

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

**ESTUDO COMPARATIVO DE DIFERENTES SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÕES
GEOTÉCNICAS APLICADAS A SOLOS
DE CIDADES DA REGIÃO TOCANTINA DO ESTADO DO MARANHÃO E DO
INTERIOR DO ESTADO DO PARÁ.**

**BRUNO SILVA LACERDA¹, BRUNO LUCIO MENESES NASCIMENTO¹, LUCAS
MANOEL DA SILVA¹**

AFILIAÇÃO

¹ UEMASUL - CCHSTL/Eng. Civil - Rua Topázio, 100. Vila São Francisco. CEP: 65930-000. Açailândia-MA.

RESUMO

O presente estudo visa contribuir para o entendimento das propriedades dos solos da região e fornecer informações relevantes para o desenvolvimento de projetos de construção com base nas características desses solos, além de trazer informações quanto a compatibilidade dos resultados do sistema SUCS com o AASHTO-TRB. Nesta pesquisa foram coletados 5 solos das cidades de Itinga-MA, Açailândia-MA e Imperatriz-MA. Foram empregados os sistemas de classificação American Association of State Highway and Transportation - Transportation Research Board - AASHTO-TRB, o Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS, a fim de comparar a compatibilidade dos resultados e das recomendações de utilizações conforme bibliografia. Foram efetuados ensaios de limite de liquidez, plasticidade e granulometria para então serem feitas as classificações das amostras. Também foi utilizado o mapa pedológico da EMBRAPA através do software Google Earth para delimitar as áreas de estudo e identificar as classes de solos. As amostras de solo analisadas apresentaram composição majoritariamente fina, os valores de limite de liquidez variaram entre 18,0% e 32,0%, sendo influenciados pela presença de argila nas amostras. A avaliação dos solos para construção civil revelou que a amostra IV de Açailândia apresentou as melhores recomendações, com características medianas de compressibilidade, boa estabilidade do aterro. Todas as amostras apresentaram permeabilidade positivas, enquanto as amostras II, IV e V foram consideradas suscetíveis à erosão. No método AASHTO-TRB, as amostras I e IV obtiveram resultados excelentes a bom para comportamento como subleito. A comparação entre os sistemas revelou que cada um deles oferece conclusões e recomendações específicas para os tipos de solos analisados. O método SUCS apresenta uma gama mais ampla de recomendações voltadas para áreas de pavimentação, enquanto o mapa pedológico enfoca as características físicas do solo. O método AASHTO-TRB, por sua vez, possui poucas recomendações disponíveis na literatura, o que sugere a necessidade de mais ensaios para aprofundar o conhecimento sobre os solos estudados. A aplicação desses sistemas permitiu avaliar a adequação dos solos para uso na construção civil, considerando características como compressibilidade, expansão, permeabilidade, drenagem e utilização em diferentes estruturas.

PALAVRAS-CHAVE: Classificações de solos; Recomendações de utilização; Construção civil.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

INTRODUÇÃO

De acordo com Silva (2010) é extremamente essencial o trabalho de classificação de solos para os estudos geotécnicos, pois são utilizados para construção de barragens, rodovias, fundações de estruturas de grande porte, cortes, aterros e até mesmo obras viárias.

Nesse sentido, uma maneira simples e eficiente de conhecer as características hidráulicas e mecânicas dos solos é realizando ensaios em laboratório, tais ensaios fornecerão subsídios para que seja possível a utilização de sistemas de classificações e esses sistemas, quando eficientes, conceberão informações sobre o tipo de comportamento mecânico e hidráulico do solo a se esperar do solo, quando este for solicitado (Villibor et. al 2009).

Sendo de grande importância um adequado conhecimento do comportamento dos solos quando estes forem utilizados em suas diversas finalidades, o sistema de classificação utilizado tem que promover resultados que expressem o seu comportamento quando solicitados (Villibor; Nogami 2009).

O presente estudo visa contribuir para o entendimento das propriedades dos solos da região e fornecer informações relevantes para o desenvolvimento de projetos de construção com base nas características desses solos, além de trazer informações quanto a compatibilidade dos resultados do sistema SUCS com o AASHTO-TRB.

METODOLOGIA

Nesta pesquisa foram coletados 5 solos da região Tocantina do Maranhão, sendo 1 da cidade de Itinga-MA, 3 da cidade de Açailândia-MA e 1 da cidade de Imperatriz-MA. Após isso, foram empregados os sistemas de classificação American Association of State Highway and Transportation - Transportation Research Board - AASHTO-TRB e o Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS.

Após feita as classificações, verificar-se-à, através de revisão bibliográfica, a condição dos solos para usos na construção civil, através das características acerca da compressibilidade, expansão, permeabilidade, drenagem, fertilidade natural, da utilização como material de aterro, subleito, base e pavimento provisório.

