

## A Tecnologia Expander Body em Tirantes e Estacas no Brasil

Carlos Medeiros Silva, D.Sc.

Diretor, EMBRE Engenharia e Fundações Ltda., [carlos@embre.com.br](mailto:carlos@embre.com.br)

Mario A. Terceros H, D.Sc.

Diretor, INCOTEC S.A., Universidade Privada de Santa Cruz, Santa Cruz, Bolívia, [math@incotec.cc](mailto:math@incotec.cc)

Leonardo Lentz, B.Sc.

Diretor, Protendidos DYWIDAG, São Paulo, Brasil, [leonardo@dywidag.com.br](mailto:leonardo@dywidag.com.br)

Renato Pinto da Cunha, Ph.D

Professor, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil, [rpcunha@unb.br](mailto:rpcunha@unb.br)

### RESUMO

A solução desenvolvida para tirantes nos anos 80 foi adaptada para fundações profundas e atualmente são executadas na Europa, nos Estados Unidos e na América do Sul. A tecnologia consiste na combinação de barras de aço de alta resistência do tipo DYWIDAG, com o corpo expansivo, o Expander Body (EB). O EB é um cilindro de chapa de aço dobrada, denominado corpo expansivo, que é inflado por meio da injeção de argamassa de cimento através de um tubo de injeção ou da própria barra de aço quando se utiliza barra vazada. A tecnologia cria um bulbo na extremidade do tirante ou da estaca, implantados em um horizonte de solo resistente, melhorando a capacidade de carga do elemento pela criação do bulbo e do solo circunvizinho ao bulbo por consolidação ou pela trajetória de tensão imposta ao solo que pode atingir  $90\text{kg/cm}^2$ , dependendo da resistência do solo. O volume da argamassa necessária para a expansão e as pressões correspondente são registradas e geram uma curva semelhante de um ensaio pressiométrico de Ménard possibilitando análises em termos de desempenho e de capacidade de carga. O sistema possibilita o controle de qualidade e a rastreabilidade do processo, pois a injeção e a expansão são controladas e monitoradas. No artigo, são apresentados os ganhos nas capacidades de carga de tirantes e de estacas por meio da análise das curvas carga *versus* recalque de provas de cargas executadas em estacas e tirantes com e sem EB. Os EBs foram instalados em alteração de ardósia, solo saprolítico, localizado no Campo Experimental da UnB, Brasília-DF e na cidade de Montes Claras-MG.

**PALAVRAS-CHAVE:** DywiExpander, Expander Body, Tirantes, Estacas, Desempenho

### ABSTRACT: ABSTRACT

The solution developed for ground anchors in the 1980's has been adapted for deep foundations and it is currently being implemented in Europe, United States and South America. The technology consists of combining DYWIDAG high strength steel bars with an expansive body, the Expander Body (EB). The EB is a folded steel sheet cylinder, called the expansive body, which is expanded by injection of cement grout through an injection tube or the steel bar itself when using a hollow bar. The technology creates a bulb at the end of the anchor or pile, implanted in a horizon of resistant soil, improving the load capacity of the surrounding soil to the bulb by consolidation or by the tension trajectory imposed to the ground that can reach  $90\text{kg/cm}^2$ , depending on the soil resistance. The cement grout volume required for the expansion and the corresponding pressure are recorded and generate a similar curve of a Ménard's pressuremeter test making possible analyzes in terms of performance and load capacity. The system enables quality control and traceability of the process, since the injection and the expansion are controlled and monitored. In the article, the improvement in load bearing capacities of anchors and piles are presented by means of the load-displacement curve analysis of load tests performed on piles and anchors with and without EB. The EBs were installed in slate weathering, saprolite soil, located in the Experimental Field of UnB, Brasília-DF and in the city of Montes Claros-MG.

**KEYWORDS:** DywiExpander, Expander Body, Ground Anchors, Piles, Performance

## 1 Introdução

O Expander Body (EB) é produzido a partir de chapas de aço dobradas, sanfonadas, em forma de um corpo cilíndrico, este é instalado na ponta da base da estaca ou como ancoragem no solo, Berggren et al. (1988), Massarsch, (1994). Segundo Silva et al. (2018), a tecnologia foi desenvolvida na Suécia na década de 1980. Desde então, centenas de milhares de EB foram instalados, por exemplo, na Suécia, Noruega, Alemanha, Japão, Estados Unidos da América, Coreia, Canadá e Brasil.

