

**ANÁLISE GEOTÉCNICA DE
PERFIS DE SOLO OBTIDOS
POR SONDAGEM SPT:
ESTUDO DE CASO
COMPARATIVO DE
INVESTIGAÇÕES
EXECUTADAS NO SUDESTE
DO PARÁ**

**GEOTECHNICAL ANALYSIS OF SOIL PROFILES OBTAINED BY SPT
BORINGS: A COMPARATIVE CASE STUDY OF INVESTIGATIONS CARRIED
OUT IN SOUTHEASTERN PARÁ**

Engenharias • 10/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/791486793](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/791486793)

Felipe Gabriel Ferreira da Silva¹

Letícia Gabriely Homem Matos²

Aderian dos Santos Rodrigues³

Laécio Gil Coelho Santos⁴

Marcelo Euclides Auzier da Costa Nascimento⁵

Uesley de Lima Oliveira⁶

Marcelo Rassy Teixeira⁷

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise geotécnica crítica de cinco boletins de sondagem a percussão (SPT), provenientes de três empreendimentos distintos localizados no sudeste do Estado do Pará: o Parque de Exposição, o Parque Linear de Canaã dos Carajás e um trecho da Rodovia PA-150. Adotou-se uma abordagem interpretativa que vai além da leitura isolada do índice N-SPT, considerando o comportamento da resistência à penetração com a profundidade, a variabilidade espacial entre furos, as mudanças estratigráficas, a influência do nível freático e os critérios de encerramento das sondagens, à luz da fundamentação teórica sobre eficiência energética do ensaio, variabilidade geotécnica e integração do SPT com métodos modernos de investigação, como o CPTu e técnicas geofísicas. Os resultados mostram tendência geral de aumento do N-SPT com a profundidade, associada ao incremento das tensões efetivas e da compacidade dos materiais, porém com diferenças expressivas entre furos, mesmo dentro de um mesmo empreendimento, compatíveis com a heterogeneidade típica de solos residuais e lateríticos tropicais. Conclui-se que o SPT permanece uma ferramenta fundamental para o reconhecimento geotécnico, desde que interpretado de forma integrada e crítica, recomendando-se sua associação a ensaios complementares em futuras investigações.

Palavras-chave: Ensaio SPT; Investigação geotécnica; N-SPT; Solos residuais tropicais; Sudeste do Pará.

ABSTRACT

This paper presents a critical geotechnical analysis of five Standard Penetration Test (SPT) boring logs from three distinct sites located in southeastern Pará State, Brazil: the Parque de Exposição, the Parque Linear in Canaã dos Carajás, and a section of Highway PA-150. An

interpretive approach was adopted that goes beyond the isolated reading of the N-SPT index, considering the behavior of penetration resistance with depth, the spatial variability between boreholes, stratigraphic changes, the influence of the water table, and the boring termination criteria, in light of the theoretical background on the test's energy efficiency, geotechnical variability, and the integration of SPT with modern investigation methods such as CPTu and geophysical techniques. The results show a general trend of increasing N-SPT with depth, associated with the increase in effective stresses and material compactness, although with significant differences between boreholes, even within the same site, consistent with the heterogeneity typical of tropical residual and lateritic soils. It is concluded that the SPT remains a fundamental tool for subsurface recognition, provided its results are interpreted in an integrated and critical manner, and it is recommended that future investigations combine SPT data with complementary tests.

Keywords: SPT test; Geotechnical investigation; N-SPT; Tropical residual soils; Southeastern Pará.

1. INTRODUÇÃO

A caracterização geotécnica do subsolo constitui uma das etapas mais críticas do desenvolvimento de projetos de infraestrutura, edificações, obras lineares e estruturas de contenção, uma vez que as incertezas associadas aos materiais naturais representam uma das principais fontes de risco durante a execução e operação das obras geotécnicas. Nesse contexto, os programas de investigação geotécnica têm como objetivo reduzir as incertezas relacionadas à estratigrafia, aos parâmetros de resistência e deformabilidade e às condições hidrogeológicas do terreno.

Entre os métodos de investigação in situ utilizados mundialmente, o Standard Penetration Test (SPT) ocupa posição de destaque devido à sua ampla disseminação, baixo custo operacional e capacidade simultânea de fornecer informações estratigráficas, amostragem deformada e estimativas indiretas da resistência do terreno (Terzaghi; Peck, 1967; Schnaid; Odebrecht, 2012). Entretanto, a evolução da engenharia geotécnica demonstrou que a simples utilização do índice de resistência à penetração (N-SPT) é insuficiente para uma adequada compreensão do comportamento mecânico dos maciços terrosos.

Nas últimas décadas, diversos pesquisadores passaram a enfatizar a necessidade de interpretação do SPT sob uma perspectiva mais abrangente, incorporando fatores como eficiência energética do equipamento, tensões efetivas de confinamento, heterogeneidade geológica, anisotropia do depósito, variabilidade espacial dos parâmetros geotécnicos e integração com outros métodos investigativos, especialmente o Cone Penetration Test (CPTu) e ensaios geofísicos (Skempton, 1986; Odebrecht et al., 2005; Robertson, 2009).

Particularmente na região amazônica e no sudeste do Estado do Pará, onde predominam solos lateríticos, saprolíticos e depósitos residuais altamente heterogêneos, a interpretação geotécnica exige análise integrada da geologia local, dos processos intempéricos tropicais e da resposta mecânica observada em campo. Nessas condições, discrepâncias significativas podem ocorrer entre furos separados por pequenas distâncias horizontais, tornando inadequada qualquer interpretação baseada exclusivamente em valores isolados de N-SPT.

