



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

INGRED MEYRELLES TITO FÉLIX

**CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DE UMA VIA VICINAL LOCALIZADA NA ZONA
RURAL DE ANGICOS/RN**

ANGICOS
2023

INGRED MEYRELLES TITO FÉLIX

**CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DE UMA VIA VICINAL LOCALIZADA NA ZONA
RURAL DE ANGICOS/RN**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Dantas Gomes de
Araújo.

ANGICOS

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Titoc , Ingrid Meyrelles Tito Félix.
CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DE UMA VIA VICINAL
LOCALIZADA NA ZONA RURAL DE ANGICOS/RN / Ingrid
Meyrelles Tito Félix . - 2023.
42 f. : il.

Orientador: Arthur Gomes Dantas de Araújo
Araújo.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de --Selecione um
Curso ou Programa--, 2023.

1. Solo. 2. Ensaaios. 3. Rodovia vicinal. I.
Araújo, Arthur Gomes Dantas de Araújo, orient.
II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

INGRED MEYRELLES TITO FÉLIX

**CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DE UMA VIA VICINAL LOCALIZADA NA ZONA
RURAL DE ANGICOS/RN**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 09/10/ 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ARTHUR GOMES DANTAS DE ARAÚJO**
Data: 12/10/2023 14:23:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Arthur Gomes Dantas de Araújo, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **LUIS HENRIQUE GONCALVES COSTA**
Data: 14/10/2023 15:12:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luís Henrique Gonçalves Costa, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

**Kleber Cavalcanti
Cabral**

Assinado de forma digital por
Kleber Cavalcanti Cabral
Dados: 2023.10.16 03:47:13 -03'00'

Kléber Cavalcanti Cabral, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, que sempre me conduziu para a realização deste trabalho.

Aos meus pais Marluce Maria Tito Félix e Cicero Félix da Silva, por serem minha base e inspiração constantemente, meu irmão Mateus Tito Félix, pelo incentivo.

Aos meus professores que foram de suma importância na construção da minha carreira acadêmica e em especial ao orientador Arthur Dantas Gomes de Araújo, por acreditar no meu potencial, me auxiliando na realização dos ensaios e sempre disponível para sanar dúvidas.

Ao meu namorado Fernando Lucas Cardoso Silva, por toda paciência, compreensão e incentivo durante esta jornada.

Aos meus amigos Deverson Rafael, Gabriela Pereira, Vinicius Vale, Sayonara Paiva, Pedro Henrique e Pablo Klinsmann, por participarem de minha formação durante os 5 anos de curso e tornando mais leve essa jornada.

A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

Albert Einstein

RESUMO

A caracterização do solo é de grande importância para compreender seu comportamento mediante a sua utilização, em suma, o estudo e a análise dos aspectos físicos e estruturais do solo permite verificar o seu comportamento quando submetidos a fatores externos não naturais, como a compactação causada pelo tráfego de veículos, bem como fatores naturais. O referido trabalho, descreve a importância da caracterização do solo com objetivo de classificar e analisar o solo de seis amostras coletadas de uma via vicinal localizada na cidade de Angicos RN. A metodologia fez-se necessário submeter o solo aos ensaios de granulometria, Limite de liquidez, Limite de plasticidade e compactação Proctor, com amostras de solo possuindo localizações diferentes, a fim de classificar o solo pelo Sistema Unificado e Pelo Método Rodoviário. Após a análise dos ensaios, constatou-se que o solo das amostras 2, 3 e 5 são classificadas pelo Sistema Unificado como SC-SM, ou seja, uma areia argilo siltosa, a amostra 1 e 4 foram SM, uma areia siltosa e a amostra 6 foi SC, ou seja, uma areia argilosa. Já para o método rodoviário, a amostra 1 foi classificada como A-3, sendo ela areia fina, e as demais amostras como A-2-4, um solo com material pedregulhoso, areia siltosa ou argilosas. Visto que, os dois sistemas geraram a mesma classificação, descrevendo um solo que possui capacidade de suporte para ser aplicado no subleito de uma rodovia, além disso, esse solo apresenta uma ligeira a baixa plasticidade a ponto de a amostra 1 ser classificada não plástica.

Palavras-chave: Solo. Ensaios. Rodovia vicinal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Perfil geotécnico típico de solo residual de gneiss.....	13
Figura 2	– Resumo da classificação unificada dos solos.....	14
Figura 3	– Esquema para classificação pelo sistema unificado.....	15
Figura 4	– Tabela para Classificação do Sistema Rodoviário	16
Figura 5	– Série de Peneiras.....	17
Figura 6	– Curvas Granulométricas para vários solos.....	18
Figura 7	– Escala granulométrica internacional recomendada pela ISSMFE	19
Figura 8	– Relação entre volume umidade.....	19
Figura 9	– Representação esquemática dos estados do solo.....	20
Figura10	– Aparelho de Casagrande para a determinação do limite de liquidez.....	21
Figura11	– Curva de compactação obtida em ensaio.....	23
Figura12	– Seção transversal de um pavimento.....	24
Figura13	– Tabela de classificação TRB	25
Figura14	– Localização das amostras.....	26
Figura15	– Coleta das amostras.....	27
Figura16	– Série de peneiras.....	28
Figura17	– Homogeneização do solo.....	29
Figura18	– Ensaio de compactação. Compactação; Extração do corpo de prova.....	30
Figura19	– Ensaio de compactação. 1- Solo compactado; 2- Pesagens das amostras....	31
Figura20	– Ensaio de compactação. 1- Amostras separadas; 2- Estufa	31
Figura21	– Ensaio de limite de plasticidade.....	32
Figura22	– Aparelho de Casagrande com a Amostra.....	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Gráfico granulometria das amostras	34
Gráfico 2	– Gráfico de compactação da amostra 1.....	33
Gráfico 3	– Gráfico de compactação da amostra 2.....	33
Gráfico 4	– Gráfico de compactação da amostra 3.....	33
Gráfico 5	– Gráfico de compactação da amostra 4.....	33
Gráfico 6	– Gráfico de compactação da amostra 5.....	34
Gráfico 7	– Gráfico de compactação da amostra 6.....	34
Gráfico 8	– Limite de liquidez da amostra 1.....	34
Gráfico 9	– Limite de liquidez da amostra 2.....	34
Gráfico 10	– Limite de liquidez da amostra 3.....	35
Gráfico 11	– Limite de liquidez da amostra 4.....	35
Gráfico 12	– Limite de liquidez da amostra 5.....	35
Gráfico 13	– Limite de liquidez da amostra 6.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Coordenas geográficas das amostras.....	24
Tabela 2	–	Distribuição percentual de grãos	32
Tabela 3	–	Resultados da compactação	34
Tabela 4	–	Resultado dos ensaios de LL e LP.....	35
Tabela 5	–	Resultados da classificação SUCS	36
Tabela 6	–	Resultados da classificação Rodoviária	36
Tabela 7	–	Comparativo o experimento de Guilherme (2015)	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO GERAL	11
2.1	Objetivo específico	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1	Classificação dos solos	12
3.1.1	Sistema Unificado de Classificação dos Solos	12
3.1.2	Classificação Rodoviária	13
3.2	Caracterização do solo	15
3.2.1	Granulometria	15
3.2.2	Limites de Atterberg	17
3.2.3	Ensaio de Limite de Liquidez	18
3.2.4	Limite de Plasticidade	19
3.2.5	Compactação	19
3.3	Pavimentação	22
4	MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1	Localização das amostras	24
4.2	Ensaio de granulometria	26
4.3	Ensaio de compactação	26
4.4	Limites de consistência	29
4.4.1	Limite de Liquidez	30
4.4.2	Limite de plasticidade	30
5	RESULTADOS	32
5.1	Granulometria	32
5.2	Compactação	33
5.3	Limite de Liquidez e Limite de plasticidade	34
5.4	Classificação do solo	35
5.4.1	Classificação do solo segundo o SUCS	35
5.4.2	Classificação do solo segundo o método rodoviário	36
5.5	Comparação com o trabalho de Guilherme (2015)	37
6	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Naturalmente, o solo encontra-se como um material heterogêneo em relação à sua textura e possui propriedades e comportamento mecânico extremamente complexos. Portanto, é importante destacar a importância das pesquisas geológicas e geotécnicas para o entendimento das características dos solos é fundamental, por meio de testes de campo e laboratório, a fim de possibilitar análises que resultem em projetos seguros e economicamente viáveis.

