

A utilização de gabiões de malha eletrosoldada com geogrelha em contenções de solo reforçado em Indaiatuba

Flávio Fontes da Cruz

Mestrando e Engenheiro, UNINOVE / Belgo Arames, Belo Horizonte, Brasil, flavio.fontes@yahoo.com

João Alexandre Paschoalin

Professor e Doutor, UNINOVE / Geoconceito Engenharia Consultiva, São Paulo, Brasil,

jalexandre@geoconceitoengenharia.com.br

RESUMO: O solo reforçado tem-se tornado cada vez mais presente nas obras geotécnicas, principalmente nas localizadas em áreas com topografias acidentadas, de elevada altura para contenção de aterro e/ou com altas cargas de carregamento em projeto. A viabilidade construtiva destas obras de contenção em solo reforçado, demanda por técnicas de estabilidade seguras, produtivas e sustentáveis com o ambiente inserido. Na construção de um complexo comercial no município de Indaiatuba, interior de São Paulo, foi implantado um novo método construtivo nos dois muros de contenção em solo reforçado, eles contaram com a utilização de gabiões de malha eletrosoldada ancorados com geogrelhas de 80 kN/m, gabiões estes recém-introduzidos no Brasil. Esta técnica foi escolhida para atender as condicionantes estruturais de projeto, como também, para a integração das estruturas de contenção com o conceito arquitetônico e sustentável proposto para o local. Diante deste contexto, este artigo aspira apresentar o projeto e detalhes da execução dos muros com o uso dos gabiões de malha eletrosoldada ancorados com geogrelha. Uma nova técnica construtiva para muros de solo reforçado, relevante para ser avaliada na implantação de projetos e obras de contenção sustentáveis com gabiões eletrosoldados.

PALAVRAS-CHAVE: Gabiões Eletrosoldados, Geogrelha e Solo Reforçado

ABSTRACT: Reinforced soil has become increasingly present in geotechnical works, especially those located in areas with rugged topography, high embankment heights and/or high design loads. The viability of these reinforced soil retaining structures requires safe, productive and environmentally sustainable stability techniques. In the construction of a commercial complex in the municipality of Indaiatuba, in the interior of São Paulo, a new construction method was implemented in the two reinforced soil retaining walls, using electrowelded mesh gabions anchored with 80 kN/m geogrids, gabions that were recently introduced in Brazil. This technique was chosen to meet the structural constraints of the project, as well as to integrate the retaining structures with the architectural and sustainable concept proposed for the site. In this context, this article aims to present the design and execution details of the walls using electrowelded mesh gabions anchored with geogrid. This is a new construction technique for reinforced soil walls that is relevant for evaluation in the implementation of sustainable containment projects and works using electrowelded gabions.

KEYWORDS: Electro-welded Gabions, Geogrid and Reinforced Soil

1 INTRODUÇÃO

Este artigo baseou-se na construção de dois muros de contenção em solo reforçado em uma área urbana, localizada no município de Indaiatuba/SP. Região situada a sudoeste do Estado de São Paulo, pertencente à região administrativa de Campinas e distante 112 km da capital São Paulo (IBGE,2023).

Trata-se de uma área grande, que futuramente irá receber a implantação de um importante complexo comercial. Por conta dos caimentos consideráveis para as principais frentes do terreno (Figura 1), este empreendimento será construído em diferentes platôs, o que motivou a construção destes muros de contenção. O apelo por obras geotécnicas seguras, sustentáveis e de melhor acabamento de face, foram as principais premissas dos responsáveis técnicos do empreendimento para a escolha do tipo de contenção.



Figura 1. Vista da lateral do terreno, local da construção de um dos muros
Fonte: De autoria própria

A construção dos platôs levou a uma grande movimentação de terra, que pôde ser mais bem aproveitada pela escolha da contenção de solo reforçado com geogrelha. A escolha pela geogrelha ocorreu por ser um geossintético capaz de agir como elemento de reforço em maciço de solo, como também de propiciar uma redistribuição global das deformações e tensões, o que possibilitou a adoção de estruturas de face vertical em gabião, com menor volume de aterro compactado e com a utilização do solo disponível no local.

