



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

COMPARAÇÃO ENTRE CUSTOS EXECUTIVOS DE GABIÃO TIPO MACSOIL COM OUTRAS SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO DE MACIÇOS DE SOLO

DIEGO GONÇALVES CAMELO

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

JOÃO ALEXANDRE PASCHOALIN FILHO

Universidade Nove de Julho



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

COMPARAÇÃO ENTRE CUSTOS EXECUTIVOS DE GABIÃO TIPO MACSOIL^R COM OUTRAS SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO DE MACIÇOS DE SOLO

Resumo

A construção civil é responsável pelo consumo de 40% dos recursos naturais e 50% da geração de resíduos e poluentes em todo o mundo. Diante disso, nos últimos anos diversos estudos têm buscado desenvolver maneiras de retornar o resíduo de construção civil (RCC) ao ciclo produtivo das obras de construção, diminuindo a extração de recursos naturais. Entretanto existem fatores os quais dificultam a disseminação desses materiais, dentre as barreiras encontradas é possível citar o preconceito social em relação a eficiência técnica desses produtos e a falta de conhecimento por parte do consumidor final. O gabião MacSoil^R é um tipo de contenção de maciço de solo que possibilita a inserção de resíduos da construção civil em seu interior. Neste sentido, esse estudo comparou os custos de diversas soluções de contenção de maciço de solo em relação a solução em estudo, foram comparados os custos de material e mão de obra das soluções em arrimos para alturas de três, seis e nove metros, para tal utilizou-se a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI. Dentre as soluções estudadas o gabião Macsoil^R apresentou menor custo para alturas de até seis metros.

Palavras-chave: gabião, resíduo construção civil, arrimo, custo.

Abstract

Construction is responsible for the consumption of 40% of the natural resources and 50% of the generation of waste and pollutants worldwide. Faced with this in recent years several studies have sought to develop ways to return the construction and demolition waste (CDW) to the productive cycle of new materials, and thereby reducing the extraction of natural resources. However, there are enclaves that hinder the dissemination of these materials, among the barriers found it is possible to cite the social prejudice in relation to the technical efficiency of these products and the lack of knowledge on the part of the final consumer. The MacSoil^R gabion is a type of solid mass containment that allows the insertion of construction waste inside. In this sense, this study compared the cost of several soil mass containment solutions in relation to the solution under study, comparing the material and labor costs of the solutions to three, six and nine meter heights, for which it was used the National System of Research of Costs and Indices of the Civil Construction - SINAPI. Among the solutions studied the Macsoil^R gabion presented lower cost for heights of up to six meters.

Key words: gabion, construction and demolition waste, support, cost.



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

1. Introdução

Todos os dias o mercado da construção civil apresenta soluções cada vez mais inovadoras e eficientes, o profissional responsável conta com um leque de possibilidades em diferentes situações para escolha de uma solução construtiva ou estrutural que melhor atenda sua necessidade específica, um simples fechamento vertical pode contar com diversas possibilidades de materiais, desde uma alvenaria em tijolo cerâmico até um fechamento em placas de *drywall*, para as contenções de maciço de solo não é diferente, o mercado dispõe de soluções que variam desde alvenarias de bloco de cimento até terra armada (Magalhães & Azevedo, 2016).

A construção civil no Brasil se manteve estável até a última década com a geração de cerca 200.000 empregos formais, entretanto, as crises políticas somadas às financeiras impactaram diretamente seu crescimento, causando forte restrição ao crédito, crescimento da inflação e cortes no orçamento de programas de desenvolvimento como Minha Casa, Minha Vida (Silva & Silva, 2016), essas crises fizeram o custo dos materiais e serviços da construção civil oscilar de forma desequilibrada, fatores esses somados a alta do desemprego e inflação reforçaram ainda mais a maior condicionante de escolha de um produto ou serviço: O custo (Magalhães & Azevedo, 2016).

De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, o resíduo de construção civil reciclado (RCC) ao retornar ao ciclo produtivo da construção civil pode apresentar ganhos significativos por meio da redução da extração de recursos naturais, na geração de novos empregos e principalmente no aspecto econômico, uma vez que o custo do agregado reciclado é inferior a de um produto natural com características semelhantes. No entanto, ressalta que devido à falta de conhecimento da população e cultura de reciclagem deste resíduo, o Brasil deixa de faturar aproximadamente oito bilhões de reais ao ano. Cada brasileiro gera, em média, 500 quilogramas de RCC ao ano, de forma que 60% do resíduo sólido urbano (RSU) gerado no país advém da construção civil e 70% do total gerado poderia ser reutilizado (ABRECON, 2017).

Além da cultura, outro fator que influencia na utilização dos agregados reciclados consiste na alta variabilidade de materiais presentes nas massas de RCC geradas diariamente. No Brasil, essa variabilidade pode ocorrer dentro de uma mesma cidade, em diferentes tipologias de obras e diversas classes socioeconômicas. Da Silva, Santos e Araújo (2017) caracterizaram os RCC em uma obra de alto padrão em São Paulo e obtiveram a seguinte composição gravimétrica: 16% solo e areia, 8% gesso, 13% cerâmicas, 29% argamassas e 34% produtos diversos.

