

## RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DOS SOLOS APLICADO NA ENGENHARIA CIVIL

William de Jesus Stoll<sup>1</sup>  
Valter Henrique Alves do Nascimento<sup>2</sup>  
Gabriel Pereira dos Santos<sup>3</sup>  
André Ricardo Silva David<sup>4</sup>  
Ayander Jefferson Martiliano<sup>5</sup>  
Claudir José Goltz<sup>6</sup>

**Resumo:** Tem-se como objetivo da presente pesquisa descrever e analisar o processo de resistência ao cisalhamento do solo, levando em consideração seus benefícios e contribuições para construção civil, além de caracterizar os critérios de ruptura do solo, suas representações gráficas e matemáticas, e sua aplicabilidade na engenharia civil. Para que tais objetivos fossem alcançados foram levados em considerações artigos referentes ao assunto, e contribuições da mecânica dos solos desenvolvidas por Terzaghi e Christian Otto Morh, além da descrição e caracterização dos ensaios utilizados para determinar a resistência dos solos. Diante disso, foi constatado que para o a realização de qualquer projeto estrutural, é necessário a análise do solo para que fatores primordiais como a segurança e economia sejam levados em consideração. Contudo, devido à complexidade dos testes, e a precariedade de equipamentos para realização dos mesmos, faz com que o assunto seja ignorado, principalmente em obras de pequeno porte. Diante disso é visível a necessidade melhorias nos ensaios, que facilitem sua utilização e seus benefícios socioeconômicos vinculados a sustentabilidade para construção civil.

**Palavras-chave:** Cisalhamento. Sustentabilidade. Construção civil.

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Unifimes; e-mail: [williamstoll@hotmail.com.br](mailto:williamstoll@hotmail.com.br) .

<sup>2</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Unifimes; e-mail: [vrt.alves02@hotmail.com](mailto:vrt.alves02@hotmail.com).

<sup>3</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Unifimes; e-mail: [gabryelpds@hotmail.com](mailto:gabryelpds@hotmail.com).

<sup>4</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Unifimes; e-mail: [andrericardoia@hotmail.com](mailto:andrericardoia@hotmail.com)

<sup>5</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Unifimes; e-mail: [ayandermartiliano@gmail.com](mailto:ayandermartiliano@gmail.com)

<sup>6</sup> Professora do Centro Universitário de Mineiros – Unifimes, e-mail: [claudir@unifimes.edu.br](mailto:claudir@unifimes.edu.br)

## INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento e atualizações constantes no âmbito da engenharia civil, novas formulações para construção que facilitam e promovem a diversificação dos materiais utilizados são constantemente inovados. Diante disso, estudos referentes sobre como o solo atua perante ação das tensões provocadas por solicitações externas tornam-se fulcrais na construção das edificações.

Fator que comprova tal afirmação é a utilização de testes referentes à resistência ao cisalhamento do solo, que por meio da análise dos dados obtidos é possível demonstrar o nível máximo de resistência antes da ruptura, e os fatores que influenciam tal patologia, promovendo economia e segurança no momento de construir.

Contudo, apesar de todos os benefícios promovidos pelo estudo sobre a resistência do solo, o assunto ainda é ignorado por alguns profissionais da área, devido à complexidade dos testes, sendo necessário melhorias nos mesmos, que facilitem sua utilização e seus benefícios sejam aproveitados ao máximo.

## METODOLOGIA

Para realizar esse trabalho, foi elaborado pesquisas, com o tema base a resistência ao cisalhamento dos solos.

Após a obtenção de dados e a realização de pesquisas de artigos relacionados ao assunto, analisou-se os dados, descrevendo as características sobre o tema, sua utilização, e os benefícios na construção civil.

