

Cortina atirantada de estacas justapostas com sistema de travamento utilizando brackets em obra no Distrito Federal

Anchored pile cap with bracket locking system at a construction site in the Federal District

DOI:10.34117/bjdv7n5-402

Recebimento dos originais: 19/04/2021

Aceitação para publicação: 19/05/2021

Rafael Meireles Borba

Engenheiro Civil pelo Centro Universitário de Brasília - CEUB
Instituição: RB Engenharia e Construção
Endereço: SHIGS 707, bloco k, casa 15, Asa Sul, Brasília DF, Brasil
E-mail: rafaelmeirelesborba@gmail.com

Neusa Maria Bezerra Mota

Doutora em Geotecnia
Instituição: Centro Universitário de Brasília - CEUB
Endereço: Condomínio Provê Rural do Lago Sul, Conjunto F, Casa 21, Tororó, Brasília/DF, Brasil
E-mail: neusa.mota@ceub.edu.br

Gabriela de Athayde Duboc Bahia

Mestre em Geotecnia
Instituição: Centro Universitário de Brasília - CEUB
Endereço: Condomínio Vivendas Colorado, módulo H, casa 2^a, Sobradinho/DF, Brasil
E-mail: gabrieladuboc@gmail.com

RESUMO

Em decorrência da falta de espaço nas grandes cidades e das limitações construtivas dos terrenos, uma das soluções adotadas para o melhor aproveitamento do espaço é a construção de pavimentos subterrâneos. Devido a escavação desses pavimentos ser realizada, em sua grande maioria, em uma inclinação de 90° são necessárias soluções geotécnicas para a contenção do solo local. Nesta situação, o trabalho do engenheiro geotécnico é buscar a metodologia que atenda aos critérios de segurança da obra, e que seja a melhor solução em relação aos prazos de execução dos serviços e aos custos de construção. Este artigo apresenta um estudo de caso de um empreendimento comercial localizado no Distrito Federal, em que foi utilizado como solução para o sistema de contenção, um sistema de travamento de tirantes com brackets em uma cortina atirantada com estacas justapostas. Os brackets, são peças metálicas que permitem receber o tirante em angulações entre 17,5° e 37,5°, realizando a ancoragem para o travamento da cabeça do tirante. A tecnologia, que já é utilizada há aproximadamente 10 anos em outros países, foi empregada pela primeira vez no Brasil a fim de aumentar a produtividade da obra. Para testar a eficiência do sistema foram realizados diversos ensaios que garantiram a segurança e o perfeito funcionamento do dispositivo implantado. A utilização do referido sistema permitiu além do aumento da produtividade, a redução de resíduos e a redução dos custos da obra devido à diminuição do efetivo. O uso dos brackets associado à adoção do cimento CPV-ARI se comparado com a utilização de cunha de grau, possibilitou a

redução de 147% do ciclo de uma linha de tirantes e a redução de cura de um tirante em 400%. O ciclo da contenção apresentou uma redução de 181%, passando de 7,8 meses para 4,3 meses. Tudo isso representou em uma economia de R\$1.716.633,72 (um milhão setecentos e dezesseis mil seiscentos e trinta e três reais e setenta e dois centavos) para a obra.

Palavras-Chave: Brackets, Contenção, Tirante, Estabilidade.

ABSTRACT

Due to the lack of space in large cities and the constructive limitations of the land, one of the solutions adopted for the best use of space is the construction of underground sidewalks. Because the excavation of these sidewalks is mostly performed at a 90° inclination, geotechnical solutions are necessary for the containment of the local soil. In this situation, the geotechnical engineer's job is to find the methodology that meets the safety criteria of the project, and that is the best solution in relation to the execution deadlines and the construction costs. This paper presents a case study of a commercial enterprise located in the Federal District, in which the solution used for the containment system was a tie-rod locking system with brackets in a curtain wall with collimated piles. The brackets are metal parts that allow the tie rod to be received at angles between 17.5° and 37.5°, providing anchorage for the locking of the rod's head. The technology, which has been used for approximately 10 years in other countries, was used for the first time in Brazil in order to increase the productivity of the project. To test the efficiency of the system, several tests were performed to guarantee the safety and perfect functioning of the implanted device. The use of this system allowed not only an increase in productivity, but also a reduction in waste and a reduction in construction costs due to the reduction in headcount. The use of brackets associated with the adoption of CPV-ARI cement, when compared to the use of wedge grade, allowed a 147% reduction in the cycle of a tie rod line and a 400% reduction in the curing of a tie rod. The containment cycle was reduced by 181% from 7.8 months to 4.3 months. All this represented an economy of R\$1,716,633.72 (one million seven hundred and sixteen thousand six hundred and thirty-three reais and seventy-two cents) for the work.

