



BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDRÉ DA SILVA MENDES

**USO DE GABIÕES EM RECUPERAÇÕES DE ESTRUTURAS HIDRÁULICAS E
SUA ALTERNATIVA AO CONCRETO ARMADO**

CARAGUATATUBA

2022

ANDRÉ DA SILVA MENDES

**USO DE GABIÕES EM RECUPERAÇÕES DE ESTRUTURAS HIDRÁULICAS E
SUA ALTERNATIVA AO CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC),
apresentado ao Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia, Câmpus Caraguatatuba
como exigência para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Vassiliki Terezinha
Galvão Boulomytis

Coorientador: Eng. Esp. Sílvio Luiz Giudice

CARAGUATATUBA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Serviço de Biblioteca e Documentação do IFSP Câmpus Caraguatatuba

M538u Mendes, André da Silva
Uso de gabiões em recuperações de estruturas hidráulicas e sua alternativa ao concreto armado. / André da Silva Mendes. -- Caraguatatuba, 2022.
43 f. : il.

Orientadores: Profa. Dra. Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis e Eng. Esp. Sílvio Luiz Giudice.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -- Instituto Federal de São Paulo, Caraguatatuba, 2022.

1. Engenharia Civil. 2. Recuperação de barragens. 3. Viabilidade técnica. 4. Viabilidade econômica. I. Boulomytis, Vassiliki Terezinha Galvão, orient. II. Giudice, Sílvio Luiz, coorient. III. Instituto Federal de São Paulo. IV. Título.

CDD: 624

ATA N.º 3/2022 - CENG-CAR/DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **USO DE GABIÕES EM RECUPERAÇÕES DE ESTRUTURAS HIDRÁULICAS E SUA ALTERNATIVA AO CONCRETO ARMADO** apresentado(a) pelo(a) aluno(a) **ANDRÉ DA SILVA MENDES (CG1700863)** do Curso **BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL (Câmpus Caraguatatuba)**. O trabalho foram iniciados às 16h09min (dezesseis horas e nove minutos) pelo(a) Professor(a) presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

Membros	IES	Presença (Sim/Não)	Aprovação/Conceito (Quando Exigido)
Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis (Orientadora)	IFSP CAR	SIM	Aprovado
Adriana Marques (Examinadora interna)	IFSP SP	SIM	Aprovado
Silvio Luiz Giudice (Coorientador/ Examinador externo)	DAEE	SIM	Aprovado
Ruan Larisson Toninatto Vilela (Examinador interno)	IFSP CAR	SIM	Aprovado

Observações:

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo(a) aluno(a), tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado(a) Reprovado(a)

A banca solicitou que algumas correções fossem feitas antes da entrega do manuscrito final à biblioteca. Proclamados os resultados pela presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos às 17h20min (dezessete horas e vinte minutos). Para constar, eu lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Caraguatatuba, 18 de fevereiro de 2022

(Assinado Eletronicamente)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO**, em 22/02/2022 13:35:46.
- **Adriana Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO**, em 22/02/2022 14:30:46.
- **Ruan Larisson Toninatto Vilela, PROF ENS BAS TEC TECNOLÓGICO-SUBSTITUTO**, em 22/02/2022 14:45:42.
- **Andre da Silva Mendes, CG1700863 - Discente**, em 22/02/2022 15:04:05.
- **Silvio Luiz Giudice, 04016226813 - Pessoa Externa**, em 22/02/2022 15:28:31.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/02/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 300952
Código de Autenticação: e43b25784c



Dedico este trabalho aos meus pais, por sempre me apoiarem, em meus melhores e piores momentos.

Aos meus avós, que sempre foram e serão meus guias de como ser um ser humano.

Aos meus amigos, que mesmo distantes mantiveram contato, auxiliando-me e estando junto a mim em todas as piores situações que já vivi.

Aos meus colegas de trabalho, pois sem eles, não teria condições e conhecimento suficientes para executar este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao IFSP Campus Caraguatatuba, por me fornecer espaço e oportunidades para crescer como pessoa e profissional, ao DAEE, por me fornecer suporte ao longo de todo o estudo, ampliando ainda mais meu conhecimento.

Agradeço também à Maccaferri, por me auxiliar neste trabalho, fornecendo-me material para estudo, sanando eventuais dúvidas a respeito de seus produtos e serviços. Ao meu colega de colegial, Victor Vinci Fantucci, que me auxiliou com a análise de dados e tratamento para geração de gráficos e imagens com suporte de linguagens de programação.

Por fim, agradeço novamente aos meus pais e colegas de trabalho, que além de me ensinarem e me apoiarem nesta jornada, sempre me suportaram para que eu pudesse alçar voos cada dia mais altos e mais longos.

*“Se cheguei até aqui foi porque me apoiei
no ombro dos gigantes.”*

(Isaac Newton)

RESUMO

No setor de hidráulica de rios e hidrologia, as obras constituem-se, preponderantemente, de duas tecnologias construtivas, concreto armado e gabião. Dentre estes métodos há constante discussão entre os profissionais a respeito de qual é o mais adequado para aplicação em cada tipo de projeto a ser executado. Este trabalho apresenta uma análise comparativa entre o uso de gabião e concreto armado perante características de custo e tempo de execução, e complexidade, bem como de manutenção, dentro dos padrões de trabalho no Brasil. Para isso, foram utilizadas bases orçamentárias e composições de custos utilizadas em licitações públicas. Tais pesquisas indicam variações da ordem de 35% a 90% se comparadas entre métodos construtivos, além de uma grande diferença em tempo de execução, na ordem de 4 h mais lenta para execução de estruturas de concreto. Por fim, um estudo de caso a respeito da recuperação de um barramento em Bragança Paulista, no interior do Estado de São Paulo, Brasil, usando gabiões para o método construtivo.

Palavras-chaves: Recuperação de barragens, viabilidade técnica, viabilidade econômica.

ABSTRACT

In the river hydraulics and hydrology sector, the works are predominantly made up of two construction technologies, reinforced concrete and gabion. Regarding these methods, there is constant discussion among professionals about which is the most suitable for application in each type of project to be developed. This study presents a comparative analysis between the use of gabion and reinforced concrete considering the characteristics of implementation cost & time and complexity within the work standards in Brazil. For this, budget bases and cost compositions used in public estimations were used. Such research indicates variations of the order of 35% to 90% if compared between construction methods, in addition to a large difference in execution time, in the order of 4 hours slower for the execution of concrete structures. Finally, a case study about the recovery of a dam in Bragança Paulista, in the countryside of the State of São Paulo, Brazil, using gabions for the constructive method.

Keywords: Dam recovery, technical feasibility, economic feasibility.

REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Introdução

Desde a antiguidade, os seres humanos apresentam engenhosas maneiras de convivência em ambientes naturais propícios para a manutenção da vida, geralmente próximos de corpos d'água, mas isso também implica em solucionar problemas cujas causas naturais afetam a vida humana; para isso, foram desenvolvidas diversas estruturas para manutenção do ambiente, de modo a aprimorar as regiões ocupadas, buscando a diminuição do risco de acidentes por causas naturais. Neste contexto, foram desenvolvidos diversos métodos construtivos para diferentes soluções aplicadas amplamente ao longo dos séculos, sendo os mais utilizados em obras de contenções de margens, canalizações e demais obras hidráulicas, o gabião e o concreto.

Por definição, gabião, trata-se uma caixa de tela preenchida com rochas organizadas internamente, que gera uma estrutura resistente por forma e peso, amplamente utilizado para contenções de erosões, muros de arrimo por gravidade, canalizações, e diversos outros usos fora da engenharia hidráulica; possui mais de 4000 anos de história, como citado por Fracassi (2017), tendo indícios de sua utilização em contenções realizadas na antiga cidade de Caral, no vale do rio Supe, ao norte de Lima, no Peru, com datação de 2627 a.C., sendo inicialmente elaborados como cestas trançadas de fibra vegetal, em época contemporânea à civilização egípcia, coincidente com datações de menções do uso de gabião com manufatura similar às do rio Supe, desta vez presentes no alto rio Nilo. A diferença se encontra no material de fabricação e preenchimento, pois os egípcios utilizavam cestos de vime preenchidos com cascalhos, ao invés de rochas de maior dimensão em cestos trançados, como a civilização sul-americana. Embora ambos obtenham o mesmo princípio e função, ou seja, uma estrutura de elevado peso que suporte pressões aplicadas sobre ele, como afirma Fracassi (2017).

Fracassi (2017) também cita a presença de registros do uso de gabiões em obras europeias datadas da idade média e renascença. O gabião metálico, produzido com malha trançada de fios de aço, foi desenvolvido na Itália, por uma empresa local denominada Maccaferri Raffaele – Officina da Fabbro, sendo contratada para a execução da maior obra utilizando gabiões até a época, uma recuperação da margem esquerda do rio Reno, em Casalecchio, próximo à Bolonha, ao norte do país.