Ademais, os ensaios de cisalhamento direto, ensaio triaxial, ensaio de palheta ou Vane test, principais testes para determinação da resistência ao cisalhamento do solo, foram descritos e caracterizados de acordo com a norma vigente ao assunto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. Resistência ao cisalhamento dos solos

Nos tempos hodiernos, com o aumento populacional e a crescente aglomeração urbana, é inevitável o surgimento de novas edificações para atender a demanda, vinculadas a sustentabilidade, tecnologia, economia e inovações. Em função disso a mecânica dos solos, que estuda as características físicas dos solos e as suas propriedades mecânicas, quando submetido a acréscimos ou alívio de tensões é um importante aliado para construção civil, assim como afirma Vasconcelos (2014):

“Todas as obras de engenharia civil, de uma forma ou de outra, apoiam-se sobre o solo, e muitas delas, além disso, utilizam o próprio solo como elemento de construção, como por exemplo as barragens e os aterros de estradas. Portanto, a estabilidade e o comportamento funcional e estético da obra serão determinados, em grande parte, pelo desempenho dos materiais usados nos maciços terrosos”. (VASCONCELOS,2014, p. 7).

Estudos referentes ao assunto são datados de 1773, contudo a definição de solo e funcionamento caracterizadas pelo conjunto de partículas, além do papel das pressões da água no estudo das tensões e solução matemática para evolução dos recalques apresentadas por Terzaghi, dão início a mecânica dos solos aliada com engenharia Geotécnica, fundamentais para as obras realizadas atualmente, assim como afirma Pinto (2006):

“Trabalhos marcantes sobre o comportamento dos solos foram desenvolvidos em séculos passados, como os clássicos de Coulomb, 1773; Rankine, 1856; e Darcy, 1856. Entretanto, um acúmulo de insucessos em obras de Engenharia Civil no início do século XX, dos quais se destacam as rupturas do Canal do Panamá e rompimentos de grandes taludes em estradas e canais em construção na Europa e nos Estados Unidos, mostrou a necessidade de revisão dos procedimentos de cálculo. Como apontou Terzaghi em 1936, ficou evidente que não se podiam aplicar aos solos leis teóricas de uso corrente em projetos que envolviam materiais mais bem definidos, como o concreto e o aço”. (PINTO, 2006)

Um das grandes contribuições da mecânica dos solos para construção civil, são os estudos sobre a resistência ao cisalhamento dos solos, que por meio de ensaios é possível verificar a sollicitação que determinado solo resiste, prevenindo sua ruptura, além da economia e segurança na elaboração das construções.

Para a Gerscovich (2010), da Faculdade de Engenharia Departamento de Estruturas e Fundações (FEUERJ) a ruptura em si é caracterizada pela formação de uma superfície de cisalhamento contínua na massa de solo existe. Portanto, uma camada de solo em torno da superfície de cisalhamento que perde suas características durante o processo de ruptura, formando assim a zona cisalhada. Inicialmente há a formação da zona cisalhada e, em seguida, desenvolve-se a superfície de cisalhamento. Este processo é bem caracterizado, tanto em ensaios de cisalhamento direto, como nos escorregamentos de taludes.

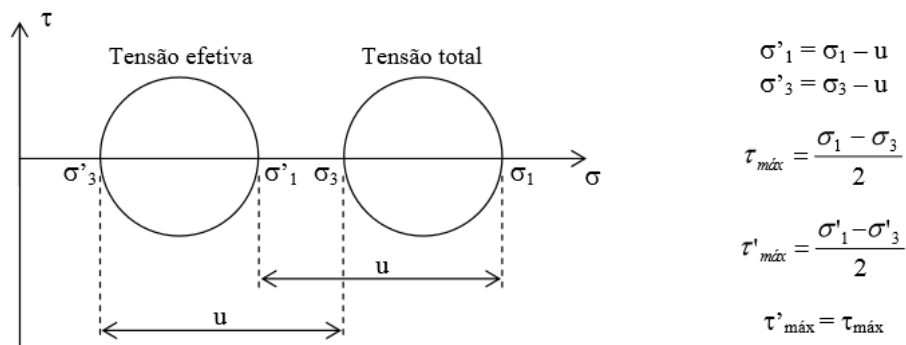
Em função disso, o conceito básico de tensões é primordial para compreensão da resistência ao cisalhamento dos solos. De acordo com Pinto (2006) as forças aplicadas aos solos são transmitidas de partículas a partículas, além das que são suportadas pela água nos vazios, e dependem do tipo de mineral. Os diversos grãos transmitirão forças a superfície, as quais podem ser decompostas em normais e tangenciais.