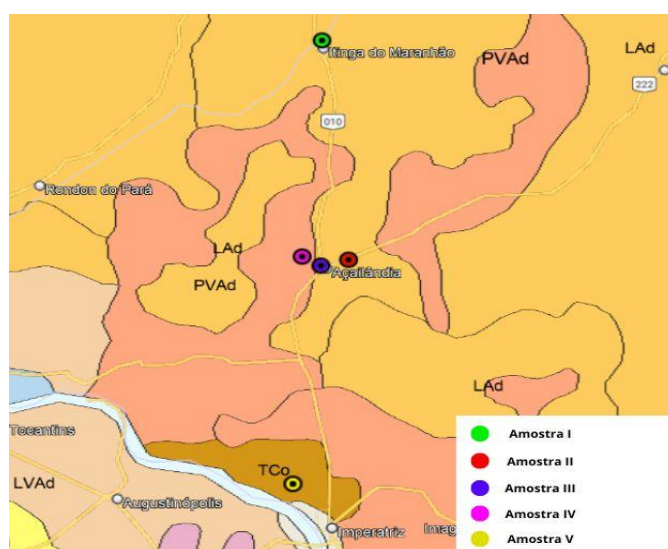
Por motivos de indisponibilidade e falta de recurso, não foi possível a coleta dos solos da cidade de Tucuruí, no Pará, assim como também não foi possível a execução dos ensaios de MCT e Adsorção de metileno devido à falta de material apropriado no Laboratório de Hidráulica, Geotecnia e Pavimentação – HIGEOPAV e a demora da chegada dos equipamentos

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

comprados pelos autores do trabalho, impossibilitando a execução desses ensaios.

As amostras de solos foram coletadas manualmente pelos autores e levadas para o Laboratório de Hidráulica, Geotecnia e Pavimentação - HIGEOPAV da UEMASUL – Centro de Ciências Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras, campus Açailândia-MA, sendo elas retiradas a uma profundidade de 0,80m a 1,00m, com os pontos de amostragem e informações apresentados na Figura 1 e Tabela 1.

Figura 1: Locais de extração das amostras de solo (setas) e suas classificações pedológicas



Fonte: Adaptado do Google Earth pelos autores (2023)

Tabela 1: Localização e datas de coleta dos solos

Solo	Cidade	Coordenadas		Data da coleta
		Latitude e Longitude		
Amostra I	Itinga	4°25'58.0"S	47°31'03.9"W	04/2023
Amostra II	Açailândia	4°55'57.55"S;	47°27'0.31"W	05/2022
Amostra III	Açailândia	4°56'48.8"S	47°30'11.3"W	04/2023
Amostra IV	Açailândia	4° 55' 37.78"S	47°32'23.53"W	08/2022
Amostra V	Imperatriz	5°25'44.7"S	47°32'28.3"W	07/2022

Fonte: autores (2023).

Após feita a coleta das amostras, todas foram submetidas aos ensaios de Granulometria, limite de liquidez e limite de plasticidades, todos seguindo as instruções das normas: ABNT NBR 7181 – Solo – Análise granulométrica (2016), ABNT NBR 6459 – Solo – Determinação do Limite de Liquidez (2016), ABNT NBR 7180 – Determinação do limite de plasticidade.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Em seguida, utilizando os métodos de classificação SUCS e AASHTO-TRB, classificou-se as amostras obtidas para depois, utilizando-se a tabela de características de utilização dos solos de Castillo e Rico (1974), verificou-se a adequação dos solos estudados em relação a utilidade na construção civil e infraestrutura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode ser notado na tabela 2, onde é possível observar que duas das amostras são finos de acordo com o SUCS e três de acordo com o AASHTO-TRB.

