

ESTUDO DE PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS E AVALIAÇÃO DE ERODIBILIDADE DE UM SOLO RESIDUAL DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC

Bianca Schlickmann Felisbino

Acadêmica do curso de Engenharia Civil de Infraestrutura na Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil,
biaschlickmann10@gmail.com

Augusto Teixeira de Sousa

Acadêmico do curso de Engenharia Civil de Infraestrutura na Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil,
augusto.tsousa@gmail.com

Marcela Saragioto Spada

Acadêmica do curso de Engenharia Civil de Infraestrutura na Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil,
marcela_spada@hotmail.com

Helena Paula Nierwinski

Professora do curso de Engenharia Civil de Infraestrutura na Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil,
helena.paula@ufsc.br

Resumo. *O presente trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento de um solo residual, com vistas à caracterização e avaliação da suscetibilidade a efeitos erosivos. Para realização deste estudo, foram coletadas amostras deformadas para ensaios de caracterização e amostras indeformadas para avaliação do potencial erosivo do solo. Os ensaios de caracterização do material englobaram a determinação da curva granulométrica por peneiramento e sedimentação, dos limites de liquidez e plasticidade, da densidade real dos grãos, além do ensaio de compactação. Já para a avaliação de efeitos de erodibilidade, foram realizados ensaios de infiltrabilidade e perda de massa por imersão. A curva granulométrica demonstrou heterogeneidade no diâmetro das partículas. A parcela fina apresentou plasticidade baixa. Os resultados referentes à*

infiltrabilidade demonstraram baixa capacidade de absorção de água. Por outro lado, observaram-se baixas perdas por imersão, indicando que mesmo ocorrendo escoamento superficial o solo em estudo apresenta baixa tendência à erodibilidade.

Palavras-chave: Solos residuais. Caracterização. Erodibilidade.

1. INTRODUÇÃO

É de suma importância o conhecimento do comportamento dos solos, principalmente quando se tem o objetivo de realizar uma obra sobre este. Um dos elementos-chave que deve ser considerado é que o solo se encontra exposto à ação do intemperismo e, portanto, à ação de agentes erosivos externos ativos e

passivos, que podem interferir diretamente no seu comportamento.

De acordo com Gomes (2001) os agentes ativos englobam os agentes erosivos que estão diretamente relacionados com o efeito como: água, temperatura, vento, microrganismos e a própria ação antrópica. Já os agentes passivos são aqueles, que dependendo de suas características podem ou não favorecer a ocorrência da erosão, tais como: topografia (inclinação e ação da gravidade), cobertura vegetal e o tipo de solo.

A propriedade de erodibilidade de um solo pode ser avaliada por meio de ensaios de laboratório, realizados em amostras do solo que se deseja estudar. Uma das grandes vantagens de se avaliar a erodibilidade do solo é a possibilidade de tomada de decisões que garantam a estabilidade da obra durante toda a sua vida útil.

No presente estudo busca-se caracterizar um solo de um terreno de um Condomínio Industrial, localizado no município de Joinville-SC, quanto ao seu potencial erosivo. Para tanto, foi realizada a coleta de amostras deformadas e indeformadas para realização de ensaios de caracterização básica, além dos ensaios de perda de massa por imersão e de infiltrabilidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização Básica dos Solos

Segundo Caputo (1996), os solos são misturas complexas de materiais inorgânicos e resíduos orgânicos parcialmente decompostos. Os solos diferem grandemente de área para área, não só em quantidade (espessura de camada), mas também qualitativamente.

Pode-se dizer que solo é um conjunto de partículas sólidas que deixam espaços vazios entre si, sendo que estes vazios podem estar preenchidos com água, com gases (normalmente o ar), ou com ambos. Para definir o estado do solo, sendo este afetado por fatores naturais (chuvas, insolação) ou não

(compactação mecânica, cortes e aterros), utilizam-se os índices físicos (PINTO, 2000).