O estudo de solos com foco na engenharia civil visa o conhecimento destes para aplicação em obras, mas em sua grande maioria o uso do mesmo com a finalidade de suporte à suas construções, abordado nas fundações de edifícios, contudo, o uso adequado do solo para a sustentação de pavimentos rodoviários é de grande importância, do ponto de vista econômico e de segurança (GUILHERME, 2015).

A caracterização do solo envolve a realização de ensaios como granulometria, limites de consistência, compactação essas metodologias permitem a avaliação da distribuição dos grãos, a plasticidade, a determinação da umidade ótima e densidade seca máxima. Com a caracterização do solo do subleito é possível verificar a necessidade ou não de executar um reforço do subleito. A aderência rigorosa a esses procedimentos é indispensável para assegurar um pavimento durável e isento de problemas.

Fazendo relação ao conceito acima abordado, o Brasil, devido ao seu vasto território, possui solos completamente distintos de região para região, que sofreram e sofrem influência dos fatores de formação, portanto é possível dizer que para algumas localidades o solo é ideal para alguma atividade, entretanto de baixa qualidade para outras. Partindo deste aspecto, foi necessário analisar a respeito do solo da região da via vicinal que interliga a UFERSA Campus Angicos a região rural, para que dessa forma fosse possível classificá-lo e interpretá-lo para o uso adequado do objeto de nosso estudo.

2 OBJETIVO GERAL

Caracterizar e analisar o solo de seis amostras coletadas em uma estrada vicinal da zona rural de Angicos/RN.

2.1 Objetivo específico

- Caracterizar o solo em relação a granulometria e seus índices;
- Obter a caracterização física do solo através dos ensaios de granulometria e limites de consistência e determinar a umidade ótima do solo pelo ensaio de compactação proctor;
- Classificar o solo e comparar com resultados de outros autores.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A classificação de um solo é crucial para o seu uso na engenharia, pois permite analisá-lo a fim de prever seus prováveis comportamentos quando submetido a tensões vindas da superfície. Dessa forma, orientando a equipe que fara uso do terreno (PINTO, 2006).

3.1 Classificação dos solos

O solo pode ser classificado de diversas formas diferentes tendo em vista a sua utilização. Ademais, foram criados diferentes métodos de classificar o solo como o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) e o método Rodoviário.

3.1.1 Sistema Unificado de Classificação dos Solos

A classificação descrita pelo Sistema Unificado de Classificação (SUCS) divide os solos em três grandes grupos Solos finos - aqueles cujo diâmetro da maioria absoluta dos grãos é menor que 0,074 mm; Turfas - solos altamente orgânicos, geralmente fibrilares e extremamente compressíveis.

Diversas designações específicas são utilizadas para categorizar as diferentes faixas de tamanho de grãos presentes em materiais granulares. Esses limites de classificação variam de acordo com os sistemas empregados para esse fim.

Figura 2: Resumo da classificação unificada dos solos.

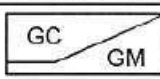
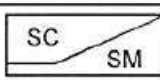
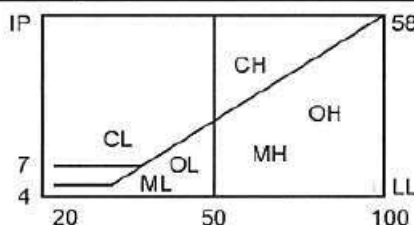
Classificação geral	Tipos principais	Símbolos
Solos grossos (Menos que 50% passando na # 200)	Pedregulhos ou solos pedregulhosos	GW, GP, GM e GC
	Areias ou solos arenosos	SW, SP, SM e SC
Solos finos (Mais que 50% passando na # 200)	Siltosos ou solos argilosos	Baixa compressibilidade (LL<50) ML,CL e OL
		Alta compressibilidade (LL>50) MH,CH e OH
Solos altamente orgânicos	Turfas	Pt

Fonte: Caputo (1988)

Nesse sistema os solos são classificados em três grandes grupos: Solos grossos – aqueles contém diâmetro do maior número dos grãos é maior que 0,074 mm; Solos finos - aqueles contém diâmetro do maior número dos grãos é menor que 0,074 mm; Turfas - solos altamente

orgânicos, geralmente fibrilares e extremamente compressíveis. Esta classificação é nomeada através de símbolos com pares de letras, a primeira letra correspondem aos grupos gerais e a segunda aos subgrupos, com as letras iniciais das palavras inglesas: G de gravel (pedregulho); S de sand (areia); C de clay (argila); W de well graduaded (bem graduado); P de poorly graduaded (mal graduado); M da palavra sueca mo, refere-se ao silte ; O de organic (orgânico); L de low (baixa); H de high (alta); Pt de peat (turfa).A tabela 1 resume essa classificação. (CAPUTO, 1988).

Figura 3: Esquema para classificação pelo sistema unificado.

% P #200 < 50	G > S : G	% P #200 < 5	GW	CNU > 4 e 1 < CC < 3
			GP	CNU < 4 ou 1 > CC > 3
		% P #200 > 12	GC	
			GM	
		5 < #200 < 12	GW-GC, GP-GM, etc.	
	S > G : S	% P #200 < 5	SW	CNU > 6 e 1 < CC < 3
		SP	CNU < 6 ou 1 > CC > 3	
% P #200 > 12		SC		
		SM		
	5 < #200 < 12	SW-SC, SP-SC, etc.		
% P #200 > 50	C	CL		
		CH		
	M	ML		
		MH		
	O	OL		
		OH		

Fonte: Pinto (2006)

3.1.2 Classificação Rodoviária

O Sistema de Classificação Rodoviária, amplamente utilizado na área da engenharia rodoviária, foi elaborada através de testes de granulometria e nos limites de consistência. Neste sistema, a classificação começa pela determinação da porcentagem de material que passa pela peneira número 200. No entanto, apenas os solos cuja porcentagem é inferior a 35% são considerados de granulção grosseira, ao contrário da Classificação Unificada que considera 50%. (PINTO, 2006)

De acordo com (SANTOS, 2006), a classificação descrita sofreu uma revisão pelo Highway Research Board entre o período de 1993 e 1945, cujo alguns grupos foram subdivididos e houve um acréscimo do índice de grupo (IG), que consiste em um número inteiro

possuindo intervalo de variação entre 0 e 20, delimitando a função de porcentagem de material que passa na peneira nº 200 e dos índices de consistência (LL e LP), obtido alcançado com a seguinte Equação:

A seguir a equação 1 utilizada para o cálculo desse índice:

$$IG = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,001(F - 15)(IP - 10) \quad \text{Eq. 1}$$

Nos quais,

F: porcentagem do material que passa na peneira nº 200, representada em número inteiro;

LL: Limite de liquidez (%);

IP: Índice de plasticidade (%).

Essa classificação revisada e a introdução do Índice de Grupo têm sido de grande utilidade em aplicações relacionadas à engenharia civil.

Figura 4: Tabela para Classificação do Sistema Rodoviário.

		% P #10 2,0 mm	% P #40 0,42 mm	% P #200 0,075 mm	IP
% P #200 < 35	A-1a	< 50	< 30	< 15	< 6
	A-1b		< 50	< 25	< 6
	A-3		> 50	< 10	NP
	A-2				
% P #200 > 35	A-4				
	A-5				
	A-6				
	A-7-5				
	A-7-6				

Fonte: Pinto (2006)

O sistema acima mostrado na Figura 2, considera que os solos são compostos por grãos graúdos e miúdos, a utilização do desse sistema de classificação considera-se útil pois o estudante fica familiarizado com os aspectos mais importantes para identificação dos solos.

3.2 Caracterização do solo

Caracterizar um solo consiste em identificar as partículas que o constituem. Para isso, faz-se necessário submetê-lo a ensaios de granulometria e índices de consistência (PINTO, 2006).