Ademais a Faculdade Sudoeste Paulista (FSP,2013) também cita que:

“O princípio básico introduzido por Terzaghi que em solos saturados a tensão efetiva é igual a diferença entre a tensão total e a tensão neutra:  $\sigma' = \sigma - u$ . Caracteriza que as tensões de cisalhamento em qualquer plano são independentes da poro-pressão, pois

a água não transmite esforços de cisalhamento. As tensões de cisalhamento são devidas somente à diferença entre as tensões normais principais e esta diferença é a mesma, tanto quanto se consideram as tensões efetivas como as tensões totais, como se verifica pela fórmula proposta por Terzaghi”. (FSP,2013, p. 169)

As tensões supracitadas, podem ser representadas graficamente a partir do círculo de Mohr, desenvolvido por Christian Otto Mohr, no ano de 1907, que consiste na solução gráfica das equações de transformação de tensão no plano. Permitindo a visualização das componentes de tensão de acordo com a orientação do plano que agem no solo (Bittencourt,2011), conforme a imagem a seguir:



Fonte: UFPR (Universidade Federal do Paraná). Efeito da tensão neutra ou poro-pressão no círculo de Mohr.

“O círculo de tensões efetivas se situa deslocado para a esquerda em relação ao círculo de tensões totais de um valor igual à tensão neutra (u). Tal fato é decorrente da tensão neutra atuar hidrostáticamente (igual em todas as direções), reduzindo as tensões normais totais em todos os planos de igual valor. No caso de tensões neutras negativas, o deslocamento do círculo é para a direita”. (FARO,2015, p.1)

Sendo que, a resistência ao cisalhamento dos solos está diretamente ligada ao atrito da superfície de contato e coesão das partículas. No qual:

“O atrito é a função da interação entre duas superfícies na região de contato. A parcela da resistência devido ao atrito pode ser simplificada demonstrada pela analogia com o problema de deslizamento de um corpo sobre uma superfície plana horizontal”. (FSP,2013, p.170)

Vale frisar que a ação do atrito no solo, é diferente da ação entre dois corpos, conforme Pinto (2006):

“O fenômeno de atrito no solo diferencia-se do fenômeno de atrito entre dois corpos, por que o deslocamento envolve um grande número de grãos, que podem deslizar entre si ou rolar uns sobre os outros, acomodando-se em vazios que encontram no percurso. Existe também uma diferença entre as forças transmitidas nos contatos entre os grãos de areia e os grãos de argila. Nos contatos entre grãos de areia, geralmente as forças transmitidas são suficientemente grandes para expulsar a água da superfície, de forma que os contatos ocorrem realmente entre os dois minerais”. (PINTO,2006)

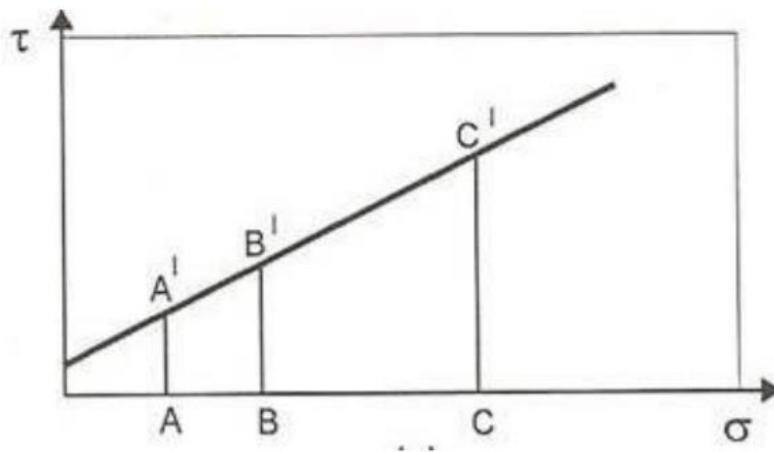
Segundo estudos da Faculdade Sudoeste Paulista (FSP,2013):

“A resistência ao cisalhamento do solo é essencialmente devido ao atrito. Entretanto, a atração química entre partículas (potencial atrativo de natureza molecular e coloidal), principalmente, no caso de estruturas floculadas, e a cimentação de

partículas (cimento natural, óxidos, hidróxidos e argilas) podem provocar a existência de uma coesão real. De uma forma intuitiva, a coesão é aquela resistência que a fração argilosa empresta ao solo, pelo qual ele se torna capaz de se manter coeso em forma de torrões ou blocos, ou pode ser cortado em formas diversas e manter esta forma. Os solos que têm essa propriedade chamam-se coesivos. Os solos não-coesivos, que são areias puras e pedregulhos, esboroam-se facilmente ao serem cortados ou escavados". (FSP,2013,p.171)

