

Nova Proposta Para Avaliação Da Qualidade do Ensaio de Carregamento Dinâmico

Daniel Kina Murakami

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

RESUMO: Normalmente a qualidade do ensaio de carregamento dinâmico (ECD) dinâmico é avaliada através do “Match Quality”, que basicamente mede o erro relativo entre o sinal coletado e o calculado na análise CAPWAP. Entretanto, em diversos casos de obras (Murakami et. al., 2022a, 2022b, 2023) estes autores observaram que o “Match Quality” (MQWU) não deve ser o único parâmetro a ser avaliado como garantia de qualidade do ensaio dinâmico, sendo fundamental a adoção de um critério de aceitação ou rejeição dos sinais coletados ainda em campo, possibilitando a realização dos devidos ajustes em obra, como por exemplo ajuste do posicionamento e/ou inclinação do martelo do bate estaca para obter um sinal coletado de melhor qualidade. Nos casos de obra estudados pelos autores se observou que sinais com má qualidade até podem apresentar análises CAPWAP com MQWU satisfatórios, entretanto, quando comparado com os sinais de boa qualidade coletados na mesma estaca se observou um comportamento muito diferente em relação às cargas mobilizadas, tensões de compressão e tração, podendo inclusive indicar um falso dano na estaca. Este artigo tem como objetivo propor uma nova forma para a avaliação da qualidade do ECD através de três etapas: a) qualidade do sinal coletado, com critérios de rejeição; b) significado matemático (Murakami, 2024a); c) significado físico (Murakami, 2024a) quando há prova de carga estática (PCE).

PALAVRAS-CHAVE: PDA (Pile Driving Analyzer), Qualidade dos sinais coletados, CAPWAP, Match Quality (MQWU), Match Quality de Recalques (MQR).

ABSTRACT: Usually, Dynamic Load Testing (DLT) quality is assessed through "Match Quality," which essentially measures the relative error between the collected signal and that calculated in CAPWAP analysis. However, in several case studies (Murakami et al., 2022a, 2022b, 2023), these authors observed that "Match Quality" (MQWU) should not be the unique parameter evaluated as a guarantee of dynamic test quality. It is essential to adopt a criterion for acceptance or rejection of collected signals still in the field, enabling necessary adjustments on-site, such as hammer positioning, hammer inclination, or both adjustments, to obtain a higher-quality collected signal. In the cases studied by the authors, it was observed that poor-quality signals may still yield satisfactory CAPWAP analyses, but when compared to good-quality signals collected from the same pile, significantly different behaviors were observed regarding mobilized loads, compression, and tension stresses, potentially indicating false pile damage. This paper aims to propose a new approach for evaluating DLT quality through three steps: a) collected signal quality, with rejection criteria; b) mathematical meaning (Murakami, 2024a); c) physical meaning (Murakami, 2024a) when static load testing (SLT) is conducted.

KEYWORDS: Pile Driving Analyzer (PDA), Quality of collected data, CAPWAP, Match Quality (MQWU), Match Quality of Settlements (MQS)

1 INTRODUÇÃO

Normalmente a qualidade do ensaio de carregamento dinâmico (ECD) (NBR 13208) é avaliada através do “Match Quality”, que basicamente mede o erro relativo entre o sinal coletado e o calculado na análise CAPWAP. Entretanto, em diversos casos de obras (Murakami et. al., 2022a, 2022b, 2023) se observou que o “Match Quality” (MQWU) não deve ser o único parâmetro a ser avaliado como garantia de qualidade do ensaio dinâmico, sendo fundamental a adoção de um critério de aceitação ou rejeição dos sinais coletados ainda em campo, possibilitando a realização dos devidos ajustes em obra, como por exemplo ajuste do posicionamento e/ou inclinação do martelo do bate estaca para obter um sinal coletado de melhor qualidade. Pile Dynamics, Inc. (2024a) informa que o MQWU não é o único parâmetro a ser avaliado para medir a acurácia do ensaio, é talvez o mais importante para auxiliar a encontrar a melhor solução.

Nos casos de obra estudados pelos autores se observou que sinais com má qualidade até podem apresentar análises CAPWAP com MQWU satisfatórios. Entretanto, quando comparado com os sinais coletados de boa qualidade na mesma estaca se observou um comportamento muito diferente em relação às cargas mobilizadas, podendo inclusive indicar um falso dano na estaca.