A escolha pelos gabiões como elementos de face, procurou atender a importantes aspectos construtivos da sustentabilidade e a possibilidade da interação com o meio ambiente. Os gabiões são elementos modulares produzidos por arames de alta resistência, duráveis, que se utilizam de matérias primas como pedras para preenchimento e que quando empregados em estruturas de contenção, proporcionam uma estrutura permeável e de baixo impacto ambiental (BARROS, 2008). Outro aspecto relevante à obra, foi a possibilidade do gabião servir de apoio para plantas da espécie trepadeira tumbérgia, favorecendo ao paisagismo que será implantado no empreendimento, a presença das pedras e plantas cria um ambiente mais natural e harmonioso ao local (Figura 2).

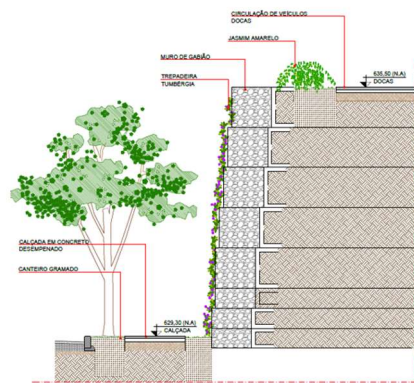


Figura 2. Imagem ilustrativa do muro de solo reforçado com gabião e geogrelha e mais a trepadeira
Fonte: Ilustração cedida pelo arquiteto da obra

Os gabiões utilizados na face destes dois muros de solo reforçado, foram do tipo de malha eletrosoldada. Diferente do gabião de malha tecido, gabião tradicional das obras geotécnicas brasileiras, nesta obra usou-se de um gabião novo na América Latina, os gabiões de malha soldado traz um conceito de promover estruturas de contenção de alta performance, fácil modulagem e com resistências superiores aos gabiões tradicionais (CRUZ, 2023).

Este artigo teve como objetivo apresentar dados do projeto e detalhes das etapas construtivas na utilização dos gabiões eletrosoldados como paramento frontal em muros de contenção em solo reforçado ancorados com geogrelha.

2 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DO LOCAL

Para a concepção dos muros de contenção deste empreendimento foram realizados furos de sondagem à trado e de simples reconhecimento, ensaios do tipo *Standard Penetration Test* (SPT), sendo um furo em cada

local da construção do muro. Todas as sondagens foram realizadas de acordo com as recomendações da ABNT NBR 6484/2020, as perfurações foram executadas com avanço a seco até a profundidade permitida pela resistência do terreno, ou até encontrar o nível d' água, no Muro 1 tivemos o furo Nspt 01 com a leitura do perfil do solo representado na Figura 3, o Nspt 02 para o Muro 2 com perfil na Figura 4.

