2249	700	5806	7026
1600	2189	600	1189	2318	700	6777	7997
1650	2226	610	1226	2355	800	7297	8517
1800	2430	670	1330	2559	800	9500	10720
2000	2700	760	1500	2829	1000	12500	14000
ASME class 300, DN 80-900							
80	550	114	125	594	150	30	39
100	572	127	147	616	300	44	53
150	617	140	192	661	300	69	78
200	680	152	236	725	500	102	116
250	701	165	261	751	600	150	172
300	770	178	297	833	400	198	243
350	787	191	330	850	500	282	327
400	823	216	361	903	500	376	446
450	906	222	407	986	600	479	549
500	982	229	441	1067	500	602	754
600	1101	267	511	1194	600	940	1162
750	1260	305	620	1359	500	1714	2004
800	1390	318	660	1495	600	1998	2406
900	1435	330	705	1558	900	2552	3122
ASME class 600, DN 100-600							
100	582	191	173	626	300	48	57
150	615	210	213	659	500	96	105
200	804	230	254	854	600	120	142
250	851	249	301	914	400	260	305
300	1027	270	336	1115	500	343	388
350	1065	290	365	1145	500	470	540
400	1100	310	400	1185	500	700	852
450	1135	330	435	1220	500	850	1012
500	1175	350	475	1268	700	1090	1312
600	1220	390	520	1319	500	1405	1695
ASME class 900, DN 150-600							
150	652	225	250	697	500	165	179
200	865	275	315	928	400	217	262
250	926	325	376	989	400	465	510
300	1111	375	420	1191	400	648	718
350	1160	425	460	1245	500	871	1023
400	1201	475	501	1286	500	1254	1406
450	1245	500	545	1338	700	1617	1829
500	1294	575	594	1387	800	2044	2256
600	1350	675	650	1455	700	2712	3120



From: Satisfied Customer

To: Velan

Subject: Thank you!

RE: Tests reports of valves/balance

Thank you for this data as well as that from your limit switch vendor. You have been quite patient and helpful and I appreciate your efforts. We have accepted your valves and look forward to getting them here at Langley. The cryogenic and ambient performance of Velan's butterfly valves are quite remarkable and I will let my colleagues at Kennedy Space Center and Stennis Space Center know of these results.

Thanks again,

Satisfied Customer

RELIABILITY THROUGH QUALIFICATION TESTS

The development of the Velan Torqseal® triple-offset metal-seated valves required extensive testing and design optimization as many competitive valves showed repeated leaks of seats and laminated disc gaskets. Some highlights of the tests performed in our R&D laboratory are shown here.

Seat Tightness Tests

Forged titanium Torsqseal® NPS 46 (DN 1150), class 150 valve.

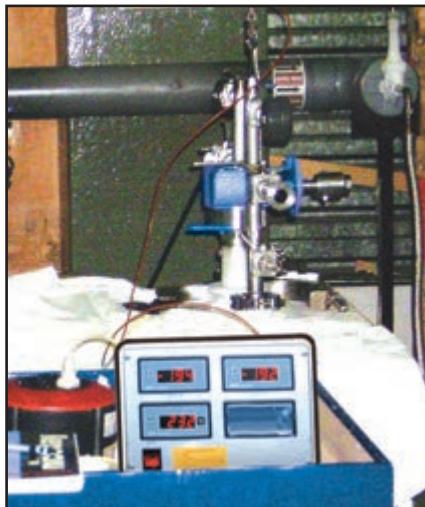
- 40,000 cycles.
- Preferred and non-preferred side.



Velan Torqseal® valve with renewable seat ring and Ti O₂ plasma sprayed seat surface.

Cold Cycling Test (1000 cycles)

- 820 psi water to test preferred seat side.
- 490 psi water to test non-preferred seat side.



Cold temperature testing to -314°F (-192°C) of the cryogenic Torqseal® valve in our Lyon, France facility.

Ambient Cycling Tests

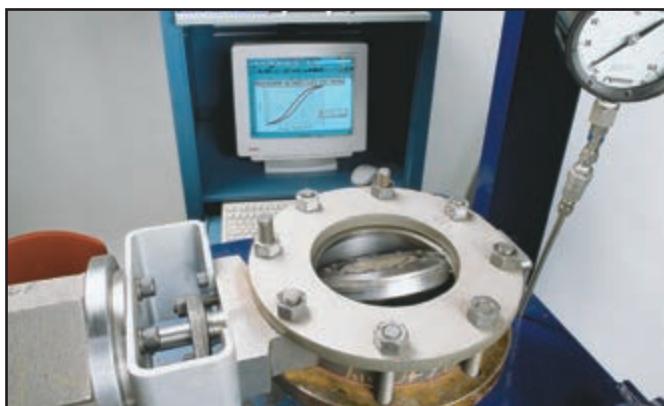
Torqseal® NPS 8 (DN 200), class 150 valve.