Um aspecto importante do sistema é a expansão do EB na base da estaca que consolida ou adensa o solo lateralmente, melhorando a resposta por ponta na base da estaca, Massarsch e Wetterling, 1993. Segundo Silva et al. (2018), em solos granulares, o processo de expansão compacta o solo e aumenta as tensões horizontais, em solos finos e sedimentares como argilas a expansão resulta em um aumento das tensões totais e da pressão de poros quando saturados. Quando o excesso de pressão de poros se dissipa, a reconsolidação leva a tensões efetivas mais altas e, portanto, aumenta a resistência ao cisalhamento e, conseqüentemente, a sua rigidez. Em rochas brandas e argilas muito rijas, a alta pressão de junção cria um atrito muito alto entre o solo e o EB, mesmo que as deformações sejam pequenas.

O EB é instalado na base da estaca, simplesmente colocando-o no fundo da perfuração no caso de estacas escavadas. O EB também pode ser instalado por cravação ou vibração. Subseqüentemente à instalação o EB é expandido por injeção de calda de cimento, criando um bulbo hermético de alta resistência. A Figura 1 mostra a expansão gradual do EB, Silva et al.(2018).



Figura 1: processo controlado de expansão do Expander Body, Silva et al. (2018).

## 2 Experiência nas Américas

Segundo Silva et al. (2018), o EB foi prioritariamente aplicado em solos arenosos, considerando esses solos como ótimos para densificação. Entretanto, nas últimas duas décadas o sistema foi recebido inovações, por exemplo, o melhoramento do processo de dobramento e safonamento do aço e um novo dispositivo de pós-injeção da ponta. A injeção da ponta permite melhorar o solo abaixo do EB. Aproximadamente 20.000 EBs já foram instalados nas Américas (Brasil, Bolívia, Argentina, Paraguai, Peru, México, EUA e Canadá). Ainda segundo Silva et al. (2018), o sistema foi instalado em uma ampla gama de solos, desde argilas moles a muito rijas, solos sedimentares e areias, bem como rochas brandas. Recentemente foi validado em solos tropicais, especificamente no campo experimental do programa de pós de graduação da Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasil.

O sistema pode ser disponibilizar com diferentes dimensões em função dos requisitos de projeto. A Tabela 1 apresenta as diferentes geometrias dos EB, verificam-se também os diferentes diâmetros dos EB, antes e depois da expansão total, Silva et al. (2018).

Tabela 1. Dimensões dos Expander Body - INCOTEC, Silva et al. (2018).

Tipo	Comp antes (m)	Comp após (m)	Ø (m)	Al antes (m <sup>2</sup> )	Al após (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )
EB 310	1.0	0,91	0,3	0,13	0,86	0,71
EB 410	1.0	0,86	0,4	0,13	1,10	0,11
EB 612	1.2	0,96	0,6	0,28	1,83	0,27
EB 615	1.5	1,26	0,6	0,28	2,38	0,36
EB 815	1.5	1,26	0,6	0,50	3,17	0,63
EB 820	2.0	1,76	0,8	0,50	4,42	0,88

Segundo Silva et al (2018), como consequência da expansão, além do diâmetro aumentar, o comprimento do EB se reduz. Este encurtamento gera uma zona não comprimida abaixo da ponta. Para garantir o contato e o melhoramento da ponta do EB é realizado uma segunda injeção, entre o EB e a ponta da estaca, com pressões controladas por meio de tubo de injeção auxiliar. A segunda injeção consolida ou adensa o solo na ponta da estaca, por meio da trajetória de tensão na base da estaca, aumentando a capacidade de carga e a rigidez, ou seja, fato que contribui para a redução de recalques na estaca.



Figura 2: Forma em que se realiza a segunda injeção, Silva et al. (2018).

### 3 Descrição da Tecnologia Expander Body e Dywexpander

O EB se assemelha ao bulbo de concreto que se formam nas estacas tipo Franki ou outros tipos de estacas que criam um bulbo pela compactação de concreto na ponta da estaca. No entanto, uma vantagem importante do sistema EB é que a injeção é um processo controlado e totalmente monitorado. Consequentemente, por meio da medida dos volumes de argamassa e da pressão aplicada em cada EB para a sua expansão é possível estimar as condições do solo ao redor da ponta da estaca de uma maneira semelhante ao ensaio pressiométrico de Menard (PMT). O sistema DywExpander que é composto por barra vazada onde é realizada as fases injeção do Expander Body e da consolidação da ponta do DywExpander quando necessário.