A caracterização física é feita usualmente recorrendo a um conjunto de ensaios de rotina. Este conjunto de ensaios expeditos proporcionam a obtenção de parâmetros e índices que identificam não só a natureza do solo, bem como, podem ser correlacionados com as suas propriedades mecânicas.

O primeiro ensaio a ser realizado para caracterização do material é a análise granulométrica. O ensaio consiste na determinação dos diâmetros das partículas que compõem o solo. O método de ensaio é regido pela NBR 7181/2017 - Solo Análise granulométrica, da ABNT. Para obtenção da porcentagem de partículas de cada diâmetro se utiliza o método de peneiramento, para análise de partículas mais grosseiras e, a sedimentação, para análise de partículas mais finas. A ABNT NBR 6502/1995 fornece diferentes nomenclaturas para os solos (Tabela 1), conforme o diâmetro do grão predominante.

Tabela 1. Classificação granulométrica

Classificação	Diâmetro dos grãos (mm)
Bloco de Pedra	$d > 1000$
Matacão	$200 < d < 1000$
Pedra	$2 < d \leq 60$
Pedregulho	$0,60 < d \leq 2$
Areia Grossa	$0,20 < d \leq 0,60$
Areia Média	$0,06 < d \leq 0,20$
Silte	$0,002 < d \leq 0,06$
Argila	$d \leq 0,002$

Fonte: ABNT NBR 6502/1995.

Para solos com predominância de partículas finas, a determinação dos Limites de Liqueidez (LL) e Plasticidade (LP) auxilia na caracterização dos mesmos. Estes ensaios são realizados conforme orientações das normas NBR 6459/2017 e NBR – 7180/2016, respectivamente.

Além destes ensaios básicos, a determinação da umidade natural, da massa específica aparente seca máxima, da umidade ótima e da densidade real dos grãos auxilia na correta avaliação do comportamento dos solos.

2.2 Erodibilidade e Infiltrabilidade

Bastos (1999) define erodibilidade como a propriedade do solo que retrata a maior ou menor facilidade com que suas partículas são destacadas e transportadas pela ação de um agente erosivo. Constitui uma das propriedades de comportamento dos solos de maior complexidade, em função do grande número de fatores físicos, químicos, biológicos e mecânicos intervenientes.

A escolha de um índice apropriado para estimativa da erodibilidade do solo depende de muitos fatores, sendo de maior relevância os que governam o processo erosivo sob condições naturais (WISCHMEIER, 1962). Entre estes pode-se destacar as propriedades do solo que afetam a permeabilidade e o escoamento superficial, relacionadas à resistência do solo ao impacto das gotas de chuva.

Segundo Denardin (1990), a erodibilidade pode ser qualificada por três meios distintos, primeiramente com base na perda de solos e na determinação do fator erosividade das chuvas; estudos de simulação dos eventos naturais em condições controladas em laboratório; e, computação de índices de ponderação por meio de equações matemáticas, que incluem parâmetros do solo associados aos efeitos da erodibilidade. Estas equações matemáticas têm sido ajustadas por tendências estatísticas estabelecidas a partir de valores de referência, obtidos para parâmetros físicos, químicos e mineralógicos do solo.

Segundo Bacellar (2000), a erodibilidade é um índice que expressa a suscetibilidade à erosão de um material a um determinado agente erosivo. No caso da erosão hídrica, a erodibilidade pode ser visualizada como dependente do balanço de forças opostas: as forças atuantes dos agentes erosivos e as resistentes do material. A partir do conceito de erodibilidade, diversos autores se propuseram a avaliar as condições físicas e químicas dos solos, na busca por uma propriedade dos

mesmos, que estivesse diretamente relacionada ao desencadeamento do processo erosivo.

Inúmeros autores enfatizam ser a textura e a forma dos grãos, um dos fatores mais relevantes na magnitude dos efeitos erosivos sobre um dado solo. Neste aspecto, Llopis Trillo (1999) propuseram um sistema hierárquico destes efeitos em função da textura dos solos (Tabela 2), baseado no Sistema Unificado de Classificação de Solos.