Dessa forma, este trabalho propõe uma análise crítica do ensaio SPT aplicada a cinco boletins de sondagem provenientes de três empreendimentos distintos localizados no Estado do Pará, compreendendo o Parque de Exposição, o Parque Linear de Canaã dos Carajás e um trecho da Rodovia PA-150. A pesquisa busca interpretar os resultados obtidos não apenas sob a ótica convencional da resistência à penetração, mas também considerando aspectos relacionados à variabilidade geotécnica, comportamento estratigráfico, influência do nível freático e limitações inerentes ao método investigativo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O Ensaio SPT no Contexto da Investigação Geotécnica

A investigação geotécnica constitui uma etapa fundamental para o desenvolvimento seguro e economicamente viável de projetos de engenharia civil, uma vez que os solos apresentam elevada heterogeneidade espacial e comportamento mecânico dependente de sua gênese geológica e condições ambientais (Das, 2011; Schnaid; Odebrecht, 2012).

Dentre os métodos de investigação *in situ*, o Standard Penetration Test (SPT) destaca-se como o ensaio mais utilizado no Brasil para reconhecimento geotécnico de terrenos destinados a obras de fundações, contenções, pavimentação e infraestrutura em geral. Sua ampla utilização decorre da facilidade operacional, baixo custo relativo e da capacidade de fornecer simultaneamente informações estratigráficas, amostras deformadas para caracterização táctil-visual e um índice empírico de resistência à penetração denominado N-SPT (ABNT, 2020; Schnaid; Odebrecht, 2012).

Segundo Terzaghi e Peck (1967), o SPT consolidou-se internacionalmente como uma ferramenta prática para avaliação preliminar das condições do subsolo, sendo posteriormente incorporado a diversos métodos semiempíricos de dimensionamento geotécnico. No Brasil, sua aplicação está diretamente associada aos métodos de previsão de capacidade de carga desenvolvidos por Aoki e Velloso (1975) e Décourt e Quaresma (1978).

2.2. Princípios Mecânicos do Ensaio

O ensaio consiste na cravação dinâmica de um amostrador padrão por meio de sucessivos impactos produzidos por um martelo de 65 kg em queda livre de 75 cm, conforme especificado pela ABNT NBR 6484:2020 (ABNT, 2020).

O índice N-SPT corresponde à soma dos golpes necessários para a penetração dos 30 cm finais do amostrador após a cravação inicial de assentamento de 15 cm. Embora frequentemente utilizado como parâmetro de resistência do solo, o valor obtido representa, na realidade, uma resposta indireta do terreno à energia transmitida durante o processo de cravação (Skempton, 1986; Schnaid; Odebrecht, 2012).

De acordo com Cavalcante (2002), o N-SPT não constitui uma propriedade fundamental do solo, mas um índice empírico influenciado por fatores relacionados ao equipamento, às condições de execução, ao operador e às características do depósito investigado.

2.3. Eficiência Energética e Correções do SPT

Pesquisas desenvolvidas a partir da década de 1980 demonstraram que a energia efetivamente transferida ao sistema de cravação pode variar significativamente entre diferentes equipamentos e procedimentos operacionais (Skempton, 1986).

Odebrecht et al. (2005) verificaram que sistemas distintos de levantamento e liberação do martelo podem gerar diferenças expressivas na eficiência energética, influenciando diretamente os valores de N-SPT registrados em campo. Como consequência, a prática geotécnica internacional passou a adotar procedimentos de normalização energética, especialmente por meio do parâmetro N60, correspondente ao valor corrigido para uma eficiência de referência de 60%.

Segundo Schnaid e Odebrecht (2012), a não consideração das diferenças de eficiência energética pode produzir interpretações equivocadas sobre a compacidade, consistência e capacidade resistente dos solos investigados.

Embora os boletins analisados neste estudo não apresentem registros instrumentados de eficiência energética, tal limitação deve ser considerada durante a interpretação dos resultados comparativos.

2.4. Variabilidade Geotécnica e Incertezas na Investigação do Subsolo

O solo é um material natural cuja formação depende de processos geológicos, climáticos e geomorfológicos que atuam ao longo de milhares ou milhões de anos. Como consequência, suas propriedades apresentam variabilidade espacial significativa,

mesmo em áreas aparentemente homogêneas (Phoon; Kulhawy, 1999).

Segundo Kulhawy e Mayne (1990), a principal dificuldade associada à investigação geotécnica não é a obtenção de dados, mas a representatividade desses dados em relação ao terreno como um todo. Cada furo de sondagem representa apenas uma amostra pontual de um maciço cuja extensão tridimensional permanece parcialmente desconhecida.

Essa condição torna-se particularmente relevante em depósitos tropicais residuais e lateríticos, típicos da Região Norte do Brasil, onde o grau de intemperismo pode variar significativamente em pequenas distâncias (Vargas, 1977; Schnaid; Odebrecht, 2012).

Dessa forma, diferenças observadas entre os furos analisados no Parque Linear, Parque de Exposição e Rodovia PA-150 devem ser interpretadas como manifestações naturais da heterogeneidade geológica local, e não como inconsistências dos ensaios realizados.

2.5. Integração do SPT com Métodos Modernos de Investigação

Embora o SPT permaneça amplamente utilizado, a engenharia geotécnica contemporânea recomenda a integração de diferentes técnicas investigativas para reduzir incertezas nos modelos geológico-geotécnicos (Robertson, 2009).

Entre essas técnicas destaca-se o Cone Penetration Test com medida de poropressão (CPTu), capaz de fornecer registros contínuos de resistência de ponta, atrito lateral e pressão neutra ao longo do perfil investigado (Lunne; Robertson; Powell, 1997).

