

Avaliação da erodibilidade de misturas SOLO – RCC para camada de cobertura e proteção de taludes utilizando o equipamento de Inderbitzen modificado.

Ana Luiza Caovilla Kaiber ¹; Eduardo Rosendo Lucena ²; Raul Tadeu Lobato Ferreira³; Augusto Romanini ⁴

Resumo – Este trabalho avaliou o efeito da erodibilidade de um solo da região de Sinop – MT e de sua mistura com RCC (Resíduo da Construção Civil) para aplicação em camadas de cobertura e proteção de taludes. Três misturas foram ensaiadas, sendo elas o solo puro (M01), o solo com adição de 25% de RCC (M02) e o solo com adição de 50% de RCC (M03). As misturas foram ensaiadas em três condições: (i) sem imersão; (ii) imersão parcial e (iii) imersão total. O estudo foi realizado com amostras compactadas no teor de umidade ótimo (w_{ot}) e na Energia Proctor Normal. Um aparelho para a execução do ensaio de Inderbitzen Modificado foi construído, utilizando materiais simples e acessíveis como tubos e peças de PVC, grelha de churrasco e chuveiro. Este aparelho, por sua vez, tem a função de avaliar em laboratório, através da perda de massa, a erosão causada pela água. Foi possível verificar que grande parte das amostras apresentam comportamento não erodível, e que a adição do resíduo acarretou no aumento da erodibilidade das amostras. As amostras que foram submetidas a imersão parcial obtiveram uma melhor resposta. No entanto para esta situação a aplicação do RCC para este tipo de solo é considerada inadequada.

Abstract – This research evaluated the effect of the erodibility of a soil of the Sinop - MT region and its mixture with CDW (Construction Demolition Waste) for application in layers of cover and protection of slopes. Three mixtures were tested, being the soil pure (M01), soil with addition of 25% of CDW (M02) and soil with 50% addition of CDW (M03). The mixtures tested under three conditions: (i) without immersion; (ii) partial immersion and (iii) total immersion. The study was carried out with samples compacted in the optimum moisture content (w_{ot}) and Normal Energy Proctor. An apparatus for the execution of the Modified Inderbitzen test constructed using simple and accessible materials such as pipes and PVC parts, barbecue grille and shower. This apparatus, in turn, has the function of evaluating in the laboratory, through the loss of mass, the erosion caused by water. It was possible to verify that most of the samples presented non-erodible behavior, and that the addition of the residue led to an increase in the erodibility of the samples. Samples that submitted to partial immersion obtained a better response. However, for this situation the application of CDW for this type of soil considered inadequate.

Palavras-Chave – Erodibilidade, Inderbitzen Modificado, solo – RCC.

¹ Engenheira Civil, Graduada, Universidade do Estado de Mato Grosso, analuizacaovilla@gmail.com

² Engenheiro Civil, Graduando, Universidade do Estado de Mato Grosso, eduardo.luc@outlook.com

³ Engenheiro Civil, Graduado, Universidade Federal de Mato Grosso, raullobato@ufmt.br

⁴ Engenheiro Civil, Graduado, Facisas /Universidade do Estado de Mato Grosso, augusto.romanini@unemat.br

1. INTRODUÇÃO

A execução de corte e aterros acarreta, na maioria dos casos, o surgimento de superfícies inclinadas com uma determinada altura, denominada de taludes. Esses taludes estão sujeitos a ações externas e internas que afetam a sua estabilidade (GEORIO, 2000).

Um dos agentes que atua de diversas formas é a água. A ação da água pode atuar tanto aumentando as poropressões, com a elevação do lençol freático, quanto causando erosões na camada superficial do aterro, devido à precipitação. Da camada de proteção, espera-se que ela seja resistente às solicitações que são impostas pela ação da água no âmbito externo, conhecida popularmente como erosão. Esta erosão pode tornar o aterro instável ou até mesmo levá-lo a ruptura (GERSCOVICH, 2012).

Esta camada superficial pode ser constituída pelo mesmo material que compõe o aterro/corte ou ser confeccionada, podendo ser natural (vegetação) ou artificial (concreto ou geossintético). Outra alternativa é a utilização de estruturas mistas, que podem ser constituídas de materiais naturais e artificiais, como geossintético e grama, ou mistura de solo com outros materiais (GEORIO, 2000).

A criação de mistura de solo com outros materiais tem-se apresentado interessante, pois na maioria dos casos se obtém um material com qualidades que o solo natural não tinha. Esse processo de estabilização já foi estudado com diversos aditivos em dois solos da região de Sinop – MT. Uma das misturas que se têm mostrado relevante é a mistura de Resíduos de Construção Civil (RCC) em solos visando alterar as suas características.