3.2.1 Granulometria

A análise granulométrica se dá através do estudo da distribuição das dimensões dos grãos, com finalidade de determinar a curva granulométrica. Para a efetuação desta análise faz-se necessário o peneiramento em uma série-padrão de peneiras, onde, a abertura das malhas possui uma sequência definida no quadro 2.

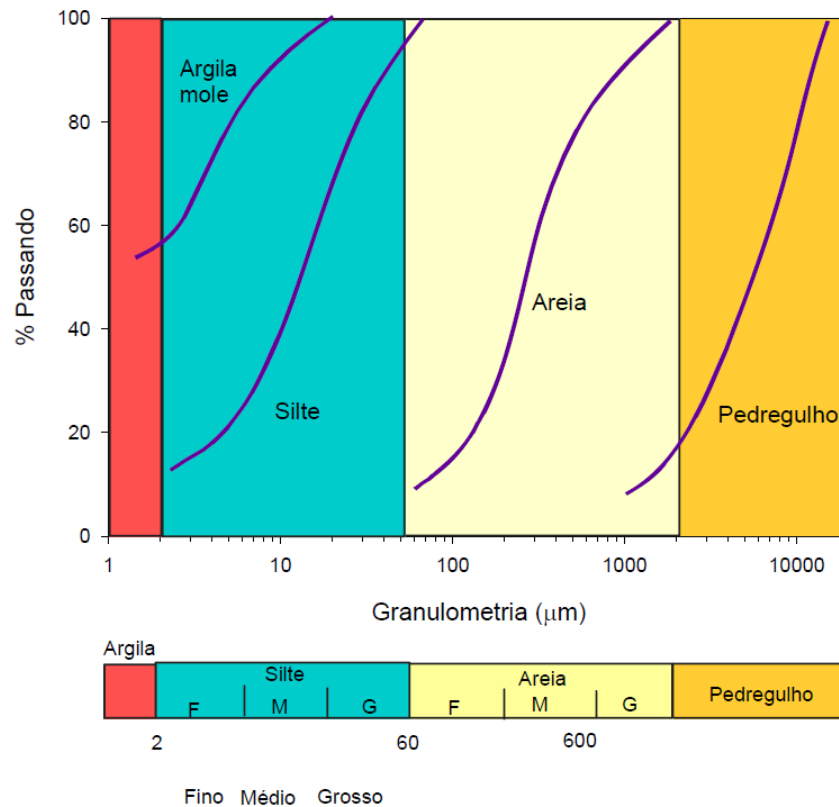
Figura 5: Série de Peneiras

Abertura	4,8 mm	2,0 mm	600 μ m	420 μ m	250 μ m	75 μ m
da malha						

Fonte: ABNT NBR 5734

Posteriormente determina a massa de material que é retido em cada peneira e os resultados plotados em um gráfico na Figura 3, cujo, o eixo das abscissas corresponde malha das peneiras e as ordenadas são o material retido em cada peneira. O seguinte ensaio possui procedimento normatizado pela ABNT NBR 7181 (1984).

Figura 6: Curvas Granulométricas para vários solos



Fonte: Ortigão (2006).

A interpretação dos resultados é feita por meio da comparação com escalas granulométricas padrão, duas das quais abordadas na Figura 3. A primeira é a escala internacional, recomendada pela ISSMFE. Sendo ela a mais simples, fácil de ser memorizada – porque se baseia nos algarismos 2 e 6, conforme indicado no quadro 3 e, portanto, a mais lógica. (ORTIGÃO, 2006)

A referida escala possui finalidade, unificar os variados sistemas de classificação, sendo ela proposta pela primeira vez em um congresso de ciência dos solos, em 1927 (Means e Parcher, 1965), e logo em seguida adotada em todos os países desenvolvidos, com exceção nos Estados Unidos.

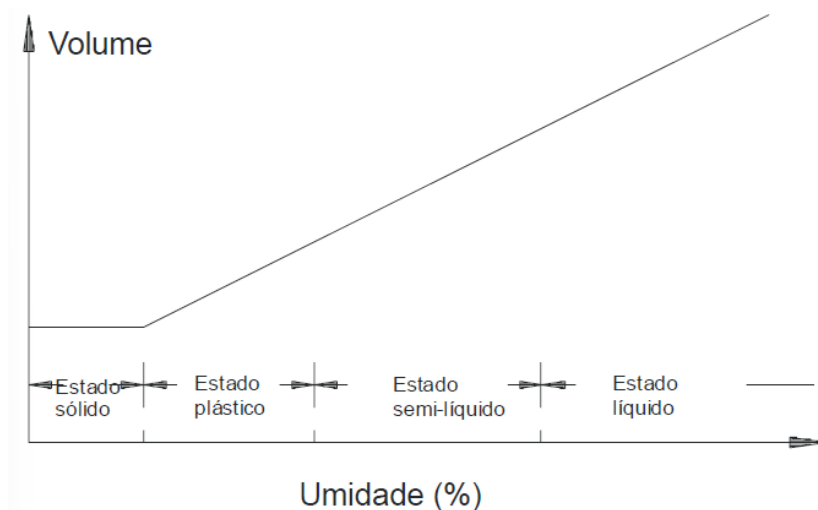
Figura 7: Escala granulométrica internacional recomendada pela ISSMFE.

Descrição	Diâmetro das partículas
Argila	$< 2 \mu m$
Silte	2 a $60 \mu m$
Areia fina	60 a $200 \mu m$
Areia média	200 a $600 \mu m$
Areia grossa	600 a 2 mm
Pedregulhos	$> 2 mm$

Fonte: Ortigão (2006)

3.2.2 Limites de Atterberg

Em meados de 1911, o agrônomo sueco Atterberg (Über die Physikalische Bodenuntersuchung und über die Plasticitat der Tone, Internationale Mitteilungen Bodenkunde, vol 1, pp 10-43) dividiu os valores de umidade que podem apresentar em uma argila em limites correspondendo ao seu estado aparente do material.

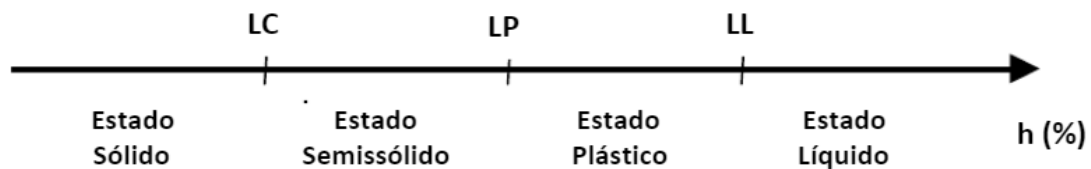
Figura 8: Relação entre volume umidade.

Fonte: Ortigão (2006).

Através desse estudo foram definidos os limites de contração (LC), plasticidade (LP) e liquidez (LL), que correspondem à transição entre os estados sólidos e plástico, que não possuem variação de volume e o estado líquido, cujo, o volume varia com a umidade.

Os limites de consistência, parte do princípio que em um solo argiloso, o formato dos grãos possibilita seus deslizamentos um sobre o outro, e que a água, presente em seus vazios, funcione como uma partícula lubrificante. Essa consistência pode ser sólida, semi-sólida, plástica ou a de um fluido denso, como mostrado na Figura 5.

Figura 9: Representação esquemática dos estados do solo e os limites de consistência.