Contudo, em algumas utilizações, a variabilidade dos materiais componentes da massa de RCC não consiste em impeditivo para a utilização de agregados reciclados, tais como: bases de pavimentação, reforço de vias, drenagem, produção de artefatos sem finalidade estrutural, regularização topográfica e preenchimento de gabiões (Lima, 1999).

Os muros de gabião consistem em estruturas de gravidade executadas pela sobreposição de gaiolas de malha de arame galvanizado preenchidas por enrocamento devidamente arrumado em seu interior. Sua principal finalidade é de contenção vertical de solo (Magalhães & Azevedo, 2016).

O Macsoil^R consiste em tipo de gabião que permite a inserção de resíduos de construção civil reciclado em seu interior. Dentre os diversos benefícios da solução, está a opção em esconder os resíduos com uma camada de solo ou pedra natural em sua face visível, essa



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

flexibilidade da técnica se justifica pelo aspecto rústico do resíduo que pode subjetivamente comprometer a estética do arrimo. Entretanto a alta variabilidade de materiais encontrados nas massas de RCC somada a falta de conhecimento do consumidor em relação a solução e ao seu custo tem dificultado a disseminação desse tipo de contenção, essa falta de conhecimento faz com que o técnico responsável pelo projeto opte por uma solução muitas vezes mais cara e com mesma eficiência técnica (Maccaferri, 2017).

Diante deste contexto, tem-se a questão de pesquisa: “Qual a viabilidade econômica da solução do gabião Macsoil^R preenchido com resíduo de construção civil reciclado em relação a outras soluções de contenção de maciço de solo?”.

2.0 Referencial Teórico

Consiste em uma contenção todo elemento ou estrutura com finalidade de contrapor-se a esforços horizontais ativos ou tensões geradas em maciços de solo, cuja condição de equilíbrio foi alterada por algum tipo de erosão, patologia de aterro, escavação ou corte (Magalhães & Azevedo, 2016).

Tradicionalmente, como solução de contenção de maciços são utilizados muros de arrimo que se contrapõem às tensões horizontais ativas por meio do seu peso próprio (muro de gravidade), ou por meio de flexão, com necessidade de armação (muros de flexão). No entanto, cada obra carece de uma solução específica, pois as condicionantes tomadas para parametro de escolha pode inviabilizar determinado tipo de contenção, seja no aspecto técnico, economico ou ambiental (Mikos, Caetano, Roedel, & Faro, 2017). A seguir são apresentadas algumas metodologias de contenção e reforço de maciços.

2.1. Solo Grampeado

Segundo Ortigão e Palmeira (1992), o solo grampeado foi desenvolvido na Europa nos anos de 1960, para aplicação de contenção de túneis, e só após 10 anos essa técnica chegou ao Brasil para compor as obras de contenção na construção do sistema de abastecimento de água Cantareira em São Paulo, a partir de então essa metodologia construtiva difundiu-se na engenharia como uma técnica rápida comparada a outros arrimos.

O Solo grampeado é uma solução de estrutura de contenção ou reforço de taludes, constituído basicamente da utilização chumbadores metálicos inseridos no solos. A técnica se faz presente na contenção de maciços próximos a estradas, túneis, remediações de deslizamento, entre outras obras. O método aumenta a resistência ao cisalhamento na interface solo-reforço, proporcionando uma massa de terreno estabilizado que funciona de modo semelhante ao muro de gravidade (Corte, 2017).

Os dois elementos principais da solução são: os chumbadores metálicos (barras de aço CA-50) e o preenchimento (calda de cimento injetada sob pressão controlada). Os chumbadores são inseridos no maciço por meio de perfuração e posteriormente os furos são preenchidos com calda de cimento. O chumbador pode ser solidarizado a uma placa metálica (0,30x0,30x0,3 e espessura de 15cm) de apoio rosqueada, ou em tela metálica devidamente dimensionada para evitar esforços de punção e distribuição homogênea dos demais esforços. Em seguida projeta-se concreto sobre toda tela (Magalhães & Azevedo, 2016). A Figura 1 ilustra uma contenção em solo grampeado.



Figura 01: Muro de contenção em solo grampeado.

Fonte: (Junior, Aguiar, Magalhães, & Azevedo, 2015).

2.2. Cortina atirantada

São contenções ancoradas no terreno por meio de tirantes metálicos, caracterizadas pela pequeno deslocamento vertical para mobilização de sua resistência a esforços horizontais ativos de solo (geralmente 0,5% da altura total da contenção) (Junior et al., 2015). As soluções desse tipo podem ser executadas em concreto armado, concreto projetado, parede diafragma ou perfis metálicos cravados e ancorados por meio de tirantes introduzidos no maciço de solo e protendidos com carga de trabalho apropriada, que transmite esforço externo de tração tensão cisalhante entre o solo e o bulbo injetado (Magalhães & Azevedo, 2016).

