

ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO NA CIDADE DE CANDÓI/PR PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

OLIVEIRA, Alexsandro¹
FREITAS, Carolina²
LOLI, Adriana Cristina³
SILVA, Ayres Siqueira⁴
SOUZA, Jaqueline⁵

RESUMO:

Tendo em vista a importância do estudo do solo para construção civil como um todo, na área de fundações, pavimentações de subleito, se vê necessário algumas especificações em laboratório para caracterizar o solo. A falta do estudo de solo pode trazer várias consequências para uma construção como desabamentos, trincas e patologias que poderiam ser evitadas se esse estudo fosse realizado. O entendimento de mecânica dos solos e geotecnia é fundamental, por exemplo, em engenharia estrutural, pois todas as estruturas se apoiam direta ou indiretamente em solos ou rochas. Esse trabalho é um estudo de caso realizado no município de Candói/PR com um objetivo de fazer uma análise do tipo de solo da região, através da classificação do sistema AASHTO e SUCS.

Palavras-chave: Especificações em laboratório, Patologias, Mecânica dos solos.

1. INTRODUÇÃO

O solo é conhecido como a nossa superfície terrestre e sua nomenclatura tem origem do latim *solum*, com diferentes definições pela Pedologia, Geomorfologia e Geologia (IBGE, 2007). De acordo com Souza “Os solos originam-se da degradação das rochas que constituíam inicialmente a crosta terrestre. A decomposição é decorrente de agentes físicos e químicos” (SOUZA. 2021, p. 3).

As rochas da litosfera, expostas à atmosfera, sofrem a ação direta do calor do sol, da umidade das chuvas e do crescimento de organismos, através destes ciclos se iniciam os processos que resultam em inúmeras modificações na composição química dos

¹Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Campo Real, (eng-alexsandrooliveira@camporeal.edu.br).

² Professora do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário Campo Real, (prof_carolinafreitas@camporeal.edu.br).

³ Licenciada em Matemática, Mestre em Ensino da Ciência e Matemática, professora do Centro Universitário Campo Real.

⁴ Graduado em Engenharia Mecânica. Mestrado em Engenharia Mecânica. Professor no Centro Universitário do Campo Real.

⁵ Graduanda do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Campo Real, (eng-jaquelinesouza@camporeal.edu.br).

seus minerais e aspectos físicos. A esses processos dá-se o nome de intemperismo ou meteorização, fenômeno responsável pela formação do material semiconsolidado que dará início à formação do solo. Os processos que agem na alteração do tamanho e formato das rochas são denominados intemperismo físico ou desintegração; e que modificam a composição química são intemperismo químico ou decomposição (LEPSCH, 2021).

Segundo Ramos et al (2018), o solo é entendido como um elemento essencial para o ecossistema, formado de sais minerais, rocha em decomposição, material orgânica e água constituído como o fundamental substrato nutricional que alimenta as plantas no processo de desenvolvimento e disseminação.

Todas as obras de engenharia civil estão sustentadas sobre o solo, e algumas usam o próprio solo como componente de construção, tal como, as barragens e os aterros de estradas. Compreender o comportamento funcional da obra, em grande parte, precisa do conhecimento do solo, principalmente pelo desempenho dos materiais existentes nos maciços terrosos (PALLOMA e JOÃO, 2014).

De acordo com Santos e Daibert (2014, p.14) “A importância dos solos como material de construção é equivalente à do aço ou do concreto” . O entendimento de mecânica dos solos e geotecnia é fundamental, por exemplo, em engenharia estrutural, pois todas as estruturas se apoiam direta ou indiretamente em solos ou rochas. Essa razão, por si só, justificaria a necessidade de entender em detalhes o comportamento dos solos, mas deve-se ainda acrescentar a complexidade do seu desempenho conferida pela sua natureza de material particulado e multifásico (PALLOMA e JOÃO, 2014).

Esse trabalho visa um estudo de caso no município de Candói/PR para analisar o solo da região e sua classificação. Para isso será realizados ensaios em laboratório que forneceram algumas características como: granulometria e limites de consistência, o que auxiliaram na classificação utilizando os sistemas AASHTO e SUCS.

2. REFERENCIAL TEÓRICO E DISCUSSÃO SOBRE O ASSUNTO

2.1. FORMAÇÃO DOS SOLOS

O solo é a camada mais superficial da crosta, entre a litosfera e a atmosfera, formado por sais minerais dissolvidos na água intersticial, seres vivos e rochas em decomposição. Esse aglomerado pode ser escavado sem o uso de explosivos, e é empregado como material de construção ou suporte de estruturas. A decomposição das rochas, que inicialmente constituíam a crosta terrestre, recebe o nome de intemperismo (PALLOMA e JOÃO, 2014).

Dispondo como base a noção do geólogo russo Dokuchaev, os solos representam à camada viva que recobre a superfície terrestre, em desenvolvimento constante, por meio da degradação das rochas e de processos pedogenéticos conduzido por agentes físicos, biológicos e químicos (LORENZO, 2010).

Segundo Dalbert e Santos (2021, p.17) "pedogênese ou formação de solos é o processo pelo qual determinado solo é formado". O processo de formação do solo ocorre principalmente em razão da influência do intemperismo, responsável pela degradação de uma rocha original (rocha mãe) e sua contínua modificação em sedimentos, que dão origem ao material que constitui a superfície terrestre. Sedimentação é o processo de deterioração das rochas, causada a partir dos agentes externos ou exógenos de modificação do relevo. Esse processo é responsável pela mutação das rochas ígneas e metamórficas em rochas sedimentares (CHIOSSI, 2021).