Tabela 2. Suscetibilidade à erosão pela textura dos solos

Símbolo	Descrição do Solo - Classificação Unificada	Erodibilidade
GW	Pedregulho e mistura de pedregulho e areia bem graduados, com poucos ou sem finos.	Menos Erodível ↓ Mais Erodível
GP	Pedregulho e mistura de pedregulho e areia mal graduados, com poucos ou sem finos.	
SW	Areias e areias pedregulhosas bem graduadas, com poucos ou sem finos.	
GM	Cascalho siltoso, misturas de cascalho e areia, areia e silte.	
CH	Argilas inorgânicas de plasticidade elevada, argilas gordas.	
CL	Argilas inorgânicas de plasticidade baixa ou média, argilas pedregulhosas, argilas arenosas, argilas siltosas, argilas magras.	
OL	Siltes orgânicos, siltes e argilas orgânicas de plasticidade baixa.	
MH	Siltes inorgânicos, solos arenosos finos ou siltosos micáceos e diatomáceos, solos elásticos.	
SC	Areias argilosas.	
SM	Areias siltosas.	
ML	Siltes inorgânicos e areias muito finas, pó-de-pedra, areias finas siltosas ou argilosas e siltes argilosos pouco plásticos;	

Fonte: LLOPIS TRILLO, 1999.

Wang (2013) argumenta que a erodibilidade deveria levar em consideração os diferentes agentes erosivos atuantes, bem como as condições de superfície e climáticas às quais o material está exposto. No início de uma precipitação, por exemplo, o solo possui pouca quantidade de água. À medida que o evento chuvoso evolui, a saturação favorece o escoamento superficial, com variações da permeabilidade *in situ*. Neste sentido, a erodibilidade constitui um fator intrínseco ao solo e uma série de metodologias vem sendo desenvolvidas visando correlacionar algumas

das propriedades físicas e químicas dos solos com os processos erosivos, mediante a proposição de índices ou experimentos específicos para avaliação do potencial erosivo dos solos estudados.

Para quantificação da erodibilidade de um solo, pode-se levar em conta a intensidade da ação dos agentes erosivos sobre o solo. Neste sentido, a propriedade de infiltrabilidade relaciona-se a um maior ou menor escoamento superficial. Já a mensuração da perda de massa por imersão permite a definição da erodibilidade específica do solo.

Uma metodologia básica para a estimativa da suscetibilidade à erosão dos solos foi desenvolvida pioneiramente por Wischmeier e Smith (1969) para áreas cultivadas. Posteriormente esta metodologia foi corrigida e extrapolada por outros pesquisadores para utilização em outras diversas análises. A equação que retrata esta metodologia (Eq. 1) é expressa na forma de um produto de variáveis, considerando fatores ativos e passivos, a partir de retroanálises de centenas de dados relativos a processos de erosão hídrica superficial do tipo laminar, obtidos para diferentes condições de clima, solos, relevo e condições de cultivo.

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

onde: A = taxa de erosão ou perda de solo por unidade de área e tempo, comumente expressa em t/ha anuais; R = fator erosividade da chuva, que expressa a erosão potencial ou poder erosivo da precipitação média anual; K = fator de erodibilidade do solo, que representa a capacidade do mesmo em ser suscetível à erosão; L = fator topográfico, também chamado de comprimento de rampa ou declive; S = inclinação da rampa; C = fator relativo à presença de cobertura vegetal; P = fator relativo às práticas e cultivos de manejo local (CARVALHO, 2008).

Já a erodibilidade dos solos, expressa pelo fator K, tem sido avaliada quantitativamente mediante correlações com certas propriedades do solo, uma vez que medidas diretas são

praticamente inviáveis. A Tabela 3 apresenta a variação do fator K, que representa a taxa de perda do solo por unidade de erosividade da chuva (MJ.mm/h.ha), em função do tipo de solo. Portanto o fator K (ton/MJ)/(mm/h) está representando a susceptibilidade do solo quanto à erosão.