Sua aplicação é indicada para em taludes de grandes alturas e empuxos de terra referente a solos com baixos parâmetros de resistência. A técnica consiste na contenção das forças de empuxo ativo do maciço a partir da inserção de cordoalhas metálicas ou monobarras no solo em inclinações variando entre 10 e 25°, com comprimento necessários para se atingir solo de resistência adequada. Após perfuração, inserção dos tirantes e preenchimento do furo com calda de cimento pressurizada, os tirantes são tracionados (protendidos) por meio de macacos hidráulicos e depois travados na face da contenção por meio de cunhas metálicas. (Mikos et al., 2017).

É importante destacar que este tipo de contenção, pode influenciar nas construções vizinhas, uma vez que a pressão de injeção pode provocar deslocamentos não previstos nas estruturas adjacentes, o que pode levar, muitas vezes ao colapso (Junior et al., 2015). A Figura 2 mostra a solução em cortina atirantada.



Figura 02: Muro de conten3o em cortina atirantada.
Fonte: (Junior et al., 2015).

2.3. Terra Armada

A solu3o em terra armada 3 caracterizada pela introdu3o de fitas met3licas no maci3o de solo, as quais podem ou n3o ser nervuradas, s3o conectadas a pain3is de concreto pr3-fabricados que constituem a face do arrimo denominado de pele (Dias, 2016), Conforme ilustrado na Figura 3. Magalh3es e Azevedo (2016) comentam que esse sistema 3 composto por tr3s principais componentes:

- i) O solo compactado que se sobrep3em as fitas de a3o ocupando os vazios entre os espa3os do volume armado;
- ii) As estruturas armadas, que s3o componentes estruturais lineares e flex3veis que combatem a for3a de tra3o.
- iii) A “pele” 3 um componente constitu3do por uma placa de concreto de encaixe colocada na face externa (Dias, 2016).

Essa t3cnica foi desenvolvida no ano de 1963, pelo arquiteto e engenheiro Henry Vidal, na Fran3a no ano de 1965, desde ent3o a solu3o migrou para outros pa3ses constituindo como uma geralmente utilizada em aterros de Obras de Arte Especiais (OAE), tais como pontes e viadutos (Junior et al., 2015).



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302



Figura 03: Muro de contenção em terra armada.

Fonte: (Junior et al., 2015).

2.4. Gabião

Há indícios que os gabiões estejam entre as mais antigas soluções de engenharia para problemas de infraestrutura no mundo. Os egípcios e os chineses já utilizavam de maneira rudimentar pedras lapidadas e encaixadas entre si como forma de contenção ou construção de suas obras. O gabião surgiu em sua versão moderna, com gaiolas metálicas, na Itália do final do século XIX. Mesmo havendo obras constituídas a milhares de anos a exemplo das Pirâmides do Egito, por esse conceito rudimentar, o gabião moderno substitui o uso de grandes blocos, de difícil manuseio, ou de pedras soltas, que não garantiriam a durabilidade e o desempenho enquanto sistema (PINI, 2017).

Os muros de gabião consistem em estruturas de gravidade executadas pela sobreposição de gaiolas de malha de arame galvanizado com revestimento de PVC preenchidas por enrocamento devidamente arrumado em seu interior. Sua principal finalidade é a contenção vertical de solo (Barros, 2010).

Dentre as diversas vantagens desta técnica, é possível citar: I) Alta permeabilidade do solo, que alivia empuxos hidrostáticos; II) Flexibilidade, que permite a adaptação da estrutura às movimentações do solo; III) Integração com o meio ambiente, possibilitando a interação da estrutura com a vegetação local. IV) Baixa emissão de carbono na execução, devido ao manuseio manual e enchimento das gaiolas serem executados no próprio local da obra, além disso, a construção é predominantemente seca, não havendo a necessidade do uso da água e grande parte de sua obra dispensa o uso de máquinas emissoras de CO₂ (Maccaferri, 2017).

O muro de gabião no projeto arquitetônico tem duas principais funções, a primeira refere-se a sua concepção estrutural somada baixo custo de operação e manutenção, comparado a outras soluções de contenção. A segunda diz respeito a escolha da tecnologia construtiva pelo viés da aparência. Os gabiões estão sendo inseridos com maior notoriedade nos projetos executivos pelas tendências estéticas do mercado arquitetônico (Cruz & Braghin, 2017). A Figura 4 ilustra um muro de gabião.



Figura 04: Muro de contenção em terra armada.

Fonte: (Maccaferri, 2017).