Conforme Cleber e Floriano (2016, p. 3) "o solo é a base firme e sólida na qual é possível trafegar, construir vias e qualquer tipo de edificação". Os projetos realizados para leitos de estradas ou fundações de edifícios conseguem ser apropriados para certo local, com um tipo de solo já estabelecido, mas podem não ser apropriados para outros, cujos solos têm outras características. Quaisquer estruturas, sejam elas os alicerces de uma edificação (casas, prédios, estádios, etc.), escavações para a construção de uma rodovia, aterros para execução de barragens, escavações de túneis em solo, entre outros diversos tipos de obras, você precisa conhecer o solo, suas características e propriedades (CLEBER e FLORIANO, 2016).

Entender o solo onde vai ser construído uma estrutura é essencial. Nessa condição, caracterizar o material por meio de ensaios é um processo que possibilita o

reconhecimento do solo. Posteriormente, pode-se enquadrá-lo em uma classificação e, assim, facilita a destinação quanto ao uso em obras de terra, contenção ou fundação de forma sistemática. Para fazer essa caracterização, fundamentalmente, executa-se um conjunto de ensaios: determinação de curva granulométrica; limite de liquidez; e limite de plasticidade.

HORIZONTES DO SOLO

Os horizontes de um perfil de solo são formados por processos pedogenéticos múltiplos de adições, perdas, translocações e transformações, devido ao fato desses fenômenos ocorrerem com intensidades diferentes através do regolito. O perfil do solo exprime a ação conjunta dos diversos fatores responsáveis pelo seu aparecimento. Suas várias propriedades, tais como textura, cor, estrutura, consistência e sequência de horizontes caracterizam-no. Logo, o perfil representa a unidade fundamental para o estudo do solo (EMBRAPA, 2006).

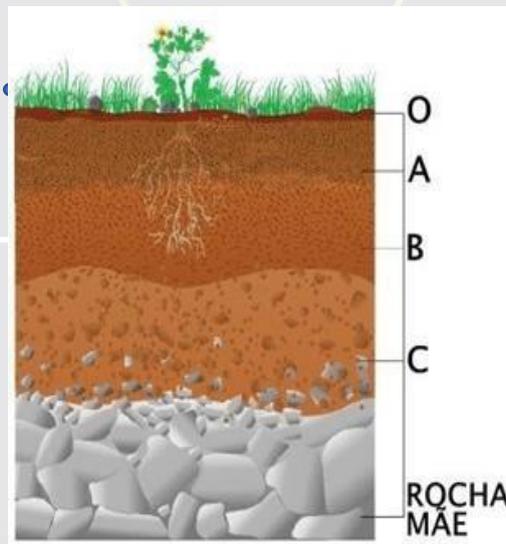


Figura 1 - Perfil do Solo

Fonte: EMBRAPA, 2006.

2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

O solo pode ser classificado em arenoso, argiloso, calcário e humoso em relação a sua caracterização podem-se ter solos sedimentares, residuais e orgânicos.

(MOREIRA; SENE, 2005). No sistema brasileiro de solo (Embrapa, 2006), Candói possui o solo classificado como latossolo. Esse tipo de solo é profundo e bastante intemperado (velhos e alterados) em relação a rocha e geralmente de baixa fertilidade.

2.2.1 Métodos de investigação do Solo

Nos métodos diretos, os furos são realizados no solo para a coleta de amostras ao longo de um perfil, proporcionando o reconhecimento das camadas atravessadas. Amostras coletadas preservando-se a estrutura e o teor de umidade originais do solo natural são denominadas indeformadas. Além de caracterização e classificação, são usadas para a determinação das propriedades mecânicas e hidráulicas do solo natural (BENEDITO, 2012).

Amostras coletadas com a preservação da distribuição granulométrica do solo *in situ* e do teor de umidade natural, mas não da estrutura original, são chamadas de deformadas. No caso de solos naturais, as amostras deformadas servem apenas para caracterização e classificação. Em se tratando de solos compactados, podem também ser usadas para a determinação das propriedades mecânicas e hidráulicas do material.

Nos métodos indiretos, o terreno não necessita obrigatoriamente ser perfurado. Os ensaios geofísicos perfazem o grupo dos métodos indiretos sem perfuração. Neles, propriedades específicas do meio, como a eletrorresistividade ou a velocidade de propagação de ondas, são medidas e comparadas aos padrões preestabelecidos para vários tipos de solo nos métodos indiretos com perfuração, a identificação do substrato é realizada por sondas que medem determinadas características mecânicas do solo que podem ser correlacionadas com parâmetros geotécnicos específicos (BENEDITO, 2012).

2.3.2. Amostras deformadas e indeformadas

As amostras deformadas, também chamadas de amostras soltas, é um tipo de amostra utilizada em laboratório para a realização de ensaios de classificação (granulometria, massa específica dos sólidos, limites de consistência). A retirada de uma amostra deformada não exige equipamentos especiais ou sofisticados, pode-se obter através de trados, do tipo cavadeira ou espiral (CLEBER,2016). De acordo com

Floriano (2016, P.125) “amostras deformadas Representa uma porção de solo desagregado, a estrutura original do solo foi alterada, o material sofreu deformações, distorções e variação de umidade diferentes das condições naturais do ponto de coleta”.