O concreto, em contrapartida, indica uma utilização majoritária das civilizações greco-romanas apresentando-se em alguns pontos nas pirâmides egípcias, de modo muito básico, apenas como material ligante entre dois elementos maiores.

O concreto romano, com aplicações de misturas de areia, materiais aglomerantes, principalmente a cal, e adição de outros elementos, como sangue animal, crinas de cavalos e outras adições. Já o concreto de cimento Portland, atualmente utilizado, assim como o gabião, teve seu desenvolvimento mais recentemente, ou seja, apenas em 1756, com John Smeaton.

Ambos os sistemas apresentam suas origens em tempos tão distantes que registros se tornam difíceis de encontrar, mas ambos ainda surpreendem diversos profissionais até a atualidade, devido à sua constante evolução, aprimoramento e versatilidade.

1.2 Gabião

O gabião atualmente apresenta uma ampla versatilidade, com formatos pré-definidos, proporcionando atualmente no mercado 3 variações, todas amplamente utilizadas em diversas áreas, sendo as formas:

- Gabião tipo caixa - é a forma com maior facilidade de se encontrar, principalmente utilizado em contenções de encostas, canalizações de rios, proteção de margens e muros de arrimo. Atua estruturalmente por gravidade e possui fácil instalação, requerendo apenas maior cuidado durante seu preenchimento e costura (Figura 1). Sua montagem é indicada em poucos passos por meio do preparo de uma estrutura de gabiões do tipo caixa, com volumes em escalas métricas, podendo ter seções de 1,0 m ou 1,5 m de largura, por 0,5 m ou 1,0 m de altura, sendo que seu comprimento pode variar de 2,0 m a 6,0 m, dependendo do tipo de caixa necessária para a obra.



Figura 1 - Gabiões tipo caixa sendo instalados nas margens do rio Pinheiros, na cidade de São Paulo.

Fonte: Autor.

- Gabião tipo colchão (ou reno) – este modelo apresenta uma característica mais aprimorada para o preenchimento e recobrimento de grandes áreas, podendo ser utilizado na forma dobrada (Figura 2). Apresenta áreas de recobrimento amplas, devido à sua montagem por meio de dobra de malha comercializada em rolos. Este gabião apresenta uma espessura média de 17 cm a 23 cm e é vendido em rolos de 4,5 m de largura e 50 m de comprimento, sendo indicadas dobras para a estruturação para cada m.



Figura 2 - Caixa de dissipação de energia de adutora realizada em gabiões tipo caixa e colchão. Fonte: Giudice et al. (2015).

- Gabião tipo Saco – formados a partir de um único painel de malha, costurado na obra de modo divergente ao gabião tipo colchão, o gabião tipo saco é utilizado para operações em leitos ou áreas molhadas sem possibilidade de execução de ensecadeiras, pois pode ser montado na margem e içado por uma escavadeira, sendo posicionado após seu enchimento, já no leito submerso (Figura 3). É também utilizado como material de lastro em leitos de rios caudalosos, pois ao lançar os elementos de preenchimento sem nenhuma guia para segurá-los geraria um enorme desperdício de rachão.



Figura 3 - Gabiões tipo saco assentados no leito do rio.

Fonte: Maccaferri do Brasil (2022)

Os gabhões são constituídos por diferentes índices de vazios, variando com a qualidade de arrumação de preenchimento. Deste modo, eles possuem “vazios” onde alguns tipos de vegetações podem crescer em seu interior, gerando a denominada estaca viva, com gabhões vegetados, e maior adesão do solo aterrado atrás da contenção executada. Essa característica preocupa os engenheiros no caso de obras em leitos naturais devido ao constante assoreamento. Já em rios canalizados há possibilidade de sedimentação, de modo que o sedimento colmata as principalmente as laterias das caixas, alterando a permeabilidade e demais propriedades físicas.

Para isso, a Maccaferri do Brasil, juntamente com o DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo), desenvolveram uma metodologia de limpeza de canais revestidos com gabhões, utilizando escavadeiras com conchas modificadas (preferencialmente não dentadas) para a limpeza e posterior lavagem (MENDES et al., 2021). Entretanto, há a possibilidade de se soldar uma chapa metálica nos dentes da concha dentada, equipamento padrão instalado na escavadeira, onde os gabhões podem ser limpos sem o receio de que os dentes da escavadeira venham danificar a malha durante o processo de limpeza.



Figura 4 - Concha lisa, ideal para o procedimento de limpeza de gabiões.

Fonte: Mendes et al. (2017)



Figura 5 - Concha adaptada para o procedimento de limpeza de gabiões.

Fonte: Mendes et al. (2017)

Outra característica gerada pelo gabião é seu coeficiente de rugosidade elevado, variando entre 0,018 e 0,035. Isso influencia os cálculos hidráulicos, afetando diretamente a velocidade de escoamento e, conseqüentemente, a vazão no canal revestido com gabiões.

1.3 Concreto

O concreto, diferentemente de gabiões, exige a presença de complexas formas e projetos de armação, áreas abertas e secas para sua aplicação e tempo de cura, embora seja o método construtivo mais conhecido fora do contexto de obras hidráulicas e engenharia civil.

Sendo amplamente utilizado em galerias de drenagem, escadas hidráulicas e componentes de operação e segurança de barramentos, se analisada sua aplicação na área de engenharia hidráulica, hidrologia e barragens.

Afora isso, a facilidade de fornecimento de material, cobertura de área e utilização de estruturas mais esbeltas e complexas são possíveis de se construir com concreto armado. Outro fator importante é a variação de resistências possíveis de se atingir com o uso de concreto, com variações de traço, que podem ser diversificadas e tornam o concreto singular possibilitando diferentes obras.

Em relação à limpeza, o concreto apresenta maior facilidade, mas com precauções, pois escavadeiras de concha dentada podem ser utilizadas com o cuidado do operador em não exercer muita pressão sobre o concreto, de modo a danificar a superfície do recobrimento, e até vir expor as armaduras, exigindo posterior recuperação da área danificada.

Sua superfície apresenta coeficiente de rugosidade variável de acordo com a ferramenta utilizada para dar acabamento à superfície, atingindo valores entre 0,011 e 0,020, se apresentando muito mais liso que o gabião, propiciando assim o aumento da velocidade de escoamento e conseqüentemente da vazão, o que poderá gerar futura preocupação no dimensionamento hidráulico, devido ao valor máximo de velocidades admissíveis pelos critérios e normas técnicas, onde, eventualmente, poderá ser necessária a implantação de um dispositivo hidráulico para dissipação de energia.

METODOLOGIA

Para a comparação entre as duas tecnologias, foram utilizadas três metodologias de análise, perante dois diferentes fatores, a primeira sendo comparativa relativa ao custo, inicialmente consultando composições de preços fornecidas publicamente, sendo que a escolha para o estudo foi a base fornecida pela Secretaria de Infraestrutura Urbana de São Paulo (SIURB), fornecida pela prefeitura eletronicamente.

Esta planilha foi escolhida por ser utilizada amplamente em diversos orçamentos, apresentando resultados e qualidade confiáveis, além de ampla área de estudo, sendo dividida em infraestrutura e construções prediais. Para o estudo foi consultada a planilha de infraestrutura, com data base de julho de 2021, sendo a mais recente disponível até o momento.

Na tabela de composições, foram consultadas as composições para todos os elementos construtivos relacionados aos gabiões e ao concreto armado. Para gabiões, os preços foram reajustados, com a criação de fatores de reajuste utilizando as dimensões dos elementos de custo (R\$/m²) de modo a corresponderem a custo (R\$/m³), devido ao item de colchão tipo reno ser orçado em m², sendo que para isso o preço foi convertido para m³. Já em relação ao concreto armado, por exigir composições mais complexas, devido ao uso do aço, foram executadas análises a respeito da taxa de massa de aço em 1 m³ de concreto (kg/m³), além da utilização das diferentes resistências. Para isso foram criados 6 tipos de parâmetros, utilizando as taxas máximas e mínimas de aço para os 3 tipos de aço disponíveis nas composições, onde deste modo as análises apresentam parâmetros suficientes com preços de execução de ambos os métodos construtivos na base de R\$/m³, podendo ser comparáveis interna e externamente perante ambos métodos construtivos.

O segundo parâmetro de análise foi perante o tempo de execução de cada método construtivo, baseado no maior tempo utilizado entre as sub-categorias de cada método construtivo, deste modo, as composições foram estudadas baseando seu tempo em h/m³ executado, gerando uma simples comparação.

Ao final, uma seção típica de uma canalização foi projetada para cada método construtivo utilizando os mesmos parâmetros de vazão, lâmina d'água, declividade e borda livre, após isso, foram gerados levantamentos orçamentários baseados nas mesmas planilhas orçamentárias utilizadas nos outros estudos, e foi criado um custo por m executado de seção.

