ENARC
FOZ DO IGUAÇU-2023

# ESTUDO PRELIMINAR DA VIABILIDADE DO USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO PARA RIP-RAP

## Preliminary study of the feasibility of use of construction and demolition waste (CDW) as construction material for Rip-rap

**Stefany Rany Souza Pacheco**
Universidade do Estado de Minas Gerais | João Monlevade, Minas Gerais | stefany.0693924@discente.uemg.br

**Dayane Kelles Lages**
Universidade do Estado de Minas Gerais | João Monlevade, Minas Gerais | dayane.0693946@discente.uemg.br

**Priscila Alves da Silva Machado**
Universidade do Estado de Minas Gerais | João Monlevade, Minas Gerais | priscila.machado@uemg.br

**Juscelina Rosiane Ferreira**
Universidade do Estado de Minas Gerais | João Monlevade, Minas Gerais | juscelina.ferreira@uemg.br

**Resumo**

*O Rip-Rap é uma técnica construtiva empregada para estabilização de encosta e taludes que utiliza sacos preenchidos de solo e cimento. Os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) são materiais provenientes de obras de construções, reformas, reparos e demolições, que se tornou um grande problema nos últimos anos devido ao seu acúmulo e falta de destinação. Nesse sentido, este trabalho visa apresentar áreas suscetíveis a processos vulneráveis e a caracterização dos RCDs beneficiados provenientes do município para a utilização do RCD como material de construção de muros de contenções do tipo Rip-Rap. Com o grande risco de deslizamento de encostas em moradias dispostas de maneira desordenada, a prevenção se torna necessária. Com a escassez de recursos a técnica de solo-cimento ou Rip-Rap se torna uma alternativa atraente com baixo custo. Devido ao crescimento de obras e reformas, os RCDs acabam sendo descartados no meio ambiente, contribuindo para diversos tipos de poluição. Através de cartas topográficas foi possível identificar áreas vulneráveis à processos erosivos e caracterizar o RCD após processo de beneficiamento. Além da presença de diversas construções irregulares, a topografia da região onde se localiza o município de João Monlevade-Minas Gerais contribui diretamente para a ocorrência de movimentos de terra, ocasionando deslizamentos. Em relação a caracterização do RCD foi possível identificar um Diâmetro máximo característico de 2,6, Limite de Liquidez 32% e Limite de Plasticidade 5,39%.*

**Palavras-chave:** Rip-rap; Resíduo de Construção e Demolição; Encostas.

**ABSTRACT**

*Rip-Rap is a construction technique used to stabilize slopes and embankments that uses bags filled with soil and cement. Construction and Demolition Waste (RCD) is material from construction, renovation, repair and demolition works, which has become a major problem in recent years due to its accumulation and lack of disposal. In this sense, this work aims to present areas susceptible to vulnerable processes and the characterization of benefited RCDs from the municipality for the use of RCD as a construction material for Rip-Rap type retaining walls. With the great risk of slopes sliding in houses arranged in a disorderly manner, prevention becomes necessary. With the scarcity of resources, the soil-cement or Rip-Rap technique becomes an attractive, low-cost alternative. Due to the increase in works and renovations, RCDs end up being discarded into the environment, contributing to various types of pollution. Through topographic maps it was possible to identify areas vulnerable to erosion processes and characterize the RCD after the processing process. In addition to the presence of several irregular constructions, the topography of the region where the municipality of João Monlevade-Minas Gerais is located directly contributes to the occurrence of earth movements, causing landslides. Regarding the characterization of the RCD, it was possible to identify a characteristic maximum diameter of 2.6, Liquidity Limit 32% and Plasticity Limit 5.39%.*

**Keywords:** Rip-rap; Construction and Demolition Waste; Slope.

# 1 INTRODUÇÃO

Um grande desafio atual das cidades, é em relação ao crescimento da urbanização. Devido ao acelerado crescimento urbano ocasionado de forma desordenado, intenso e mal planejado, a geração de problemas ambientais e socioeconômicos tem sido estímulo para o estudo de possíveis tecnologias e soluções que mitiguem ou minimizem o cenário (MOURA, 2019). A constituição e padrão de ocupação do solo em áreas de relevo acentuado desencadeadas pelas mudanças significativas da paisagem natural, como impermeabilização do solo e retirada de solo para construção de mais moradia, expõe a população a riscos de desastres naturais como erosões, deslizamentos, desabamentos, principalmente em épocas de intensas chuvas. Segundo Almeida (2012) essas mudanças nas formas de uso e ocupação nas cidades, onde a impermeabilização do solo e a retilinização de canais fluviais se configuram como ações públicas, e até privadas, recorrentes, incrementam as inundações, e se tornam potencialmente mais perigosos.