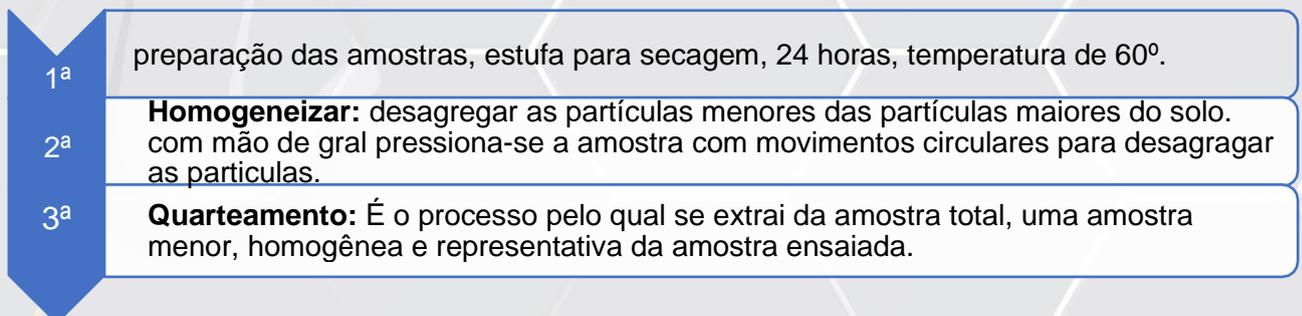
Com uma amostra indeformada, você pode determinar as características reais do solo como: índices físicos, coeficiente de permeabilidade, parâmetros de compressibilidade, parâmetros de resistência, sucção, entre outros. A amostragem pode ser obtida de diversas formas a depender da profundidade onde se quer retirar a amostra, da densidade do solo e também da posição do nível d’água no local de retirada. Nos solos de argila mole saturada, onde o nível d’água está no topo (CLEBER, 2016).

2.3. ENSAIOS

2.4.1. Preparação das Amostras:

Foi empregada a ABNT NBR 6457:2016 Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

Fluxograma 01- Preparação das Amostras



Fonte: NBR 6457: 2016, adaptado pelo autor.

2.4.2. Ensaio Tátil-Visual

A identificação tátil visual é realizada por meio do manuseio do solo, para sentir sua reação. Essa técnica se baseia em alguns testes de classificação como mostrado no quadro a seguir:

Quadro 1 - Ensaio Visual e Tátil

Odor	É características essenciais de solos altamente orgânicos.
Cor	A cor do solo é a que ele apresenta no momento que foi amostrado, podendo ser branco, preto, marrom, vermelho, roxo.
Tátil	Passa uma pequena quantidade de massa de solo úmida e homogeneizada entre os dedos para identificar a existência de grãos de areia.
Resistência do solo	Para medir a resistência do solo aplica-se a pressão dos dedos sobre os torrões da amostra.
Plasticidade	modelamos cilindros de solo úmido, areias não são moldáveis, enquanto, argilas são moldáveis.
Dispersão em água	Mistura-se uma pequena quantidade de solo seco com água em um recipiente transparente, agitando-o, argilas sedimentam mais lentamente, quando colocadas em água.
Sedimentação	É um teste para identificar se o solo é grosso ou fino.
Vegetação	O solo é analisado para verificar a existência de alguma vegetação ou raízes.

Fonte: caracterização do solo, Almeida 2005.

2.4.3. Ensaio de Granulometria

Para o reconhecimento do tamanho dos grãos de um solo, realiza-se a análise granulométrica, que consiste de duas fases: peneiramento e sedimentação. O peso do material que passa em cada peneira, referido ao peso seco da amostra, é considerado como a "porcentagem que passa", e representado graficamente em função da abertura da peneira, em escala logarítmica. A abertura nominal da peneira é considerada como o "diâmetro" das partículas. Trata-se de um diâmetro equivalente, pois as partículas não são esféricas (PINTO, 2006).

2.4.4. Ensaio do Limite de Plasticidade

À medida que o solo fica mais seco, ele alcança um determinado valor de teor de umidade inferior do qual o material se torna friável. Este valor é o teor de umidade

h% no Limite de Plasticidade (LP) do solo comumente, o Limite de Plasticidade é definido como o menor teor de umidade para o qual o solo está no estado plástico. No LP o solo se desintegra e se desagrega facilmente, sob tensão (BELA, COLIN, 2013). A seguir são apresentados valores médios para (Quadro 2).

Quadro 2: Valores médios LP

Argila arenosa	17% <	PL	< 20%
Solo siltoso	20% <	PL	< 25%
Argila	25% <	PL	< 35%

Fonte: Bela, Colin,(2013).

Se o valor da umidade natural do solo é próximo de seu LP então, do ponto de vista de engenharia, é fácil Escavar e Compactar até atingir o seu menor volume.

2.4.5. Ensaio do Limite de Liquidez

Quando uma pasta de solo, que é úmida o suficiente para fluir sob peso próprio, é ressecada, ela se transforma em uma massa plástica. O teor de umidade para o qual esta mudança ocorre é o Limite de Liquidez (LL). O volume do solo diminui e o solo está saturado ($S_r = 1$) neste estágio. Geralmente o valor de LL aumenta com a diminuição do tamanho das partículas (BELA, COLIN, 2013). Os valores médios do LL no (Quadro 3).Quadro 3: Valores médios LL

Argila arenosa	15% <	LL	< 20%
Solo siltoso	20% <	LL	< 50%
Argila	40% <	LL	< 80%

Fonte: Bela, Colin, (2013).

Se o teor de umidade natural do solo é próximo do seu LL, então este solo é suscetível a grandes deformações e a ruptura quando carregado. Usualmente, o Limite de Liquidez de um solo é definido como o teor de umidade para o qual o solo passa do estado plástico para o estado líquido (BELA, COLIN, 2013).

2.4. SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÕES

2.5.1. Sistema Unificado (SUCS)

Esse sistema de classificação dos solos foi sugerido pelo prof. Casagrande e atualmente é bastante utilizado principalmente na área de barragens de terra. Nesse sistema, os solos são denominados por duas letras.

A classificação unificada tem como tripé de sustentação o ensaio de granulometria. Em função da distribuição granulométrica, os solos podem ser bem ou mal graduados. Os solos que tem seus grãos variando, preponderantemente, dentro de pequenos intervalos, são chamados de solos mal graduados (CLEBER, 2016). Nesse sistema utiliza-se tabelas para classificar o solo.