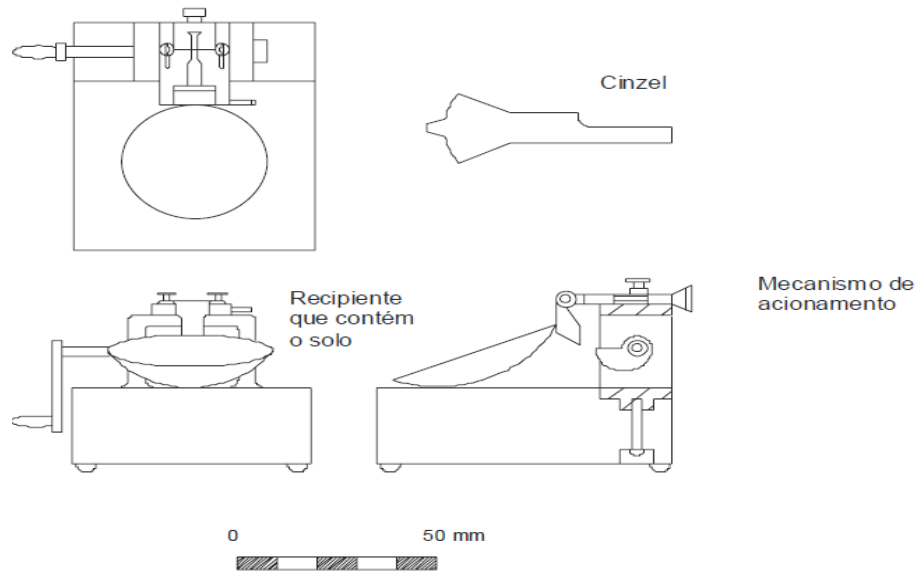
Fonte: Autoria própria (2022)

3.2.3 Ensaio de Limite de Liquidez

Limite de liquidez é o teor de umidade que delimita os estados líquido e plástico. Ou seja, a partir de teores de umidade abaixo do LL, o solo passa a ser plástico e possuir resistência ao cisalhamento.

O assunto foi abordado mais tarde por Casagrande, que idealizou um equipamento para a realização do ensaio com função de determinar do limite de liquidez Figura 6, o qual é amplamente utilizado em todo o mundo e padronizado no Brasil pela ABNT NBR 6459 (2004).

Figura 10: Aparelho de Casagrande para a determinação do limite de liquidez.



Fonte: Ortigão (2006)

3.2.4 Limite de Plasticidade

De acordo com a norma NBR 7180 (2016) que rege a descrição e identificação de amostras de solo, a plasticidade consiste na propriedade de solos finos, entre largos limites de umidade, de se submeterem a grandes deformações permanentes, sem sofrer ruptura, fissuramento ou variação de volume apreciável. Em laboratório foi feito o ensaio que consiste em utilizar uma amostra com cerca de 10 gramas rolando em uma placa de vidro com movimento de vai e vem fazendo cilindros com aproximadamente 3mm de diâmetro, de acordo com a norma DNER-ME- 083 (1994) Solos- determinação do limite de plasticidade.

3.2.5 Compactação

O termo compactação do solo refere-se ao processo que descreve o decréscimo de volume de solos não saturados quando uma determinada pressão externa é aplicada, a qual pode ser causada pelo tráfego de máquinas agrícolas, equipamentos de transporte ou animais (LIMA, 2004). Para a Pedologia, a compactação do solo é definida como uma alteração no arranjo de suas partículas constituintes do solo (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

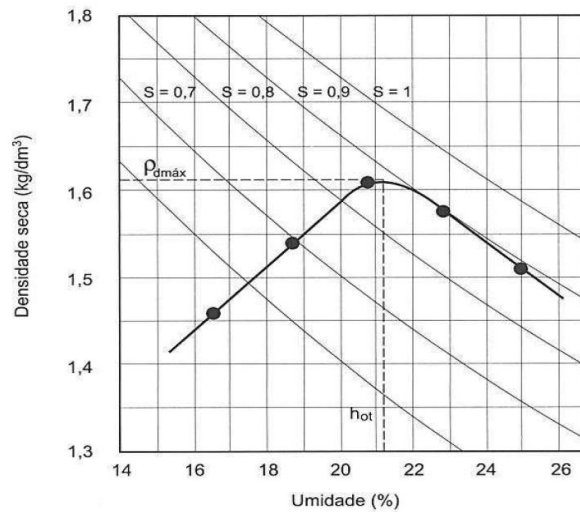
Pinto (2006) descreve que a compactação de um solo é a sua densificação por meio de equipamento mecânico, geralmente um rolo compactador, embora, em alguns casos, como em pequenas valetas, até soquetes manuais possam ser empregados.

O propósito subjacente é incrementar a interação entre grãos com vistas a conferir maior homogeneidade ao aterro. O método executivo de compactação, a densidade desejada e o nível de umidade almejado do solo serão determinadas pela natureza do solo disponível e pelas exigências específicas da obra em questão. Essas medidas visam mitigar potenciais recalques futuros, bem como reduzir a permeabilidade e potencializar a resistência geotécnica do solo.

O Ensaio de Proctor foi oficialmente padronizado no Brasil pela ABNT NBR 7182 (2016). Na última revisão da norma, foram introduzidas várias alternativas para a execução do ensaio. No entanto, abordaremos inicialmente os aspectos principais do ensaio original, que ainda é o método mais amplamente utilizado.

Antes de iniciar o ensaio, a amostra de solo deve passar por um processo de secagem ao ar e destorroamento. Em seguida, dá-se início ao ensaio, adicionando água gradualmente até que o solo atinja aproximadamente 5% de umidade abaixo da umidade ótima desejada. Ao manipular um solo, é possível perceber sua umidade relativa, a qual está relacionada aos limites de liquidez (LL) e plasticidade (LP). Com certa experiência, qualquer operador consegue identificar se o solo está acima ou abaixo da umidade ótima, que costuma ser muito próxima e ligeiramente abaixo do limite de plasticidade.

Em geral, a relação entre os parâmetros massa específica aparente seca (γ_s) e teor de umidade (h) pode ser descrita por uma curva de formato aproximadamente parabólico, como mostra a Figura 7. A curva tem seu ponto máximo definido pelo par de valores massa específica aparente seca máxima ($\gamma_{sm\acute{a}x}$) e umidade ótima ($h_{ót}$), conforme a terminologia adotada pela ABNT (2016), o segmento ascendente da curva de compactação é frequentemente denominado de "ramo seco", enquanto o segmento descendente é chamado de "ramo úmido".

Figura 11: Curva de compactação obtida em ensaio.

Fonte: Pinto (2006)

No gráfico do ensaio, é possível traçar a curva de saturação, que representa o conjunto dos valores de umidade e densidade seca obtidos quando o solo está saturado. De maneira semelhante, é possível traçar curvas correspondentes a diferentes graus de saturação. Com base no esquema apresentado na figura 7, o solo pode se encontrar em qualquer posição abaixo da curva de saturação, mas nunca acima dela. Os pontos ótimos das curvas de compactação geralmente ocorrem em torno de 80% a 90% de saturação.

De acordo com o DNIT (2006) a energia de compactação ou esforço de compactação, se dá através do ensaio utilizando uma massa úmida, um soquete em queda livre com um determinado número de golpes, compactando a amostra de solo. Descrito na Equação 1 abaixo.

$$Ec = \frac{nxPxH}{V} \quad \text{Eq. 3}$$

Em que,

P: peso do soquete;

H: altura da queda do soquete;

n: número de golpes;

V: volume.

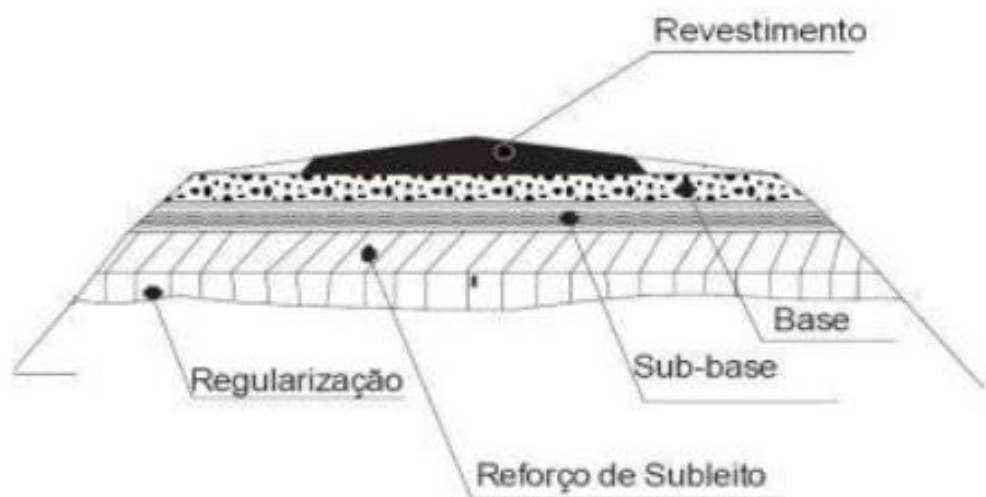
3.3 Pavimentação

Conforme Bernucci (2008), o vocábulo pavimento significa estrutura com diversas camadas de espessuras determinadas, atribuídas tecnicamente para suportar os esforços gerados pelo deslocamento de veículos, pelas intemperes para que o usuário tenha melhores condições de rolamento.