- 5000 cycles with preferred flow direction.
- 3000 cycles with non-preferred flow direction.

Torqseal® NPS 8 (DN 200), class 300 valve.

- 30,000 cycles tested with no jamming.

Passed with zero leakage from the seats and gasket.



NPS 8 (DN 200) class 150 valve, ambient cycling.

Hot Cycling Tests

List of requirements:

- 1000 cycles.
- 150–200 psi superheated steam.
- 650–900°F (343–482°C).

The valve tested reached 7250 cycles without seizing or jamming at temperatures between 800–900°F (427–482°C).



Superheated test on NPS 14 (DN 350) class 150 valve.

INCLUDING API 607 & ISO 10497 FIRE TESTS

Fire Tests

- First the valve was tested to API 598 with zero seat leakage in preferred and non-preferred direction and zero external leakage.
- During the burning period the valve was exposed to 1400–1800°F (760–980°C) flames for the duration of 30 minutes. Then the test was repeated in the non-preferred direction.
- Rapid water quenching lowered the valve temperature to below 212°F (100°C). This was performed twice, once in each direction.

Results After 2 Fire Tests

Type of Test	1st Operational Test Preferred	2nd Operational Test Non-Preferred	Allowable Leakage
Seat Leakage	0 ml/min.	0 ml/min.	160 ml/min.
External Leakage	0 ml/min.	0 ml/min.	200 ml/min.



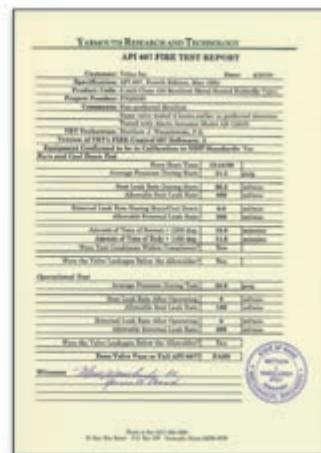
Velan Torqseal® valve being exposed to extreme temperatures of 1800°F (980°C).



NPS 8 (DN 200) class 150
Torqseal valve before the fire test.

After two fire tests,
maintains zero seat and
stem seal leakage.

Fire Test Reports



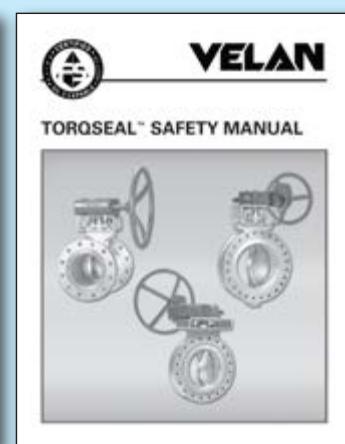
CERTIFIED SIL 3

Independent assessment and certification by exida

- IEC 61508: 2010 Part 1-7
- Systematic Integrity: SIL 3 capable (per IEC 61508).

Assessment and FMEDA reports available at
www.exida.com

Please note, it is the responsibility of the Safety Instrumented Function (SIF) designer to verify that the selected equipment meets the requirements of the IEC 61508 and IEC 61511 functional safety standards. Verifying a SIF includes reviewing PFDAVG, Architectural Constraints, and SIL Capability. Velan recommends that the SIF designer carefully review all available documentation from the equipment manufacturer and use a commercially available software tools such as exSILentia™ from exida to perform the SIL Verification calculations.



TORQSEAL® TRIPLE-OFFSET VALVES



NPS 12 (DN 300) *Torqseal®* triple-offset valve for steam isolation.



Motor operated NPS 36 (DN 900) *Torqseal®* in crude oil.



Torqseal® triple-offset valves, NPS 12 (DN 300) in a tank farm manifold.