Keywords: Brackets, Containment, Anchorage, Stability.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de pavimentos subterrâneos nas construções vem sendo cada dia mais corrente nas obras de edificações. Isso se deve a ausência de espaço nas grandes cidades e as limitações construtivas. Devido à angulação dessas escavações, geralmente realizadas em 90°, é necessária a escolha de uma metodologia adequada para a contenção do solo local.

A contenção do solo é caracterizada pela introdução de uma estrutura ou de elementos estruturais no solo com o objetivo de elevar a resistência do maciço a fim de estabilizá-lo.

Dentre as metodologias de contenção de solo existentes destacam-se os muros de

contenção, os grampos, a utilização de solo reforçado com geossintéticos e as cortinas atirantadas. A escolha da metodologia a ser utilizada irá depender do grau de complexidade da obra, do tipo de solo a ser contido, do clima da região, dos custos envolvidos entre outros fatores.

Cada uma das metodologias tem um princípio diferente para a contenção do solo, no caso dos muros de contenção são empregadas estruturas corridas ou mistas junto ao solo para a estabilização do maciço. As suas fundações podem ser direta ou rasa e corrida. Os grampos consistem na execução de chumbadores no solo com a execução de drenagem e utilização de concreto projetado para resistir às ações do maciço. Já a metodologia de solo reforçado com geossintéticos consiste na utilização do geossintético para restringir as deformações do solo.

No caso do sistema de cortinas atirantadas, os tirantes são elementos lineares introduzidos no solo capazes de transmitir os esforços de tração entre a estrutura e o maciço, suportando os carregamentos de empuxo do solo e as sobrecargas. Nesse tipo de sistema são empregados, usualmente, os blocos de ancoragem para o travamento desses elementos e vigas de concreto, denominadas cunhas de grau, para que os tirantes fiquem inclinados em relação à estrutura, de acordo com o projeto. No entanto, devido à baixa produtividade deste elemento e a necessidade de equipe especializada para a realização dos serviços, muitas vezes pode atrasar o cronograma da obra, uma vez que o referido sistema não admite erros. Como forma de solucionar essa questão, uma obra realizada no Distrito Federal buscou uma forma de substituição do sistema de cunhas de grau por um sistema mais eficiente e de custo equivalente, os denominados brackets.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

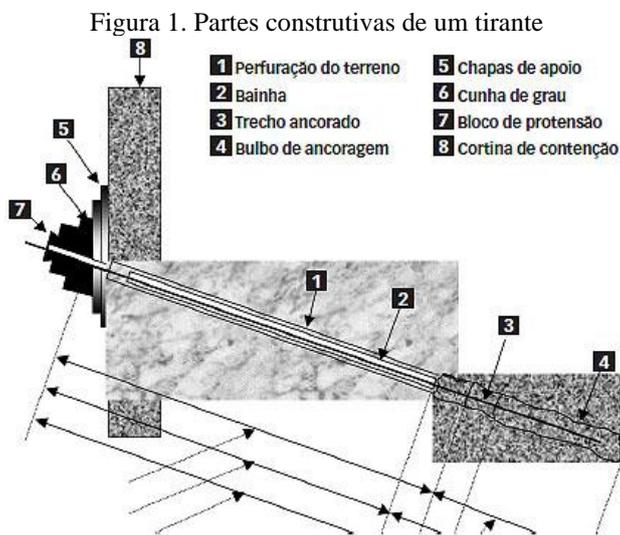
2.1 CORTINA ATIRANTADA

De acordo com Hachich et. al (1998), as cortinas são contenções ancoradas ou apoiadas em outras estruturas, o que proporciona um menor deslocamento do sistema, podendo levar os maciços contidos a comportarem-se em regime elastoplástico.