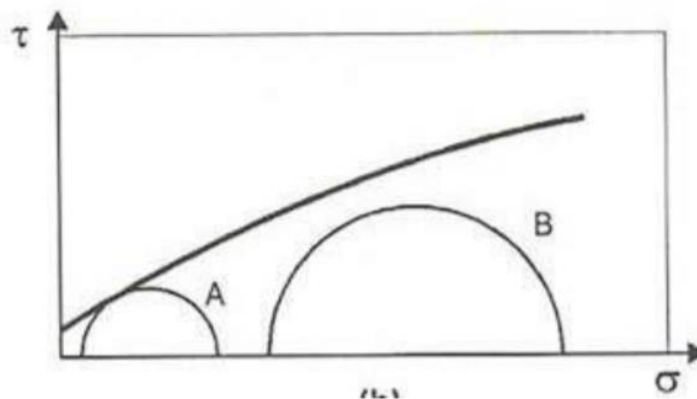
A partir desses parâmetros é possível determinar critérios de ruptura, utilizam o círculo de Mohr, exemplificados pelo Bittencourt (2011):

- Não há ruptura se a tensão de cisalhamento não ultrapassar um valor dado pela expressão  $c + f \cdot \sigma$ , sendo  $c$  e  $f$  constantes do material e  $\sigma$  a tensão normal atuante no plano de cisalhamento



Fonte: Bittencourt (2011).

- Não há ruptura enquanto o círculo representativo do estado de tensões se encontrar no interior de uma curva, que é a envoltória dos círculos relativos a estados de ruptura



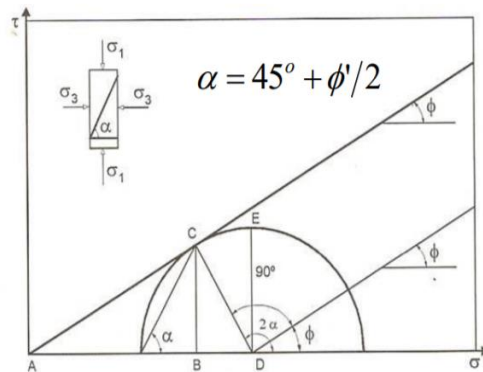
Fonte: Bittencourt (2011).

- Se a envoltória de Mohr é linear, o critério se torna similar ao de Coulomb, passando a denominar de Critério de Mohr-Coulomb.

$$\tau_{ff} = c + \sigma_{ff} \times \operatorname{tg} \phi$$

$$\tau_{ff} = c' + (\sigma_f - u_w)_f \times \operatorname{tg} \phi'$$

Intercepto coesivo



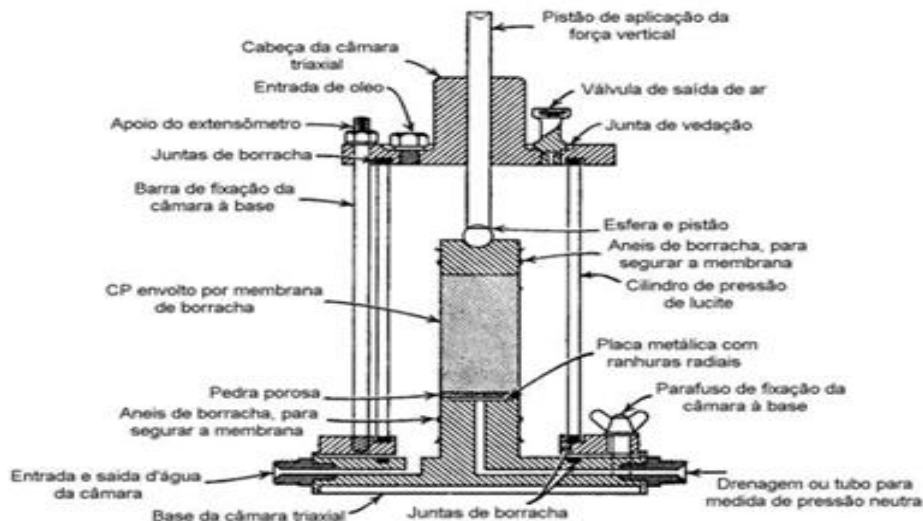
Fonte: Bittencourt (2011).