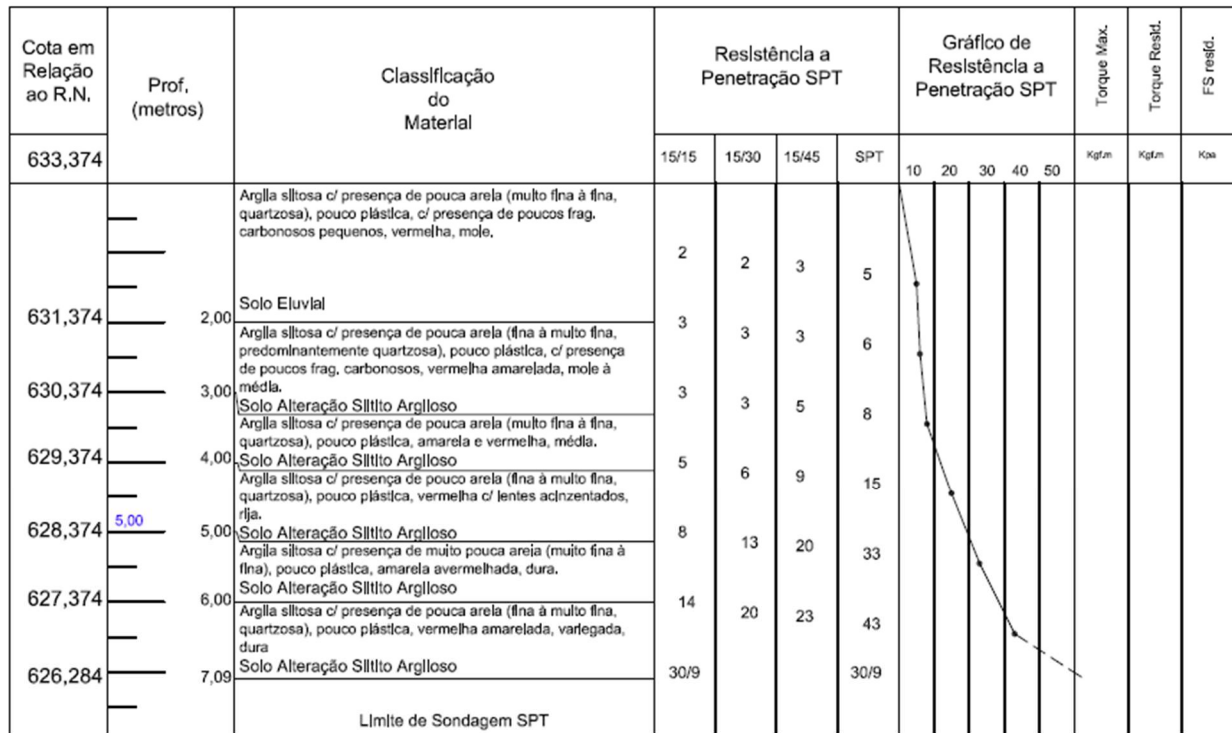


Figura 3. Perfil do solo da sondagem do furo Nspt 01
 Fonte: Empresa contratada para sondagem