2.5. Gabião Macsoil^R

Atualmente no mercado existem diversos tipos de gabiões, dentre eles é possível citar os principais:

- (i) Gabião Caixa: os quais se constituem de elementos prismáticos com alta resistência às forças de tração e níveis satisfatórios de alongamento do fio que compõe a tela;
- (ii) Gabião Saco: esses gabiões são formados por um único painel de malha hexagonal de dupla torção produzida com arames de baixo teor de carbono e enclausurado com uma camada de material plástico, a gaiola possui formato com dimensão predominantemente longitudinal;
- (iii) Gabião Colchão: este tipo de gabião é possui formato retangular com espessura muitas vezes menos de que seu comprimento e largura. A comprimento é cerca de 4m, a largura de 2 a 3m e a sua espessura varia entre 27 e 30cm. Geralmente este tipo de gabião é utilizado para revestimento de canais e taludes.
- (iv) Gabião Macsoil^R: é considerado uma solução no que diz respeito a eficiência energética e econômica, pois, devido a sua característica de camuflagem dos componentes de preenchimento esse tipo de gabião permite a utilização de resíduos de construção civil em seu interior. Seu formato assemelha-se ao gabião caixa.

O Gabião Macsoil^R é constituído de um elemento prismático composto por redes metálicas de aço em malha hexagonal de dupla torção. Sua face frontal oposta ao solo recebe um geossintético, que favorece o crescimento da vegetação, fazendo com que a estrutura de contenção ou revestimento tenha aspecto de um talude natural, tornando-se um elemento camuflado, conforme mostrado na Figura 05 (Maccaferri, 2017).



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302



Figura 5: Gabião MacSoil.

Fonte: (Maccaferri, 2017).

No ano de 2014 foi utilizado o Gabião Macsoil[®] para contenção de uma erosão na região da Brasilândia em São Paulo, além de conter a patologia daquele solo, todo procedimento de execução foi acompanhado e registrado pela SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisas de Custo e Índices da Construção Civil, no intuito de levantar todos custos de operação e insumos a fim de divulgação pública dos custos na plataforma da Caixa Econômica Federal, desde então a solução é encontrada neste banco de dados (Maccaferri, 2017).

2.6. Definição, geração e destinação do resíduo de construção civil.

Os resíduos da construção civil (RCC) são definidos como os resíduos gerados durante uma nova construção, renovação e demolição de edifícios e estruturas. O descarte indevido do RCC está se tornando um dos problemas ambientais mais sérios. Estudos recentes revelam que estes resíduos constituem aproximadamente 40% de todos os resíduos recebidos em vários aterros em todo o mundo (Polat, Damci, Turkoglu, & Gurgun, 2017).

Estima-se que a geração de RCC em todo mundo varie entre 130 e 3000 kg/hab.ano. No Brasil, também há uma variação entre as cidades, entre 230 kg/hab.ano a 760 kg/hab.ano. Já a estimativa da Prefeitura Municipal de São Paulo é de aproximadamente 280 kg/hab.ano. A metodologia desta estimativa, no entanto, é parte de um pressuposto que a prefeitura municipal consegue gerenciar apenas 40% do RCC gerado (John & Agopyan, 2000).

A pesar da importância de informações mais claras referentes a geração, gestão e reutilização destes resíduos a mensuração exata da geração dos RCC ainda apresenta dificuldades, pois cada região tem suas características de geração, gestão e reutilização, além disso, tais estatísticas estão ausentes na literatura de forma padronizada, pois cada autor utiliza uma metodologia e análise de dados.

Na China, por exemplo, essa incógnita sempre foi alvo de pesquisas, porém os resultados eram discrepantes dentre os estudos, fazendo com que estes não corroborassem à satisfação no meio científico. Contudo, pesquisas recentes conseguiram estimar de forma precisa, por meio de metodologias estatísticas, que cerca de 1,13 bilhão de toneladas de resíduos de construção civil foram gerados na China durante o ano 2014 (Lu, Webster, Peng, Chen, & Zhang, 2017).



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

Na Europa há uma geração de resíduos equivalente a 200 milhões de toneladas anuais RCC. Massa que seria suficiente para se construir uma rodovia com seis faixas de rolamento interligando as cidades de Roma, na Itália, a Londres, na Inglaterra (Lu, Webster, Peng, Chen, & Zhang, 2017).

Cada brasileiro produz, em média, 500 quilogramas de RCC ao ano, de forma que 60% do resíduo sólido urbano (RSU) gerado no país advém da construção civil, sendo que 70% do total gerado poderia ser reutilizado na própria construção civil, gerando assim novos empregos, contribuindo com a economia e reduzindo pressões ambientais decorrentes da extração de matérias-primas naturais e deposições em locais incorretos. Devido à falta de conhecimento da população e cultura de reciclagem, o Brasil deixa de faturar cerca de oito bilhões de reais ao ano por não reciclar seus resíduos (ABRECON, 2017).

No que diz respeito à destinação dos RCC a Resolução do CONAMA n° 307/2002 estabelece diretrizes, critérios, classificações, definições e procedimentos para a gestão dos resíduos, os quais corroboraram para a abolição dos chamados “bota-foras” de entulhos da construção civil.

