

Análise do Comportamento do Solo com Adição de Resíduo de Construção e Demolição (RCD)

Analysis of Soil Behavior with Addition of Construction and Demolition Waste (CDW)

Análisis del Comportamiento de Suelos con Adición de Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

Recebido: 04/07/2023 | Revisado: 19/07/2023 | Aceitado: 20/07/2023 | Publicado: 29/07/2023

Cristiano Oliveira Nicolau

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6010-2605>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: crist.nic7@gmail.com

Fabiani Maria Dalla Rosa Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4934-4843>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: fabiani.barbosa@ufmt.br

Resumo

Este estudo buscou analisar as características físicas e mecânicas de misturas de solo e resíduos da construção civil e demolição. Para isto, foram preparadas misturas de solo e resíduos da construção civil reciclados nas concentrações de 15% e 30% em relação à massa de solo. As amostras de solo foram coletadas no Bairro Jardim Imperial, no município de Cuiabá/MT e classificado pelo sistema de classificação *Transportation Research Board-TRB* como A6. Segundo a classificação pela metodologia expedita MCT (Miniatura, Compactada, Tropical), trata de um solo não laterítico siltoso. O agregado reciclado foi cedido pela usina de reciclagem da empresa Eco Ambiental situada na capital mato-grossense. Com os resultados dos ensaios de *California Bearing Ratio* (CBR) observou-se que a mistura de agregados reciclados com o solo apresentou aumento no valor do CBR e redução da expansão, promovendo uma melhora nos parâmetros. Todavia, essa melhora ainda não atendeu os requisitos necessários para reforço do subleito, sendo necessário corrigir a expansão das misturas.

Palavras-chave: Reforço do subleito; RCD; Solos expansivos; CBR.

Abstract

This study sought to analyze the physical and mechanical characteristics of mixtures of soil and construction and demolition waste. For this, mixtures of recycled soil and construction waste were prepared at concentrations of 15% and 30% in relation to the dry weight of the soil. Soil samples were collected in Bairro Jardim Imperial, in the city of Cuiabá/MT and classified by the Transportation Research Board-TRB classification system as A6. According to the classification by the expeditious MCT methodology (Miniature, Compacted, Tropical), it is a non-lateritic silty soil. The recycled aggregate was donated by the recycling plant of the company Eco Ambiental located in the capital of Mato Grosso. With the results of the California Bearing Ratio (CBR) tests, it was observed that the mixture of recycled aggregates with the soil showed an increase in the CBR value and a reduction in expansion, promoting an improvement in the parameters. However, this improvement has not yet met the necessary requirements for strengthening the subgrade, and it is necessary to correct the expansion of the mixtures.

Keywords: Subgrade reinforcement; RCD; Expansive soils; CBR.

Resumen

Este estudio buscó analizar las características físicas y mecánicas de mezclas de suelo y residuos de construcción y demolición. Para ello se prepararon mezclas de suelo reciclado y residuos de construcción en concentraciones de 15% y 30% en relación al peso seco del suelo. Las muestras de suelo fueron colectadas en Bairro Jardim Imperial, en la ciudad de Cuiabá/MT y clasificadas por el sistema de clasificación del Transportation Research Board-TRB como A6. Según la clasificación por la metodología expedita MCT (Miniature, Compacted, Tropical), es un suelo limoso no laterítico. El agregado reciclado fue donado por la planta de reciclaje de la empresa Eco Ambiental ubicada en la capital de Mato Grosso. Con los resultados de los ensayos de California Bearing Ratio (CBR), se observó que la mezcla de agregados reciclados con el suelo mostró un aumento en el valor de CBR y una reducción en la expansión,

promoviendo una mejora en los parámetros. Sin embargo, esta mejora aún no ha cumplido con los requisitos para el fortalecimiento de la subrasante, y es necesario corregir la expansión de las mezclas.

Palabras clave: Refuerzo del subsuelo; RCD; Suelos expansivos; CBR.

1. Introdução

A construção civil é um dos setores mais importante para o progresso da sociedade, tanto no aspecto econômico, como no social. O seu surgimento está atrelado desde os primórdios da humanidade, com destaque para as civilizações mais antigas como as egípcias, romanas e gregas, que desenvolveram grandes edificações e obras de engenharia, muitas dessas edificações permanecem até hoje (Matuella et al., 2015).