Tabela 3. Índice de erodibilidade pelo tipo de solo

Tipo de solo	Erodibilidade	Valor de K
Solo com textura fina ou solo com muita argila	Baixa	0,05 a 0,15
Solo com textura média ou solo arenoso	Baixa	0,905 a 0,20
Solo com textura média ou solo franco	Moderada	0,25 a 0,45
Solo com alto teor de silte	Alta	0,45 a 0,65

Fonte: SILVA, 2017.

É importante ressaltar que para utilização dos dados da Tabela 3 se faz necessário quantificar a porcentagem de cada tamanho de partículas na composição do solo em análise para determinar o valor de erodibilidade K.

Vale destacar outra propriedade hidráulica dos solos não saturados, a infiltrabilidade, a qual representa a facilidade com que a água infiltra no solo através de sua superfície e é quantificada pelo coeficiente de sorção (BASTOS, 1999). O processo de infiltrabilidade está associado ao fluxo de água que ascende pela amostra, através da ascensão capilar.

3. METODOLOGIA

3.1 Local de estudo

A Fig. 1 apresenta o terreno no qual foram coletadas as amostras para o presente estudo. Salienta-se que o mesmo se encontra dentro de um condomínio industrial privado, no município de Joinville-SC. O terreno encontrava-se sem construções no momento da coleta, embora atualmente esteja sendo

realizada a construção de um galpão industrial sobre o mesmo.

O solo utilizado no estudo é um solo residual e provém da camada superficial do terreno em análise.

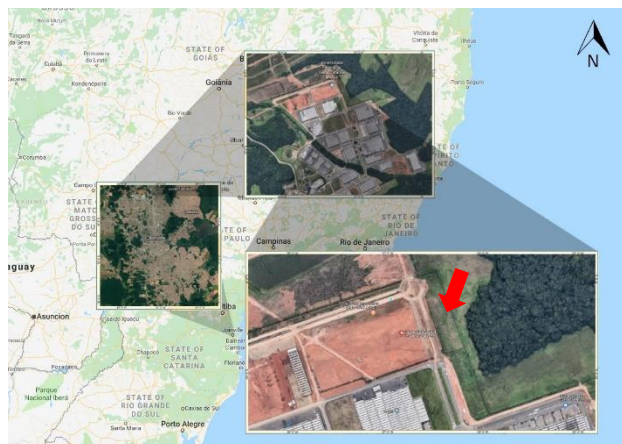


Figura 1. Local de captação do solo

3.2 Coleta de amostras

Primeiramente, foi efetuada, a coleta de uma amostra de solo deformada, para realização dos ensaios de caracterização básica.

Posteriormente coletaram-se 8 amostras indeformadas. Estas amostras foram extraídas após a limpeza superficial do terreno, retirando-se a vegetação e criando-se uma bancada (Fig. 2), onde as 8 amostras foram moldadas em anéis de PVC cilíndricos, com diâmetro de 50mm, para a realização dos ensaios de infiltrabilidade e perda de massa por imersão.

Após criação da bancada, foi, então, escavado o solo no entorno do anel de PVC, utilizando uma faca, tomando-se o cuidado para que os limites do molde não fossem ultrapassados. Na medida em que o solo lateral era removido, foi aplicada uma força para cravação do molde, força esta não muito alta para que a amostra não se deformasse. A ação foi feita sucessivamente até que todo o molde fosse preenchido por solo, mantendo-se excessos na parte superior e inferior do anel, para análise de sua umidade natural. Após o conhecimento da umidade natural, restringiu-

se a quantidade de solo nos parâmetros do corpo de prova de PVC e fez-se uma ranhura na face.



Figura 2. Coleta das amostras indeformadas em campo

Os ensaios foram realizados nos laboratórios de Mecânica dos Solos e Hidrotécnica, da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville.

3.3 Ensaios de caracterização

O processo de análise iniciou-se pela preparação da amostra do solo de acordo com a NBR 6457/2016, que se faz necessária para todos os ensaios de caracterização realizados.

A caracterização do solo iniciou-se pela análise granulométrica, na qual seguiram-se os critérios da NBR 7181/2017. A curva granulométrica foi definida pelos métodos de peneiramento e sedimentação.