Diante disso, são utilizados testes em laboratório para determinar a resistência ao cisalhamento dos solos, sendo os principais o ensaio de cisalhamento direto, ensaio triaxial, ensaio de palheta ou vane test, exemplificados a seguir.

### 1.1. Triaxial

O ensaio triaxial é o mais utilizado na atualidade e o Professor Carlos de Souza Pinto (PINTO, 2006) descreve muito bem o procedimento básico do mesmo.

“Esse ensaio consiste na aplicação de um estado hidrostático de tensões e de um carregamento axial sobre um corpo de prova cilíndrico do solo. Para isto, o corpo de prova é colocado dentro de uma câmara de ensaio e envolto por uma membrana de borracha (especificar figura abaixo). A câmara é cheia de água, à qual se aplica uma pressão, que é chamada pressão confinante ou pressão de confinamento do ensaio. A pressão confinante atua em todas as direções, inclusive na direção vertical. O corpo de prova fica sob um estado hidrostático de tensões”. (PINTO,2006)



Fonte: FSP (2013).

O carregamento axial é feito por meio da aplicação de forças no pistão que penetra na câmara, caso em que o ensaio é chamado de ensaio de deformação controlada. A carga é medida por meio de um anel dinamométrico externo, ou por uma célula de carga intercalada no pistão.

Este procedimento tem a vantagem de medir a carga efetivamente aplicada ao corpo de prova, eliminando o efeito do atrito do pistão na passagem para a câmara.

Como não existem tensões de cisalhamento nas bases e nas geratrizes do corpo de prova, os planos horizontais e verticais são os planos principais. Se o ensaio é de carregamento, o plano horizontal é o plano principal maior. No plano vertical, o plano principal menor, atua a pressão confinante. A tensão devida ao carregamento axial é denominada acréscimo de tensão axial ou tensão desviadora.

Durante o carregamento, medem-se, a diversos intervalos de tempo, o acréscimo de tensão axial que está atuando e a deformação vertical do corpo de prova. Esta deformação vertical é dividida pela altura inicial do corpo de prova, dando origem à deformação vertical específica, em função da qual se expressam as tensões desviadoras, bem como podem ser plotadas com as variações de volume ou de pressão neutra.

A tensão desviadora representada em função da deformação específica, indica o valor máximo, que corresponde à ruptura, a partir do qual fica definido o círculo de Mohr, correspondente à situação de ruptura. Círculos de Mohr de ensaios feitos em outros corpos de prova permitem a determinação da envoltória de resistência conforme o critério de Mohr, ou ainda pode-se obter a envoltória de Mohr-Coulomb.

A FSP (2013) define alguns ensaios para se obter os parâmetros:

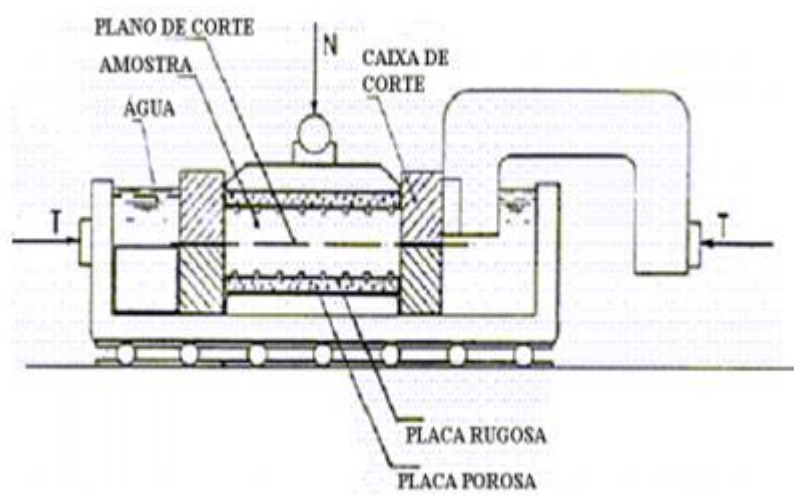
- Ensaio não adensado não drenado (UU) - unconsolidated undrained, ou ensaio Q (quick - rápido): neste ensaio aplica-se a tensão confinante e o carregamento axial até a ruptura do corpo de prova sem permitir qualquer drenagem. O teor de umidade permanece constante e pode-se medir as pressões neutras (tensões totais e efetivas).
- Ensaio adensado não drenado (CU) - consolidated undrained, ou ensaio R (rapid - rápido - pré-adensado): aplica-se a tensão de confinamento permitindo-se a drenagem do corpo de prova, até a completa dissipação do excesso de pressão neutra gerada pela aplicação da tensão confinante. Fecham-se os registros do canal de drenagem e aplica-se a tensão axial até a ruptura, medindo-se as pressões neutras geradas pelo carregamento.
- Ensaio adensado drenado (CD) - consolidated drained, ou ensaio S (Slow – lento): neste ensaio há permanente drenagem do corpo de prova. Aplica-se a tensão confinante e espera-se o corpo de prova adensar (24 a 48 horas). A seguir, a tensão axial é aplicada lentamente, permitindo a dissipação do excesso de pressão neutra gerada pelo carregamento (até uma semana). Desta maneira a pressão neutra durante o carregamento permanece nula e as tensões totais medidas são às tensões efetivas.

## 1.2. Cisalhamento direto

O ensaio de cisalhamento direto é o mais antigo procedimento para a determinação da resistência ao cisalhamento e se baseia diretamente no critério de Mohr-Coulomb. Aplica-se uma tensão normal num plano e verifica-se a tensão cisalhante que provoca a ruptura. Para o ensaio, um corpo de prova do solo é colocado parcialmente numa caixa de cisalhamento, ficando com sua metade superior dentro de um anel, publicada por PINTO (2006).

Aplica-se inicialmente uma força vertical  $N$ . Uma força tangencial  $T$  é aplicada ao anel que contém a parte superior do corpo de prova, provocando seu deslocamento, ou um deslocamento é provocado, medindo-se a força suportada pelo solo. As forças  $T$  e  $N$ , divididas pela área da seção transversal do corpo de prova, indicam as tensões  $\sigma$  e  $\tau$  que nele estão ocorrendo. A tensão  $\tau$  pode ser representada em função do deslocamento no sentido do cisalhamento. O deslocamento vertical durante o ensaio também é registrado, indicando se houve diminuição ou aumento de volume durante o cisalhamento.

O ensaio consiste, em uma caixa bipartida onde colocamos a amostra, fixamos a parte inferior e movimentamos a superior no sentido de se fazer o corte da amostra, medindo o esforço necessário para tal. A tampa da parte superior é falsa, isto é, sobre ela pode-se aplicar a carga vertical  $P$  distribuída em sua área  $A$ . Na Figura abaixo vemos o esquema completo com a amostra em condição de ensaio, onde se nota que se pode executa-lo com drenagem, pelas pedras porosas, ou sem drenagem (com a ressalva de que é impossível impermeabilizar totalmente o sistema). As saídas de drenagens são para melhorar o processo da garantia desse expediente e não para medir a pressão neutra, pois, isso não será possível.



Fonte: UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009).