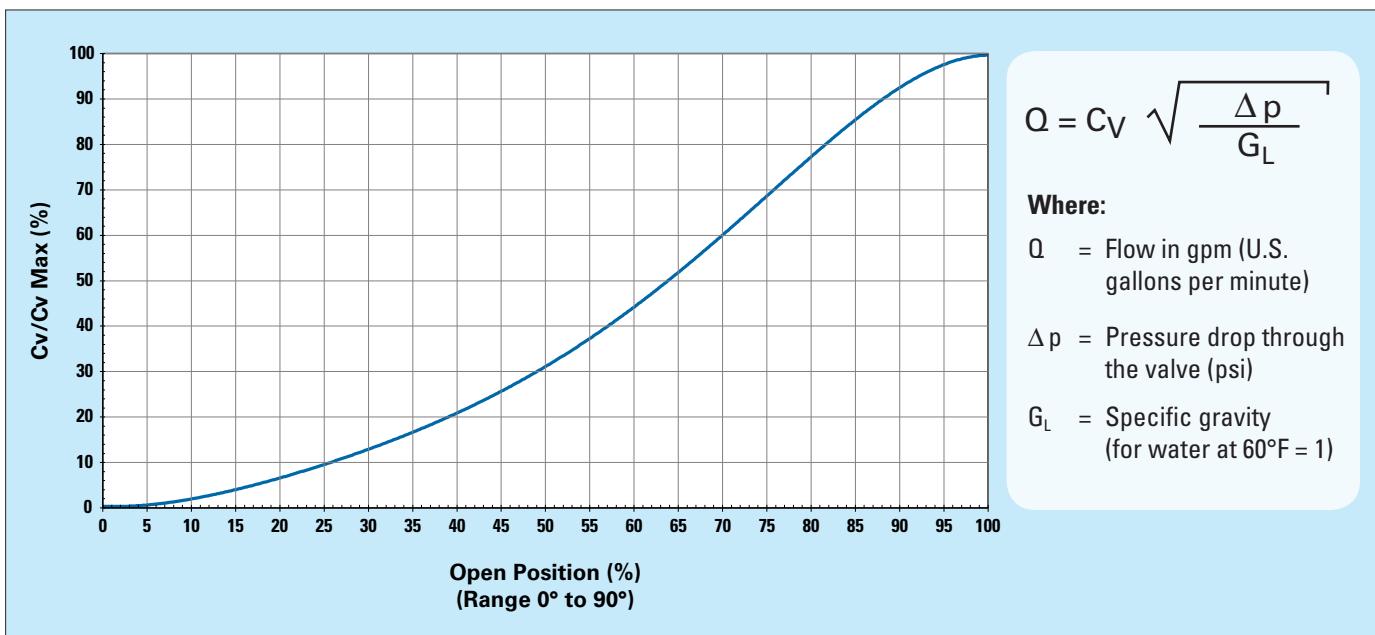
Cv FLOW COEFFICIENT

FLOW DATA

Cv AT 90° - FULLY OPEN VALVE

CLASS	Size (NPS/DN)																
	3 80	4 100	6 150	8 200	10 250	12 300	14 350	16 400	18 450	20 500	24 600	28 700	30 750	36 900	40 1000	42 1050	48 1200
150	100	219	633	1511	2467	4024	5200	6870	9255	11718	18621	25694	30507	44626	58541	62536	81680
300	100	219	622	1273	2295	3580	4801	6442	8622	11463	16545	24061	29750	43993	—	—	—
600	—	204	591	1090	1866	2559	3421	4719	6112	8366	12737	—	—	—	—	—	—

Cv CURVE



PRESSURE/TEMPERATURE RATINGS (ASME B16.34)

TEMP °F	CLASS 150				CLASS 300				CLASS 600				TEMP °C	
	Carbon Steel A 216 Gr. WCB		Stainless Steel A 351 Gr. CF8M		Carbon Steel A 216 Gr. WCB		Stainless Steel A 351 Gr. CF8M		Carbon Steel A 216 Gr. WCB		Stainless Steel A 351 Gr. CF8M			
	PSIG	BAR	PSIG	BAR	PSIG	BAR	PSIG	BAR	PSIG	BAR	PSIG	BAR		
-20 to 100	285	19.65	275	18.96	740	51.02	720	49.64	1480	102.00	1440	99.28	-29 to 38	
200	260	17.93	235	16.20	675	46.54	620	42.75	1350	93.08	1240	85.49	93	
300	230	15.86	215	14.82	655	45.16	560	38.61	1315	90.67	1120	77.22	149	
400	200	13.79	195	13.44	635	43.78	515	35.51	1270	87.56	1025	70.67	204	
500	170	11.72	170	11.72	600	41.37	480	33.09	1200	82.74	955	65.84	260	
600	140	9.65	140	9.65	550	37.92	450	31.03	1095	75.50	900	62.05	316	
650	125	8.62	125	8.62	535	36.89	445	30.68	1075	74.12	890	61.36	343	
700	110	7.58	110	7.58	535	36.89	430	29.65	1065	73.43	870	59.98	371	
750	95	6.55	95	6.55	505	34.82	425	29.30	1010	69.64	855	58.95	399	
800	80	5.52	80	5.52	410	26.27	420	28.96	825	56.88	845	58.26	427	

