

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/339

O Fator de Amortecimento do Solo no Ensaio de Carregamento Dinâmico com Energia Crescente

Daniel Kina Murakami

Benaton Specialist, São Paulo, Brasil, daniel.murakami@gmail.com

RESUMO: Em todos os casos de obras em que o autor comparou resultados do ensaio de carregamento dinâmico com energia crescente (ECDEC) e provas de carga estática (PCE) se verificou através das análises CAPWAP que o fator de amortecimento do solo (JC) é menor nos golpes de menor energia, podendo até atingir valores nulos ou próximos de zero. Além disso, há uma tendência de que esses valores cresçam com o aumento de energia aplicada, atingindo valores praticamente constantes a partir de um determinado nível de energia. Todas as análises CAPWAP apresentaram bons valores de Match Quality (MQWU) além de apresentar boa correlação com PCE através do conceito de Match Quality De Recalques (MQR). Este artigo tem como objetivo mostrar que nos golpes de menor energia o valor de JC deve apresentar valores menores do que em golpes de maior energia. Em um caso de obra se observou que tentar deixar as análises CAPWAP com JC constantes em todos os níveis de energia resulta em uma piora significativa do MQWU nos golpes de menor energia. Foram empregadas 3 técnicas diferentes no CAPWAP visando manter constante o valor de JC no ECDEC, utilizando como referência o JC correspondente do golpe de maior energia. Nessas 3 técnicas empregadas se verificou que o Match Quality piorou consideravelmente, principalmente nos golpes de menor energia. Apesar de útil em estimar o RMX nos golpes não analisados pelo CAPWAP, mostra-se que JC constante no ECDEC é uma hipótese simplificada.

PALAVRAS-CHAVE: Fator de amortecimento do solo (JC), Resistência dinâmica (Rd), CAPWAP, Método CASE, Ensaio de carregamento dinâmico com energia crescente (ECDEC).

ABSTRACT: In all case studies in which the author compared results of the dynamic increasing energy test (DIET) and static load tests (SLT), it was verified through CAPWAP analyses that the soil damping factor (JC) is lower in lower energy blows, which can even reach zero values or close to zero. Furthermore, there is a tendency for these values to increase with the increase in the applied energy, reaching practically constant values from a certain energy level. All CAPWAP analyses presented good Match Quality values (MQWU) in addition to showing a good correlation with SLT through the concept of Match Quality Of Settlements (MQS). This paper aims to show that in lower energy blows, the JC value may present lower values than in higher energy blows. A case study observed that trying to keep the CAPWAP analyses with JC constant at all energy levels results in a significant worsening of the MQWU in lower energy strikes. Three different techniques were used in CAPWAP to maintain the JC value constant in the DIET, using the corresponding JC of the highest energy blow as a reference. In these three techniques used, it was found that the Match Quality worsened considerably, especially in the lower energy blows. Although helpful in estimating the RMX in blows not analyzed by CAPWAP, it is shown that constant JC in DIET is a simplified hypothesis.

KEYWORDS: Case Damping Factor (JC), Dynamic Resistance (Rd), CAPWAP, CASE Method, Dynamic Increasing Energy Test (DIET)

1 INTRODUÇÃO

Segundo Rausche et al. (1985), o fator de amortecimento do solo (JC) varia em função do tipo de solo, conforme a tabela 1. Os autores indicaram que o valor de JC é exclusivamente devido ao tipo de solo, sem indicar alguma dependência do nível de energia aplicado.

Thompson e Goble (1988) observaram valores de JC entre 0,24 e 0,70 para alguns casos de obra de estacas em areia. Esta faixa de valores estaria fora da faixa de valores indicada na tabela 1, apresentando valores próximos de JC da faixa de solos argilosos.

