

## Avaliação dos Efeitos da Sucção na Erosão por *Splash* em Solo Laterítico por meio de Ensaios com Simulação de Chuva

José Carlos Frazão Merabet Júnior

Engenheiro Civil, Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia, Brasil, jose\_merabet@discente.ufg.br

Helmar Antônio Cortes

Técnico, Eletrobras, Goiânia, Brasil, helmarc@eletrobras.com

Davi Wilquer Modesto Pires

Engenheiro Civil, Universidade Estadual de Goiás – UEG, Goiânia, Brasil, daviwilquer15@gmail.com

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha

Docente, Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia, Brasil, [marciamascarenha@ufg.br](mailto:marciamascarenha@ufg.br)

Marta Pereira da Luz

Engenheira Civil, Eletrobras, Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC Goiás, Goiânia, Brasil, [martaluz@eletrobras.com](mailto:martaluz@eletrobras.com)

**RESUMO:** A erosão por *splash* é o primeiro estágio do processo erosivo pluvial e ocorre quando as gotas de chuva atingem o solo sem cobertura. As propriedades de capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo tem relevante papel nesse processo, e estão associadas ao teor de umidade e/ou sucção que antecedem o evento chuvoso. No entanto, ainda não se sabe exatamente como essas propriedades se relacionam com a erosão por *splash*, principalmente quando se trata de solos lateríticos. Portanto, este trabalho investigou o processo de erosão por *splash* por meio de ensaios laboratoriais com um simulador de chuvas adaptado para medir a quantidade de solo erodida pelas gotas de chuva em diferentes condições iniciais de sucção, sendo estas monitoradas por meio de tensiômetros. Chuvas simuladas de intensidade constante de 130 mm/h foram aplicadas em amostras reconstituídas sem cobertura de um solo laterítico argilo-arenoso em declividades de 5° e 15°. Os ensaios duraram 5 minutos. Ensaios de desagregação também foram realizados para auxiliar nas análises. Os resultados revelaram que a sucção matricial não influencia significativamente na erosão por *splash*, mas sim no destacamento, que foi maior nas condições inicialmente mais úmidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solos Não Saturados, Simulador de Chuvas, Ensaios Laboratoriais, erodibilidade.

**ABSTRACT:** *Splash* erosion is the initial stage of the rain-induced erosive process and occurs when raindrops strike a bare soil. The soil's infiltration capacity and water storage properties play a significant role in this process and are associated with the moisture content and/or suction preceding the rainy event. However, it is still unclear how these properties relate to *splash* erosion, especially in the case of lateritic soils. Therefore, this study investigated the *splash* erosion process through laboratory tests with a rain simulator adapted to measure the amount of soil eroded by raindrops under different initial suction conditions, which were monitored using tensiometers. Simulated rains with constant intensities 130 mm/h were applied to uncovered reconstituted samples of a clayey-sandy lateritic soil with slopes of 5° and 15°. The tests lasted 5 minutes. Slaking tests were also conducted to assist in the analyses. The results revealed that matrix suction does not significantly influence splash erosion, but rather detachment, which is greater in initially wetter conditions.

**KEYWORDS:** Unsaturated Soils, Rainfall Simulator, Indoor Test, erodibility.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de erosão por *splash* pode ser conceitualmente dividido em dois subprocessos, incluindo o desprendimento de grãos e o início do movimento dos produtos desprendidos. De acordo com Morgan (1981), a erosão por *splash* age principalmente fornecendo material solto para o transporte pelos fluxos subsequentes gerados pela chuva. Conforme Hairsine e Rose (1991) a erosão por *splash* tem mais influência sobre as partículas destacadas do solo do que o escoamento superficial, antes que o estágio de erosão em sulcos e ravinas seja atingido.

A erosão por *splash* depende das características da chuva (erosividade) e das características do solo (erodibilidade). De acordo com Nearing *et al.* (2017), a erosividade depende explicitamente do total e das taxas de chuva e, implicitamente, da velocidade da gota de chuva, enquanto as capacidades de infiltração e armazenamento são implicitamente incluídas na erodibilidade, nos fatores de cobertura, na declividade e no comprimento do terreno.

Em relação às propriedades de erodibilidade do solo, Moragoda; Kumar; Cohen (2022) apresentam um amplo trabalho de revisão bibliográfica sobre o papel da umidade inicial do solo na erodibilidade em diversos tipos de erosão. Os autores constataram que ainda não há uma elucidação clara sobre a relação entre a umidade e a resistência do solo à erosão para uma variedade de solos, visto que depende do tipo de indicador de erosão, ou seja, do subprocesso erosivo em avaliação. Nestes subprocessos se incluem a erosão por *splash*, que é o subprocesso do estudo de erosão pluvial e o processo de desagregação.