Este artigo tem como objetivo propor uma nova forma para a avaliação da qualidade do ECD através de três etapas: a) qualidade do sinal coletado; b) significado matemático (Murakami, 2015, 2024a); c) significado físico (Murakami, 2015, 2024a) quando há prova de carga estática (PCE).

2 SIGNIFICADO MATEMÁTICO

Murakami (2015) introduziu o conceito de significado matemático no ensaio de carregamento dinâmico. Basicamente, o significado matemático da análise CAPWAP era medido através do Match Quality da Curva Wave Up (MQWU).

Murakami (2024a) aprimorou este conceito através da análise crítica da equação do MQWU, concluindo que: 1) MQWU é calculado comparando grandezas medidas e calculadas (Curvas Wave Up); 2) A grandeza calculada é ajustada para minimizar o erro em relação à medida; 3) Erros na coleta de sinais podem fazer com que o significado matemático do MQWU não tenha sentido; 4) Caso confirmada a má qualidade de sinal, mesmo que o MQWU apresente valor satisfatório, não há como garantir a qualidade da análise CAPWAP; 5) MQWU depende da característica do sinal e da experiência de quem faz a análise; 6) Análises CAPWAP totalmente automáticas são conservadoras e devem ser usadas com cautela devido à possíveis divergências esperadas no solo em questão; 6) O MQWU reflete uma avaliação matemática da qualidade da análise CAPWAP, mas pode variar em seu significado físico;

3 SIGNIFICADO FÍSICO

Murakami (2015) introduziu o conceito de significado físico no ensaio de carregamento dinâmico. Basicamente, o significado físico da análise CAPWAP era medido através do Match Quality de Recalques (MQR) dada através de uma equação parecida com o MQWU.

Entretanto, Murakami (2019) aprimorou o MQR através de uma solução gráfica, plotando-se no eixo X o recalque da PCE e no eixo Y o recalque da curva simulada do CAPWAP para cada estágio da PCE, formando uma série de pontos cuja regressão linear é do tipo:

$$Y = \alpha X \quad (2)$$

Murakami e Massad (2023) ressaltam as vantagens do conceito de MQR: a) possibilita a comparação entre CAPWAP e PCE independentemente do deslocamento mínimo da ponta da estaca; b) permite a comparação de todos os pontos da PCE, não apenas um par de pontos como no Método de Davisson; c) o método tradicional de comparação não fornece informações sobre o recalque na carga de trabalho.

Murakami (2024) destaca que, embora a solução gráfica do MQR (Murakami, 2019) seja mais simples que a equação matemática (Murakami, 2015), a primeira fornece informações adicionais: é possível avaliar se os recalques do CAPWAP estão acima ou abaixo dos da PCE através do valor de α .

Quando α e R^2 do MQR se aproximam de 1, há uma indicação de que a curva simulada do CAPWAP está próxima da PCE, evidenciando um bom significado físico. Valores de α inferiores a 1 sugerem que, em média, os recalques da PCE foram maiores que os do CAPWAP, enquanto valores acima de 1 indicam o oposto. Em muitos casos, a melhoria do MQWU está associada a uma melhoria do MQR, sugerindo que um melhor significado matemático coincide com um aperfeiçoamento do significado físico.

4 QUALIDADE DOS SINAIS COLETADOS

Este artigo tem como objetivo orientar todos os envolvidos no ensaio (executores de ensaios, projetistas, consultores e cliente final) apresentando critérios de rejeição de forma clara e objetiva em relação

aos sinais coletados. Os sinais coletados são classificados em 3 quesitos para os sensores de força: 1) Excentricidade e/ou inclinação do martelo; 2) Formato dos sinais coletados; 3) Plastificação.

Os sinais típicos apresentados neste artigo, considerados como inapropriados, devem ser rejeitados, não sendo permitida a realização de análise CAPWAP. O motivo da rejeição destes sinais que serão apresentados é que pode haver divergências quando comparados com sinais de boa qualidade. Tais discrepâncias ocorrem em relação às cargas mobilizadas, tensões de compressão e tração, ou seja, não há significado físico mesmo que alguém faça tais análises com valores de MQWU satisfatórios. Maiores informações sobre as diferenças entre significado físico e matemático no ECD podem ser encontrados em Murakami (2015, 2024). Os sinais de velocidade não serão abordados neste artigo, uma vez que normalmente não apresentam divergências mesmo com aplicação de golpes do martelo com excentricidade.