Tabela 1. Valores de JC em função do tipo de solo (Rausche et. al., 1985)

Tipo de solo	JC
Areia	0,05 – 0,20
Areia siltosa ou silte arenoso	0,15 – 0,30
Silte	0,20 – 0,45
Argila siltosa ou silte argiloso	0,40 – 0,70
argila	0,60 – 1,10

O ensaio de carregamento dinâmico com energia crescente (ECDEC) foi proposto por Aoki (1989, 1997). Nota-se que esta proposta de ensaio foi posterior à tabela sugerida por Rausche et. al. (1985) correlacionando o JC com o tipo de solo. Aoki (1997) ainda cita que tentar determinar a carga de ruptura através de um único golpe no ECD é o mesmo que tentar obter a ruptura à partir de um único ponto da curva da PCE. Com base neste fato, levanta-se o seguinte questionamento neste artigo: “será que a análise CAPWAP de um único golpe no ECDEC é capaz de determinar o valor de JC para todos os golpes, sendo que este parâmetro é o responsável por separar as resistências estáticas e dinâmicas no Método CASE?”.

Aoki e de Mello (1992) verificaram que os valores de SS (Damping do fuste, modelo de Smith (1960)), ST (Damping da ponta, modelo de Smith (1960)) e JC variavam com o nível de energia aplicada no estudo de caso apresentado pelos autores. De forma geral, os autores observaram valores maiores de SS e ST nos golpes de menor energia, enquanto que o valor de JC foi maior nos golpes de maior energia.

Apesar de pouco difundido no Brasil, em diversas publicações internacionais há uma consciência de que a análise CAPWAP pode apresentar resultados diferentes dependendo do operador que faz a análise ou da técnica empregada no CAPWAP (Fellenius, 1988; Murakami, 2019; Verbeek, 2019). Em geral, a carga mobilizada não muda muito, porém os dados de entrada variam, tais como, quake, damping, distribuição de atrito lateral, carga de ponta e o formato da curva carga vs. recalque simulada do CAPWAP (Murakami, 2015, 2019). Este fato é fundamental para a compreensão do que será apresentado adiante neste artigo, uma vez que serão apresentadas diferentes técnicas no CAPWAP para se chegar em um objetivo específico.

Em todos os casos de obras em que o autor deste artigo comparou resultados de ECDEC e provas de carga estática (PCE) se verificou através das análises CAPWAP que o fator de amortecimento do solo (JC) é menor nos golpes de menor energia, podendo até atingir valores nulos ou próximos de zero. Além disso, há uma tendência de que esses valores cresçam com o aumento de energia aplicada, atingindo valores praticamente constantes à partir de um determinado nível de energia. Todas as análises CAPWAP apresentaram bons valores de Match Quality (MQWU) além de apresentar boa correlação com PCE através do conceito de Match Quality De Recalques (MQR).

Convém destacar duas equações do Método CASE que serão fundamentais para a explicação do motivo de JC variar no ECDEC. A equação 1 mostra o cálculo da resistência total (soma das parcelas estática e dinâmica), enquanto que a equação 2 mostra o cálculo de RMX (resistência estática máxima). A resistência dinâmica é calculada subtraindo-se RMX da resistência total (Rt). Maiores informações sobre o cálculo da resistência dinâmica podem ser encontradas em Murakami (2024a, 2024b):

$$R_t = WD1 + WU2 \quad (1)$$

Onde: WD1 = força descendente (Wave Down) no instante t1; WU2 = força ascendente (Wave Up) no instante t2;

$$RMX = (1 - JC) \times WD1 + (1 + JC) \times WU2 \quad (2)$$

Onde: RMX = resistência estática máxima; JC = fator de amortecimento do solo;

Este artigo tem como objetivo mostrar que nos golpes de menor energia o valor de JC deve apresentar valores menores do que em golpes de maior energia. Em um caso de obra, foi observado que a manutenção das análises CAPWAP com JC constantes em todos os níveis de energia resultou em uma piora significativa do MQWU nos golpes de menor energia. Foram empregadas 3 técnicas diferentes no CAPWAP visando manter constante o valor de JC no ECDEC, utilizando como referência o JC correspondente ao golpe de maior energia. Nessas 3 técnicas empregadas se verificou que o MQWU piorou consideravelmente, principalmente nos golpes de menor energia. Apesar de útil em estimar o RMX nos golpes não analisados

pele CAPWAP, mostra-se que JC constante no ECDEC é uma hipótese simplificada, não apresentando boa solução da teoria da equação da onda.

