

# USO DO DCP NA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA PARA FUNDAÇÕES RASAS

VINICIUS GONSALES DIAS<sup>22</sup>  
LUENDER THIAGO SILVA OLIVEIRA<sup>23</sup>

**RESUMO:** Com o crescente aumento da construção civil, surge a necessidade de se desenvolver métodos para investigação geotécnica cada vez mais rápidos e fáceis de serem aplicados no canteiro de obra. No entanto, tais métodos devem propor resultados autênticos e confiáveis para que então, possam ser viabilizados e aceitos para utilização. Com isso, o ensaio com o Cone de Penetração Dinâmica (DCP), usualmente conhecida como Penetrômetro Sul Africano, esteve submetido a análises com dados coletados de ensaios aplicados, em pontos específicos da cidade de Sinop-MT, possibilitando assim, fornecer resultados para determinação da capacidade de carga para fundações rasas, através da tensão admissível, e conhecimentos semi-empíricos através de estudos posteriores. Em suma, o método com o ensaio DCP, se torna viável para sua utilização no município de Sinop-MT, pois se mostra bastante prático na execução, e principalmente no custo-benefício, por se tratar de um ensaio que o valor do seu equipamento e sua execução se torna significativamente baixo, correlacionado com outros métodos de ensaio. O método de ensaio com o Cone de Penetração Dinâmica (DCP), tem grandes semelhanças com os ensaios SPT e DPL em relação a sua coleta de dados, nos quais permitem a avaliação da tensão admissível do solo *in loco*, podendo ser empregadas para o dimensionamento de fundações superficiais. Conforme pesquisas realizadas, é possível definir avaliações através da utilização dos métodos de ensaios DPL e SPT, no intuito de obter resultados para capacidade de carga em fundações diretas, possibilitando assim, a utilização de Penetrômetro dinâmico de cone na análise superficial de resistência através da tensão admissível de solo no município de Sinop-MT.

**PALAVRAS-CHAVE:** Capacidade de carga; Dimensionamento; Investigação Geotécnica.

## USE OF DCP IN DETERMINING LOAD CAPACITY FOR SHALLOW FOUNDATIONS

**ABSTRACT:** With the growing increase in civil construction, the need arises to develop methods increasingly faster and easier to be applied at the construction site, however, must have authentic and reliable results so that then, can be viable and accepted for use. With this, the Dynamic Penetration Cone (DCP) test, usually known as the South African Penetrometer, was subjected to analysis with data collected from tests applied at specific points in the city of Sinop-MT, thus making it possible to provide results for determining the bearing capacity of shallow foundations, through the admissible stress, and semi-empirical knowledge through further studies. In summary, the DCP test method is feasible for use in the city of Sinop-MT, because it is very practical in execution, and especially in cost-effectiveness, since it is a test that the value of its equipment and its execution is significantly low, correlated with other test methods. The Dynamic Penetration Cone (DCP) test method has great similarities with the SPT and DPL tests in relation to its data collection, which allow the evaluation of the admissible soil stress in situ, and can be used for the design of shallow foundations. According to the research carried out, it is possible to define evaluations by using the DPL and SPT test methods in order to obtain results for load capacity in direct foundations. Thus, enabling the use of dynamic cone penetrometer in the superficial resistance analysis through the admissible soil stress in the city of Sinop-MT.

---

<sup>22</sup> Professor Mestre em Ciências Ambientais, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe-UNIFASIFE. Endereço eletrônico: [viniciusgonsalesdias@gmail.com](mailto:viniciusgonsalesdias@gmail.com)

<sup>23</sup> Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe-UNIFASIFE. Endereço eletrônico: [luender\\_11@hotmail.com](mailto:luender_11@hotmail.com)

**KEYWORDS:** Capacity of shallow; Design of shallow; Geotechnical investigation.

## INTRODUÇÃO

Com a expressiva expansão da engenharia civil na última década, o mercado que abrange a área da construção civil, está se tornando um grande destaque, por ser um dos que mais influenciam no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil (NUNES *et al.* 2020).

Segundo Silva *et al.* (2020), a participação da construção civil torna se possível pela predominante participação por meio das pessoas, que é necessário para a elaboração e execução de construções pequenas e grandes, sendo as residenciais, comerciais, estradas, e obras de infraestruturas.

No entanto, observado o cenário entre 2020 e 2021 segundo Sperandio *et al.* (2021), a situação pandêmica no país impactou fortemente a indústria da construção civil na qual tem uma importante relação com o setor econômico brasileiro, influenciando assim elevados custos dos serviços relacionados a elaborações e execuções de obras no ramo da engenharia civil.

Conforme a publicação da CBIC segundo Nunes *et al.* (2020), a crise que atinge o setor da construção civil dar-se-á pela desestabilidade de um cenário econômico brasileiro, que se mostrou instável nos últimos anos por deterioração fiscal, incertezas políticas, recessão econômica, desemprego elevado e inflação superior ao teto da meta.

Por ser um setor que influência diretamente nos setores que abrange a indústria de base, a construção civil tem um saldo positivo quando a economia vai bem, porém quando a economia vai mal ela também vai mal (GONÇALVES, 2015).

Com a grande possibilidade de diversos serviços relacionados a construção civil no país, surge a necessidade de se obter maiores conhecimentos de métodos de ensaios, que possam reduzir o custo de sua aplicabilidade, pois um dos pontos iniciais e primordiais de uma obra que é a execução da fundação, tendem a corresponder a custos elevados em relação a toda a obra.

Conforme estudos apresentados por Schnaid (2000), estima-se que os custos envolvidos na realização de ensaios de sondagens de fundações tendem a ser 0,2% a 0,5% total do custo da obra; e a fundação tem um percentual de 3% a 7% do total da obra (CHAVES e MOREIRA 2016).

Sendo assim, surge à carência de existir métodos de ensaios de solos onde sejam mais fáceis suas execuções e menos onerosas suas elaborações; no intuito de avaliar um novo ensaio, não tão usual, será apresentado o ensaio com Cone de Penetração Dinâmica (DCP), mais conhecido como ensaio com Penetrômetro Sul-Africano. Seus resultados possibilitarão estudos no qual poderá ser analisado se a aplicação e utilização do ensaio com Cone de Penetração Dinâmica (DCP) é viável para determinação da capacidade de carga para fundações rasas no município de SINOP-MT.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Fundações

A fundação da construção civil, pode ser definida como um objetivo que possibilita a transmissão com segurança das tensões que recebem da parte da superestrutura da construção para o solo. Ela se localiza abaixo do solo, e é formada por blocos, estacas, tubulões, radiers ou sapatas. (MINOZZO, 2016).

Segundo Aguiar (2015), são elementos que devem ser dimensionadas adequadamente, por ser uma das partes de grande importância na estrutura, cujo um colapso da fundação, pode levar a obra à ruína.

Entretanto, este não é o único problema que pode afetar toda a estrutura, pois caso não haja dimensionamento correto da fundação, futuramente poderão aparecer pequenas falhas na fundação, levando o surgimento de trincas, fissuras, tirar janelas e portas do eixo entre outros que podem reduzir a vida útil da estrutura (RESENDE *et al.* 2017).

A área de fundações é um dos grandes desafios atuais da engenharia civil, pois a interação da estrutura com o solo é um fator imprescindível, para a estabilidade da estrutura, no entanto, muito pouco se tem de estudos da área no Brasil.

Para que ocorra a escolha correta da fundação, cabe ao profissional técnico, entender da necessidade do cliente e as características do solo, pois é partir disso que ele poderá optar por uma fundação que seja capaz de associar economia com funcionalidade (RESENDE *et. al.* 2017).