O monitoramento do Expander Body é feito por meio da aquisição de dados durante a injeção de argamassa, mede-se a pressão de injeção e o volume de argamassa injetado. Com estes dados podem ser criados três registros básicos: volume *versus* tempo; pressão *versus* tempo e pressão *versus* volume. Esta última curva de pressão *versus* volume, é necessária para a interpretação do comportamento EB. Como a argamassa é cercada pelo corpo de aço impermeável, esta não penetra e nem fratura o maciço. A área da ponta do corpo parcialmente ou totalmente expandido pode ser estimada com base no volume de argamassa medido. O processo de expansão pode ser dividido em três fases: fase inicial (recompressão do solo perturbado), fase elástica (compressão do solo) e fase estabilizadora (solo em estado plástico - semelhante à pressão limite no PMT). A análise da curva pressão de injeção *versus* volume de argamassa fornece

informações valiosas sobre as propriedades de resistência e deformação do solo na ponta da estaca. Uma vantagem importante é que as propriedades do solo são obtidas na ponta da estaca após a instalação da estaca, levando em consideração os efeitos do processo de instalação ou perfuração.

Os Dywexpaner podem ser dotados de proteção anticorrosiva a base de zinco ou por meio da dupla proteção anticorrosiva. Segundo Hoffmann (2005), as barras, dotadas de revestimento por imersão em banho de zinco, estão sujeitas à agressividade de dois ambientes totalmente diferentes, que são a atmosfera e o solo. Na atmosfera, o metal é atacado lentamente, enquanto que no solo a presença de íons livres em profundidade pode proporcionar a formação de um gradiente iônica ao longo das fundações, fazendo com que as regiões mais ricas em sais se tornem anódicas. Processo que com o passar do tempo, pode corroer totalmente as barras das fundações, principalmente se forem em grelhas. Desta forma, os solos arenosos (com boa aeração e baixa umidade) seriam indicadores de pouca corrosão, enquanto que solos de pastagem e agricultáveis facilitariam, em princípio, o processo corrosivo. Para combater a corrosão o DywExpander pode ser adicionado no sistema a dupla proteção contra corrosão que é comumente utilizados nos tirantes tipo Dywidag quando instalados em meios agressivos, Double Corrosion Protection (DCP). O sistema DCP é composto de revestimento corrugado ao redor da barra em todo o comprimento da barra, conseqüentemente garante proteção permanente contra corrosão. Salienta-se que as torres das linhas de transmissão são projetadas para atender a longos períodos de operação, devendo possuir proteção anticorrosiva compatível com o meio. O DCP confere ao sistema proteção contra corrosão com durabilidade superior a 100 anos.

#### 4 Caraterísticas do Solo

Silva et al. (2018), apresentou os ensaios realizados no campo experimental de geotecnia da UnB, onde a tecnologia EB foi validada no Brasil, Figura 3.

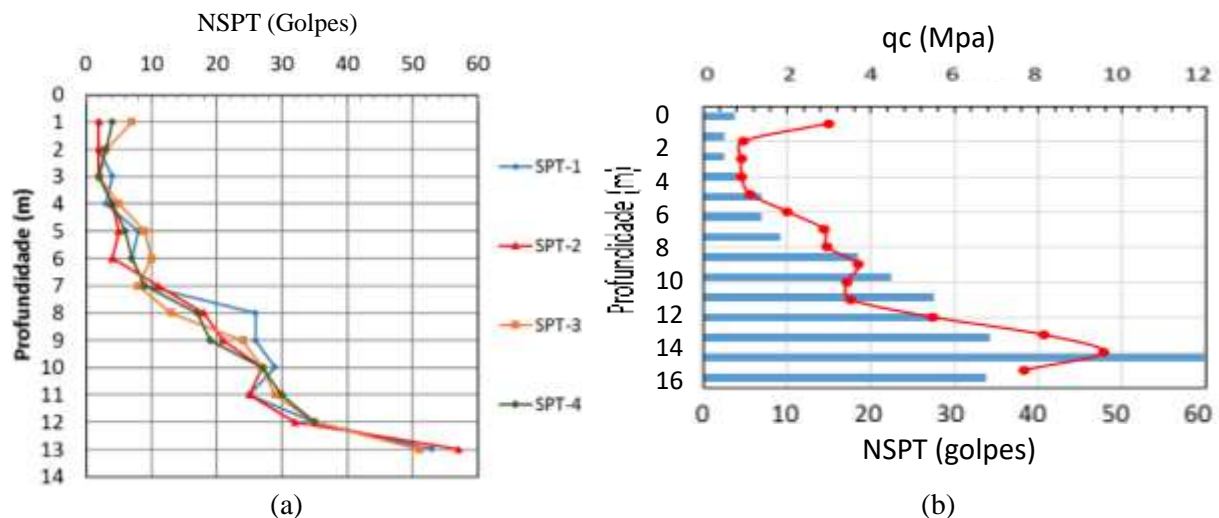


Figura 3: (a) Ensaio SPT, Campo experimental do PPGG da Universidade de Brasília; (b) Média SPT e CPT em profundidade, Silva et al. (2018).