3 CASO DE OBRA: OSASCO, SP

Para analisar o fator de amortecimento do solo (JC) no ECDEC, mantendo-o constante em diferentes níveis de energia, o CAPWAP utilizará três técnicas: 1) redução de resistência estática, mantendo mesmos valores de damping do modelo de Smith da análise com Best Match; 2) aumento excessivo de damping do modelo de Smith, reduzindo a carga mobilizada proporcionalmente ao quake; 3) redução de resistência estática com aumento dos valores do damping do modelo de Smith.

Mostra-se que as três técnicas apresentadas permitem manter o valor de JC constante em todos os níveis de energia. Entretanto, o MQWU deve piorar em relação às análises com melhor MQWU realizadas através do procedimento proposto por Murakami (2015, 2019).

Trata-se de uma obra localizada em Osasco, SP. Foram executadas estacas pré-moldadas de concreto de seção $\phi 38\text{cm}$, cravadas através de um martelo de queda livre de 4000 kg.

A estaca da PCE (E01) possuía 13,80 m de profundidade, enquanto que a estaca do ECD (E02) possuía 14,10 m de profundidade. O ECD foi realizado com alturas de queda crescentes (Aoki, 1989, 1997) e as análises CAPWAP foram realizadas segundo o procedimento proposto por Murakami (2015, 2019). A obra em questão já foi amplamente estudada por Murakami e Massad (2014, 2016, 2023) e Murakami (2015, 2019). Maiores informações sobre a obra e os ensaios podem ser encontrados nos trabalhos já publicados anteriormente pelos autores.

A figura 1 mostra a comparação entre a PCE e o ECD. A curva “PDA – CASE – E02” é a curva RMX vs. DMX proposta por Aoki (1989, 1997), indicando as alturas de queda de cada golpe que variaram entre 10 cm e 80 cm. Nota-se que a partir de 50 cm de altura de queda se verificou ruptura geotécnica.

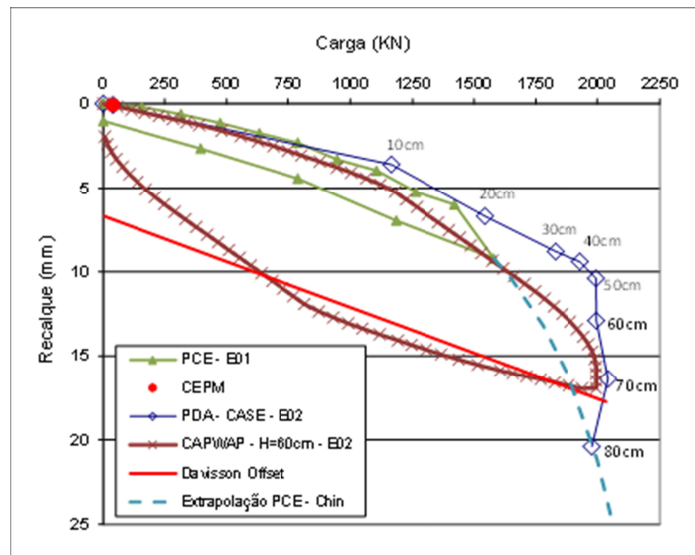


Figura 1. Correlação entre o ECD e PCE (Murakami e Massad, 2014, 2016)

A tabela 1 mostra os resultados obtidos através do procedimento proposto por Murakami (2015, 2019). Notam-se que os valores de SS, ST e JC variam com o nível de energia aplicado, que por sua vez também variam com o valor de VMX. Os parâmetros SS e ST são utilizados no cálculo da resistência dinâmica no CAPWAP, enquanto que o JC é utilizado no Método CASE com finalidade de separação das parcelas de resistência dinâmica e estática. Aoki e de Mello (1992) também verificaram que os valores de SS, ST e JC variavam com o nível de energia aplicada no estudo de caso apresentado pelos autores.