### **2.1.1 Fundações rasas**

Segundo a ABNT (1996) NBR 6112, as fundações rasas são classificadas como: Sapatas, blocos, radiers, sapatas associadas, vigas de fundação e sapatas corridas.

Conforme Rebello (2018) afirma, as fundações rasas ou superficiais, são definidas quando as cargas que a estrutura exerce transmiti diretamente nas primeiras camadas, o assentamento desse tipo de fundação, deve ser realizado em profundidade inferior ao dobro do tamanho daquele que consta na planta como sua menor dimensão; no entanto, isso só pode se dar de uma forma eficaz, se o solo tiver a resistência suficiente nas primeiras camadas, suportando assim, toda a carga transferida da edificação.

Pereira (2017), ressalta que o marcante traço das fundações rasas se dá por serem projetadas por meio de escavações realizadas no solo, não exigindo que se utilize equipamentos de grande porte no processo de sua execução.

## **2.2 Capacidade de carga**

Segundo a ABNT (2019) NBR 6122, caracteriza a capacidade de carga de uma fundação, que se dá por conta da tensão transmitida da fundação para o solo, provocando a ruptura do solo ou ocorrendo deformações excessivas; um ponto em que o profissional na área da engenharia civil deve ter grande cuidado, pois a determinação da capacidade da carga dos solos é de suma importância.

De acordo com Terzachi (1943), pode-se qualificar dois tipos de ruptura de solo: ruptura clássica ou conceitual e a ruptura convencional. A ruptura clássica ou conceitual, torna-se definida por ocorrer em tipos de solos mais hirtos, como argilas rijas, ou seja, compactadas e duras, e areias compactas, portanto, a sua ruptura ocorre de forma brusca e de fácil visualização. Já a ruptura convencional, define-se por ocorrer em solos menos resistentes, como argilas médias a moles e areias fofas.

Consequentemente, pode-se definir a capacidade de carga como a tensão que irá provocar a ruptura do solo na qual a fundação está executada, considerando assim, duas condições fundamentais de comportamento: ruptura e deformação.

### **2.2.1 Capacidade de cargas para fundações rasas**

Segundo Marangon (2018), pode-se trabalhar com as seguintes especificações para a determinação da capacidade de carga para fundações rasas; capacidade de carga de ruptura ou limite, ou seja, a que determinará a carga limite onde a força exercida pela fundação provocará a ruptura do terreno e dessa forma deslocando sensivelmente ou excessivamente o solo, desta forma possibilitando a ruína da superestrutura; no entanto na capacidade de carga de segurança à ruptura, a maior carga transmitida pela fundação será a que o terreno resiste com segurança, independentemente das deformações que possam ocorrer; já a capacidade de carga admissível ocorre quando se tem o maior valor transmitida pela fundação que o terreno admite, com uma adequada segurança à ruptura e deformações excessivas, sendo compatíveis com a sensibilidade da estrutura e aos deslocamentos previstos para a fundação.

Pode-se utilizar também os seguintes métodos para cálculos de capacidade de carga de solos para fundações rasas, conforme ABNT (1996) NBR 6122, os métodos teóricos como as formulações clássicas desenvolvidas por Terzagli, Meyehof e Vesic, os quais são baseadas principalmente, nas propriedades de resistência ao cisalhamento e compressibilidade dos solos.

Contudo estudos de Marangon afirma que os métodos empíricos, apresentarão resultados através da capacidade de carga obtida com base na descrição das condições do terreno e em tabelas

de tensões básicas; e os métodos semi-empíricos fornecerá propriedades dos materiais sendo estimados por meio de correlações e são usadas em teorias da mecânica dos solos (MARANGON, 2018).

Possibilitando assim obter dados satisfatórios para determinar a capacidade de carga no qual o solo poderá suportar mediante a fundação aplicada.

### **2.3 Ensaio com spt (*standard penetration test*)**

No intuito de definir o SPT, Hachich *et al.* (1998), refere-se a sondagem a percussão como um processo geotécnico ocorrido em campo, onde possibilita revelar as camadas dos subsolos, fornecendo a resistência do solo ao longo da profundidade perfurada;

Os equipamentos utilizados nesse método de ensaio são normatizados pela ABNT (2020) NBR 6484, sua execução se divide em três etapas distintas, as quais são repetidas a cada metro de profundidade: sendo a perfuração, ensaio de penetração e amostragem.

O ensaio é finalizado, seguindo a normativa da ABNT (2020) NBR 6484, quando a penetração do amostrador no terreno que se faz o ensaio torna se difícil sua penetração.

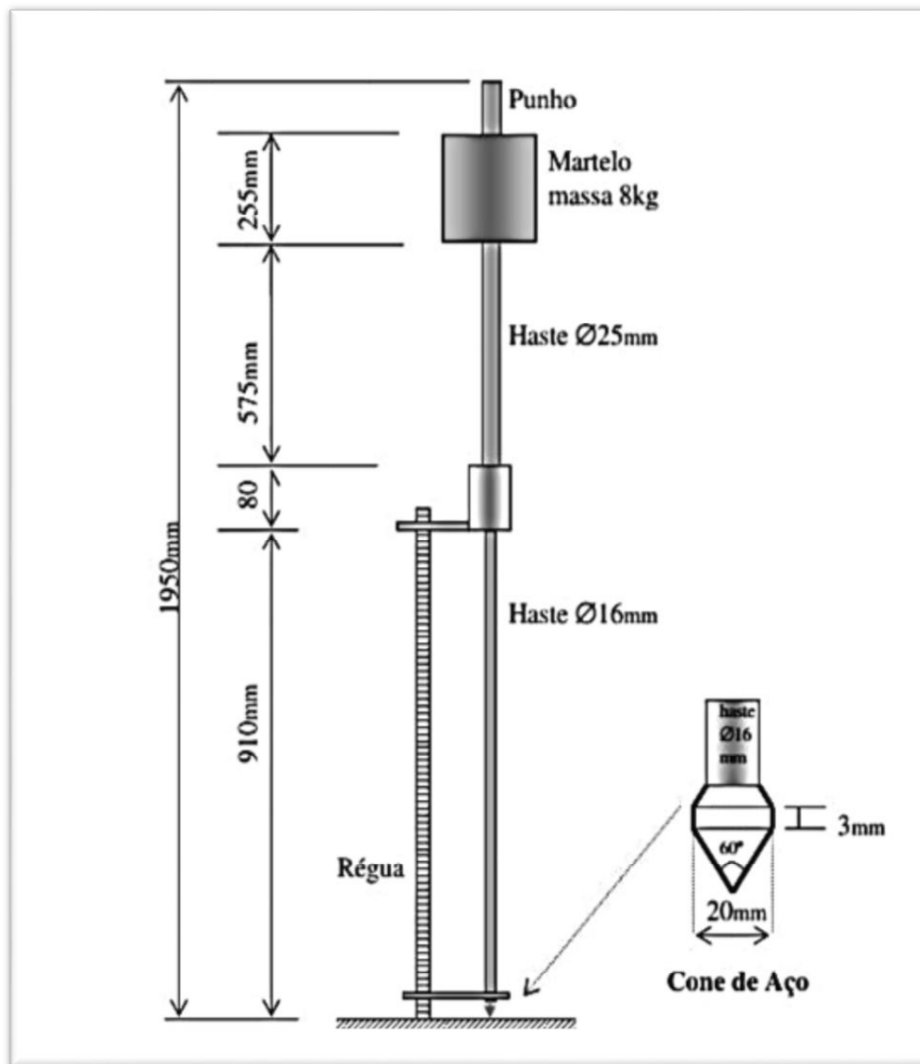
### **2.4 Ensaio com dcp (cone de penetração dinâmica)**

Segundo Schlogel (2015, p. 13.), o surgimento do ensaio com Cone de Penetração Dinâmica teve seu início em meados dos anos 1956 na Austrália, onde passou por modificações significativas no ano de 1969 na África do Sul, por isso hoje em dia se tem conhecimento como ensaio com Penetrômetro Sul Africano; seus estudos têm sido atualmente bem difundidos no Brasil.