Entretanto, uma forma mais eficiente de mitigar problemas oriundos de geração dos RCC está no retorno deste para a produção de novos materiais por meio de sua reciclagem. Nos últimos anos, com maior concentração após a publicação da resolução CONAMA n°307/2002, a indústria da construção civil vem desenvolvendo pesquisas para o uso do resíduo de construção reciclado na manufatura de diversos materiais de construção, tais como blocos, artefatos de concreto não estruturais e agregados. Destaca-se que o custo de aquisição dos agregados de RCC reciclados são, em média cerca de 30 a 40%, inferiores aos agregados equivalentes naturais, extraídos de pedreiras e jazidas (Kisku et al., 2017).

Hossain, Xuan, e Poon, (2017), por exemplo, analisaram a eficiência energética de blocos de vedação produzidos com agregados de resíduos de construção reciclados. Os resultados mostraram que os blocos reciclados obtiveram maior eficiência energética, pois reduziu em 59% o consumo de energia, e 66% de emissão de gases de efeito estufa em comparação com o bloco convencional.

Silva, Calderaro, Cruz, e Gonçalves (2017), estudaram a resistência a compressão e de tração de pisos intertravados (*pavers*) confeccionados a partir de agregados de construção civil reciclados e pneus inservíveis triturados. Concluíram que existe a viabilidade de utilização dos resíduos para tal fim, entretando, salientaram que a literatura ainda é considerada escassa no que diz respeito a utilização dos resíduos de construção civil, por se tratar de um assunto emergente no meio científico, por isso, abordam a importância de mais pesquisas voltadas a reutilização do RCC.

Um fator limitante na utilização regular desses produtos está na alta variabilidade dos materiais contidos em diferentes amostras de resíduo de construção. No Reino Unido, por exemplo, em média, 9% do resíduo correspondem a concreto e argamassa, 75% solo, areia e rochas, 5% cerâmica e 11% a materiais diversos (plásticos, latas, papéis etc...). Em Hong Kong, as médias também apresentam variabilidade, o concreto e a argamassa representam 8%, Solo, areia e rocha representam 19%, cerâmicas representam 12%, pedras minerais diversas representam 23% e 38% são representados por materiais diversos (Carneiro et al., 2000).

No Brasil, essa variabilidade pode ocorrer dentro de uma mesma cidade, em diferentes tipologias de obras e diversas classes socioeconômicas. Silva, Santos, e Araújo, (2017), caracterizaram os RCC uma obra de alto padrão em São Paulo sendo: 16% solo e areia, 8% gesso, 13% cerâmicas, 29% argamassas e 34% produtos diversos. Contudo, em algumas



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

utilizações, a variabilidade de materiais componentes da massa de RCC não consiste em impeditivo para sua utilização, tais como: bases de pavimentação, reforço de vias, drenagem, regularização topográfica, preenchimento de gabiões, etc.

De acordo com Costa Junior e Duarte (2012), a partir de ensaios de laboratório e análises técnicas foi possível atestar a viabilidade da utilização do resíduo de construção civil reciclado no preenchimento do gabião MacSoil^R. Segundo os autores, apesar dos benefícios apresentados pelo gabião convencional (preenchido com enrocamento natural), o gabião com RCC agrega vantagens na esfera ambiental, social e econômica, tornando-se um material sustentável. Costa Junior, Duarte e Santos Junior (2012) salientam que a economia no custo final do produto, pode ser de até 40% em relação ao custo final do gabião convencional.

4. Metodologia.

Para realização deste artigo, foram estimados os custos de três tipos de arrimos com diferentes alturas (3,0m, 6,0m e 9,0m). Destaca-se que todas as contenções em estudo, eram adequadas às condições do maciço que estas seriam executadas.

Para obtenção de cada custo foi consultada a tabela SINAPI referente ao Estado de São Paulo com a atualização disponível até o presente momento (julho de 2018). Tal atualização é importante em detrimento às oscilações de valores do mercado da construção civil. A inserção do Gabião Macsoil^R na tabela SINAPI ocorreu em 2014, entretanto não foi encontrada nenhuma literatura, até o presente momento, que mostrasse sua análise econômica.

5. Resultados e análise dos dados

Os resultados referentes aos custos estimados são apresentados na Figura 6, onde as alturas dos arrimos são representadas pelas Series: 1 - 3,00m, 2 - 6,00m e 3 - 9,00m.

