XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.5/66

Evolução das Práticas de Comparação entre PCE e PDA: Do Critério de Ruptura ao Match Quality de Recalques (MQR)

Daniel Kina Murakami
Coordendador de Obras, Grupo Fg Moretti, São Paulo, Brasil, daniel.murakami@morettiengenharia.com.br;

RESUMO: A determinação da capacidade de carga de estacas é essencial para a segurança de fundações profundas. Este artigo analisa criticamente as práticas de comparação entre a Prova de Carga Estática (PCE) e o Ensaio Dinâmico (PDA), contrastando critérios tradicionais com as inovações desenvolvidas pelo autor. Métodos clássicos, como Davisson (1972) e NBR 6122:2019, baseiam-se em pontos de ruptura que exigem deslocamentos de ponta nem sempre atingidos. Para mitigar essa limitação, Murakami (2015) introduziu o Davisson Modificado e, posteriormente, o conceito de Match Quality de Recalques (MQR). O MQR, em sua solução gráfica, utiliza os coeficientes α e R2 para quantificar a aderência integral entre as curvas carga-recalque, eliminando a subjetividade da interpretação visual. Adicionalmente, descreve-se o procedimento de calibração iterativa do CAPWAP, onde os parâmetros de quake são ajustados via MQR para aproximar a curva simulada do CAPWAP com a curva da PCE. Estudos de caso demonstram que esta abordagem reduz a dispersão e valida o projeto com maior precisão. Conclui-se que a transição para o MQR é de grande importância, apresentando grandes vantagens em relação aos métodos tradicionais, estabelecendo um novo patamar de confiabilidade e segurança na Engenharia de Fundações.

PALAVRAS-CHAVE: Capacidade de Carga, Estacas, Método de Davisson, Davisson Modificado, Método NBR 6122, Significado Físico.

ABSTRACT: Determining pile capacity is essential for the safety of deep foundations. This paper critically analyzes the comparison practices between Static Load Tests (SLT) and Dynamic Load Tests (DLT/PDA), contrasting traditional criteria with the innovations developed by the author. Classic methods, such as Davisson (1972) and NBR 6122:2019, rely on failure points that require toe displacements not always achieved in the field. To mitigate this limitation, Murakami (2015) introduced the Modified Davisson and, subsequently, the Match Quality of Settlements (MQS/MQR) concept. MQS, in its graphical solution, utilizes α and R2 coefficients to quantify the integral adherence between load-settlement curves, eliminating the subjectivity of visual interpretation. Additionally, the iterative CAPWAP calibration procedure is described, where quake parameters are adjusted via MQS to match the simulated CAPWAP curve with the SLT curve. Case studies demonstrate that this approach reduces dispersion and validates the design with higher precision. It is concluded that the transition to MQS is fundamental, presenting advantages compared to traditional methods, establishing a new level of reliability and safety in Foundation Engineering.

KEYWORDS: Bearing Capacity, Piles, Davisson Method, Modified Davisson, NBR 6122 Method, Physical Meaning.

1 INTRODUÇÃO

A determinação da capacidade de carga de estacas é, reconhecidamente, um dos maiores desafios da engenharia geotécnica, dada a complexidade da interação solo-estaca e a variabilidade intrínseca dos parâmetros geomecânicos. Segundo Murakami et al. (2024), a redução de incertezas no projeto de fundações profundas depende fundamentalmente da qualidade e da interpretação dos ensaios de campo. Nesse cenário, a Prova de Carga Estática (PCE) permanece como o método de referência, fornecendo a curva carga-recalque real do elemento de fundação. Todavia, o Ensaio Dinâmico (PDA), por sua agilidade e viabilidade econômica, consolidou-se como uma ferramenta indispensável para o controle de qualidade e verificação de desempenho em diversas obras.

Historicamente, a correlação entre os resultados da PCE e do PDA baseou-se em critérios de ruptura pontuais, buscando-se um valor único de carga última que validasse as premissas de projeto. Métodos

consagrados, como o de Davisson (1972), estabeleceram critérios de "offset" que exigem deslocamentos mínimos da ponta da estaca para a caracterização da ruptura. No Brasil, a NBR 6122:2019 adota critérios semelhantes, muitas vezes resultando em cargas de ruptura ligeiramente superiores às de Davisson. Entretanto, a prática de engenharia frequentemente se depara com ensaios interrompidos antes da mobilização total da resistência de ponta, tornando os métodos tradicionais de difícil aplicação ou dependentes de extrapolações.