4.1. EXCENTRICIDADE E INCLINAÇÃO DO MARTELO

No ECD, a avaliação da excentricidade e inclinação do martelo no golpe aplicado (figura 1) podem ser de duas formas: a) comparação entre os valores de CSI (tensão máxima de compressão) e CSX (tensão média de compressão); b) avaliação do formato e magnitude dos sinais coletados de força.

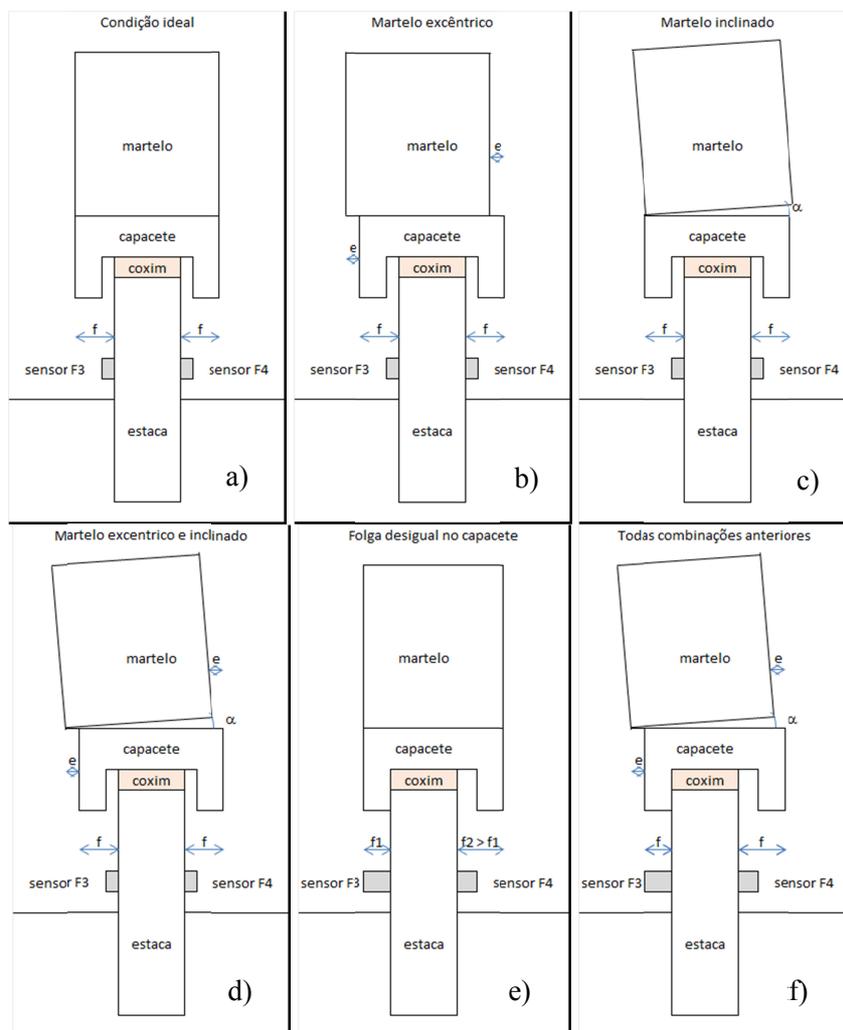


Figura 1. Comparação entre a condição ideal e condições adversas

De forma geral, é preferível que os valores de CSI e CSX estejam mais próximos possíveis, o que indicaria que o martelo está aplicando golpes de forma centralizada. Quando há uma diferença significativa, por exemplo 60% ou mais, é recomendável que se verifique os pares individuais de força, procurando corrigir a excentricidade e/ou inclinação do martelo.

Neste exemplo, o sensor de força F3 pode estar medindo uma força 60% superior à média dos sensores. Há cinco interpretações possíveis neste caso: 1) o martelo está com excentricidade, aplicando golpe de maior intensidade na região do sensor F3 (figura 1b); 2) o martelo está inclinado em relação à estaca, aplicando golpes de maior intensidade na região do sensor F3 (figura 1c); 3) combinação de ambos (figura 1d); 4) a folga do capacete do bate estaca não está uniforme em todo o perímetro da estaca (figura 1e); 5) combinação de todos os efeitos anteriores (figura 1f).