Segundo o Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a pavimentação é uma estrutura formada por camadas sobrepostas, erguidas sobre o terreno compactado, que possuem espessura e materiais determinados por diferentes métodos de dimensionamento visando o seu uso como fundação.

As camadas necessárias para a pavimentação, são descritas como: Revestimento, Base, Sub-base e reforço do subleito. O revestimento é a camada superior, que está em contato direto com os pneus dos automóveis, possuindo função de distribuir a carga com as demais camadas. A base recebe o peso das camadas superiores e distribui para a sub-base. Portanto, na aplicação desta camada o asfalto deverá ser resistente a impactos mecânicos. A sub-base há elementos granulares compostos em sua estrutura, podendo ou não ter um elemento ligante para a formação da granulometria do material. As camadas estruturantes ficam assentas no subleito como demonstrado na Figura 8.

Figura 12: Seção transversal de um pavimento.



Fonte: DNIT (2006)

A NBR 7207 (1982) descreve que o pavimento tem por função resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego de veículos e distribuí-los ao subleito. Ademais, o pavimento deve melhorar as condições de rolamento no que tange a comodidade e a segurança

e resistir aos esforços horizontais que atuam sobre ele a fim de tornar a sua superfície mais durável.

Além disso, o próprio DNIT traz, na Figura 9, a aplicabilidade de cada tipo de solo segundo a tabela da Transportation Research Board (TRB).

Figura 13: Tabela de classificação TRB.

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES 35% (ou menos) passando na peneira Nº 200							MATERIAIS SILTO - ARGILOSOS			
CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7 - 5 A - 7 - 6
	A - 1 - A	A - 1 - B		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
Granulometria - % passando na peneira											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 min.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características da fração passando na peneira Nº 40:											
Limite de Liquidez				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de Plasticidade	6 máx.	6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.*
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 max.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais constituintes	Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia			Pedregulho ou areias siltosos ou argilosos				Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento como subleito	Excelente a bom							Sofrível a mau			

Fonte: DNIT (2006)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, serão discutidas as propriedades dos materiais empregados nesta pesquisa e serão descritos os testes realizados, tendo como referência as regulamentações da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Para isso, foram coletadas seis amostras de solos, em locais diferentes, em uma via vicinal localizada na zona rural de Angicos. As características deste solo foram estabelecidas por meio de métodos tradicionais, utilizando os procedimentos recomendados pelas normas atuais da ABNT. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Construção Civil – UFERSA-Campus Angicos.

4.1 Localização das amostras

Foram coletadas seis amostras deformadas no local, identificadas neste trabalho por AMOSTRA 1, AMOSTRA 2, AMOSTRA 3, AMOSTRA 4, AMOSTRA 5 e AMOSTRA 6. Para cada amostra foram realizados os seguintes ensaios: Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Compactação dos Solos. Na Tabela 1 abaixo mostra as coordenadas geográficas dos pontos da coleta dessas amostras.

Tabela 1: Coordenadas geográficas das amostras.

Amostra	Sul	Oeste
1	5°38'25.6"S	36°37'36.4"W
2	5°38'34.2"S	36°37'23.9"W
3	5°38'39.6"S	36°37'19.3"W
4	5°38'47.1"S	36°37'19.9"W
5	5°38'56.5"S	36°37'16.7"W
6	5°39'08.2"S	36°36'55.2"W

Fonte: Autoria própria (2022)

Na Figura 9 a seguir temos o trecho estudado com os referidos pontos de coleta para esse estudo, na Rua Gamaliel Martins Bezerra na cidade de Angicos, próximo a Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Figura 14: Localização das amostras.



Fonte: Google Earth (2022)

3.2 Coleta das amostras

Fazendo o uso de pá, enxada e sacolas plásticas, foram retiradas seis amostras deformadas, de locais diferentes, como apresentado na Figura 11. A Figura 8 mostra a coleta das amostras. As amostras deformadas coletadas foram levadas ao laboratório para execução dos ensaios. Todas as amostras de solo foram previamente preparadas para a execução dos ensaios conforme as premissas da ABNT NBR 6457 (2016).

Figura 15: Coleta das amostras.



Fonte: Autoria própria (2022)

4.2 Ensaio de granulometria

Para analisarmos a granulometria das amostras de solo por peneiramento, foram realizadas conforme o método de ensaio e procedimentos regidos pela Norma Brasileira NBR 7181 (1984).

Inicialmente, separou-se um quilograma do material da amostra inicial para o destorroamento e depois disso foram separados 300g para a realização do ensaio. Após esse procedimento foi utilizada a peneira #10(2mm) para um peneiramento inicial e, após isso, foi utilizada a peneira #200(0,075mm) para a parte mais fina. Após esse procedimento o material retido nas peneiras foi lavado até a água ficar limpa. Em seguida, o material foi colocado na estufa ser submetido ao peneiramento.

Depois da secagem, o peneiramento manual foi feito em duas partes: a primeira o peneiramento da peneira de 25mm até a #10(2mm) para o material grosso, a segundo foi da peneira #16(1,2mm) até a #200(0,075mm) para a parte mais fina. A Figura 13 mostra essa série de peneiras.

Figura 16: Série de peneiras.



Fonte: autoria própria (2022)

4.3 Ensaio de compactação

Em laboratório foi feita a homogeneização do solo com utilização de água, calculou-se a quantidade de água a ser adicionada na amostra de acordo com a umidade inicial e o peso do solo, que, tomando como base a ABNT NBR 7182 (2016), deve ser de 7kg, uma vez que foi utilizado o cilindro e o soquete do grande. Logo em seguida adicionou-se a quantidade de água

calculada para a amostra, sendo homogeneizada durante cinco minutos. Na figura 12 descreve o processo.

Figura 17: Homogeneização do solo.



Fonte: Autoria própria (2022)

Após esse procedimento, foram realizados ensaios de compactação no cilindro Proctor conforme o método de ensaio da ABNT NBR 7182 (2016) com finalidade de obter a determinação dos valores dos pesos específicos aparentes secos máximos e das umidades ótimas do solo natural. Neste ensaio, preparou-se o molde cilíndrico, montando sua base junto ao colarinho e utilizando o papel-filtro para receber a primeira camada de solo. Compactou-se a amostra no molde cilíndrico grande (4,5 kg) em cinco camadas iguais, em cada camada foram aplicados 12 golpes distribuídos modo uniforme sobre a superfície da camada, com o auxílio do soquete caindo em queda livre de uma altura aproximada de 0,305 m, como mostra na Figura 12.

Figura 18:Ensaio de compactação. 1- Compactação; 2- Extração do corpo de prova.

1



2



Fonte: Autoria própria (2022)

Retirou-se o colarinho e sua base, e com auxílio de uma régua metálica foi realizado a planificação da superfície do material, deixando-o na altura do molde, em seguida pesou-se o conjunto cilíndrico + solo úmido compactado.

Em seguida, foi determinada a umidade do solo. Inicialmente, foram retiradas amostras do centro do solo compactado com o auxílio de uma espátula, em seguida foram separadas em recipientes metálicos para a pesagem e posteriormente colocadas na estufa a uma temperatura de, aproximadamente, 100 °C, como descrita nas Figuras 16, 17, 18, 19.

Este procedimento foi realizado até atingir 5 pontos, para traçar um gráfico correlacionando massa específica aparente seca versus umidade.

Figura 19: Ensaio de compactação. 1- Solo compactado; 2- Pesagens das amostras.

1



2



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 20: Ensaio de compactação. 1- Amostras separadas; 2- Estufa.