A partir da Revolução Industrial, a indústria da construção civil teve um crescimento intenso e importante, consequência do êxodo rural e do aumento da população. Com a decorrência desse êxodo massivo, houve um aumento considerável de habitações, vias urbanas, redes de saneamento básico entre outros. O que favoreceu o espraiamento de muitas cidades e também a intensificação dos resíduos sólidos.

Para a Organização das Nações Unidas – ONU, os resíduos sólidos são uns dos maiores problemas da atualidade. A cada ano são produzidos mais de 2 bilhões de toneladas de resíduos no mundo. E muito desses resíduos são descartados de forma clandestina em locais públicos, terrenos não ocupados, margens de rios, lagos e encostas (ONU, 2023).

De acordo com Ribeiro et al. (2021), o setor da construção civil, gera entorno de 50% do total dos resíduos sólidos gerados no Brasil. Consequência do aumento da demanda por infraestrutura, habitação e outras obras. Este fato faz com que o setor exaure intensivamente os insumos não renováveis principalmente os de origem mineral que correspondem a aproximadamente 90% do volume total de uma obra (Lima, 2013).

Segundo os dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – Abrelpe (2022), no ano de 2021 foram coletados pelos municípios 48 milhões de toneladas de resíduos advindos da construção civil e boa parte desses resíduos são descartados irregularmente em vias e logradouros públicos.

Diante do descarte irregular de entulhos no meio ambiente, o Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), publicou a Resolução do Conama nº 307 (2002), a qual trata dos resíduos sólidos da construção ou os resíduos de construção e demolição (RCD), definidos como:

“os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;” (Conama, 2002, art. 2º, § 1).

Faria (2019) cita que as estimativas da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (ABRECON), aponta que 520 kg de resíduos da construção civil são produzidos por dia para cada habitante do país. Em média 290,5 toneladas de entulho são produzidas diariamente e somente 21% são reciclados. O que demonstra negligência e omissão dos municípios no que diz respeito a gestão dos resíduos da construção e demolição.

A realidade do município de Cuiabá não destoa do restante do país. De acordo com a empresa Eco Ambiental (2016), quase 90% dos resíduos da construção civil são descartados de forma irregular, de cada 200 caçambas de resíduos produzidas no município apenas 17 chegam à usina de triagem e reciclagem da capital.

Na busca constante de mitigar os impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos da construção civil, muitos pesquisadores têm procurado diversas formas de empregar novamente esses rejeitos na construção. A maior parte na forma de

agregados para a produção de argamassas, concretos, camadas de reforço de subleito e sub-base entre outras aplicações. Portanto, esta pesquisa tem o intuito de analisar os resíduos reciclados da construção civil e demolição oriundos da cidade de Cuiabá, adicionado de solo local. O intuito é aproveitar a mistura obtida como reforço de subleito na camada de pavimentação de vias de baixo fluxo de tráfego.

2. Revisão Bibliográfica

De fato, o maior problema ocasionado pelos resíduos sólidos são os descartes irregulares em locais inadequados e sem nenhum tratamento, ocasionando prejuízo ao meio ambiente, contaminando o solo, a água, o ar, e facilitando a proliferação de doenças e vetores. A Figura 1, demonstra o descarte irregular de resíduos da construção civil na região metropolitana de Cuiabá.