O ensaio de limite de liquidez foi realizado de acordo com a NBR 6459/2017. A obtenção do limite de plasticidade seguiu os critérios da NBR 7180/2016. Várias tentativas foram realizadas até obter-se um indício de fragmentação do cilindro, seguindo-se exatamente a metodologia presente na norma obteve-se quatro amostras do ensaio satisfatórias.

O ensaio para determinação da densidade real dos grãos atendeu aos critérios da NBR 6458/2016. Esta metodologia foi empregada para três amostras de solo, em três picnômetros distintos.

Já para a determinação da curva de compactação da amostra foi seguida a NBR 7182/2016. Foi utilizado cilindro pequeno e energia de compactação *Proctor* intermediária, pois sobre o solo será construído um galpão industrial e, assim, estima-se que o solo será exposto a esforços maiores que aqueles obtidos por meio de energia *Proctor* normal. Foram efetuados 5 pontos para determinação da curva, dois no ramo seco, dois no ramo úmido e um próximo à umidade ótima.

3.4 Ensaios de erodibilidade

Para realização do ensaio foi posicionado sobre uma mesa plana, o equipamento, que se caracteriza por uma base plana de madeira com uma fita métrica fixa e, um tubo capilar, conforme mostrado na Fig. 3. Este tubo é conectado a um pequeno reservatório de PVC, do tipo kitassato e, usualmente, chamado como cachimbo. No cachimbo insere-se uma pedra porosa e o papel-filtro e, então, preenche-se o tubo capilar com água destilada, através dos cachimbos, até o ponto demarcado no menisco, como inicial do ensaio.

Realizaram-se pesagens do corpo de prova com os seguintes tempos de secagem: natural, 24h, 48h e 96h. Feito isto, posicionou-se o corpo de prova sobre o cachimbo, e realizou-se as medições do menisco no interior do capilar nos tempos estipulados (1', 2', 4', 9', 16', 25', 36', 49' e 64') ou até que não houvesse variação da altura do menisco em 3 medições seguidas.



Figura 3. Equipamento utilizado no ensaio de infiltrabilidade

O ensaio de perda de massa por imersão é normatizado pela norma DNER ME 256/1994, embora neste estudo o ensaio tenha sido executado com algumas modificações. Para realização do ensaio, preencheu-se um recipiente com água e posicionaram-se pedestais de aço. Sobre estes pedestais foram colocados os anéis de PVC que continham o corpo de prova indeformado de solo. Uma das faces do anel foi fechada com um papel-filtro e uma tampa perfurada de PVC. A outra face do corpo de prova permaneceu livre e, em frente à esta face, posicionou-se uma cápsula para coleta do material desagregado no decorrer do ensaio (Fig. 4).



Figura 4. Corpo de prova após 20h submerso

Após 20h de imersão, removeu-se os anéis que continham o solo não desagregado e, este solo foi retirado, colocado numa cápsula e levado à estufa. A cápsula com o solo que desagregou também foi pesada.

4. RESULTADOS

4.1 Ensaios de caracterização e classificação do solo

A curva granulométrica para o solo em estudo é mostrada na Fig. 5.

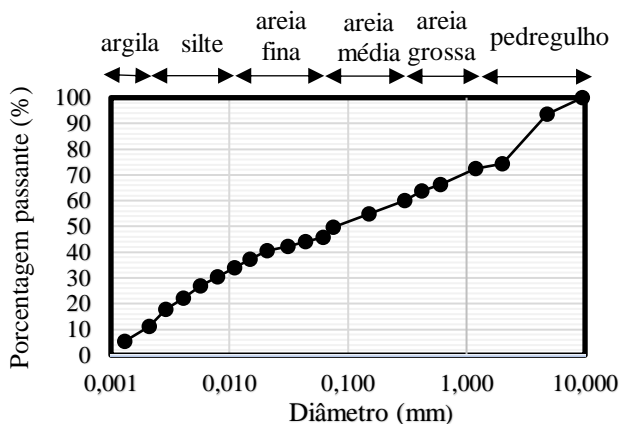


Figura 5. Curva granulométrica do solo

Em análise à Fig. 5, pode-se inferir que a amostra de solo em estudo apresenta uma curva granulométrica contínua e bem graduada, sendo encontrados no solo em questão cerca de 10% de partículas do tamanho de argila, 20% do tamanho de silte, 40% do tamanho de areia e 30% do tamanho de pedregulho, conforme classificação apresentada pela NBR 6502/1995.