A figura 1 ilustra todas as combinações possíveis quando há excentricidade e/ou inclinação do martelo, comparando com a situação ideal onde o martelo está centralizado, sem inclinação e com folga uniforme no capacete (figura 1a). Observa-se que, apesar de em teoria ser simples este entendimento, na prática pode ser difícil realizar o ajuste do martelo visando buscar a condição ideal, uma vez que há fatores que podem dificultar este ajuste: 1) normalmente a espessura do coxim não é uniforme; 2) a torre do bate estaca pode não ser 100% linear; 3) o cepo do capacete pode estar desalinhado; 4) o capacete pode estar desalinhado em relação à torre; 5) terreno com baixa capacidade de suporte pode não conseguir manter o bate estaca no alinhamento correto; 6) topo da estaca está desalinhado; 7) estaca está fora do prumo.

Em relação à excentricidade e inclinação do martelo, há dois sinais típicos que devem ser rejeitados, impossibilitando a realização da análise CAPWAP. O primeiro trata-se de ocorrência de flexo tração em algum dos sensores de força antes do período $2L/c$. Neste caso, conforme apresentado por Murakami e Cabette (2024) em um caso de obra em estacas pré moldadas, os Métodos Case e CAPWAP podem apresentar um falso dano na estaca em função da má coleta do sinal. A figura 2a mostra um caso típico de flexo tração que deve ser rejeitado. Já a figura 2b mostra o segundo sinal típico de martelo aplicando golpe com excentricidade e/ou inclinado (Beim, 2017). Nota-se o fenômeno de “clipping”, onde o sinal de um dos sensores (F1) apresenta um “corte horizontal” no valor máximo, uma vez que o valor real excedeu a deformação limite do sensor. Os dois sinais apresentados na figura 2 não podem ser feitas análises CAPWAP e o martelo do bate estaca deve ser devidamente ajustado a fim de obter sinal de melhor qualidade.

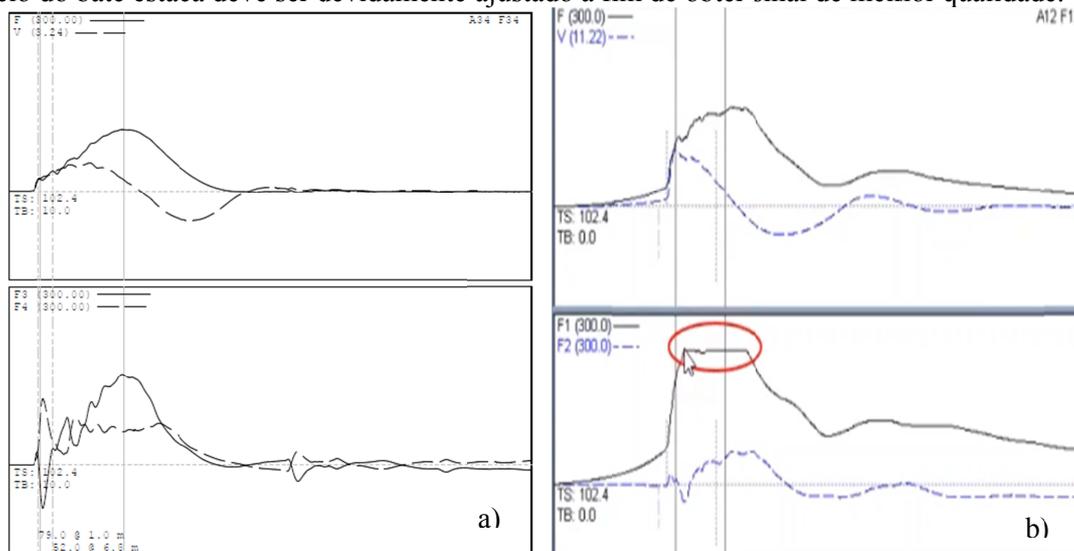


Figura 2. a) Caso típico de flexo tração (Murakami e Cabette, 2024); b) sinal com “clipping” (Beim, 2017).

4.2 FORMATO DOS SINAIS DE FORÇA

O formato dos pares de força pode indicar que o martelo está aplicando golpes excentricos e/ou com inclinação. A condição ideal seria que os pares de força fossem do mesmo formato e de mesma magnitude. Neste caso, os valores de CSI e CSX devem ser iguais, o que indicaria uma aplicação de golpe bem centralizado, sem inclinação e folga uniforme no capacete do bate estaca.

Há basicamente dois casos típicos em que os sinais de força não podem ser analisados através do CAPWAP: 1) sinal com flexo tração, principalmente se a flexo tração ocorrer antes do período $2L/c$ (ver item anterior); 2) sinal em que algum dos sensores apresentar forte oscilação dos sinais de força.