Essas informações têm mais relevância no contexto de regiões tropicais, cujo clima é marcado pelo papel relevante da chuva associado às características geológicas e fisiográficas, constituindo um dos principais elementos desencadeadores dos processos erosivos (Camapum *et al.*, 2006). Nessas regiões, ocorrem constantemente solos na situação não saturada, principalmente na região denominada de zona ativa, que é um perfil de solo compreendido entre a superfície terrestre e a zona freática. No domínio da zona ativa ocorre variação constante de umidade e de saturação do solo. Estudos realizados em Brasília e Goiânia mostram que as variações sazonais da umidade do solo mais expressivas foram observadas nos primeiros três metros de profundidade do perfil de solo, com perda de até 14 % durante o ano (Mascarenha, 2003; Almeida *et al.*, 2015).

Le Bissonais e Singer (1992); Defersha; Quraishi; Melesse (2011) e Zambon *et al.* (2021) mostraram que em solos inicialmente mais secos, a quantidade de material erodido por *splash* foi maior do que em condições inicialmente mais úmidas. Algumas das explicações se dão ao papel da desagregação em decompor os agregados do solo, tornando-o mais erodível quando molhados rapidamente. Nos solos mais úmidos a absorção de água é mais lenta, resistindo mais à erosão. Taxas de molhagem mais lentas evitam o aprisionamento de ar e diminuem a diferença de expansão, permitindo que uma maior porção das partículas permaneçam aderidas aos agregados, mas poucos estudos mostram a quebra de agregados por esse mecanismo em solos argilosos. Le Bissonais (2016) também relatou que a mineralogia do solo, a textura, o teor de matéria orgânica e o teor inicial de água influenciam a formação de agregados, onde maior umidade inicial aumenta a resistência dos agregados contra o impacto das gotas de chuva.

Em contrapartida, Luk (1985) e Luk e Hamilton (1986) observaram maiores perdas de solo em condições inicialmente mais úmidas. Elevados teores de argila e volume reduzido de poros finos em solo grossos foram citados como fatores que reduzem a erosão por *splash* nas condições mais secas.

No entanto, existem poucos trabalhos realizados com solos brasileiros para medir a erosão por *splash* e não se tem registro de estudos verificando especificamente os efeitos da saturação dos solos. Dessa forma, faz-se necessário produzir estudos para entender como o conteúdo de água afeta a erosão por *splash* em solos brasileiros. Portanto, este trabalho tem por objetivo investigar a influência da sucção/umidade no processo de erosão por *splash* por meio de ensaios laboratoriais em um simulador de chuvas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Propriedades Físicas e Hidromecânicas do solo utilizado

O solo utilizado nessa pesquisa foi coletado nas margens da Barragem de Itumbiara, Goiás, nas coordenadas UTM: 705.193(E); 7.965.879(N) Fuso 22, Datum: WGS 84. O local foi definido considerando-se o potencial de erosão da região, conforme verificado por Jesus *et al.* (2017) e Vilhena *et al.* (2019). O solo

é uma argila laterítica, constituída predominantemente por quartzo e caulinita, com micro e macroporos devido a presença de agregações (Vilhena *et al.*, 2019). O solo possui uma erodibilidade mediana de acordo com o critério de Bastos (1999), cujos índices classificatórios foram obtidos a partir de ensaios de Inderbtizen realizados por Merabet Júnior (2023). Na Tabela 1 constam os parâmetros físicos do solo medidos por Merabet Júnior (2023).

Tabela 1. Classificação e parâmetros físicos do solo (Adaptado de Merabet Júnior, 2023).

Pedregulho %	Areia %	Silte %	Argila %	$\rho_s$ (g cm <sup>-3</sup> )	w <sub>L</sub> %	w <sub>P</sub> %	IP %	SUCS	MCT
0,5	25,7	17,4	56,4	2,62	44	24	20	CL	LA'-LG'

Nota:  $\rho_s$ , massa específica dos sólidos; w<sub>L</sub>, limite de liquidez; w<sub>P</sub>, limite de plasticidade; IP, índice de plasticidade; SUCS, Sistema Unificado de Classificação de Solo; MCT, Miniatura, Compactado, Tropical.

A curva característica solo-água (CCSA) para as trajetórias de secagem e molhagem para o solo em questão é apresentada na Figura 1. Os ensaios foram realizados em amostras com índice de vazios de 1,0 e umidade de moldagem de 25 %. Os valores de sucção até a faixa de 280 kPa são correspondentes à sucção matricial. Ambas as curvas indicam o comportamento bimodal, compatível com o comportamento de solos lateríticos.