Na Figura 3a, dois ensaios, SPT 1 e 2, foram realizadas no período chuvoso, março de 2016, e dois no final do período seco, SPT 3 e 4. A execução atingiu os 14 m com NSPT > 50 golpes, não sendo registrado a presença de lençol freático. O perfil de solo coincide com os já caracterizados no campo experimental, basicamente de 0 a 8 m de profundidade o solo tem as características de uma argila siltosa de cor vermelha coincidente com o horizonte de solo laterítico, e a partir dos 8 m varia para um silte arenoso de cor variegado roxo coincidente com o horizonte de solo saprolítico. Observa-se no horizonte saprolítico um aumento significativo dos NSPT, número de golpes.

Mota (2003) realizou uma campanha de ensaios CPT onde foram obtidos os valores de resistência de

ponta ( $q_c$ ) e atrito lateral ( $f_s$ ) no campo experimental da Universidade de Brasília. Na Figura 3a e 3b podem ser visualizados os resultados dos ensaios SPT e a média de 3 ensaios CPT realizados próximos aos ensaios. Como pode ser observado existe uma correlação direta entre as médias dos golpes do ensaio SPT e da resistência de ponta do ensaio CPT.

Os ensaios realizados em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil, foram realizados em solos argilo arenosos caracterizados pela sondagem apresentada na Figura 4. A formação geológica da região é a pré-cambriana antiga, com ocorrência de siltito, ardósia, calcário e filito.

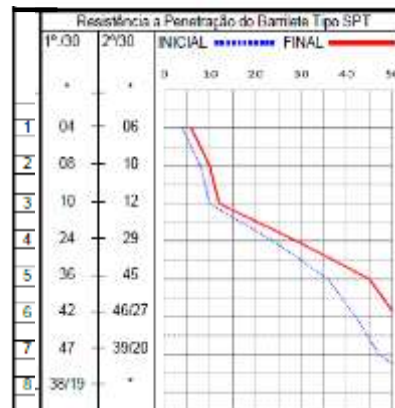


Figura 4: Ensaios SPT na Cidade Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

## 5 Descrição do Sistemas Dywexpander e Preparação das Provas de Cargas

Foram realizadas quatro provas de carga a tração e uma a compressão nas cidades de Brasília, Distrito Federal e de Montes Claros, Minas Gerais. O objetivo foi a validação da solução Expander Body combinadas com barras de aço de alta resistência do tipo Dywidag, sistema DYWEXPANDER (DWE). O sistema DWE permite que a injeção seja realizada pelo eixo da monobarra vazada ou paralela a monobarra, Figura 4.

O processo de injeção, Figura 4, é realizado mediante bomba de argamassa similar as utilizadas durante a injeção do cimento, bombas com capacidade para injetar argamassa com pressão entre 60 e 100 bar. A argamassa pode ser produzida em misturador de alta turbulência onde é possível controlar volume injetado no EB por meio de uma régua graduada. O processo permite rastreabilidade, pois pode-se controlar e avaliar as pressões de injeções e volumes de argamassas injetados por sistemas analógicos ou digitais.



Figura 4- Sistema de injeção analógico – Cavalete de injeção, Dywexpander, e válvula de controle., Silva et al. (2018).

Na Figura 5, Silva et al. (2018) apresentou os resultados das injeções realizadas em dois EB instalados no Campo Experimental do Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília cujo solo foi caracterizado na Figura 3. Um EB foi instalado em uma estaca escavado com comprimento de 10,0 m e

0,30m de diâmetro, à estaca foi ensaiada a tração (EBT - 10 m). O segundo EB foi instalado na ponta de uma estaca com comprimento de 8,0m e 0,30cm de diâmetro, à estaca foi ensaiada a compressão (EBC - 8 m). Analisando a Figura 5 observa-se que a pressão de injeção do EBT-8,0m é maior que a maior pressão de injeção do EBC-10,0m. Fato esperado, pois existe a presença de concreções lateríticas acima do horizonte saprolítico, camada localizada entre 7,0 e 8,0m, essa camada provavelmente apresenta maior rigidez.