Esse ensaio tem sua utilização bem difundida em países Europeus e da América do Norte, em âmbito de projetos rodoviários por sua utilização e manejo, sendo um tanto mais facilitada do que os demais ensaios usuais.

Com os dados obtidos pelo Penetrômetro Sul Africano, consegue-se ter uma caracterização bem definida não apenas de solos naturais, mas também de solos moles até camadas de solo 14 britado, Schlogel (2015), afirma que com os dados coletados, consegue-se ter um relatório com a relação da resistência à penetração pela profundidade da camada.

O DCP, apresentado na figura (1), é um ensaio empírico, que permite ser feito a avaliação do grau de compactação do solo, com essa avaliação obtida, pode se ter sua resistência à penetração e estimar, dessa forma, o módulo de deformação da camada compactada, segundo (SCHLOGEL. 2015, p. 13).



Fonte: Schlogel (2015)  
Figura 3 - Ensaio DCP

O equipamento do ensaio com cone de penetração dinâmica, compõe uma haste de aço de 16mm de diâmetro, a sua ponta sendo cônica de aço de 60°, possuindo 20mm de diâmetro. Possui também um martelo pesando 8 kg, que se desloca a uma distância de 575mm do topo até a parte inferior da peça, é também anexada a uma régua posta ao lado da haste, a qual irá medir a penetração a cada golpe (ASTM, 6951-03).

Segundo a ASTM (*American society for testing and materials*), afirma que o ensaio DCP apresenta fácil montagem e desmontagem tornando assim um dos melhores recursos para ensaios em fundações rasas.

Melo (2007), afirma que o ensaio com DCP, pode ser aplicado para fundações rasas, sendo possíveis a confrontações entre a correlação dos ensaios DCP e SPT.

Dessa forma, para sua execução a priori, deve ser a leitura inicial na escala no momento que o Penetrômetro é posto na vertical, verificando a estabilidade do aparelho em relação ao local a ser aplicado o ensaio. Conseqüentemente, deve ser erguido o martelo até o topo da haste do aparelho, soltando para que o mesmo possa se deslizar entre os 575 mm da haste. Essa queda deverá ser livre, sem a impedição de qualquer influência externa.

De acordo com Trinches e Cardoso (1999), deve ser desconsiderado a primeira leitura da penetração do DCP, pois no seu primeiro golpe, a superfície não influencia em relação aos golpes posteriores.

Heyn (1986), orienta que o ensaio se dá com a aplicação de três golpes com o equipamento, seguindo então com a medição da penetração realizada do cone e anotando a metragem penetrada; os golpes devem ser realizados até obter a espessura desejada de análise.

Assim sendo, após a leitura das penetrações anotadas, deve ser preenchida uma ficha de controle, anexando os dados obtidos em relação a penetração realizada pelo equipamento e a quantidade de golpes executados pelo ensaio os quais deveram ser plotados em gráficos de penetração, no eixo vertical, versus número de golpes, no eixo horizontal (TRINCHES e CARDOSO, 2005).

De acordo com Trinches e Cardoso (1999), a inclinação da reta no gráfico “golpes vs penetração” indicará a resistência do solo e é denominado índice DCP, se a projeção for verticalizada, apresentam menor capacidade de carga, no entanto, quanto mais horizontal apresentar, maior será a capacidade de carga. No entanto, se houver uma alteração na inclinação da reta projetada, pode ser um indicativo de que uma camada de material foi atravessada, podendo ter uma variação no teor de umidade, ou ainda, variação da massa específica aparente.

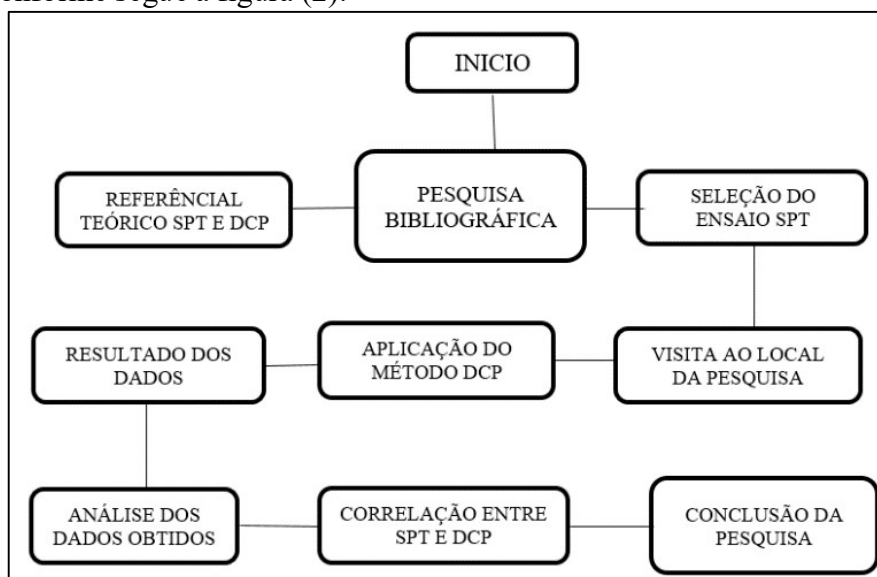
## 2.5 Pedologia da região de sinop – mt

O relevo regional varia de plano a suave ondulado, nossa classificação está inserida como localmente plano; o município de Sinop pertence a bacia Sedimentar dos Parecis, que, segundo Lacerda *et al.* (2004), está coberta discordantemente por areias, siltes e argilas de idade cenozoica, depositados sobre uma crosta laterítica desmantelada.

Estudos realizados por Lacerda *et al.* (2004), constatou que na região de Sinop/MT, há identificação de três classes de solos, além daquela considerada predominante na região. As classes mapeadas no município de Sinop/MT foram: latossolo vermelho-amarelo distrófico, latossolo amarelo distrófico e latossolo vermelho distrófico (LVAd). Segundo Silva (2013), os latossolos vermelho-amarelos distróficos (LVAd280), são solos com matriz que possuam baixa saturação por bases na maior parte dos primeiros 100 cm. Esta definição de classe constitui os solos que predominam todo relevo plano do Planalto dos Parecis, sendo qualificadas por textura argilosa, ocorrendo por vezes, concreções ferruginosas em profundidades maiores que 150 centímetros (SILVA, 2013).

