

UEMASUL



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO

CAMPUS AÇAILÂNDIA

CENTRO DE CIÊNCIA HUMANAS, SOCIAIS, TECNOLÓGICAS E LETRAS

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

HENNOS DOS SANTOS SILVA

**ANÁLISE DE TENSÃO ADMISSÍVEL PARA CONCEPÇÃO DE SAPATAS ISOLADAS
COM MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS**

Açailândia – MA

2025

HENNOS DOS SANTOS SILVA

**ANÁLISE DE TENSÃO ADMISSÍVEL PARA CONCEPÇÃO DE SAPATAS ISOLADAS
COM MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS**

Artigo apresentado ao Curso Engenharia Civil Bacharelado do Centro de Ciência Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, *campus* Açailândia, como requisito para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Mário Silva de Lucena

Açailândia – MA

2025

S586a

Silva, Hennos dos Santos

Análise de tensão admissível para concepção de sapatas isoladas com métodos semiempíricos / Hennos dos Santos Silva. – Açailândia: UEMASUL, 2025.
21 f. : il.

Artigo (Curso de Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Açailândia, MA, 2025.

Orientador: Prof. Esp. Mário Silva de Lucena.

1. Fundações rasas. 2. Capacidade de carga. 3. Ensaio SPT. 4. Métodos semiempíricos. 5. Recalque. I. Título.

CDU 624.151.5

HENNOS DOS SANTOS SILVA

**ANÁLISE DE TENSÃO ADMISSÍVEL PARA CONCEPÇÃO DE SAPATAS ISOLADAS
COM MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS**

Artigo apresentado ao Curso Engenharia Civil Bacharelado do Centro de Ciência Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, *campus* Açailândia, como requisito para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Aprovado em 14/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



MARIO SILVA DE LUCENA

Data: 21/07/2025 12:01:20-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. Mário Silva De Lucena (Orientador)

Especialista em Pavimentação e Restauração Rodoviária

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Documento assinado digitalmente



JOAO FRANCO FILHO

Data: 21/07/2025 11:46:50-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Civil. Me. João Franco Filho

Mestre em Processos Construtivo e Saneamento Urbano

Examinador Externo - Franco Engenharia

Documento assinado digitalmente



LEONARDO TELLES DE SOUZA PESSOA FILHO

Data: 21/07/2025 11:59:12-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. Leonardo Telles De Souza Pessoa Filho

Especialista em Infraestrutura de Transportes e Rodovias

Universidade Estadual Da Região Tocantina Do Maranhão

Análise de tensão admissível para concepção de sapatas isoladas com métodos semiempíricos.

Allowable stress analysis for the design of isolated footings using semi-empirical methods.

Hennos dos Santos Silva¹; Mário Silva de Lucena²

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Centro de Ciências Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras, Açailândia/MA, Brasil. E-mail: hennossilva.20200010040@uemasul.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3224-7562>

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Centro de Ciências Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras, Açailândia/MA, Brasil. E-mail: mario.lucena@uemasul.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5921-6012>

Resumo: Este trabalho analisa a viabilidade técnica de fundações rasas do tipo sapata isolada em três perfis de solo distintos. A partir dos dados de três laudos de sondagem SPT, a tensão admissível (σ_{adm}) foi determinada aplicando-se quatro métodos semiempíricos: Cintra, Aoki e Albiero (2003), Teixeira (1996), Mello (1975) e Rebello (2008). Adotando-se o critério mais conservador para cada solo, foram dimensionadas sapatas para os pilares mais solicitados de três projetos-modelo com diferentes carregamentos. O desempenho das fundações foi verificado pelo cálculo do recalque elástico imediato, segundo o método de Terzaghi & Peck (1948). As tensões admissíveis adotadas foram de 100 kPa, 134 kPa e 160 kPa, resultando em recalques calculados de 6,05 mm, 7,93 mm e 11,60 mm, respectivamente. Todos os valores de recalque mostraram-se abaixo dos limites normativos, concluindo-se que a solução em sapatas isoladas é tecnicamente viável e segura para as condições de solo e carga analisadas.

Palavras-chave: Fundações Rasas; Capacidade de Carga; Ensaio SPT; Métodos Semiempíricos; Recalque.

Abstract: This study analyzes the technical feasibility of shallow foundations, specifically isolated footings, across three distinct soil profiles. Using data from three Standard Penetration Test (SPT) reports, the allowable soil pressure (σ_{adm}) was determined by applying four semi-empirical methods: Cintra, Aoki, and Albiero (2003); Teixeira (1996); Mello (1975); and Rebello (2008). Adopting the most conservative criterion for each soil type, footings were designed for the most heavily loaded columns of three model projects with different load conditions. The performance of these foundations was verified by calculating the immediate elastic settlement, according to the method proposed by Terzaghi & Peck (1948). The allowable soil pressures used were 100 kPa, 134 kPa, and 160 kPa, resulting in calculated settlements of 6.05 mm, 7.93 mm, and 11.60 mm, respectively. All calculated settlement values were found to be below the normative limits, leading to the conclusion that isolated footings are a technically viable and safe solution for the analyzed soil and load conditions.

Keywords: Shallow Foundations; Bearing Capacity; SPT Test; Semi-Empirical Methods; Settlements

1. Introdução

No contexto da construção civil, as fundações desempenham papel essencial na estrutura das edificações. Conforme destacado por Silva (2017), ela tem a função de receber as cargas da edificação e transmiti-las ao solo de maneira compatível com o projeto, assegurando a durabilidade e a segurança tanto da fundação quanto da estrutura como um todo.

Dessa forma, entende-se que não podem ocorrer erros na escolha e dimensionamento das fundações. Com base nisso, o estudo das características do solo é de suma importância para definir diversos aspectos que influenciam na escolha da fundação. Segundo Lacerda (2023), a compreensão das propriedades, características e classificação do solo é fundamental para qualquer obra civil.