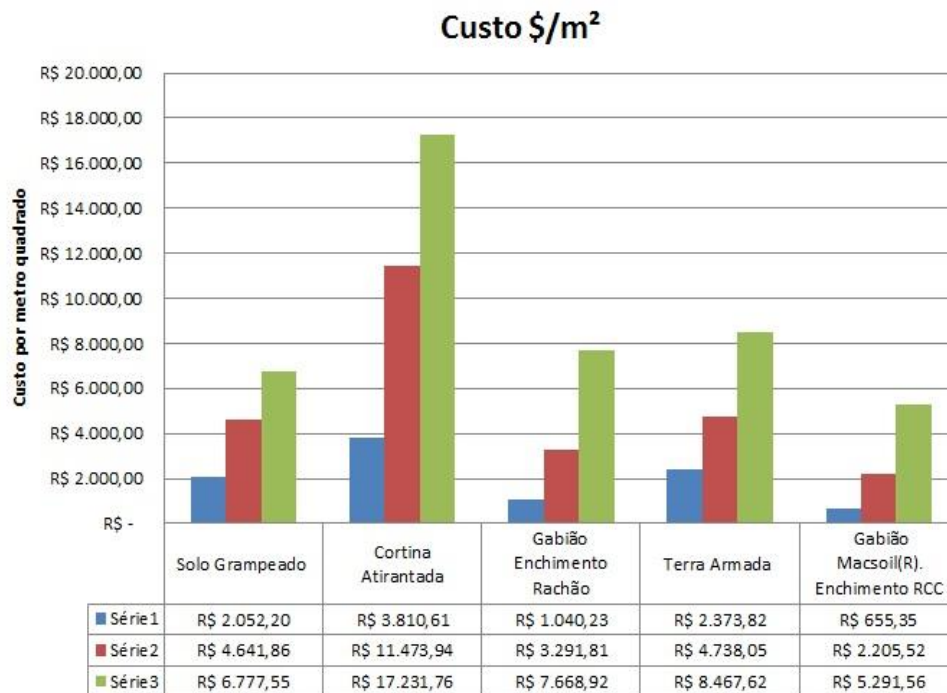


Figura 6. Gráfico de custo por metro quadrado de cada solução de contenção.

Fonte: Dados da pesquisa

Como pode ser observado por meio da Figura 6 a solução em solo grampeado se mostrou uma solução com uma distribuição proporcional dos valores na diferentes alturas apresentas. Essa proporção se deve a metodologia empregada, onde os grampos são distribuídos proporcionalmente em relação a altura do arrimo de forma que o comprimento dos chumbadores tenham uma relação de comprimento x altura, além disso, a tela metálica de distribuição de carga e o concreto projetado contém as mesmas características estruturais nas diferentes alturas os quais tem a maior representabilidade do custo final. Entretanto é necessário a aplicação de uma proteção anticorrosiva nos chumbadores para que a vida útil seja prolongada dispensando a manutenção em médio prazo (Ortigão & Palmeira, 1992).

A Cortina Atirantada se mostrou mais onerosa em todas as alturas verificadas. Isso acontece principalmente por quatro fatores: i) O maior custo em relação aos insumos é representado pelos tirantes os quais seus comprimentos são proporcionais a altura e ao empuxo do maciço de solo, ou seja, quanto maior o arrimo, maior será a profundidade do bulbo do tirante (ponto de ancoragem dos tirantes no maciço), bem como o comprimento e quantidade das cordoalhas. ii) O segundo aspecto ocorre na mão de obra e equipamentos específicos para tração das cordoalhas e iii) a maior espessura da contenção que deverá ser executada em concreto armado e iv) necessidade de execução de fundação. Tal comentário encontra-se de acordo com o citado por Mikos et al., (2017)

O Gabião com preenchimento em rachão natural se apresentou como uma solução a qual dispensa o uso de maquinários para execução, exceto para o transporte dos insumos até o local, constituindo-se como uma execução limpa a qual 90% da operação é realizada por meio de mão de obra manual, sem requisitos de qualificação e muita experiência, isso favorece o custo final em qualquer altura, além disso, favorece a execução em obras as quais não permitem equipamentos de grande porte, a exemplo das estradas e rodovias em função do impacto que



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

pode gerar no trânsito (Barros, 2010). Entretanto para alturas com mais de 6,0m, o gabião não se apresentou como a solução mais econômica (sendo mais cara que o solo grampeado e o MacSoil^R), isso ocorre em função do seu peso próprio, ou seja, quanto mais alto o arrimo, maior deverá ser sua base (fundação) para sua estabilidade, o que acarreta em custos significativos.

Devido a sua simplicidade executiva a Terra Armada se apresentou como uma das soluções de contenção com menor custo por metro quadrado nas diferentes alturas de talude estudadas. A Terra Armada é comumente utilizada em contenções de aterros rodoviários e de Obras de Arte Especiais (OAE) devido a sua metodologia executiva e a possibilidade de se executar um paramento verticalizado. Outra vantagem é a possibilidade de execução sem equipamentos com alto nível tecnológico de custos onerosos (Magalhães & Azevedo, 2016).

Dentre todas as soluções e diferentes alturas o Gabião Macsoil^R com preenchimento com resíduo de construção civil reciclado se mostrou a contenção de menor custo, pois o resíduo considerado em substituição ao rachão natural, tem o custo médio de R\$90,00/m³ para o Estado de São Paulo, enquanto o rachão natural apresenta um custo médio de R\$200,00/m³, ou seja uma economia de 55% no insumo. A relação de custos obtidas entre o gabião convencional e o tipo MacSoil^R obtida nesta pesquisa, condiz com o obtido por Costa Junior (2012).