CLOSING TORQUES – lb•ft

ASME Class 150

NPS	ISO/ MSS	RUN TORQUE ⁽¹⁾	HP SIDE ⁽²⁾						BI-DIRECTIONAL						MAST ⁽³⁾		
			6 bar (90 PSI) ⁽⁴⁾		10 bar (150 PSI)		20 bar (285 PSI)		6 bar (90 PSI)		10 bar (150 PSI)		20 bar (285 PSI)		lb•ft		
			BTO ⁽⁵⁾	ETC ⁽⁶⁾	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	S/S 410	S/S 660	S/S 630
3	FA07/10	33	16	18	21	21	31	30	16	24	21	24	31	37	161	144	195
4	FA07/10	36	23	26	32	33	51	49	23	37	32	37	51	59	282	252	341
6	FA10	63	50	56	74	56	128	89	50	80	74	80	128	137	457	409	553
8	FA14	104	91	134	146	134	260	220	91	182	146	182	260	319	699	625	846
10	FA14	158	209	293	330	293	581	467	209	374	330	374	581	639	1007	901	1220
12	FA14	237	356	435	559	435	980	686	356	594	559	594	980	1015	1545	1382	1870
14	FA16	388	381	376	621	376	1120	608	381	659	621	659	1120	1166	2216	1983	2683
16	FA16	714	538	556	804	556	1401	873	538	874	804	874	1401	1511	3627	3245	4390
18	FA25	944	900	1164	1525	1164	2731	1874	900	1626	1525	1626	2731	2818	5575	4988	6748
20	FA25	1712	1109	1095	1947	1095	3504	1759	1109	2032	1947	2032	3504	3564	8060	7211	9756
24	FA30	2487	2060	2078	3568	2078	6474	3372	2060	4743	3568	4743	6474	6647	14104	12620	17074
28	FA35	6284	4028	2764	6726	2764	11931	4135	4028	6360	6726	6360	11931	11172	22567	20192	27318
30	FA35	7255	4054	2634	7189	2634	13235	4169	4054	6935	7189	6935	13235	12497	22567	20192	27318
36	FA40	11977	7364	3630	12450	3630	23008	5721	7364	11393	12450	11393	23008	20687	41978	37559	50815
40	FA40	16581	10948	6662	17443	6662	32056	9747	10948	16400	17443	16400	32056	28821	64142	57390	77645
42	FA48	19264	11056	7627	18657	7627	34448	12753	11056	16803	18657	16803	34448	30518	89597	80166	108460
48	FA48	25945	16141	10058	27101	10058	49872	17412	16141	23945	27101	23945	49872	43425	120963	108230	146429

ASME Class 300

NPS	ISO/ MSS	RUN TORQUE ⁽¹⁾	HP SIDE ⁽²⁾						BI-DIRECTIONAL						MAST ⁽³⁾		
			10 bar (150 PSI)		20 bar (285 PSI)		50 bar (725 PSI)		10 bar (150 PSI)		20 bar (285 PSI)		50 bar (725 PSI)		lb•ft		
			BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	S/S 410	S/S 660	S/S 630
3	FA07/10	33	21	30	31	30	66	64	21	24	31	37	66	83	161	144	195
4	FA07/10	36	32	49	51	49	113	108	32	37	51	59	113	138	282	252	341
6	FA14	73	84	103	142	103	333	236	84	89	142	149	333	357	699	625	846
8	FA14	161	182	275	314	275	744	640	182	215	314	362	744	873	1545	1382	1870
10	FA16	235	330	467	581	467	1401	1099	330	374	581	639	1401	1553	2216	1983	2683
12	FA16	376	559	686	980	686	2352	1593	559	594	980	1015	2352	2457	3627	3245	4390
14	FA25	536	765	843	1359	843	3297	1966	765	782	1359	1353	3297	3296	5575	4988	6748
16	FA25	934	1154	1391	2058	1391	5002	3268	1154	1254	2058	2165	5002	5285	8060	7211	9756
18	FA30	1235	1525	1874	2731	1874	6660	4431	1525	1626	2731	2818	6660	6894	10343	9255	12521
20	FA30	2149	2475	2492	4297	2492	10237	5647	2475	2462	4297	4194	10237	10099	14104	12620	17074
24	FA35	3467	3564	3497	6475	3497	15947	8239	3564	3459	6475	6746	15947	16620	22567	20192	27318
28	FA40	8017	7190	5244	13018	5244	32020	12142	7190	6972	13018	12047	32020	29674	41978	37559	50815
30	FA40	8578	8947	6481	15712	6481	37764	14326	8947	8340	15712	14382	37764	34799	41978	37559	50815
36	FA48	13867	12449	5917	23010	5917	57429	13834	12449	11825	23010	20843	57429	52018	73075	65383	88459