No caso das cortinas atirantadas utilizam-se os tirantes para a realização da ancoragem da estrutura no maciço. Os tirantes são elementos lineares capazes de transmitir os esforços de tração gerados entre as suas extremidades. Eles podem ser classificados como tirantes ativos, quando há carga de protensão após a injeção da calda de cimento, ou passivos, quando não há carga de protensão.

As partes constitutivas dos tirantes são: o trecho livre, o qual liga a cabeça do

tirante ao bulbo; o bulbo de ancoragem, que transmite os esforços gerados para o maciço; o aço, o qual é o elemento resistivo à tração, composto, geralmente, de cordoalhas; e a cabeça que é responsável por transferir os carregamentos do solo e sobrecargas para a estrutura da cortina, conforme pode ser observado na figura 1.



Fonte: Revista de Infraestrutura Urbana, fev-2017

Um dos métodos construtivos utilizados com a utilização dos tirantes é a cortina atirantada com estacas escavadas justapostas.

Segundo Hachich et. al (1998), o processo executivo da cortina atirantada com estacas escavas, é dividido em sete etapas, as quais serão descritas nos itens 2.1.1 a 2.1.7.

2.1.1 Execução das Estacas Escavadas

A primeira atividade a ser empregada na construção desse tipo de cortina atirantada é a execução de estacas escavadas justapostas, tipologia de estacas também usadas em fundações (Frias, et al, 2020). O diâmetro e o espaçamento entre as estacas devem ser executados conforme solicitado em projeto. Esse tipo de contenção é realizado ao longo de todo o perímetro da obra a ser contido.

Após a execução dessa etapa inicia-se a escavação do terreno, primeiramente até a primeira linha de tirantes determinada em projeto em uma angulação próxima a 90°, conforme figura 2.

Figura 2. Execução da primeira linha de tirantes



Fonte: Própria

2.1.2 Montagem do Tirante

De acordo com a NBR 5629 (ABNT, 2006), o tirante deve passar por um tratamento que consiste na proteção anticorrosiva do aço presente na peça. Esse tratamento tem por finalidade garantir que o tirante não sofra nenhuma alteração de sua resistência quando estiver tensionado e em contato com o solo.

As proteções são divididas em três classes que são específicas para o tipo de tirante e o tipo de solo do projeto.

Durante a montagem do tirante deve-se levar em conta a instalação adequada de todos os seus acessórios a fim de garantir os esforços solicitados.

Usualmente são utilizados três tipos de tirantes: tirantes de fios; tirantes de cordoalhas e tirantes de barra.

a) Tirantes de fios: são compostos por um feixe de fios de aço centralizado no furo do tirante (figura 3). Apresenta boa flexibilidade, ajudando, assim, na sua instalação.

b) Figura 3. Tirante de fios

Fonte: www.tecnogeo.com.br (19/05/2016)

b) Tirante de cordoalha: são caracterizados pela junção de cabos de aço que irão fornecer a resistência necessária na etapa de protensão (Figura 4). Esse tipo de tirante é flexível, o que facilita seu transporte e a execução do serviço. O tirante tipo cordoalha possui um tubo de PVC no seu interior onde é realizado a injeção da calda de cimento, para que se forme um bulbo de ancoragem.

Figura 4. Tirante de cordoalha



Fonte: www.dicionariogeotecnico.com.br, 28/02/2017

c) Tirantes de barra: são constituídos por barras de aço CA-50 e CA-60, com tensão de escoamento mínima de 500 e 600 MPa, respectivamente. As barras podem ou não apresentar roscas na sua constituição (Figura 5).

Figura 5. Tirante de barra



Fonte: INCOTEP

2.1.3 Perfuração do solo

Nesta etapa deve-se seguir rigorosamente os parâmetros de projeto, entre elas a locação e a inclinação do fuste para a instalação dos tirantes. Segundo a NBR 5629 (ABNT, 2006) é tolerado utilizar qualquer sistema de perfuração, desde que o furo seja retilíneo e com diâmetro e inclinação de acordo com as especificações exigidas.

Após a perfuração, o sistema utilizado deve garantir que o furo permaneça aberto até que ocorra a injeção da calda de cimento (Figura 6).