ESTUDO COMPARATIVO

Durante a análise dos elementos de gabião, foram coletados os dados presentes na Tabela 1, antes de ser modificada nos elementos do tipo colchão reno, cuja modificação se encontra na Tabela 2.

Tabela 1 - Elementos do tipo gabião presentes na tabela de preços unitários fornecida pela SIURB (data base de julho de 2021).

código	descrição	unidade	custo unit (R\$)
07-23-00	fornecimento e colocação de gabião tipo caixa, h = 0,50 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado, de fio $\phi = 2,7$ mm	m ³	979,42
07-24-00	fornecimento e colocação de gabião tipo caixa, h = 1,00 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado, de fio $\phi = 2,7$ mm	m ³	755,99
07-25-00	fornecimento e colocação de gabião tipo caixa, h = 0,50 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado e revestido em PVC, de fio $\phi = 2,4$ mm	m ³	926,53
07-26-00	fornecimento e colocação de gabião tipo caixa, h = 1,00 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado e revestido em PVC, de fio $\phi = 2,4$ mm	m ³	790,66
07-30-00	fornecimento e colocação de gabião tipo colchão reno, h = 0,17 m, de malha 6 x 8 cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,0$ mm	m ²	262,05
07-31-00	fornecimento e colocação de gabião tipo colchão reno, h = 0,23 m, de malha 6 x 8 cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,0$ mm	m ²	297,38
07-32-00	fornecimento e colocação de gabião tipo colchão reno, h = 0,30 m, de malha 6 x 8 cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,0$ mm	m ²	314,55
07-34-00	fornecimento e colocação de gabião tipo saco, d = 0,65 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,4$ mm	m ³	749,83

Fonte: SIURB (2021)

Os gabiões não revestidos (itens 07-23-00 e 07-24-00) foram desconsiderados nesta análise, pois não podem ser utilizados em obras hidráulicas, devido à sua falta de resistência à elementos agressivos que podem estar presentes na água.

Para a execução da Tabela 2, os dados de colchão reno foram modificados segundo a Equação 1:

$$\text{custo}(\text{R}\$/\text{m}^3) = \frac{\text{custo unitário}(\text{R}\$/\text{m}^2)}{h} \quad (\text{Eq.1})$$

Sendo:

h - espessura do colchão reno em m;

custo unitário (m²) - custo unitário de elementos com valor relativo à área (m²).

Tabela 2 - custos calculados segundo a TPU fornecida pela SIURB (data base de julho de 2021) para custo do gabião (R\$/m³).

código	descrição	unidade	custo unit (R\$)
07-25-00	fornecimento e colocação de gabião tipo caixa, h = 0,50 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado e revestido em PVC, de fio $\phi = 2,4$ mm	m ³	926,53
07-26-00	fornecimento e colocação de gabião tipo caixa, h = 1,00 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado e revestido em PVC, de fio $\phi = 2,4$ mm	m ³	790,66
07-30-00	fornecimento e colocação de gabião tipo colchão reno, h = 0,17 m, de malha 6 x 8 cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,0$ mm	m ³	1.541,47
07-31-00	fornecimento e colocação de gabião tipo colchão reno, h = 0,23 m, de malha 6 x 8 cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,0$ mm	m ³	1.292,96
07-32-00	fornecimento e colocação de gabião tipo colchão reno, h = 0,30m, de malha 6 x 8 cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,0$ mm	m ³	1.048,50
07-34-00	fornecimento e colocação de gabião tipo saco, d = 0,65 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,4$ mm	m ³	749,83

Fonte: Adaptado de SIURB (2021)

A seguir apresenta-se o gráfico gerado a partir dos valores de altura do elemento contrutivo original do gabião em questão, com custos por m³ executado. Deste modo, por haver diferentes tipos de gabiões analisados, foi gerada a Figura 6 como nuvem de pontos, que define os valores baseados em sua forma original, apenas com custos por m³.

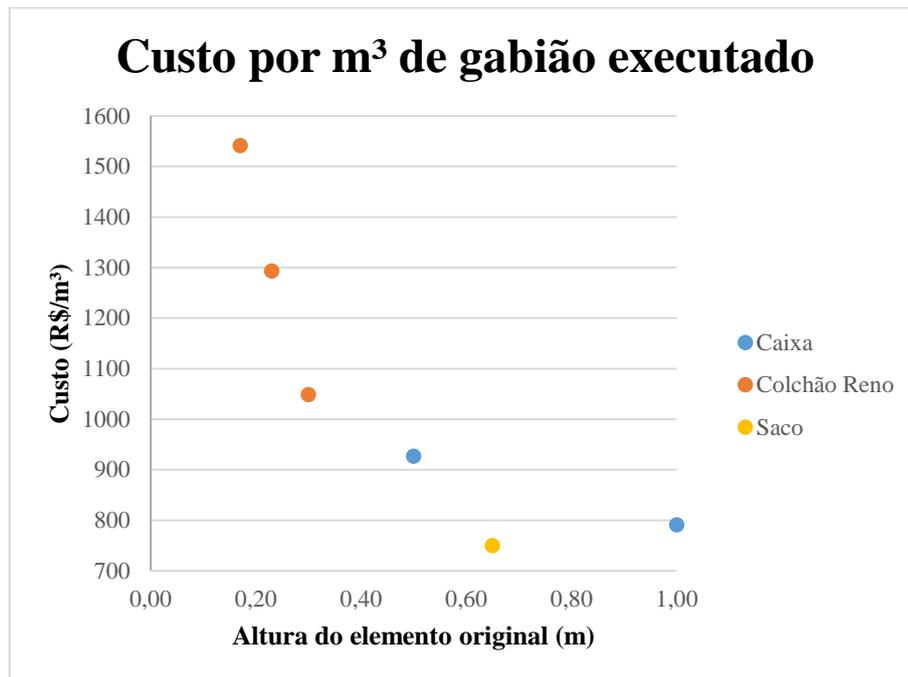


Figura 6 - Custo de diferentes tipos de Gabião (R\$/m³).

Fonte: Autor.

A Tabela 3 apresenta os dados utilizados para a análise realizada para o método construtivo de concreto armado:

Tabela 3 - Elementos utilizados para execução de estruturas em concreto armado presentes na tabela de preços unitários fornecida pela SIURB (data base de julho de 2021)

código	descrição	unidade	custo unit r\$
07-09-00	fornecimento e aplicação de aço CA - 50 - diâmetro < 1/2"	kg	13,87
07-10-00	fornecimento e aplicação de aço CA - 50 - diâmetro > ou = 1/2"	kg	13,80
07-11-00	fornecimento e aplicação de aço CA - 60	kg	16,27
07-12-00	fornecimento e aplicação de tela de aço	kg	13,18
07-13-00	fornecimento e aplicação de concreto usinado fck=10 MPa	m ³	385,61
07-14-00	fornecimento e aplicação de concreto usinado fck=15,0 MPa	m ³	398,36
07-15-00	fornecimento e aplicação de concreto usinado fck=20,0 MPa	m ³	411,62
07-16-00	fornecimento e aplicação de concreto usinado fck=25 MPa	m ³	425,40
07-17-00	fornecimento e aplicação de concreto usinado fck=30,0 MPa	m ³	439,72

Fonte: SIURB (2021)

A utilização de aço do tipo CA - 60 foi desconsiderada, por ter menor uso em operações de recuperação de obras hidráulicas. Devido às diversas possibilidades geradas por diferentes combinações, foram realizadas 30 combinações, utilizando-se duas combinações para cada tipo de aço com resistência característica de concreto usinado. Para as combinações, foram utilizados os valores máximo e mínimo de massa de aço por volume de concreto (kg/m³) referente ao pré-dimensionamentos de estruturas de concreto armado.

Tais valores utilizados foram 80 kg/m³ e 120 kg/m³ respectivamente. Isso gerou um total de 30 combinações diferentes variando entre aço utilizado (separado por diâmetros e malhas), consumo de aço por volume de concreto (kg/m³) e resistência do concreto (Tabela 4).

Tabela 4 - Custo de concreto armado em cada combinação possível.

combinação	aço utilizado (diâmetro)	resistência à compressão (MPa)	massa de aço (kg/m ³)	custo (R\$/m ³)
1	< 1/2"	10	80	1495,21
2			120	2050,01
3		15	80	1507,96
4			120	2062,76
5		20	80	1521,22
6			120	2076,02
7		25	80	1535,00
8			120	2089,80
9		30	80	1549,32
10			120	2104,12
11	≥1/2"	10	80	1489,61
12			120	2041,61
13		15	80	1502,36
14			120	2054,36
15		20	80	1515,62
16			120	2067,62
17		25	80	1529,40
18			120	2081,40
19		30	80	1543,72
20			120	2095,72
21	tela de aço	10	80	1440,01
22			120	1967,21
23		15	80	1452,76
24			120	1979,96
25		20	80	1466,02
26			120	1993,22
27		25	80	1479,80
28			120	20070
29		30	80	1494,12
30			120	2021,32

Fonte: Adaptado de SIURB (2021).