Segundo a NBR 6122 (2022), as fundações rasas como sapatas isoladas, corridas e associadas, são recomendadas quando o solo superficial apresenta resistência suficiente e não há presença crítica do lençol freático. A definição do tipo de fundação mais adequado está diretamente relacionada a diversos aspectos, como a natureza do solo, as cargas da estrutura, o nível do lençol freático e os recalques admissíveis (BOTELHO, 2015).

A investigação do subsolo é fundamental nesse processo. Em vista disso, Santos (2017) afirma que um dos ensaios mais difundidos nas regiões brasileiras é a sondagem SPT (*Standard Penetration Test*). A ABNT NBR 6122 determina que, para qualquer edificação, deve-se realizar no mínimo este ensaio para adquirir dados sobre o solo, como estratigrafia, posição do lençol freático, classificação do solo e o parâmetro de resistência (N). Para a realização deste ensaio, a ABNT NBR 6484 estabelece as orientações necessárias para a execução um ensaio SPT de forma correta, garantindo a obtenção de dados com segurança e confiabilidade.

Através dos resultados desse ensaio é possível obter a capacidade de carga de um solo e realizar o dimensionamento de uma sapata por meio de métodos semiempírico onde se faz uma correlação com o valor do NSPT.

Compreender o comportamento dos recalques é também essencial na concepção das fundações. De acordo com Cintra, Aoki e Albiero (2025), o recalque de uma sapata pode ser compreendido como o deslocamento vertical descendente da base da fundação em relação a um ponto fixo e imóvel, como um topo rochoso. Esse deslocamento ocorre devido à compressão do solo, seja por redução de volume ou por alteração da forma da massa de solo localizada entre a sapata e a camada estável subjacente.

Em projetos de sapatas, é essencial que os recalques estejam dentro de limites admissíveis, geralmente definidos pelas normas técnicas e pela sensibilidade da estrutura ao deslocamento. De acordo com Santos e Oliveira (2022), o controle dos recalques, especialmente os diferenciais, é fundamental para evitar patologias como trincas em elementos estruturais e alvenarias. O uso de ensaios de sondagem e a adoção de métodos de estimativa confiáveis são medidas indispensáveis para prever o comportamento da fundação.

Para que o dimensionamento seja eficiente, é necessário considerar o tipo de solo, sua capacidade de carga, o sistema estrutural e as cargas atuantes (SANTOS; OLIVEIRA, 2022). Esses fatores são determinantes para garantir que a fundação escolhida atenda aos critérios de segurança, estabilidade e economia, evitando problemas futuros como recalques diferenciais, trincas ou até colapsos estruturais.

Diante disso, este artigo tem como objetivo analisar a capacidade de carga dos solos de diferentes laudos através de métodos semiempíricos além de verificar o recalque que cada solo sofre a partir da aplicação de três projetos usados como carga modelo com o intuito de dimensionar e verificar a viabilidade do uso de sapatas isoladas em cada projeto.

2. Metodologia

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de analisar a possibilidade da aplicação fundação rasa do tipo sapata isolada, a partir da análise da capacidade de carga de três laudos de sondagem por meio de métodos semiempíricos, bem como o dimensionamento das sapatas para cada projeto modelo e a verificação do recalque sujeito a cada sapata.

A pesquisa baseou-se em revisão bibliográfica em livros, artigos disponíveis no google acadêmico relacionados a capacidade de carga de fundação direta e análise documental, utilizando laudos de sondagem SPT fornecidos pela empresa Franco Engenharia.

Foram selecionados três laudos de sondagem nos quais foram executados com base em critérios técnicos definidos pela ABNT NBR 6484:2020, onde buscou-se ter variabilidade das estratigrafias para analisar o comportamento do solo em situações variadas.

2.1 Métodos semiempíricos

Conforme a ABNT NBR 6122:2022, os métodos classificados como semiempíricos consistem na correlação entre os dados obtidos em ensaios SPT e CPT e os valores de tensões de projeto, sejam elas admissíveis ou resistentes. A utilização desses métodos exige cuidado quanto aos limites de sua aplicabilidade, considerando-se possíveis variações regionais e a dispersão dos resultados. Dessa forma os métodos utilizados para determinar a tensão admissível dos solos foram:

Método de Cintra, Aoki e Albiero (2003), usado para solos argilosos, com faixa de validade para valores de $5 \leq NSPT \leq 20$.

$$\sigma_{adm} = 20 * NSPT \text{ (kPa)} \quad (01)$$

Método de Teixeira (1996), a aplicação dessa metodologia é feita em solos arenosos.

$$\sigma_{adm} = 50 + (10 + 4 * B) * NSPT \text{ (kPa)} \quad (02)$$

Onde:

B = menor dimensão da sapata.

Método de Mello (1975), aplicado em qualquer tipo de solo desde que $4 \leq NSPT \leq 16$.

$$\sigma_{adm} = 100 * \sqrt{NSPT} - 1 \text{ (kPa)} \quad (03)$$

Método de Rebello (2008), onde usa-se o NSPT médio do bulbo de tensões, esse método é válido para qualquer tipo de solo.

$$\sigma_{adm} = \frac{\bar{N}}{5} * 100 \text{ (kPa)} \quad (04)$$

Onde:

\bar{N} = NSPT médio do bulbo de tensões

2.2 Dimensionamento geométrico da sapata

A profundidade em que as sapatas foram assentadas é de 1,5 m, para o método de Teixeira (1996) será usada uma pré-dimensão para sapata do tipo quadrada de 1,00 m por 1,00 m para fins de se obter o valor da tensão admissível.