A figura 2 mostra a relação entre R_d e VMX que é a 1ª condição de contorno proposta por Murakami (2015). Esta condição de contorno permite a correção do valor de R_d em função de VMX . Para obter uma boa proporcionalidade entre R_d e VMX os valores de SS e ST não foram constantes com o aumento do nível de energia aplicado (tabela 1).

Tabela 1. Resultados obtidos através do procedimento proposto por Murakami (2015, 2019)

H (cm)	RMX (kN)	Rd (kN)	SS (s/m)	ST (s/m)	Jc	MQWU	VMX (m/s)
10	1165	114	1,237	1,147	0,00	1,82	0,58
20	1545	332	1,162	1,124	0,36	1,62	1,12
30	1830	584	1,000	0,729	0,44	2,20	1,49
40	1930	579	0,720	0,579	0,53	1,90	1,65
50	1995	763	0,710	0,514	0,57	1,82	1,93
60	1996	904	0,547	0,550	0,62	1,31	2,21
70	2043	979	0,555	0,462	0,62	1,88	2,39
80	1978	1129	0,640	0,559	0,64	1,64	2,56

Onde: H = altura de queda aplicada; RMX = resistência estática mobilizada no golpe; Rd = resistência dinâmica; SS = damping do fuste (modelo de Smith); ST = damping da ponta (modelo de Smith); JC = fator de amortecimento do solo; MQWU = Match Quality da curva “Wave Up”; VMX = velocidade máxima do topo da estaca;

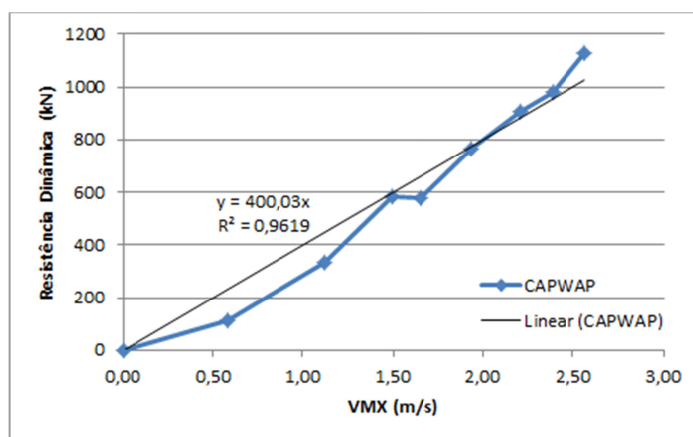


Figura 2. Rd vs. VMX

3.1 Técnica 1: Redução de resistência estática

A tabela 2 e figura 3 mostram os resultados obtidos através da aplicação da Técnica 1 que basicamente consiste em reduzir a resistência estática. Realizando este procedimento, o valor de JC deve aumentar, fazendo com que no Método CASE a parcela de Rd seja maior. Maiores detalhes sobre o cálculo de Rd através dos Métodos CASE e CAPWAP podem ser encontrados em Murakami (2024a, 2024b).

Tabela 2. Resultados obtidos através da redução de resistência estática

H (cm)	RMX (kN)	Rd (kN)	SS (s/m)	ST (s/m)	Jc	MQ	Δ MQWU (%)	Δ RMX (%)
10	1022	195	1,237	1,147	0,64	3,12	71,4	-12,3
20	1447	416	1,162	1,124	0,64	2,00	23,5	-6,4
30	1746	665	1,000	0,729	0,64	2,57	16,8	-4,6
40	1861	622	0,720	0,579	0,64	2,31	21,6	-3,6
50	1943	792	0,710	0,514	0,64	1,98	8,8	-2,6
60	1985	916	0,547	0,550	0,64	1,33	1,5	-0,5
70	2012	989	0,555	0,462	0,64	1,94	3,2	-1,5
80	1978	1129	0,640	0,559	0,64	1,64	0,0	0,0

Onde: Δ MQWU = variação do valor de MQWU entre o Best Match (tabela 1) e a análise atual; Δ RMX = variação do valor de RMX entre o Best Match (tabela 1) e a análise atual.