Com estes dados, foi gerado o Figura 7, filtrando os elementos por tipo de aço e consumo de aço por m³ de concreto, e indicando o aumento de custo conforme o aumento de resistência da argamassa de concreto.

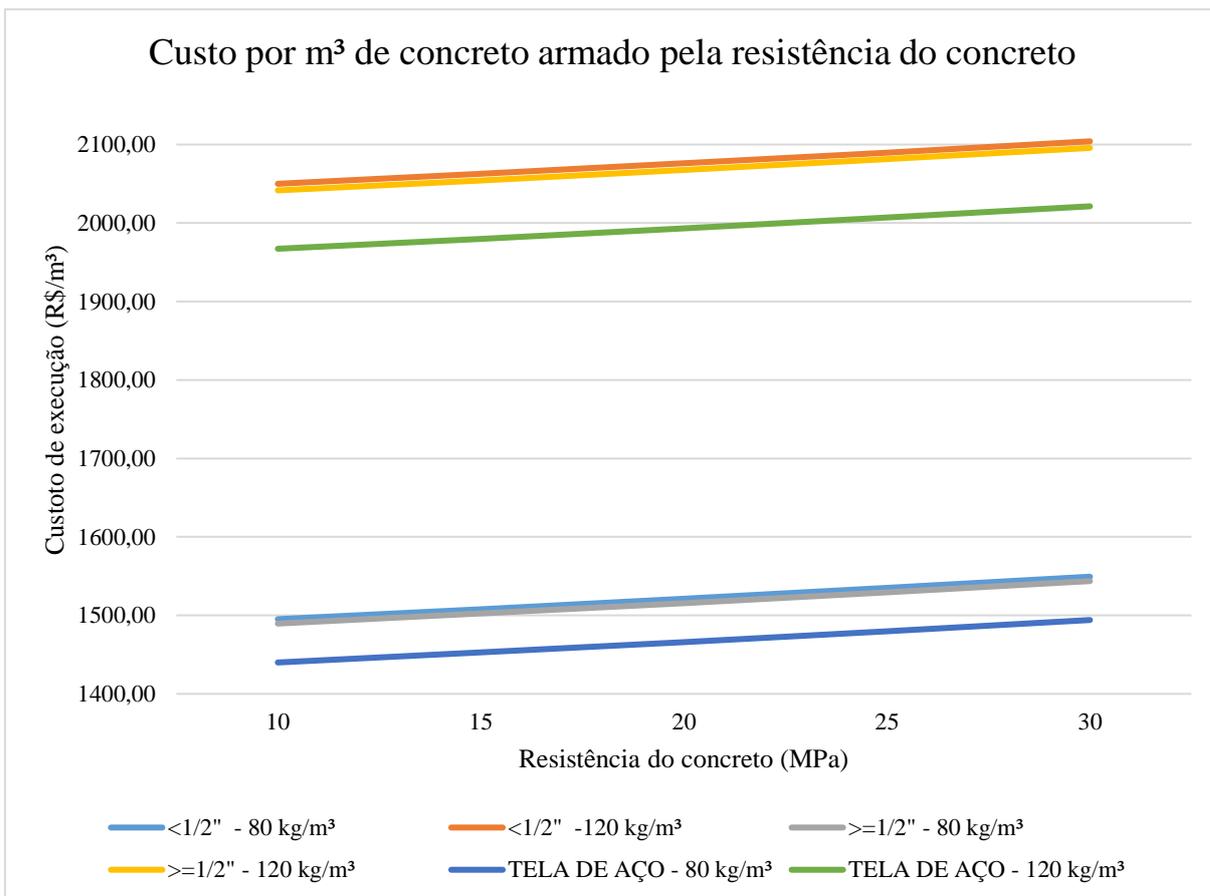


Figura 7 - Evolução de custo de acordo com aumento da resistência do concreto.

Com posterior análise, é possível notar uma variação de valores no custo por m³ dos elementos de gabião variando entre R\$ 749,83 a R\$ 1541,47. Enquanto os elementos em concreto armado apresentam um custo variando de R\$ 1440,01, com uso da combinação número 21, que utiliza malha de aço com consumo de 80 kg/m³ e concreto fck = 10 MPa, até um valor de R\$ 2104,12, proveniente da combinação número 10, que utiliza diâmetros de aço inferiores a 1/2", com um consumo de 120 kg/m³ de concreto e argamassa com fck = 30 MPa. Nota-se que o gabião apresenta valor reduzido em comparação ao concreto armado em quase todos os seus aspectos, contabilizando um aumento de cerca de 106% sobre os valores de base de modo a atingir o valor de topo dentro da categoria gabiões, e aumento de aproximadamente 46% dentre as possíveis combinações para concreto armado.

Analisando-se os valores entre os diferentes métodos construtivos, seus valores inferiores chegam a uma diferença de cerca de 92%, quase dobrando o valor do gabião para a execução

de concreto armado, enquanto seus valores superiores apresentam uma diferença de mais de 36% em relação ao valor de teto para gabiões.

Esta análise apresenta uma utilização de gabiões do tipo colchão reno com custo modificado para ser equilibrado para um valor volumétrico, porém, na realidade, tal serviço é fornecido por área, implicando em uma redução dos valores para análise. Caso a análise seja feita com valores por m³ bruto, excluindo-se o uso de gabiões do tipo colchão reno, essa diferença nos valores superiores se acentua, atingindo valores na ordem de 115 %, praticamente dobrando o valor se considerarmos o custo do elemento estrutural em concreto com maior custo em relação ao elemento de maior custo utilizando gabiões.

Outro fator analisado foi a produtividade de operação, desta vez, utilizando-se os mesmos itens e comparando a produtividade horária, apresentada nas composições indicadas na Tabela A1 aonde para a realização de 1 m³ de gabião tipo caixa, apresenta uma produtividade média de 1 m³ a cada 4,5 h, com a utilização de um servente para encher uma gaiola com 1,3m³ de rachão entregues a ele por uma escavadeira. Para gabiões do tipo saco, essa produtividade aumenta para 1 m³ a cada 3,5 h, sendo, ainda assim, valores elevados, que são reduzidos para acelerar a execução de obras de gabião, colocando-se diversas gaiolas para preenchimento contínuo com duplas de funcionários (serventes) trabalhando para o enchimento em conjunto; onde, ainda assim, este serviço atinge uma produtividade de no máximo 1 m³ a cada 2,5h ou 3 h, o que consiste em um serviço relativamente lento.

O concreto, por sua vez apresenta, uma produtividade de 8,4 a 11,6 h/m³ de estrutura para estruturas com taxa de aço de 80 e 120 kg/m³ respectivamente, como indicada a composição apresentada na Tabela A2, considerando os serviços de corte e dobra de ferragens, que possuem seus valores horários por kg de aço dobrado multiplicados pelas taxas de aço utilizadas no estudo de custos, totalizando cargas horárias de 6,4 h para taxas de 80 kg/m³ e 9,6 h para taxas de 120 kg/m³, sendo que nessas, soma-se 2 h utilizadas efetivamente na concretagem e acabamento. Além disso, há a necessidade de tratar o concreto após sua concretagem, cuidando de sua umidade e cura durante um período aproximado de 14 dias; sendo, deste modo, para acelerar suas obras, as construtoras concretam grandes áreas, igualmente espaçadas, criando vãos do tipo 2/3 e 1/3, onde apenas 1/3 da estrutura pode ser executado a cada momento, exigindo a cura parcial de trechos já executados, devido às suas grandes dimensões e necessidade de aplicação de juntas de dilatação. Após 7 dias, se torna possível a desforma do concreto e com isso, concreta-se o terço cuja armadura fora executada previamente, repetindo-

se a operação até a total conclusão de toda a estrutura, caso tenha a presença de grandes áreas de recobrimento.

Deste modo, devido a concretagem ser um serviço por etapas, sua aplicabilidade se torna reduzida para grandes áreas abertas, pois também há a dependência do clima, que pode atrasar significativamente a obra. Enquanto o gabião pode ser preenchido por uma equipe com uma simples tenda previamente montada nas imediações da obra, que garante maior conforto para os operários, além da continuidade e constância no executar do empreendimento.