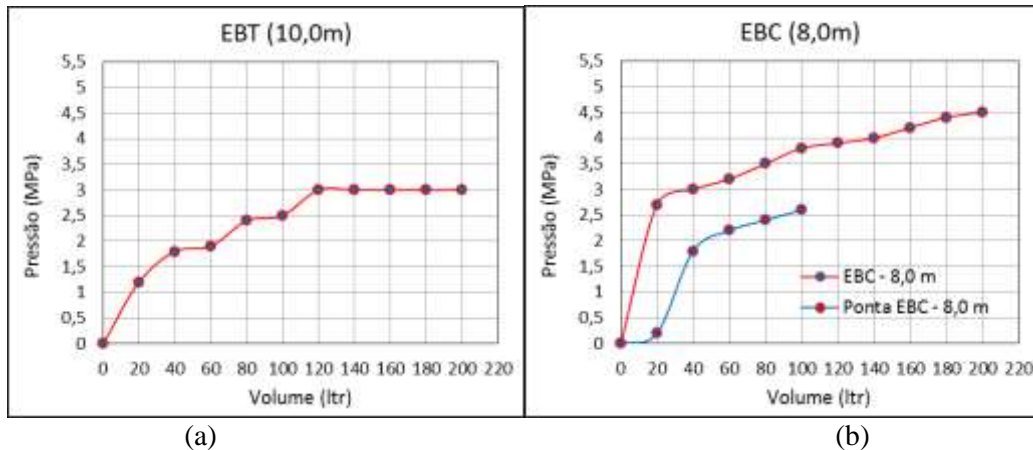


Figura 5: Injeção do EBT - 10 m e o EBC - 8 m e a sua ponta no Campo Experimental do Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília, Silva et al. (2018).

Na figura 6b são apresentados os dados obtidos durante a injeção realiza em dois Dywexpander (DWE) instalados na cidade de Montes Claros, Minas Gerais. Os ensaios foram realizados para comprovar a eficiência de aplicabilidade do sistema em ancoragens de estais de torres de linha de transmissão de energia para verificar o ganho de desempenho e de capacidade de carga para diferentes diâmetros de bulbo. Os dois Dywexpander foram instalados no mesmo horizonte, profundidade aproximada de 7,50m em relação a cota de boca do furo de sondagem SPT, Figura 4, fato que possibilitou a comparação dos resultados obtidos. O primeiro DWE33, tinha comprimento de 8,5m e inclinação de 33 graus com a vertical e o segundo, DWE 0 , foi instalado com 7,50m e inclinação de zero graus com a horizontal, Figura 6a. Foram injetados 80 litros (80) de argamassa do DWE 0(80) conferindo-o um bulbo com diâmetro de 0,4m e 200 litros (200) de argamassa no DWE33(200) conferindo-o um bulbo com 0,6m de diâmetro. Um terceiro Dywexpander foi instalado sem injeção de argamassa (SI), o DWE 0 (SI), foi instalado com comprimento de 8,50m e zero graus com a horizontal Consequentemente, o DWE 0 (SI) não possui bulbo e manteve sua ponta no diâmetro de perfuração do tirante, 30cm.

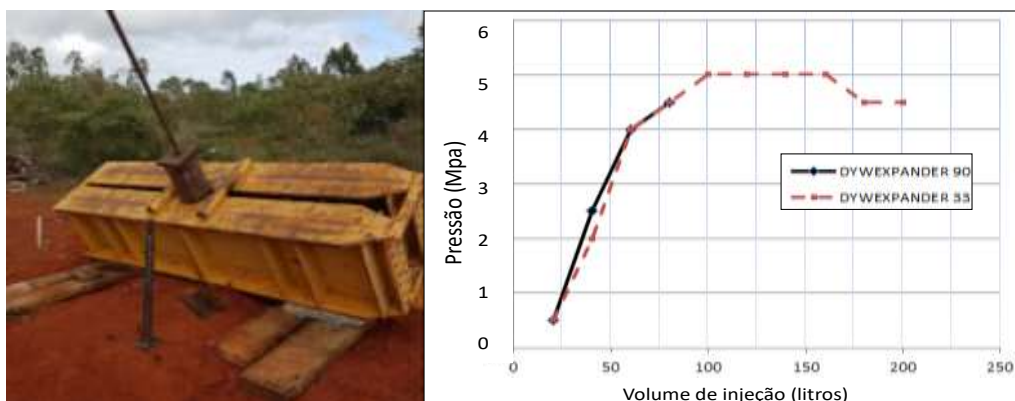


Figura 6: Injeção dos DYWEXPANDER - DWE90 (L=7,50m, bulbo=0,4m), DWE33 (L=8,50m, bulbo=0,6m) instalados em Montes Claros, Minas Gerais.

## 7 Resultados Obtidos das Provas de Carga

Foram realizadas 4 provas de carga em Brasília, Distrito Federal, cujos resultados foram apresentados por Silva et al. (2018). Em Montes Claros, Minas Gerais, foram realizados 3 provas de carga a tração cujo objetivo foi a validação da solução Expander Body combinadas com barras de aço de alta resistência do tipo Dywidag, sistema DYWEXPANDER (DWE) para a utilização em linhas de transmissão de energia.