Segundo Robertson (2009), a utilização conjunta de SPT e CPTu permite melhorar significativamente a definição estratigráfica e a estimativa dos parâmetros geotécnicos utilizados em projetos de fundações.

Da mesma forma, métodos geofísicos como MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), eletrorresistividade e sísmica de refração têm sido cada vez mais incorporados às campanhas de campo por permitirem avaliação contínua entre os furos de sondagem (Mayne, 2007).

Estudos recentes reforçam que a interpretação dos resultados obtidos por sondagens SPT deve considerar não apenas os parâmetros geotécnicos tradicionais, mas também a variabilidade estatística dos dados e a integração com outras metodologias de investigação. Rodrigues et al. (2026), ao analisarem fundações profundas em estacas metálicas, demonstraram que a variabilidade espacial dos índices SPT pode influenciar significativamente as estimativas de capacidade de carga e os níveis de confiabilidade geotécnica, evidenciando a importância das análises probabilísticas na avaliação de segurança de fundações.

Da mesma forma, Silva, Rodrigues e Teixeira (2026) destacam que diferentes estruturas geotécnicas, embora possuam finalidades distintas, compartilham princípios relacionados ao controle das pressões intersticiais, estabilidade e comportamento mecânico dos materiais. Complementarmente, pesquisas recentes envolvendo suscetibilidade à liquefação, perícias ambientais e modelagens numéricas aplicadas à engenharia têm demonstrado que a associação entre ensaios de campo, monitoramento geotécnico e ferramentas analíticas avançadas permite reduzir incertezas e

aprimorar a compreensão do comportamento do subsolo em diferentes condições de carregamento e fluxo (Oliveira et al., 2025; Silva et al., 2025; Demoner et al., 2023).

3. METODOLOGIA

3.1. Classificação da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso aplicado, de natureza quantitativa e qualitativa, fundamentado na análise interpretativa de dados geotécnicos obtidos por meio de investigações de campo realizadas segundo os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 6484:2020 (ABNT, 2020).

Sob o ponto de vista metodológico, o trabalho também pode ser classificado como pesquisa documental, uma vez que utiliza boletins técnicos previamente elaborados em campanhas de sondagem executadas em diferentes empreendimentos, localizados no Estado do Pará.

3.2. Abordagem de Análise Geotécnica

Diferentemente de análises convencionais centradas exclusivamente no índice N-SPT, adotou-se neste estudo uma abordagem integrada de interpretação geotécnica baseada nos seguintes critérios:

- comportamento do N-SPT com a profundidade;
- identificação da variabilidade espacial entre furos;
- avaliação das mudanças estratigráficas;

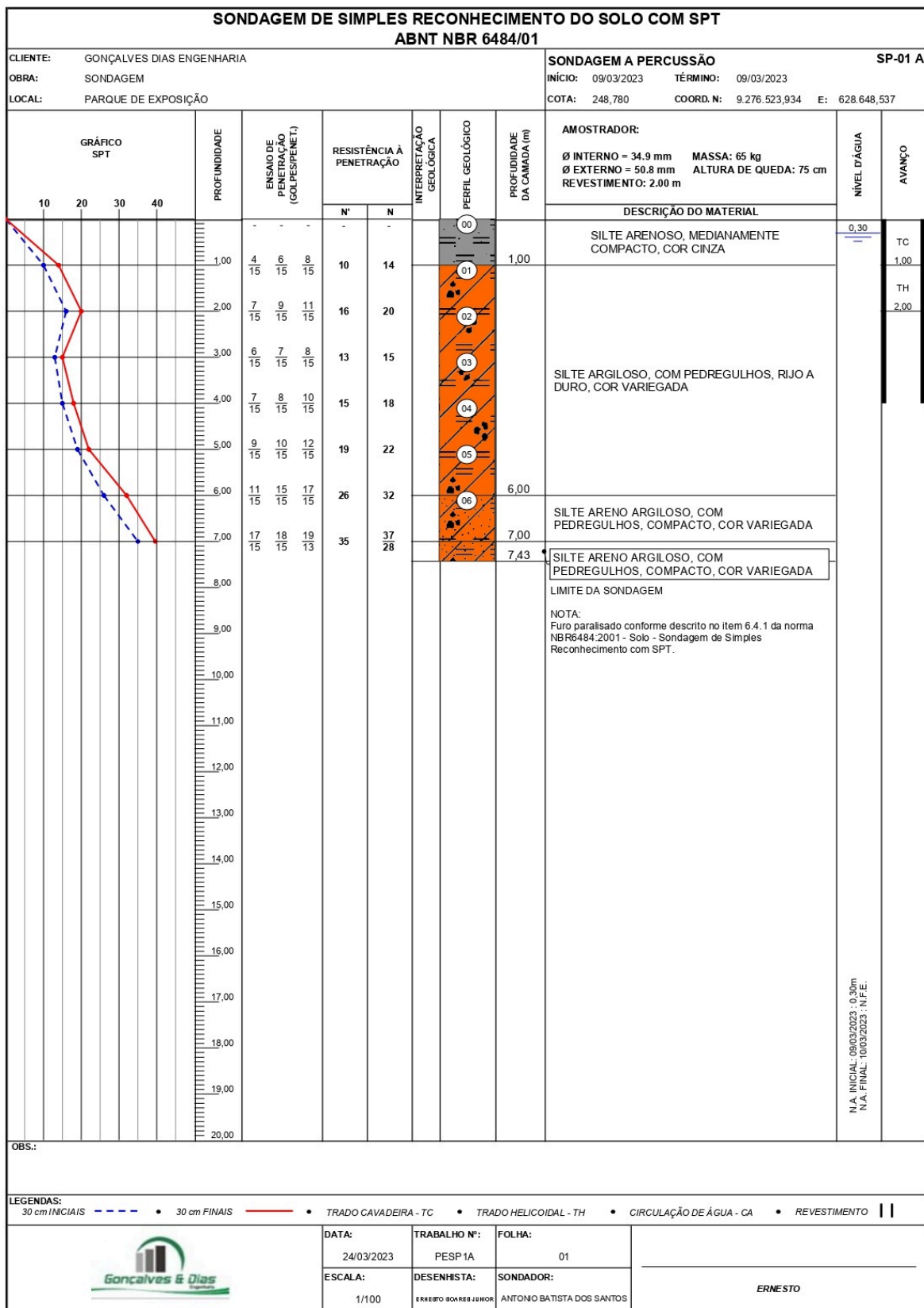
- influência do nível freático nos perfis investigados;
- interpretação dos critérios de impenetrabilidade;
- correlação entre características litológicas e incremento de resistência.