A mistura solo – resíduo de construção civil é interessante pois visa a reutilização de um material que ainda pode ter um valor agregado e que é gerado constantemente. Analogamente a esse processo, existe uma preocupação ambiental que se caracteriza pela grande quantidade de resíduo produzido, pela falta de um local adequado para a disposição do mesmo e pelo grande volume que é ocupado na sua disposição (DIAS, 2014)

Existem diversos ensaios para se determinar a erodibilidade de um solo, porém, todos eles visam identificar características do solo e proporcionam informações para o entendimento destas características. A erodibilidade pode ser analisada em campo, como também, através de ensaios de laboratório como os ensaios de Inderbitzen e Inderbitzen Modificado, cujos resultados permitem propor soluções viáveis e de cunho sustentável para problemas que envolvem a erodibilidade do solo e os processos erosivos. O ensaio de Inderbitzen Modificado foi proposto por Freire (2001) com o objetivo de simular o efeito das gotas de chuva chamado efeito “*splash*”.

O efeito “*splash*” ou erosão por salpicamento, é caracterizado por Guerra e Mendonça (2004) como sendo o início do processo erosivo. A desagregação ocorre pela colisão das gotas da chuva contra um solo exposto e sem vegetação. Este impacto causa uma pequena compactação das partículas do solo (selagem do solo) que dificultam a infiltração da água da chuva originando-se assim irregularidades na superfície do terreno que conseqüentemente, geram poças com acúmulo de água. Quando essas poças saturam, ocorre o início do processo de escoamento superficial. A erosão por salpicamento tende a ser limitada após a selagem do solo.

Dessa forma avaliou-se o potencial de erodibilidade de um solo puro e duas frações de adição de RCC em um equipamento simplificado construído utilizando materiais acessíveis. O equipamento construído para o desenvolvimento desse trabalho permite que se adotem inclinações para o escoamento superficial, que simulam a inclinação da encosta.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Preparação e caracterização das amostras

2.1.1 Solo

O solo utilizado neste trabalho é comumente conhecido como “amarelo”, e foi coletado em um trecho de uma estrada vicinal do município de Sinop, MT, em um ponto situado a cerca de 500 metros do eixo da rodovia MT – 423, nas coordenadas geográficas 11°45'29.3"S 55°22'31.9"W. A

coleta foi feita no segundo semestre do ano de 2014, a uma profundidade entre 0,60 e 1,00 m. Após a coleta, o material foi levado ao Laboratório de Engenharia Civil da UNEMAT. O solo foi seco ao ar, peneirado na peneira de 4,8 mm (nº 4) e armazenado em tambores metálicos.

2.1.2 Resíduo

Os resíduos de construção civil foram coletados em obras do município de Sinop. Os resíduos forma britados de forma mecânica, utilizando um britador disponibilizado por uma empresa local. A escolha da faixa granulométrica seguirá a utilizada por Alves e Benatti (2015), ou seja, a fração areia, o intervalo utilizado é do passante na peneira nº10 (2,00 mm) até o retido na peneira nº200 (0,076 mm) conforme a ABNT (1984c).

2.1.3 Preparação das misturas

Com o solo e o RCC foram confeccionadas 3 misturas, denominadas M01, M02 E M03. A Mistura M01 é composta apenas de solo, a Mistura 02 possui 75% Solo e 25% RCC e a Mistura 03 é composta por 50% Solo e 50% RCC. Todas as adições foram feitas em função da massa seca do solo.

As amostras foram denominadas de M01, M02, M03 e o RCC, respectivamente e, posteriormente, foram caracterizadas, através dos ensaios de determinação do limite de liquidez (ABNT, 1984a), determinação do limite de plasticidade (ABNT,1984b) e análise granulométrica (ABNT, 1984c). Os parâmetros de compactação utilizados foram obtidos por Alves e Benatti (2015) utilizando a Energia Proctor Normal.

2.2. Ensaio de Inderbitzen Modificado

Este ensaio se caracteriza pela simplicidade de análise dos resultados. Para realização do ensaio, foram realizadas algumas alterações no equipamento e na preparação dos corpos de prova. A ideia original de Inderbitzen (1961) consiste em o uso de um fluxo de água sobre uma rampa, o ensaio de Inderbitzen Modificado por sua vez, simula o efeito da precipitação sobre a mistura. O equipamento utilizado nos ensaios é descrito no item 2.3.

Por se tratar da primeira avaliação, optou-se por realizar o ensaio utilizando a inclinação de 20º proposta por Freire (2001) e utilizada por Grandó (2011). A inclinação da rampa pode ser ajustada diretamente no equipamento.

A vazão escolhida foi fixada em 50 mL/s, foi escolhida conforme proposto por Ide (2009) que corresponde a uma precipitação de 28 mm em 30 minutos no município de Bauru – SP. A escolha da mesma vazão se justifica pelo fato de diversos autores a utilizarem e ainda ser a vazão que proporciona o melhor desempenho do equipamento.