Segundo Liberati *et al*., (2019) o problema de estabilidade de taludes e encostas se encontra em diversas cidades do país, nas quais, devem ser previstas soluções para prevenção para evitar catástrofes futuras. Moura (2019) explica que geralmente estes locais possuem moradias de populações carentes, dispostas de maneira desordenada com alta densidade populacional, desprovidos de infraestrutura e até mesmo serviços públicos de qualidade. Com isso observa-se que ocupações em encostas de terra com risco de deslizamento em diversas cidades no Brasil.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o índice pluviométrico no mês de janeiro de 2022 na região sudeste do Brasil foi o maior ocorrido nos últimos 18 anos, sendo que na capital mineira choveu em média 528,2mm e cidades como Brumadinho e Ibirité atingiram 767,8mm e 762,8mm, respectivamente (INMET, 2022). Sabe-se que nos termos do art. 30 VIII, da Constituição Federal de 1988, compete ao Município o dever de “promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano” e segundo a doutrina a Administração Pública sempre responderá pelos danos causados aos particulares, sem qualquer exceção. A responsabilidade objetiva faz com que o Estado indenize os prejuízos causados, independente de dolo ou culpa (CAVALIERI FILHO, 2007). Tem-se ainda, que a Organização das Nações Unidas (ONU), através dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Agenda 2030, menciona que as cidades devem garantir o acesso de todos à habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos.

As obras de contenções são estruturas projetadas para conterem o deslocamento de solos não estáveis, com erosão, independente do seu método construtivo, devem promover a resistência ao deslocamento. Segundo Pelaquim (2021) a escolha do tipo de estrutura de contenção leva em consideração a altura da estrutura, natureza, geometria e características do solo do reaterro e solo de fundação, cargas atuantes, condições do nível d’água, equipamentos e mão de obra disponíveis, espaço disponível para construção, nível de deformações aceitáveis, estética, particularidades da obra e análise de custo, entre outros. A prevenção de deslizamento de encostas pode ser realizada com a construção de obras de contenções que, segundo Gerscovich (2016), as mais usuais para a estabilização de taludes e encostas, são: muro de gravidade com concreto ciclópico, muro de gravidade em alvenaria de pedra, cortina cravada, solo grampeado, solo reforçado, terra armada, muro de gabião e o muro de saco solo-cimento mais conhecido como muro *Rip-Rap.*

Devido à escassez de recursos nos municípios para a aplicação de tais obras preventivas, exige dos administradores a busca por soluções tecnicamente eficazes e de baixo custo para tais problemas. Nesse sentido, a técnica de solo-cimento ou Rip-Rap apresenta-se como uma alternativa atraente, uma vez que é de custo inferior às demais soluções. Os RCD são constituídos por um conjunto de materiais, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto, argamassa, gesso, madeiras, entre outros. Esses resíduos acabam sendo descartados no ambiente, sendo que as áreas para a disposição dos mesmos estão cada vez mais escassas nos grandes centros. Os RCD são classificados como classe A de acordo com a resolução do CONAMA Nº 307/2011, são compostos por 98% de resíduos de materiais.

O uso de RDC foi estudado para camadas drenantes de aterros sanitários (AFFONSO, 2005; BRANDÃO, 2011); como material alternativo para sistema de cobertura de aterros sanitários (CATAPRETA e SIMÕES, 2011); melhoria de solos com estacas de compactação (ARAÚJO JR., 2010); estabilização do solo para subleito (PALACIO, 2014); concreto asfáltico do tipo pré misturado a frio (PMF) utilizando Resíduos da Construção e Demolição de obra (SENA *et al.,* 2019); RCD como agregado para concreto e argamassas (YANG *et al.* 2020);possuindo resultados satisfatórios em suas pesquisas.