Nas últimas décadas, a busca por maior precisão e confiabilidade nas fundações profundas impulsionou o desenvolvimento de novas metodologias de comparação. Murakami (2015) propôs o conceito do Davisson Modificado, oferecendo uma alternativa técnica para estacas com baixo deslocamento de ponta, permitindo a correlação onde o método original de 1972 seria tecnicamente inaplicável. Mais recentemente, a introdução do conceito de Match Quality de Recalques (MQR), por Murakami (2015, 2019), representou um avanço significativo ao transpor a análise de um ponto isolado de ruptura para a avaliação da aderência integral entre as curvas carga-recalque da PCE e as previstas pelo PDA (CAPWAP).

A evolução dessas práticas reflete a necessidade de utilizar novos métodos que se aplicam a todos os casos deobras, independentemente de um deslocamento mínimo da ponta. O uso do MQR não apenas quantifica a diferença entre os ensaios, mas permite a calibração iterativa dos parâmetros dinâmicos do CAPWAP, elevando a fidelidade da curva simulada do ensaio dinâmico. Este artigo tem como objetivo descrever e analisar criticamente as práticas atuais de comparação entre PCE e PDA, destacando a importância das contribuições desenvolvidas pelo autor ao longo de mais de uma década para o aprimoramento da segurança e da confiabilidade na Engenharia de Fundações.

2 CRITÉRIOS TRADICIONAIS DE RUPTURA (DAVISSON E NBR 6122)

A definição da carga de ruptura em estacas é, em grande medida, uma convenção técnica destinada a padronizar a interpretação de ensaios que, muitas vezes, não atingem a ruptura física do sistema solo-estaca. O Método de Davisson (1972) ou Davisson offset consolidou-se mundialmente como o critério de referência para a interpretação de Provas de Carga Estática e sua correlação com ensaios dinâmicos. O método fundamenta-se na interseção da curva carga-recalque com uma reta paralela à linha de compressão elástica da estaca, deslocada por um valor de "offset" que considera o diâmetro do elemento (3,8+D/120, em mm), conforme indicado na Figura 1a (Fellenius, 2026). Todavia, a aplicação rigorosa deste critério exige que a estaca sofra um deslocamento de ponta suficiente para mobilizar a sua resistência de ponta. Em estacas de grande capacidade de carga ou instaladas em solos muito competentes, o recalque total atingido em campo frequentemente é inferior ao exigido pelo método, tornando a determinação da carga de ruptura dependente de métodos de extrapolação que podem introduzir incertezas adicionais ao processo, uma vez que diversos métodos de extrapolação deverão apresentar cargas de ruptura diferentes.

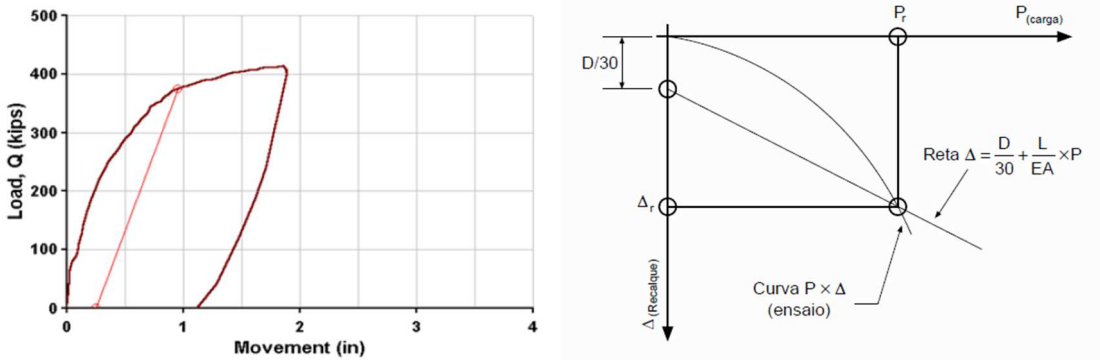


Figura 1. a) Davisson offset (Fellenius, 2026); b) Método da NBR 6122 (ABNT)

No contexto normativo brasileiro, a NBR 6122:2019 estabelece critérios para a determinação da carga de ruptura convencional que guardam semelhança ao Método de Davisson, resultando em valores de carga ligeiramente superiores (Figura 1b). A norma brasileira busca garantir que o elemento de fundação opere dentro de limites deformacionais aceitáveis para a estrutura. Entretanto, assim como no método de 1972, a NBR 6122 encontra limitações práticas quando o ensaio é interrompido prematuramente por limitações do sistema de reação ou por decisão de projeto ao atingir duas vezes a carga de trabalho.