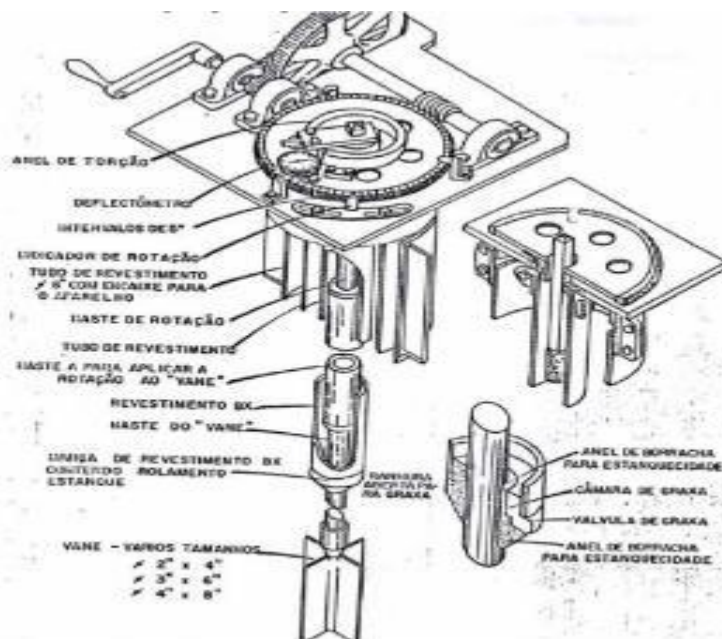
### 1.3. Palheta ou Vane test

O Vane test foi desenvolvido na Suécia em 1919 por John Olsson, em 1940 foi aprimorado assumindo a forma que é até nos dias de hoje. Em 1949 chegou ao Brasil pelo instituto de pesquisas de São Paulo IPT e Geotécnica A.S. (RJ).

Ele é utilizado na determinação de resistência de cisalhamento de depósitos de argilas moles saturadas, submetidas a carregamentos não drenado, normatizado pela ABNT 10905/89, o ensaio é feito da seguinte maneira, a cravação de uma estática de palheta de aço, com secção transversal em formato de cruz, com dimensões padronizadas, inserida até a posição desejada para a aplicação do teste.

A palheta tem quatro aletas com diâmetro de 65mm e altura 130mm, mas com exceção de argilas rijas, que é utilizada palheta retangular de 50mm e altura de 100mm.

A haste conduz a palheta até uma profundidade do ensaio denominada haste fina, com um diâmetro de 13mm, protegida por um tubo de 20mm de diâmetro externo e um tubo de proteção. O equipamento de medição de torque deve conter um mecanismo de coroa e pinhão acionado por manivela.



Fonte: FSP (2013).

A Ponteira e cravada, utiliza o sistema duplo de hastes, para eliminar o atrito entre a palheta e o solo, assim reduzindo a interferência na medição, tendo cálculos mais apurados.

Quando posicionado o equipamento, é aplicado o torque á ponteira por meio de unidade de medição, com uma velocidade de 0,1 a 0,2 graus por segundo. O torque máximo obtém o valor de resistência não drenada do terreno. Depois disso, para obter a resistência não drenada do solo amolgado, gira-se a palheta 10 vezes consecutivas, permitindo assim avaliar a sensibilidade do solo.

Após a introdução da palheta no solo, é necessário zerar todos os equipamentos, e aplicar um torque de 6 graus por minuto. E o intervalo de tempo entre a introdução da palheta no solo e do fim da rotação e de 5 minutos.

Existem tipos de ensaios conforme o equipamento usado, por exemplo:

O ensaio Tipo A (ensaio sem perfuração previa), apresenta resultados de melhores qualidades, sendo utilizado em solos com baixa consistência, que as cravações das hastes são a partir do nível do terreno.

O ensaio Tipo B (ensaio no interior de uma perfuração previa), são mais suscetíveis a erros por causa do atrito mecânico e a translação da palheta, a perfuração é feita previamente, com um diâmetro de 75mm e revestida para evitar desmoronamento.

Tais ensaios são utilizados para determinar o comportamento dos solos em condições reais, levando em consideração o tipo de solicitação, drenada ou não drenada, o tipo de solo e suas condições de drenagem, e a determinação da condição critica.

Sendo que, de acordo com os estudos da FSP (2013), as análises de estabilidade dos solos, são utilizados “na determinação dos parâmetros de resistência "c" e " $\phi$ ". Estes parâmetros podem ser expressos tanto em termos de tensões totais como em termos de tensões efetivas”.