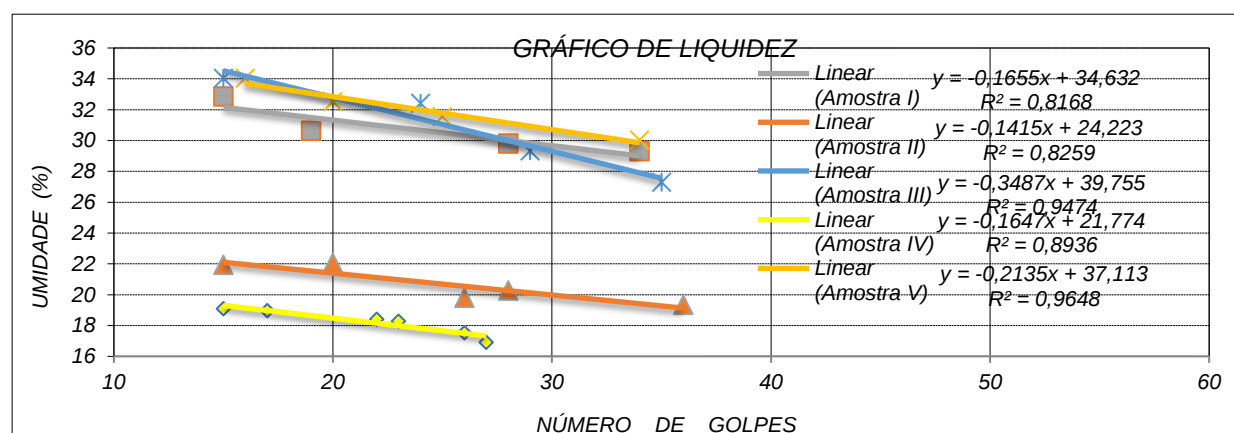
Tabela 2: Caracterização dos solos

Solo	Areia	Silte + Argila
Amostra I	71%	29%
Amostra II	58%	42%
Amostra III	40%	60%
Amostra IV	66%	34%
Amostra V	49%	51%

Fonte: autores (2023).

No gráfico 1, é possível notar os valores do limite de liquidez das amostras. A amostra I, II, III, IV e V obtiveram, respectivamente, os limites de liquidez: 30,1%, 20,3%, 32,0%, 18,0% e 31,5%.

Gráfico 1: Gráfico do Limite de Liquidez das amostras



Fonte: Autores (2023)

Na tabela 3, estão dispostos os valores do limite de liquidez, do limite de plasticidade

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

e do índice de plasticidade. O limite de liquidez representa o teor de umidade no qual o solo passa de um estado líquido para um estado plástico. O limite de plasticidade indica o teor de umidade no qual o solo muda de um estado plástico para um estado semiplástico. O índice de plasticidade é calculado subtraindo-se o limite de plasticidade do limite de liquidez e reflete a faixa de umidade na qual o solo exibe comportamento plástico. Esses valores são fundamentais na caracterização e classificação dos solos, fornecendo informações importantes sobre suas propriedades e comportamento geotécnico.

Tabela 3: Valores do LL, LP e IP das amostras

Solo	Limite de Liquidez	Limite de Plasticidade	Índice de Plasticidade
Amostra I	30,1	23,5	6,6
Amostra II	20,3	13,7	6,6
Amostra III	32,0	24,7	7,3
Amostra IV	18,0	10,0	8,0
Amostra V	31,5	28,4	3,1

Fonte: Autores (2023)

A tabela 4 evidencia a classificação das amostras analisadas segundo o método AASHTO-TRB e SUCS, onde pode-se observar que, pelo método AASHTO-TRB, 2 amostras foram classificadas como areia grossa e 3 amostras como areia siltosa. Através da classificação dos solos pelo método AASHTO-TRB é possível verificar o comportamento do solo para subleito em rodovias, explicitando assim a importância desta classificação para a engenharia rodoviária. As amostras I (Itinga-MA) e IV (Açailândia-MA), ambas classificadas como A2-4, apresentam comportamento considerado excelente a bom, ou seja, podem ser utilizadas sem maiores preocupações ou necessidade de reforço.

Tabela 4: Classificação dos solos pelos métodos AASHTO

Solo	AASHTO-TRB	Solo	SUCS	Solo
Amostra I	A2-4	Areia grossa	SM	Areia siltosa
Amostra II	A4	Areia siltosa	SM	Areia siltosa
Amostra III	A4	Areia siltosa	CL	Argila inorgânica
Amostra IV	A2-4	Areia grossa	SM	Areia siltosa
Amostra V	A4	Areia siltosa	ML	Silte inorgânico

Fonte: Autores (2023)

As amostras II, III e V foram classificadas como solos A4, compostos por areia siltosa,

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

com um comportamento subleito considerado sofrível a mau pelo método AASHTO-TRB, requerendo reforço ou melhoria. As amostras I, II e IV foram classificadas como SM (areia siltosa) pelo SUCS, enquanto a III e V foram CL (argila inorgânica) e ML (silte inorgânico). No entanto, todos esses solos foram considerados inadequados para uso em reforço de subleito, camada de proteção à erosão ou revestimento primário, de acordo com Bernucci et al. (2022). Apenas a amostra II teve resultados consistentes nos dois métodos, sendo classificada como areia siltosa, mas a divergência entre os métodos não teve um grande impacto na sua utilização na engenharia rodoviária.

A tabela 5 mostra os resultados das amostras analisadas pelo método SUCS quando analisadas a partir de características como peso específico seco, compressibilidade e expansão, permeabilidade e drenagem, estabilidade de aterro, utilização em subleito, base e pavimento provisório com pouco revestimento ou com tratamento asfáltico, de acordo com a tabela de Castillo e Rico (1974).