A grande limitação dessas práticas tradicionais reside na sua natureza pontual. Ao focar exclusivamente em um único valor de "carga de ruptura", ignora-se a trajetória completa da curva carga-recalque e a evolução da mobilização do atrito lateral e da resistência de ponta ao longo dos estágios de carregamento. Murakami (2015, 2019) ressalta que comparar PCE e PDA apenas pelos seus pontos finais de ruptura é uma simplificação que não leva em consideração o formato da curva carga vs. recalque das estacas. Portanto, a dependência de um deslocamento mínimo da ponta para validar a capacidade de carga torna-se um obstáculo para a modernização do controle de qualidade de fundações profundas, exigindo métodos que permitam uma análise contínua e integrada de todos os dados coletados durante os ensaios dinâmicos e estáticos.

3 O CONCEITO DE DAVISSON MODIFICADO (MURAKAMI, 2015)

A dificuldade em atingir o deslocamento mínimo exigido pelo critério de Davisson (1972) em estacas de grande capacidade ou em solos de elevada rigidez motivou a busca por alternativas que permitissem a correlação entre PCE e PDA sem a necessidade de extrapolações. Segundo Murakami (2015), a interrupção prematura de um ensaio não deve invalidar a comparação técnica entre os métodos, desde que se adote um critério consistente.

Nesse contexto, Murakami (2015) propôs o conceito do Davisson Modificado (Figura 2). Esta metodologia surge como uma adaptação necessária para contornar a limitação do método original em casos onde a curva carga-recalque não cruza a linha de offset convencional. O procedimento consiste na construção de uma reta paralela à linha de compressão elástica da estaca, porém, em vez de utilizar o deslocamento fixo proposto em 1972, a reta é deslocada para passar pelo ponto de menor recalque máximo observado entre a Prova de Carga Estática (PCE) e o Ensaio Dinâmico (PDA).

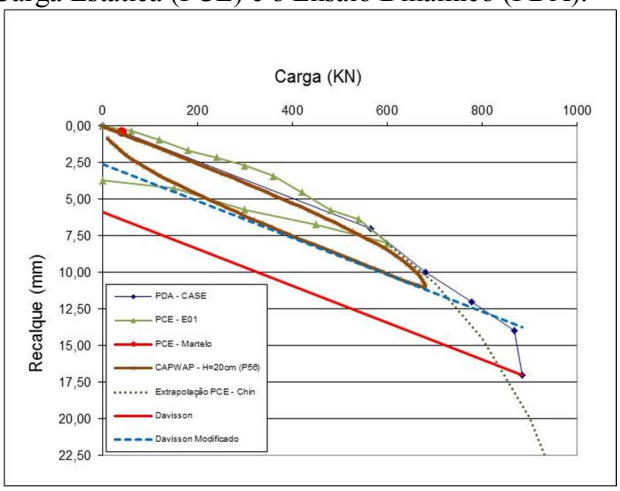


Figura 2. Método de Davisson Modificado por Murakami (2015)

A validade científica desta proposta reside na manutenção da lógica de rigidez do sistema solo-estaca, garantindo que a comparação ocorra em um patamar deformacional efetivamente atingido por ambos os ensaios. Ao adotar o Davisson Modificado, reduz-se a necessidade de extrapolar a trajetória da curva além dos dados medidos, permitindo uma correlação direta e segura da carga mobilizada. Esta abordagem representou um marco na Engenharia de Fundações ao oferecer uma solução técnica para o controle de qualidade de estacas que apresentam baixo deslocamento de ponta. O Davisson Modificado por Murakami (2015) não substitui o critério original para casos de ruptura nítida, mas amplia o espectro de análise para a realidade de obras onde há menor deslocamento da ponta da estaca. Conforme ressaltado por Murakami (2015), esta metodologia foi fundamental para casos de obra onde métodos tradicionais seriam impossíveis de se comparar.