O ensaio foi baseado no proposto por Campos (2014), onde cada amostra é submetida um fluxo de água por cerca de 30 minutos e o material erodido é coletado nos intervalos decorridos de 1, 5, 10, 15 e 30 minutos. O material coletado é armazenado em recipientes limpos e secos, e então feita a separação do solo e da água em um conjunto de peneiras nº50 (0,297 mm), nº100 (0,150 mm), e nº200 (0,074 mm) e posteriormente secos em estufas e pesados.

As misturas M01, M02 E M03 foram preparadas e moldadas em corpos de prova cilíndricos, de PVC rígido, com diâmetro interno de 10 cm e altura de 5 cm. As amostras foram compactadas no teor de umidade ótimo obtido através do ensaio de compactação utilizando a Energia Proctor Normal. Devido à altura do cilindro, a compactação foi feita utilizando 2 camadas e aplicando 26 golpes em cada, utilizando o grau de compactação de no mínimo 95% como parâmetro de controle das amostras.

Foram confeccionadas 27 amostras, sendo 9 para cada mistura, que antes do procedimento no equipamento de Inderbitzen Modificado foram submetidas a um período de 48 horas de secagem ao ar. De cada conjunto, 3 amostras foram submetidas diretamente ao ensaio, denominado de Caso A). As outras 6 foram submetidas a um procedimento que visa reduzir o efeito da sucção, 3

amostras foram submetidas a uma imersão prévia de metade da altura das amostras, denominado de Caso B) e as outras 3 foram submetidas a uma imersão prévia total, denominado de Caso C). O processo de imersão terá duração de 15 minutos, conforme sugerido por Ide (2009).

Segundo Heidemann (2008), a quantificação da erodibilidade considera que um solo é tido como erodível (E) quando mais de 5% da sua massa inicial é desagregada durante o ensaio. Caso contrário o mesmo é classificado como não erodível (NE).

A erodibilidade será calculada pela Equação 1:

$$e = \frac{P_{tes}}{P_t} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

e = Erodibilidade do solo (%);

P_{tes} = Peso total do solo seco perdido no ensaio (g);

P_t = Peso total da amostra (g).

2.3. Equipamento de Inderbitzen modificado

O equipamento utilizado no ensaio de Inderbitzen Modificado, foi baseado e construído segundo a proposta de Higashi (2006), porém o aparelho foi adaptado pelos autores. A proposta inicial foi desenvolvida por Kaiber e Romanini (2017), que foi posteriormente refinada.

O equipamento (Figura 1) tem seu corpo construído utilizando tubos e conexões de PVC e a rampa de ensaio é uma grelha de aço inox, o intuito é que o equipamento possa ser desmontado e acondicionado para transporte ou armazenamento de forma prática. Optou-se por dividir a estrutura em 3 peças principais compostas de tubos e conexões de PVC e 2 conjuntos acessórios, um sendo a grelha de aço inox (grelha de churrasco) e outro o sistema de coleta do solo e remoção da água. As três peças principais denominadas de A, B e C, e os acessórios denominados peças D, que coleta a água durante o ensaio, a E que suporta a peneira, e a grelha de suporte para amostra. Foram feitos dois recortes nas tubulações, um na peça B2 para encaixe da haste rosqueada que ajusta a angulação e na peça C é feito os recortes para encaixe conforme a grelha escolhida.



Figura 1. Equipamento montado

A Figura 2a traz o detalhe da peça A e suas três partes, onde A1 é a base com o registro, A2 é a parte de sustentação do chuveiro e medidor de vazão e A3 é o sistema de simulação da precipitação. Na Figura 2b, pode –se observar os detalhes da peça B, dividida em B1 E B2, a peça C e as 3 divisões da peça A.