### a) Ensaios realizados em Brasília, Distrito Federal

Foram realizadas 4 provas de carga em Brasília-DF apresentadas por Silva et al. (2018) e 3 provas de carga a tração na cidade de Montes Claros-MG, o objetivo foi a validação da solução Expander Body combinadas com barras de aço de alta resistência do tipo Dywidag, sistema DYWEXPANDER (DWE).

Silva et al. (2018) apresentou os ensaios realizados em Brasília. Foram realizados 4 ensaios, sendo dois ensaios sem ExpanderBody e 2 ensaios com ExpanderBody, cujos resultados são apresentados nas Figuras 7 e 8. Os ensaios permitiram a comparação direta entre estacas com e sem o ExpanderBody ensaiados a tração e compressão.

A primeira comparação foi estabelecida entre estacas ensaiadas a tração, estacas com 10 m de comprimento e 0,20cm de diâmetro. Na prova de carga (PC5) (ET-10,0m), Figura 7a, se mostra o resultado da capacidade de carga da estaca a tração sem EB, observa-se uma carga última de 67 tf para o deslocamento de 55,0 mm. Na Figura 7b, Silva et al.(2018) apresentou o resultado da prova de carga (PC4) (EBT – 10,0m) realizado na estaca ensaiada a tração com ExpanderBody, verifica-se que a estaca atingiu capacidade de carga última de 970 kN para o deslocamento de 55 mm. O ganho registrado na capacidade de carga da estaca com Expander Body, EBT -10,0m, quando submetida a esforços de tração foi de 300kN, aproximadamente 50% de acréscimo em sua capacidade de carga

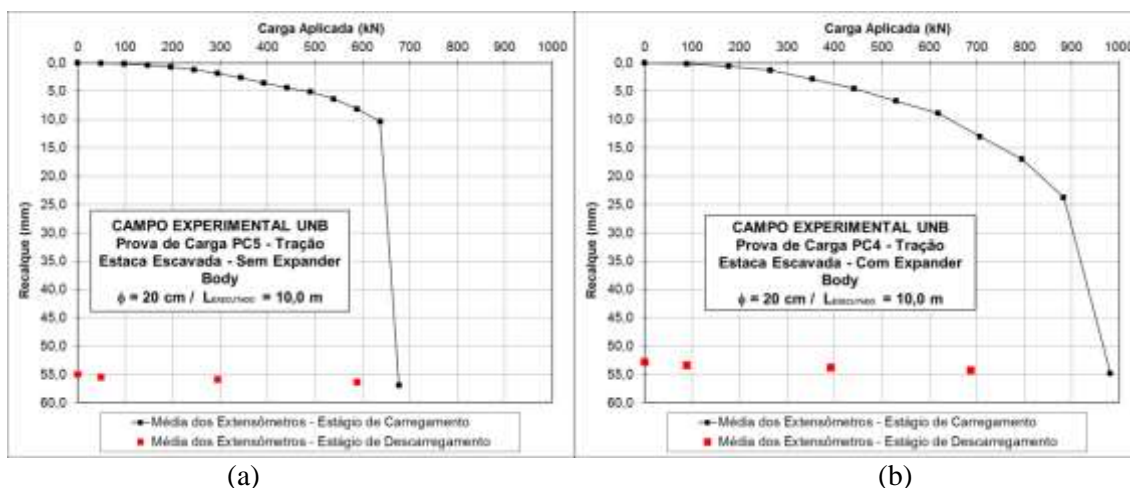


Figura 7: (a) Prova de carga (PC5) estaca escavada a tração sem EB a 10,0 m; (b) Prova de carga (PC4) estaca escavada a tração com EB a 10,0 m.

A segunda comparação foi realizada em provas de carga a compressão com comprimento de 10,0m e diâmetro de 0,30m sem e com ExpanderBody, respectivamente, PC8/EC-10,0m e PC9/EBC-10,0m. Na Figura 8a apresenta-se a curva tensão versus deformação obtido durante a prova de carga (PC8/EC-10,0m) da estaca sem EB, observa-se uma capacidade de carga última de 70 tf para um recalque de 50,0 mm. Na Figura 8b apresenta-se o resultado da prova de carga a compressão realizado na estaca com EB, PC9/EBC-10,0m, obteve-se uma capacidade de carga de 120 tf para um recalque de 50,0m. Comparando os resultados das provas de carga, pode-se observar que a presença do EB incrementou a capacidade de carga última da estaca em 50 tf equivalente a um aumento de aproximadamente 70%.