1



2



Fonte: Autoria própria (2022)

4.4 Limites de consistência

As seis amostras foram submetidas aos ensaios de Limites de Liquidez e de Plasticidade a fim de prosseguir na sua caracterização.

4.4.1 Limite de Liquidez

O ensaio do limite de liquidez, regulamentado pela norma da ABNT NBR 6459 (2016), consistiu em colocar a amostra na concha do aparelho de Casagrande e fazer um corte padrão com o cinzel para, em seguida, girar a manivela do aparelho afim de ocorrer os golpes até o fechamento da fenda (Figura 20). Após isso, os golpes necessários para o seu fechamento foram anotados.

Figura 21: Aparelho de Casagrande com a Amostra.



Fonte: Autoria própria (2022)

O limite de liquidez é determinado a partir de um gráfico, denominado curva de fluidez, cujo, o eixo das ordenadas, descrevem as porcentagens de umidade e no eixo das abcissas são representados os números de golpes.

4.4.2 Limite de plasticidade

O ensaio do limite de plasticidade, regido pela norma da ABNT NBR 7250/82. A amostra foi colocada em uma cápsula e homogeneizada adicionando água aos poucos, até resultar massa plástica em seguida uniformizou uma amostra de dez gramas de solo sobre uma placa de vidro até atingir a espessura de 3 mm de diâmetro e um comprimento padrão do gabarito sem se fragmentar (Figura 21). Em seguida é levado alguns pedaços da amostra para a estufa com cerca de 105° C a 110°C, repete-se esse procedimento até obter 3 valores.

Figura 22: Ensaio de limite de plasticidade.



Fonte: Autoria Própria (2022)

5 RESULTADOS

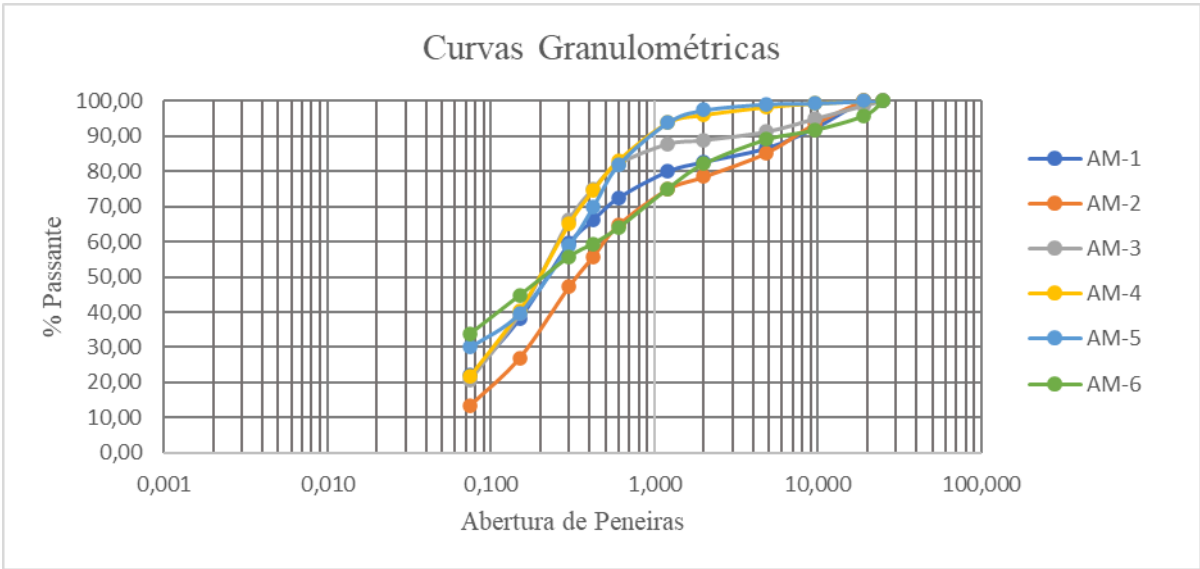
Segue abaixo os resultados obtidos através dos ensaios realizados em laboratório, das seis amostras coletadas em campo.

5.1 Granulometria

O Gráfico 1 e Tabela 2 descrevem os resultados do ensaio de granulometria. As amostras apresentam variações de 14% a 34% de finos, 16% a 29% de areia fina, 14% a 33% de areia média, 7% a 18% de areia grossa e restando de pedregulho entre 2% e 21%.

Desse modo, consiste em um solo com uma distribuição granulométrica majoritariamente granular.

Gráfico 1: Gráfico granulometria das amostras.



Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 2: Distribuição percentual de grãos.

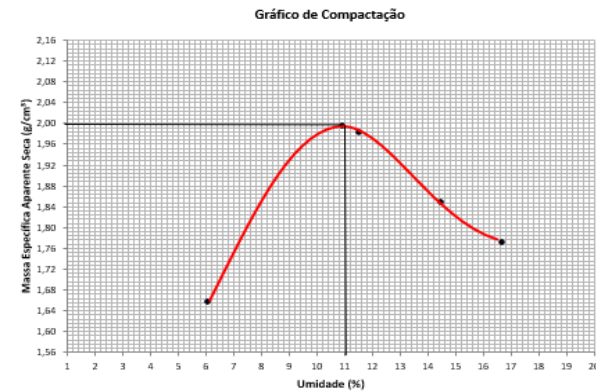
Grão\%	AM-1	AM-2	AM-3	AM-4	AM-5	AM-6
Finos	22,00	14,00	21,00	22,00	30,00	34,00
Areia Fina	26,00	24,00	29,00	28,00	18,00	16,00
Areia média	25,00	27,00	32,00	33,00	34,00	14,00
Areia grossa	10,00	14,00	7,00	13,00	16,00	18,00
Pedregulho	17,00	21,00	11,00	4,00	2,00	18,00

Fonte: Autoria própria (2023)

5.2 Compactação

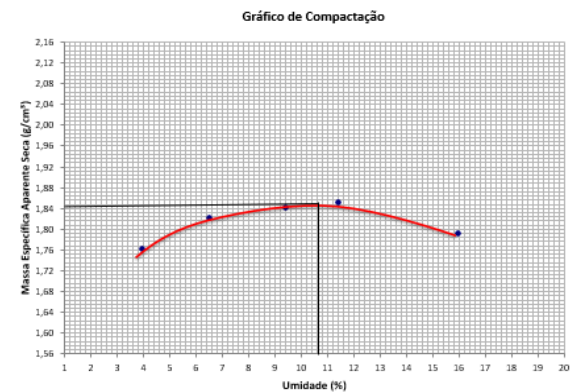
Os estudos das amostras extraídas da estrada vicinal, localizada na cidade de Angicos/RN, geraram os Gráficos de compactação descrevendo o solo através da análise da curva (Massa específica seca x Umidade) e a Tabela 3.

Gráfico 2: Gráfico de compactação da amostra 1.



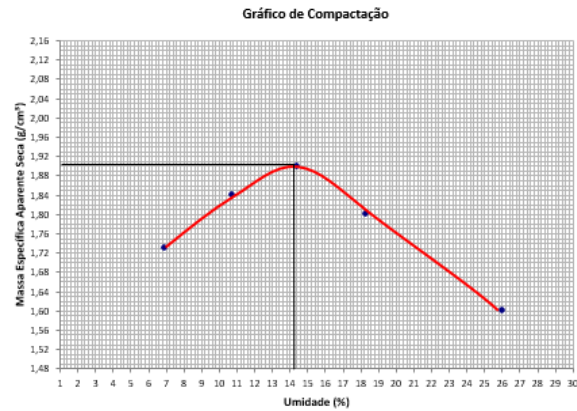
Fonte: Autoria própria (2023)

Gráfico 3: Gráfico de compactação da amostra 2.