Essa metodologia encontra respaldo nos princípios modernos de investigação geotécnica apresentados por Robertson (2009), Schnaid e Odebrecht (2012) e Mayne (2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Análise do Boletim SP-01 a – Parque de Exposição

Figura 1. Boletim SP-01 A



Fonte: Os autores, 2026.

A sondagem SP-01 A foi executada até a profundidade de 7,43 m, conforme os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 6484/2001. O perfil geotécnico apresenta predominância de materiais siltosos com contribuição arenosa nas camadas superficiais, evoluindo para

horizontes mais argilosos e com presença de pedregulhos em profundidade.

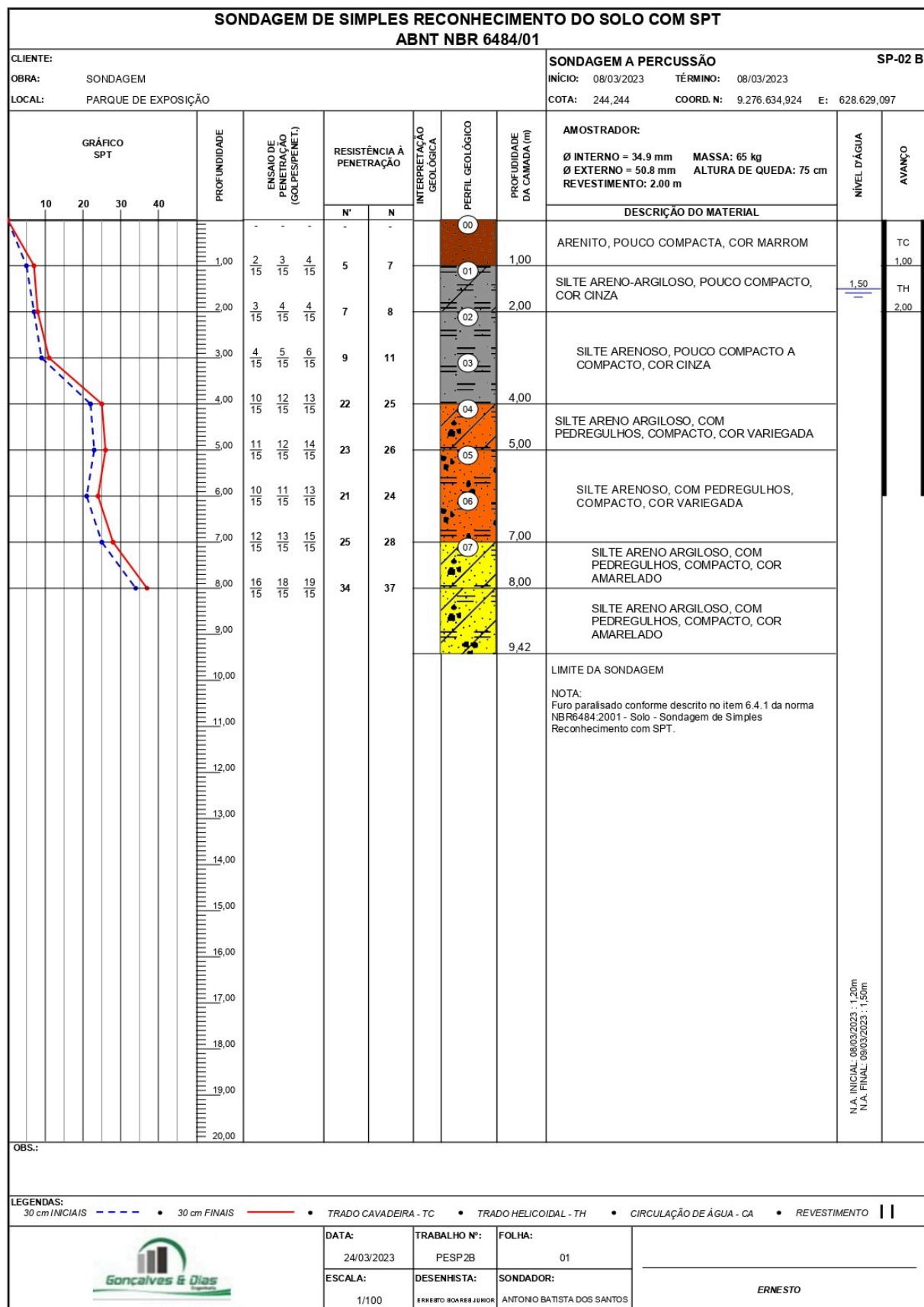
Os valores de N-SPT apresentam tendência crescente ao longo do perfil, iniciando com aproximadamente 10 golpes nos primeiros metros e alcançando 35 golpes próximo à profundidade final investigada. Esse comportamento sugere aumento gradual da resistência à penetração em decorrência da elevação das tensões efetivas e da maior compacidade do material nas camadas inferiores (Schnaid; Odebrecht, 2012).