4 PROCEDIMENTO PARA MELHORIA DA ANÁLISE CAPWAP (MURAKAMI, 2015, 2019)

A análise CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program) é o procedimento padrão para a determinação da capacidade de carga e da distribuição de resistências ao longo do fuste e ponta a partir dos dados coletados no ensaio dinâmico. Entretanto, a precisão da curva carga-recalque simulada pelo programa depende dos parâmetros de entrada adotados pelo engenheiro, especificamente os valores de quake (máximo deslocamento elástico) do fuste e da ponta, assim como distribuição de atrito lateral e carga de ponta. Segundo Murakami (2015), a utilização de valores tabelados ou arbitrários para o quake do fuste introduz uma subjetividade indesejada, podendo resultar em curvas simuladas do CAPWAP que divergem significativamente do comportamento real observado em campo. Essa questão da variação do CAPWAP foi observado inicialmente por Fellenius (1988). Neste contexto, Murakami (2015, 2019) propôs um procedimento inovador de calibração iterativa da análise CAPWAP. O método baseia-se na premissa de que a Prova de Carga Estática (PCE) fornece o formato da curva carga vs. recalque da estaca. Assim, em vez de aceitar o primeiro resultado da análise CAPWAP condizente (Match Quality), o procedimento exige que os parâmetros dinâmicos sejam ajustados de forma que a curva carga-recalque gerada pelo CAPWAP apresente a máxima aderência com a curva real da PCE, aprimorando o Signiicado Físico (Murakami, 2015, 2026).

O diferencial técnico deste procedimento reside no uso do conceito de Match Quality de Recalques (MQR) como critério de parada da calibração. Ajusta-se iterativamente os valores de quake do fuste e da ponta até que os recalques previstos pelo modelo dinâmico coincidam com os recalques medidos na PCE para cada estágio da PCE. Esta abordagem retira da analise a decisão subjetiva sobre a rigidez do sistema solo-estaca, utilizando-se de dados coletados na PCE. A aplicação deste procedimento eleva o PDA ao status de uma simulação de alta fidelidade, apresentando maior visionabilidade (Figura 3). Ao calibrar o modelo dinâmico com base na curva estática, há melhoria na distribuição de resistência lateral e de ponta obtida no CAPWAP. Conforme demonstrado por Murakami (2015, 2019), estacas calibradas por este método apresentam grande similaridade com a curva da PCE.

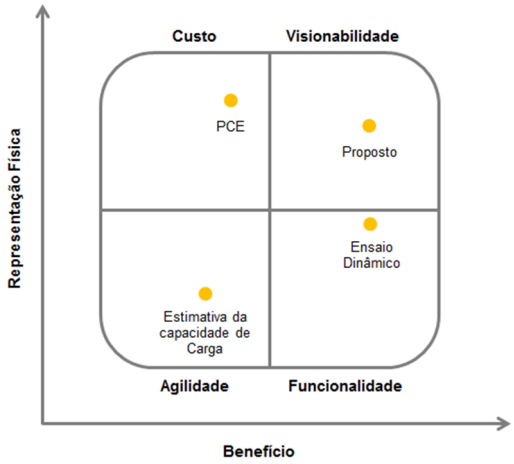


Figura 3. Visionabilidade do Procedimento Proposto por Murakami (2015)

Prado et al. (2024) descrevem o uso do procedimento proposto por Murakami (2015) em um evento de previsão do comportamento de estacas pré-moldadas de concreto em um campo experimental na cidade de Ponta Grossa (PR). Os autores descrevem o uso do carregamento estático utilizando o peso do martelo do bate estaca (CEPM) para medição do recalque, obtendo um ponto inicial da curva carga-recalque. Posteriormente, foi realizado o ajuste do quake do fuste da estaca para igualar o recalque do CAPWAP com o medido com o peso do martelo, conforme descrito por Murakami (2015). A Figura 4 mostarm os resultados de previsões de diversos autores comparados com o CAPWAP. De forma inédita, os autores descrevem o uso do procedimento de Murakami (2015) na análise CAPWAP como curva de referência do comportamento da estaca em um evento de previsão de capacidade de carga de estacas, onde normalmente se usa a curva de uma Prova de Carga Estática (PCE) ao invés da curva do CAPWAP. Este fato mostra a confiabilidade do procedimento de Murakami (2015) para determinação da curva carga-recalque através do CAPWAP.