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

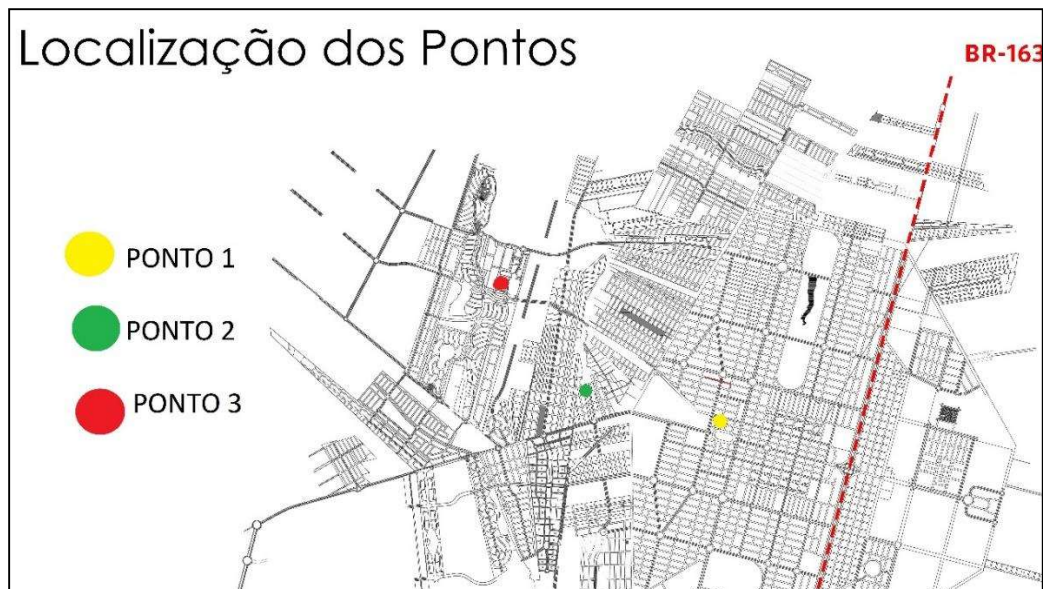
Para a elaboração e execução do projeto proposto, obteve-se como base de aplicação o organograma conforme segue a figura (2):



Fonte: própria (2022)

Figura 4 - Organograma para realização do ensaio DCP

Conforme o organograma desenvolvido, iniciou-se as pesquisas para localizar pontos que já houveram ensaios com SPT, possibilitando assim a utilização dos dados para comparação ao DCP. Com informações de dados do ensaio com SPT realizado no município de Sinop/MTD, foi determinado pontos para execução do ensaio DCP. O local de estudo definido para a realização dos ensaios DCP, foram três pontos, que abrange o perímetro urbano do município de Sinop-MT, conforme figura (3).



Fonte: própria (2022)

Figura 5 – localização dos pontos

Desta forma o primeiro ponto definido situa-se na Rua das Leucenas, esquina com a Rua das Violetas, N° 493, Residencial Jardim Imperial, com as coordenadas geográficas Latitude  $11^{\circ}85'16,8''S$  e Longitude  $55^{\circ}51'26,8''W$ ; segundo ponto sendo na Rua Catalunia, N° 493, Residencial Jardim Itália, com as coordenadas geográficas Latitude  $11^{\circ}84'76,2''S$  e Longitude  $55^{\circ}53'20,2''W$ ; e o terceiro ponto determinado foi na Av. Dr. Clovis de Melo, QD. 24 LT. 02, Residencial Aquarela das Artes, com as coordenadas geográficas Latitude  $11^{\circ}49'57''S$  e Longitude  $55^{\circ}32'32''W$ .



PRIMEIRO PONTO DO ENSAIO DCP



SEGUNDO PONTO DO ENSAIO DCP



TERCEIRO PONTO DO ENSAIO DCP

Fonte: própria (2022)

Figura 6 – pontos realizados os ensaios DCP

Para a realização do ensaio DCP, fez-se necessário à aplicação do método descrito na ASTM D-6951-03; descrevendo assim o equipamento possuindo um martelo que desfira seu peso de

uma altura de 575 mm para a cravação de sua haste, tendo um diâmetro de 16 mm e na extremidade inferior uma ponta cônica de 60° e 20 mm de diâmetro.

Conforme Santos *et al.* (2010), esse equipamento é caracterizado por possuir uma ponta cônica que apresenta uma inclinação de 60° que vai penetrando no solo a cada golpe dado, a cravação se dá por conta do peso de 8 kg que possui o martelo. A altura em que o peso é liberado é de 575 mm, e a cada golpe dado, sua haste é penetrada no solo e sua profundidade em que o aparelho se encontra é anotada, através de uma régua graduada localizada ao lado do aparelho.

A limitação desse aparelho é que não deve ser utilizado em qualquer tipo de solo, pois em solos que apresentam grande resistência não é possível realizar a penetração sem danificar o aparelho; sua utilização é muito simples e necessita apenas de duas pessoas, uma que irá segurar o aparelho e a outra anotar os dados. O aparelho deve estar à 90° em relação ao solo, e não necessita de uma velocidade constante na aplicação dos golpes.

Após a realização do procedimento *in situ*, os dados podem ser analisados em laboratório para determinação do tipo de solo e resistência, que também é conhecido DPI (mm/golpe).

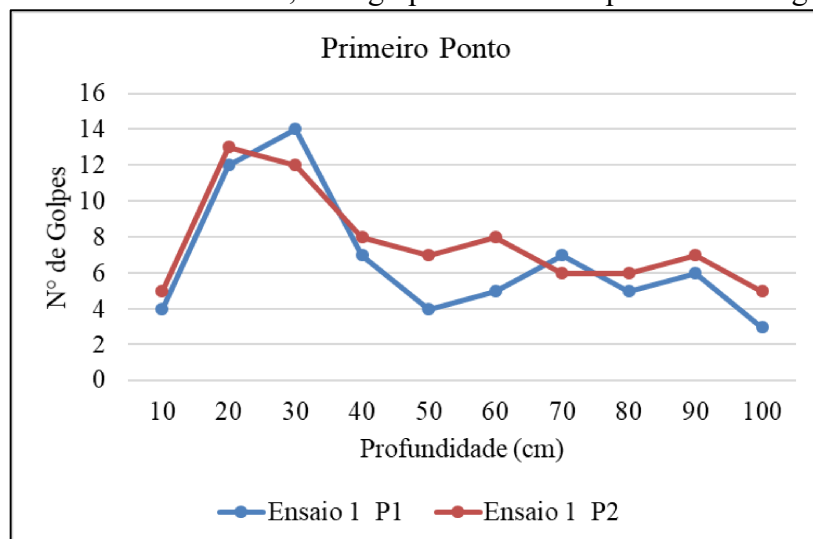
Portanto boas correlações utilizando o ensaio de DCP e com o SPT podem indicar que o penetrômetro poderá constituir uma ferramenta útil, na confirmação da cota de apoio de bases em fundações diretas (SANTOS e COSTA 2010).

Após a obtenção dos dados realizados em campo, iniciou-se o processo de tabulação e análises dos dados coletado do ensaio DCP.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinou-se realizar dois ensaios em cada local definido, promovendo assim melhor compreensão do comportamento que cada resultado dos ensaios apresentasse. Portanto, foi aplicado os golpes para alcançar a profundidade total de 1 (m), ou seja, 100 (cm). Desta forma, com a execução da cravação da haste, obtivemos os seguintes resultados:

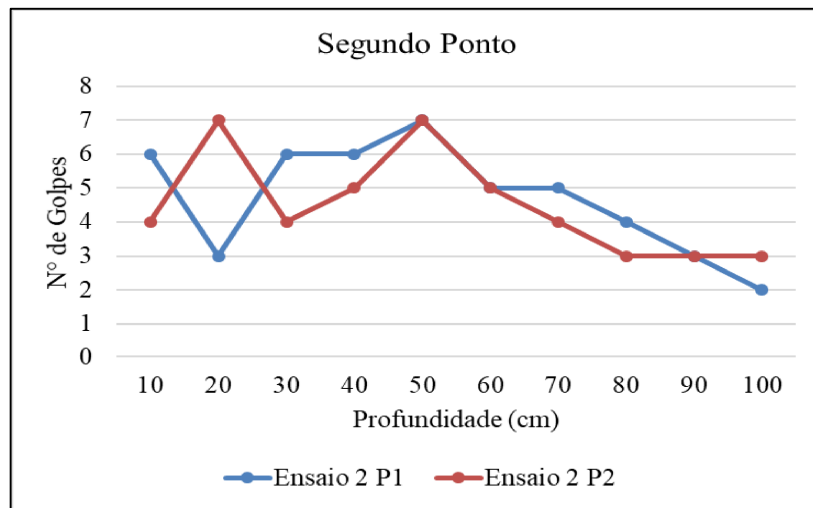
Para a execução do ensaio 1, no primeiro ponto definido, foram necessários 67 golpes para alcançar a profundidade de 100 cm. Obtendo assim uma média de 6,7 cm/golpe. Para a execução do ensaio 2, no primeiro ponto definido, foram necessários 64 golpes para alcançar a profundidade de 100 cm. Obtendo assim uma média de 7,7 cm/golpe. Conforme apresentado no gráfico (1):