Figura 6. Perfuração do solo



Fonte: Própria

2.1.4 Instalação dos Tirantes

A etapa de instalação consiste no posicionamento do tirante no furo. A introdução do tirante deve ser lenta e cuidadosa para evitar qualquer dano ou atrito excessivo contra as paredes do furo, a fim de que se mantenham preservadas as características iniciais dos tirantes.

De acordo com a instalação e com a finalidade dos tirantes, segundo a NBR 5629 (ABNT, 2006), a classificação é dada por: tirante injetado, tirante provisório, tirante permanente, tirante reinjetável, tirante não reinjetável.

2.1.5 Injeção da Calda de Cimento

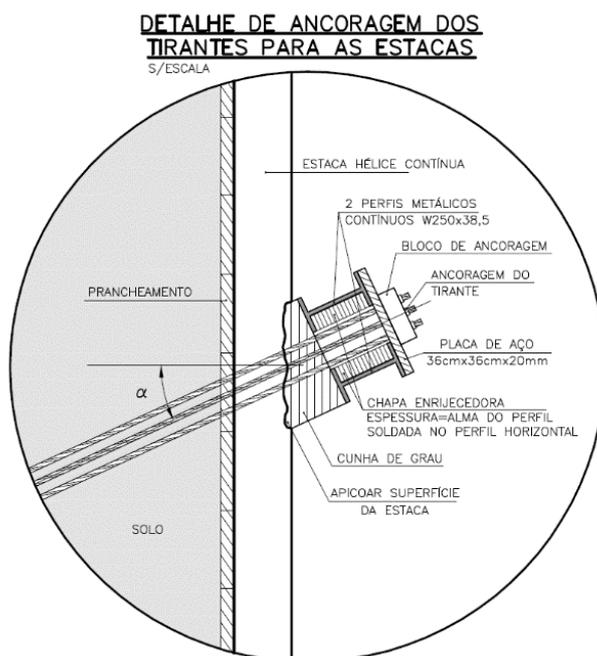
De acordo com a NBR 5629 (ABNT, 2006), a injeção do tirante pode ser realizada de duas formas: fase única ou múltiplas fases.

Na fase única o aglutinante é introduzido no furo. Já na injeção múltipla é dividida em duas etapas: a injeção da bainha, ou primária; e a injeção do bulbo, ou secundária. A injeção da bainha é feita logo após a inserção do tirante no furo e consiste no preenchimento do furo com calda de cimento por gravidade, com fator água/cimento de 0,4. A injeção do bulbo é realizada sob pressão posteriormente à cura da primeira injeção.

2.1.6 Ancoragem dos Tirantes

Para que os tirantes fiquem ancorados na angulação definida em projeto é muito comum a utilização de sistemas rígidos compostos por vigas de concreto, inclinadas em relação à estrutura de contenção. Essas estruturas são denominadas cunhas de grau, conforme pode ser observado na figura 7.

Figura 7. Sistema de travamento com cunha de grau



Fonte: Fornecido pelo empreendimento

Diversas vezes, por questões ligadas ao prazo e custo, as vigas e as cabeças dos tirantes, no processo utilizando o sistema tradicional, são sucateadas, não podendo ser reaproveitadas. Além disso, o método, geralmente, não possibilita adequação de erros de angulação causados durante a execução. Esse tipo de situação acaba por gerar esforços e momentos não previstos na cabeça do tirante, reduzindo, assim, sua capacidade de suporte.

2.1.7 Protensão

Segundo a NBR 5629 (ABNT, 2006) todos os tirantes de um projeto de contenção devem ser submetidos ao ensaio de protensão (figura 8).

Figura 8. Protensão do tirante



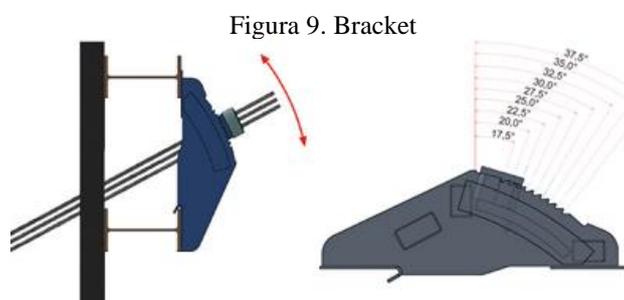
Fonte: Própria

O ensaio é realizado com o auxílio de um conjunto macaco hidráulico/bomba/manômetro.