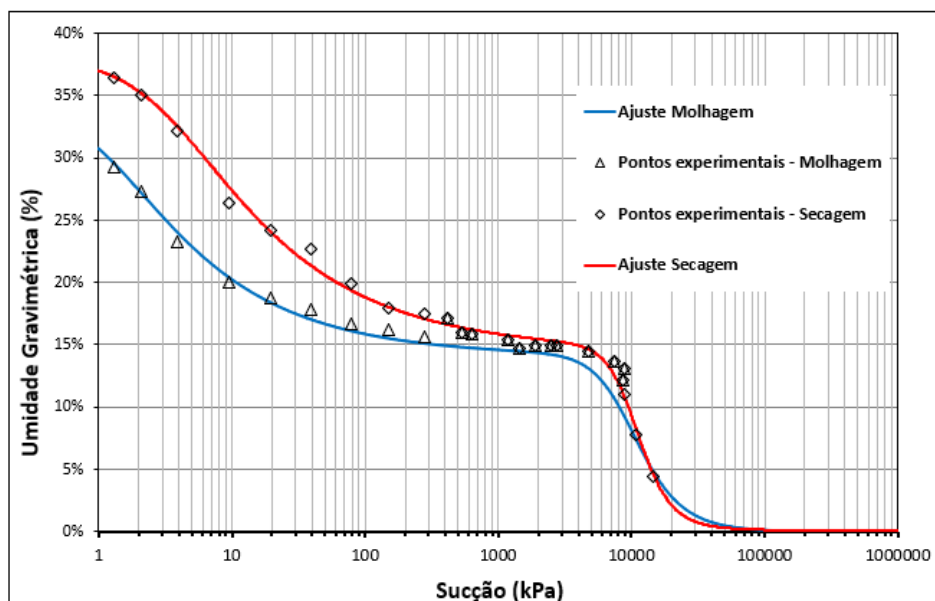


Figura 1. Curva característica solo-água nas trajetórias de secagem e molhagem (Merabet Júnior, 2023).

## 2.2 Ensaios de Erodibilidade

Os ensaios para medir a erosão por *splash* foram realizados no Simulador de Chuva (SC) construído por Mendes (2019) e adaptado por Melo (2020) e Merabet Júnior (2023) no grande laboratório do Centro de Estudos em Hidrologia e Geotecnia Ambiental - CEHIGE da Universidade Federal de Goiás -UFG. Trata-se de um simulador de chuvas do tipo aspersivo equipado com um bico aspersor do modelo Fulljet – ¼” 10 SQ HHS, com pressão de serviço ajustável, capaz de gerar chuvas constante de diversas intensidades, a depender da área do recipiente amostral. O equipamento (Figura 2a) também permite inclinações de até 45° do suporte de amostras.

Para a realizar a medição da erosão por *splash*, copos de *Splash* Morgan modificados (Morgan, 1981) foram confeccionados tendo como base a aparelhagem utilizada por Zambon *et al.* (2021). Os copos de *splash* foram feitos a partir da usinagem de luvas soldável utilizadas para fins de irrigação (Bitola de 10 cm, composição PVC, NBR 5648 e NBR 14312), e possuem formato cilíndrico com diâmetro interno de 10,29 cm e altura de 6,4 cm, conforme ilustrado na Figura 2.b. No fundo do recipiente, foi fixado uma base rígida de

espessura de 1,4 cm com um material do tipo poliacetal com furos de 0,5 cm para permitir a drenagem de água da chuva.

As amostras de solo utilizadas para o ensaio de erosão por *splash* foram compactadas de maneira semi-estática no próprio molde do copo *splash* com o auxílio de um colarinho confeccionado para encaixar sobre o copo *splash*. A amostra foi reconstituída por prensagem com teor de umidade de moldagem de 25 % para um índice de vazios ( $e$ ) de 1,0, simulando os parâmetros de campo obtidos por Merabet Júnior (2023). O solo foi compactado até atingir uma altura de 4 cm a partir da superfície do fundo, deixando uma borda livre de 1 cm a fim de evitar que, na ocorrência de empoçamento, o material solto na superfície fosse carregado pela água durante os ensaios de simulação de chuva.

Após a compactação, os copos de *splash* foram embalados e guardados em local arejado por um período de 24 horas para a estabilização da umidade. Após esse período, as amostras foram desembaladas e submetidas à secagem ao ar livre até atingirem a umidade gravimétrica requerida e, conseqüentemente, sucção requerida.