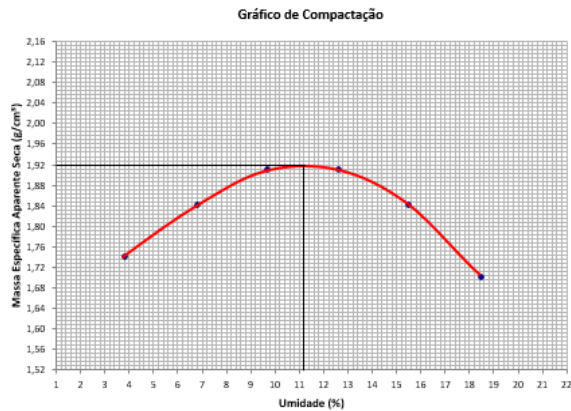
Fonte: Autoria própria (2023)

Gráfico 4: Gráfico de compactação da amostra 3.

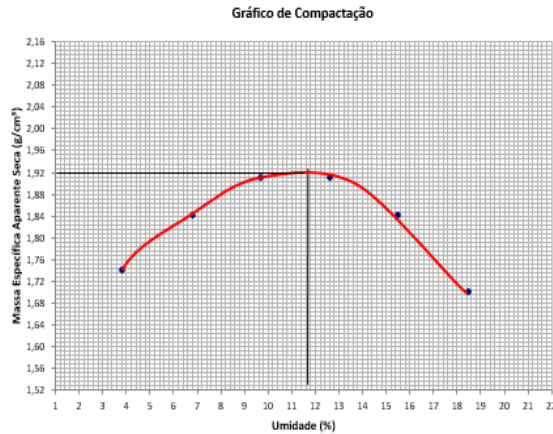


Fonte: Autoria própria (2023)

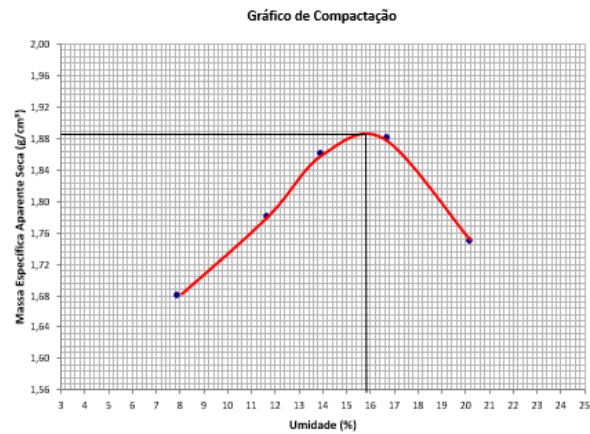
Gráfico 5: Gráfico de compactação da amostra 4.



Fonte: Autoria própria (2023)

Gráfico 6: Gráfico de compactação da amostra 5.

Fonte: Autoria própria (2023)

Gráfico 7: Gráfico de compactação da amostra 6.

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 3: Resultados da compactação.

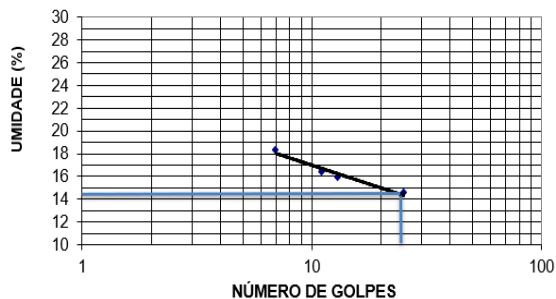
Amostras	$\delta(g/cm^3)$	wot(%)
AM-1	2,00	11,00
AM-2	1,85	10,60
AM-3	1,90	14,20
AM-4	1,92	11,20
AM-5	1,92	11,20
AM-6	1,89	15,20

Fonte: Autoria própria (2023)

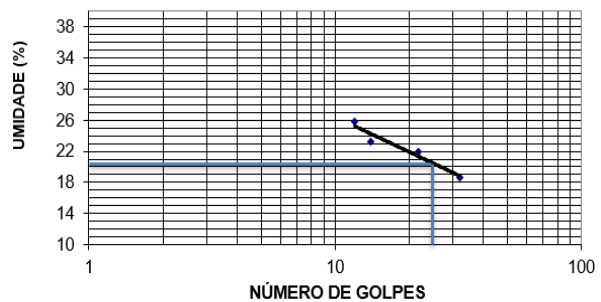
Os resultados demonstram que as amostras ficaram entre 1,89 e 2 g/cm³ de massa específica seca. Ademais, a umidade ótima ficou entre 10,6 e 15,20%.

5.3 Limite de Liquidez e Limite de plasticidade

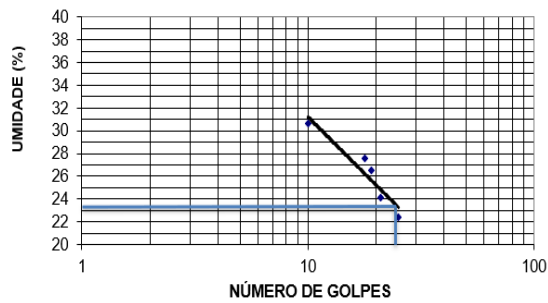
Os resultados de Limite de Liquidez e Limite de plasticidade serão abordados abaixo. Para cada amostra foi determinado o valor do índice de plasticidade.

Gráfico 8: Limite de liquidez da amostra 1.

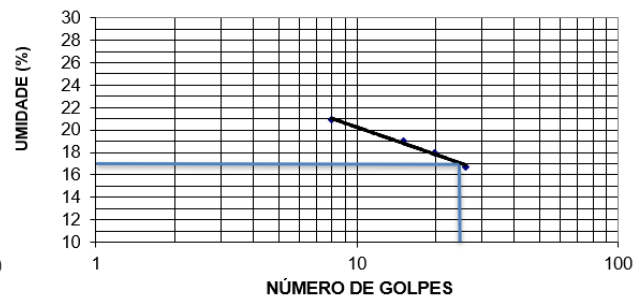
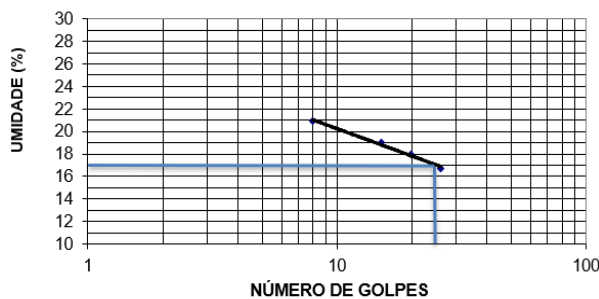
Fonte: Autoria própria (2023)

Gráfico 9: Limite de liquidez da amostra 2.

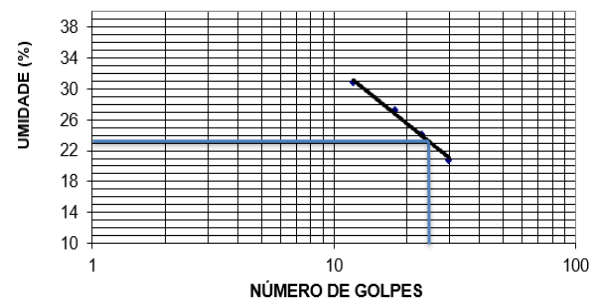
Fonte: Autoria própria (2023)

Gráfico 10: Limite de liquidez da amostra 3.

Fonte: Autoria própria (2023)

Gráfico 11: Limite de liquidez da amostra 4.**Gráfico 11:** Limite de liquidez da amostra 5.

Fonte: Autoria própria (2023)

Gráfico 12: Limite de liquidez da amostra 6.

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 4: Resultado dos ensaios de LL e LP.

Amostra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
1	14	0	0
2	22	13	9
3	23,5	16,5	7
4	17	14,9	2,1
5	23,1	19	4
6	20,8	13,1	7,7

Fonte: Autoria própria (2023)

Os resultados descrevem as amostras com relação ao limite de liquidez variando entre 14% e 23,5%, limite de plasticidade 0% e 16,5 % e por fim, o índice de plasticidade que consiste na relação entre a diferença do limite de liquidez e plasticidade ocorrendo variação de 0% a 9%, sendo este, solo possuindo baixa plasticidade a ligeiramente plástico.

5.4 Classificação do solo

5.4.1 Classificação do solo segundo o SUCS

As amostras de solo também foram classificadas pelo sistema unificado (SUCS) com os seguintes resultados na Tabela 5:

Tabela 5: Resultados da classificação SUCS.