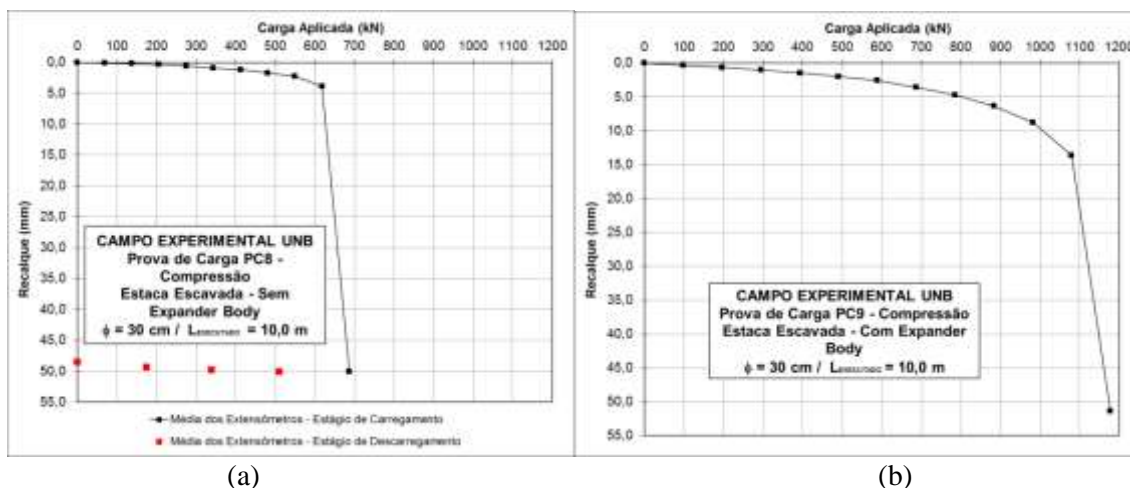


Figura 8: (a) Prova de carga (PC8) estaca escavada a compressão sem EB a 10,0 m. (b) Prova de carga (PC9) estaca escavada a compressão com EB a 10,0 m.

b) ensaios realizados em Montes Claros, Minas Gerais

Em Montes Claros foram realizadas 3 provas de cargas a tração com e sem bulbo, a prova de carga a tração DWE 0 (SI) foi realizada em ancoragem sem bulbo e as DWE 33 (200) e DWE 0 (80) com ancoragens com bulbos, respectivamente com bulbos de 60cm, 200 litros de argamassa injetada, e 40cm de diâmetro, 80 litros de argamassa injetada. As curvas carga *versus* deformação são apresentadas na Figura 9. As Provas de Carga DWE 0 (80) e DWE 0 (SI) foram interrompidas com 20mm de deformação, pois não se conseguiu estabilizar as deformações, ou seja, o solo atingiu o estado último em termos de capacidade carga. Entretanto a prova de carga realizado sobre o DywExpander com 200 litros de argamassa injetada equivalente a um bulbo de 60 cm de diâmetro foi interrompida com 900 kN devido a monobarra Dywidag DW37 está próxima do seu patamar de escoamento, ou seja, o solo ainda apresentava capacidade resistiva.

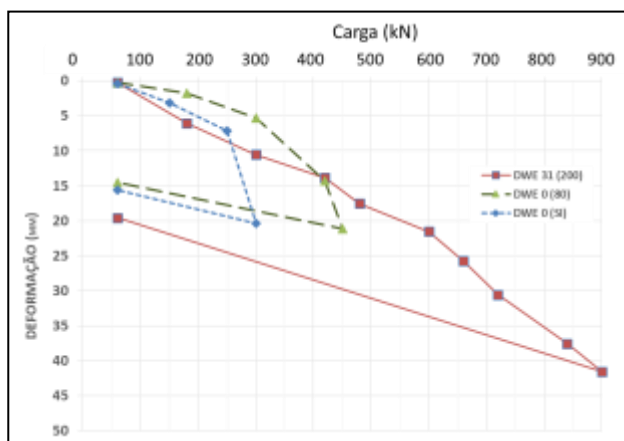


Figura 9: Prova de carga no sistema DywExpander. Provas de carga DWE 33 (200), bulbo 60cm, DWE 0 (80) bulbo 40cm, DWE 0 (SI), sem bulbo.

Analisando a figura constata-se o que o sistema DywExpander auferiu um ganho de desempenho para as ancoragens, em termo de capacidade de carga. Observa-se que a capacidade de carga última sem bulbo, DWE 0 (SI), foi de 300kN, enquanto que a capacidade de carga para o sistema DywExpander com bulbo de 40cm de diâmetro foi de 450kN, ou seja, ganho de 50%. Para o DywExpander com bulbo de 60 cm de diâmetro a capacidade estrutural do sistema foi atingida sem extinguir a capacidade geotécnica do sistema, no caso o ensaio foi paralisado com 900kN por questões de segurança. Entretanto, pode-se afirmar que a



capacidade da ancoragem foi, pelo menos, aumentada em 200%. Fato que corrobora com a validação do sistema DywExpander quando utilizado como ancoragens de estais de linhas transmissões.