Após atingir a sucção desejada, os copos de *splash* foram colocados dentro de um coletor de respingos, com altura de 40 cm e diâmetro de 50 cm (Figura 2a). Após a exposição às chuvas que duraram 5 min, o solo erodido e a água coletada pelo recipiente coletor foram transferidos para bandejas metálicas e levados para secagem em estufa.

Os ensaios de erosão por *splash* foram realizados com umidade gravimétrica inicial ( $w_0$ ) de 25, 20 e 16 % para as inclinações ( $\alpha$ ) de 5 e 15°, com três réplicas. A intensidade de chuva ( $I_t$ ) utilizada foi de 130 mm h<sup>-1</sup>, correspondente a um período de retorno pouco inferior a 1 ano para uma chuva de 5 min de duração, de acordo com as equações *i-d-f* de chuvas propostas por Costa e Prado (2003) para a região de Itumbiara-GO. Foi a maior  $I_t$  possível para realizar o ensaio com duração de 5 min, pois foi constatado que maiores  $I_t$  ocasionavam empoçamentos de magnitude suficiente para transbordar sobre borda do copo *splash*, carregando material solto e, conseqüentemente, prejudicando a medição da erosão essencialmente por *splash*. No caso de chuvas com  $I_t$  menores do que 130 mm h<sup>-1</sup> havia o problema de pouca erosão para as condições de ensaio, pois a energia cinética da chuva é diretamente proporcional à intensidade de chuva (Melo, 2020).

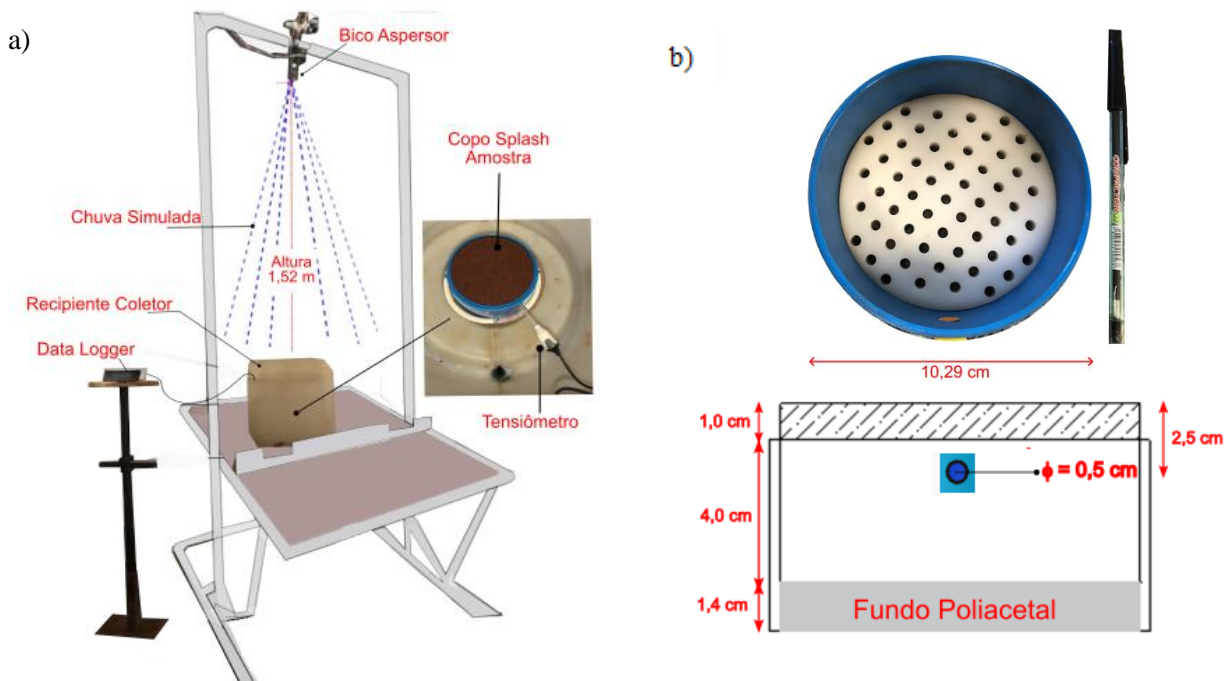


Figura 2. Componentes do ensaio de erosão por *splash*: a) Simulador de Chuvas e coletor de material erodido por *splash* e b) Detalhamento do copo *splash* utilizado para as amostras.