Pensando nessa problemática relacionada a deslizamento de encostas, o presente trabalho visa apresentar a análise de áreas suscetíveis a processos erosivos e um estudo preliminar da caracterização do RCD para utilização da solução construtiva Rip-Rap como material integrante da técnica construtiva.

# 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado através de pesquisa bibliográfica, de campo e experimental no município de João Monlevade, Minas Gerais. Durante a pesquisa bibliográfica, foram identificados fatores e as áreas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa como a área urbanizada do município. Em análise experimental foi realizado caracterização referente às propriedades do RCD após coleta, separação e beneficiamento (Figura 1).

**Figura 1:** Beneficiamento do RCD.



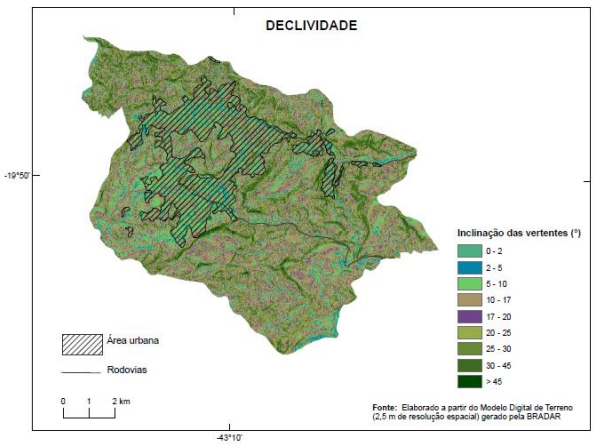
A pesquisa de campo teve por objetivo realizar a análise *in loco* de áreas de riscos e identificação de intervenções já realizadas após período de chuva de janeiro de 2022. Na parte experimental, a realização da caracterização preliminar do RCD através de ensaios de peneiramento, consistência e absorção de água. Para o ensaio de peneiramento utilizamos a norma NBR 7181 (ABNT, 2016) para determinação da análise granulométrica do solo, para a consistência os ensaios geotécnicos de Limite de Liquidez (LL) e Limite de Plasticidade (LP) sendo embasado nas NBR 6457 (ABNT, 2016) – Preparação de amostras de solo para ensaio de compactação e ensaios de caracterização; ABNT NBR 7180 (ABNT, 2016) – Determinação do Limite de Plasticidade; ABNT NBR 6459 (ABNT, 2016) – Determinação do Limite de Liquidez e DNER-ME 274/96 absorção de água Solo-cimento - determinação da absorção d'água.

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DA REGIÃO

A área urbana de João Monlevade se localiza em terreno acidentado, em adjacências próximas a vertentes com inclinações 20-25%. Na Figura 2 é mostrado o modelo digital de terreno gerado pela empresa BRADAR de acordo com a declividade da Cidade de João Monlevade.

**Figura 2:** Modelo Digital do Terreno.

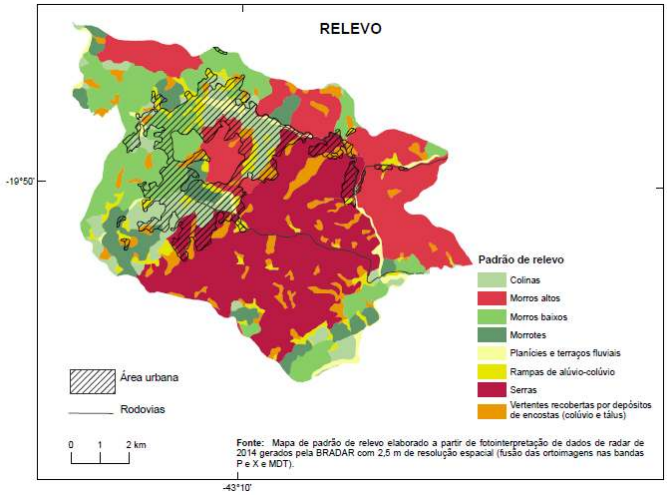



**Fonte**: Autores, 2022.

Gerscovich (2016) explica que a erosão consiste no processo de desprendimento e transporte das partículas do solo, constituindo-se na principal causa de escorregamento de encostas, e quando a declividade da superfície do solo for aumentada o risco de erosão por sulcos de um solo aumenta.