ASME Class 600

NPS	ISO/ MSS	RUN TORQUE ⁽¹⁾	HP SIDE ⁽²⁾						BI-DIRECTIONAL						MAST ⁽³⁾		
			20 bar (285 PSI)		50 bar (725 PSI)		100 bar (1450 PSI)		20 bar (285 PSI)		50 bar (725 PSI)		100 bar (1450 PSI)		lb•ft		
			BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	S/S 410	S/S 660	S/S 630
4	FA14	32	70	135	151	135	283	253	70	163	151	163	283	310	699	625	846
6	FA14	53	180	406	403	406	771	784	180	208	403	477	771	930	1545	1382	1870
8	FA16	131	434	943	963	943	1835	1813	434	460	963	1042	1835	2023	3627	3245	4390
10	FA25	490	759	1493	1769	1493	3433	2904	759	786	1769	1840	3433	3610	5575	4988	6748
12	FA30	813	1212	2512	2850	2512	5548	4907	1212	1329	2850	3130	5548	6160	8060	7211	9756
14	FA30	1329	1910	3340	4337	3340	8336	6404	1910	1890	4337	4340	8336	8450	14104	12620	17074
16	FA35	2237	2917	4687	6738	4687	12833	9011	2917	2784	6738	6467	12833	12633	22567	20192	27318
18	FA35	3062	3924	6033	9138	6033	17330	11618	3924	3678	9138	8594	17330	16815	32172	28785	38945
20	FA40	4790	5698	9354	13391	9354	26064	18137	5698	5502	13391	12947	26064	25411	41978	37559	50815
24	FA48	7197	10731	9131	25573	14669	50031	28438	10731	13099	25573	23344	50031	45938	89597	80166	108460

NOTES:

(1) Operating torque to open and close the valve between 0-90° for process flows up to 4.5 m/s for liquids and 45 m/s for gases.

For process conditions outside of this range please contact Velan Applications Engineering.

(2) Preferred installation (designated by HP stamp on corresponding valve flange) – Flow direction: Inlet on HP side – Isolation: High pressure on HP side.

CLOSING TORQUES – Nm

ASME Class 150

DN	ISO/ MSS	RUN TORQUE ⁽¹⁾	HP SIDE ⁽²⁾						BI-DIRECTIONAL						MAST ⁽³⁾		
			6 bar (90 PSI) ⁽⁴⁾		10 bar (150 PSI)		20 bar (285 PSI)		6 bar (90 PSI)		10 bar (150 PSI)		20 bar (285 PSI)		Nm		
			BTO ⁽⁵⁾	ETC ⁽⁶⁾	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	S/S 410	S/S 660	S/S 630
80	FA07/10	45	22	24	28	28	42	41	22	33	28	33	42	50	219	196	265
100	FA07/10	49	31	35	43	45	69	66	31	50	43	50	69	80	383	342	463
150	FA10	85	68	76	100	76	174	121	68	108	100	108	174	186	619	554	750
200	FA14	141	123	182	198	182	353	298	123	247	198	247	353	433	947	847	1147
250	FA14	215	283	397	447	397	788	633	283	507	447	507	788	866	1366	1222	1654
300	FA14	321	483	590	758	590	1329	930	483	805	758	805	1329	1376	2095	1874	2536
350	FA16	526	517	510	842	510	1519	824	517	894	842	894	1519	1581	3005	2689	3638
400	FA16	969	730	754	1090	754	1900	1184	730	1185	1090	1185	1900	2049	4918	4400	5953
450	FA25	1280	1220	1578	2068	1578	3703	2541	1220	2205	2068	2205	3703	3821	7559	6763	9151
500	FA25	2321	1504	1485	2640	1485	4751	2385	1504	2755	2640	2755	4751	4833	10929	9779	13230
600	FA30	3373	2793	2818	4838	2818	8779	4572	2793	6432	4838	6432	8779	9013	19126	17112	23152
700	FA35	8521	5462	3748	9120	3748	16178	5607	5462	8624	9120	8624	16178	15149	30601	27380	37043
750	FA35	9838	5497	3572	9748	3572	17947	5653	5497	9404	9748	9404	17947	16946	30601	27380	37043
900	FA40	16241	9986	4922	16882	4922	31199	7758	9986	15449	16882	15449	31199	28052	56922	50930	68905
1000	FA40	22484	14845	9034	23653	9034	43468	13217	14845	22238	23653	22238	43468	39081	86976	77821	105287
1050	FA48	26123	14992	10342	25299	10342	46711	17293	14992	22785	25299	22785	46711	41382	121494	108705	147071
1200	FA48	35181	21887	13639	36749	13639	67626	23611	21887	32469	36749	32469	67626	58884	164025	146760	198557