Fonte: própria (2022)  
Gráfico 2 - primeiro ponto

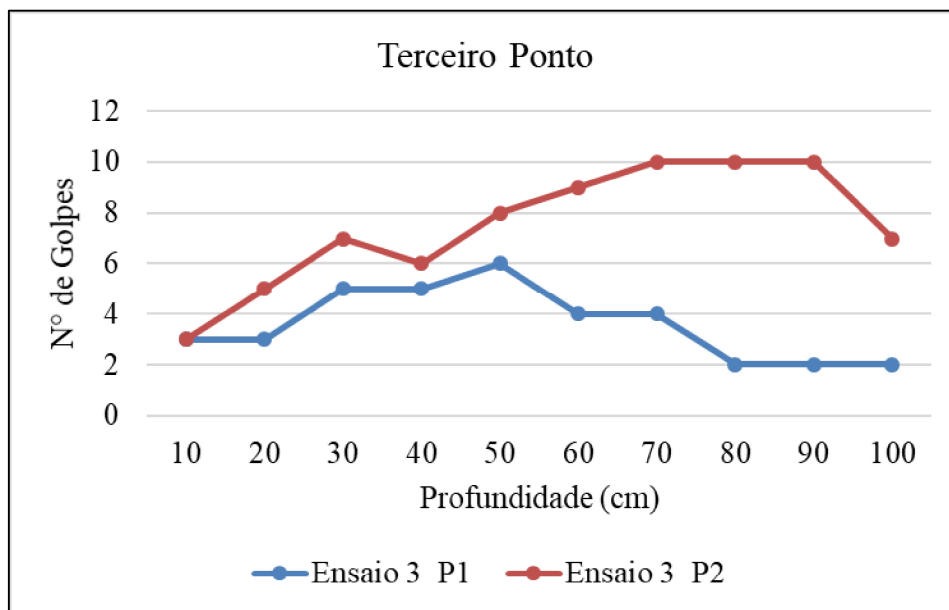
No segundo ponto definido, foram necessários 47 golpes para alcançar a profundidade de 100 cm. Obtendo assim uma média de 4,7 cm/golpe. Para a execução do ensaio 2, no segundo ponto definido, foram necessários 45 golpes para alcançar a profundidade de 100 cm. Obtendo assim uma média de 4,5 cm/golpe. Conforme gráfico (2):





Fonte: própria (2022)  
Gráfico 3 – segundo ponto

Para a execução do ensaio 1, no terceiro ponto definido, foram necessários 36 golpes para alcançar a profundidade de 100 cm. Obtendo assim uma média de 3,6 cm/golpe. Para a execução do ensaio 2, no terceiro ponto definido, foram necessários 75 golpes para alcançar a profundidade de 100 cm. Obtendo assim uma média de 7,5 cm/golpe. Conforme apresentado no gráfico (3):



Fonte: própria (2022)  
Gráfico 4 - terceiro ponto

Com os ensaios realizados nos três pontos definidos, pode-se observar a diferença de quantidades de golpes em cada ponto determinado. Desta forma, houve uma variação significativa de cada ensaio em relação a cada ponto definido.

O maior índice de penetração foi encontrado no ensaio 1, do primeiro ponto e no ensaio 2, do terceiro ponto; essa variação pode estar relacionada a resistência a penetração do solo, por se encontrar em local devido a compactação, por passagens de veículos no terreno, como pode ser observado, a disposição do terreno em torno de construções existentes; contrapondo o maior índice, obteve-se também, o menor índice de penetração no ensaio 2, do segundo ponto e no ensaio 1, do terceiro ponto, estavam em locais onde pode ser observado que houve movimentação de terra, através de máquinas gradeadoras, sendo também, pontos com um solo úmido. Essas variações podem acontecer, pois o solo urbano no qual foi executado o ensaio DCP, sofre grandes variações com ações antrópicas. (De Oliveira et al., 2016).

O ensaio 1 e 2, no primeiro ponto definido, apresentam uma relação de constância de golpes, conforme cada camada de solo é penetrado.

#### 4.1 Cálculos para a determinação da tensão admissível do solo com o ensaio dcp

Segundo ASTM D-6951-03 (2003), com os dados coletados do ensaio DCP, obtém-se o Dynamic Penetrometer Index (DPI), que é definido como a penetração dinâmica da ponta cônica no solo quando aplicado os golpes do martelo na haste do ensaio DCP.

Assim sendo, para a realização do DPI, é usualmente expresso em mm/golpe; conforme a apresentação dos dados coletados, tendo-se realizada as coordenadas utilizando os resultados em centímetros (cm), faz se necessário a transformação para milímetros (mm). Desse modo, o resultado é obtido a partir da penetração e do número de golpes aplicado em cada ensaio. (WU & SANGARD, 2007). Portanto, a equação 1 se dará da seguinte forma:

$$DPI = \frac{L1-Ln}{n-1} - \text{Equação 1}$$

Sendo:

DPI = Índice de penetração dinâmica;

L1 = Primeira leitura realizada na régua;

Ln = Penúltima leitura realizada na régua;

n = Número de golpes deferido na haste;

Conforme estabelecido pela norma ASTM D1883-05 segundo Fernandes (2015), para a correlação de determinação do CBR do solo (índice de suporte Califórnia), é necessária uma relação das penetrações registradas dos ensaios aplicados.

Para definir os valores de resistência de ponta na penetração e a tensão admissível do solo, foi utilizado para fins de cálculo a AENOR (2008), que normatiza a determinação in situ da resistência à penetração dinâmica de uma ponteira cônica, através do martelo de massa e altura de queda conhecidos na normativa ASTM D6951-03. Para a verificação de capacidade de carga de solos, para fundações rasas pode-se seguir a ABNT (1996) NBR 6122.

A penetração da ponteira cônica do ensaio DCP, é definida com o número de golpes deferido sobre a haste do ensaio, então se registra o número de golpes para cada 10 cm de penetração encontrando o ( $N_{10}$ ). O dimensionamento de fundações diretas pode ser feito através do método apresentado por Huarte conforme a equação 2 e equação 3. (CASAGRANDE. 2020).

$$q_d = \frac{N_{10}}{0,602 * nb + 3,60} - \text{Equação 2}$$

Em que:

$q_d$  = Resistência da ponta do cone;

$N_{10}$  = Número de golpes necessário para a penetração de 10 cm;

$N_b$  = Número de barras extensoras conectadas ao DCP ( $n=1$ );

$$\sigma_{adm} = \frac{q_d}{20} - \text{Equação 3}$$

Em que:

$\sigma_{adm}$  = Tensão admissível do solo;

$q_d$  = Resistência da ponta do cone;

#### 4.2 Análise dos dados coletados e calculados

Com os dados obtidos do ensaio DCP, em relação a penetração da haste mediante a medição de sua profundidade nos pontos determinados, com a relação da quantidade de golpes deferidos, e as profundidades alcançadas com cada golpe realizado, obteve-se assim, através da

formulação no Excel a média de cada golpe, conforme segue no quadro (1), em relação a profundidade alcançada, valor esse necessário para análise da tensão admissível do solo no ponto definido.