Tabela 5: Características dos solos analisados

Solo	Peso específico seco (Energia normal ton/m ³)	Compressibilidade e Expansão	Permeabilidade e drenagem	Estabilidade do aterro	Subleito	Base	Pavimento Provisório	
							c/pouco revestimento	c/tratamento asfáltico
Amostra I	1,7 a 2,0	Pouca	Impermeável, Ruim	Regular	Regular a bom	Ruim	Ruim	Regular a ruim
Amostra II	1,7 a 2,0	Pouca	Impermeável, Ruim	Regular	Regular a bom	Ruim	Ruim	Regular a ruim
Amostra III	1,7 a 2,0	Pouca	Impermeável, Ruim	Regular	Regular a bom	Ruim	Ruim	Regular a ruim
Amostra IV	1,5 a 1,9	Média	Impermeável, Não drena	Bom	Regular a ruim	Nula	Ruim	Ruim
Amostra V	1,5 a 1,9	Pouca a média	Impermeável, Ruim	Ruim	Regular a ruim	Nula	Ruim	Ruim

Fonte: Castillo e Rico (1974)

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

O estudo avaliou as características geotécnicas de diferentes amostras de solo, focando no peso específico seco, compressibilidade, expansão, permeabilidade, drenagem e adequação para uso em aterros, subleitos, bases de pavimentos e pavimentos provisórios. Os solos analisados demonstraram ser relativamente densos, indicando boas propriedades de suporte, porém, a adequação depende do uso pretendido.

As amostras variaram em compressibilidade e expansão, com algumas apresentando pouca compressibilidade, enquanto outras média. A permeabilidade e drenagem foram geralmente baixas, aumentando o risco de enchentes. Para aterros, as amostras I, II, III e IV foram recomendadas, mas a amostra V foi considerada inutilizável. Para subleitos, as amostras I, II e III foram recomendadas, enquanto IV e V não foram. Todas as amostras foram desaconselhadas para uso em bases de pavimentos e pavimentos provisórios, destacando-se as amostras IV e V, que foram consideradas inadequadas para qualquer tipo de empreendimento.

CONCLUSÕES

A comparação entre os sistemas revelou que cada um deles oferece conclusões e recomendações específicas para os tipos de solos analisados. O método SUCS apresenta uma gama mais ampla de recomendações voltadas para áreas de pavimentação, enquanto o mapa pedológico enfoca as características físicas do solo. O método AASHTO-TRB, por sua vez, possui poucas recomendações disponíveis na literatura, o que sugere a necessidade de mais ensaios para aprofundar o conhecimento sobre os solos estudados.

A aplicação desses sistemas permitiu avaliar a adequação dos solos para uso na construção civil, considerando características como compressibilidade, expansão, permeabilidade, drenagem e utilização em diferentes estruturas. Dentre as amostras analisadas, a amostra IV de Açailândia apresentou os melhores resultados em termos de recomendações, com características medianas de compressibilidade e aterro, além de boa estabilidade do aterro.

Através do método AASHTO-TRB, as amostras I e IV obtiveram resultados considerados como excelente a bom para comportamento como subleito, enquanto as demais amostras apresentaram resultados sofríveis a mau.

Com base nos resultados obtidos, fica evidente a importância de um conhecimento adequado do comportamento dos solos para sua utilização em várias finalidades. Os sistemas de classificação geotécnica desempenham um papel fundamental nesse processo, fornecendo informações sobre o comportamento mecânico e hidráulico esperado dos solos quando

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

submetidos a diferentes solicitações.

Portanto, este estudo contribui para avançar o conhecimento dos solos na região Tocantina do Maranhão, fornecendo informações relevantes para futuros projetos e obras civis na área. A análise comparativa dos sistemas de classificação geotécnica utilizados destaca a importância de considerar múltiplos critérios e abordagens na caracterização e classificação dos solos, visando garantir a segurança e eficiência das construções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 6457: **Amostras de Solo – Preparação para Ensaio de Compactação e Caracterização**. Rio de Janeiro, RJ, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 7180: **Solo - Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, RJ, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 7181: **Solo - Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, RJ, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 6459: **Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, RJ, 2016.
- BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 2º Ed. Rio de Janeiro: Abeda, 2022.
- RICO, Alfonso; CASTILLO, Hermilo Del. **La Ingeniería de Suelos en Las Vías Terrestres**. 1º Ed. Cidade de México. Editorial Limusa S.A.
- SILVA, Taciano Oliveira da et al. Sistemas de classificações geotécnicas de solos: estudo de caso aplicado à rodovia não pavimentada VCS 346, Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 34, p. 313-321, 2010.
- VILLIBOR, D.F et. al. **Pavimentos de Baixo Custo para Vias Urbanas**. 2ª Ed. São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 196 p.
- VILLIBOR, Douglas Fadul; NOGAMI, Job Shuji. **Pavimentos Econômicos: tecnologia do uso dos solos finos lateríticos**. Editora Arte & Ciência, 2009.