Os tirantes são protendidos contra a estrutura com o objetivo de verificar o seu comportamento sob a ação de carga, por meio dos deslocamentos elásticos e permanentes, e da capacidade de carga.

2.2 SISTEMA DE TRAVAMENTO DE TIRANTES POR BRACKETS

Essa tecnologia substitui o sistema de travamento de tirantes com a cunha de grau. Conforme observado na figura 9, o bracket é composto por vigas metálicas e por cabeça de ancoragem para os tirantes (Wolney, 2014).



Fonte: Wolney, 2014

Entre as suas principais características pode-se citar:

- a) Garantia da resistência e das especificações de projeto;
- b) Redução considerável da necessidade de soldas e grampos do sistema na estrutura, o que permite o seu total reaproveitamento;
- c) Possibilidade de receber o tirante em diversas angulações, de 17,5° a 37,5°, permitindo a correção de erros inerentes à execução e evitando o esforço de momento na cabeça do tirante;
- d) Aumento da produtividade de execução dos serviços; e
- e) Redução de resíduos, devido a sua reutilização.

O sistema de travamento por brackets pode ser utilizado para tirantes de barras ou tirantes de cordoalhas de 4 a 8 cordoalhas de ½”.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento em estudo, localizado no Distrito Federal, é um complexo comercial constituído por 10 (dez) torres cada uma contendo 1 (uma) cobertura, 4 (quatro)

pavimentos tipo, 1 (um) térreo e 2 (dois) subsolos, conforme Figura 10.

Figura 10. Empreendimento



Fonte: Fornecido elo empreendimento

O projeto de contenção inicial consistia na realização de estacas escavadas com diâmetro de 0,60 m e profundidade de até 20 m, espaçadas a 1,4 m cada, e perfis metálicos W310x52 cravados espaçados a cada 2 m com 24 m de profundidade. Sobre esses elementos seriam apoiados tirantes de até 20 m de comprimento apoiados sobre uma cunha de grau de concreto.

Porém, devido ao atraso do início da construção aliado a etapa de escavação e contenção do talude ter coincido com o período de maiores índices pluviométricos na região, foi necessária a utilização de soluções industrializadas que pudessem garantir maior produtividade mantendo o orçamento da obra. Após um estudo realizado entre o projetista de contenção e o engenheiro da obra, percebeu-se que a execução da cunha de grau era o caminho crítico da execução dos tirantes e optou-se por substituir esses elementos pelo sistema de travamento por brackets.

Dessa forma, o projeto inicial da contenção se manteve, substituindo apenas a execução da cunha de grau.

3.2 PROCEDIMENTOS

Para execução do sistema de brackets, primeiramente, foi realizada a escavação do terreno e a contenção. Após a cravação dos perfis metálicos e execução das estacas escavadas, perfurou-se a região da contenção até o nível da primeira linha de tirantes. Nessa fase foi necessário deixar uma berm de equilíbrio de 10 m de largura para que os colaboradores e os equipamentos necessários pudessem executar o serviço com segurança.

Após essa etapa, prosseguiu-se com a execução do tirante e a perfuração do solo com o auxílio de uma mini perfuratriz. A locação do tirante é verificada via topografia, e o ângulo de perfuração via gabarito. Conforme projeto da referida obra os ângulos de inclinação dos tirantes são de 15° e 20°.

Paralelamente à perfuração, os tirantes são montados com o comprimento, número de cordoalhas, tubos, mangueiras e válvulas manchetes, conforme determinados em projeto. Em seguida, os tirantes são inseridos no furo de forma lenta e cuidadosa.

Ao longo da execução dos tirantes teve-se 51% dos tirantes com 2 (duas) injeções secundárias, 24% e 23% com 3 (três) e 4 (quatro) injeções secundárias, respectivamente. As injeções foram realizadas com cimento CPV-ARI.

Após a cura da última injeção são apoiadas vigas de perfil metálico diretamente sobre as estacas e sobre os perfis cravados.

Em seguida, os brackets são encaixados no perfil, ajustando sua angulação através da sua parte móvel, (figura 11). O perfil metálico inferior era apoiado com auxílio de calços. Em cada lado do tirante um perfil de 0,50 m foi soldado na vertical para apoiar o perfil horizontal acima e enrijecer o conjunto de perfis a fim de evitar torções durante a protensão.