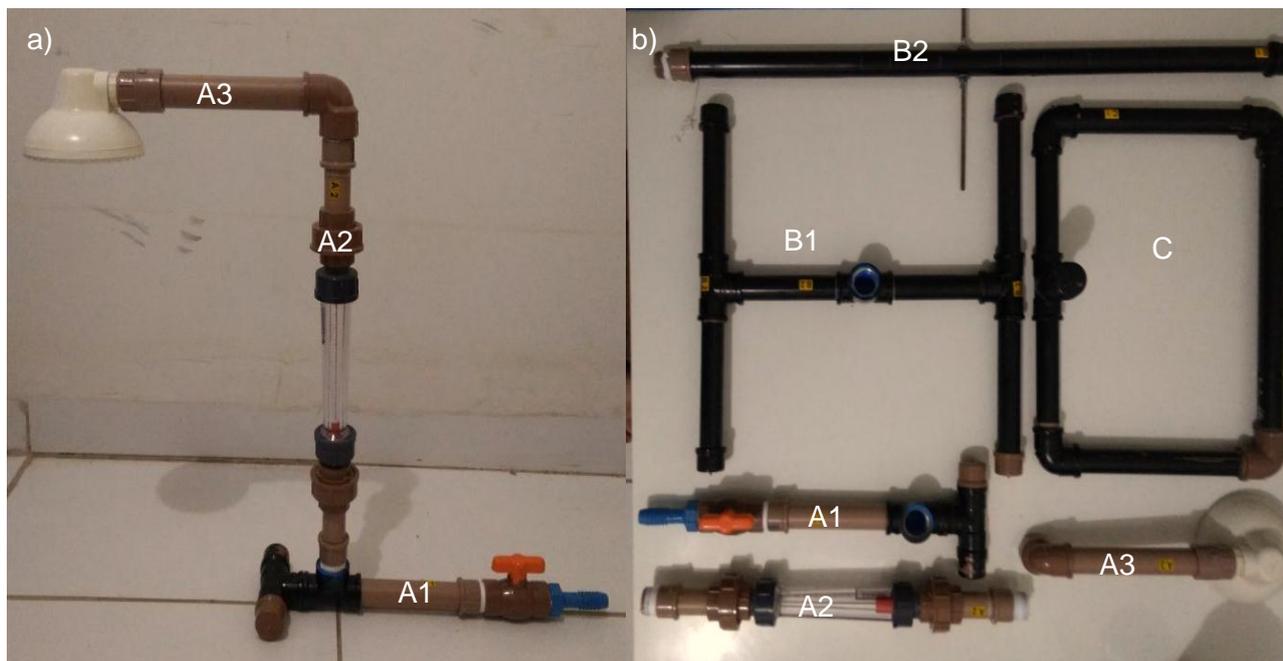


Figura 2. a) Peças “A” do Equipamento de Inderbitzen Modificado. b) Peças “A”, “B” e “C” do equipamento de Inderbitzen Modificado desmontadas.

A Tabela 1 apresenta a listagem dos itens utilizado para compor as peças A, B e C do equipamento.

Tabela 1. Lista de elementos que compõem o equipamento

Peça	A			B		C	Total
	A1	A2	A3	B1	B2	C1	
Adaptador soldável com bolsa e rosca 25 mm x 3/4" (un)	1	2	-	1	-	-	4
Cano PVC - 25 mm (m) *	0,225	0,15	0,15	0,75	0,9	0,7	2,9
Cap Soldável 25 mm (un)	2	-	-	1	4	1	8
Chuveiro Água fria (un)	-	-	1	-	-	-	1
Conexão para mangueira Redução 3/4" X 1/2" (un)	1	-	-	-	-	-	1
Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 25 mm x 3/4" (un)	-	-	1	-	-	-	1
Joelho de 90° Soldável 25 mm (un)	-	-	1	-	-	4	5
Luva Soldável com rosca interna 25 mm x 1/2" (un)	-	-	1	-	-	-	1
Luva União Soldável 25 mm (un)	-	2	-	-	-	-	2
Níple Rosca Branco Paralelo 1/2" (un)	-	-	1	-	-	-	1
Registro Esfera rosca externa 3/4" (un)	1	-	-	-	-	-	1
Rotâmetro - Medidor de Vazão (un)	-	1	-	-	-	-	1
Tê Soldável com Bucha de Latão na Bolsa Central 25 mm x 3/4" (un)	1	-	-	-	1	-	2
Tê Soldável Simples 25 mm (un)	1	-	-	-	2	1	4

Onde: (un) - Unidade. *Observação sobre recortes: Peça A1 recorte 0,225 m de tubulação em 1 recorte de 0,15 m e 3 de 0,025m; Peça B2 recorte 0,60 m de tubulação em 6 recortes de 0,15 m; Peça C recorte 0,70 m de tubulação em 2 recortes de 0,15 m, 2 de 0,20 m, 1 de 0,30 m e 1 de 0,05 m

3. ANALISE DOS RESULTADOS

3.1. Caracterizações geotécnicas das misturas

A caracterização geotécnica para as três misturas e do RCC são apresentados pela Tabela 2. A amostra M01 (solo puro) é uma argila de baixa plasticidade com presença de areia, classificada

como A-6 de acordo com AASHTO-TRB, e CL, de acordo com o sistema de classificação UCS. A adição de RCC não altera a classificação AASHTO-TRB das misturas, entretanto houve uma redução nos valores de LL, e uma pequena variação do IP. Tal fato não ocasionou alterações na classificação SUCS.

O RCC por sua vez pode ser caracterizado como uma areia com presença de argila. Cabe ressaltar que “a presença de argila” se refere às dimensões dos grãos após o processo de britagem, e não partículas de argila propriamente dita.