A figura 3 mostra um caso de obra estudado por Murakami et. al. (2022a) onde os sinais de força indicaram flexo tração nos sensores F3 (figura 3a) e F4 (figura 3b). Trata-se de uma estaca tipo hélice contínua em que podem ter ocorrido uma série de fatores causadores de excentricidade e/ou inclinação

descritos no item anterior. Além disso, se observou uma deficiência na fixação dos chumbadores, o que agravou a qualidade da coleta dos sinais. A má fixação dos chumbadores foi devido à baixa qualidade do concreto na região onde os chumbadores foram fixados. Estes tipos de sinais com flexo tração não podem ser analisados pelo CAPWAP, uma vez que antes do período $2L/c$ o gráfico de velocidade pode superar o gráfico de força, indicando um falso dano na estaca, além de menor carga mobilizada.

A figura 4 mostra um caso de obra estudado por Murakami et. al. (2022b) onde se ensaiou a mesma estaca em duas datas. No primeiro ensaio se verificou uma forte oscilação nos valores de força no sensor F3 (figura 4a). Trata-se de uma obra em estaca raiz e esta estaca foi reensaiada no dia seguinte (figura 4b). Nota-se que o sinal da estaca no segundo ensaio (figura 4b) os sensores de força apresentam um formato mais parecido, enquanto que no primeiro ensaio (figura 4a) o sensor F3 está muito diferente do F4.

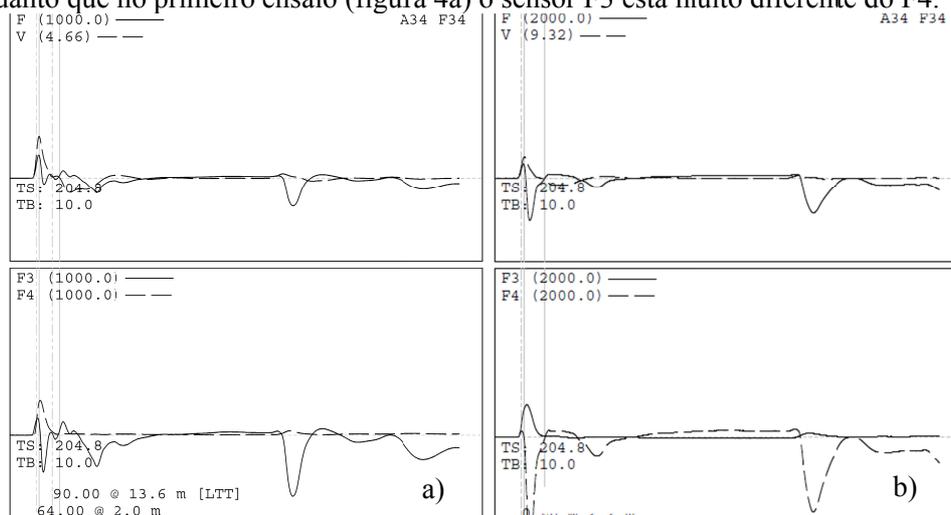


Figura 3. Golpes com flexo tração em estaca hélice. a) terceiro golpe; b) quarto golpe.