ASME Class 300

DN	ISO/ MSS	RUN TORQUE ⁽¹⁾	HP SIDE ⁽²⁾						BI-DIRECTIONAL						MAST ⁽³⁾		
			10 bar (150 PSI)		20 bar (285 PSI)		50 bar (725 PSI)		10 bar (150 PSI)		20 bar (285 PSI)		50 bar (725 PSI)		Nm		
			BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	S/S 410	S/S 660	S/S 630
80	FA07/10	45	28	41	42	41	89	87	28	33	42	50	89	113	219	196	265
100	FA07/10	49	43	66	69	66	153	146	43	50	69	80	153	187	383	342	463
150	FA14	99	114	140	193	140	452	320	114	121	193	202	452	484	947	847	1147
200	FA14	219	247	373	426	373	1009	868	247	292	426	491	1009	1184	2095	1874	2536
250	FA16	319	447	633	788	633	1900	1490	447	507	788	866	1900	2106	3005	2689	3638
300	FA16	510	758	930	1329	930	3189	2160	758	805	1329	1376	3189	3332	4918	4400	5953
350	FA25	727	1037	1143	1843	1143	4471	2666	1037	1060	1843	1835	4471	4469	7559	6763	9151
400	FA25	1267	1565	1886	2791	1886	6783	4431	1565	1700	2791	2936	6783	7166	10929	9779	13230
450	FA30	1675	2068	2541	3703	2541	9031	6008	2068	2205	3703	3821	9031	9348	14025	12549	16978
500	FA30	2913	3356	3379	5827	3379	13881	7657	3356	3338	5827	5687	13881	13694	19126	17112	23152
600	FA35	4701	4833	4742	8780	4742	21624	11172	4833	4690	8780	9148	21624	22537	30601	27380	37043
700	FA40	10872	9750	7111	17652	7111	43419	16465	9750	9454	17652	16336	43419	40238	56922	50930	68905
750	FA40	11632	12132	8788	21305	8788	51208	19426	12132	11309	21305	19502	51208	47187	56922	50930	68905
900	FA48	18803	16881	8023	31202	8023	77874	18759	16881	16035	31202	28263	77874	70536	99089	88659	119950

ASME Class 600

DN	ISO/ MSS	RUN TORQUE ⁽¹⁾	HP SIDE ⁽²⁾						BI-DIRECTIONAL						MAST ⁽³⁾		
			20 bar (285 PSI)		50 bar (725 PSI)		100 bar (1450 PSI)		20 bar (285 PSI)		50 bar (725 PSI)		100 bar (1450 PSI)		Nm		
			BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	BTO	ETC	S/S 410	S/S 660	S/S 630
100	FA14	43	95	183	205	183	384	343	95	221	205	221	384	420	947	847	1147
150	FA14	72	244	551	546	551	1045	1063	244	282	546	647	1045	1261	2095	1874	2536
200	FA16	178	589	1279	1306	1279	2488	2458	589	624	1306	1413	2488	2743	4918	4400	5953
250	FA25	665	1029	2025	2399	2025	4655	3938	1029	1066	2399	2495	4655	4895	7559	6763	9151
300	FA30	1102	1643	3406	3865	3406	7523	6654	1643	1802	3865	4244	7523	8353	10929	9779	13230
350	FA30	1803	2590	4529	5881	4529	11304	8684	2590	2563	5881	5885	11304	11458	19126	17112	23152
400	FA35	3033	3955	6356	9137	6356	17402	12219	3955	3775	9137	8769	17402	17130	30601	27380	37043
450	FA35	4153	5321	8181	12391	8181	23499	15754	5321	4987	12391	11653	23499	22801	43625	39033	52809
500	FA40	6495	7726	12684	18158	12684	35343	24594	7726	7461	18158	17556	35343	34457	56922	50930	68905
600	FA48	9760	14551	12382	34677	19891	67842	38562	14551	17762	34677	31654	67842	62292	121494	108705	147071

NOTES:

(3) MAST: Maximum allowable stem torque

(4) In high flow applications with differential pressure below 150 psi (10 bar), dynamic running torque may need to be considered, please contact Velan Applications Engineering for assistance.

(5) BTO: Break-to-open (6) ETC: End-to-close

AIR AND ELECTRIC ACTUATORS

Velan supplies high quality actuators for pneumatically, electrically and hydraulically operated butterfly valves. All actuators are totally enclosed. All moving parts are permanently lubricated. Actuators can be installed in the field although it is preferable that they be installed and tested in the factory.

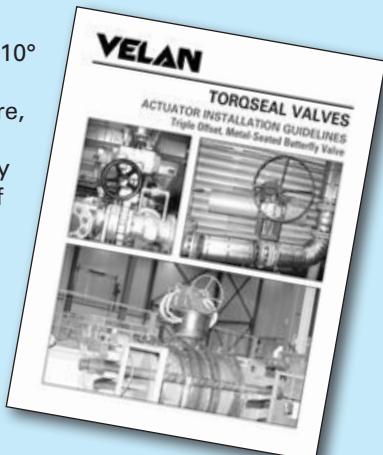


ACTUATION GUIDELINES

A Velan triple-offset butterfly valve is torque-seated and, therefore, there is no mechanical stop in the valves "closed position". Unlike most quarter-turn valves, the valve seat becomes the "mechanical stop" and, therefore, it is vital that care be taken in setting the actuator stops.

Also, the Torqseal® Valve requires 8° to 10° over-travel for tight shutoff and, therefore, couplings must be machined for the key slot with an offset of 8° to 10° to closed position.

For complete details please refer to BF-AIG-08.