A identificação de pedregulhos nos horizontes finais pode ter contribuído para o aumento localizado da resistência observada, uma vez que partículas grosseiras tendem a dificultar a cravação do amostrador padrão. O encerramento por penetração parcial indica a presença de material de elevada resistência ou possível transição para horizonte residual mais competente.

O nível d'água foi registrado a 0,30 m durante a execução da sondagem, indicando condição superficial saturada, fator relevante para interpretação do comportamento mecânico das camadas superiores.

4.2. Análise do Boletim SP-02 B – Parque de Exposição

Figura 2. Boletim SP-02 B



Fonte: Os autores, 2026.

O boletim SP-02 B atingiu profundidade final de 9,42 m e apresenta perfil estratigráfico distinto daquele identificado no SP-01 A, apesar de ambos pertencerem ao mesmo empreendimento.

A camada superficial é caracterizada pela presença de arenito no primeiro metro, seguida por sucessivos horizontes de silte areno-argiloso. A partir de aproximadamente 5 m observa-se a ocorrência de pedregulhos distribuídos na matriz fina, resultando em incrementos progressivos nos valores de resistência à penetração.

O valor de N-SPT evolui de aproximadamente 5 golpes nas camadas superficiais para cerca de 34 golpes próximo ao encerramento do furo. Esse crescimento confirma o aumento da rigidez e compactidade do perfil em profundidade.

A comparação direta entre os furos SP-01 A e SP-02 B evidencia significativa heterogeneidade geotécnica, condição frequentemente observada em solos tropicais residuais, nos quais processos de intemperismo produzem elevada variabilidade espacial mesmo em distâncias relativamente pequenas (Vargas, 1977).

O nível freático apresentou leituras de 1,20 m e 1,50 m, sugerindo estabilização após a execução da sondagem.

4.3. Análise do Boletim SPT-05 – Praça 02 – Rodovia PA-150

Figura 3. Boletim SPT-05 Praça 02

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT - NBR 6484/2020									
CLIENTE: ROTA DO PARÁ S.A. OBRA: RODOVIAS: PA-150 - TRECHO: MORADA NOVA – GOIANÉSIA DO PARÁ - ENTR. PA 475/256 LOCAL: PRAÇA 02					SONDAGEM À PERCUSSÃO: SPT-05 INÍCIO: 08/02/2024 TÉRMINO: 09/02/2024 COTA: DATUM: SIRGAS 2000 COORD. N: 9.529.572,158 E: 715.397,831				
GRÁFICO SPT 	PROFUNDIDADE (m) 1,00 2,00 3,00 4,00 5,00 6,00 7,00 8,00 9,00 10,00 11,00 12,00 13,00 14,00 15,00 16,00 17,00 18,00 19,00 20,00	ENSAIO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/PENET.) 3 6 7 15 15 15 7 11 12 15 15 15 6 9 11 15 15 15 7 10 14 15 15 10 8 15 17 15 15 15 13 15 18 15 15 16 18 20 15 15 15 15 20 25 10 15 15 3 22 35 - 15 10 -	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO INI. FIN.		PERFIL GEOLÓGICO 	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m) 1,00 2,00 3,00 6,00 9,25	AMOSTRADOR BIPARTIDO: Ø INTERNO = 34.9 mm PESO: 65 Kg Ø EXTERNO = 50.8 mm ALTURA DE QUEDA: 75 cm	NÍVEL D'ÁGUA 2,30	AVANÇO TC CA
			DESCRIÇÃO DO MATERIAL ATERRO: CALCÁRIO SILTE-ARENOSO, VARIEGADA, COMPACTO ARGILA-SILTOSA, VERMELHO, RIJO A MUITO RIJO SILTE-ARENOSO, VERMELHO, COMPACTO SILTE-ARENOSO, VERMELHO, COMPACTO A MUITO COMPACTO LIMITE DA SONDAGEM : 9,25m FURO PARALISADO CONFORME DESCRITO DA NORMA NBR6484:2020 SOLO - SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT.						

LEGENDAS:
 30 cm INICIAIS 30 cm FINAIS TRADO CAVADEIRA - TC • TRADO HELICOIDAL - TH • CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - CA • REVESTIMENTO
 ATERRO - AT • SOLO ALUVIONAR - SA • SOLO COLUVIONAR - SC • SOLO FLUVIAL - SF • SOLO MARINHO - SM • SOLO RESIDUAL - SR

OBS.:
IMPENETRÁVEL AO SPT
 DATA: 13/02/2024 TRABALHO Nº: FOLHA: 01/01 RESP.:
 ESCALA: 1/100 DESENHISTA: RONILDO RIBEIRO SONDADOR: TALISON

N.A. LEITURAS:
 1) SECO em 08/02/2024
 2) 2,30m em 09/02/2024

Fonte: Os autores, 2026.

A sondagem executada na Praça 02 da Rodovia PA-150 atingiu profundidade de 9,25 m, sendo interrompida por impenetrabilidade ao amostrador SPT.

O perfil apresenta uma condição geotécnica particular quando comparado aos demais furos analisados, devido à presença de uma camada de aterro de calcário no primeiro metro de profundidade. Abaixo desse horizonte artificial predominam solos siltosos com frações arenosas e argilosas.