Outro parâmetro utilizado para análise foi o dimensionamento perante uma seção típica para ambos métodos construtivos, utilizando as mesmas vazão, profundidade, declividade e borda livre, além de serem utilizados os coeficientes de rugosidade indicados pelo DAEE, que são 0,028 para gabiões e 0,018 para concreto. Os resultados encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Características de canalizações que comportam vazões de 10 m³/s para dimensionamento e orçamento.

rugosidade	vazão (m ³ /s)	prof. (m)	decl. (m/m)	folga (m)	vel. (m/s)	movimentação de terra (m ³)	base (m)
0,028	10	1,5	0,01	0,5	2,74	4,867	2,43
0,018					3,76	3,545	1,77

Fonte: Autor

Utilizando tais parâmetros, foram geradas duas seções para pré-dimensionamento, gerando um custo por m de canalização para cada metodologia construtiva, as composições se encontram na Tabela 6 a seguir:

Tabela 6 – Composições de preços unitários fornecidos para serviços de execução de canalizações me gabião e em concreto armado

código	atividade	un.	custo (R\$)	quant.	total (R\$)
07-26-00	fornecimento e colocação de gabião tipo caixa, h = 1,00 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado e revestido em PVC, de fio $\phi = 2,4$ mm	m ³	790,66	5,0	3.953,30
07-30-00	fornecimento e colocação de gabião tipo colchão reno, h = 0,17 m, de malha 6 x 8 cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,0$ mm	m ²	262,05	7,0	1.834,35
14-01-01	fundação de rachão	m ³	47,89	3,5	167,62
04-04-00	escavação mecânica para fundações e valas com profundidade menor ou igual à 4,0 m	m ³	11,05	7,0	77,35
04-08-00	reaterro compactado de fundação	m ³	12,11	2,1	25,43
04-15-00	carga e remoção de terra até a distância média de 1,0 km	m ³	11,77	4,9	57,67
				total	6.115,72
08-26-00	fornecimento e aplicação de concreto usinado fck = 20,0 mpa - bombeado	m ³	436,90	1,4	622,58
08-20-00	fornecimento e aplicação de aço CA - 50 - diâmetro menor que 1/2"	kg	13,87	171,0	2.371,77
08-44-00	junta tipo fungenband o - 22 ou similar	m	96,03	0,3	31,21
04-04-00	escavação mecânica para fundações e valas com profundidade menor ou igual à 4,0 m	m ³	11,05	12,8	140,89
04-08-00	reaterro compactado de fundação	m ³	12,11	6,4	77,20
14-01-01	fundação de rachão	m ³	47,89	2,5	119,73
08-14-01	forma comum, inclusive cimbramento	m ²	85,10	12,4	1.055,24
04-15-00	carga e remoção de terra até a distância média de 1,0 km	m ³	11,77	6,4	75,03
				total	4.493,65

Fonte: Adaptada de SIURB (2021).

Utilizando o dimensionamento horário para execução de tais metodologias, descontando tempos de abertura de vala e compactação, atinge-se os tempos de execução de 54 h, aproximadamente 7 dias de trabalho para se executar a seção em gabião, e um tempo de execução de 17 h, aproximadamente 2 dias de trabalho para a execução da estrutura.

Este ultimo estudo indica um maior custo e tempo para a execução do m de seção de gabião, vale também ressaltar que a estrutura em gabião utiliza sua característica de seção por

gravidade, utilizando um total de 12 m³ de material por m de canalização, o concreto porém, utiliza seções esbeltas, com pouca volumetria de material consumido, sendo assim, sua seção fica mais barata devido ao menor uso de material, algo na ordem de 1,5 m³.

Vale destacar que a execução de estruturas de concreto armado devem ser divididas a cada 20 m aproximadamente para execução de juntas de dilatação, além do tempo de cura do concreto, adicionando-se este tempo, para a execução de uma canalização utilizando os parâmetros supracitados, obtem-se um tempo de execução variando entre 81 semanas para gabião e 37 semanas para concreto, com a ressalva de ser somente um servente executando ambos os serviços sozinho, deste modo, ao se aplicar equipes maiores, com uma média de 4 a 6 operários trabalhando em conjunto, o tempo de execução das estruturas de gabião cai, mas o de estruturas de concreto não, devido ao tempo de cura e de concretagem, que não são alterados, devido às características do material.

Analisando todos os parametros estudados, e seus resultados, é possível gerar o Quadro 1, que compara ambas metodologias construtivas, além de suas vantagens e desvantagens.

Quadro 1 – Comparação dos métodos construtivos analisados.

gabião	concreto
execução constante, sem necessidade de pausas devido ao clima e meteorologia	execução constante, sem necessidade de pausas devido ao clima e meteorologia
execução de modo linear, sem necessidade de dividir a estrutura devido a juntas de dilatação	execução de modo não linear, precisando dividir a estrutura devido a juntas de dilatação
	tempo de execução aproximado de 8,4 h
maior consumo de material	menor consumo de material
estruturas robustas	estruturas esbeltas
não necessita de cura	necessita de cura
resistência por forma e massa	resistência por flexão
menor custo de execução por m ³	maior custo de execução por m ³
maior custo por m linear de seção	menor custo por m linear de seção

Fonte: Autor.

ESTUDO DE CASO

No mês de maio de 2019, (SABESP, 2019), publicou abertamente sua licitação de número 04.039/19 com o título “EXECUÇÃO DE OBRAS CIVIS PARA ADEQUAÇÃO DAS MARGENS DO BARRAMENTO E DESASSOREAMENTO DO LAGO DA HÍPICA JAGUARI, EM BRAGANÇA PAULISTA – UNIDADE DE NEGÓCIO NORTE – DIRETORIA METROPOLITANA – M.” A qual licitação objetivou a contratação para um serviço em que aquela Companhia de capital misto havia sido intimada a realizar, após inquérito do Ministério Público do Estado de São Paulo, a respeito do despejo de resíduos provenientes da Estação de Tratamento de Água (ETA) no local, o que gerou um desconforto na população.

Bragança Paulista consiste em um município no interior do Estado de São Paulo a cerca de 88 km da Capital, com aproximadamente 172 mil habitantes, segundo censo realizado em 2021. Integra a Região Metropolitana de Campinas. É uma das 12 estâncias climáticas reconhecidas

pelo estado, cumprindo a Lei Estadual nº 12.261 de 29 de abril de 2015, garantindo um *status* para o município por propiciar mais verba para o incentivo ao turismo no local.

Localizado na região norte do município, o Rio Jaguari apresenta-se como um dos principais corpos d'água no local, e cruza diversos bairros, entre eles o Residencial Hípica Jaguari, bairro loteado sobre local anterior de mesmo nome, brindando o nome do rio. Um de seus afluentes possui em seu trecho de montante, uma ETA, cujo lodo pós-tratamento era reinserido no ambiente, após um breve tratamento. Isso gerou um desconforto nos moradores do entorno, que constantemente reclamavam junto ao Ministério Público a respeito de odores desagradáveis no local, bem como da água suja na intitulada Lagoa da Hípica, que se situa a jusante do estabelecimento da SABESP. Além disso, as frequentes chuvas e com a conseqüente variação de vazão, bem como da pouca vegetação, tornando o barramento exposto, aumentando o risco à estabilidade do dispositivo hidráulico

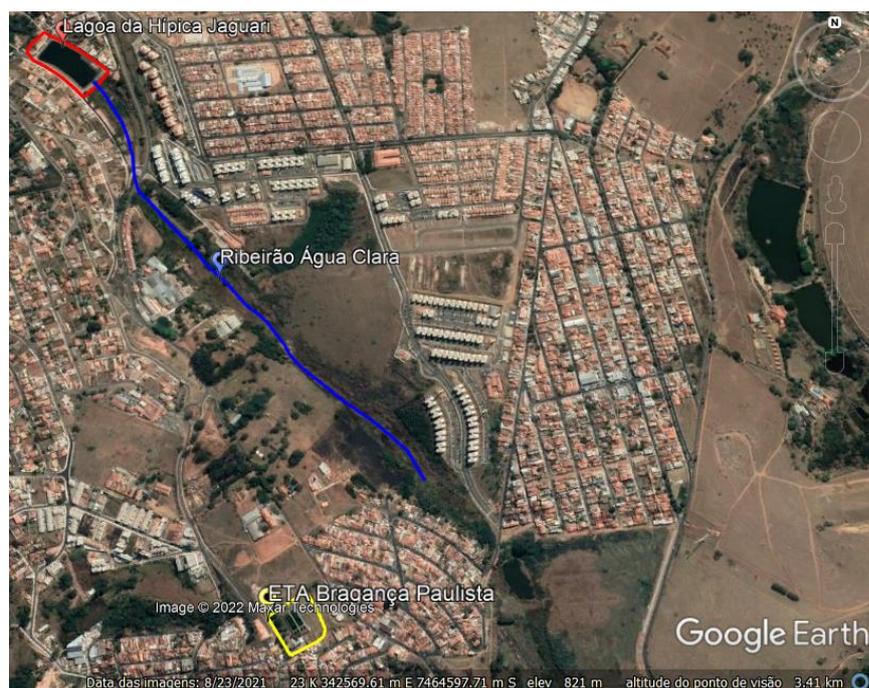


Figura 8 – Ribeirão Água Clara, Lagoa da Hípica Jaguari e ETA Bragança Paulista.

Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

Após ser realizada uma vistoria no local, o Ministério Público inquiriu sob pena de multa, que aquela companhia apresentasse estudos e projetos para recuperar a região, além de uma

revitalização da lagoa e aplicação de medidas corretivas para retorno das condições de segurança do barramento.

A Sabesp, em sua obrigação, rapidamente solicitou auxílio ao DAEE para elaboração de projeto básico, bem como de termo de referência, de modo a dar celeridade ao processo e respectiva publicação do edital anteriormente citado.

Após estudos hidrológicos, o DAEE apresentou uma proposta de intervenção diferenciada, com ampla utilização de gabiões, reestabelecendo as condições de segurança do barramento, além de projetar um segundo barramento a montante, com objetivo de atuar como uma represa do tipo *sabo-dam*, nome de origem japonesa, cuja tradução se assemelharia a barragem de retenção, que consiste em uma estrutura criada para reter detritos e outros elementos normalmente presentes em cursos d'água. Este segundo barramento deveria, segundo o estudo de concepção, atuar como retentor de sedimentos, auxiliando a limpeza do local e revitalização da região.

Dentre os questionamentos inqueridos pelos licitantes, destaca-se: *“por que utilizar gabiões e não concreto na recuperação do barramento principal?”* Ou então dúvidas semelhantes a respeito do recobrimento de todas as margens da lagoa com gabião do tipo colchão reno, em relação ao simples enrocamento, muito comum em barramentos e essencial para a segurança dos taludes contra fenômenos erosivos causada pelas ondas normalmente geradas em represas pela ação dos ventos.

As respostas do DAEE para tais questionamentos basearam-se nos elementos apresentados neste estudo, como a velocidade de execução dos gabiões, seu custo reduzido e simplicidade de projeto, bem como argumentos de experiência técnica própria do órgão estadual, como é o caso do uso de matacões como enrocamento, deixando as rochas expostas, sendo respondida pelo exemplo de outro empreendimento implantado com barramento de acesso público não controlado, onde o enrocamento foi executado, mas, entretanto, a população para aproveitar a paisagem e pescar no reservatório deslocava as pedras pertencentes ao enrocamento, para utilizarem como assentos, gerando brechas e comprometendo a segurança do barramento; sendo que devido a isso, há atualmente a recomendação do uso de enrocamento engaiolado, com utilização de gabiões do tipo colchão reno ou telas fixadas, de modo a impedir a remoção e movimentação das rochas.

Em seu estudo hidrológico, o DAEE apresenta diversos parâmetros a respeito da bacia hidrográfica onde se encontra o barramento, primeiramente indicando o nome do leito fluvial local, conhecido como Ribeirão Água Clara, cuja avaliação para estudo foi realizada nas proximidades da rua Ligia Aparecida Supioni, com coordenadas UTM E:341.972 m e N: 7.465.418,74 m. Por meio da adoção de uma metodologia sintética para cálculo de vazões (DAEE, 2007, foi utilizado o Método Racional (Eq. 2).

(Eq. 2)

$$Q = 0,1667 * C * i * AD$$

Sendo:

Q - vazão de cheia em m³/s;

C - coeficiente de escoamento superficial;

I - intensidade da chuva crítica em mm/min;

AD - área de drenagem em ha.

Para o cálculo do tempo de concentração foi utilizada a expressão do *California Culverts Practice* (Eq. 3):

$$t_c = 57 * \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo:

t_C - tempo de concentração, em minutos;

L - comprimento do talvegue do curso d'água, em km;

Δh - desnível do talvegue entre a seção de interesse e o ponto mais distante da bacia, em m.

Embasando-se sobre as cartas públicas do Instituto Geográfico de Cartografia, com escala de 1:10.000, encontrou-se os seguintes resultados:

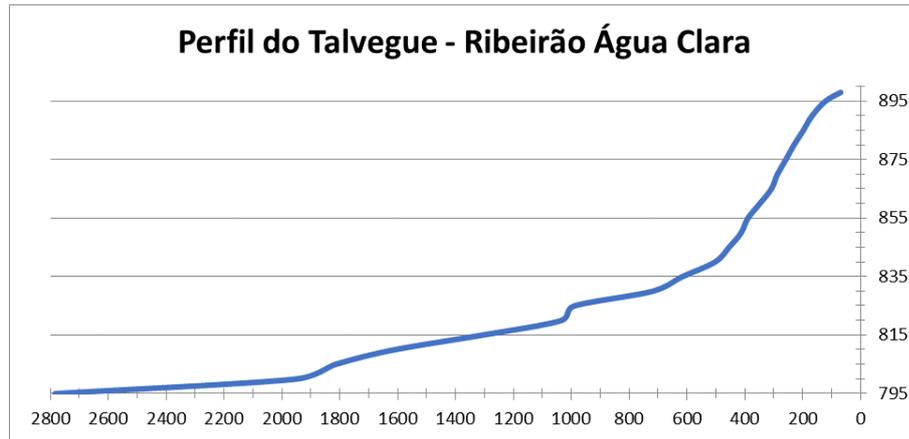


Figura 9 – Perfil do Talvegue do Ribeirão Água Clara.

Fonte: META AMBIENTAL (2019)

Tabela 7 - Valores obtidos para os tempos de concentração para o trecho do talvegue em estudo.

curso d'água	desnível = h (m)	comprimento do talvegue = l (m)	tempo de concentração	
			(min)	(h)
afluente s/n	103 (898-795)	2.785	31,23	0,52

Fonte: META AMBIENTAL (2019)

Com uma área de drenagem de 2,12 km², a bacia em estudo é classificada como pequena, simplificando os estudos hidrológicos, que utilizaram a equação de chuvas intensas do município de Bragança Paulista (DAEE/CTH, 2019 apud DAEE/CTH,2018).

$$i_{(t,TR)} = 33,7895 * (t + 30)^{-0,8832} + 5,4415 * (t + 10)^{-0,8442} * \left[-0,4885 - 0,9635 \ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (\text{Eq. 4})$$

(para 10 min < t < 1440 min)

Sendo:

I - intensidade de chuva em mm/h;

t - duração da chuva em minutos;

TR - período de retorno em anos.

Esta equação obteve os resultados de 1,503 mm/min, 1,663 mm/min e 1,821 mm/min, respectivamente para Períodos de Retorno de 25, 50 e 100 anos e para uma duração de chuva de 31,24 min (tempo de concentração). Para coeficientes de escoamento superficial (C) no método racional, foi adotado um valor de $C = 0,60$, devido a uma impermeabilização de aproximadamente 57% registrada no local, derivado da ocupação urbana na bacia de contribuição

Aplicando estes dados na equação número 2, obteve-se os valores de 34,52 m³/s, 38,20 m³/s e 41,83 m³/s para tempos de retorno de 25, 50 e 100 anos respectivamente. Para o projeto foram utilizados como parâmetros de segurança os valores obtidos para tempos de retorno de 100 anos, com posterior verificação para 500 anos, obtendo os valores de 50,25 m³/s para vazão de cheia e 27,75 m³/h como vazão mínima, utilizando o método de cálculo $Q_{7,10}$.

Estes valores foram utilizados para o dimensionamento dos dispositivos hidráulicos a serem instalados na recuperação do barramento existente, criando uma veiculação para vazão de pico com um tempo de retorno de 100 anos, e sendo verificado o respectivo comportamento para o caso de chuvas com período de retorno de 500 anos.

Alterando a função do barramento, o modelo de projeto indicado pelo DAEE apresentava uma função de amortecimento de onda de cheia, indicado pelo Guia Prático de Pequenas Obras Hidráulicas, editado pelo DAEE em 2008. Nesse sentido, foi calculado um volume de retenção a ser utilizado pelo barramento e posterior projeção do vertedor, de modo a tornar o barramento um sistema de segurança e prevenção de enchentes na região. Devido a isso, o vertedor do barramento teve de ser dimensionado para vazões onde o reservatório atinge seu nível máximo *maximorum*.

Os cálculos apresentados pela contratada pela empreiteira, vencedora do certame licitatório para realizar o projeto executivo do tipo as built, apresentaram a necessidade de uma soleira com 15,56 m de comprimento, o que impossibilitaria aplicar ao barramento, devido a sua pequena extensão. Diante disso, para sanar tal problema, a projetista reformulou o canal de vertimento, projetando um vertedor exposto em semi-arco (Figuras 10 e 11), criando um aspecto mais delicado e embelezador no barramento, como constam as imagens, a seguir, extraídas do projeto executivo.