No entanto, o gabião tipo MacSoil^R não é indicado para contenções de grandes alturas, uma vez que o material de preenchimento deste é geralmente mais leve que o material natural, por exemplo: o peso específico natural do enrocamento aproxima-se de 27kN/m³, enquanto que o do RCC é de cerca de 12 a 14kN/m³. Dessa forma, por se tratar ambas as soluções em contenções de gravidade, o gabião tipo MacSoil^R, mesmo sendo mais barato, tenderia a apresentar problemas de estabilidade para alturas acima de 6m (MACCAFERRI, 2017). Destaca-se que esta pesquisa teve-se somente em relação aos aspectos econômicos de cada solução e não ao seu dimensionamento.

Com tudo, é possível afirmar que o Gabião MacSoil^R apresentou menor custo e viabilidade técnica para contenções de média altura, ou seja, 4 a 6m. A partir destas alturas não se recomenda a utilização desta técnica, mesmo apresentando custos mais favoráveis.

4. Conclusão.

Dentre as diversas soluções estudadas, o Gabião Macsoil^R se apresentou como solução de menor custo executivo; entretanto isso não significa que essa solução seja a melhor, em termos técnicos no que diz respeito as soluções apresentadas. No caso do Gabião Macsoil^R suas maiores limitações referem-se ao baixo peso específico do material de preenchimento e, principalmente a falta de padronização granulométrica dos resíduos reciclados de construção civil que o mercado disponibiliza, fazendo com que sua disseminação como solução seja prejudicada. Portanto, recomenda-se esta contenção até alturas máximas de 6m.

Entretanto, a solução em Gabião Macsoil^R traz uma nova solução para um dos maiores problemas enfrentados pela construção civil, ou seja, a destinação dos resíduos gerados nas obras. Na visão de Paschoalin Filho, Lima Bezerra, de Oliveira, Gonçalves e Faria (2017), os RCC causam, quando geridos e destinados de forma inadequada impactos negativos, tanto no meio ambiente urbano, quanto natural; podendo até mesmo consistir em um problema de saúde pública, uma vez que servem de abrigo para vetores de transmissão de doenças.

A utilização dos RCC no preenchimento de gabiões, proporciona a reinserção do resíduo, que seria descartado, na cadeia da construção civil, reduzindo, assim as pressões ambientais do setor, principalmente no tocante a necessidade de extração de matérias-primas



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

naturais não renováveis (enrocamentos). Ademais, a utilização do RCC no gabião também tem o potencial de criar e estimular maior demanda por materiais reciclados nas Usinas de Reciclagem de Entulho, as quais, segundo dados da ABRECON (2017) operam, em média com sua capacidade de produção em cerca de 30 a 50%; o que poderia gerar mais empregos diretos e indiretos.

Portanto, pode-se assumir que esta solução está de acordo com o tripé da sustentabilidade, tal como proposto por Elkington (1998), uma vez que apresenta vantagens sociais, econômicas e ambientais.

Entretanto, assim como abordado por Costa Junior (2012), é necessário que mais pesquisas conduzidas, no intuito de se obter padrões técnicos que favoreçam a disseminação do uso Gabião MacSoil^R, tanto em termos técnicos, econômicos e ambientais.

Referencias

- ABRECON. (2017). ABRECON Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. [Organizacional]. Recuperado 1º de outubro de 2017, de <https://abrecon.org.br/>
- Barros, P. L. A. (2010). *Obras de contenção: manual técnico* (Manual Técnico) (p. 223). Jundiaí-SP: Maccaferri.
- Carneiro, A. P., Cassa, J. C., Quadros, B. E., Costa, D. B., Sampaio, T. S., & Alberte, E. P. (2000). Caracterização do entulho de Salvador visando a produção de agregado reciclado. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.*, 7(1), 01–08.
- Corte, F. H. (2017). *Análise de contenção em solo grampeado na cidade de São Bernardo do Campo/SP* (Mestrado). Universidade de Campinas-UNICAMP, Campinas-SP.
- Costa Junior, J. R. de C. (2012). *Viabilização de obras de muro em gabiões com uso de RCD: Preencimento de RCD (Resíduo de Construção e Demolição) para substituição da pedra rachão no enchimento dos gabiões*. (Trabalho de Conclusão de Curso). Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí-SP.
- Cruz, L. B., & Braghin, M. F. L. (2017). Estudo da utilização da estrutura de contenção tipo Gabião. *Colloquium Exactarum*, 8(4), 33–39.
- Dias, L. C. (2016). *A influência dos estudos geotécnicos para a determinação de soluções de estruturas de contenção* (Monografia). Universidade de Brasília (UnB), Brasília-SP.
- Dos Santos, A. L., Pinto, C. H. C., & Catunda, A. C. M. M. (2015). Percepção da legislação ambiental, gestão e destinação final dos RCD-Resíduos da Construção e Demolição: Um estudo de caso em Parnamirim/RN/Brasil. *HOLOS*, 2(31), 01–14.
- J Elkington (1998) - Environmental Quality Management, Wiley Online Library.
- Hossain, M. U., Xuan, D., & Poon, C. S. (2017). Sustainable management and utilisation of concrete slurry waste: A case study in Hong Kong. *Waste Management*, 61(1), 397–404.