Observa-se que foi possível obter análises CAPWAP com valores de JC constantes iguais a 0,64, valor este correspondente ao JC obtido no golpe de maior energia (tabela 1). Entretanto, os valores de MQWU exibiram uma redução do significado matemático (Murakami, 2015, 2024c), especialmente nos golpes de menor energia, devido à deterioração do MQWU. Isso indica que a hipótese de manter o valor de JC constante com o nível de energia não é a solução ideal para a teoria da equação da onda. No pior caso, golpe de H=10cm, houve uma deterioração de 71,4% no valor de MQWU. Apesar de melhorar o R^2 na relação entre Rd e VMX (figura 3), os valores de MQWU degradaram, reforçando a hipótese de que JC constante no ECD com energia crescente não deve apresentar uma boa solução da teoria da equação da onda.

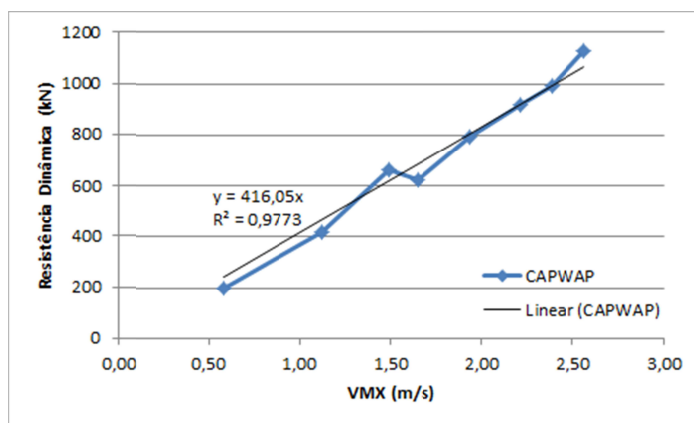


Figura 3. Rd vs. VMX (Técnica 1)

3.2 Técnica 2: Aumento excessivo de damping do modelo de Smith

A tabela 3 e figura 4 mostram os resultados obtidos através da aplicação da Técnica 2 que basicamente consiste em aumentar excessivamente os valores de SS e ST. Realizando este procedimento pode haver um excesso de resistência total (soma de resistência estática e dinâmica), fazendo com que a resistência estática não esteja totalmente ativada, ou seja, o deslocamento da estaca é menor que o quake em alguns elementos de solo. Sendo assim, é necessário realizar a redução de resistência estática proporcionalmente à redução de quakes para ativar plenamente a resistência estática. Realizando este procedimento, o valor de JC deve aumentar, fazendo com que no Método CASE a parcela de resistência dinâmica seja maior. Maiores detalhes sobre o cálculo de Rd através dos Métodos CASE e CAPWAP podem ser encontrados em Murakami (2024a, 2024b).

Tabela 3. Resultados obtidos através do aumento excessivo de damping do modelo de Smith

H (cm)	RMX (kN)	Rd (kN)	SS (s/m)	ST (s/m)	Jc	MQ	Δ MQWU (%)	Δ RMX (%)
10	1022	274	3,000	4,200	0,64	5,38	186,4	-12,3
20	1448	478	1,650	2,100	0,64	2,37	36,8	-6,3
30	1744	730	1,500	1,520	0,64	3,61	56,9	-4,7
40	1861	681	0,780	0,900	0,64	2,97	45,1	-3,6
50	1943	854	0,780	0,650	0,64	2,31	26,9	-2,6
60	1985	942	0,600	0,555	0,64	1,43	9,0	-0,5
70	2012	1038	0,600	0,500	0,64	2,03	7,9	-1,5
80	1978	1129	0,640	0,559	0,64	1,64	0,0	0,0

Observa-se que foi possível obter análises CAPWAP com valores de JC constantes iguais a 0,64, valor este correspondente ao JC obtido no golpe de maior energia (tabela 1). Entretanto, os valores de MQWU exibiram uma redução do significado matemático (Murakami, 2015, 2024c), especialmente nos golpes de menor energia, devido à deterioração do MQWU. Isso indica que a hipótese de manter o valor de JC constante com o nível de energia não é a solução ideal para a teoria da equação da onda. No pior caso, golpe de H=10cm, houve uma deterioração de 186,4% no valor de MQWU Apesar de melhorar o R² na relação entre Rd e VMX (figura 3), os valores de MQWU degradaram, reforçando a hipótese de que JC constante no ECD com energia crescente não deve apresentar uma boa solução da teoria da equação da onda.