Tabela 2. Caracterização Geotécnica das misturas

Amostra	AG(%)	AM(%)	AF(%)	S+A(%)*	LL(%)	IP(%)	SUCS	TRB	W_{ot} **	$\gamma_{d\ máx}$ **
M01	7	37	17	39	38	25	CL	A-6	21,1	15,70
M02	10	39	21	30	30	20	CL	A-2-6	15,3	17,65
M03	18	36	18	28	24	NP	CL	A-2-4	12,8	16,67
RCC	21	53	12	14	NL	NP	SC	A-2-4	18,2	15,69

Nota: * Classificação segundo a ABNT (1995): Onde: AG - areia grossa ($0,60 \leq \phi < 2,00$ mm), AM - areia média ($0,20 \leq \phi < 0,60$ mm), AF - areia fina ($0,06 \leq \phi < 0,20$ mm) e S+A - silte + argila ($\phi \leq 0,074$ mm). LL – Limite de Liquidez, IP – Índice de Plasticidade. SUCS – Sistema Unificado de Classificação do Solo, TRB – Transportation Research Board, W_{ot} – Teor de umidade ótimo, $\gamma_{d\ máx}$ - Peso específico seco máximo. ** Dados obtidos por Alves e Benatti (2015)

3.2. Resultado do ensaio de erodibilidade

Os ensaios realizados no aparelho de Inderbitzen Modificado (Figura 3a) simulam em laboratório o efeito da água da chuva ao cair sobre o solo, denominado efeito “*splash*” (Figura 3b) ou erosão por salpicamento e define o início do processo erosivo.

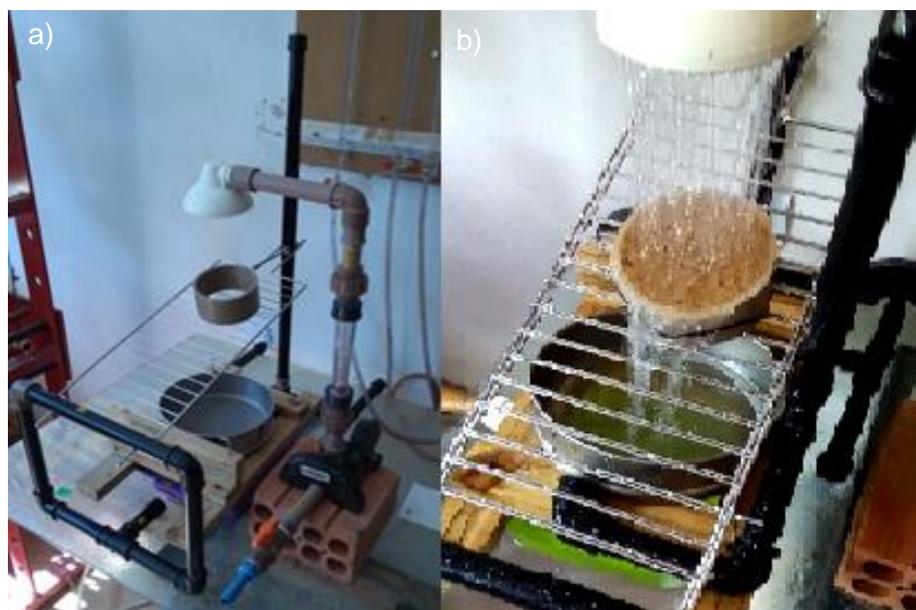


Figura 3. a) Equipamento configurado para o ensaio e b) detalhe do efeito *splash*.

De cada conjunto ensaiado de três amostras foi calculada a média aritmética simples dos resultados. As amostras foram compactadas com grau de compactação entre 95% e 99% Optou-se por conduzir a análise utilizando os 3 casos na seguinte sequência: Caso A, sem imersão; Caso B, com imersão parcial; e Caso C, com imersão total.

A Figura 4 apresenta o Caso A e a perda de massa que ocorreu durante o ensaio. As três misturas tem comportamento similar. Nesta situação observa-se uma resposta melhor a mistura M02, porém próxima a mistura M01 até o tempo de 10 minutos de ensaio. A mistura M03 tem a perda de massa acumulada bem superior se comparada com as outras duas, sendo a sua perda de massa

acumulada ao fim dos 30 minutos de ensaio aproximadamente o dobro da melhor mistura para este caso.