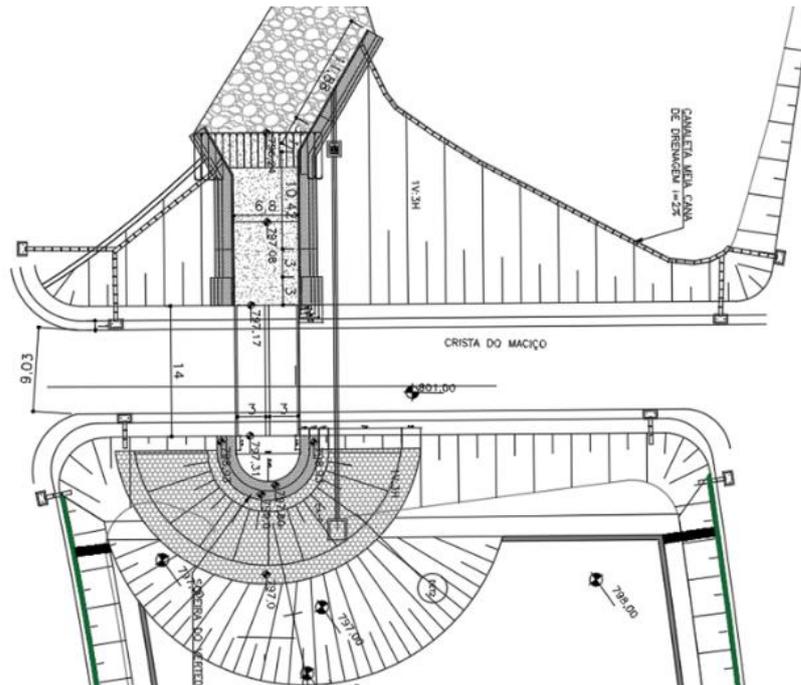


Figura 10 - Planta com arranjo geral da barragem com vertedor na ombreira esquerda - sem escala.

Fonte: META AMBIENTAL (2019)

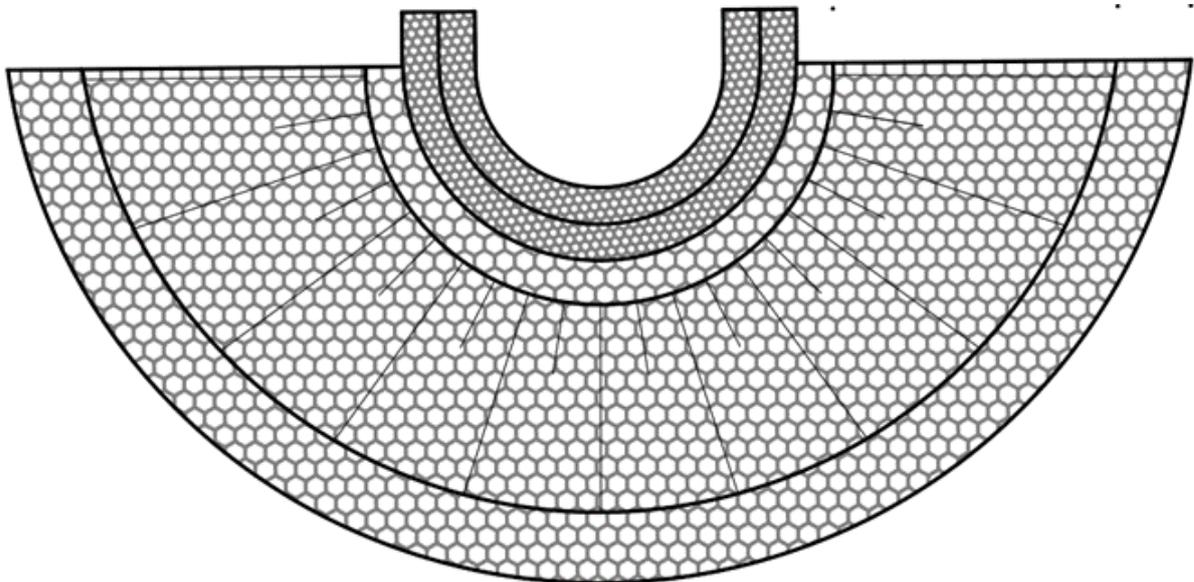


Figura 11 - Arranjo em planta do vertedor proposto - sem escala.

Fonte: META AMBIENTAL (2019)

CONCLUSÕES

São notáveis as boas características presentes nos gabiões, possuindo maleabilidade de dobra, torção e modificação de forma, ao mesmo tempo em que ao ser preenchido apresenta grande peso, resistência e estabilidade, mas também há desvantagens, tais como, a necessidade de equipamentos adaptados ou específicos para sua limpeza e manutenção, a possibilidade de crescimento de vegetação em locais não projetados, e sua indisponibilidade, assim como o concreto para obras de recuperação de barramentos e requalificação hídrica, além da impossibilidade de executar a estrutura em local diferente, ou seja, apenas com condições de instalar a estrutura no local (moldado in loco).

Extraindo todos estes fatores, ainda assim, em diversos empreendimentos do tipo que foram executados pelo DAEE, o uso de gabiões tem se tornado cada vez mais crescente no mercado, com auxílio dos fabricantes para adaptações em projetos, definições e soluções, abrindo mais espaço num ramo com grande importância atualmente, levando em consideração os desastres ocorridos nos últimos anos com barramentos sem a devida vigilância e principalmente manutenção.

Devido a sua rapidez de execução e facilidade, o gabião é amplamente utilizado em situações emergenciais, onde rapidamente se estrutura e começa a atuar em seu propósito instantaneamente após sua instalação, enquanto a alternativa a isso, ou seja, o concreto, necessita de dias de cura para começar a garantir certa resistência para poder atuar mecanicamente.

Em visita à Lagoa da Hípica após conclusão de sua recuperação, notou-se no barramento de montante, que havia um grande acúmulo de sedimentos, indicando provável momento para limpeza. Além disso, foi notada a passagem de vazão através do barramento de montante, executado integralmente em gabião, com função de retentor de partículas, que não somente reteve até sua obstrução, vindo gerar caminhos preferenciais de passagem, aglutinados durante o processo de passagem da água, onde as partículas finas, de certa forma provocaram a desaceleração do fluxo de água na lagoa, forçando a sedimentação, já no trecho de montante.

Notou-se também, durante a execução do presente estudo, a grande importância da avaliação de produtividade e custos, além de soluções a problemas diversas vezes não visualizados por projetistas, até que infelizmente venham a ocorrer, para experiência própria.

REFERÊNCIAS

BRAGANÇA PAULISTA (SP). SABESP. Edital de licitação nº 04.039/2019. **Bragança Paulista**: Companhia de Saneamento Básico de São Paulo, 2019.

DAEE. **Regionalização hidrológica no estado de São Paulo**. São Paulo. DAEE, 1988.

DAEE. **Instrução Técnica DPO – nº 002, de 30/07/2007**. São Paulo. DAEE, 2007.

DAEE/CTH. **Precipitações intensas do estado de São Paulo**. Maio de 2018. Publicado online. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/site/hidrologia/>. Acesso em: 15/01/2022.

FRACASSI, G. **Proteção de rios com soluções Maccaferri**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

GIUDICE, S. L.; MENDES, J. A. R. **Uso de gabiões em intervenções emergenciais durante a crise hídrica na bacia do alto Tietê em São Paulo**. *In*: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE HIDRÁULICA, 28, Buenos Aires, Argentina, [Anais]. Setembro de 2018.

GOOGLE EARTH. Bragança Paulista, 2021.

GROMICKO, N., SHEPARD, K. **The history of concrete**. Boulder, CO, EUA: InterNACHI, c2016. Disponível em: <https://www.nachi.org/history-of-concrete.htm>. Acesso em: 15/01/2022.

MACCAFERRI DO BRASIL LTDA. **Especificação técnica – gabião caixa**, [s.d]. Disponível em: <https://www.maccaferri.com/br/produtos/gabioes/>. Acesso em: 12/01/2022.

MACCAFERRI DO BRASIL LTDA. **Obras Fluviais**, [s.d]. Disponível em: <https://www.maccaferri.com/br/produtos/gabioes/>. Acesso em: 12/01/2022.

MENDES, J. A. R. et al. **Procedimentos para limpeza e desassoreamento de cursos d'água revestidos em gabiões**. *In*: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE HIDRÁULICA, 29, Evento Virtual, México, [Anais]. Novembro de 2021.

META AMBIENTAL. **ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**, 2019. Coleção particular.

META AMBIENTAL. **PROJETOS DE RECUPERAÇÃO DO BARRAMENTO – PROJETO AS BUILT**, 2019. Coleção particular.

SÃO PAULO. **Lei Complementar nº 1.261, de 29 de Abril de 2015.** Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei.complementar/2015/lei.complementar-1261-29.04.2015.html>. Acesso em: 15/11/2021.

SIURB. Composições de Custos Sem Desoneração - Infraestrutura Urbana. Data-base: julho, 2021. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/tabelas_de_custos/index.php?p=321474. Acesso em: 10/12/2021.

APENDICE

Tabela A1 – Composições de preços unitários fornecidos para serviços de execução de gabiões.