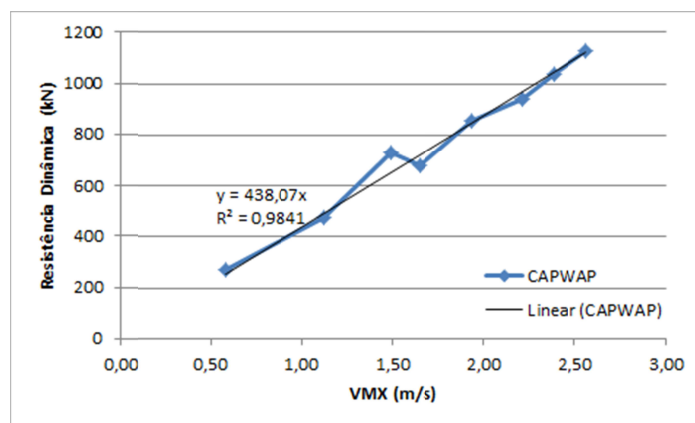


Figura 4. Rd vs. VMX (Técnica 2)

3.3 Técnica 3: Redução de resistência estática com aumento de damping do modelo de Smith

A tabela 4 e figura 5 mostram os resultados obtidos através da aplicação da Técnica 3 que basicamente consiste em reduzir a resistência estática com aumento dos valores de SS e ST. Realizando este procedimento pode haver um excesso de resistência total (soma de resistência estática e dinâmica), fazendo com que a resistência estática não esteja totalmente ativada, ou seja, o deslocamento da estaca é menor que o quake em alguns elementos de solo. Sendo assim, é necessário realizar a redução de resistência estática proporcionalmente à redução de quakes para ativar plenamente a resistência estática. Realizando este procedimento, o valor de JC deve aumentar fazendo com que no Método CASE a parcela de resistência dinâmica seja maior. Maiores detalhes sobre o cálculo de Rd através dos Métodos CASE e CAPWAP podem ser encontrados em Murakami (2024a, 2024b).

Tabela 4. Resultados obtidos através da redução de resistência estática com aumento de damping

H (cm)	RMX (kN)	Rd (kN)	SS (s/m)	ST (s/m)	Jc	MQ	Δ MQWU (%)	Δ RMX (%)
10	1022	195	1,237	1,147	0,64	3,11	70,9	-12,3
20	1447	416	1,136	1,313	0,64	1,92	18,5	-6,3
30	1746	665	1,212	0,621	0,64	2,57	16,8	-4,6
40	1861	618	0,720	0,579	0,64	2,24	17,9	-3,6
50	1946	792	0,710	0,499	0,64	1,98	8,8	-2,5
60	1981	917	0,560	0,555	0,64	1,35	3,1	-0,8
70	2011	988	0,555	0,461	0,64	1,93	2,7	-1,6
80	1978	1129	0,640	0,559	0,64	1,64	0,0	0,0

Observa-se que foi possível obter análises CAPWAP com valores de JC constantes iguais a 0,64, valor este correspondente ao JC obtido no golpe de maior energia (tabela 1). Entretanto, os valores de MQWU exibiram uma redução do significado matemático (Murakami, 2015, 2024c), especialmente nos golpes de menor energia, devido à deterioração do MQWU. Isso indica que a hipótese de manter o valor de JC constante com o nível de energia não é a solução ideal para a teoria da equação da onda. No pior caso, golpe

de $H=10\text{cm}$, houve uma deterioração de 70,9% no valor de MQWU Apesar de melhorar o R^2 na relação entre R_d e VMX (figura 3), os valores de MQWU degradaram, reforçando a hipótese de que J_C constante no ECD com energia crescente não deve apresentar uma boa solução da teoria da equação da onda.