OPTIONS

STEM EXTENSIONS

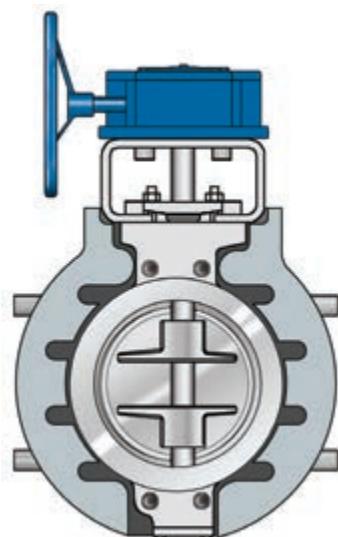
Torqseal® valves are available with stem extension for buried service applications among others.

Chain wheel operators are also available.



STEAM JACKETS

Steam jackets are also available for Torqseal® valves in both the bolt-on and weld on design. Torqseal® valves with steam jackets are an ideal choice for applications where the media tends to crystallize when cooled down, such as sulphur and other applications.



SPECIAL CLEANING

Special cleaning (oxygen, chlorine, etc.) available on all Torqseal® valves.

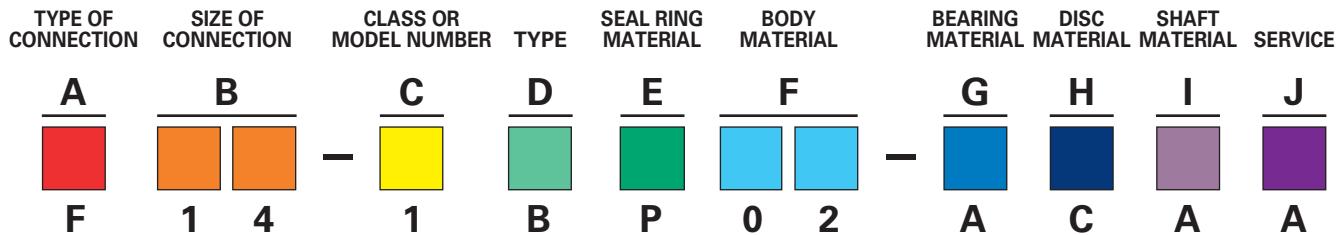
Please consult the factory for further information.



HOW TO ORDER TORQSEAL® VALVES

GENERAL INFORMATION ON HOW TO ORDER:

- The figure numbers shown on this brochure are designed to cover essential features on Velan valves.
- Please use figure numbers to ensure prompt and accurate processing of your order.
- A detailed description must accompany any special orders.



Example: Flanged B16.5, NPS 6 (DN 150), class 300, short pattern, butterfly valve, with Duplex & Graphite seal ring and a carbon steel body with stainless steel trim for standard service

A TYPE OF CONNECTION			
B - Butt weld	L - Lug	R - Flanged ring joint	
D - DIN flanged	M - Lug (series B)	U - Undrilled flanges	
F - Flanged B16.5	P - Flanged (B16.47 series B) API 605	W - Wafer	
B SIZE OF CONNECTION			
Customers have the choice of specifying valve size as part of the valve figure number (B) using the numbers below, or indicating valve size separately. Sizes shown in NPS (DN).			
EXAMPLES:			
F14-1BP02-ACAA (valve size is part of figure number)			
NPS 6 F-1BP02-ACAA (valve size is shown separately)			
10 - 3 (80)	20 - 16 (400)	30 - 30 (750)	60 - 60 (1500)
12 - 4 (100)	21 - 18 (450)	36 - 36 (900)	64 - 64 (1600)
14 - 6 (150)	22 - 20 (500)	40 - 40 (1000)	66 - 66 (1650)
15 - 8 (200)	23 - 22 (550)	42 - 42 (1050)	72 - 72 (1800)
16 - 10 (250)	24 - 24 (600)	48 - 48 (1200)	80 - 80 (2000)
18 - 12 (300)	26 - 26 (650)	54 - 54 (1350)	
19 - 14 (350)	28 - 28 (700)	56 - 56 (1400)	
C CLASS			
0 - 150	1 - 300	2 - 600	7 - 900
D TYPE			
A - Long pattern API 609, ASME B16.10	C - Lug, wafer API 609		
B - Short pattern API 609, ISO 5752	D - Butt weld, Velan standard		
E SEAL RING MATERIAL			
A - S/S 316 & Graphite	F - Hastelloy & PTFE	P - Duplex & Graphite	
B - S/S 410 & Graphite	G - S/S 316 (solid) ⁽¹⁾	T - Titanium ⁽¹⁾ & Graphite	
C - Monel & Graphite	K - Inconel (solid) ⁽¹⁾	Q - Duplex & PTFE	
D - Alloy 20 & Graphite	L - XM19 Nitronic 50 (solid) ⁽¹⁾		
E - Inconel & Graphite	M - Same as stem (solid) ⁽¹⁾		

- (1) Contact Velan for wear resistant treatment options.
 (2) Not suitable for temperatures above 1000°F (538°C).
 (3) Must specify grade.
 (4) Not suitable for temperatures above 600°F (316°C).
 (5) NACE service valves are supplied with all materials conforming to NACE MRO103. (Including bolting with max. hardness of RC22). For compliance to NACE MRO175/ISO 15156 consult Engineering.