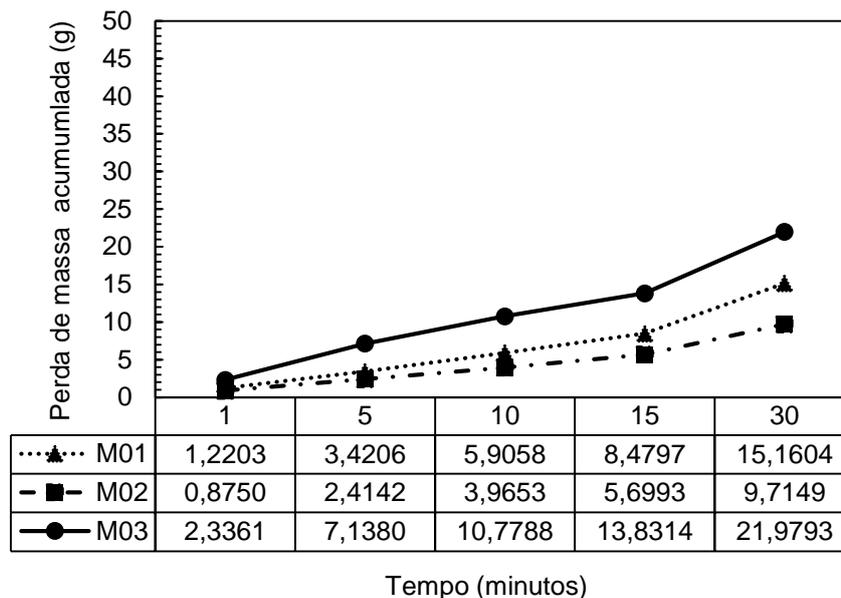


Figura 4. Caso A – Sem imersão

Para o Caso B, ilustrado na Figura 5 pode-se observar que a imersão parcial influenciou na perda de massa durante o ensaio. Acredita-se que a melhora desse desempenho possa estar associada a sucção gerada durante o processo de imersão parcial. A mistura M01 tem o melhor desempenho para situação. A mistura M02 apresenta comportamento semelhante a M01, apresentando o dobro de perda de massa nos 5 primeiros minutos de ensaio e ao fim do ensaio a perda é cerca de 45% maior. Assim como no caso a) a mistura M03 apresenta a maior perda de massa durante todo o processo de ensaio, perdendo quase três vezes mais que a melhor condição para este caso.

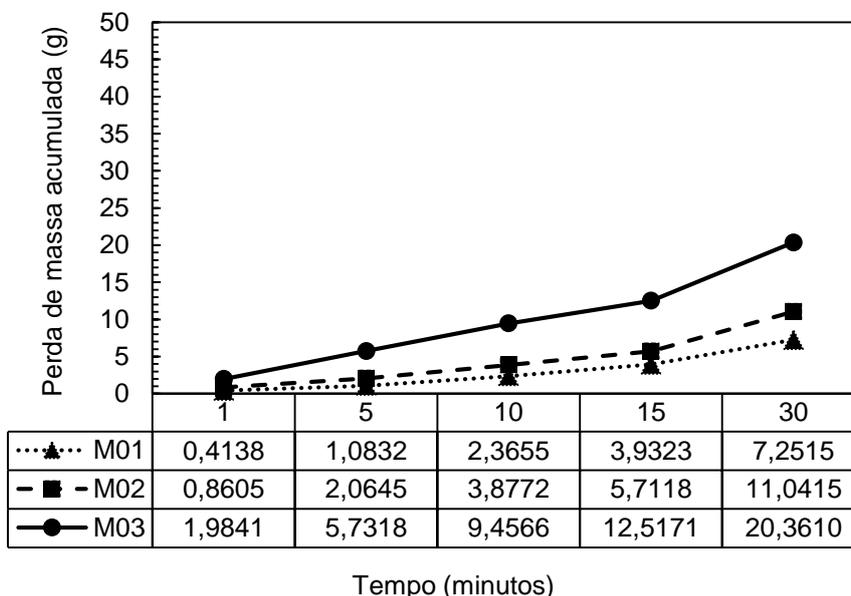


Figura 5. Caso B - Imersão Parcial

Quando as amostras são submetidas a imersão total, Caso C (Figura 6), verifica-se que nos primeiros minutos de ensaio, a mistura M03 perde uma quantidade de massa muito maior que as demais misturas (M01 e M02). Tal comportamento pode ser justificado pelo fato do RCC adicionado possuir exclusivamente fração areia, que após o processo de imersão, devido à falta de coesão acabam se desprendendo da mistura. A mistura M02 perde cerca de 50% a mais de solo no primeiro minuto de ensaio do que a mistura M01, porém, essa perda é atenuada e acaba demonstrando o mesmo comportamento ao final do ensaio. Neste caso a M01 também apresenta um bom comportamento.