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

- John, V. M., & Agopyan, V. (2000). Reciclagem de resíduos da construção. *Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos*, 1(1), 01–13.
- Junior, A. N., Aguiar, M. F. P., Magalhães, T. A., & Azevedo, C. P. B. (2015). Análise técnica e econômica de soluções para estabilização de taludes. *Análise técnica e economica de soluções para estabilização de taludes*, 6(62), 44–51.
- Kisku, N., Joshi, H., Ansari, M., Panda, S. K., Nayak, S., & Dutta, S. C. (2017). A critical review and assessment for usage of recycled aggregate as sustainable construction material. *Construction and Building Materials*, 131(01), 721–740.
- Klein, F. B., & Dias, S. L. F. G. (2017). A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 40.
- Lima, J. A. R. (1999). *Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos* (Mestrado). Universidade de São Paulo USP, São Paulo, Brasil.
- Lu, W., Webster, C., Peng, Y., Chen, X., & Zhang, X. (2017). Estimating and calibrating the amount of building-related construction and demolition waste in urban China. *International Journal of Construction Management*, 17(1), 13–24.
- Maccaferri. (2017). Gabiões [Técnico Comercial]. Recuperado 30 de setembro de 2017, de www.maccaferri.com.br
- Magalhães, T. A., & Azevedo, C. P. B. (2016). Análise Técnica e Econômica de Estruturas de Contenção de Taludes. In *COBRAMSEG 2016 - 12-22 Outubro* (Vol. 18, p. 01–08). Belo Horizonte - Minas Gerais: ABMS. Recuperado de <https://ss14799.websiteseuro.com/swge5/PROCEEDINGS/PDF/GJ-04-0003.pdf>
- Mikos, A. P., Caetano, M. C., Roedel, L., & Faro, V. P. (2017). Estudo das manifestações patológicas em solo grampeado e cortina atirantada. *Revista Técnico-Científica do CREA PR*, 1(1), 1–13.
- Ortigão, J. A. R., & Palmeira, E. M. (1992). Solo grampeado: técnica para estabilização de encostas e escavações. In *COBRAE* (Vol. 1, p. 57–74). Rio de Janeiro-RJ.
- Paschoalin Filho, J. A., Lima Bezerra, P. R., de Oliveira, J., Gonçalves, L. R., & de Faria, A. C. (2017). Gerenciamento de resíduos de construção civil em edifícios residenciais no município de São Paulo. *Environmental & Social Management Journal/Revista de Gestão Social e Ambiental*, 11(1). Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=1981982X&AN=123002685&h=96k6XINEPBd6HMxnUcYoNv2PcJWDMhALUgcxhaMHEmBenyssqmFRzWzjpJtGhzct0ppU%2BqIkKxbKMhsPmkD2cg%3D%3D&crl=c>



VII SINGEP

Simposio Internacional de Gest3o de Projetos, Inova3o e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

- PINI. (2017). Tecnologia-Gabi3es. Recuperado 2 de novembro de 2017, de <https://censo2010.ibge.gov.br/>
- Polat, G., Damci, A., Turkoglu, H., & Gurgun, A. P. (2017). Identification of Root Causes of Construction and Demolition (C&D) Waste: The Case of Turkey. *Procedia Engineering*, 196, 948–955.
- Silva, A. P., Calderaro, V. M., Cruz, G. da S., & Gon3alves, E. P. (2017). Fabrica3o de Pavimentos Intertravados (Pavers) Utilizando Res3duos de Borracha de Pneus Inserv3veis e Res3duos da Constru3o Civil (RCC) Como Agregado Mi3udo. *Revista Univap*, 22(40), 565. <https://doi.org/10.18066/revistaunivap.v22i40.1196>
- Silva, W. C. da, Santos, G. O., & Ara3jo, W. E. L. de. (2017). Res3duos S3lidos de Constru3o Civil: Caracteriza3o, Alternativas de Reuso e Retorno Econ3mico. *Revista Gest3o & Sustentabilidade Ambiental*, 6(2), 286–301.
- Silva, L. F. F., & Silva, M. A. (2016). Res3duos s3lidos na constru3o civil: qual o custo de sua destina3o e tratamento? In *Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC* (Vol. 1, p. 14). Porto de Galinha, PE, Brasil.
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de Caso: Planejamento e m3todo*. 2^o ed (2^o ed, Vol. 1). Porto Alegre-SC.