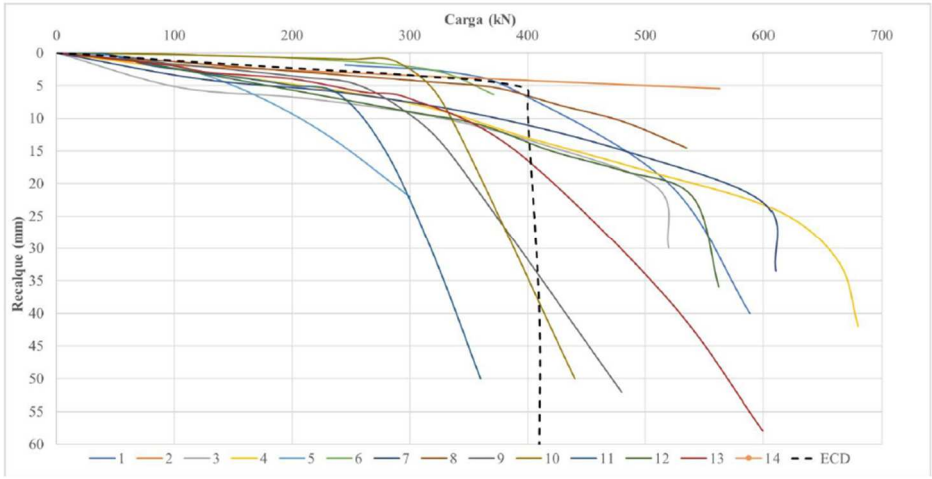


Figura 4. Uso do Procedimento Proposto por Murakami (2015) em evento de previsão (Prado et al., 2024)

5 MATCH QUALITY DE RECALQUES (MQR): A SOLUÇÃO GRÁFICA

A evolução dos métodos de comparação entre a Prova de Carga Estática (PCE) e o Ensaio Dinâmico (PDA) culminou no desenvolvimento do conceito de Match Quality de Recalques (MQR). Segundo Murakami (2019), a análise de aderência entre os ensaios não deve ser limitada a uma inspeção visual das curvas carga-recalque sobrepostas, mas sim quantificada por meio de uma métrica objetiva que avalie a fidelidade da curva simulada do CAPWAP em todos os estágios de carregamento.

Inicialmente proposto como uma equação matemática (Murakami, 2015), o MQR foi aprimorado para uma solução gráfica, apresentando vantagens em relação à solução inicial (Murakami e Massad, 2023). O procedimento consiste em plotar, em um gráfico de dispersão, os recalques medidos na PCE no eixo das abscissas (X) e os recalques previstos pela análise CAPWAP no eixo das ordenadas (Y), para cada incremento de carga da PCE. A qualidade da correlação é então extraída de uma linha de tendência linear que obrigatoriamente passa pela origem, sendo definida por dois parâmetros fundamentais:

- Coeficiente angular (α): Representa a inclinação da reta de tendência. Quanto mais próximo da unidade (α=1,0), maior é a concordância em termos de magnitude absoluta entre os recalques da PCE e CAPWAP. Valores de α>1,0 indicam que o PDA está superestimando os recalques (postura conservadora), enquanto α<1,0 indica subestimativa.
- Coeficiente de Determinação (R2): Quantifica a precisão do ajuste e a linearidade da correlação ao longo de toda a trajetória da curva da PCE. Um R2 próximo à unidade indica que a "forma" da curva simulada do CAPWAP apresenta forte correlação com a curva da PCE, independentemente da carga de ruptura ter sido atingida ou não.

A Figura 5 mostra uma aplicação do MQR em um caso de obra estudado por Souza et al. (2025). Trata-se de uma obra portuária em Santos, SP, onde as fundações foram executadas em estacas metálicas cravadas com martelo hidráulico.

A vantagem do MQR frente aos métodos tradicionais reside na sua independência em relação ao deslocamento da ponta da estaca, além de avaliar todos os pontos das curvas da PCE e CAPWAP e não apenas um par de pontos obtidos através de Métodos Tradicionais como Davisson ou NBR (Murakami e Massad, 2023). Enquanto o critério de Davisson (1972) e a NBR 6122:2019 são inviáveis em ensaios com baixos recalques, o MQR valida a capacidade de carga através da avaliação integral das curvas. Se os pontos apresentam elevada aderência (α e R2 satisfatórios), há uma evidência científica de que o modelo dinâmico está calibrado com a curva real da PCE para a estaca estudada.