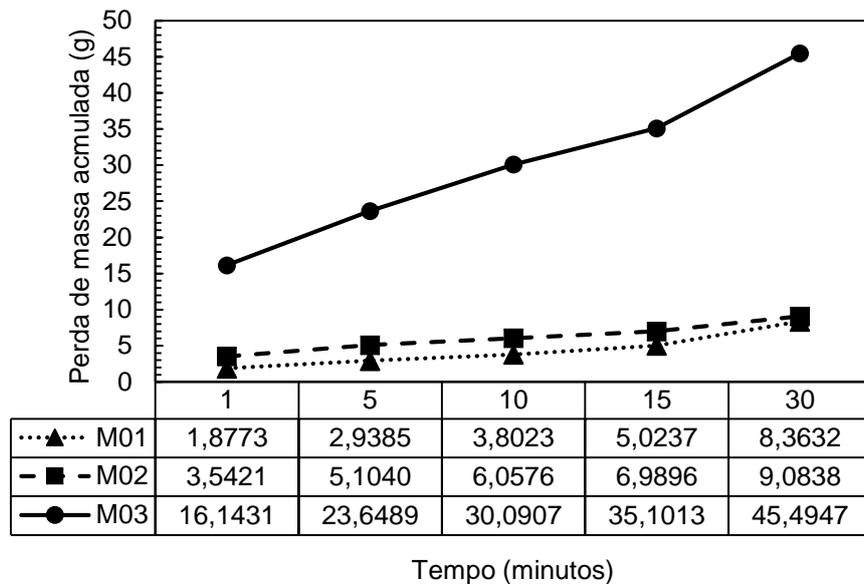


Figura 6. Caso C - Imersão total

A Figura 7 apresenta uma análise da perda de massa acumulada para as três misturas nas três situações em que foram expostas. Ao se analisar a perda de massa acumulada, percebe-se que no caso da imersão total a adição do resíduo acarretou em um aumento da erodibilidade do solo em 2 dos 3 casos analisados. Com a realização dos ensaios foi perceptível que a fração granulométrica do resíduo não se conecta com o solo, e por isso, acarretou na maior perda de massa acumulada.

Em uma análise das perdas de massa a adição de RCC proporciona uma melhora apenas para uma situação, no Caso A, para a mistura M02. Nos outros dois casos estudados, o solo puro (M01) apresenta-se como melhor escolha. A adição de 50% de RCC no solo (M03) não se apresentou interessante em nenhum dos casos.

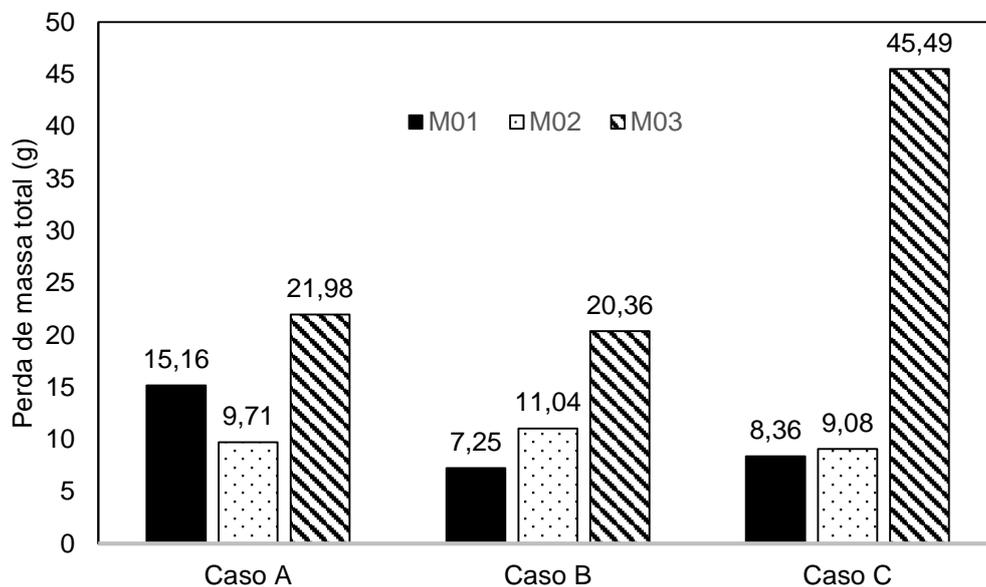


Figura 7. Perda de massa acumulado ao fim do ensaio.

A Tabela 3 apresenta os valores médios da erodibilidade das amostras ensaiadas. Para as condições de ensaio apenas as amostras da mistura M03 na situação de imersão total apresentou comportamento erodível. Em aspectos gerais, para este ensaio, a mistura M02 comporta-se como não erodível nos três casos, porém perde-se menos massa durante o ensaio do que a mistura M01 apenas na condição completamente seca, algo que pode ser difícil de controlar, mesmo com um sistema de drenagem funcionando perfeitamente. Esta situação indica que o RCC não contribui para a redução da erodibilidade.