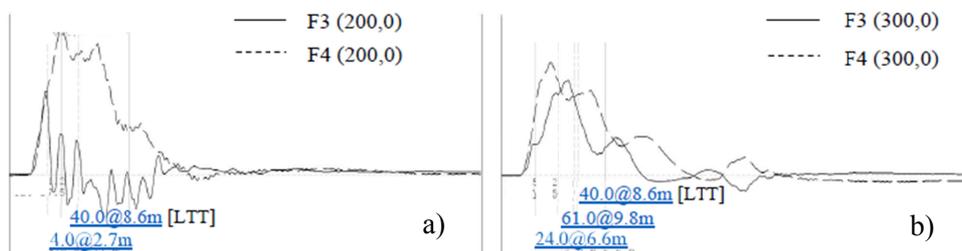


Figura 4. Sinais de força coletados. a) primeiro ensaio; b) segundo ensaio

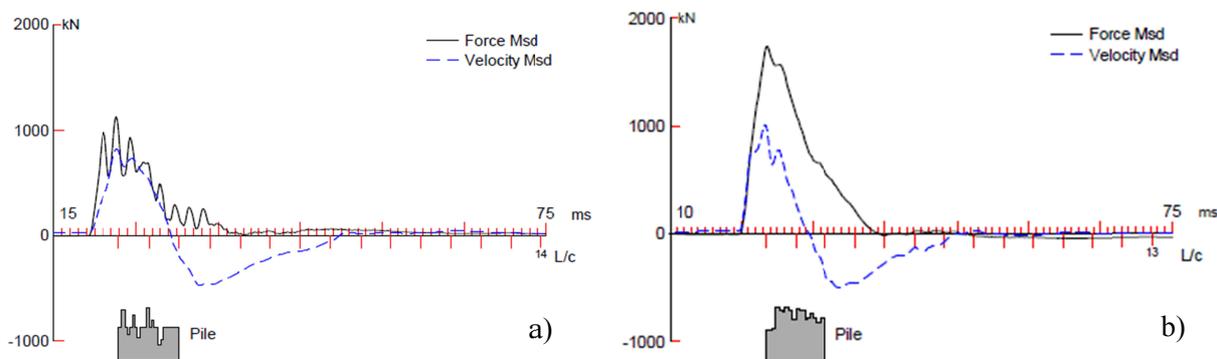


Figura 5. Sinais coletados e perfil do fuste estimado pelo CAPWAP. a) primeiro ensaio; b) segundo ensaio

A causa desta forte oscilação nos valores de força medido pelo sensor F3 (figura 4a) ocorreu em função de uma perda da fixação dos parafusos com a aplicação dos golpes do martelo. Likins e Rausche (2008) destacam que os sensores devem estar firmemente fixados à estaca para garantir uma boa qualidade

no ECD. A figura 5a mostra a comparação do perfil estimado do fuste da estaca com danos para os sinais do primeiro ensaio (figura 4a), enquanto que a figura 5b mostra o perfil estimado da estaca para os sinais do segundo ensaio (figura 4b). Nota-se que o primeiro ensaio apresentou um falso dano na estaca (redução de impedância de 55%) em função da deficiência da coleta de sinais causada pela falta de aperto dos parafusos que fixavam o sensor F3, além de apresentar menor carga mobilizada de 930 kN contra 1430 kN para o segundo ensaio que apresentou boa qualidade de sinais coletados.

4.3 PLASTIFICAÇÃO DOS SINAIS DE FORÇA

Em um ECD de boa qualidade os sinais de força e velocidade devem voltar para zero no término do golpe aplicado (Beim, 2017). Quando isso não acontece, há uma força residual positiva ou negativa nos sensores de força (plastificação dos sinais de força). Tais causas devem ser investigadas e não se deve fazer análises CAPWAP por apresentar uma divergência em relação ao significado físico, tais como, divergências em relação à carga mobilizada e tensões no material da estaca. (Murakami et. al., 2022b).

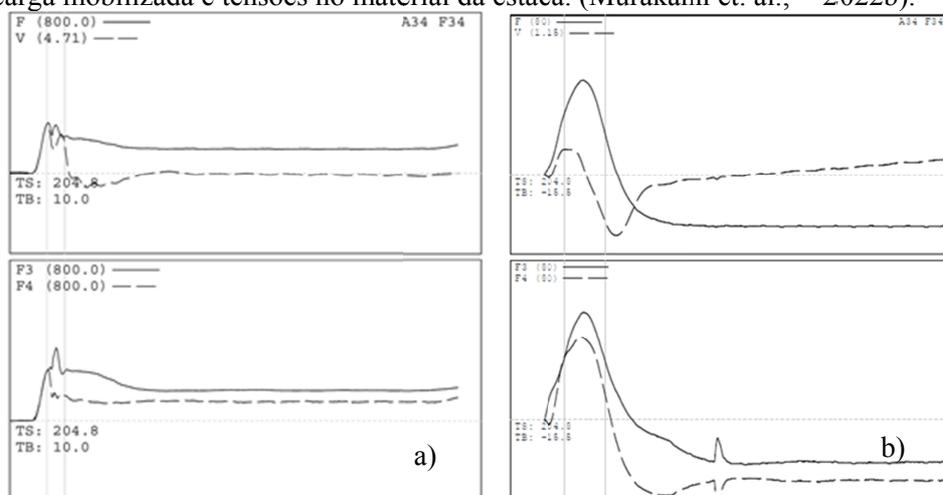


Figura 6. a) Plastificação positiva dos sinais de força (Murakami et. al., 2022b), b) negativa dos sinais de força (Murakami e Cabette., 2023)

Murakami et. al. (2022b) concluíram que normalmente essa plastificação dos sensores de força ocorrem pelos seguintes motivos principais: 1) baixa qualidade do material da estaca onde os chumbadores estão fixados, causando deformação permanente na região dos sensores; 2) ruptura do prolongamento da estaca, que provoca propagação de ondas diferentes de uma condição sem ruptura, causando uma plastificação dos sinais de força, além de um formato diferente das curvas de força.