Para obtenção do NSPT médio que é um valor que deve ser aplicado no método de Rebello (2008), foi adotado o critério de cálculo que considera o bulbo de tensões até uma determinada profundidade de $2*B$ (duas vezes a menor dimensão da sapata) onde será usado o mesmo valor de pré-dimensão de 1,00 m por 1,00 m, o bulbo de tensões representa até que profundidade a carga recebida pela sapata irá se propagar, logo:

$$Bulbo = 2 * 1 \text{ m} = 2 \text{ m}$$

Segundo Pinho, Portugal e Carvalho (2021, apud ALVA, 2007), na equação utilizada para o dimensionamento da área da sapata quadrada inclui um coeficiente de majoração (α), geralmente entre 1,05 e 1,10, aplicado à carga do pilar. Esse fator tem como finalidade considerar tanto o peso próprio do elemento de fundação quanto a sobrecarga do solo localizado acima da sapata. No presente trabalho, adotou-se o valor de $\alpha = 1,05$.

$$A_{min} = \frac{P * \alpha}{\sigma_{adm}} \text{ (m}^2\text{)} \quad (05)$$

Onde:

A_{min} = área mínima

P = carga do pilar

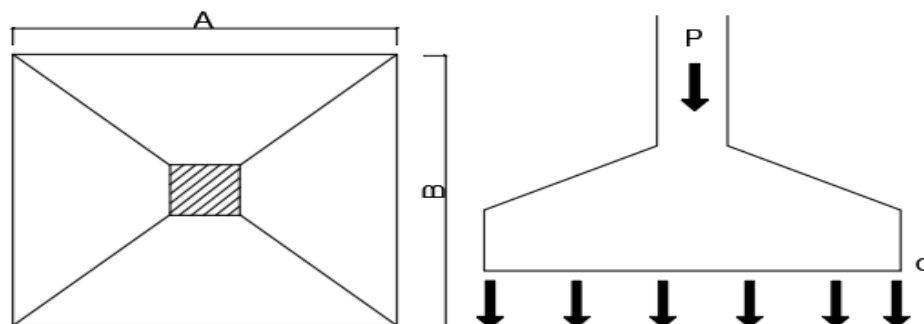
α = coeficiente de majoração

σ_{adm} = tensão admissível

Para sapata quadrada conforme mostra a Figura 1, sua dimensão é de acordo com a área encontrada:

$$A = B = \sqrt{A_{min}} \quad (06)$$

Figura 1 – Dimensões de uma sapata.



Fonte: Autor (2025).

2.3 Recalque

Para a estimativa do recalque elástico para as fundações deste trabalho, foi adotado o método semiempírico proposto por Terzaghi & Peck (1948), adaptado por diversos autores brasileiros para uso com dados de campo obtidos por meio do ensaio SPT, onde este método é aplicado para qualquer tipo de solo, onde é possível verificar o recalque imediato em cada laudo com a aplicação da carga dos pilares nas sapatas dimensionadas.

$$S = \frac{q * B * (1 - \nu^2)}{E} \quad (m) \quad (07)$$

$$E = k * N \quad (08)$$

Onde:

S = recalque (m)

q = tensão aplicada na fundação

B = dimensão da fundação

ν = coeficiente de Poisson (= 0,3 a 0,35)

E = módulo de elasticidade

N = valor médio dentro do bulbo de tensões

k = depende do tipo de solo:

Areia: 2.000 a 5.000 (kPa /golpe)

Argila: 1.000 a 3.000(kPa /golpe)

2.4 Carga dos projetos

Foram selecionados três projetos para análise: uma casa paroquial térrea (P1), uma residência unifamiliar de dois pavimentos (P2) e um centro comercial (P3), onde as cargas e dimensões dos pilares foram fornecidos nos projetos conforme representado na tabela 1.

O objetivo do estudo é avaliar a concepção de fundações rasas do tipo sapata isolada em função das características geotécnicas dos solos através dos laudos de sondagem, pré-dimensionamento e análise de recalque. Para isso, foi escolhido apenas o pilar mais solicitado de cada projeto, de tal forma que a partir do método mais condizente do resultado da tensão admissível foi aplicado as cargas e o dimensionamento deste estudo.

Tabela 1 – Dados dos projetos.

Projeto	Pilar	Seção (cm)	Carga Máx (kN)
Casa Paroquial Térrea	P1	15x30	162,79
Residência Unif. 2 Pav.	P2	20x20	371,67
Centro Comercial	P3	19x40	579,58

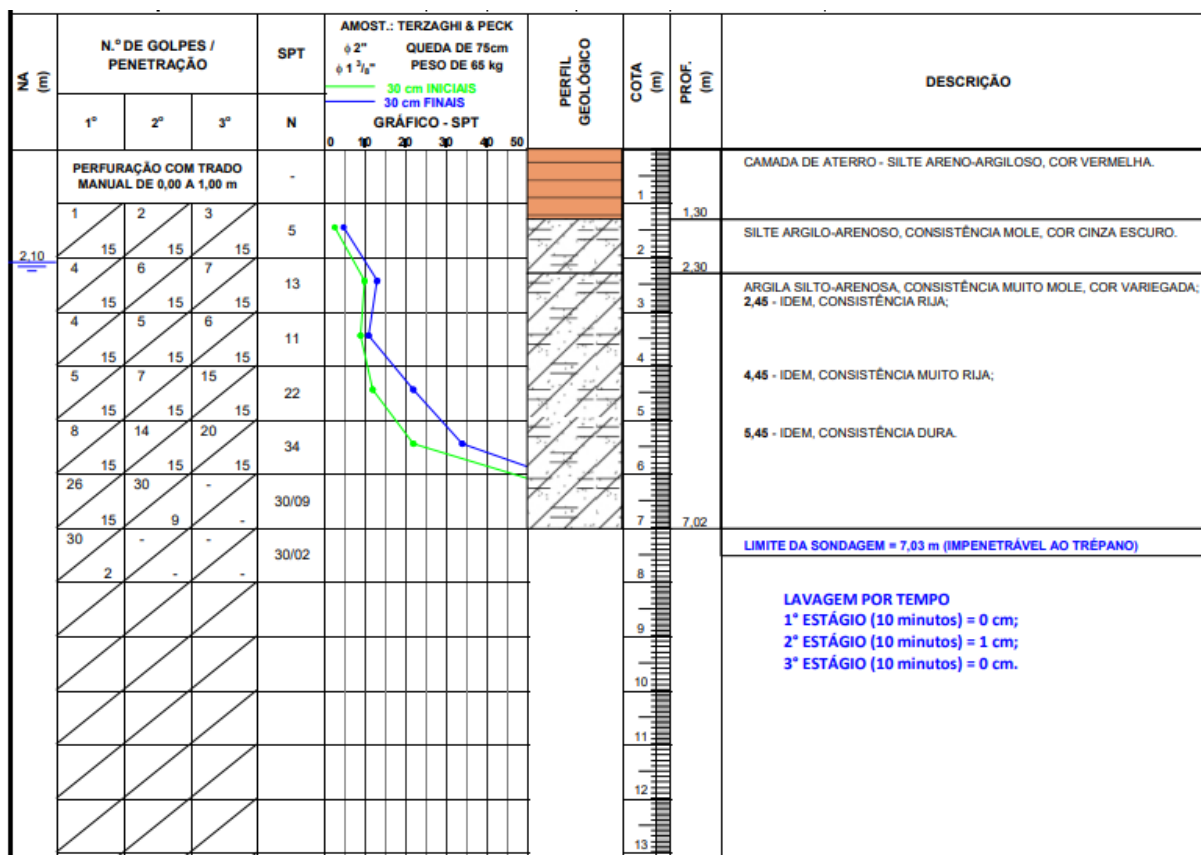
Fonte: Autor (2025).