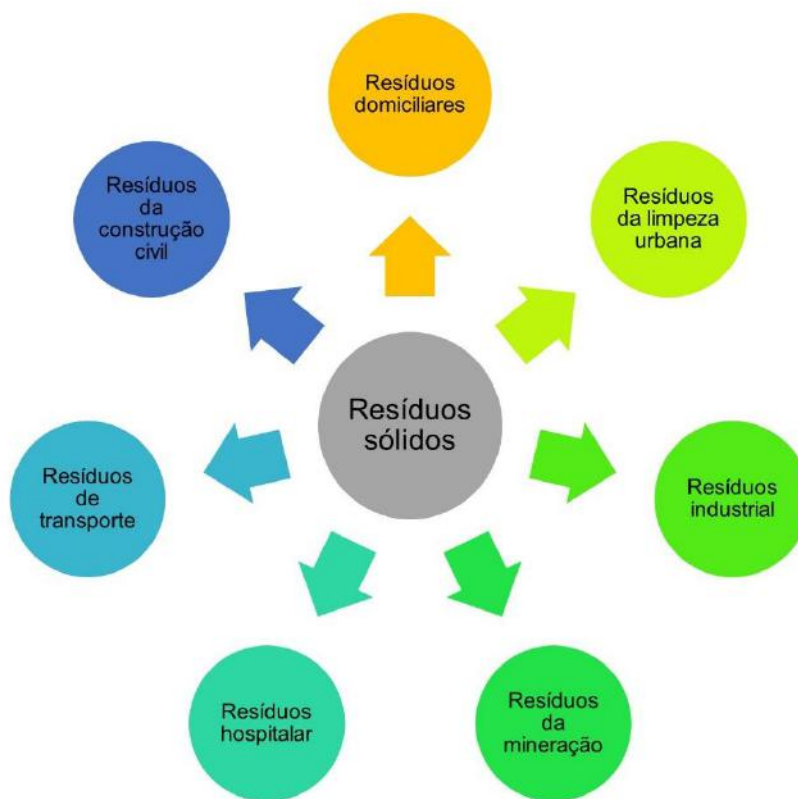
Figura 1 - Descarte irregular de resíduos da construção civil.



Fonte: Jornal Primeira Página (2022).

Diante dessa circunstância o estado brasileiro por meio da Lei nº 12.305, de 02/08/ 2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A lei abrange os resíduos provenientes dos domicílios, limpeza urbana, da construção civil, industrial, hospitalar, de transporte e os resíduos da mineração. Na Figura 2, classificou-se alguns dos tipos de resíduos gerado no país.

Figura 2 - Tipos de resíduos sólidos gerados no Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Arantes e Pereira (2021), a geração de resíduos sólidos configura-se como o produto resultante de diversas atividades humanas. De forma gradual, o volume de resíduos está aumentando e apresentando expressivas mudanças em suas composições físico-químicas, sendo extremamente poluente ao meio ambiente e prejudicial à saúde humana. A classificação desses resíduos e sua disposição final é de suma importância para mitigar os impactos ambientais.

Em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a norma técnica NBR 10004 (ABNT, 2004), classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública, a serem gerenciados adequadamente, divididos nas seguintes classes:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II - Não perigosos;
 - resíduos classe II A - Não inertes.
 - resíduos classe II B - Inertes.

De acordo com Matuti e Santana (2019), os resíduos da construção civil são classificados pela norma vigente NBR 10004 (ABNT, 2004) como resíduos inertes, que não se decompõem, não sofrem alterações na sua composição e são considerados resíduos com baixo teor de poluentes.

Conforme a Resolução nº 307 (CONAMA, 2002), os RCD's são divididos em quatro classes, conforme as possibilidades de reciclagem, sendo:

- Classe A – abrange todos os agregados reutilizáveis ou recicláveis como: tijolos, telhas, blocos, placas de revestimentos, argamassa, concreto ou peças pré-moldadas em concretos etc.;
- Classe B – são os resíduos tais como: plástico, papel, madeira, vidro, metal entre outros. Que são passíveis de serem reciclados para uma outra destinação;
- Classe C – são os resíduos que não possuem tecnologia para serem reciclados;
- Classe D – são resíduos perigosos tais como: tintas, óleos, solventes etc.

Para Boscov (2008) e Bodi et al. (1995), aproximadamente 80% de todo o resíduo da classe A, gerado em uma obra, é passível de reciclagem. A reciclagem depende da composição heterogênea do resíduo e da viabilidade econômica.

No Brasil, a reciclagem de resíduos da construção civil iniciou-se na década de 80 na cidade de São Paulo, esses resíduos reciclados foram aproveitados para a produção de argamassa e para pavimentação da primeira via na zona oeste da cidade, considerada uma via de baixo volume de tráfego (Motta, 2005).

Amorim (2013), menciona que os RCD's depois de reciclados podem ser utilizados na recuperação de pavimentos, como agregados na fabricação de concretos, em aterros, nas diferentes camadas da estrutura de pavimentos, na base, sub-base ou reforço do subleito e entre outras utilizações.