Murakami e Cabette (2023) verificaram um caso de obra inusitado em que a plastificação do sinal de força ocorreu devido à influência do coxim posicionado sobre a estaca, causando uma falsa tensão de tração devido à uma plastificação negativa dos sinais de força. As figuras 6a (Murakami et. al., 2022b) e 6b (Murakami e Cabette, 2023) mostram casos típicos de plastificação positiva dos sinais de força e negativa, respectivamente.

Beim (2017) ainda destaca que sinais de força que não retornam para zero são inaceitáveis e não podem ser analisados através do CAPWAP. As suas causas devem ser investigadas ainda em campo para solucionar esta deficiência de qualidade de sinal.

5 NOVA PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ECD

Este artigo tem como objetivo propor uma nova forma para a avaliação da qualidade do ECD através de três etapas: a) qualidade do sinal coletado; b) significado matemático (Murakami, 2015, 2024a); c) significado físico (Murakami, 2015, 2024a) quando há prova de carga estática (PCE).

Segue abaixo um resumo da proposta de avaliação da qualidade do ensaio de carregamento dinâmico:

Tabela 1. Resumo da nova proposta de avaliação da qualidade do ECD

Etapa	Avaliação	Crítérios de Rejeição	Comentários
1 ^a	Sinais Coletados	<ul style="list-style-type: none"> Sinais de força com formato inapropriado (grande oscilação nos valores, flexo tração antes de 2L/c e “clipping”); Sinais com plastificação do sinal de força; 	<ul style="list-style-type: none"> Nos sinais listados ao lado não se deve fazer análise CAPWAP; Deve ser investigada a causa da má qualidade do sinal ainda em campo; A qualidade dos sinais deve ser avaliada antes de se fazer o CAPWAP; Caso o sinal seja rejeitado, deve-se escolher outro golpe com qualidade do sinal; Condição perfeita de sinal seria: CSX e CSI iguais; formato dos sinais de força iguais;
2 ^a	MQWU (significado matemático)	MQWU > 5	<ul style="list-style-type: none"> Recomendável MQWU < 5; Preferível: MQWU menor possível; CAPWAP em sinais que deveriam ser rejeitados não tem sentido físico;
3 ^a	MQR (significado físico)	Não há	<ul style="list-style-type: none"> Preferível análises com valores de α e R^2 próximos da unidade; Atendendo ao critério acima devem apresentar praticamente mesma curva da PCE; Análises CAPWAP com α e R^2 próximos da unidade apresentam o mais elevado nível de qualidade;

A primeira etapa envolve a verificação do sinal coletado e se a mesma apresenta condições mínimas para aceitação. Quando os sinais coletados apresentarem péssima qualidade, em campo deve-se realizar o devido ajuste, obtendo sinal de boa qualidade. Caso contrário, não se deve realizar a análise CAPWAP por apresentar grandes divergências em relação à um sinal de boa qualidade (Murakami, 2024).

A segunda etapa envolve a avaliação do significado matemático do CAPWAP através da avaliação do MQWU. Segundo a Pile Dynamics, Inc (2024b), para bons sinais coletados o MQWU deve ser sempre inferior à 5,0, normalmente inferior à 4,0, com frequência inferior à 3,0, algumas vezes inferior à 2,0 e raramente inferior a 1,0. Com a experiência, estes números serão atingidos mais facilmente e o operador do CAPWAP pode obter, por exemplo, números inferiores a 2,0, exceto para estacas de concreto com danos ou estacas com negas muito abertas que são mais difíceis de analisar. Klingmuller e Schallert (2019) destacam uma hierarquia de complexidade de execução do ECD com base na experiência alemã. Essa hierarquia de complexidade deve afetar também a dificuldade de se obter valores de MQWU menores. É importante destacar que o CAPWAP não “proíbe” que se faça a análise de sinais que deveriam ser rejeitados e caso seja feita, não há como garantir a qualidade do ECD mesmo com MQWU aceitável. Mesmo assim, ainda é possível avaliar a qualidade dos sinais, validando ou não a análise. O motivo desta não garantia de qualidade do ECD em sinais que deveriam ser rejeitados foi amplamente discutido por Murakami (2024).