Tabela 3. Valores médios de erodibilidade

Mistura	Caso a	Erodibilidade	Caso b	Erodibilidade	Caso c	Erodibilidade
M01	2,45%	Não Erodível	1,34%	Não Erodível	1,34%	Não Erodível
M02	1,48%	Não Erodível	1,66%	Não Erodível	1,37%	Não Erodível
M03	3,45%	Não Erodível	2,95%	Não Erodível	6,59%	Erodível

O efeito negativo pode ser justificado analisando os dados da granulometria coletada, por exemplo, em termos médios para a mistura M03 no caso A, cerca de 90% do material fica retido na peneira nº200, na mesma situação para a mistura M01 na mesma peneira tem-se 85% de material retido. A variação de cerca de 5%, entre M01 e M03, pode estar ligada a substituição de uma parte da fração silte + argila por RCC (Tabela 2) indicando que no processo de ensaio o RCC foi erodido primeiro do que a fração silte + argila, resultando em uma maior perda de massa. Para a mistura M02 o comportamento também ocorre, onde no caso A, cerca de 87% do material fica retido na peneira de nº200.

Para o caso B, situação parecida ocorre, onde a mistura M01 tem cerca de 83% do material retido na peneira nº200, para a mistura M02 o material retido é na casa dos 88% e na M03 o material retido é 90%, indicando a mesma situação do caso a e que também se repete no caso C, justificando o aumento de perda de massa acumulada neste dois casos.

4. CONCLUSÕES

Os resultados coletados nos ensaios indicam que a adição de RCC neste tipo de solo não melhora o comportamento do material no que se refere à perda de massa frente à ação da água. A adição de RCC com o intuito de reduzir a erodibilidade do solo também foi estudada por Dias (2014) em um solo diferente, e também não se apresentou vantajosa.

Sendo assim, a adição de RCC para reduzir a erodibilidade de camada de coberturas e proteção de taludes, não é viável, uma vez que mesmo que em algumas análises mostre-se que a perda de massa é reduzida e/ou estabilizada no decorrer do tempo, a perda de massa acumulada é muito maior do que sem adição, o que pode acarretar aspectos negativos aos taludes (perda de estabilidade) e também ao meio ambiente (aceleração do assoreamento de córregos).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UNEMAT, a FACET – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas e o Curso de Engenharia Civil – Campus de Sinop, pelo suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

ALVES, W. G. O. BENATTI, J.C.B. Viabilidade técnica da utilização do RCC (Fração areia) como agente estabilizador para um solo de Sinop-MT. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia Civil. Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT. Sinop, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 6459: Solo - determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro, RJ, 1984a. 6 p.

_____. *NBR 7180: Solo - determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro, RJ, 1984b. 3 p.

_____. *NBR 7181: Solo - análise granulométrica*. Rio de Janeiro, RJ, 1984c. 13 p.

_____. *NBR 7182: Solo - ensaio de compactação*. Rio de Janeiro, RJ, 1986. 10 p.

CAMPOS, C. J. M de. Avaliação da Erodibilidade pelo método Indrbitzen em solo não saturado da região de Bauru – SP. Dissertação de mestrado (mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 154 p. Bauru – SP. 2014.

DIAS, M. C. C. Viabilidade do uso de solo tropical e resíduo de construção civil em sistemas de cobertura de aterro sanitário. 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

FREIRE, E. P. Ensaio Inderbitzen modificado: um novo modelo para avaliação do grau de erodibilidade do solo. Anais, VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Goiânia, 8 p. 2001.

GEORIO. Manual técnico de encostas. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2000.

GEORSCOVICH, D. M. S. Estabilidade de Taludes. São Paulo, Oficina de Textos, 166p, 2012.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: Vitte, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.). Reflexões sobre a geografia física do Brasil. São Paulo: Bertrand Brasil. 2004.

GRANDO, A. Monitoramento e modelagem hidrossedimentológica em uma microbacia hidrográfica experimental. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. 175p. Florianópolis, SC. 2011.

HEIDEMANN, M. Mapa Geotécnico de Potencial Erosivo de Uma Área de Expansão Urbana de Tubarão – SC. Universidade Federal de Santa Catarina. 9 p. 2008.

HIGASHI, R.A.R. Metodologia de Uso e Ocupação dos Solos de Cidades Costeiras Brasileiras Através de SIG com Base no Comportamento Geotécnico e Ambiental. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 486 p. 2006.

IDE, D, M. Investigação geotécnica e estudo de um processo erosivo causado por ocupação urbana. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geotecnia). Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2009.

INDERBITZEN, A. P. L. An erosion test for soils. Material Research. Standards, Philadelphia. P 553-554. 1961.

KAIBER, A. L. C; ROMANINI, A. Avaliação da erodibilidade de misturas SOLO – RCC para camada de cobertura e proteção de taludes. Artigo de conclusão de curso (Engenharia Civil). UNEMAT – Universidade do estado de Mato Grosso. 10p. Sinop – MT. 2017.