2.5.2. Sistema AASHTO

A classificação TRB (*Transportation Research Board*), antiga HRB (*Highway Research Board*), da AASHTO (*American Association of State Highway Transportation Officials*), assim como a classificação unificada, fundamenta-se nos ensaios de granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade dos solos, sendo proposta para ser utilizada nos materiais de aterro rodoviários (CLEBER, 2016). Nesse sistema utiliza-se tabelas para classificar o solo.

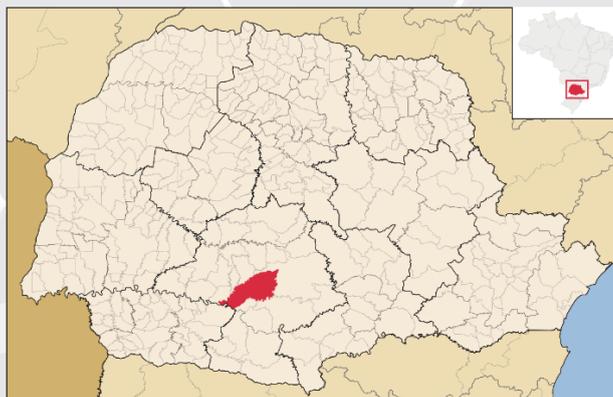
3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho é o estudo de caso, o qual consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2008). Se classifica com uma pesquisa descritiva exploratória, utilizando uma abordagem quali-quantativa. O estudo de caso analisado na cidade de Candói - PR tem como objetivo classificar o solo da região através da classificação do sistema AASHTO e SUCS utilizando ensaios em laboratório como limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria.

3.1. LOCAL DO ESTUDO

Candói é um município da região centro-sul do Estado do Paraná. Foi criado pela Lei Estadual n.º 9.353/1990, no dia 27 de agosto de 1990. (figura 2).

Figura 2 - Território do município de Candói em 2016



Fonte: sites.unicentro.br, 2020.

O município de Candói está localizado na região centro-sul do Estado do Paraná e possui, segundo censo IBGE (2021), (16.126 habitantes) e sua área territorial é de 1.512, 786 km² está localizado no Terceiro Planalto, ou Planalto de Guarapuava.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DE CANDÓI

No sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2006) os solos do Brasil são classificados em 13 ordens: Latossolo, Neossolo, Cambissolo, Espodossolos, Argissolos, Planossolos, Luvisolos, Nitossolos, Plintossolos, Gleissolos, Organossolos, Vertissolos e Chernossolos, mas nem todos aparecem no Paraná. No quadro a seguir são relacionadas as ordens de maior ocorrência no estado do Paraná, de acordo com o Sistema Brasileiro de classificação de solos.

Quadro 4: Principais classes de solos encontradas no Estado do Paraná.

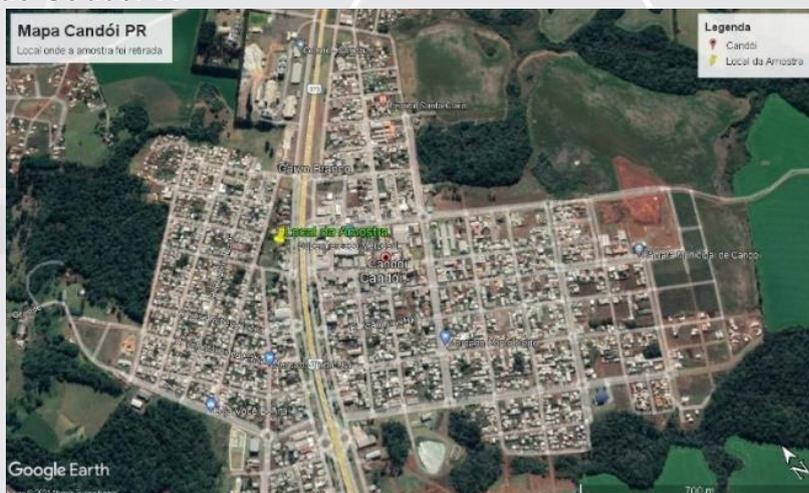
CLASSE (ORDEM)	TERMOS DE CONOTAÇÃO OU MEMORIZAÇÃO
Neossolos	Solos jovens em início de formação (sem horizonte B).
Cambissolos	Solos com horizonte B incipiente e em estágio inicial de formação.
Argissolos	Solos com acumulação de argila no horizonte B.
Nitossolos	Solos com agregados do horizonte B com superfícies brilhantes.
Latossolos	Solos velhos e profundos
Espodossolos	Solos muito arenosos com acúmulo de matéria orgânica e compostos de ferro e alumínio no horizonte B
Gleissolos	Solos com cores acizentadas.
Organossolos	Solos com altos teores de matéria orgânica.

Fonte: (EMBRAPA, (2006)

3.3. LOCALIZAÇÃO DA RETIRADA DO MATERIAL

A amostra foi retirada na cidade de Candói Pr, na rua XV de Novembro, 2639 com a latitude UTM 394293.00 m E e longitude UTM 7171733.00 m S. (figura 3 e 4).

Figura 3: Mapa de Candói/PR



Fonte: Google Earth, 2020.

Figura 4: Mapa onde a amostra foi retirada



Fonte: Google Earth, 2020.

4. RESULTADOS

4.1. ENSAIOS

Para realizar os ensaios foi coletado amostra deformada do solo do município de Candói- PR, assim escolhido um local apropriado, em que procurou-se fazer inicialmente uma limpeza retirando toda vegetação superficial, raízes do solo. Utilizando uma pá para cavar, foi realizado a escavação de um metro de profundidade para coletar a amostra deformada, depois armazenou-se a amostra para ser levada ao laboratório.

4.1.1. Ensaio Tátil-Visual

Para dar segmento nos procedimentos laboratoriais realizou-se o seguinte ensaio (tabela 1).