A Figura 3 apresenta o relevo da cidade de João Monlevade. Observa-se que contribui significativamente para ocorrência de deslizamento, sendo o padrão Morros Altos e Serras os de maiores incidências. Além de Vertentes recobertas por encostas estarem presente em grande área urbanizada.

**Figura 3:** Mapa de Padrão de Relevo

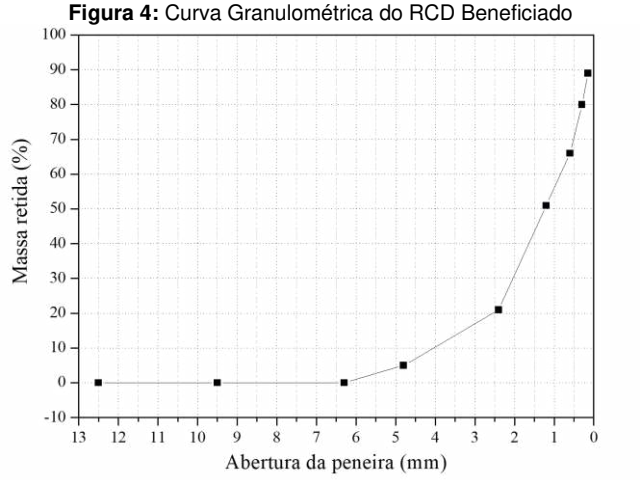



**Fonte**: Autores, 2022.

## 3.2 ESTUDO DO MATERIAL

A Figura 4 mostra a curva de distribuição granulométrica da amostra beneficiada de RCD. Analisando os valores, observa-se que o percentual passante de material em função das aberturas das peneiras, diminui à medida que aumenta as aberturas das peneiras, evidenciando a quantidade maior de finos gerados no processo. Além disso, o resíduo analisado possui característica de pedregulho quando comparados com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) e a classificação Highway Research Board (HRB), descrita pela norma americana AASHTO.

**Figura 4:** Curva Granulométrica do RCD Beneficiado




**Fonte**: Autores, 2022.

Os limites de consistência também foram avaliados e resultou em um comportamento não-plástico.

**Tabela 1:** Limites de Liquidez e Plasticidade

| | |
|---|---|
| Limite de Liquidez | 32% |
| Limite de Plasticidade | 5,39% |

**Fonte:** Autores, 2023.

Segundo Caputo (1987), a classificação dos solos baseada no IP quando este se encontra entre 1 a 7%, são ditos solos fracamente plásticos, de 7 a 15%, solos medianamente plásticos, e maior que 15%, altamente

plásticos. A aplicação é positiva nesse ponto, já que o uso de materiais que não apresentam parcela de resistência coesiva como é sugerido nas recomendações da Norma Britânica BS 8006 (1995), que dispõe de critérios mecânicos, químicos e eletroquímico dos materiais a serem utilizados como preenchimento de estrutura para reforço de solo.

Além disso, foi realizado ensaio de absorção de água do material e comparado com um solo convencional da cidade de João Monlevade. De acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2016), no território há predominância das classes de solos Latossolos Vermelho Escuro e Cambissolo Ferrífero. Os Latossolos caracterizam-se por serem solos profundos, bem estruturados e drenados, ácidos e com baixa fertilidade. Já os Cambissolos caracterizam-se por apresentar baixa condutividade hidráulica e alta erodibilidade, coesão e plasticidade devido ao alto teor de argila (BRASIL, 2007). Na Tabela 1 é mostrado a análise realizada quanto a absorção de água nos materiais.

Tabela 2: Absorção de Água

| MATERIAL ANALISADO | ABSORÇÃO DE ÁGUA (%) |
|---|---|
| **RCD** | 30% |
| **Latossolos Vermelho Escuro** | 26% |
| **Cambissolo Ferrífero.** | 28% |

**Fonte**: Autores, 2022.

Sabe-se que a capacidade absorção de água é um fator importante em relação ao peso específico do solo, e está ligada com a propriedade tensão superficial, fator importante fenômeno da capilaridade. O solo utilizado na produção de *Rip-Rap* deve possuir controle da taxa de absorção de água. Através da caracterização do resíduo, pode-se observar valores próximos ao do solo, corroborando para sua utilização em misturas de solo-cimento.