A Fig. 6 demonstra as partículas retidas no processo de peneiramento. Verifica-se a existência de partículas de tamanhos variados, o que corrobora na definição da distribuição granulométrica equilibrada encontrada.

Por se tratar de um solo com uma porcentagem considerável de partículas finas, foram realizados os ensaios de LL e LP. O limite de liquidez foi determinado a partir da Fig. 7, gerada a partir dos dados do ensaio.



Figura 6. Graduação do solo em relação à sua granulometria, em ordem decrescente das dimensões das partículas

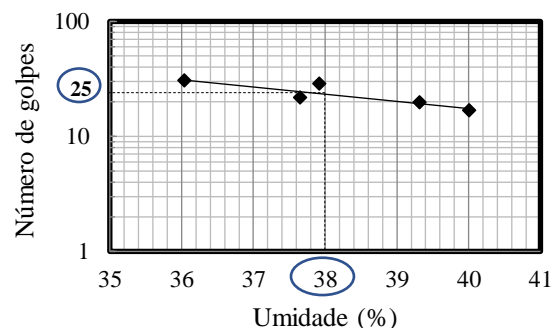


Figura 7. Limite de Liquidez

Como prescrito em norma, o limite de liquidez do solo encontra-se em 25 golpes, o qual, com a análise da Fig. 7, foi determinado como sendo igual a 38%.

O resultado do ensaio de LL e LP, juntamente com resultados dos ensaios de densidade real dos grãos (G) e índice de plasticidade são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de LL, LP, G e IP

G	LP	LL	IP
2,67	36%	38%	2%

O índice de plasticidade deste solo é 2%, podendo-se classificá-lo como fracamente plástico, assim sendo, de baixa maleabilidade. Esta característica pôde ser identificada no

procedimento prático para a realização do limite de plasticidade, no qual o solo era pouco moldável e se fragmentava facilmente.

A partir dos dados apresentados foi efetuada a classificação do solo por meio da Classificação Unificada, e pelo sistema de classificação rodoviário (AASTHO), comumente utilizados na engenharia.

Por meio deste sistema de Classificação Unificado, o solo foi classificado como *SM* (Areia Siltosa), considerando o que passa na peneira 200, menor que 50%.

Já pelo Sistema Rodoviário de Classificação, o solo em estudo foi classificado como um solo tipo A-4, de granulação fina.

Além dos ensaios apresentados, obteve-se a curva de compactação do solo, conforme mostrado na Fig. 8, juntamente com as curvas de $S=100\%$, $S=90\%$ e $S=80\%$.

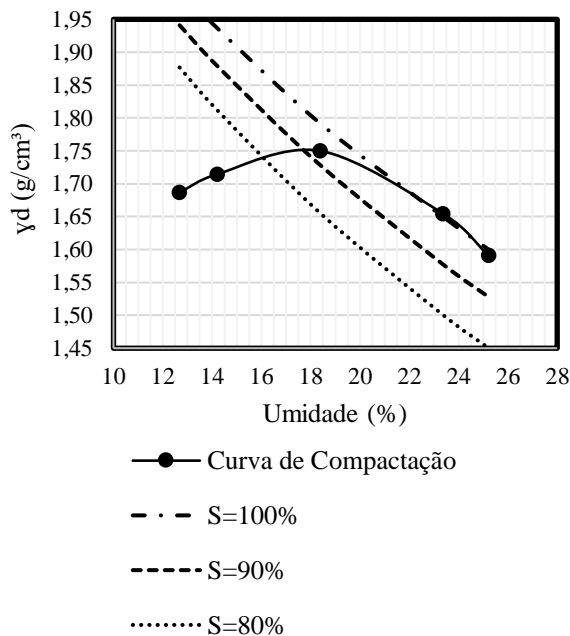


Figura 8. Curva de compactação

Em análise à Fig. 8 verificou-se que a umidade ótima do solo é de 18,5% e a massa específica aparente seca máxima (γ_d) é igual a 1,75 g/cm³. Caso este solo fosse utilizado como material de aterro na futura obra a ser implantada no local, o teor de umidade ótimo