Figura 11. Sistema de travamento por brackets



Fonte: Própria

Por último, é realizada a protensão dos tirantes com o auxílio de um macaco hidráulico. Nessa etapa são colocadas as peças que compõem a cabeça do tirante, ou seja, o bloco de ancoragem e os clavetes.

Com a pressão da protensão, os brackets e perfis ficam fixos na contenção e pode-se prosseguir com a escavação.

Após a finalização da estrutura de concreto os tirantes, devido ao caráter

provisório, foram removidos cortando as cordoalhas com um maçarico e com o auxílio de um anteparo, para o caso de serem projetados (figura 12).

Figura 12. Remoção dos tirantes



Fonte: Própria

4 ANÁLISES E RESULTADOS

O principal resultado dos brackets foi o ganho de produtividade na execução do serviço.

Pelo antigo planejamento da obra observaram que para a execução da cunha de grau gastariam 2 (dois) dias para a sua montagem e concretagem e 14 (catorze) dias para a cura, sendo considerado o caminho crítico da execução dos tirantes. Com a mudança do sistema de travamento, o tempo foi reduzido, para 4 (quatro) dias, considerando a montagem dos perfis com brackets junto ao tempo de cura das injeções.

Dessa forma o ganho de produtividade foi de 400%, reduzindo o tempo de execução de 16 (dezesesseis) dias para 4 (quatro) dias.

Considerando a interface com as demais atividades dos tirantes, temos na execução de uma linha com 24 (vinte e quatro) tirantes a redução do ciclo de execução de 28 (vinte e oito) dias para 19 (dezenove) dias, representando um total de 147% de redução no ciclo.

Por meio dos altos índices de produtividade alcançados na execução, forma recuperados 2,73% de avanço físico, equivalente aos 3 (três) meses de atraso no início do projeto. Com isso, as atividades subsequentes de fundação e estrutura das torres foram antecipadas em 20 (vinte) dias. O ciclo de contenção foi reduzido de 7,8 meses para 4,3 meses, o que representou 181% de redução. Tal fato foi ratificado no fechamento do cronograma anual de 2014, onde o avanço físico da obra era de 27,56%, superando assim em 1,4% o avanço físico de 26,16% pactuado pelas empresas responsáveis pelo empreendimento.

O custo total incorrido com os tirantes foi de R\$1.656.754,65. O investimento

total nos 222 (duzentos e vinte e dois) brackets utilizados foi de R\$72.532,70. Destaca-se que os brackets apenas substituíram as cunhas de grau que já haviam sido previstas em orçamento e isso gerou uma economia de R\$18.893,76, conforme tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Custos brackets

Material	Und	Qnt x índ	Valor unit	Valor total
Bracket 4 cabos	UN	3,24	R\$217,50	R\$5.872,5
Bracket 6 cabos	UN	53,41	R\$325,00	R\$35.425,0
Bracket 8 cabos	UN	33,54	R\$363,20	R\$31.235,2
TOTAL				R\$72.532,7

Tabela 2. Custos cunha de grau

Material	Und	Qnt x índ	Valor unit	Valor total
Concreto fck 20MPa	M ³	2,18	R\$210,00	R\$4.590,32
Tábua	M	4,61	R\$5,45	R\$5.518,13
Sarrafo	M	38,31 6,2	R\$3,70	R\$10.789,2
Prego	KG	118,2	R\$4,05	R\$656,10
Placa de aço 36x36x2	UN	222,0	R\$192,36	R\$42.703,9
Empreiteiro	UN	2.956	R\$30,00	R\$24.300,0
Caçambas de entulho	UN	5,74	R\$80,00	R\$2.868,80
TOTAL				R\$91.426,46

Porém, como os brackets, blocos de ancoragem e clavetes foram reaproveitados durante a obra, isso gerou ainda uma economia de mais R\$105.191,75, conforme pode ser observado na tabela 3.