2.5 Laudos de sondagem

O estudo geotécnico utilizado neste trabalho foi realizado pela empresa Franco Engenharia, por meio do ensaio de sondagem do tipo SPT (*Standard Penetration Test*), conforme os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 6484:2020. Os laudos foram disponibilizados para fins acadêmicos e apresentam informações essenciais como o perfil estratigráfico, valores de resistência à penetração (NSPT) e a posição do nível d'água subterrâneo. Analisando os dados da Figura 2, Figura 3 e Figura 4, é possível obter os dados essenciais para o desenvolvimento da pesquisa.

No SPT-01, na profundidade de assentamento da sapata que é 1,5 m é possível notar uma pequena camada de 0,70 m de espessura de solo silte argilo-arenoso de consistência mole e com NSPT 5, logo abaixo antes de passar para a próxima camada de solo encontra-se o nível de água em 2,10 m, e em 2,30 m a característica do solo é de argila silto-arenosa de consistência rija com NSPT 13 e nas camadas seguintes a característica do solo é a mesma tendo mudanças na consistência de acordo com o NSPT 11, 22 e 34 até limite da sondagem na profundidade de 7,03 m por ser impenetrável ao trépano.

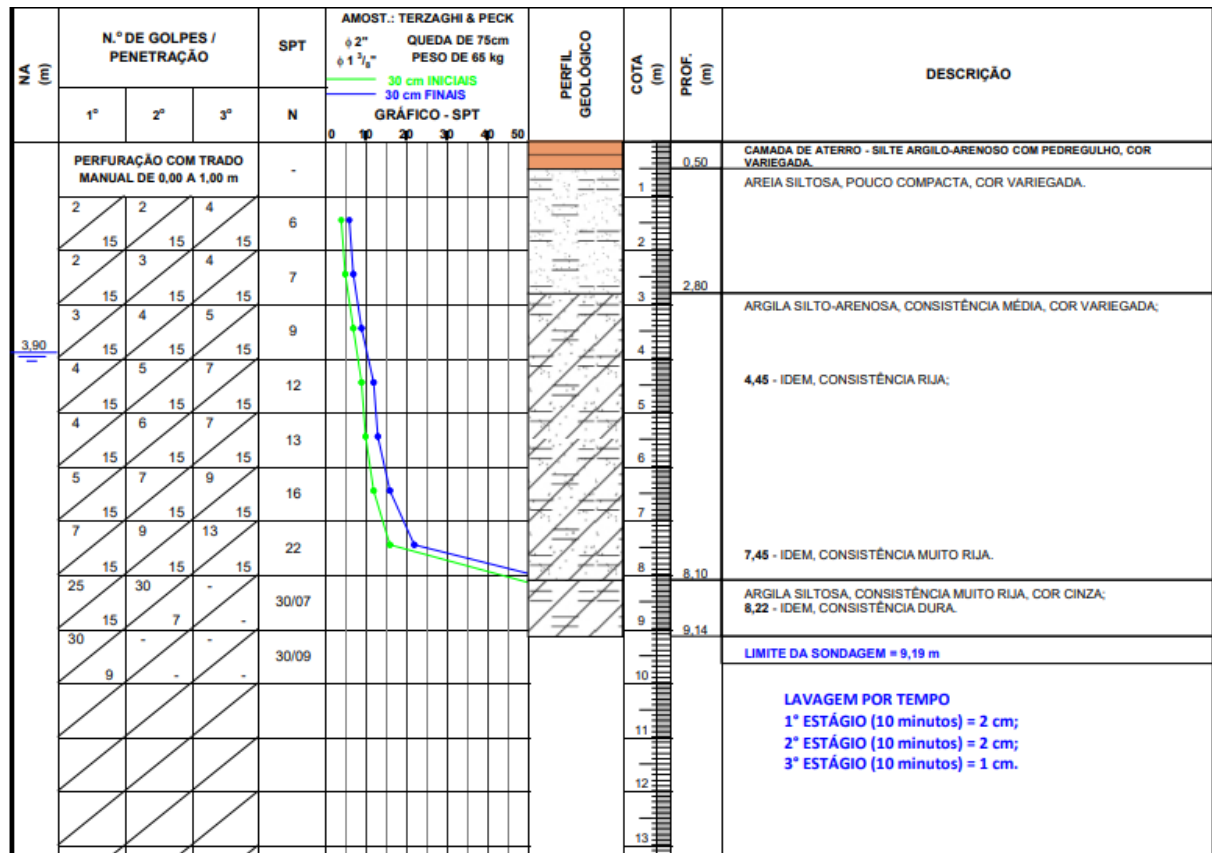
Figura 2 – SPT-01.