Tabela 1 - Ensaio Tátil visual dos solos

SOLO	AMOSTRA 1
Odor	Baixa
Cor	Marrom escuro
Tátil	Média
Resistencia solo seco	Baixa
Plasticidade	Alta

Dispersão em água	Baixa
sedimentação	Baixa
Vegetação	Sim

Fonte: Dados da Pesquisa, autoria própria (2021).

Figura 5: ensaio sedimentação e dispersão em água



Fonte: Autoria própria, 2020.

O solo ensaiado não tem odor por não demonstrar nenhum tipo de material orgânico, na cor marrom escuro por se tratar de um solo em que a sedimentação é contínua pela predominância de chuva, tem-se um solo com resistência baixa quando seco e com alta plasticidade. Em relação a dispersão em água o solo não se desfaz facilmente com necessidade de tempo. Também não foi encontrado nenhum tipo de vegetação nessa amostra, demonstrando que nesse solo há uma alta ação do intemperismo químico.

4.1.2. Ensaio de Granulometria

Para iniciar o ensaio pegou-se o solo solto, deformado e colocou-se 70 gramas em uma capsula, pesou-se para se obter o peso úmido, depois foi levado para uma estufa e deixou-se secando por 24 horas a uma temperatura de 100° a 115°.

Para dar sequência no ensaio pagou-se 100 gramas do solo e colocou-se em outro recipiente, esse solo foi lavado na peneira 0,074. O solo que ficou retido na

peneira foi colocado em uma capsula e levado para estufa onde ficou secando por 24 horas.

Passado as 24 horas pegou-se o material e colocou-se em um agitador de peneiras, esse agitador começa com a peneira mais grossa para a mais fina. Foi deixado por 15 minutos esse solo no agitador. Com o fim desse processo determinou-se o peso do solo que ficou retido em cada peneira, através dos dados obtidos, conseguiu-se formular a curva granulométrica dos solos (tabela 2).

Figura 6: Processo do ensaio de granulometria



Fonte: Autoria própria, 2020.

Para se obter a curva granulométrica observou-se o percentual que passa nas peneiras com relação as aberturas das mesmas. Planilhando esses resultados foram possíveis representar essa curva com todos os pontos plotados em gráfico.

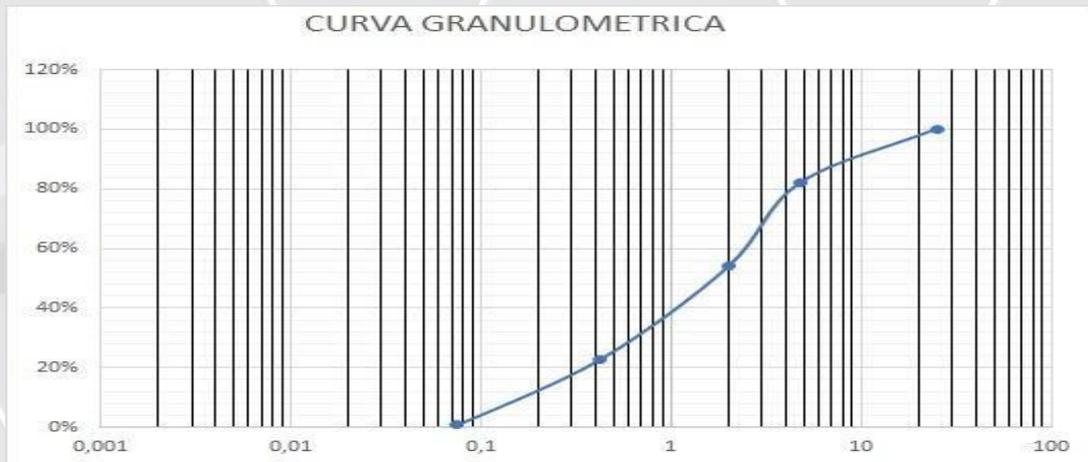
Tabela 2- Dados do ensaio de granulometria

ASTM USS	abertura da peneiras	massa do solo fino retido em cada peneira (g)	do Percentual de solo retido em cada peneira (%)	Porcentagem de solo retida em acumulada (%)	Porcentagem do solo que passa na peneira (%)
1	25 mm	0	0%	0%	100%
4	4,75 mm	26,462	18%	18%	82%

10	2 mm	41,069	28%	46%	54%
40	425 µm	45,65	31%	78%	22%
200	75 µm	31,156	21%	99%	1%
fundo		1,22	1%	100%	0%
Massa de solo total usado no peneiramento fino		145,557	100%		

Fonte: Dados da Pesquisa, autoria própria (2021).

Gráfico 1: Curva Granulométrica

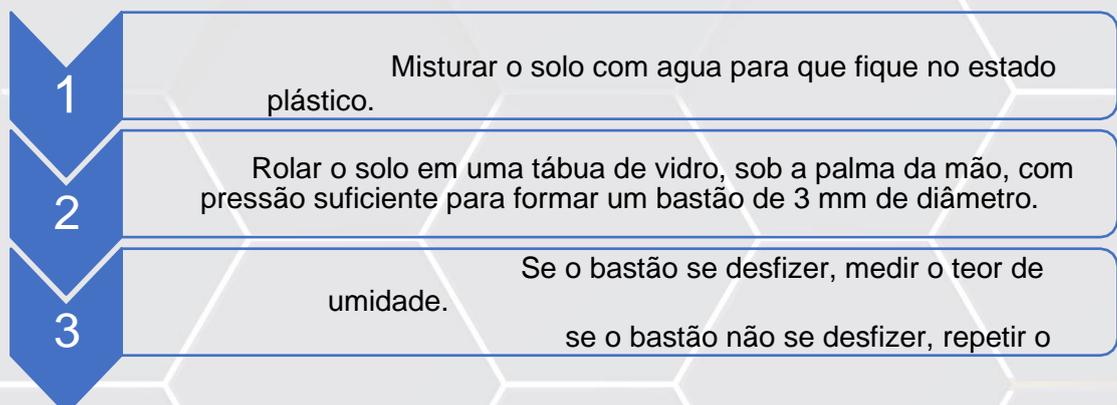


Fonte: Dados da Pesquisa, autoria própria (2021).