07-25-00	fornecimento e colocação de gabião tipo caixa, h = 0,50 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado e revestido em PVC, de fio $\phi = 2,4$ mm					m ³		R\$ 926,53
	02013	carpinteiro (sgsp)	h	23,82	0,500000		11,9103	
	02099	servente (sgsp)	h	19,61	4,500000		88,2836	
	10546	pedra rachão d = 10 a 15 cm	m ³	89,81	1,300000		116,7530	
	11066	pinus - sarrafo de 1" x 4" - bruto	m	3,02	4,000000		12,0800	
	22030	gabião tipo caixa, h = 0,50 m, malha 8x10, fio 2,4 mm - PVC (gaiola vazia)	m ³	657,20	1,000000		657,2000	
	94233	escavadeira hidráulica sobre esteiras cap. 1,50 m ³	h	201,52	0,200000		40,3033	
07-26-00	fornecimento e colocação de gabião tipo caixa, h = 1,00 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado e revestido em PVC, de fio $\phi = 2,4$ mm					m ³		R\$ 790,66
	02013	carpinteiro (sgsp)	h	23,82	0,500000		11,9103	
	02099	servente (sgsp)	h	19,61	4,500000		88,2836	
	10546	pedra rachão d= 10 a 15 cm	m ³	89,81	1,300000		116,7530	
	11066	pinus - sarrafo de 1" x 4" - bruto	m	3,02	4,000000		12,0800	
	22010	gabião tipo caixa, h=1,00m, malha 8x10, fio 2,4mm - galv. e PVC	m ³	521,33	1,000000		521,3300	

		(gaiola vazia)						
	94233	escavadeira hidráulica sobre esteiras cap. 1,50 m3	h	201,52	0,200000		40,3033	
07-30-00	fornecimento e colocação de gabião tipo colchão reno, h = 0,17 m, de malha 6 x 8cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,0$ mm					m ²		R\$ 262,05
	02013	carpinteiro (sgsp)	h	23,82	0,175000		4,1686	
	02099	servente (sgsp)	h	19,61	0,765000		15,0082	
	10546	pedra rachão d= 10 a 15 cm	m ³	89,81	0,221000		19,8480	
	11066	pinus - sarrafo de 1" x 4" - bruto	m	3,02	1,400000		4,2280	
	22040	gabião tipo colchão reno, h=0,17m, malha 6x8 , fio 2,0mm PVC (gaiola vazia)	m ²	211,95	1,000000		211,9500	
	94233	escavadeira hidráulica sobre esteiras cap. 1,50 m3	h	201,52	0,034000		6,8515	
07-31-00	fornecimento e colocação de gabião tipo colchão reno, h = 0,23m, de malha 6 x 8cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,0$ mm					m ²		R\$ 297,38
	02013	carpinteiro (sgsp)	h	23,82	0,175000		4,1686	
	02099	servente (sgsp)	h	19,61	1,035000		20,3052	
	10546	pedra rachão d= 10 a 15 cm	m ³	89,81	0,299000		26,8531	
	11066	pinus - sarrafo de 1" x 4" - bruto	m	3,02	1,400000		4,2280	
	22050	gabião tipo colchão	m ²	232,56	1,000000		232,5600	

		reno, h=0,23m, malha 6x8, fio 2,0mm PVC (gaiola vazia)						
	94233	escavadeira hidráulica sobre esteiras cap. 1,50 m3	h	201,52	0,046000		9,2697	
07- 32- 00	fornecimento e colocação de gabião tipo colchão reno, h = 0,30m, de malha 6 x 8cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,0\text{mm}$					m ²		R\$ 314,55
	02013	carpinteiro (sgsp)	h	23,82	0,175000		4,1686	
	02099	servente (sgsp)	h	19,61	1,350000		26,4850	
	10546	pedra rachão d= 10 a 15 cm	m ³	89,81	0,390000		35,0259	
	11066	pinus - sarrafo de 1" x 4" - bruto	m	3,02	1,400000		4,2280	
	22050	gabião tipo colchão reno, h=0,23m, malha 6x8, fio 2,0mm PVC (gaiola vazia)	m ²	232,56	1,000000		232,5600	
	94233	escavadeira hidráulica sobre esteiras cap. 1,50 m3	h	201,52	0,060000		12,0909	
07- 34- 00	fornecimento e colocação de gabião tipo saco, d = 0,65m, de malha 8 x 10cm, galvanizado, revestido em PVC, de fio $\phi = 2,4\text{mm}$					m ³		R\$ 749,83
	02099	servente (sgsp)	h	19,61	3,500000		68,6650	
	10546	pedra rachão d= 10 a 15 cm	m ³	89,81	1,300000		116,7530	
	22060	gabião tipo saco, d=0,65m - malha 8x10-	m ³	543,06	1,000000		543,0600	

			fio 2,4mm - rev. PVC (gaiola vazia)						
		94030	guindaste de lança fixa sobre esteiras - 12 t	h	106,77	0,200000		21,3533	

Fonte: SIURB (2021)

Tabela A2 – Composições de preços unitários fornecidos para serviços de execução de estruturas de concreto armado.

07-09-00	fornecimento e aplicação de aço ca-50 - diâmetro < 1/2"					kg		R\$ 13,87
	02016	ajudante de ferreiro - armador (sgsp)	h	19,90	0,080000		1,5921	
	02102	armador - oficial ferreiro (sgsp)	h	23,79	0,080000		1,9035	
	11513	aço ca-50 - 10,0 mm - 3/8" - nervurado	kg	9,12	1,100000		10,0320	
	17740	arame recozido n. 16 e n. 18	kg	17,30	0,020000		0,3460	
07-10-00	fornecimento e aplicação de aço ca-50 - diâmetro > ou = 1/2"					kg		R\$ 13,80
	02016	ajudante de ferreiro - armador (sgsp)	h	19,90	0,080000		1,5921	
	02102	armador - oficial ferreiro (sgsp)	h	23,79	0,080000		1,9035	
	11515	aço ca-50 - 16,0 mm - 5/8" - nervurado	kg	9,06	1,100000		9,9660	
	17740	arame recozido n. 16 e n. 18	kg	17,30	0,020000		0,3460	
07-12-00	fornecimento e aplicação de tela de aço					kg		R\$ 13,18
	02016	ajudante de ferreiro - armador (sgsp)	h	19,90	0,040000		0,7960	
	02102	armador - oficial	h	23,79	0,040000		0,9517	

		ferreiro (sgsp)						
	17740	arame recozido n. 16 e n. 18	kg	17,30	0,010000		0,1730	
	27540	tela soldada nervurada q-196 painel (aço ca60 - malha 10 x 10 cm - fio 5,0 mm)	kg	11,04	1,020000		11,2608	
07- 13- 00	fornecimento e aplicação de concreto usinado fck=10mpa					m3		R\$ 385,61
	02020	pedreiro (sgsp)	h	24,18	1,000000		24,1816	
	02099	servente (sgsp)	h	19,61	2,000000		39,2371	
	10520	concreto usinado, brita 1e2,slump 5+ou-1cm / fck= 10,0mpa	m ³	312,81	1,030000		322,1943	
07- 14- 00	fornecimento e aplicação de concreto usinado fck=15,0mpa					m3		R\$ 398,36
	02020	pedreiro (sgsp)	h	24,18	1,000000		24,1816	
	02099	servente (sgsp)	h	19,61	2,000000		39,2371	
	10522	concreto usinado, brita 1e2,slump 5+ou-1cm / fck= 15,0mpa	m ³	325,19	1,030000		334,9457	
07- 15- 00	fornecimento e aplicação de concreto usinado fck=20,0mpa					m3		R\$ 411,62
	02020	pedreiro (sgsp)	h	24,18	1,000000		24,1816	
	02099	servente (sgsp)	h	19,61	2,000000		39,2371	

	10524	concreto usinado, brita 1e2,slump 5+ou-1cm / fck= 20,0mpa	m ³	338,06	1,030000		348,2018	
07- 16- 00	fornecimento e aplicação de concreto usinado fck=25mpa					m3		R\$ 425,40
	02020	pedreiro (sgsp)	h	24,18	1,000000		24,1816	
	02099	servente (sgsp)	h	19,61	2,000000		39,2371	
	10527	concreto usinado, brita 1e2,slump 5+ou-1cm / fck= 25,0mpa	m ³	351,44	1,030000		361,9832	
07- 17- 00	fornecimento e aplicação de concreto usinado fck=30,0mpa					m3		R\$ 439,72
	02020	pedreiro (sgsp)	h	24,18	1,000000		24,1816	
	02099	servente (sgsp)	h	19,61	2,000000		39,2371	
	10529	concreto usinado, brita 1e2,slump 5+ou-1cm / fck= 30,0mpa	m ³	365,35	1,030000		376,3105	

Fonte: SIURB (2021)