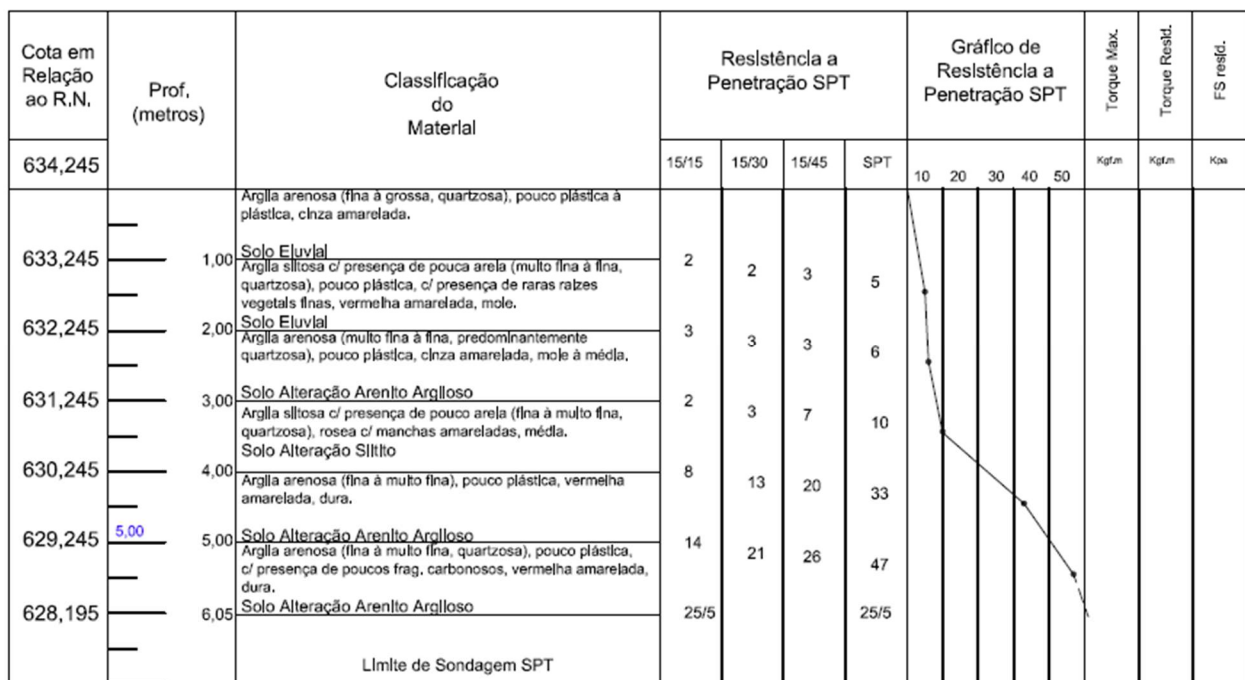


Figura 4. Perfil do solo da sondagem do furo Nspt 02
 Fonte: Empresa contratada para sondagem

No furo Nspt 01 do Muro 1 a leitura geológica foi de um solo com composição argila siltosa com presença de pouco areia fina, consistência dura nos 2 metros finais da perfuração, iniciando com 5 newtons de resistência a penetração SPT e chegando no último metro de leitura, a uma camada com 43 newtons de SPT. No Muro 2, o furo Nspt 02 trouxe leitura semelhante, nos 6 metros perfurados, uma alternância de argila arenosa com argila siltosa com presença de pouca areia, a resistência a penetração SPT iniciou com 5 newtons de resistência, chegando a uma resistência de 47 newtons de SPT na última camada. Nos dois furos analisados não foi encontrado presença de nível d' água.

3 ANÁLISE DE ESTABILIDADE

Para a conferência e verificação da análise de estabilidade dos muros de contenção em solo reforçado com gabiões eletrosoldados ancorados com geogrelha desta obra, utilizou-se do *software* GEO5. Os critérios para avaliar a condição de estabilidades dos muros, foram determinados com base nas recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 16920-1/2021 – Muros e taludes em solos reforçados – Parte 1: Solos reforçados em aterros.

Baseado nas recomendações mínimas da ABNT NBR 16920-1/2021, e por ter a construção de muros para uma área com futura movimentação intensa de pessoas no empreendimento comercial, além de uma previsão de dano material e ambiental de nível médio, o fator de segurança mínimo escolhido do projeto foi de 1,5 para os dois muros. Para o cálculo das análises de estabilidade foram usados a seção de maior altura de cada muro (Figuras 5 e 6), estimando parâmetros de resistência dos materiais componentes do maciço, tomando como base as sondagens conduzidas e acervo de outros projetos e estudos na mesma região; além da resistência de 80 kN/m da geogrelha e o gabião no paramento frontal.

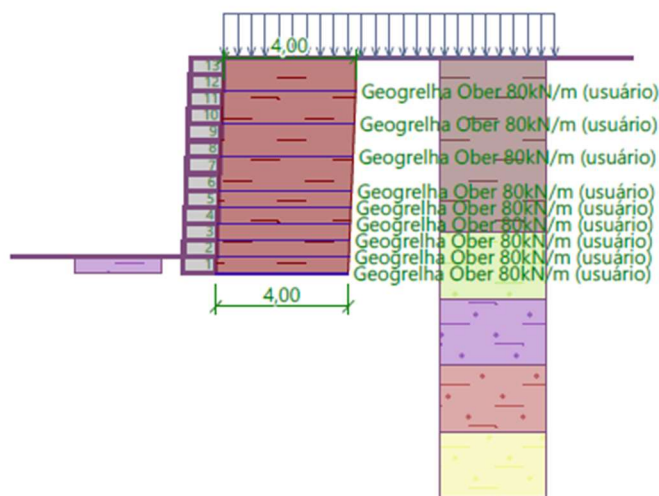


Figura 5. Perfil da seção de 6,5 metros do Muro 1
Fonte: Relatório de Análise de Estabilidade GEO5