deveria ser respeitado para que o peso específico aparente seco máximo fosse atingido.

4.2 Avaliação da erodibilidade

Para análise da propriedade de erodibilidade do solo, por meio do ensaio de infiltrabilidade, avaliou-se a quantidade de água infiltrada no solo ao longo do tempo. As medições verificadas no menisco, no tempo estipulado, para corpos de prova na umidade natural e com 24h, 48h, 96h de secagem são apresentadas na Fig. 9, que demonstra o deslocamento do menisco (cm) no decorrer do tempo (min).

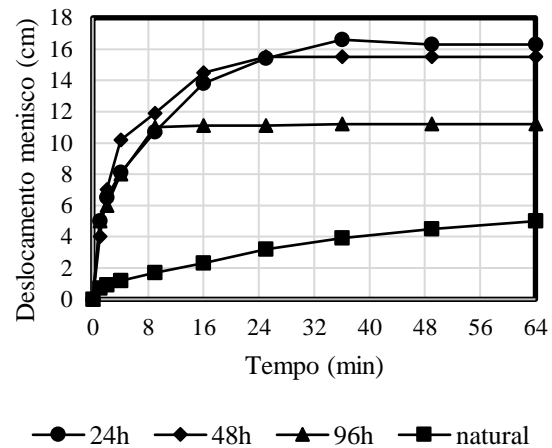


Figura 9. Deslocamento do menisco no decorrer do tempo

Através da análise das curvas apresentadas na Fig. 9, pode-se notar que os corpos de prova com 24h e 48h de secagem tiveram comportamento semelhante no quesito potencial de infiltrabilidade, além de apresentarem os valores mais altos de infiltrabilidade, entre as amostras estudadas.

Já o corpo de prova com 96h de secagem possui um potencial de infiltrabilidade mediano, em comparação aos outros corpos de prova, estabilizando a leitura antes que os demais. Este fato pode ser explicado pelo maior tempo destinado à secagem do corpo de prova, assim dissipou-se toda a quantidade de água

presente em seus vazios e posteriormente houve pouca resistência à novas partículas de água adentrando aos vazios. Diferentemente dos corpos de prova com secagem de 24h e 48h, onde havia uma saturação incompleta e presença de partículas de água que podem ter dificultado a infiltração, levando mais tempo para a estabilização.

Fazendo-se uma análise mais cautelosa das amostras e considerando-se um maior domínio sobre o comportamento do corpo de prova, em fatores como estabilização mais rápida e pouca variação no deslocamento dos meniscos, aconselha-se o uso do corpo de prova com 96h de secagem como parâmetro de projeto.

Por fim, o corpo de prova de umidade natural apresentou o menor potencial de infiltrabilidade e não houve estabilização do menisco. Destaca-se que neste corpo de prova não houve secagem higroscópica prévia, então, pode-se admitir que já havia uma quantia relevante de água em seus vazios, tornando a absorção de água lenta e em menores proporções em comparação aos corpos de prova com secagem prévia.

Notou-se retração dos corpos de prova após todos os períodos de secagem ao ar. Fator que explica uma grande perda de água para o meio.

No ensaio de perda de massa por imersão notou-se no momento de retirada das amostras da imersão, após 20h de ensaio, que as mesmas retornaram ao estado inicial de volume e não tinham perdido material. Era visível a ranhura efetuada na extremidade exposta a água.

A Tabela 5 reafirma que a perda foi muito baixa, na qual mostra a quantidade de material perdida no processo de imersão, por cada um dos corpos de prova avaliados.