## 8 Conclusões

Por meio das análises realizadas comprovou-se que a tecnologia do Expander Body (EB) e o sistema DywExpander (DWE) pode ser implementada nos solos tropicais comumente encontrados no Brasil. Observou-se que os comportamentos, em termos de ganho de capacidade de carga incrementaram o desempenho das estacas e ancoragens em até 200% dependendo das características geotécnicas em termo de tipo de solo e resistência. Os resultados foram similares aos obtidos em outras regiões, por exemplo, os encontrados na Bolívia, Estados Unidos da América, entre outros.

Observou-se também que o controle das pressões de injeções e do volume de argamassa injetado é de fundamental importância para se garantir o bom desempenho do sistema. Fato demonstrado quando se comparou os ensaios realizados em DywExpander com diferentes volumes de argamassa injetada, conseqüentemente diferentes diâmetros de bulbo. Observou-se também que a trajetória de tensões imposta ao solo se traduz em um ganho de desempenho em termo de deformabilidade do solo, pois as solicitações imporão tensões no horizonte onde o sistema DywExpander foi assente memores que as tensões impostas durante a fase de injeção do bulbo. Salienta-se que todo o processo é monitorado por software específico, o que permite a validação da estaca, a realização de análises complementares e a rastreabilidade do processo.

Por meio das provas de cargas foi possível demonstrar que a capacidade de carga por ponta nas estacas escavadas sem EB é baixa e pode ser desprezada. Entretanto, com a instalação do ExpanderBody na ponta de estacas escavadas verificou-se que a capacidade de carga quando comparada com estacas sem EB, teve ganho de 70%.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de parceria entre várias entidades nacionais e internacionais em que cada uma teve um papel específico, seja este econômico, científico ou tecnológico. Agradecemos a Universidade de Brasília, Sistemas DYWIDAG, EMBRE Engenharia e INCOTEC Ingeniería.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berggren, B., Sellgren, E. and Wetterling, S. (1988) Expanderkroppar. Anvisningar för dimensionering, utförande och kontroll (Expander Body. Instructions for design, installation and control). Swedish Commission on Pile Research, Report 79, 54 p.
- Herrera, M.A.T. (2015). Estacas in-situ com Expander Body em solos arenosos (em Espanhol). 2do. Congreso – Seminario Internacional de Fundaciones Profundas. Santa Cruz. Bolívia.
- Hoffmann, J. N. (2005). Proteção Contra Corrosões nas Fundações das Torres Metálicas Utilizando Energia Induzida pelo Campo Elétrico da Linha de Transmissão. In: Espaço e Energia, ed.2. Curitiba: COPEL.
- Massarsch, K.R. and Wetterling, S. (1993) Improvement of augercast pile performance by Expander Body system. 2nd International Seminar on Deep Foundations on Bored and Auger Piles, Ghent, June 1 - 4, 1993, pp. 417-428.
- Massarsch, K. R. (1994). Execution, supervision and quality control of anchors. Panel Discussion, Section 3.3, Construction, Instrumentation and Real Time Management, XIII. Proceedings, International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, New Delhi, India, Vol. 5, pp. 317 - 319.
- Mota, N. M. B. (2003). Ensaios avançados de campo na argila porosa não saturada de Brasília: interpretação e aplicação em projetos de fundação. Dissertação de doutorado. Universidade de Brasília. Brasília. 335p.
- Rosales, O. (2015) Efecto de procesos constructivos de gran desplazamiento en el comportamiento de pilotes perforados en arenas. Proceedings, 15th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Buenos Aires 2015, vol. 2, pp. 1544- 1551.



- Salud, O.A.R. (2015). Comportamiento a carga axial de pilotes con sistemas de expansión y desplazamiento total. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Córdoba. 169p.
- Silva, C. M.; Terceros H. M. A.; Terceros M. Esposito, C.; Fernández, D. H.; Cunha, R. P. (2018). Uso da Tecnologia Expander Body em estacas solicitadas a tração e a compressão assentes em solo tropical do Brasil, XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Geotecnia e Desenvolvimento Urbano, COBRAMSEG 2018, Vol 1, 12 p.
- Terceros A,M. e Terceros H.M. (2015). The use of the Expander Body with Full Displacement Piles In Medium Dense To Dense Sandy Soils. 15th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Buenos Aires 2015, vol. 2, pp. 1702 - 1712.