Amostras	Passa #200 (%)	Retido #4 (%)	Retido #200 dividido por 2	% finos	LL (%)	IP (%)	Classificação
AM-1	22,00	13,00	39	22,10	14	NP	SM
AM-2	13,00	15,00	43	13,41	20	7	SC-SM
AM-3	21,00	9,00	40	20,85	23	7	SC-SM
AM-4	22,00	2,00	39	21,83	17	2	SM
AM-5	30,00	1,00	35	30,13	23	4	SC-SM
AM-6	34,00	11,00	33	33,97	21	8	SC

Fonte: Autoria própria (2023)

Após essa classificação percebe-se que o solo apresenta um comportamento heterogêneo, pois ele apresenta características variando de uma areia siltosa (SM) até uma areia argilosa (SC).

5.4.2 Classificação do solo segundo o método rodoviário

As amostras também foram classificadas pela classificação rodoviária, produzindo os seguintes resultados na Tabela 6:

Tabela 6: Resultados da classificação Rodoviária.

Amostras	Passa #10 (%)	Passa #40 (%)	Passa #200(%)	LL (%)	IP (%)	Classificação
AM-1	83,00	66,00	22	14	NP	A-3
AM-2	78,00	56,00	13	20	7	A-2-4
AM-3	89,00	75,00	21	23	7	A-2-4
AM-4	96,00	75,00	22	17	2	A-2-4
AM-5	97,00	70,00	30	23	4	A-2-4
AM-6	82,00	60,00	33	21	8	A-2-4

Fonte: Autoria própria (2023)

Os resultados demonstram que o solo, por essa metodologia, apresenta classificações bem semelhantes, indicando um solo, para fins rodoviários, com comportamentos provavelmente semelhantes ao longo do trajeto analisado, variando entre A-3 (Areia fina) e A-2-4 (Pedregulhos e areias siltosas ou argilosas).

5.5 Comparação com o trabalho de Guilherme (2015)

A comparação dos resultados com os resultados obtidos por Guilherme (2015).

Tabela 7: Comparativo o experimento de Guilherme (2015).

AMOSTRA:			AM-1	AM-2	AM-3	AM-4	AM-5	AM-6	AM-1 Guilherme (2015)	AM-2 Guilherme (2015)
GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO (%EM PESO QUE PASSA)	#	mm								
	3"	75	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	2"	50	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	3/4"	19	100,00	100,00	99,00	100,00	100,00	96,00	100,00	100,00
	3/8"	9,50	93,00	94,00	9,00	99,00	99,00	92,00	93,00	99,00
	4	4,80	87,00	85,00	91,00	98,00	99,00	90,00	80,00	90,00
	10	2,00	83,00	79,00	87,00	96,00	97,00	82,00	64,00	80,00
	16	1,20	80,00	75,00	88,00	94,00	94,00	75,00	55,00	74,00
	30	0,60	73,00	65,00	82,00	83,00	82,00	64,00	41,00	59,00
	40	0,42	66,00	56,00	75,00	75,00	70,00	60,00	35,00	49,00
	50	0,30	60,00	47,00	66,00	65,00	59,00	56,00	25,00	37,00
	100	0,15	38,00	27,00	40,00	40,00	40,00	45,00	12,00	20,00
	200	0,075	22,00	13,41	21,00	22,00	30,00	34,00	3,26	10,00
LIMITE DE LIQUIDEZ (%):			14	20	23	17	23	21	27	NL
LIMITE DE PLASTICIDADE (%):			NP	13	16	15	19	13	20	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDADE (%):			NP	7	7	2	4	8	7	NP
ÍNDICE DE GRUPO (IG):			-	-	-	-	-	-	-	-
CLASSIFICAÇÃO:	HRB		A-3	A 2-4	A 2-4	A 2-4	A 2-4	A 2-4	A 2-4	-
	SUCS		SM	SC-SM	SC-SM	SM	SC-SM	SC	SW	SW-SC
ENERGIA PROCTOR NORMAL	MASSA ESP. SECA MÁX (g/cm³)		2	1,85	1,90	1,92	1,92	1,92	2,18	2,23
	UMIDADE ÓTIMA (%)		11	10,6	14,2	11,2	11,2	15,2	12,1	9,03
	ISC(%)		-	-	-	-	-	-	-	-
	EXPANSÃO(%)		-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria (2023)

Primeiramente, quando se refere ao limite de liquidez as amostras 2, 3, 4 e 5 percebem-se que foram bastante similares à encontrada por ela na amostra do Laboratório AM- 1 Guilherme (2015), ocorrendo pouca variação. Com relação a índice de plasticidade as amostras 2 resultou no mesmo resultado identificado na amostra (AM-1 Guilherme (2015)). Os solos caracterizados por Guilherme (2015) foram uma a Areia bem graduada (AM-1) e Areia bem graduada, argilosa (AM- 2), sendo as amostras deste estudo 2,3,4, 5 e 6 resultando em um solo A 2-4 que consiste em material pedregulhoso ou areias siltosas ou argilosas. Porém a AM2

Guilherme (2015) não possui semelhança com os resultados abordados. Por tanto, destaca-se a heterogeneidade nos solos próximos a UFERSA, Angicos.

6 CONCLUSÃO

A caracterização dos solos é de suma importância quando relacionado à sua utilização, principalmente para melhoria de rodovias. Estudar e classificar os solos em variados grupos, dispondo do conhecimento sobre as suas propriedades e características, possibilitando o uso adequado de acordo com as finalidades que devem atender.

Descrevendo o solo estudado, tomando como referência o método de classificação rodoviário o solo apresentou-se na amostra 1 como um solo A-3, sendo ela areia fina, e as demais amostra como A-2-4 um solo com material pedregulhoso, areia siltosa ou argilosas. De acordo com a classificação do SUCS, o solo das amostras 1 e 4 foi classificado como areia siltosa (SM), as amostras 2, 3 e 5 foram classificadas areia argilo siltosa (SC-SM) e a amostra 6 foi classificada como areia argilosa.

Em termos gerais as amostras de Guilherme 2015, apresentam uma granulometria com menor teor de finos do que as amostras estudadas. Apesar disso, o índice de plasticidade foi semelhante, quanto a classificação dos solos o método rodoviário foi também semelhante e o método unificado apresentou resultados de solos predominante granular.

Fica como sugestão para trabalhos futuros um estudo detalhado e aplicação do ensaio do Índice de Suporte Califórnia (CBR) em conjunto com a coleta de mais amostras, a fim de avaliar a resistência do solo.

REFERÊNCIAS

- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6457: **amostras de solo-Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-7202: **Terminologia e classificação de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 1982.
- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-7181: **solo-análise granulométrica-procedimento**. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-7182: **solo-ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-7180: **Solo-Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6459. **Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 2004.
- BERNUCCI, Liedi Bariani et al, **Pavimentação Asfáltica**: formação básica para engenheiros.
- CAMARGO, OA de; ALLEONI, Luís Reynaldo Ferracciu. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. 1997.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6º ed. Rio de Janeiro: livros técnicos e científicos, 1988.
- DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1998) ME 83 - Agregados – análise granulométrica.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de Pavimentação**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisa Rodoviárias. 3 ed. –Rio de Janeiro, 2006.
- GUILHERME, Deize Daiane Pinto. **Caracterização dos solos das vias internas da UFERSA-Campus Angicos**. 2015. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências Exatas, Tecnológicas e Humanas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2015. CD-ROM.
- LIMA, Cláudia Liane Rodrigues de. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MEANS, Raymond Ellsworth; PARCHER, James V. **Physical properties of soils**. Prentice-Hall of India,, 1965.

ORTIGÃO, J. A. R. Introdução à mecânica dos Solos dos Estados Críticos. 3ª Edição. **Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos**, 2007.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos**. 3º ed. São Paulo: oficina de textos, 2006.

SANTOS, Eliana Fernandes. **Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais**.

Dissertação (Engenharia civil: transportes) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

VARGAS, Milton, **Introdução à mecânica dos solos**, McGraw-Hill do Brasil, ed da universidade de são Paulo, 1977.