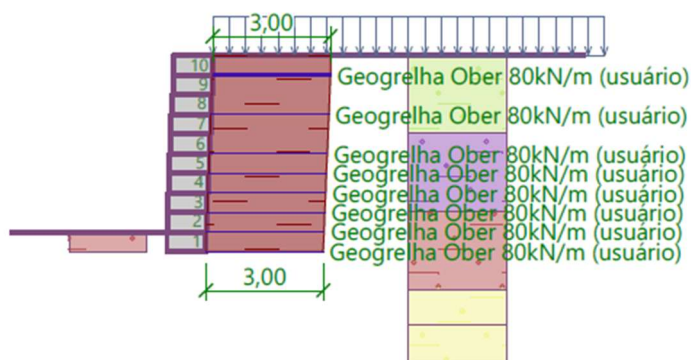


Figura 6. Perfil da seção de 5,0 metros do Muro 2
Fonte: Relatório de Análise de Estabilidade GEO5

Devido a semelhança dos furos de sondagem, os parâmetros efetivos de resistência e os pesos específicos das camadas adotadas para o Muro 1 e 2 foram os mesmos, os quais estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de resistência utilizados no Muro 1 e 2.

Material	γ (kN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)
Aterro	19	12	25
Solo fundação	20	30	25
Argila Siltosa	18	5	20
Mole			
Argila Siltosa	19	10	22
Média			
Argila Siltosa	19	15	23
Rija			
Argila Siltosa	20	20	24
Dura			
Rachão	17	0	35

Estes parâmetros foram utilizados no cálculo e conferência da estabilidade dos muros, que demonstrou atender todos os fatores de segurança obtidos nas análises do Muro 1 e 2, como também os correlacionou com o valor mínimo recomendado pela ABNT NBR 16920-1/2021 e adotados no projeto, números descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Fatores de segurança obtidos para os Muros 1 e 2 (continua).

FS	Muro 1	Muro 2	Referência de FS mínimo	Situação
Tombamento	11,95	6,68	2,0	Ok
Solo fundação	3,19	3,0	3,0	Ok
Deslizamento	2,64	1,84	1,5	Ok
Estabilidade				
Interna	11,91	8,05	1,5	Ok
(arrancamento)				
Estabilidade	2,06	1,56	1,5	Ok
Global				
Estabilidade	2,03	1,69	1,5	Ok
de talude				

Nesta obra não foi possível fazer analisar a deformação e deslocamento dos muros, pois não foram utilizados equipamentos de instrumentação para monitoramento e medição durante o ciclo construtivo, como também no pós obra.

4 MUROS DE GABIÕES DE MALHA ELETROSOLDADA COM GEOGRELHA

Os dois muros de solo reforçado foram construídos conforme o projeto executivo, o qual especificou no paramento frontal o uso de gabiões de malha eletrosoldada com alturas de 0,5 - 1,0 metro e largura de 1 metro, do tipo Easy S. Os gabiões de malha soldada são caixas metálicas modulares, produzidos por malhas eletrosoldadas com arames de aço carbono a partir de 4 mm de diâmetro, com resistência mecânica de 550-700 MPa e gramatura mínima de 350 g/m², revestidos metalicamente por um processo de galvanização a banho quente, o qual segue as Normas Europeias DIN EN 10.223-8:2013 e DIN EN ISO 9227 (BELGO, 2022).

O preenchimento destes gabiões foi feito com pedras do tipo basalto, com granulometria variando entre

12 e 20 cm, o que permitiu a diminuição de vazios nas caixas e melhor confinamento nos painéis dos gabiões, confeccionados com malhas com aberturas retangulares de 5 x 10 cm.