4.1.3. Ensaio do Limite de Plasticidade

Para o procedimento usa-se 50g do material passado na peneira 40 (0,425 mm).

Fluxograma 02 - Ensaio para determinação do LP



Fonte: Autoria própria, 2021.

Repetem-se as operações anteriores até que se obtenha um mínimo de 3 valores para a umidade; após a secagem na estufa as amostras são pesadas (ver quadro 3), para se determinar o teor de umidade pode-se ver na (tabela 3) os valores obtidos.

figura 7 - Imagens do peso das amostras



Fonte: Autoria própria, 2021

Tabela 3 - Teor de umidade.

LIMITE DE PLASTICIDADE

tara (g)	12,95	13,03	12,53	13,32	12,69
total úmida	13,57	13,59	13,18	14,09	13,83
total seca	13,445	13,484	13,048	13,934	13,584
TEOR DE UMIDADE	25,25%	23,35%	25,48%	25,41%	24,16%

Fonte: Dados da Pesquisa, autoria própria (2021).

Cada um dos valores obtidos não deve diferir em mais de 5% dos resultados. O limite de plasticidade (LP) é expresso pela média aritmética dos teores de umidade obtidos no ensaio, ver (equação 1).

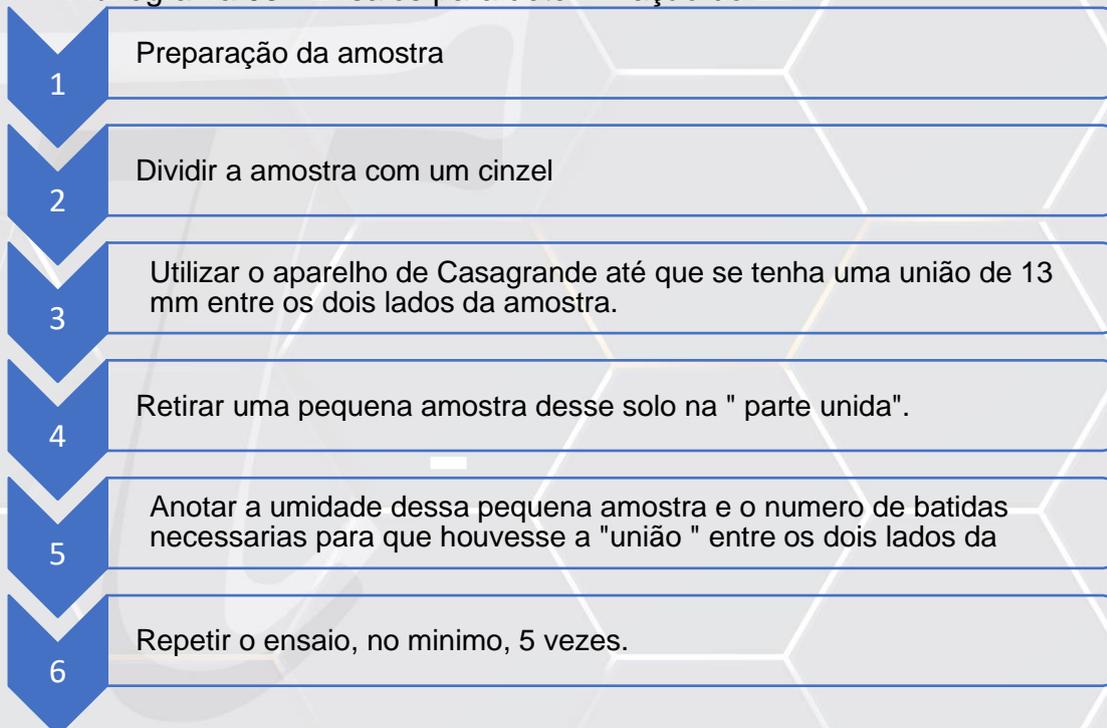
$$LP = \Sigma H/5$$

(1)

$$LP: 25,25+23,35+25,48+25,41+24,16/5= 24,73\%$$

Com o LP calculado pode-se notar que está tudo certo para esse ensaio, tendo em vista que a média resultou em 24,73% não deferindo em mais de 5%. Ensaio do Limite de Liquidez

Fluxograma 03 - Ensaios para determinação do LL



Fonte: Autoria própria, 2020.



Figura 8: Aparelho Casa Grande.

Fonte: Dados da Pesquisa, autoria própria (2020). Com os resultados obtidos obteve-se um gráfico, com o eixo de ordenadas em escala aritmética, representando os teores de umidade e com o eixo das abscissas, em escala logarítmica, representando o número de golpes. (NL)(ver tabela 4 e Gráfico 2).