<b>Média de penetração com ensaio DCP</b>						
Profundidade em (cm)	Número de golpes em cada ensaio					
	Ensaio 1		Ensaio 2		Ensaio 3	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
10	4	5	6	4	3	3
20	12	13	3	7	3	5
30	14	12	6	4	5	7
40	7	8	6	5	5	6
50	4	7	7	7	6	8
60	5	8	5	5	4	9
70	7	6	5	4	4	10
80	5	6	4	3	2	10
90	6	7	3	3	2	10
100	3	5	2	3	2	7
<b>Média de golpes</b>	<b>6,7</b>	<b>7,7</b>	<b>4,7</b>	<b>4,5</b>	<b>3,6</b>	<b>7,5</b>

Fonte: própria (2022)

Quadro 2- média dos golpes aplicado em cada ponto

O quadro (2), apresenta o cálculo dos ensaios realizados no primeiro ponto, portanto, segue os dados obtidos:

<b>PONTO 1</b>											
N barra	1		qc		DPI		mm/golpe				
<b>Ponto 1</b>			<b>E1</b>	<b>E2</b>		<b>E1</b>	<b>E2</b>				
<b>E1</b>	<b>E2</b>										
4	5		0,952	1,190		3,33	2,50				
12	13		2,856	3,094		0,91	0,83				
14	12		3,332	2,856		0,77	0,91				
7	8		1,666	1,904		1,67	1,43				
4	7		0,952	1,666		3,33	1,67				
5	8		1,190	1,904		2,50	1,43				
7	6		1,666	1,428		1,67	2,00				
5	6		1,190	1,428		2,50	2,00				
6	7		1,428	1,666		2,00	1,67				
3	5		0,714	1,190		5,00	2,50				
<b>6,7</b>	<b>7,7</b>	<b>Média</b>	<b>1,594</b>	<b>1,832</b>	<b>Média</b>	<b>2,37</b>	<b>1,69</b>				
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><b>Tadm</b></td> <td><b>MPa</b></td> </tr> <tr> <td><b>0,080</b></td> <td><b>0,092</b></td> </tr> </table>								<b>Tadm</b>	<b>MPa</b>	<b>0,080</b>	<b>0,092</b>
<b>Tadm</b>	<b>MPa</b>										
<b>0,080</b>	<b>0,092</b>										
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><b>Tadm</b></td> <td><b>kgf/cm<sup>2</sup></b></td> </tr> <tr> <td><b>0,782</b></td> <td><b>0,899</b></td> </tr> </table>								<b>Tadm</b>	<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>0,782</b>	<b>0,899</b>
<b>Tadm</b>	<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>										
<b>0,782</b>	<b>0,899</b>										

Fonte: própria (2022)

Quadro 3 – cálculo do ensaio DCP – primeiro ponto

O valor encontrado no primeiro ponto para a tensão admissível do solo é de 0,782 kgf/cm<sup>2</sup> para o primeiro ensaio, e 0,899 kgf/cm<sup>2</sup> para o segundo ensaio. O quadro (3), apresenta o cálculo dos ensaios realizados no segundo ponto, deste modo, segue os dados obtidos:

PONTO 2							
N barra	1						
Ponto 2			qc	MPa		DPI	mm/golpe
E1	E2		E1	E2		E1	E2
6	4		1,428	0,952		2,00	3,33
3	7		0,714	1,666		5,00	1,67
6	4		1,428	0,952		2,00	3,33
6	5		1,428	1,190		2,00	2,50
7	7		1,666	1,666		1,67	1,67
5	5		1,190	1,190		2,50	2,50
5	4		1,190	0,952		2,50	3,33
4	3		0,952	0,714		3,33	5,00
3	3		0,714	0,714		5,00	5,00
2	3		0,476	0,714		10,00	5,00
<b>4,7</b>	<b>4,5</b>	<b>Média</b>	<b>1,119</b>	<b>1,071</b>	<b>Média</b>	<b>3,60</b>	<b>3,33</b>
			<b>Tadm</b>	<b>MPa</b>			
			<b>0,056</b>	<b>0,054</b>			
			<b>Tadm</b>	<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>			
			<b>0,549</b>	<b>0,525</b>			

Fonte: própria (2022)

Quadro 4 - cálculo do ensaio DCP - segundo ponto

O valor encontrado no segundo ponto, para a tensão admissível do solo é de 0,549 kgf/cm<sup>2</sup> para o primeiro ensaio, e 0,525 kgf/cm<sup>2</sup> para o segundo ensaio. Mediante o exposto, o quadro (4), apresenta os cálculos dos ensaios realizados no terceiro ponto, sendo assim, segue os dados obtidos:

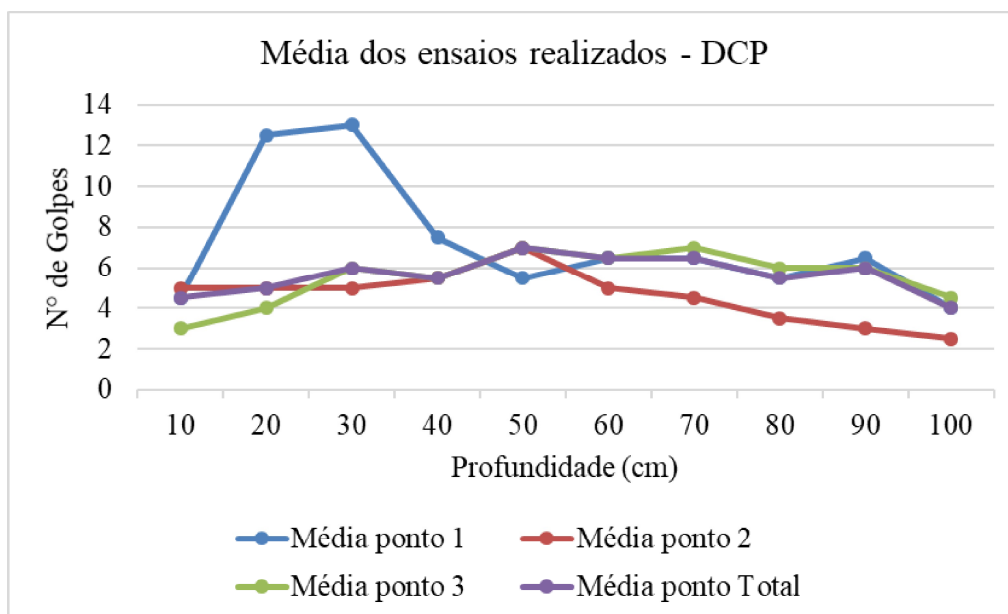
PONTO 3							
N barra	1						
Ponto 3			qc	MPa		DPI	mm/golpe
E1	E2		E1	E2		E1	E2
3	3		0,714	0,714		5,00	5,00
3	5		0,714	1,190		5,00	2,50
5	7		1,190	1,666		2,50	1,67
5	6		1,190	1,428		2,50	2,00
6	8		1,428	1,904		2,00	1,43
4	9		0,952	2,142		3,33	1,25
4	10		0,952	2,380		3,33	1,11
2	10		0,476	2,380		10,00	1,11
2	10		0,476	2,380		10,00	1,11
2	7		0,476	1,666		10,00	1,67
<b>3,6</b>	<b>7,5</b>	<b>Média</b>	<b>0,857</b>	<b>1,785</b>	<b>Média</b>	<b>5,37</b>	<b>1,88</b>
			<b>Tadm</b>	<b>MPa</b>			
			<b>0,043</b>	<b>0,089</b>			
			<b>Tadm</b>	<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>			
			<b>0,420</b>	<b>0,875</b>			

Fonte: própria (2022)

Quadro 5 - cálculo do ensaio DCP - terceiro ponto

Por conseguinte, o valor encontrado no terceiro ponto para a tensão admissível do solo é de 0,420 kgf/cm<sup>2</sup> para o primeiro ensaio, e 0,875 kgf/cm<sup>2</sup> para o segundo ensaio.