Fonte: Franco Engenharia (2025).

Já no caso do SPT-02, na cota de assentamento da sapata, é notório um solo arenoso designado de areia siltosa, de compactidade pouco compacta e NSPT 6, em 2,80 m o solo é uma argila silto-arenosa de consistência média e NSPT 7, até a profundidade de 8,10 m as características do solo se mantêm semelhantes ao longo da profundidade, variando apenas sua consistência conforme os valores de NSPT, que apresentam um aumento gradual, comportamento típico de solos residuais, o nível de água foi encontrado na profundidade de 3,90 m, e na faixa de 8,10 a 9,14 m o solo é argila siltosa de consistência rija e com 9,19 m chega-se ao limite da sondagem.

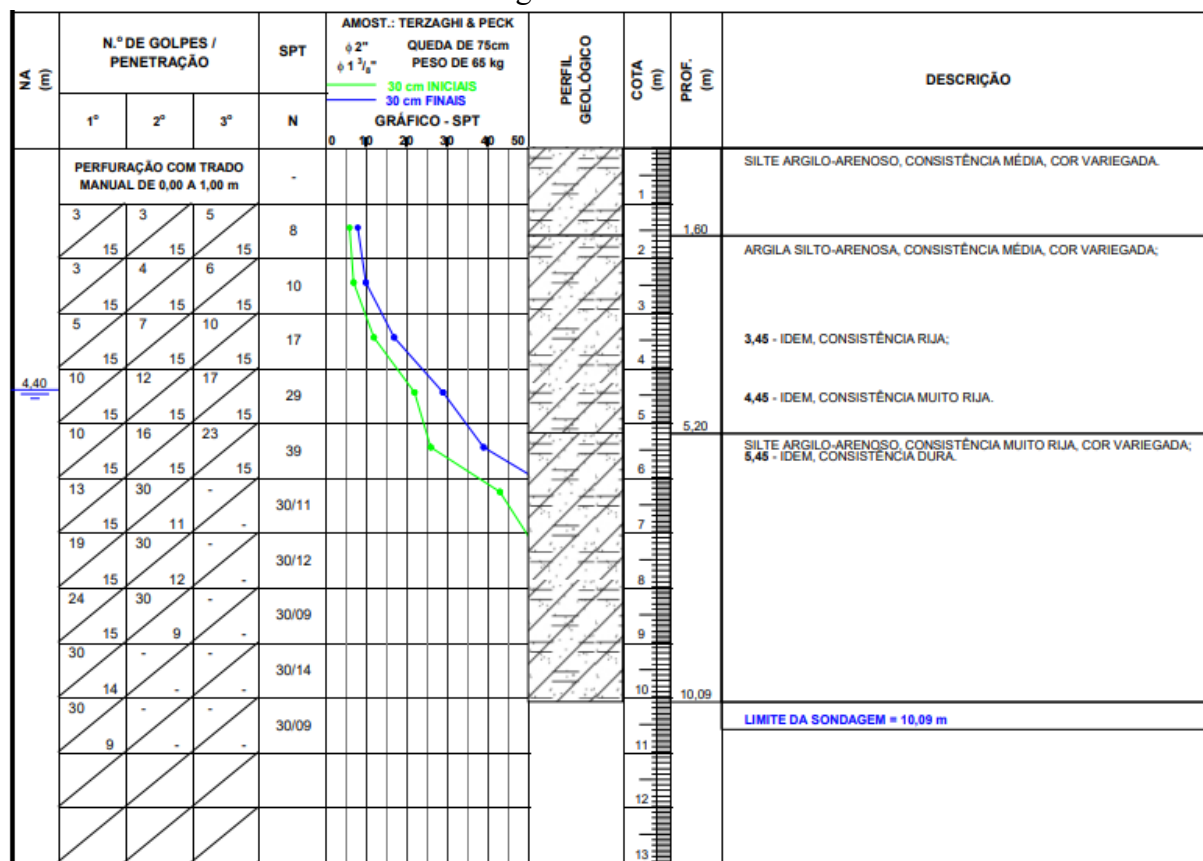
Figura 3 – SPT-02.



Fonte: Franco Engenharia (2025).

Por fim, no SPT-03, o solo que é encontrado na cota de assentamento da sapata é um silte argilo-arenoso de consistência média com NSPT 8, bem próximo em 1,60 até 5,20 m é encontrado argila silto-arenosa onde é possível notar um aumento gradual do NSPT gerando mudanças apenas na consistência do solo de característica residual, o nível de água foi encontrado em 4,40 m, de 5,20 à 10,09 m o solo é silte argilo-arenoso de consistência muito rija com NSPT 39 o que leva ao fim da sondagem em 10,09 m.

Figura 4 – SPT-03.



Fonte: Franco Engenharia (2025).

3. Resultados e discussão

3.1 Parâmetros dos laudos de sondagem

Os laudos revelam solos predominantemente siltosos, com diferentes frações de argila e areia. O SPT-01 apresentou um solo classificado como silte argilo-arenoso, com NSPT pontual de 5 e médio de 9,67, caracterizando uma resistência baixa na camada de fundação, mas com boa progressão em profundidade. O SPT-02, por sua vez, corresponde a um solo arenoso com presença significativa de silte, com NSPT pontual de 6 e médio de 7,33. O SPT-03 indicou um solo argila silto-arenosa, com maior consistência e valores de NSPT pontual e médio de 8 e 11,67, respectivamente, sugerindo melhor capacidade de suporte.