Estudos recentes mostram o uso do MQR para comparação entre a curva real da PCE com modelos de previsão da curva carga vs. recalque de estacas (Nascimento et al., 2026). Esta nova aplicação do MQR mostra o aprimoramento de comparações entre a PCE e modelos de previsão do comportamento da PCE. Nestas condições, o MQR se mostra como uma ferramenta promissora para avaliação do comportamento de estacas em eventos de previsão de capacidade de carga em estacas. Tais eventos são realizados em diversos países, inclusive no Brasil.

Portanto, a solução gráfica do MQR estabelece um novo conceito para a Engenharia de Fundações: a validação por aderência de curvas. Esta metodologia retira o foco da "Geotecnia de Pontos" e o desloca para a análise contínua do comportamento curva como um todo, permitindo que o PDA seja utilizado com segurança para validar o desempenho de estacas não ensaiadas estaticamente, reduzindo as incertezas.

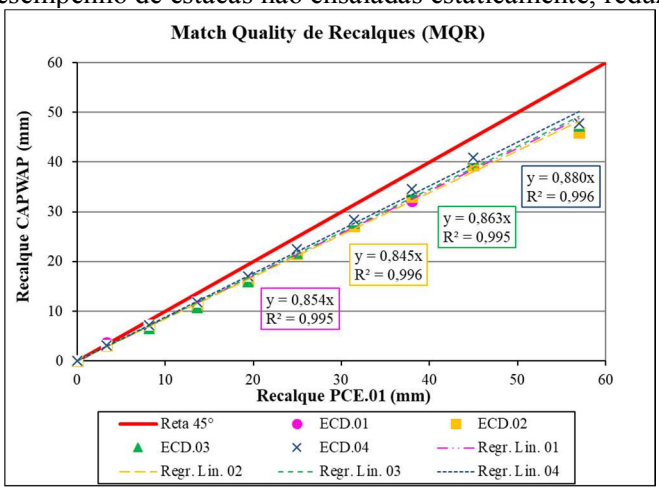


Figura 5. Match Quality de Recalques (Souza et al., 2025)

6 ESTUDOS DE CASO E ANÁLISE COMPARATIVA

A validação das metodologias propostas por Murakami (2015, 2019) é fundamentada na análise de diversos casos de obra onde se permitiu o confronto direto entre a Prova de Carga Estática (PCE) e o Ensaio Dinâmico (PDA). Um exemplo refere-se às obras de expansão de um terminal portuário em Itapoá, SC, onde estacas metálicas tubulares de 1,0 m de diâmetro foram submetidas a ambos os ensaios (Murakami e Corgnier, 2023). A comparação de resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação de resultados entre PCE e PDA (Murakami e Corgnier, 2023).

PCE	Davisson Modificado (kN)			MQ_R	
	PCE	CAPWAP	Erro (%)	α	R^2
LC	7290	7880	8,09	0,9939	0,9938
MA	8550	7740	-9,47	1,0864	0,9921
TH	7180	7880	9,75	0,9291	0,9942

Neste caso, devido ao elevado comprimento das estacas e à rigidez do sistema, o deslocamento crítico de ponta exigido pelo método de Davisson (1972) não foi plenamente atingido. A aplicação do Davisson Modificado permitiu estabelecer uma carga de ruptura de referência de 7290 kN para a curva da Célula de Carga (LC), enquanto o Ensaio Dinâmico (CAPWAP) indicou 7880 kN, resultando em um erro de apenas -8,0%. A análise comparativa evidenciou que a forma de medição da carga na PCE altera a percepção da capacidade de carga e a qualidade da correlação com o PDA. Conforme apresentado na Tabela 1, a utilização da curva do Manômetro (MA) resultaria em uma carga de 8550 kN, superestimando a capacidade em relação ao ensaio dinâmico (erro de +9,5%).