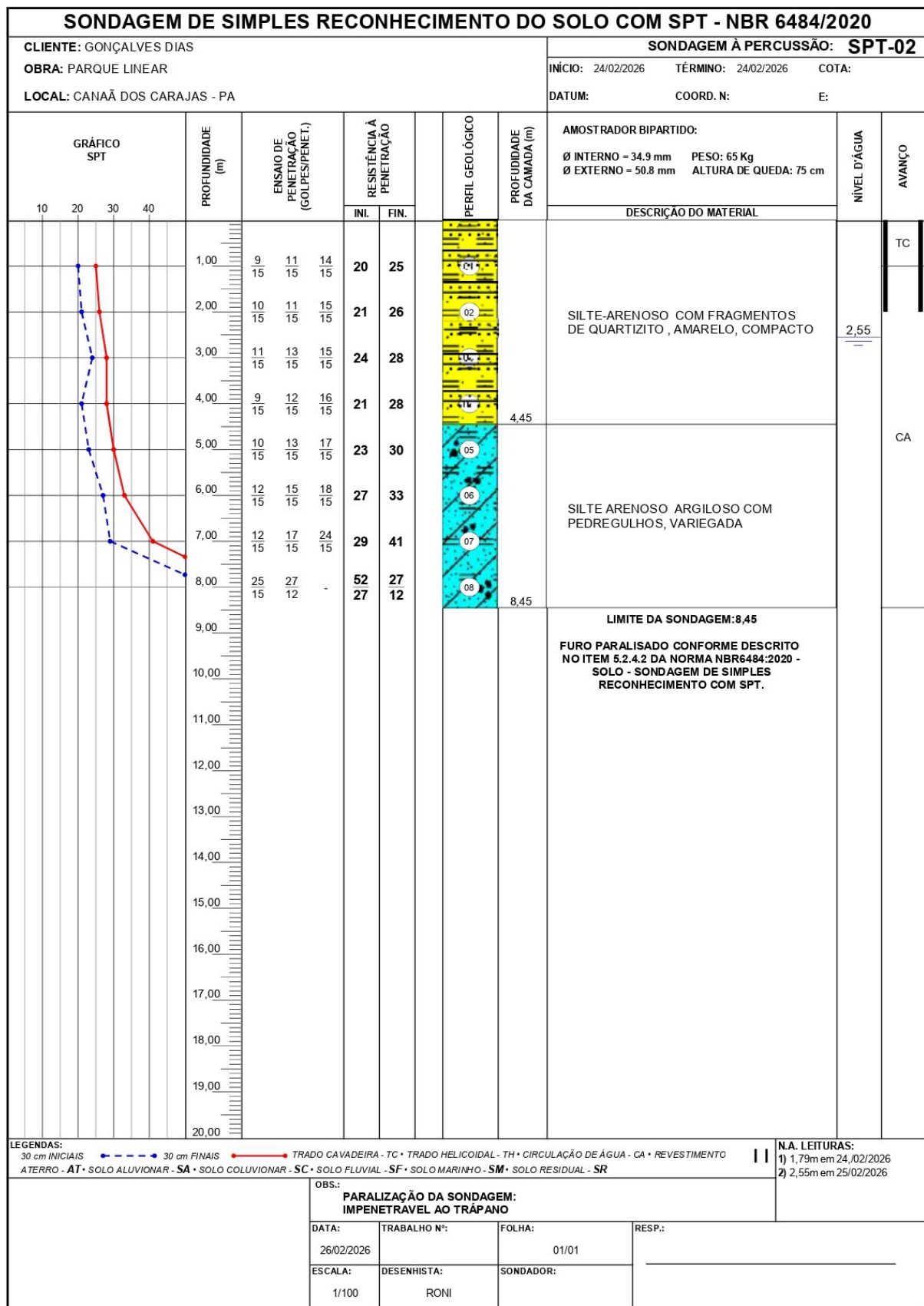
Os valores de N-SPT aumentam continuamente com a profundidade, passando de aproximadamente 9 golpes nas camadas superficiais para 57 golpes no trecho final investigado. Essa evolução sugere a existência de horizonte significativamente mais resistente em profundidade.

A elevada resistência observada nos metros finais pode estar associada à ocorrência de material residual mais consolidado ou à presença de fragmentos lateríticos que dificultam a penetração dinâmica do amostrador.

Outro aspecto relevante refere-se ao comportamento hidrogeológico. Inicialmente o furo foi registrado como seco, porém a leitura posterior indicou nível d'água a 2,30 m de profundidade, evidenciando a necessidade de considerar a estabilização do lençol freático durante a interpretação geotécnica.

4.4. Análise do Boletim SPT-02 – Parque Linear

Figura 4. Boletim SPT-02



Fonte: Os autores, 2026

Figura 5. Boletim SPT-02 continuação

CLIENTE: GONÇALVES DIAS OBRA: PARQUE LINEAR LOCAL: CANAÃ DOS CARAJAS - PA		SPT-02
		
FOTO 01 - EXECUÇÃO DE FURO SONDAGEM A PERCUSSÃO		
		
FOTO 02 - EXECUÇÃO DE FURO SONDAGEM A PERCUSSÃO		
		Resp. Técnico: Sondador:

Fonte: Os autores, 2026

O furo SPT-02 do Parque Linear alcançou profundidade de 8,45 m, sendo encerrado por impenetrabilidade ao trépano.

A descrição geotécnica indica predominância de solos siltosos contendo frações arenosas, argilosas, pedregulhos e fragmentos de quartzito distribuídos ao longo do perfil.