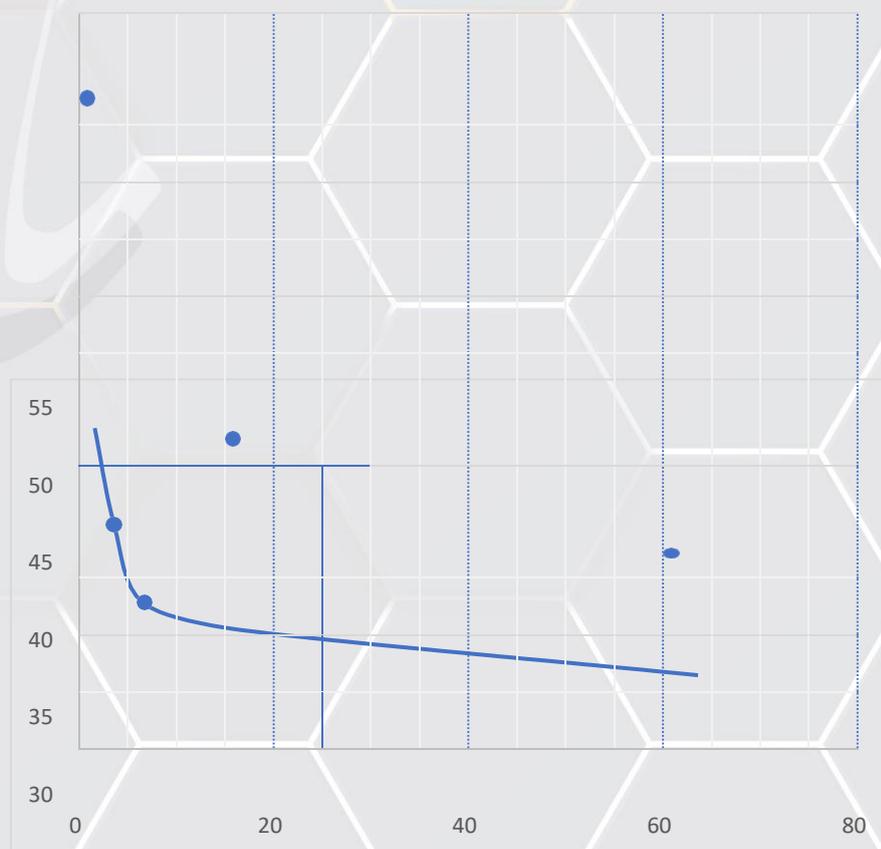
Tabela 4: Limite de Liquidez.

LIMITE DE LIQUIDEZ

Tara (G)	12,95	12,53	13,03	13,32	12,69
total úmida	16,817	17,019	20,538	22,706	22,141
total seca	15,757	15,7206	18,302	19,684	18,837
TEOR DE UMIDADE	37,76%	40,69%	42,41%	47,49%	53,75%
GOLPES	64	17	7	4	2

Fonte: Autoria própria, 2021.

Gráfico 2 - Limite de Liquidez



Fonte: Autoria própria, 2020.

Para determinar o valor do limite de liquidez criou-se um gráfico de teor de umidade por números de golpes, com isso foi possível identificar na tabela onde estão os 25 golpes e rebate na curva.

5. CLASSIFICAÇÃO SISTEMA AASHTO

5.1. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GRUPO

Após encontrado o limite de liquidez e o limite de plasticidade, calcula-se o valor do índice de grupo para determinar a classificação do solo no sistema AASHTO, como apresentado na (equação 2):

$$IG = 0,2.a + 0,005.a.c + 0,01.b.d$$

(2)

Temos que:

Quadro 6: valores encontrados

LP	24,73%
LL	40,69%
200# PASSA	21%

Fonte: FLORIANO, 2016.

Para determinar o IP utilizamos a seguinte “equação 3”

$$IP = LL - LP$$

(3)

$$IP = 40,69\% - 24,73\% = 15,96\%$$

Para determinar as incógnitas (a,b,c,d), seguiu-se os seguintes passos:

Quadro 7: Valores calculados

$a = (P-35)$	$a = 35-35 = 0$	como $P < 35\%$ adota-se 35.
$b = (P-15)$	$b = 21-15 = 6$	
$c = (LL-40)$	$c = 40,69-40 = 0,69$	
$d = (IP-10)$	$d = 15,96-10 = 5,96$	

Fonte: FLORIANO, 2016.

Com todas as incógnitas encontradas, pode-se calcular o índice de grupo utilizando a (equação 2).

$$IG = 0,2 \times 0 + 0,005 \times 0 \times 0,69 + 0,01 \times 6 \times 5,96 \quad IG = 0,35$$

O quadro a seguir, mostra como são classificados os solos segundo o TRB determina-se o grupo do solo, por eliminação da esquerda para a direita. O primeiro grupo a partir da esquerda, com o qual os valores do solo ensaiado coincidir, será a classificação correta.

Classificação Geral	Materiais granulares (p) (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltsos e argilosos (p) (mais de 35% passando na peneira de nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Grupo											
Peneiração % que passa na peneira											
Nº10	50 máx										
Nº40	30 máx	50 máx	51 máx								
Nº200 (p)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características da fração que passa na nº40:											
Limite de Liquidez (%)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de Plasticidade (%)	6 máx		NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Índice de Grupo (IG)	0		0	0		4 máx		8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Materiais que predominam	Pedra britada pedregulho e areia		Areia Fina	Areia e areia siltosa ou argilosa				Solos siltsos		Solos argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre			

Quadro 8 - Classificação dos solos TBR

Fonte: "slidetodoc.com/classificacao-dos-solos-prof-talles-mello-www-tallesmello", 2021.

Conforme o quadro obteve-se um solo A-2-7 areias e areia siltosa ou argilosa excelente a bom.

Quadro 9: Resumo do estudo

Limite de Liquidez (%)	40,69
Limite de Plasticidade (%)	24,73
Índice de Plasticidade (%)	15,96
% Passando # 25mm	0%
% Passando # 4,75mm	18%
% Passando # 2 mm	28%
% Passando # 425 mm	31%
% Passando # 75 mm	21%
Classificação do TRB	A-2-7
Índice de Grupo	0,35
Tipo de Solo	areia e areia siltosa ou argilosa excelente a bom.