Para monitorar a sucção matricial do solo foi utilizado um mini tensiômetro TEROS 31 (Meter Group, Munique, Alemanha), presente na Figura 2.b. O sensor tem uma faixa de medição de potencial hídrico de -85 kPa (ou até -150 kPa durante o retardo de ebulição) a +50 kPa com uma resolução de 0,0012 kPa e uma precisão de 0,15 kPa. Para a leitura e registro dos dados medidos pelos tensiômetros foi utilizado o data

logger ZL6 (Meter Group, Munique, Alemanha) conforme mostra a Figura 2.a. A locação do tensiômetro pode ser visualizada na Figura 2b. A umidade gravimétrica foi controlada por meio da pesagem do corpo de prova.

Ensaio de desagregação também foram realizados para verificar a eficiência do desprendimento das partículas sólidas em situações diferentes de teor de umidade inicial. A metodologia utilizada foi a proposta por Santos (1997), com inundação total e parcial, em amostras reconstituídas de solo de formato cilíndrico de 5 cm de diâmetro e 6 cm de altura. Para a realização deste ensaio foram moldados cinco corpos de prova para cada situação de inundação. Os teores de umidade gravimétrica iniciais dos ensaios foram as seguintes: 10, 16, 20, 25 e 40 %, sendo este último o correspondente para o grau de saturação teórico de 100%.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Resultados dos ensaios de desagregação

Todos as amostras submetidas ao ensaio de desagregação sofreram abatimento (*slumping*) nas situações de inundação parcial e total, conforme ilustrado na Figura 3. Nesses casos, os mecanismos primários que causam a desintegração são a hidratação e a desaeração, que atuam gerando pressões positivas que desagregam o solo, conforme Santos (1997). Em solos argilosos, geralmente a hidratação causa uma expansão diferencial, perceptível na Figura 3b, sendo a principal responsável pela desagregação mesmo em solos argilosos com elevada coesão (Kemper e Rosenau, 1984). Ressalta-se que mesmo nas condições mais úmidas, quando a absorção de água é mais lenta, o processo de hidratação ocasionou o abatimento das amostras.

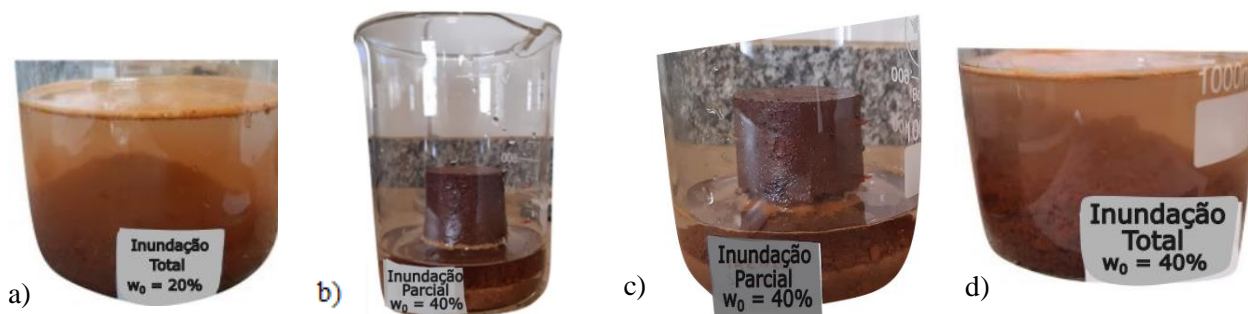


Figura 3. Amostra em processo de abatimento no ensaio de desagregação. a) Abatimento; b) Expansão diferencial antes do abatimento; c) início do abatimento e d) abatimento.

#### 3.2 Resultados dos ensaios de erosão por splash

Os resultados dos ensaios de erosão por *splash* estão disponíveis na Tabela 2, cujos valores de sucção, índice de vazios e massa erodida são as médias obtidas para cada condição. A massa erodida por área não variou de forma significativa com a variação da sucção matricial inicial ( $\psi_0$ ), pois os dados mostram que, em todos os casos, as perdas foram inferiores a 1 grama, indicando que esse tipo de erosão é limitado pelo transporte. Isso ocorre porque as declividades utilizadas no ensaio não são elevadas e, conforme Zhang *et al.* (2019), essa situação contribui para que a erosão por *splash* seja limitada ao transporte.

Tabela 2. Resultados obtidos para os ensaios de erosão por splash.