A partir da análise dos laudos de sondagem foi possível montar a Tabela 2, onde foi retirado parâmetros importantes como os valores de NSPT pontual na profundidade de 1,5 metros, o valor médio de NSPT (calculado até 2*B abaixo da fundação) e a classificação geral do tipo de solo, para o cálculo e aplicação de métodos de acordo com a recomendação dos autores.

Tabela 2 – Parâmetros dos laudos de sondagem.

Laudo	NSPT (pontual)	NSPT médio	Tipo de Solo
SPT-01	5	9,67	Silte argilo-arenoso
SPT-02	6	7,33	Areia siltosa
SPT-03	8	11,67	Silte argilo-arenoso

Fonte: Autor (2025).

Essas características reforçam a importância de se avaliar com precisão a tensão admissível do solo em cada caso, pois solos com comportamento heterogêneo, como os descritos nos laudos de sondagem, demandam maior atenção na escolha do método de cálculo e na análise dos recalques. A imprevisibilidade desses solos pode comprometer a estabilidade das fundações, tornando essencial um dimensionamento criterioso.

3.2 Cálculo da tensão admissível dos solos

Com base nos parâmetros geotécnicos extraídos dos laudos de sondagem e considerando o tipo de solo de cada ponto analisado, foram aplicadas quatro metodologias semiempíricas para a estimativa da tensão admissível do solo (σ_{adm}). Os métodos utilizados foram: Cintra, Aoki e Albiero (2003), Teixeira (1996), Mello (1975) e Rebello (2008). Cada um possui restrições quanto ao tipo de solo e faixa de validade do NSPT, o que determinou sua aplicação em cada caso.

O método de Cintra, Aoki e Albiero (2003) foi aplicado apenas aos solos argilosos (SPT-01 e SPT-03), apresentando valores mais conservadores de tensão admissível, com 100 kPa para SPT-01 e 160 kPa para SPT-03. O método de Teixeira (1996), específico para solos arenosos, foi utilizado apenas no ponto SPT-02, com resultado de 134 kPa. Já os métodos de Mello (1975) e Rebello (2008), aplicáveis a qualquer tipo de solo dentro de determinadas faixas de NSPT, foram utilizados nos três laudos de sondagem. O método de Mello apresentou os maiores valores de σ_{adm} variando entre 222,61 kPa e 281,84 kPa, enquanto o método de Rebello, baseado na média dos valores de NSPT em profundidade, apresentou valores mais intermediários, conforme representa a Tabela 3.

Tabela 3 – Métodos de obtenção da tensão admissível.

MÉTODOS	Resultados de tensões admissíveis (kPa)		
	SPT-01	SPT-02	SPT-03
Cintra, Aoki e Albiero (2003)	100,00	N/A	160,00
Teixeira (1996)	N/A	134,00	N/A
Mello (1975)	222,61	243,95	281,84
Rebello (2008)	193,40	146,60	233,40
Média de σ_{adm}	172,00	174,85	225,08

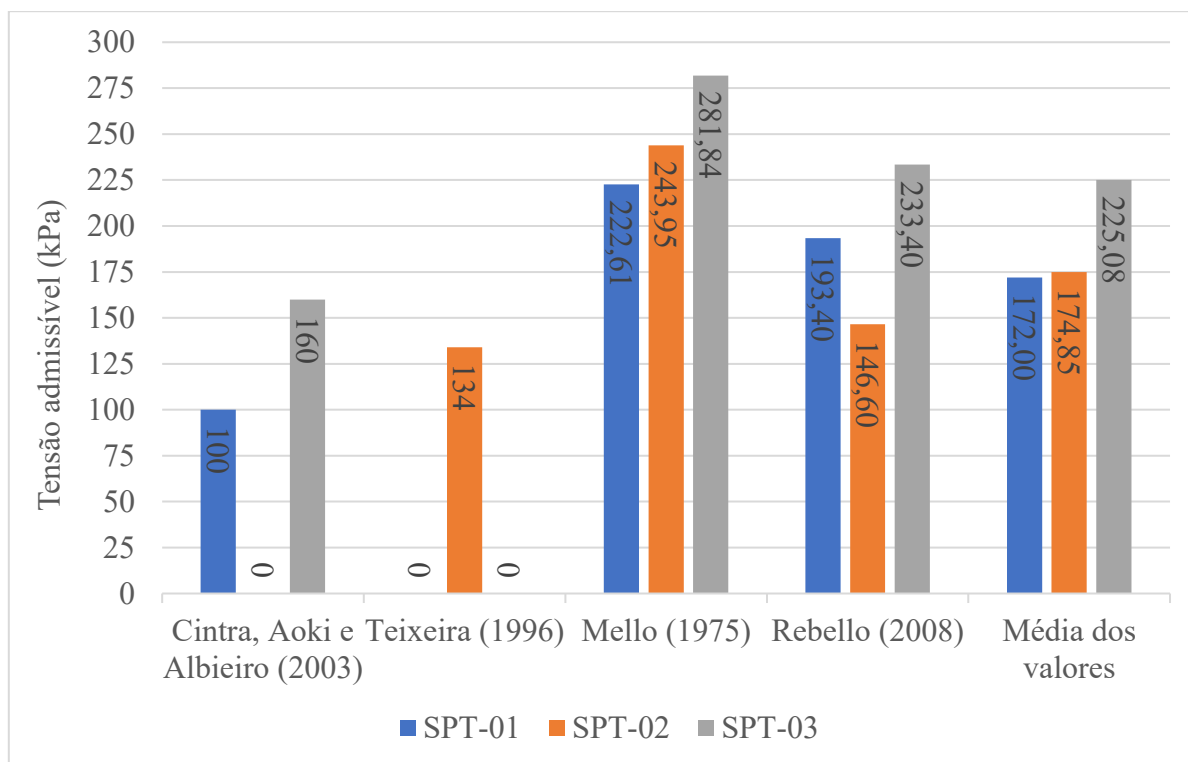
Fonte: Autor (2025).