No quesito do reforço estrutural, foi projetado e utilizado a geogrelha com filamentos de poliéster de alta tenacidade, revestidas por uma camada de PVC para proteção contra danos mecânicos e a agressões biológicas e químicas, do tipo FortGrid. A resistência especificada à tração foi de 80 kN/m no sentido longitudinal e transversal a 30 kN/m, com fator de redução de 1,45 (fluência em 75 anos) e módulo de rigidez a tração de 666,7 kN/m (OBER, 2021).

O Muro 1 contou com uma extensão total de 70 metros com seções de alturas variadas, iniciou com uma seção de 1,5 metros de altura e chegou a uma altura máxima de 6,5 metros (Figura 7). As alturas variaram conforme o caimento do terreno, usou-se de um lastro de rachão de 20 cm antes da primeira camada do gabião e um comprimento de 5 metros de geogrelha por camada de reforço. O volume total de gabiões de malha soldada foi de 414,5 m³ e de 2.574 m² de área de uso de geogrelha.

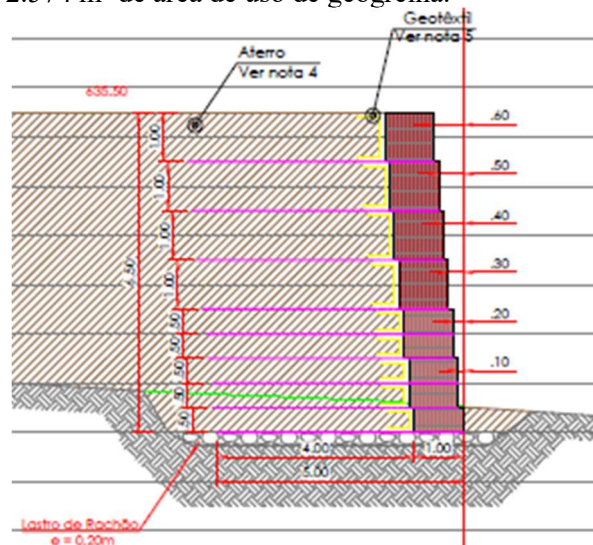


Figura 7. Seção tipo do Muro 1 com 6,5 m de altura
Fonte: Projeto executivo da obra

O Muro 2 teve uma extensão maior e também seguiu o caimento do terreno, seu comprimento total foi de 204 metros, com seção inicial de 1 metro de altura até seções com 5 metros de altura máxima (Figura 8). O comprimento da geogrelha foi de 4 metros por camada de reforço e também contou um lastro de rachão antes da primeira camada. O volume total de gabiões de malha soldada foi de 838,5 m³ e de 4.648 m² de área de uso de geogrelha.

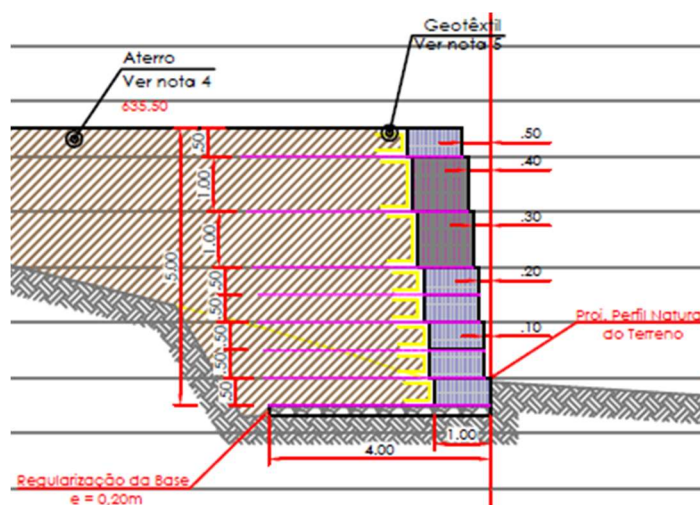


Figura 8. Seção tipo do Muro 2 com 5 m de altura
Fonte: Projeto executivo da obra