Conforme os dados que foram obtidos através da realização do ensaio *in loco*, aplicaram-se uma média para obtenção de um parâmetro de análise dos pontos, deste modo, segue os dados no gráfico (4):



Fonte: própria (2022)

Gráfico 5 - média dos ensaios realizados - DCP

Desse modo, pode-se observar que, apesar de obterem dados apresentado por uma relação média de tensão admissível para o solo da cidade de Sinop-MT, sendo essa, 0,70 kgf/cm<sup>2</sup> ou 0,070 MPa para solos entre Areia silto-argilosa e Silte areno-argisolo, segundo estudos de ROMANINI (2019). Todos os pontos escolhidos e realizados os ensaios DCP, possuíram característica arenosa-siltosa, qualificando assim os dados encontrados, dentro do permitido para tensão admissível do solo conforme (ROMANINI. 2019).

No entanto, o segundo ponto, determinado para o ensaio DCP, forneceu um valor a baixo da média permitida para tensão admissível, sendo o valor apresentado pelos dados para a tensão do solo de 0,549 kgf/cm<sup>2</sup> para primeiro ensaio, e 0,525 kgf/cm<sup>2</sup> para o segundo ensaio.

É válido supor, que a realização dos ensaios no segundo ponto, se deu perto de locais com grau elevado de saturação, e facilitando a penetração da haste no solo, o resultado não necessariamente deve ser invalidado, no entanto, conforme apresentado no gráfico (4), a relação média de todos os ensaios aplicados apresentaram uma penetração linear ao longo do perfil do solo de 100 cm.

## 5. CONCLUSÃO

Conclui-se que, com a escolha dos pontos para o ensaio DCP, em locais urbanos de Sinop-MT, efetuado a sua execução, percebe-se que o comportamento do solo em função aos golpes dados na haste do DCP e a penetração que a haste é submetida no solo, tem suas características confirmadas, as quais são definidas como um solo de consistência muito mole a mole.

Portanto, o método com o ensaio DCP, se torna viável para utilização no município de Sinop-MT, pois se mostra bastante prático na sua execução, e principalmente no seu custo-benefício, por se tratar de um ensaio que o valor do seu equipamento e sua execução, se torna significativamente baixo, correlacionado com outros métodos de ensaio. O método de ensaio com DCP, tem grandes semelhanças com os ensaios SPT e DPL em relação a sua coleta de dados, nos quais permitem a avaliação da tensão admissível do solo *in loco*, podendo ser empregadas para o dimensionamento de fundações superficiais. Conforme pesquisas realizadas por Bispo (2019), que fez a avaliação do uso do método de ensaio DPL e SPT, para obtenção de capacidade de carga para fundações diretas, e Casagrande (2020), que apresentou dados para a utilização de Penetrômetro dinâmico de cone na análise superficial de resistência de solo no município de Sinop-MT, ambos os estudos, apresentou

dados satisfatórios para obtenção da tensão do solo, qualificando assim, os resultados que o presente trabalho apresenta, como confiáveis para a tensão média admitida para o solo de Sinop-MT.

Ao fim da conclusão dos ensaios, foi observado que, para a execução do ensaio DCP, faz se necessário, a utilização de mais um integrante, pois a norma informa que apenas duas pessoas são suficientes para a execução do ensaio, porém quando efetuado *in loco*, a penetração total da haste, fica difícil a sua remoção, apenas com duas pessoas.

Sugere-se que, seja continuada a pesquisa com o método DCP, no entanto com o aumento da haste de penetração, para se obter correlações e estabelecer criações de métodos de recalques para fundações superficiais.

## REFERÊNCIAS

ACHLOGEL, C. V. **Uso do DCP para avaliação do grau de compactação em um solo na região oeste de Curitiba-PR**. 2015. 81P. Dissertação, (graduação). Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9117/1/CT\\_DACOC\\_2015\\_1\\_3.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9117/1/CT_DACOC_2015_1_3.pdf) - Acessado em 20 setembro 2021.

AENOR – ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE – EN ISO 22476-2: **Investigación y ensayos geotécnicos: ensayos de campo**. Madri: AENOR, 2008. Disponível em: <https://www.grin.com/document/445752> - Acessado em 28 maio 2021.

AGUIAR, A. L. S. **Capacidade de carga de fundação superficial de tanque de armazenamento de grande diâmetro**. 2015. 106P. Disponível em: [repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015033.pdf](http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015033.pdf) – Acessado em 15 de janeiro de 2022.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM D6951-03. **Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications**. ASTM, 2003. Disponível em: [https://Standard\\_Test\\_Method\\_for\\_Use\\_of\\_the\\_Dyna.pdf](https://Standard_Test_Method_for_Use_of_the_Dyna.pdf) – Acesso em 20 setembro 2021.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM D6951-04. **Standard Test Method for Determining The Axial Disassembly Force of Taper Connections of Modular Prostheses**. ASTM, 2009. Disponível em: <https://www.astm.org/f2009-20.html>– Acesso em 08 junho 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9895. **Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio**. Norma Brasileira, 2016. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=374690> - Acesso em: 02 de outubro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7182. **Solo – Ensaio de compactação**. Norma Brasileira, 2016. Disponível em: <https://qdoc.tips/nbr-7182-2016-solo-ensaio-de-compactao-pdf-free.html> - Acesso em: 02 de outubro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6484. **Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Norma Brasileira, 2020. Disponível em: [https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/11/spt-metodo\\_de\\_ensaio\\_nbr\\_6484.pdf](https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/11/spt-metodo_de_ensaio_nbr_6484.pdf) - acesso em: 10 de janeiro de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6122. **Projeto e execução de fundações**. Norma Brasileira, 1996. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgo>

mes/disciplinas/construcao-de-edificios/nbr-06122-1996-projeto-e-execucao-de-fundacoes - Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7182. **Solo – Ensaio de compactação**. Norma Brasileira, 2016. Disponível em: <https://qdoc.tips/nbr-7182-2016-solo-ensaio-de-compactao-pdf-free.html> - Acesso em: 02 de outubro de 2021.

BERTI, Carolina. **Avaliação da capacidade de suporte de solos “in situ” em obras viárias através do cone de penetração Dinâmica**; 2005. 140p, Dissertação (mestrado). Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258212/1/Berti\\_Carolina\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258212/1/Berti_Carolina_M.pdf) - Acesso em: 12 de outubro 2021.

BISPO, Geilson. **Uso do DPL e SPT para Obtenção de Capacidade de Carga de Fundações Diretas**. 2019. 28p. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/11853> - Acesso em: 06 de junho 2022.

BOERIZ, Thiago Almeida. FILHO, Manoel Goncalves. **Gestão de Qualidade na Prevenção dos Desperdícios em Canteiro de Obras da Construção Civil**; 2021. Volume 7. Artigo. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/35827/23707> - Acesso em: 11 de janeiro de 2022.

CASAGRANDE, Joarez. **Utilização de Penetrômetro dinâmico de Cone na análise Superficial de Resistência de Solo no Município em Sinop**. 2020. Disponível em: <http://repositorio.fasipe.com.br:8282/xmlui/> - Acesso em: 08 de junho de 2022.