Estes valores, extremamente próximos à unidade, fornecem uma evidência científica de que o modelo dinâmico do CAPWAP, após o procedimento de calibração do quake, representou com alta fidelidade o comportamento estático da estaca em todos os estágios de carga para a curva medida com célula de carga (LC). Em contrapartida, a curva do Manômetro (MA) apresentou um α=1,0864, indicando uma subestimativa dos recalques pelo modelo dinâmico quando comparado à carga nominal superestimada pelo atrito do macaco hidráulico. Este desvio confirma que a "Geotecnia de Pontos" (comparação apenas pela carga de ruptura convencional) é insuficiente. Quando a análise se limita a comparar os valores de ruptura convencionais, poderia aceitar uma correlação baseada no manômetro como válida, ignorando que a trajetória da curva simulada diverge da realidade física. O MQR, portanto, atua como análise complementar de qualidade, garantindo que a correlação entre PCE e PDA seja pautada pela aderência entre as curvas da PCE e CAPWAP, aprimorando o Significado Físico do CAPWAP (Murakami, 2024, 2026).

7 IMPORTÂNCIA DAS CONTRIBUIÇÕES DE MURAKAMI PARA A ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES

As pesquisas e metodologias desenvolvidas por Murakami ao longo da última década representam uma mudança de paradigma na Engenharia de Fundações brasileira. A transição do que se pode denominar "Geotecnia de Pontos" para a "Geotecnia de Curvas" permitiu que o controle de qualidade de estacas deixasse de ser uma verificação de um par de pontos de carga última para se tornar uma análise profunda da curva completa dos ensaios. A introdução do Davisson Modificado (Murakami, 2015) preencheu uma lacuna técnica crítica na interpretação de ensaios em estacas em diversoso cenários: a) interrompidas prematuramente; b) de grande capacidade; c) instaladas em solos de elevada rigidez. Ao oferecer uma alternativa fundamentada para casos onde o deslocamento de ponta é insuficiente para os critérios de 1972, o autor proveu à comunidade técnica uma ferramenta que evita extrapolações subjetivas e garante o rigor científico para comparação. Esta contribuição foi fundamental para conferir um Método capaz de fazer comparações nestes cenários descritos.

Entretanto, é o conceito de Match Quality de Recalques (MQR) que se estabelece como promissor para a correlação entre a Prova de Carga Estática (PCE) e o Ensaio Dinâmico (PDA). Ao propor a calibração iterativa dos parâmetros do CAPWAP (especialmente o quake) com base na aderência integral das curvas, Murakami (2015, 2019) elevou o PDA ao status de uma curva simulada do CAPWAP de alta fidelidade do comportamento estático. A solução gráfica do MQR, com seus coeficientes α e R2 aprimirou a comparação entre os ensaios com um rigor estatístico que quantifica a confiabilidade do ensaio. Uma prova disso seria o uso do CAPWAP segundo o procedimento de Murakami (2015) em eventos de previsão do comportamento de estacas (Prado et al., 2024). Ressalta-se que a importância dessas contribuições transcende o campo acadêmico, impactando diretamente a economia e a segurança das obras. O autor tem apresentado diversos casos de obra onde o uso combinado de PCE e PDA pode apresentar reduções de custos e prazos em obras de Fundações. A redução das incertezas permite uma validação mais assertiva em relação ao real comportamento das fundações.

8 CONCLUSÕES

A análise crítica das práticas atuais de comparação entre a Prova de Carga Estática (PCE) e o Ensaio Dinâmico (PDA) permite concluir que a Engenharia de Fundações evoluiu. A busca pela segurança e eficiência econômica exige que a validação da capacidade de carga transcenda a simples comparação de valores pontuais de ruptura. As principais conclusões deste trabalho são:

- Superação do deslocamento mínimo da Estaca: Os critérios clássicos, como o de Davisson (1972), embora fundamentais, apresentam limitações em estacas com baixo deslocamento de ponta. O Davisson Modificado (Murakami, 2015) consolidou-se como uma solução técnica para esses casos, permitindo correlações onde Métodos tradicionais não se aplicam.
- MQR como Métrica Objetiva: O conceito de Match Quality de Recalques (MQR) representa uma grande da evolução na comparação entre ensaios. Ao utilizar análise estatística dos coeficientes α e R2 , o MQR fornece uma método científico para quantificar a aderência entre as curvas, garantindo a confiabilidade da curva simulada do CAPWAP.
- Calibração de Alta Fidelidade: O procedimento de calibração do CAPWAP via MQR transforma o ensaio dinâmico em uma curva simulada precisa do comportamento estático, apresentando maior visionabilidade (Murakami, 2015, 2019). O ajuste iterativo do quake com base na curva real da PCE melhora a distribuição de resistências (fuste e ponta), apresentando melhor Significado Físico (Murakami, 2024, 2026).
- Redução de Incertezas e Segurança: O estudo de caso demonstrou que a forma de medição da carga na PCE (Célula de Carga vs. Manômetro) altera a qualidade da correlação. A utilização da carga real (LC) associada ao MQR resultou em melhor correlação com o CAPWAP, validando o projeto com maior rigor em relação ao uso exclusivo do manômetro.