Ensaio	Inclinação da amostra $\alpha$ - (°)	Umidade Gravimétrica Inicial de Ensaio $w_0$ (%)	Sucção Matricial Inicial de Ensaio $\psi_0$ (kPa)	Índice de vazios $e$	Massa erodida ( $g\ m^{-2}$ )
SP - A1	5	25,4	9,9	1,05	6,01
SP - A3	5	20,0	86,0	1,06	10,93
SP - A5	5	16,0	800,0*	1,05	10,21
SP - A2	15	25,4	11,1	1,04	17,12
SP - A4	15	20,0	80,5	1,06	13,82
SP - A6	15	16,0	800,0*	1,07	13,22

\* Valores obtidos pela CCSA de secagem, cujo valor corresponde a sucção total.

No entanto, ao analisar as imagens das amostras após os ensaios de erosão por *splash* (Figura 3), percebe-se que as condições iniciais mais úmidas conduziram a um maior destacamento das partículas de solo, sendo perceptível ao observar um maior número de agregações soltas na superfície, principalmente na declividade de 15°. Esses dados corroboram com os resultados obtidos por Luk e Hamilton (1986) e Coote *et al.* (1988). Além disso, esses dados sustentam os resultados obtidos por Merabet Júnior (2023), onde as condições inicialmente mais úmidas produziram maior perda de massa nos ensaios de erosão pluvial, quando se mediu o solo transportado pelo escoamento superficial. Isso indica que os solos submetidos a succões iniciais menores são mais suscetíveis ao destacamento, porém, sem influenciar na erosão por *splash*, pois não se tem energia suficiente para transportar o material, mas na presença de fluxo superficial ajuda a aumentar a erosão pluvial como um todo, fornecendo mais material para ser carregado pelo escoamento superficial.