CHAVES, R. F.; MOREIRA, M. L. T. **Comparação de custos entre duas opções de fundações para edifícios residenciais localizados em Teresina, Piauí**. Publicado em 2016. Disponível em: <https://www.confes.org.br/sites/default/files/uploadsimce/contecc2016/civil/compara%C3%A7%C3%A3o%20de%20custos%20entre%20duas%20op%C3%A7%C3%B5es%20de%20funda%C3%A7%C3%B5es%20para%20edificio%20residencial%20localizado%20em%20teresina%2C%20piaui%C3%AD.pdf> – Acessado em: 16 de janeiro de 2022.

CINTRA, J. C. **Fundações Superficiais: Projeto Geotécnico, 2. ed., Oficina de Textos, São Paulo**. (2008). Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/5477-24584-1-PB.pdf> - Acesso em: 12 de janeiro de 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 049/94. **Solos – Determinação do Índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas**. Norma Rodoviária, 1994. Disponível em: [https://ippuc.org.br/cd\\_Caderno\\_de\\_encargos/volume%2003\\_PDF/DNER-ME%20049-94.pdf](https://ippuc.org.br/cd_Caderno_de_encargos/volume%2003_PDF/DNER-ME%20049-94.pdf) – Acesso em: 02 de outubro de 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. NORMA DNIT 172/2016. **Solos – Determinação do Índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio**. Norma Rodoviária, 1994. Disponível em: [https://ippuc.org.br/cd\\_caderno\\_de\\_encargos/volume%2003\\_PDF/DNER-ME%20049-94.pdf](https://ippuc.org.br/cd_caderno_de_encargos/volume%2003_PDF/DNER-ME%20049-94.pdf) – Acesso em: 02 de outubro de 2021.

DE OLIVEIRA, C. M., DA SILVA CARRETTA, M., GRASEL, D. A., & MATTOS, J. R. G. **Relação entre os Valores Obtidos com o Ensaio do Dynamic Cone Penetrometer (DCP) e a Densidade Relativa de uma Areia**; 2016. Disponível em: [https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3231/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Correla%C3%A7%C3%A3oObten%C3%A7%C3%A3opar%C3%A2metros.pdf](https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3231/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Correla%C3%A7%C3%A3oObten%C3%A7%C3%A3opar%C3%A2metros.pdf) – Acesso em: 08 de junho de 2022.

FERNANDES, R. **Desenvolvimento de relação entre os ensaios DCP e CBR, Estudo de caso: Pista de testes UFSC-JOINVILLE**; 2015. 81p, Dissertação (trabalho de conclusão de curso). Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/30432262.pdf> - Acesso em: 12 de outubro de 2021.

GONÇALVES, Robson. **Ciclo e tendência na construção civil**. 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Luender/Downloads/1532-7793-1-PB.pdf> - Acesso em: 12 de outubro de 2021.

HACHICH, W., FALCONI, F. F., SAES, J. L., FROTA, R. G. Q., CARVALHO, C. S., NIYAMA, S. **Fundações teoria e prática**. 2. Ed. São Paulo. Pini, 1998. 751p.

HEYN, A. T. **Aplicações do Penetrômetro Dinâmico de Ponta Cônica na avaliação de estruturas de pavimentos**. 1986. In: Reunião anual de Pavimentação, 21, p. 140- 149. 1986.

LACERDA, J. V. F., Rezende, A., Silva, A. (Org). 1999. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Disponível em: [https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/233672/272\\_50pdf](https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/233672/272_50pdf). – Acessado em: 12 outubro de 2021

MARANGON, M. **Capacidade de carga dos solos – Mecânica dos Solos II; UFJF – núcleo de geotecnia**. Publicado em 2018; Disponível em: <https://www.ufjf.br/nugeo/files/2013/06/MARANGON-2018-Cap%C3%ADtulo-07-Capacidade-de-Carga-dos-Solos-2018.pdf>– Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

MELO, H. B. F. **Aplicação do cone de penetração (CPD) como alternativa para fundações rasas**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campinas Grande, Paraíba, 2007. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/3861?show=full>– acesso em: 11 de janeiro de 2022.

MINOZZO, M., SAVARIS, G., COSTA, G. A. S. **A importância da investigação do subsolo no dimensionamento de fundações**. Publicado em 2016. Disponível em: [http://www.confea.org.br/media/contecc2016/civil/aimportanciadainvestigãodosubsolonodimensionamentodefundações.pdf](http://www.confea.org.br/media/contecc2016/civil/aimportanciadainvestigaçãodosubsolonodimensionamentodefundações.pdf) - Acesso em: 12 de janeiro de 2022.

NUNES, J. M., LONGO, O. C., ALCOFORADO, G. O. **O Setor Da Construção Civil no Brasil e a Atual Crise Econômica. Research, Society and Development**. Publicado em 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7274> - Acesso em: 11 janeiro de 2022.

RESENDE, L. R. M. **Uso do DCP para teste e controle de compactação do solo**. Revista Escola de Minas. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2825/1/CT\\_PPG\\_EC\\_M\\_Torres%2C%20Vanessa%20Corr%C3%A4a%20de%20Andrade\\_2017.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2825/1/CT_PPG_EC_M_Torres%2C%20Vanessa%20Corr%C3%A4a%20de%20Andrade_2017.pdf) – Acesso em 18 de dezembro de 2021.

REBELLO, Yopanan Conrado Pe. **Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento**. São Paulo, 2008. 239 p.

ROMANINI, Augusto. **Análise geotécnica em estacas hélice contínua no município de Sinop-MT**. 2019. 220f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/11853> – Acesso em 08 de junho de 2021.



SANTOS, C. C. N., COSTA, C. M. L., **Avaliação do uso do penetrômetro manual dinâmico para o controle de execução de fundações diretas em areias**. 2010. Disponível em: <https://silo.tips/download/avaliacao-do-uso-do-penetrometro-manual-dinamico-para-o-controle-de-execucao-de-fu> - acesso em 08 janeiro de 2022.

SILVA, S. A. et al. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico cultivado com café**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, p. 15-22, 2020b. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/mvTXH7V3LyPZ5cjMHL6zDLK/?lang=pt&format=pdf> - Acesso em 11 de janeiro de 2022.

SCHNAID, F. **Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações**. 2000. 208p. Disponível em: [https://estudo\\_comparativo\\_entre\\_os\\_Ensaio\\_spt\\_e\\_panda\\_2\\_em\\_aterros\\_c\\_ompactados\\_de\\_barragem\\_de\\_terra.pdf](https://estudo_comparativo_entre_os_Ensaio_spt_e_panda_2_em_aterros_c_ompactados_de_barragem_de_terra.pdf) – Acesso em: 11 de janeiro de 2022.

SCHLOGEL, C. V. **Uso do DCP para avaliação do grau de compactação de um solo na região oeste de Curitiba- PR**. Publicado em 2015. Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/8294/1/CT\\_DACOC\\_2015\\_1\\_3.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/8294/1/CT_DACOC_2015_1_3.pdf) - Acesso em 14 de janeiro 2022.

TERZAGHI, K. V. **Capacidade de carga admissível para solos**. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17430/material/PUC-FUND-06.pdf> – Acessado em: 11 de janeiro de 2022.

TRICHÊS, G., CARDOSO, A.B. **Avaliação da Capacidade de Aterros e Subleito de Rodovias Utilizando o Penetrômetro Dinâmico de Cone e a Viga Benkelman**. (1999). Produção Acadêmica. Anais... Makron Books, p. 35-49, 1999. Disponível em: <https://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2018/03/Cap-10-Avalia%C3%A7%C3%A3o-estrutura-1-de-pavimentos-asf%C3%A1lticos.pdf> – Acesso em: 11 de janeiro de 2022.

WU, S., E SANGARD, S. (2007). **USE of dynamic cone penetrometer in subgrade and base acceptance, FHWA/ODOT, Research Development, Ohio University, 120 p.**