“Normalmente, a análise de estabilidade é feita utilizando-se os parâmetros efetivos “c” e “ $\phi$ ”, ambas propriedades intrínsecas do solo, e determinando-se as poro-pressões existentes no campo. Não sendo possível a determinação das poro-pressões que atuam no maciço, como taludes naturais sem instrumentação (piezômetros), pode-se fazer a análise em termos de tensões totais. Realizam-se ensaios CU ou UU, com medição de poro-pressão, determinando-se os parâmetros de resistência em termos de tensões totais. Admite-se, neste caso, a hipótese que as poro-pressões que se desenvolvem no ensaio de laboratório são similares as poro-pressões no campo”. (FSP,2013, p. 194)

Estudos referentes ao tema são primordiais para construção civil e possui diversas aplicabilidades em diversas áreas, a FSP (2013) indica que o teste que é aplicado de acordo com no material, como:

- Terrenos argilosos abaixo de fundações (edifícios e aterros) - ensaios rápidos (não-drenados) - CU, UU, compressão simples, vane test - quando ocorrer lentes de areia (drenados) - CD

- Problemas de empuxos de terra e estabilidade de taludes em solos argilosos - obras temporárias (curto prazo) - CU, UU - obras definitivas (longo prazo) - CD
- Barragens de Terra (elevadas pressões neutras) - após a construção - UU - rebaixamento rápido - CU
- Solos arenosos (alta permeabilidade) - ensaios drenados - CD

Ademais, o estudo e ensaios referentes a resistência ao cisalhamento dos solos, promovem critérios de segurança e economias de materiais no momento da execução da edificação. Contudo, sua utilização em edificações de pequeno porte ainda é minoria, devido ao alto custo e falta de aparelhagem para a realização dos ensaios.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Perante as afirmações supracitadas fica claro a importância referente aos estudos sobre a resistência ao cisalhamento dos solos para a construção civil, devido suas diversas aplicabilidades, principalmente no desenvolvimento de estruturais de estabilidade envolvendo taludes, aterros, muros de arrimo, e projeções de fundações. Contudo, devido à complexidade envolvendo os testes e falta de equipamentos para realização dos mesmos, fazem com que critérios envolvendo o cisalhamento dos solos sejam desprezados, sobretudo em edificações de pequeno porte.

Em função disso, é primordial a conscientização dos profissionais da área sobre o assunto para que o mesmo não seja ignorado. Além disso, é fulcral investimentos e estudos a respeito da resistência ao cisalhamento dos solos, para o desenvolvimento de melhorias e facilidades para realização dos ensaios, promovendo dessa forma maior segurança e economia para as edificações.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação de Normas Brasileiras. **SOLO – Ensaio de palheta in situ – Método de ensaio, 1989.** Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=5734>>. Acesso em 28 de Março de 2019.

BITTENCOURT. Douglas M. A. **Estados de Tensão e Critérios de ruptura, 2011.** Disponível em: <[http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17430/material/GEO\\_II\\_09\\_Estados%20de%20Tensao%20e%20Critérios%20de%20ruptura.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17430/material/GEO_II_09_Estados%20de%20Tensao%20e%20Critérios%20de%20ruptura.pdf)> Acesso em 26 de Março de 2019.

FARO, Vitor Pereira. **Mecânica dos Solos-TC 035, 2015.** Disponível em: <[http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/e/e5/TC\\_035Mec%C3%A2nica\\_dos\\_Solos\\_-\\_Aula\\_3\\_Resist%C3%A2ncia\\_ao\\_Cisalhamento.pdf](http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/e/e5/TC_035Mec%C3%A2nica_dos_Solos_-_Aula_3_Resist%C3%A2ncia_ao_Cisalhamento.pdf)> Acesso em 02 de Março de 2019.

FSP (Faculdade Sudoeste Paulista). **Unidade 9 – Resistência Ao Cisalhamento dos Solos, 2013.** Disponível em: <<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2013/03/unidade-9-e28093-resistc3aancia-ao-cisalhamento-dos-solos.pdf>> Acesso em 26 de Março de 2019.

GERSCOVICH, Denise M. S. **Resistência ao Cisalhamento, 2010.** Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/resistenciacisalhamento.pdf>> Acesso em 13 de Março de 2019.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solos, 2006.** Disponível em: <<https://kupdf.com/downloadFile/58dc8696dc0d601b7e8970f6>> Acesso em 04 de Março de 2019.

UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora). **Resistência ao Cisalhamento dos Solos, 2009.** Disponível em: <[http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/ms2\\_unid05-P1.pdf](http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/ms2_unid05-P1.pdf)> Acesso em 26 de Março de 2019.

VASCONCELOS, Isabelly Cícera Dias. **Introdução a Mecânica dos Solos, 2014.** Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/30324298/introducao-a-mecanica-dos-solos>> Acesso em 26 de Março de 2019.