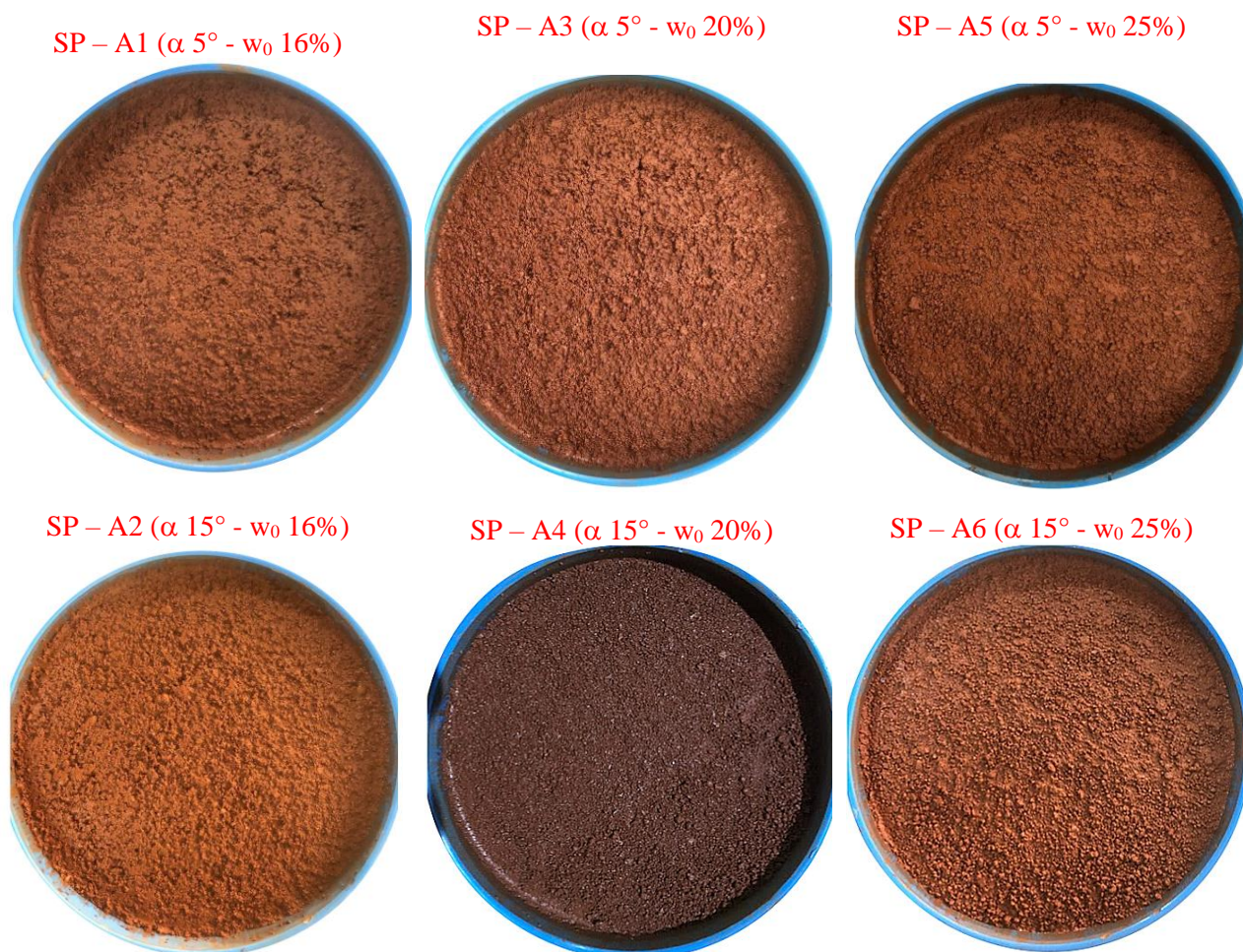


Figura 3. Amostra de solo pós ensaio de erosão por *splash*.

No trabalho realizado por Allen *et al.* (1999), conclui-se que quando o teor de argila é superior a 10 %, as propriedades coesivas naturais da argila tornam-se dominantes e dificultam o efeito da umidade e sucção na coesão do solo. Portanto, há indícios que a coesão da argila pode ser superior à poropressão positiva gerada pela precipitação mesmo nas situações inicialmente mais secas, provavelmente devido à presença de materiais cimentícios (óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio) presentes em solos lateríticos.

Moragoda; Kumar; Cohen (2022) relatam que a resistência ao destacamento pode ser beneficiada pela coesão aparente oriunda da tensão superficial, o que pode ter oferecido uma maior resistência ao impacto das gotas de chuva nas amostras com maiores succões iniciais. Nos ensaios de resistência a compressão simples realizados por Merabet Júnior (2023) para o mesmo solo e nas mesmas condições, a resistência aumentou 2 vezes partindo de uma umidade gravimétrica ( $w_0$ ) de 25% para 20% e aumentou 3 vezes de 20% para 16%, ratificando a influência da coesão aparente nas propriedades hidromecânicas do solo estudado.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi constatado que o ensaio de desagregação para o solo em questão não é apto para indicar a erodibilidade do material quando submetido aos ensaios de erosão por *splash*. Portanto, o mecanismo de geração de poropressão positiva de ar ocasionado pela inundação é diferente da poropressão positiva gerada pela chuva, pois os ensaios não mostraram a mesma tendência.

O efeito da sucção não foi significativo se tratando da erosão por *splash* nas declividades estudadas, pois a erosão ficou limitada ao transporte. Entretanto, foi constatado que menores sucções iniciais ofereceram maior destacamento em ambas as declividades estudadas, sendo relevantes para o estudo de erosão pluvial como um todo, uma vez que essas condições fornecem maior quantidade de material solto para serem carregados pelo escoamento superficial.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Construção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Goiás – PPG GECON – UFG, à Eletrobras. e à ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) por ter fomentado esta pesquisa via P&D+I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) código ANEEL PD.0394-1705/2017. Os autores também agradecem os recursos fornecidos pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processos 302985/2021-2 e 309841/2021-6 e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), processo CAP2022061000173.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, P. M., Arnold, J., Jakubowski, E. (1999). Prediction of stream channel erosion potential. *Environmental and Engineering Geoscience*, 5(3), 339–351.
- Almeida, J. G. R., Romão, P. de A., Mascarenha, M. M. dos A., Sales, M. M. (2015) Erodibilidade de solos tropicais não saturados nos municípios de Senador Canedo e Bonfinópolis (GO). *Revista Geociências*. v. 34, p. 441-451.
- Bastos, C. A. B. (1999) *Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados*. Tese de Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 303 p.
- Camapum de Carvalho, J. C., Sales, M. M., Mortari, D., Fácio, J. A., Motta, N. O., Francisco, R. A. (2006) Capítulo 2: Processos Erosivos. In: Carvalho, J. C., Sales, M. M., Souza, N. M., Melo, M. T. S. (Org.). *Processos erosivos no centro-oeste brasileiro*. Brasília: Editora FINATEC, 2006, p 39-91.
- Coote, D. R., Malcolm-McGovern, C. A., Wall, G. J., Dickinson, W. T., Rudra, R. P. (1988). Seasonal variation of erodibility indices based on shear strength and aggregate stability in some Ontario soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 68(2), 405–416.
- Costa, A. R.; Prado, L. A. (2003). Espacialização de Chuvas Intensas para o Estado de Goiás e o Sul de Tocantins. *Revista de Engenharia Agrícola*, v.23, n.2, p. 268-276.
- Defersha, M. B., Quraishi, S., Melesse, A. (2011). The effect of slope steepness and antecedent moisture content on interrill erosion, runoff and sediment size distribution in the highlands of ethiopia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(7), 2367–2375.
- Hairsine, P. B., Rose, C.W. (1991) Rainfall detachment and deposition: sediment transport in the absence of flow-driven processes. *Soil Science Society of America Journal*, 55(2), 320.
- Jesus, A. S.; Sousa, M. S.; Nascimento, D. T. F.; Romão, P. A.; Camapum de Carvalho, J. (2017) *Capítulo 8: A influência de aspectos geomorfológicos, de cobertura do solo e climáticos no surgimento e evolução de processos erosivos no entorno de reservatório*. In: Sales, M. M.; Camapum de Carvalho, J.; Mascarenha, M. M. A.; Luz, M. P.; Souza, N. M.; Angelim, R. R. (Org.). *Erosão em Borda de Reservatório*. 1ª Edição,