Tabela 3. Custo dos materiais reaproveitados

Materiais	Qntd	Valor unit	Valor total
Bloco de ancoragem 4 cabos	27 un	R\$65,40	R\$1.765,80
Bloco de ancoragem 6 cabos	109 un	R\$99,50	R\$10.845,50
Bloco de ancoragem 8 cabos	86 un	R\$116,66	R\$10.032,85
Bracket 4 cabos	27 un	R\$217,50	R\$5.872,50
Bracket 6 cabos	109 un	R\$325,00	R\$35.425,00
Bracket 8 cabos	86 un	R\$363,20	R\$31.235,20
Clavetes	1,25 un	R\$ 7,98	R\$10.014,90
TOTAL			R\$105.191,75

Entre salários, benefícios e outras atividades estavam previstos mensalmente

R\$530.849,40.

Com a redução de três meses no prazo de execução da obra, garantido pela utilização do sistema bracket, foi eliminado o custo fixo mensal da equipe do projeto nesse período, havendo uma economia de R\$1.592.548,20.

Em termos de custos o resultado geral proporcionado pelo bracket foi de R\$1.716.633,72, conforme pode ser observado na tabela 4.

Tabela 4. Resultado geral do uso de brackets

Serviços	Economia
Cunha de grau x brackets	R\$18.893,76
Reaproveitamento dos materiais	R\$105.191,75
Redução do custo fixo	R\$1.592.548,20
TOTAL	R\$1.716.633,72

O sistema bracket eliminou a necessidade de uma equipe para a execução da cunha de grau, pois a mesma equipe de montagem dos perfis já instalavam os brackets. Consequentemente o risco de possíveis acidentes foi reduzido, conforme se pode observar na equação 1.

$$\text{Risco} = \text{Perigo} \times \text{Exposição} \quad \text{Eq. (1)}$$

5 CONCLUSÃO

O sistema de travamento de contenção atirantada com a utilização de brackets mostrou ser um sistema inovador, uma vez que permitiu o aumento da produtividade, a diminuição do efetivo responsável pela execução do serviço, a redução de resíduos e a dedução dos custos da obra.

O uso dos brackets se comparado com a cunha de grau possibilitou a redução de 147% do ciclo de uma linha de tirantes e a redução do tempo de cura de um tirante em 400%. Um fator que auxiliou esse ganho foi a adoção do cimento CPV-ARI.

Com a adoção da nova tecnologia, o ciclo da contenção passou de 7,8 meses para 4,3 meses, o que representou 181% de redução dessa etapa do empreendimento.

Como os brackets e seus acessórios são 100% reutilizáveis, eles foram reaproveitados durante outras etapas da obra, causando uma redução de resíduos gerados.

Portanto, com a adoção da tecnologia dos brackets o empreendimento pôde economizar no custo fixo mensal da equipe, no reaproveitamento e consumo de materiais e no destino final dos resíduos. Isso proporcionou a antecipação do início da estrutura, a recuperação do prazo do projeto e uma economia de R\$1.716.633,72.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a construtora do empreendimento pelo fornecimento dos dados e auxílio para tornar possível à publicação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABNT (2006). NBR 5629 Execução de tirantes no terreno. Rio de Janeiro, 2006.
- Autor desconhecido. Disponível em: <http://www.dicionariogeotecnico.com.br/album/geotecnia/tirantes/pages/image/imagepage2.html>, acessado em 28 de fevereiro de 2017.
- Frias, P.H.A.; Bahia, G.A.D.B e Mota, N.M.B.M. Modelagem de Superfícies para Análise de Estabilização de Recalques na Perspectiva da Interação Solo Estrutura. Brazilian Journal of Development. DOI:10.3411/bjdv6n1-111. Publicado em 13 de Janeiro de 2020. 16p.
- Hachich, W.; Falconi, F. F.; Saes, J. L.; Frota, R. G. Q; Carvalho, C. S.; Niyama, S. (1998). Fundações: Teoria e Prática, 2a edição, São Paulo: Pini, 754p.
- Revista de Infraestrutura urbana – projetos, custos e construção. São Paulo: Pini, 2010-2017. Edição 67.
- Revista Fundações & Obras Geotécnicas – Sistema de travamento de contenção através da utilização de brackets. São Paulo: Rudder, 2014. Autora Dellana Wolney.
- Tecnogeo Engenharia e Fundações Ltda. Disponível em: www.tecnogeo.com.br, acessado em 19 de maio de 2016.