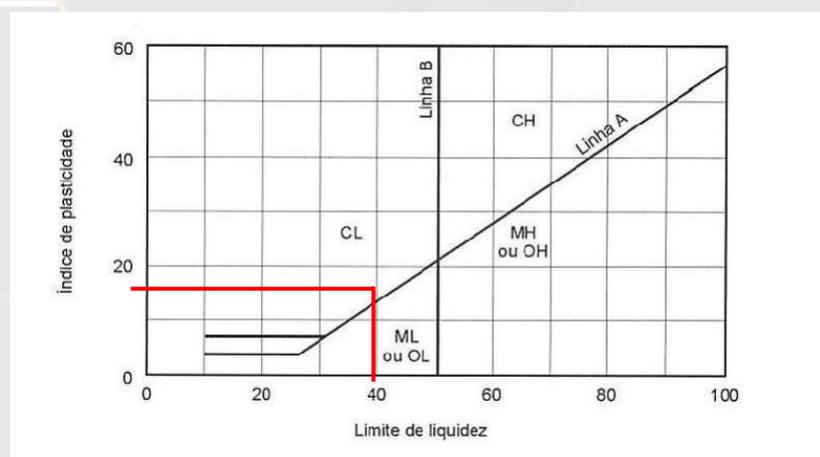
Fonte: Dados da Pesquisa, autoria própria (2020).

Pela análise do sistema AASHTO identificou-se uma boa classificação, onde o solo é muito bom, podendo atender os requisitos para obras de pavimentação sem precisar reforçar o subleito. Nesse tipo de solo utiliza-se estacas mais profundas para a fundação, com o objetivo de evitar a movimentação do solo.

6. CLASSIFICAÇÃO SISTEMA UNIFICADO (SUCS)

Com os valores de LP = 24,73%, LL = 40,60 e IP = 15,96 determinados pode-se classificar o solo pelo sistema unificado. (figura 10).

Figura 9: Classificação dos solos (SUCS) – Para solos finos



Fonte: CLEBER, 2016.

Pode-se identificar que pela análise do sistema unificado um solo argiloso com baixa compressibilidade (CL). Para entender melhor utiliza-se um (quadro 10) com os símbolos de cada grupo e os seus respectivos significados.

Quadro 10: Classificação (SUCS) Símbolos:

Símbolos dos Grupos	Significados dos Símbolos dos Grupos de Solos
GW	Cascalho bem graduado, cascalho e areia sem muitos finos
GP	Cascalho mal graduado, cascalho e areia sem muitos finos
GM	Cascalho siltoso com areia
GC	Cascalho argiloso com areia
SW	Areia bem graduada, com cascalho e sem muitos finos
SP	Areia mal graduada, com cascalho e sem muitos finos
SM	Areia siltosa, mistura de areia e silte ou limo
SC	Areia argilosa, mistura de areia e argila
ML	Material siltoso e areias muito finas, pó-de-pedra, areias finas siltosa ou argilosas, ou siltes argilosos com baixa plasticidade
CL	Argilas magras, argilas de plasticidade baixa ou média, argilas com cascalho, areia ou silte
OL	Siltes orgânicos, argilosos ou não, com baixa plasticidade
MH	Siltes, limos, areia finas micáceas ou diatomáceas, solos siltosos, siltes elásticos
CH	Argilas gordas, de plasticidade média ou alta

Fonte: CLEBER, 2016.

Para essa classificação identificou-se um solo bom, nesse tipo de solo utiliza-se estacas mais profundas para a fundação, evitando a movimentação do solo como visto na classificação anterior.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho verificou as características e consistência do solo de Candói/PR, após feitos os ensaios em laboratório concluíram-se que os resultados obtidos nos ensaios de granulometria, limite de liquidez e limite de plasticidade comprovam que o solo é areia e areia argilosa. Com a conclusão deste trabalho observamos que para o solo de Candói é essencial estacas profundas e sapatas bem reforçadas para que haja segurança nas obras e que no futuro não venham surgir fissuras ou trincas ou ainda desabamentos com possíveis finais trágicos. Assim, sugere-se fazer um estudo mais aprofundado com a auxílio do ensaio SPT para se obter um resultado preciso sobre o solo, pois nesse trabalho não foi possível realizar esse ensaio e não foi encontrado nenhum registro do mesmo pelo fato da cidade não possuir suporte necessário e nem obras de grande porte.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Regis Rodrigues de P. Intemperismo. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/intemperismo.htm>. Acesso em 29 de outubro de 2021.

Béla, BODÓ ,, e JONES, Colin. ***Introdução à Mecânica dos Solos***. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo GEN, 2017.

BUENO, Benedito. **Dutos enterrados: aspectos geotécnicos**. 2^o edição, São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

CHIOSSI, Nivaldo José. **Geologia de engenharia**. 3^o edição, São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

DAIBERT, João. D.; SANTOS, Palloma. Ribeiro. Cuba. D. **Análise dos Solos - Formação, Classificação e Conservação do Meio Ambiente**. Editora Saraiva, 2014.

DAS, Braja. M.; SOBHAN, Khaled. Fundamentos de engenharia geotécnica. Cengage Learning Brasil, 2019.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

FLORIANO, Cleber. **Mecânica dos Solos**. Porto Alegre: SAGAH, 2016. SUGUIO, Kentiro. **Geologia Sedimentar**. Editora Blucher, 2003.

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2^o edição, São Paulo: Oficina de textos, 2010.

LORENZO, Mariana. Pedologia – conceitos de solos e áreas degradadas. 2010. Disponível em: <https://marianaplorenzo.com/2010/10/15/pedologia-conceitos-desolos-e-areas-degradadas/>. Acesso em 07 de mar 2019.

MOREIRA, João Carlos; SENE, Eustáquio de. Geografia. São Paulo: Scipione, 2005.

SANTOS, Palloma.Ribeiro.Cuba. D .; DAIBERL, João. D. *Análise dos Solos* . Editora Saraiva, 2014.

PEREIRA, marcos Gervasio. Formação e Caracterização de Solos. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202369/1/Formacao-e-caracterizacao-de-solos-2019.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2021.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de Mecânica dos Solos**. São Paulo: oficina de textos, 2006.

SCHNAID, Fernando. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. 2º edição, São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SILVA, Rui.Corrêa. D. Mecanização e manejo do solo. Editora Saraiva, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios*. Rio de Janeiro: ABNT, 1983. __ABNT NBR-6457 Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.