## 4 CONCLUSÃO

Os resultados da análise granulométrica revelam que, para as amostras ensaiadas, o RCD pode ser classificado como um pedregulho arenoso, segundo a classificação do Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) e a classificação Highway Research Board (HRB), descrita pela norma americana AASHTO. Através da análise visual e dos ensaios de consistência foi revelado partículas predominantemente por material de origem cerâmica, de forma e rugosidade variável com comportamento não-plástico.

Em relação as misturas solo-cimento a absorção de água tenderam a aumentar, quando comparada ao solo estabilizado. Tal fato, pode ocorrer em decorrência das partículas beneficiadas de RCD possuírem uma maior área específica para a adsorção da água.

## 5 AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à todas as pessoas envolvidas na realização dessa pesquisa, a Universidade do Estado de Minas Gerais pelos recursos ofertados no laboratório da universidade e o programa de Vivência Universitária de Empreendedorismo e Inovação (VUEI) por todo apoio na realização dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181:** Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro/RJ. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6459:** Solo – Determinação do limite de liquidez. 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 6457:** Amostras de solos – Preparação para ensaios de compactação e caracterização. Rio de Janeiro/RJ. 2016.

AFFONSO, F. J. A. (2005). **Caracterização de Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) para uso em camadas Drenantes de Aterros de Resíduos Sólidos**. Dissertação de Mestrado. COOPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

ALMEIDA. **Riscos Ambientais e Vulnerabilidades nas Cidades Brasileiras**. Editora Cultura Acadêmica, 2012. E-book. ISBN 978-85-7983-289-5.

ARAÚJO JR., E. L. (2010). **Uso de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Estacas de Compactação para Melhoramento de Solos.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC), Escola Politécnica de Pernambuco (POLI), Universidade de Pernambuco (UPE), 2010.

BRANDÃO, F. F. (2011). **Caracterização de Resíduos Sólidos da Construção Civil para sua Utilização em Camadas Drenantes de Aterros Sanitários.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa (UFV), 108p.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, de 5 de outubro de 1988. Brasília: Assembleia Nacional Constituinte, 1988.

CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F. (2011). **Utilização de Resíduos de Construção e Demolição para Cobertura Intermediária de Resíduos Sólidos Urbanos Dispostos em Aterros Sanitários**. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre: ABES, 2011.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. Ed. rev. e ampl. LCT, Rio de Janeiro, 1987.

CAVALIERI FILHO, Sérgio. **Programa de responsabilidade civil**. 7ª. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2007.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo – Sistema de Informações Geográficas-SIG: folha SB.212 João Monlevade.** Minas Gerais: CPRM, 2004. 1 CD Rom. Escala 1:100.000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Normais Climatológicas (2020/2021).** Brasília - DF, 2022.

LIBERATI, FLÁVIA MIGLIORANCI, NISHITA, HIDEKI ISHIMINE, CORONEL, LUCAS, TUPPY, PRISCILA e PISZEZMAN, WOLF. **Estabilidade De Encosta X Ocupação Antrópica**. Trabalho de conclusão de curso, graduação em engenharia civil. escola de engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2019.

MOURA; Verena C. Soares. **Impactos ambientais da urbanização: esforços de pesquisa brasileira e mapeamento e percepção de moradores na cidade de Santarém, Pará.** p.107. Santarém, 2019.

PALACIO, C. H. (2014). **Estabilização de Solos com Resíduo de Construção e Demolição Reciclado (RCD-R) para Fins Rodoviários.** Artigo de Conclusão de Curso de Graduação. Universidade Católica de Brasília (UCB), 2014.

PELAQUIM, Flávia Gonçalves P. **Geotecnia aplicada à estabilidade de encostas e taludes.** Editora Saraiva, 2021. E-book. ISBN 9786589881339.

SENA, P. G.; AMORIM, E. F.; INGUNZA, M. P. D**.** Análises de dosagens de concreto asfáltico do tipo Pré Misturado a Frio (PMF) utilizando Resíduos da Construção e Demolição de obras (RCD). **Matéria**, v. 24, 2019.

YANG, D.; LIU, M.; MA, Z. Properties of the foam concrete containing waste brick powder derived from construction and demolition waste. **Journal of Building Engineering**, v. 32, 2020.