Em suma, as contribuições desenvolvidas ao longo da última década estabeleceram a "Geotecnia de Curvas" como o novo padrão de excelência. A integração entre PCE e PDA, mediada pelo rigor do MQR, é fundamental para a comparação dos ensaios, melhorando a avaliação do desempenho das fundações para atendimento de projeto. Além disso: o MQR se mostrou eficaz para avaliação de estacas não ensaiadas

(Souza et al., 2025); o procedimento de Murakami (2015) foi utilizado em evento de previsão de comportamento de estacas (Prado et al., 2024) como curva de referência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas (2019). *NBR 6122: Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.

Davisson, M. T. (1972) High Capacity Piles. *Proceedings*... Lecture Series, Innovations in Foundation Construction, ASCE, Illinois Section, Chicago, pp. 81-112.

Fellenius, B.H. (1988) Variation of CAPWAP results as a function of the operator. In Proceedings of the 3rd International Conference on the Application of Stress- Wave Theory to Piles (pp. 814-825), Ottawa.

Fellenius, B. H. (2026) *Basics of Foundation Design*. Electronic Edition. Disponível em: http://www.fellenius.net. Acesso em: 21 jun. 2026.

Murakami, D. K. (2015) *Novo procedimento para a realização de análise CAPWAP no ensaio de carregamento dinâmico em estacas pré-moldadas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 518 p.

Murakami, D. K. (2019) A new concept of match quality of settlements for signal matching analysis on the dynamic pile test. In: 10th International Conference on Stress Wave Theory and Testing Methods for Deep Foundations, San Diego.

Murakami, D. K. (2024) A diferença entre significado físico e matemático no ensaio dinâmico. In: XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), Balneário Camboriú. *Anais*... ABMS.

Murakami, D. K. (2026) The difference between physical and mathematical meaning in the dynamic load test. *Soils and Rocks*, 49 (2).

Murakami, D. K.; Corgnier, F. (2023) The Influence of The Load Measurement Method in The Static Load Test to Correlate With The Dynamic Test in Piles. In: 10º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia (SEFE 10), São Paulo. *Anais*... ABMS.

Murakami, D. K.; Corgnier, F.; Godinho, H.; Saito, E. (2022) Different Possible Interpretations Depending on The Load Measurement Method on the Static Load Test in Piles. In: XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), Campinas. *Anais*... ABMS.

Murakami, D. K.; Corgnier, F.; Silva, A.; Bozan, G. (2020) A Comparison between the Measured Load through a Load Cell and a Manometer on the Static Load Test in Piles. In: XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), Campinas. *Anais*... ABMS.

Murakami, D. K.; Cury Filho, D.; Corgnier, F. (2024) Reflexões Sobre O Uso Do Manômetro Na Prova De Carga Estática. In: XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), Balneário Camboriú. *Anais*... ABMS.

Nascimento, J. R. A., Orestes, V. M., Murakami, D. K., Moretti, G. V., Bezerra, T. S. F. (2026) Comparação Entre Modelo De Previsão Da Curva Carga x Recalque E Prova De Carga Estática Mista Em Microestaca. In: XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), Brasilia. *Anais*... ABMS (artigo aprovado).

Prado, G., Almeida, M. M., Tonus, B. P. A., Lautenschläger, C. E. R., Olavo, L. H. F. (2024). Previsão Do Comportamento Carga-Recalque Em Estaca Pré-Moldada De Concreto Em Campo Experimental Na Cidade De Ponta Grossa – Pr, In: XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Balneário Camburiú. *Anais*... ABMS.

Souza, J. I. G., Cury Filho, D., Murakami, D. K., & Albuquerque, P. J. R. (2025). Análise do Desempenho de Fundações em Estacas Metálicas no Porto de Santos - SP. 11º Seminário de Fundações e Engenharia Geotécnica, São Paulo. *Anais*... ABMS.