O processo de execução dos muros de solo reforçado com gabiões de malha soldado ancorados com geogrelha, assemelha-se muito a um muro com paramento frontal de gabião tecido (tradicional), construções secas com utilização de poucos materiais e uso racional dos recursos naturais. De início, teve-se as etapas básicas de uma construção geotécnica, com locação das estruturas por topógrafo, seguido por uma escavação para fundação do muro, aplicação de um lastro de rachão de 20 cm para melhor compactação e nivelamento do terreno, antes da execução da primeira camada do solo reforçado (Figura 9). Logo após estas etapas, foi aplicado a primeira camada de geogrelha, com trespasse de 15 cm entre cada pano do geossintético, com os filamentos de maior resistência a tração no sentido do maior esforço e com o cuidado para desobstrução e possíveis danos mecânicos a geogrelha, o comprimento seguiu o especificado em projeto, 5 metros para o Muro 1 e 4 metros para o Muro 2. Nos trechos que a geogrelha ficava abaixo dos gabiões, a faixa de 1 metro referente a largura do gabião, ela era dobrada de modo a ter uma dupla camada de geogrelha.

A aplicação da geogrelha, somado a este detalhe da dupla camada e com os gabiões eletrosoldados sendo modulados como paramento frontal, repetiu-se em cada camada de reforço dos muros (Figura 10).



Figura 9. Preparação do terreno do Muro 1
Fonte: De autoria própria



Figura 10. Montagem do gabião com geogrelha
Fonte: De autoria própria

Os gabiões eletrosoldados usados na face destes muros são modulares e utiliza-se de peças prontas, ou seja, painéis unidos por conexões em espiral e que utiliza de tirantes pré-formados, não geram sobras. Diferente do gabião de malha tecido, estes gabiões não usa arame de amarração, não necessita por costuras manuais para formar a peça, unir a caixas adjacentes, confeccionar tirantes, como também não deixa a obra dependente da expertise por uma mão de obra qualificada para tais atividades. O processo de montagem demonstrou ser simples, painéis horizontais e verticais unidos por conexões em espiral com diâmetro do arame de 5 mm, a montagem foi contínua e não teve sobreposição de painéis, o que levou a um menor consumo de material (Figura 11).

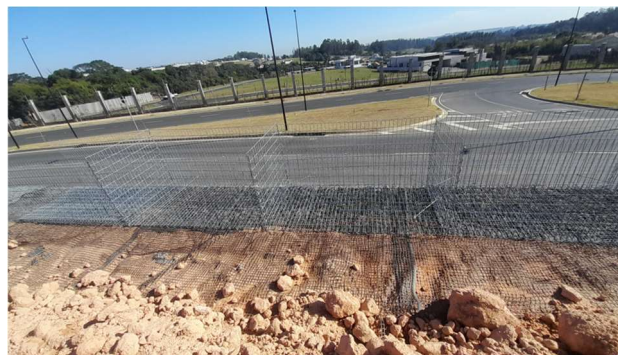


Figura 11. União dos gabiões de malha soldada com conexões em espiral
Fonte: De autoria própria

Para um melhor acabamento de face e evitar possíveis perdas de alinhamento dos painéis, a obra usou de gabaritos na frente dos painéis durante toda a etapa de preenchimento dos gabiões (Figura 12). Os cuidados pela seleção das pedras e diminuição dos vazios estiveram presentes em toda a construção dos muros. O

preenchimento foi feito por camadas, para os gabiões com altura de 1 metro, duas camadas de tirantes, uma a cada 30 cm, enquanto para os gabiões de 0,5 metros, uma única camada de tirante a 20 cm. A linha de tirantes é compreendida por 4 tirantes, um em cada chanfre da caixa e com tirantes no sentido longitudinal a cada 50 cm (Figura 13).