F BODY MATERIAL			
02 - A105, WCB	14 - S/S F316L, CF3M	23 - Alloy 20 (CN7M)	
04 - CHR, MOLY F5, C5	19 - Monel M35	31 - LCC	
09 - CHR, MOLY F9, C12	20 - Inconel 625	32 - S/S F51, 4A, CD3MN	
13 - S/S F316, CF8M ⁽²⁾	21 - Hastelloy C	40 - Titanium Gr. 2/Gr. 3	
G BEARING MATERIAL			
A - S/S Nitrided	E - Monel ⁽³⁾	J - CoCr alloy	
B - XM19, (Nitronic 50)	F - Inconel ⁽³⁾	L - Nitronic 60	
C - CS Nitrided	G - Hastelloy	T - Titanium ⁽³⁾	
D - S/S chrome plated	H - Alloy 20		
H DISC MATERIAL			
A - Same as body - plated	E - Monel	H - Alloy 20	
B - Same as body - not plated	F - Inconel ⁽³⁾	J - CoCr alloy	
C - S/S 316, CF8M	G - Hastelloy		
I SHAFT MATERIAL			
A - S/S 410	F - Inconel ⁽³⁾	P - Duplex ⁽³⁾	
C - XM19 (Nitronic 50)	G - Hastelloy C	T - Titanium ⁽³⁾	
D - S/S 630 ⁽⁴⁾	H - Alloy 20		
E - Monel K500	J - 660		
J SERVICE			
A - Standard	H - Cryogenic		
B - Block & bleed (tandem)	I - NACE ⁽⁵⁾ sour gas		
C - Cryogenic	T - Double packed with leak-off		
G - Oxygen			

Note: PN is provided for reference purposes only, based on API 600/ISO 10434 2006 edition.

Class	150	300	600	900
PN	20	50	110	150
Note: CoCr alloy as used throughout this catalog refers to cobalt chrome hardfacing alloys as supplied by Deloro Stellite, a Kennametal Company, and other approved manufacturers.				

ANEXO 9 – ORÇAMENTO TUBULAÇÃO

TIGRE



LISTA GERAL DE PRODUTOS E PREÇOS LÍQUIDOS

VIGÊNCIA : ATÉ 30 DE NOVEMBRO DE 2013

Cliente :

Executivo de Conta :

Referência :

Local de entrega :

Condição de pagamento em dias : 30

CD : Joinville - Rio Claro - ICMS a calcular >

17

DIGITE AS QUANTIDADES DOS PRODUTOS DESEJADOS NA COLUNA DA COR VERDE E EM SEGUIDA CLIQUE SOBRE A PALAVRA RESUMO A DIREITA, PARA VISUALIZAR E IMPRIMIR O SEU ORÇAMENTO

Quantidade mínima para produção

RESUMO

Produto	Descrição	Predominancia	Linha de Produtos	Lote Mínimo	Quantidade	UN	% IPI	P Líq S/IPI	P Líq C/IPI
11212751	TUBO COLETOR JEI DN250	INFRA	COLETOR ESGOTO	0	18	PC	0	422.810	422.810

27/11/2013 17:24

Valor total com IPI e ICMS inclusos em R\$..... 7.610,58

ATENÇÃO !

PREÇOS VÁLIDOS PARA FATURAMENTOS QUE OCORREREM ATÉ O DIA 30/11/2013.

PARA ESTADOS: AM, AC, RR, RO e AP: SOLICITAR PREÇOS PARA NOSSA EQ. DE ATENDIMENTO.

O VALOR MÍNIMO PARA FATURAMENTO É DE R\$ 500,00 (QUINHENTOS REAIS)

LOTE MÍNIMO PARA FABRICAÇÃO: CONSULTAR A COLUNA "E" ACIMA – QUANTIDADE MÍNIMA DE PRODUÇÃO.

CONDICÃO PAGAMENTO, LOCAL ENTREGA (CIE): CONFORME DEFINIDO NO CABEÇALHO DESTA PLANilha

PRAZO DE ENTREGA: À COMBINAR, EM FUNÇÃO DAS QUANTIDADES À SEREM CONFIRMADAS, POR V. Sos.

Dependendo das quantidades solicitadas, os preços acima, estarão sujeitos a confirmação.

A assinatura e/ou recebimento do contrato ou da autorização para fornecimento, fica condicionada aprovação de crédito e a inexistência de débitos vencidos junto à TIGRE, a mais de 30 (trinta) dias.