O Gráfico 1 permite uma visualização comparativa clara dos valores de tensão admissível obtidos pelos diferentes métodos aplicados ao SPT-01. Nota-se que os métodos de Mello (1975) e Rebello (2008) apresentaram os maiores valores (222,61 kPa e 193,40 kPa, respectivamente), com boa proximidade entre eles. Já o método de Cintra, Aoki e Albiero (2003) apresentou o valor mais conservador (100,00 kPa), sendo 55,07% inferior ao valor máximo, evidenciando sua abordagem cautelosa para solos argilosos. A média dos valores para esse laudo foi de 172,00 kPa, representando uma diferença de 22,79% em relação ao maior valor, o que reforça a importância da escolha criteriosa do método de cálculo conforme o tipo de solo.

No caso do SPT-02, observa-se que apenas três métodos forneceram valores válidos: Teixeira (134,00 kPa), Mello (243,95 kPa) e Rebello (146,60 kPa). O método de Mello apresentou o valor mais elevado, enquanto Teixeira e Rebello geraram resultados significativamente mais conservadores. A tensão admissível fornecida por Teixeira foi 45,04% inferior ao valor máximo, demonstrando seu caráter mais seguro para solos arenosos. A média dos valores para esse laudo foi de 174,85 kPa, o que representa uma diferença de 28,32% em relação ao maior valor encontrado, reforçando a necessidade de cautela ao adotar métodos mais conservadores para esse tipo de solo.

Para o SPT-03, todos os métodos aplicáveis apresentaram resultados consistentes. O método de Mello (281,84 kPa) gerou o maior valor de tensão admissível, seguido por Rebello (233,40 kPa) e Cintra (160,00 kPa). A diferença entre o valor mais conservador (Cintra) e o mais elevado (Mello) foi de aproximadamente 43,24%, o que evidencia a influência do critério adotado na definição da fundação. A média dos valores foi de 225,08 kPa, o que corresponde a uma diferença de 20,15% em relação ao valor máximo. Essa proximidade mostra que, apesar da dispersão entre os métodos, os resultados tendem a uma convergência razoável neste tipo de solo.

Gráfico 1 – Resultados das tensões admissíveis dos laudos.



Fonte: Autor (2025).

Na definição do valor de σ_{adm} a ser utilizado no dimensionamento das fundações, optou-se pela adoção do método mais conservador dentre os compatíveis com o tipo de solo em cada ponto analisado. Essa escolha se justifica pelas características heterogêneas dos perfis de solo observados nos laudos de sondagem, bem como pela presença de nível d'água relativamente próximo à superfície em alguns trechos. Considerando esses fatores, a aplicação de um critério mais cauteloso está alinhada às boas práticas da engenharia geotécnica, contribuindo para garantir a segurança e o desempenho adequado das fundações.

3.3 Dimensionamento das sapatas

Após determinar o valor de σ_{adm} mais conservador realizou-se o cálculo para encontrar as dimensões das sapatas de cada projeto, considerando sapatas quadradas e valores arredondados para múltiplos de 5 cm, conforme recomendação normativa para facilitar a execução do projeto, a Tabela 4 descreve as dimensões encontradas.

Tabela 4 – Dimensões das sapatas.

Projeto	Pilar	Carga (kN)	σ_{adm} (kPa)	Área mínima (m ²)	A = B (m)
Casa Paroquial Térrea	P1	162,79	100	1,71	1,35
Residência Unif. 2 Pav.	P2	371,67	134	2,91	1,75
Centro Comercial	P3	579,58	160	3,8	1,95

Fonte: Autor (2025).

As dimensões finais indicam que, para o pilar P1 da casa paroquial, com carga de 162,79 kN e solo com σ_{adm} de 100 kPa, a sapata quadrada resultou em 1,35 m x 1,35 m. Para a residência de dois pavimentos (P2), cuja carga é de 371,67 kN e σ_{adm} de 134 kPa, a sapata necessária tem dimensão de 1,75 m x 1,75 m. Por fim, para o pilar P3 do mercado central, com carga de 579,58 kN e σ_{adm} de 160 kPa, a sapata foi dimensionada com 1,95 m x 1,95 m.

Esses resultados demonstram que a aplicação dos critérios adotados é compatível e os valores encontrados até o determinado momento indicam a validade da implementação de fundações do tipo sapata isolada nesses solos.

3.4 Verificação de recalque

Para avaliar o desempenho das fundações dimensionadas, foi realizada a verificação do recalque elástico imediato com base no método semiempírico proposto por Terzaghi & Peck (1948). Esse método considera o comportamento elástico do solo e estima o recalque que ocorre logo após a aplicação das cargas na fundação. A fórmula utilizada baseia-se na tensão transmitida pela sapata, na largura da fundação, no módulo de elasticidade do solo (obtido a partir do NSPT) e no coeficiente de Poisson do solo, para determinar o valor do parâmetro k foi usado a média dos valores para argila e areia e considerado o valor do coeficiente de Poisson igual a 0,3.

A Tabela 5 apresenta os valores de recalque obtidos para cada um dos três projetos analisados, considerando os métodos válidos para o tipo de solo e a tensão admissível escolhida através do critério de valor mais conservador. Todos os recalques calculados foram convertidos de metros para milímetros para facilitar a interpretação prática.

Tabela 5 – Recalque das sapatas encontradas.

Projeto	Pilar	Carga (kN)	NSPT médio	Tensão adm (kPa)	Dimensão da sapata A=B (m)	Recalque (mm)	Recalque admissível (mm)
Casa Paroquial Térrea	P1	162,79	9,67	100 - (Cintra)	1,35	6,05	65
Residência a Unif. 2 Pav	P2	371,67	7,33	134 - (Teixeira)	1,75	7,93	25
Centro Comercial	P3	579,58	11,67	160 - (Cintra)	1,95	11,60	65

Fonte: Autor (2025).