Os valores de resistência apresentam comportamento crescente, iniciando em aproximadamente 20 golpes e atingindo valores superiores a 50 golpes próximo ao término da investigação. A interrupção da perfuração por impenetrabilidade ao trépano sugere a presença de material extremamente resistente, possivelmente associado a níveis saprolíticos endurecidos ou concentrações expressivas de fragmentos de quartzito.

O nível d'água apresentou leituras de 1,79 m durante a execução e 2,55 m após estabilização, demonstrando influência direta das condições hidrogeológicas locais.

A presença de quartzito observada na descrição litológica constitui um importante indicativo da influência da geologia regional de Canaã dos Carajás sobre o comportamento mecânico do subsolo investigado.

4.5. Análise do Boletim SPT-05 – Parque Linear

Figura 6. Boletim SPT-05

OBRA: PARQUE LINEAR

SPT-05

LOCAL: CANAÃ DOS CARAJAS - PA

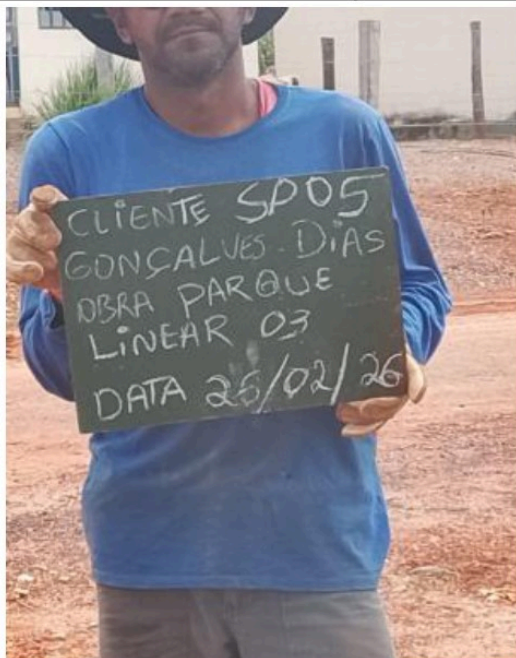


FOTO 01 - EXECUÇÃO DE FURO SONDAGEM A PERCUSSÃO



FOTO 02 - EXECUÇÃO DE FURO SONDAGEM A PERCUSSÃO

Resp. Técnico:
Sondador:

Fonte: Os autores, 2026

O furo SPT-05 foi o mais profundo entre todos os boletins analisados, atingindo profundidade de 14,45 m antes da interrupção por impenetrabilidade ao trépano.

Embora localizado no mesmo empreendimento do SPT-02, o perfil investigado apresentou comportamento geotécnico distinto, evidenciando forte variabilidade espacial do terreno.

O N-SPT evolui de aproximadamente 13 golpes nos horizontes superficiais para cerca de 45 golpes na camada final investigada. Apesar do aumento progressivo da resistência, os valores observados são inferiores aos registrados no SPT-02 em profundidades equivalentes.

Essa diferença sugere que os horizontes competentes observados no SPT-02 não apresentam continuidade lateral uniforme, reforçando a importância de múltiplos pontos de investigação para adequada caracterização geotécnica da área.

As descrições litológicas registram solos predominantemente siltosos com variações granulométricas e ocorrência pontual de fragmentos rochosos, compatíveis com processos de formação residual característicos da região sudeste do Pará.

O nível freático estabilizado entre 2,60 m e 3,15 m indica condições de saturação menos rasas que aquelas observadas nos demais furos analisados.

4.6. Análise Integrada dos Resultados

A comparação conjunta dos cinco boletins evidencia que os perfis geotécnicos analisados apresentam comportamento compatível com depósitos residuais e lateríticos típicos da região amazônica oriental. Observa-se tendência geral de aumento dos valores de N-SPT com a profundidade, comportamento associado ao incremento das tensões efetivas e ao aumento da compactação dos materiais.

Todavia, a análise comparativa demonstra que a evolução da resistência não ocorre de forma uniforme entre os furos. Mesmo dentro de um mesmo empreendimento, como observado no Parque Linear e no Parque de Exposição, foram identificadas diferenças significativas de profundidade de impenetrabilidade, estratigrafia e valores de resistência.

Sob a ótica da investigação geotécnica avançada, tais diferenças devem ser interpretadas como manifestação da variabilidade natural do subsolo e não como inconsistências operacionais. Os resultados confirmam que a interpretação dos boletins deve considerar simultaneamente o N-SPT, a descrição táctil-visual dos materiais, o comportamento hidrogeológico e os critérios de encerramento da investigação.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo realizou uma análise integrada de cinco boletins de sondagem SPT provenientes de três empreendimentos localizados no Estado do Pará, permitindo avaliar o comportamento geotécnico de diferentes perfis de solo sob a perspectiva da investigação geotécnica aplicada.

Os resultados demonstram que os valores de N-SPT apresentam tendência geral de crescimento com a profundidade, contudo com variações significativas entre os pontos investigados. Essa condição é particularmente evidente nos furos do Parque Linear, onde sondagens executadas no mesmo empreendimento atingiram profundidades finais distintas e apresentaram diferentes padrões de resistência à penetração.

As análises também evidenciam que a interpretação isolada do N-SPT é insuficiente para caracterizar adequadamente as condições geotécnicas do terreno. A compreensão do comportamento do subsolo exige avaliação integrada da estratigrafia, da presença de pedregulhos e fragmentos rochosos, das condições hidrogeológicas e dos critérios de impenetrabilidade observados durante a execução das sondagens.