A terceira etapa envolve a avaliação do significado físico através do conceito de MQR (Murakami, 2015, 2019) quando há PCE. Este artigo mostra que a avaliação isolada do MQWU na análise CAPWAP pode conduzir à resultados divergentes do esperado, sendo fundamental a avaliação da qualidade dos sinais coletados. Quando o PDA apresentar boa qualidade dos sinais com bom MQWU, historicamente diversos autores verificaram boa correlação do CAPWAP com PCE através do Método de Davisson. Quando o CAPWAP apresentar bom MQR, além da boa correlação através do Método de Davisson, há também boa proximidade da curva simulada do CAPWAP com a PCE, indicando uma boa previsão de recalques.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo tem como objetivo mostrar uma nova forma de avaliação da qualidade do ensaio de carregamento dinâmico. Murakami (2024) mostrou através da análise crítica da equação do MQWU que se houver erros de coleta de sinais em campo (grandeza medida), o significado físico do MQWU pode não fazer

sentido. A nova proposta envolve três etapas: 1) avaliação dos sinais coletados, com critérios de rejeição dos mesmos; 2) Avaliação do valor do MQWU; 3) avaliação dos valores de α e R^2 quando houver uma PCE.

Em relação ao MQR, análises CAPWAP com α e R^2 próximos da unidade apresentam o mais elevado nível de qualidade, desde que atendidas as duas etapas anteriores. Neste caso, a curva simulada do CAPWAP é praticamente idêntica à curva da PCE, conforme diversos casos de obras apresentadas pelo autor.

É importante destacar que o CAPWAP não “proíbe” que se faça a análise de sinais que deveriam ser rejeitados e mesmo que seja feita tal análise, não há como garantir a qualidade do ECD mesmo que o valor do MQWU seja aceitável. O motivo desta não garantia de qualidade do ECD em sinais que deveriam ser rejeitados foi amplamente discutido por Murakami (2024).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2007) NBR 13208. Estacas Ensaio de carregamento dinâmico. Rio de Janeiro.
- Beim, J. (2017) Como especificar e avaliar a qualidade dos ensaios dinâmicos. Webinar, Pile Dynamics, Inc.. <https://www.pile.com/product/como-especificar-e-verificar-a-qualidade-dos-ensaios-de-carregamento-dinamico/> (acessado em 06/04/2024)
- Klingmuller, O., Schallert, M. (2019) Dynamic Pile Load Test of Cast-in-Place Concrete Piles—German Practice and Codes. 10th International Conference on Stress Wave Theory and Testing Methods for Deep Foundations, San Diego, California, USA
- Likins, G., Rausche, F., (2008). What Constitutes a Good PDA Test? Proceedings of the Eighth International Conference on the Application of Stress-Wave Theory to Piles, Lisbon, Portugal, pp 403-407.
- 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, Brazil.
- 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., Corgnier, F., Godinho, H., Saito, E. (2022a) Pile Damage Evaluation Through Low Strain Integrity Test and High Strain Dynamic Pile Test in Root Piles. XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica.
- Murakami, D. K., Corgnier, F., Godinho, H., Saito, E. (2022b) Data Quality in the High Strain Dynamic Pile Test in Cast in Place Piles. XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica.
- Murakami, D. K., Cabette, J. F. (2023) The Effect of the Pile Cushion on the Data Quality in the Dynamic Load Test. 10º Seminário de Fundações e Engenharia Geotécnica. São Paulo, SP.
- 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 Engenharia Geotécnica. São Paulo, SP.
- Murakami, D. K. (2024) A Diferença entre Significado Físico e Matemático no Ensaio de Carregamento Dinâmico. XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Balneário Camburiu, SC (artigo submetido).
- Murakami, D. K., Cabette, J. F. (2024) The Effect Of An Accentric Blow In The High Strain Dynamic Pile Test. XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Balneário Camburiu, SC (artigo submetido).
- Pile Dynamics, Inc. (2024a). Is The “Match Quality” The Only Parameter To Determine The Accuracy Of The Results?. Cleveland, Ohio. Disponível em: <https://www.pile.com/resources/faqs/faq-match-quality-mq-parameter-determine-accuracy-results/> (acesso em 17/03/2024)
- Pile Dynamics, Inc. (2024b). What Value “Match Quality” Is Recommended In Capwap?. Cleveland, Ohio. Disponível em: <https://www.pile.com/resources/faqs/faq-value-match-quality-recommended-capwap/> (acesso em 17/03/2024)