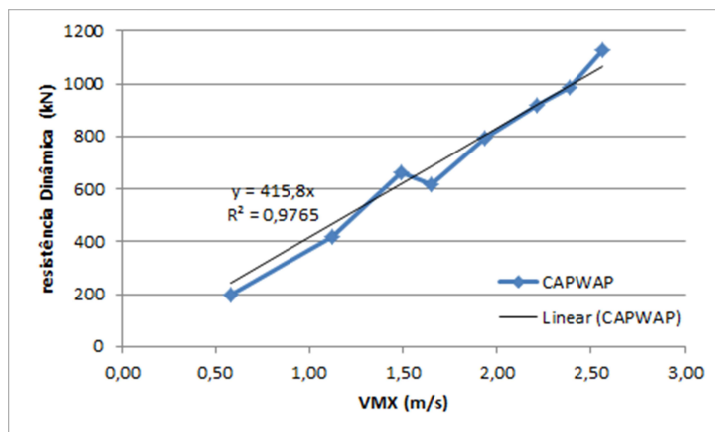


Figura 5. R_d vs. VMX (Técnica 3)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como prática comum no ensaio de carregamento dinâmico, a norma NBR 13208 obriga a realização de uma análise CAPWAP por estaca ensaiada. Com a finalização da análise CAPWAP é possível verificar o valor do J_C correspondente. No Método CASE, com este valor de J_C obtido, há a possibilidade de verificação da carga mobilizada nos demais golpes não analisados pelo CAPWAP, reduzindo tempo e custo de análise em todos os golpes aplicados.

Rausche et al. (1985) apresentaram uma tabela indicando valores de J_C em função do tipo de solo. Entretanto, os autores não fazem menção se estes valores podem variar em função do nível de energia aplicado na estaca. Thompson e Goble (1988) observaram valores de J_C entre 0,24 e 0,70 para alguns casos de obra de estacas em areia. Esta faixa de valores estaria fora da faixa de valores indicada na tabela 1, apresentando valores próximos de J_C da faixa de solos argilosos.

O ensaio de carregamento dinâmico com energia crescente (ECDEC) foi proposto por Aoki (1989, 1997). Nota-se que esta proposta de ensaio foi posterior à tabela sugerida por Rausche et al. (1985) correlacionando o J_C com o tipo de solo. Aoki (1997) ainda cita que tentar determinar a carga de ruptura através de um único golpe no ECD é o mesmo que tentar obter a ruptura a partir de um único ponto da curva da PCE. Com base neste fato, levantou-se o seguinte questionamento neste artigo: “será que a análise CAPWAP de um único golpe no ECDEC é capaz de determinar o valor de J_C para todos os golpes, sendo que este parâmetro é o responsável por separar as resistências estáticas e dinâmicas no Método CASE?”

Aoki e de Mello (1992) verificaram que os valores de SS , ST e J_C variavam com o nível de energia aplicada no estudo de caso apresentado pelos autores. De forma geral, os autores observaram valores maiores de SS e ST nos golpes de menor energia, enquanto que o valor de J_C foi maior nos golpes de maior energia.

Neste artigo, mostrou-se em um caso de obra que nas análises que obtiveram melhores valores de Match Quality, realizadas através do procedimento proposto por Murakami (2015, 2019), verificaram-se que os valores de SS , ST e J_C variaram em função do nível de energia aplicado. Além disso, foram empregadas 3 técnicas diferentes no CAPWAP visando manter constante o valor de J_C no ECD com energia crescente, utilizando-se como referência o J_C correspondente ao golpe de maior energia. Nessas 3 técnicas empregadas se verificou que o Match Quality piorou consideravelmente, principalmente nos golpes de menor energia, mostrando que a hipótese de J_C constante não deve apresentar boa solução da teoria da equação da onda.

A conclusão é de que apesar de ser uma prática comum adotar o mesmo J_C em todos os golpes não analisados pelo CAPWAP, esta prática é uma hipótese simplificada. A melhor solução da teoria da equação da onda (Best Match) indicou que o J_C deve variar com o nível de energia aplicado, apresentando valores inferiores nos golpes de menor energia, ou seja, o J_C não é função exclusivamente do solo, mas também do nível de energia aplicada.