Do ponto de vista geotécnico, os perfis analisados apresentam características compatíveis com solos residuais tropicais submetidos a intenso processo de intemperismo, condição que contribui para a elevada variabilidade espacial observada entre os furos.

Conclui-se, portanto, que o ensaio SPT permanece como uma ferramenta fundamental para o reconhecimento geotécnico do subsolo, desde que seus resultados sejam interpretados dentro de uma abordagem integrada e crítica. Recomenda-se que futuras investigações associem os dados de SPT a ensaios complementares, como CPTu, métodos geofísicos e ensaios laboratoriais de caracterização e resistência, visando reduzir incertezas e aumentar a confiabilidade dos modelos geotécnicos empregados em projetos de engenharia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOKI, Nelson; VELLOSO, Dirceu de Alencar. An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. In: PANAMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 5., 1975, Buenos Aires. **Proceedings** [...]. Buenos Aires: [s. n.], 1975.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6484**: solo: sondagem de simples reconhecimento com SPT: método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

CAVALCANTE, Erinaldo Hilário. **Investigação teórico-experimental sobre o SPT**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2002.

DAS, Braja M. **Fundamentos de engenharia geotécnica**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

DÉCOURT, Luciano; QUARESMA, Arthur R. Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 6., 1978, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: ABMS, 1978.

DEMONER, Sarana Castro; TEIXEIRA, Marcelo Rassy; ABREU, Carlos Henrique Medeiros de; CUNHA, Alan Cavalcanti da. Numerical simulation of oil spills in the Lower Amazonas River. **Water**, Basel, v. 15, n. 12, 2197, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15122197>.

KULHAWY, Fred H.; MAYNE, Paul W. **Manual on estimating soil properties for foundation design**. Palo Alto: Electric Power Research Institute, 1990. (Report EL-6800).

LUNNE, Tom; ROBERTSON, Peter K.; POWELL, John J. M. **Cone penetration testing in geotechnical practice**. London: Blackie Academic & Professional, 1997.

MAYNE, Paul W. In-situ test calibrations for evaluating soil parameters. In: TAN, T. S. et al. (ed.). **Characterisation and**

engineering properties of natural soils. London: Taylor & Francis, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315275045>.

ODEBRECHT, Edgar; SCHNAID, Fernando; ROCHA, Marcelo Maia; BERNARDES, George de Paula. Energy efficiency for standard penetration tests. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, Reston, v. 131, n. 10, p. 1252-1263, 2005. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2005\)131:10\(1252\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2005)131:10(1252)).

OLIVEIRA, Sara Souza de Jesus de; RODRIGUES, Aderian dos Santos; MATOS, Letícia Gabriely Homem; YAMANAKA, Fabio Masato; RODRIGUES, Ada dos Santos; TEIXEIRA, Marcelo Rassy. Evaluation of the susceptibility to liquefaction of the foundation material of a tailings dam. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 19, n. 8, e013204, 2025. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n8-067>.

PHOON, Kok-Kwang; KULHAWY, Fred H. Characterization of geotechnical variability. **Canadian Geotechnical Journal**, Ottawa, v. 36, n. 4, p. 612-624, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1139/t99-038>.

ROBERTSON, Peter K. Interpretation of cone penetration tests: a unified approach. **Canadian Geotechnical Journal**, Ottawa, v. 46, n. 11, p. 1337-1355, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1139/T09-065>.

RODRIGUES, Aderian dos Santos; YAMANAKA, Fabio Masato; MONTEIRO, Tayana Lima; SILVA, Bryan Almeida da; TEIXEIRA, Marcelo Rassy; ARAÚJO, Rodrigo da Cruz de. Análise probabilística de uma fundação em estacas metálicas. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 7, n. 4, e747715, 2026. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v7i4.7715>.

SCHNAID, Fernando; ODEBRECHT, Edgar. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SILVA, Bryan Almeida da; RODRIGUES, Aderian dos Santos; TEIXEIRA, Marcelo Rassy. Estruturas distintas, princípios comuns: barragens e aterros sanitários. **Revista Tópicos**, 2026. DOI: <https://doi.org/10.70773/revistatopicos/77574005>.

SILVA, Vinícius Bastos; RODRIGUES, Aderian dos Santos; CARDOSO, Ainoã Abigail Araújo; YAMANAKA, Fabio Masato; MATOS, Letícia Gabriely Homem; SANTOS, Caio André Oliveira dos; FRANÇA, Carlos David Veiga; TEIXEIRA, Marcelo Rassy. The use of geotechnologies in environmental expert reports: analysis of the application of tools that contribute to the support of environmental expert reports in cases of meteorological disasters in Pará. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 19, n. 12, e013700, 2025. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n12-012>.

SKEMPTON, Alec W. Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation. **Géotechnique**, London, v. 36, n. 3, p. 425-447, 1986. DOI: <https://doi.org/10.1680/geot.1986.36.3.425>.

TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph B. **Soil mechanics in engineering practice**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1967.

VARGAS, Milton. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.

¹ Mestrando em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético, Universidade Federal do Pará, Campus Tucuruí. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Mestranda em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético, Universidade Federal do Pará, Campus Tucuruí. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Mestranda em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético, Universidade Federal do Pará, Campus Tucuruí. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Mestrando em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético, Universidade Federal do Pará, Campus Tucuruí. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Bacharel em engenharia civil, Centro Universitário Metropolitano da Amazônia. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

⁶ Bacharel em engenharia civil, Universidade Federal do Pará. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁷ Doutor em Estruturas, Universidade de São Paulo, São Paulo. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)