Figura 12. Montagem do dos gabiões com gabarito
Fonte: De autoria própria BELGO (2022)

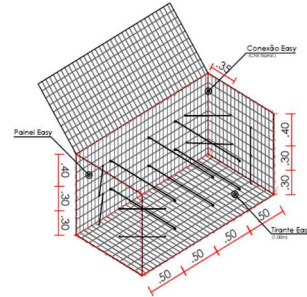


Figura 13. Posicionamento dos tirantes
Fonte: BELGO (2022)

A etapa construtiva que compreendeu o aterro no tardo do paramento frontal (Figura 14), seguiu a recomendação da ABNT NBR 16920-1/2021, utilizou-se de um solo arenoso livre de materiais orgânicos, provenientes da compensação dos cortes no terreno para construção dos platôs para as futuras edificações no local da obra. Foi adotado como grau de compactação mínimo (Proctor Normal) igual a 98 %, teor de umidade ótima controlada, o critério de aceitação foi de $0,8 \text{ wot} \leq w \leq 1,1 \text{ wot}$, com camada compactada de espessura máxima de 20 cm. A compactação ocorreu com compactador manual na faixa de 1,5 metros (calculada a partir da face posterior do elemento gabião) e com compactador mecânico do tipo pé de carneiro para o restante do terrapleno (Figura 15). Ensaios de compactação foram executados em todas as camadas de terraplenagem durante a construção dos muros, porém não foram disponibilizados pelos proprietários da obra.



Figura 14. Face do Muro
Fonte: De autoria própria



Figura 15. 1 Compactação do aterro
Fonte: De autoria própria

5 CONCLUSÕES

Os muros de solo reforçado com paramento frontal em gabião eletrosoldado ancorados com geogrelha, demonstraram atender tecnicamente a ABNT NBR 16920-1/2021, com valores de estabilidade superiores aos fatores de segurança mínimos exigidos em norma, quando dimensionados com seções e geogrelhas condizentes aos esforços solicitados e parâmetros de solo do local. As etapas construtivas do muro de solo reforçado com geogrelha, foram as mesmas que teríamos com o uso de um gabião de malha tecido (tradicional) na face. As diferenças ficaram na montagem dos gabiões, que utilizou de peças prontas e práticas de instalação, como também na entrega das propriedades físicas do gabião eletrosoldado, um material com maior resistência mecânica e proteção a corrosão, que possibilitou uma entrega de face com mínima deformação e de melhor acabamento estético (Figura 15). A escolha pelo gabião eletrosoldado ancorado com a geogrelha atendeu as premissas de projeto, entregou ao cliente final uma obra sustentável e com segurança geotécnica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). NBR 6484. *Solo-Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de Ensaio*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021). NBR 16920-1. *Muros e taludes em solos reforçados - Parte 1: Solos reforçados em aterros*. Rio de Janeiro.
- Barros, Pêrsio Leister Almeida (2008) *Manual técnico de obras de contenção*. Maccaferri do Brasil, 2008. 1 ed., São Paulo.
- Belgo Arames (2022) *Especificação técnica do gabião modular de malha soldada conexões em espiral e tirantes preformados*.
- Cruz, F. F. da, Rocha, C. V., & Paschoalin Filho, J. A. (2023) *Análise técnica e econômica dos gabiões de malha soldada como nova tecnologia para muros de contenção urbana*. Scientific Journal ANAP, 1(8). Disponível em: <<https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap/article/view/4386>>. Acesso em: 12 fev. 2024.
- Deutsches Institut für Normung (2013). DIN EN 10.223-8:2013. *Steel wire and wire products for fencing and netting - Part 8: Welded mesh gabion products; English version EN 10223-8:2013*.
- Deutsches Institut für Normung (2022). DIN EN 9227:2022. *Corrosion tests in artificial atmospheres. Salt spray tests; English version EN 9227:2022*.
- GEO5, Software (ed.) (2020) Fine Software.
- IBGE (2024) *Indaiatuba*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/indaiatuba/panorama>> Acesso em: 16 fev. 2024.
- OBER (2022) *Catálogo OBER – Geogrelhas FortGrid*.