Os resultados indicam recalques de pequena magnitude, com valores de 6,05 mm para a casa paroquial térrea (P1), 7,93 mm para a residência unifamiliar de dois pavimentos (P2) e 11,60 mm para o centro comercial (P3). Todos os valores obtidos estão dentro dos limites admissíveis, que para solo arenoso é de 25 mm e argiloso 65 mm, conforme orientações técnicas como as de Velloso e Lopes (2011) e da NBR 6122 (2022).

Esses resultados confirmam a viabilidade da adoção de fundações rasas do tipo sapata nos solos analisados, cujas consistências são consideradas médias. A baixa deformabilidade apresentada reforça a segurança do sistema de fundação quanto à estabilidade e ao desempenho estrutural, não indicando riscos significativos de patologias como trincas ou recalques diferenciais acentuados.

4. Considerações finais

O presente estudo analisou a capacidade de carga de solos obtidos em três laudos de sondagem, aplicando diferentes métodos semiempíricos consagrados na engenharia geotécnica, como os propostos por Cintra, Aoki e Albiero (2003), Teixeira (1996), Mello (1975) e Rebello (2008). Cada método foi utilizado de acordo com a compatibilidade com o tipo de solo identificado nos laudos e a faixa de validade do NSPT.

Com as tensões admissíveis calculadas, foram dimensionadas sapatas isoladas para três diferentes projetos (uma casa térrea, uma residência de dois pavimentos e um centro comercial),

aplicando um fator de majoração sobre as cargas estruturais. Os resultados obtidos demonstraram dimensões viáveis para fundações rasas.

Na etapa de verificação do recalque, o método semiempírico de Terzaghi & Peck (1948) foi adotado, fornecendo estimativas de recalque elástico imediato para cada situação analisada. Todos os valores obtidos permaneceram dentro dos limites admissíveis para construções convencionais, o que evidencia a compatibilidade entre as solicitações dos projetos e a capacidade de suporte dos solos avaliados.

De modo geral, conclui-se que, para os solos analisados, o uso de sapatas isoladas mostra-se tecnicamente viável, desde que respeitados os critérios de dimensionamento e controle de recalques. A metodologia adotada neste trabalho demonstrou-se eficaz na avaliação preliminar de fundações, permitindo, por meio da aplicação de diferentes cenários de carga, uma análise mais clara e fundamentada. Essa abordagem contribui diretamente para a tomada de decisões por parte dos profissionais da construção civil.

Entretanto, a adoção do critério mais conservador tende a garantir a segurança da obra, mas pode resultar em fundações com dimensões maiores que o estritamente necessário, aumentando custos com concreto e aço. Assim, a análise econômica associada ao desempenho estrutural também deve ser considerada em projetos de maior porte ou em solos com variação significativa de parâmetros.

Para estudos futuros, fazer o comparativo com outros métodos como os teóricos ou ensaio de carga sobre placa a fim de comparar os resultados de tensão admissível do solo, dimensões das sapatas e recalques seria uma alternativa, além de poder realizar uma análise econômica referente aos métodos adotados.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder força, saúde e sabedoria ao longo de toda essa caminhada. À minha família, pelo apoio incondicional, amor e compreensão em cada etapa deste processo. Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado com palavras de incentivo, ajuda e parceria nos momentos mais desafiadores. A meu orientador que me ajudou a chegar ao fim deste trabalho. A empresa Franco Engenharia por fornecer os laudos de sondagem utilizados neste trabalho. Cada um contribuiu de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 108 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 6484**: Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 28 p.

BOTELHO, M. H. C. **Princípios da mecânica dos solos e fundações para a construção civil**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2015. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 28 dez. 2024.

CINTRA, José Carlos A.; AOKI, Nelson; ALBIERO, José H. **Fundações Diretas: Projeto Geotécnico**. Porto Alegre: Oficina de Texto, 2025. E-book. p.1. ISBN 9788579750878. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788579750878/>. Acesso em: 06 mai. 2025.

CINTRA, J. C. A., AOKI, N., & ALBIERO, J. H. (2003). **Tensão admissível em fundações diretas**. São Carlos: RiMa.

LACERDA, B. S. **Análise comparativa de distintos sistemas de classificações geotécnicas empregados a solos de cidades da região tocantina do maranhão**. 2023. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Açailândia, 2023.

MELLO, V. F. B. **The philosophy as statistics and probability applied in soil mech**. In: international conference on applic. of statistices, 2. 1975.

PINHO, B. B. A.; PORTUGAL, A. C. M.; CARVALHO, M. B. **Estimativa da tensão admissível do solo e dimensionamento geométrico de sapatas isoladas e corridas com uso do Excel**. Revista Eletrônica TECCEN, v. 14, n. 1, p. 19-27, 2021.

REBELLO, Y. C. P. (2008). **Fundações: Guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. 4ª edição. São Paulo: Editora ZIGURATE.

SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, R. C. **Influência dos recalques diferenciais em fundações do tipo sapata**. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 11, n. 5, p. 88–100, 2022.

SANTOS, F. A. S. et al. **Estudo de caso do tipo de fundação direta mais viável para casa popular e um edifício de acordo com os parâmetros do solo da região de Delmiro Gouveia**. 2017. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2017.

SILVA, G. R.; LOPES, R. P. **Comparação entre fundação profunda, hélice contínua e fundação superficial radier**. 2017. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdades Integradas de Caratinga, Caratinga, 2017.

TEIXEIRA, A. H. **Projeto e execução de fundações**. Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, 3. Anais... Vol. 1, São Paulo, 1996, 33-50p.

TERZAGHI, K., PECK, R. B. **Soil Mechanics in Engineering Practice**. 1ª. ed. New York: John Wiley, 1948. 566p.s

VELLOSO, Dirceu de Alencar. **Fundações, volume 1: critérios de projeto: investigação do subsolo: fundações superficiais** / Dirceu de Alencar Velloso, Francisco de Rezende Lopes. – 2. ed. -- São Paulo: Oficina de textos, 2011.