- Série GECON. Goiânia: Escola de Engenharia Civil e Ambiental Universidade Federal de Goiás, 2017. Volume 3. p 171-194.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. (1984). Soil cohesion as affected by time and water content. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48 (5), 1001–1006.
- Le Bissonnais, Y.L., Singer, M.J. (1992) Crusting, runoff, and erosion response to soil water content and successive rainfalls. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 56, p. 1898–1903.
- Le Bissonnais, Y. (2016). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science*, 67(1), 11–21.
- Luk, S.H. (1985) Effect of antecedent soil moisture content on rainwash erosion. *Catena*, v. 12, p. 129-139.
- Luk, S.H., Hamilton, H. (1986). Experimental effects of antecedent moisture and soil strength on rainwash erosion of two luvisols, Ontario. *Geoderma*, v. 37 (1), p. 29–43.
- Mascarenha, M. M. A. (2003) *Influência do Recarregamento e da Sucção na Capacidade de Carga de Estacas Escavadas em Solos Porosos Colapsíveis*. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Brasília, Brasília, 141 p.
- Melo, M. T. S. (2020) *Utilização de geossintéticos para controle de erosão superficial hídrica em face de talude*. 2020. 152p. Tese de Doutorado, Publicação G.TD-161/20, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 152 p.
- Mendes, T. A. (2019) *Modelagem física e numérica da infiltração e escoamento em superfícies não saturadas e com cobertura vegetativa*. Tese de Doutorado, Publicação G.TD158/19, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 255 p.
- Merabet Júnior., J.C.F. (2023) *Estudo da erosão pluvial em solo laterítico por meio de ensaios laboratoriais com simulador de chuvas e medição de sucção e umidade*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 122 p.
- Meter Group. Teros 31. Disponível em:  
[https://library.metergroup.com/Manuals/20799\\_TEROS%2031\\_Manual\\_Web.pdf](https://library.metergroup.com/Manuals/20799_TEROS%2031_Manual_Web.pdf). Acesso em: 13 março de 2023.
- Meter Group. ZL6. Disponível em:  
[https://publications.metergroup.com/Manuals/20789\\_ZL6\\_Manual\\_Web.pdf](https://publications.metergroup.com/Manuals/20789_ZL6_Manual_Web.pdf). Acesso em: 13 março de 2023.
- Moragoda, N., Kumar, M., Cohen, S. (2022). Representing the role of soil moisture on erosion resistance in sediment models: Challenges and opportunities. *Earth-Science Reviews*, v. 229.
- Morgan, R.P.C. (1981) Field measurement of splash erosion. *Int. Assoc. Sci. Hydrol. Publ.* 133, p. 373–382.
- Nearing, M. A., Yin, S. qing, Borrelli, P., Polyakov, V. O. (2017) Rainfall erosivity: An historical review. *Catena*, Elsevier, 157, p. 357–362.
- Santos, R. M. M. (1997). *Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no Município de Goiânia*. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Brasília, Brasília, 1997. 138 p.
- Vilhena, R.M., Mascarenha, M.M.A, Sales, M.M., Romão, P.A., Luz, M.P. (2019) Estimating the Wind-Generated Wave Erosivity Potential: The Case of the Itumbiara Dam Reservoir. *Water*, v 11.
- Zambon, N., Johannsen, L. L., Strauss, P., Dostal, T., Zumr, D., Cochrane, T. A., Klik, A. (2021). Splash erosion affected by initial soil moisture and surface conditions under simulated rainfall. *Catena*, v. 196.
- Zhang, Q., Wang, Z., Guo, Q., Tian, N., Shen, N., Wu, B., Liu, J. (2019). Plot-based experimental study of raindrop detachment, interrill wash and erosion-limiting degree on a clayey loessal soil. *Journal of Hydrology*, 575, 1280–1287.