Uma forma simples de se entender fisicamente o conceito de JC variável, com valores inferiores nos golpes de menor energia, é que o valor de VMX é mais baixo nestes golpes. Como consequência, a resistência dinâmica (Rd) deve ser menor, o que faz com que a resistência estática (RMX) se aproxime da resistência total (soma de Rd e RMX). No Método CASE (Eq. 2) quando o valor de JC tende à zero, o RMX se aproxima do valor da resistência total (soma de Rd e RMX), dada pela Eq. 1 (Rd tende à zero).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aoki, N. (1989) “A new dynamic load test concept”, Drivability of piles (1), Proc. Discussion Session 14, . Int. Conf. Soil Mech. And Found. Eng. (12), Rio de Janeiro, Brazil, pp. 1-4.
- Aoki, N., de Mello, V. F. B. (1992) “Dynamic loading test curves”. 4th International Conference on Application of Stress Wave Theory to Piles, Balkema, Rotterdam, Netherlands.
- Aoki, N. (1997), “Determination of pile capacity of driven piles on the dynamic increasing energy test”, DSC Thesis, Escola de Engenharia de São Carlos (in Portuguese).
- ABNT (2007) NBR 13208. Estacas Ensaio de carregamento dinâmico. Rio de Janeiro.
- Fellenius, B. H. (1988) “Variation of CAPWAP results as a function of the operator”; Proceedings of the Third international conference on the application of stress- Theory to Piles, Otawwa, pp.814-825.
- Murakami, D. K., Massad, F. (2014) “Determinação do quake do fuste de estacas pré-moldadas através de provas de carga estática e ensaios de carregamento dinâmico”, XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Goiânia.
- Murakami, D. K. (2015) Novo procedimento para a realização de análise capwap no ensaio de carregamento dinâmico em estacas pré-moldadas. Dissertação de mestrado, EPUSP, São Paulo, Brasil.
- Murakami, D. K., Massad, F. (2016) “Determinação do quake do fuste de estacas pré-moldadas através de provas de carga estática e ensaios de carregamento dinâmico”, Geotecnia, N° 137, pp 79-98.
- Murakami, D. K. (2019) “A New Concept of Match Quality of Settlements for Signal Matching Analysis on the Dynamic Pile Test”, 10th International Conference on Stress Wave Theory and Testing Methods for Deep Foundations, San Diego, California, USA
- Murakami, D. K., Massad, F. (2023) The Advantage of The Use of The Concept of Match Quality of Settlements in The Dynamic Load Test. 10º Seminário de Fundações e Geotecnia, São Paulo, SP.
- Murakami, D. K., (2024a). Resistência Dinâmica Determinada Através dos Métodos CAPWAP e CASE. XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Balneário Camboriú, SC. (ARTIGO SUBMETIDO)
- Murakami, D. K., (2024b). Considerações Sobre a Resistência Dinâmica na Prova de Carga Estática e Dinâmica. XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Balneário Camboriú, SC. (ARTIGO SUBMETIDO)
- Murakami, D. K., (2024c). A diferença entre significado físico e matemático no ensaio de carregamento dinâmico. XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Balneário Camboriú, SC. (ARTIGO SUBMETIDO)
- Rausche, F., Goble, G. G., Likins, G. (1985) Dynamic determination of pile capacity. Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 3, No. 3, ASCE.
- Thompson, C. D., Goble, G. G. (1988) High Case Damping Constants in Sand. Third International Conference on the Application of Stress-Wave Theory to Piles, Ottawa, Canada, pp 555-564.
- Smith, E. A. L. (1960) “Pile driving analysis by the wave equation”, Journal of soil mechanics and foundations, Vol. 86 – ASCE, pp. 35-64.
- Verbeek, G. (2019) “The Subjective Aspect of Dynamic Load Testing”, 10th International Conference on Stress Wave Theory and Testing Methods for Deep Foundations, San Diego.