Tabela 5. Perda de massa por imersão para cada CP

CP	Perda de massa (%)
Natural	0,13
24h	0,065
48h	0,031
96h	0,02

5. CONCLUSÃO

A amostra em estudo pode ser caracterizada como sendo um solo com grande variedade de diâmetros de grãos, conforme observado através de sua curva granulométrica. Em função da similaridade na porcentagem existente de partículas finas e grosseiras, pode-se afirmar que o solo pode apresentar um comportamento intermediário, estando entre um solo fino e grosseiro. Por meio dos sistemas de classificação adotados, classificou-se o solo como uma areia siltosa.

Durante os ensaios com o solo, pode-se deduzir algumas características pela análise tátil-visual, como por exemplo, a pouca maleabilidade e plasticidade apresentadas. Estas propriedades puderam ser confirmadas com a proximidade dos valores de Limite de Liquidez (LL) e Plasticidade (LP), obtendo um baixo valor de Índice de Plasticidade (IP).

Solos classificados como areias tendem a apresentar um comportamento de alta erodibilidade, o que não aconteceu com o solo estudado, através do ensaio de perda de massa por imersão. Isso pode ser explicado devido a alta parcela de material fino presente no solo, se mostrando relevante no comportamento adverso mostrado pelo mesmo. Foi também observada a variação de volume do solo de acordo com a umidade, retraindo-se quando seco e expandindo-se em imersão.

O solo apresenta uma baixa infiltrabilidade em comparação com outras areias, comportamento esse que também pode ser justificado devido à quantidade de materiais finos presente. Essa característica, na falta de cobertura vegetal, geralmente resulta em fluxo de água superficial, podendo agravar os problemas de erosão.

Apesar da baixa erodibilidade caracterizada para o solo em estudo, recomenda-se sempre a utilização de cobertura vegetal e instalação de um sistema de drenagem eficiente para evitar ocorrências de carreamento de solo pelas águas das chuvas e

garantir a estabilidade e segurança das futuras obras.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458**: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Solo e Rocha – Terminologia. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

BACELLAR, L. A. P. (2000). **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto, MG**. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil). Programa de Pós Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 240 p.

BASTOS, C.A.B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. 1999. 251f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações**. 6 ed. Rio de Janeiro: Referências Bibliográficas Solos e suas Aplicações. 6 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2000.

CARVALHO, N. O. (2008). **Hidrossedimentologia prática**. 2º Edição – revisada e ampliada. Editora Interciência. Rio de Janeiro.

DENARDIN, J. E. (1990). **Erodibilidade estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba.

DNER-ME (1994). **Norma Rodoviária 256**: Solos compactados com equipamento miniatura – Determinação da perda de massa por imersão, p.07.

LLOPIS TRILLO, G. (1999). Control de la erosión y obras de desagüe – **Manual de estabilización y revegetación de taludes**. Entorno Grafico S. L., Madri.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

PROCTOR, R.R. (1933). Fundamentals Principles of Soil Compaction. **Engineering News Record**, New York.

SILVA, João Eduardo Ribeiro da. Perda de Solo: Uberlândia: Unitri, 2017. 58 slides, color.

SOUSA, Pedro Miguel Lopes Pepe de. **Limite de Liquidez: Correlações e comparações entre os métodos de fall cone e da concha de**

casagrande. 2011. 148 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Geológica, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, https://run.unl.pt/bitstream/10362/5674/1/Sousa_2011.pdf. Acessado em 29/10/2018.

WANG, B; ZHENG F.; RÖMKENS, M. J. M.; DARBOUX, F. (2013). **Soil erodibility for water erosion: A perspective and chinese experiences.** *Geomorphology* 187, 1 – 10 p.

WISCHMEIER, W. H.; MANNERING, J. V. (1969). Relation of soil properties to its erodibility. **Soil Science Society Proceedings**, v33, p. 131-137.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. (1962). Soil loss estimation as a tool in soil and water management planing. **International Association Scientific Hydrological Publisher**, v. 59. 148-159 p.