Segundo Fernandes (2004), a utilização de RCD's em obras de engenharia possui as seguintes vantagens;

- Baixo custo para pavimentação;
- Diminuição da poluição;
- Redução de aterros sanitários;
- Utilização de quantidade significativa;
- Melhora da estabilização do solo e
- Diminuição na exploração de novas jazidas minerais.

Delongui (2012) afirma que os maiores benefícios dos agregados reciclados, advém na aplicação da área de pavimentação, pois os mesmos podem ser empregados em qualquer camada do pavimento, dependendo das suas características físicas e mecânicas.

Segundo Oliveira et al. (2018), a execução do pavimento propicia aos usuários, conforto, segurança, economia e aumenta a capacidade de suporte da via. Todavia, algumas vias urbanas locais e de baixa velocidade, não são pavimentadas e uma solução que muitas cidades brasileiras estão adotando para reduzir o custo e impacto ambiental é a aplicação de RCD em algumas camadas do pavimento, principalmente como reforço.

Motta (2005), realizou um estudo de amostras de RCD coletado na cidade de São Paulo em três condições, *in natura*, com adição de 4% de cal e com adição de 4% de cimento Portland, no intuito de avaliar os aspectos físicos e o comportamento mecânico das amostras, para serem utilizados em vias de baixo tráfego. A autora também analisou as amostras contendo brita convencional com a finalidade de realizar uma comparação. Em relação ao comportamento mecânico se baseou nos ensaios CBR (Índice de Suporte Califórnia), resistência a tração por compressão diametral e ensaio de modo de resiliência. Os resultados mostraram que os agregados reciclados, com ou sem adição de aglomerantes apresentaram comportamento mecânico aceitável e resistente tanto quanto o agregado convencional.

Amorim (2013), utilizou ensaios de laboratório com as misturas de solo-RCD, com traço de 15%, 25% e 35%. Realizou ensaios de campo em um trecho de 70 metros localizado no município de Campo Verde – MT. A camada de base do trecho foi construída com solo laterítico adicionado de 25% de RCD. Os resultados obtidos mostraram que a aplicação do RCD pode ser uma alternativa para aplicação em obras de pavimentos urbanos de baixo custo.

Delongui (2016), também analisou o comportamento mecânico, físico e químico dos agregados reciclados (RCD), com o objetivo de identificar as suas principais características e fornecer parâmetros necessários para o dimensionamento de pavimentos como suporte de reforço. O autor verificou que o RCD apresentou comportamento aceitável em relação a deformação elástica, com módulo de resiliência semelhante ao agregado convencional e indica a possibilidade de utilizar o RCD como agregado de base e sub-bases para pavimentos de baixo volume de tráfego.

3. Materiais

Essa pesquisa baseou-se na avaliação do uso de resíduos de construção e demolição a um solo típico do município de Cuiabá - MT para aplicação em pavimentação de vias de baixo fluxo de tráfego como reforço de subleito. As descrições dos materiais empregados na pesquisa são mencionadas a seguir.

3.1 Solo

O solo utilizado na pesquisa, foi coletado de uma jazida, situada no bairro Jardim Imperial, no município de Cuiabá/MT, nas seguintes coordenadas geográficas 15° 36' 22,20'' S e 56° 01' 43,61'' O, (Figura 3).

Figura 3 – Localização da coleta das amostras de solo.



Fonte: Google Earth (2023).

Com o auxílio de uma pá carregadeira, foram coletados em torno de 200 kg de amostras de solo. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos, sacos de rafia e armazenados no laboratório da Universidade Federal do Mato Grosso até a data de realização dos ensaios. Na Figura 4, apresenta-se o solo utilizado na pesquisa.

Figura 4 - Visão geral do solo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Agregado reciclado

Os resíduos da construção civil e demolição utilizados para o melhoramento do solo foram fornecidos pela empresa Eco Ambiental localizada na rodovia Emanuel Pinheiro, km 04, bairro Jardim Vitória, Cuiabá/MT. A empresa recebe os resíduos de diversas obras da cidade de Cuiabá, onde o material é estocado à céu aberto, passa por processo de triagem, beneficiamento, separação e estocagem. Os materiais são organizados em faixas granulométricas.

Na pesquisa, selecionou-se dois tipos de agregados reciclados, denominados pela empresa como areia reciclada e pedrisco reciclado (Figura 5). O material foi coletado, armazenado em sacos de rafia e transportado até o laboratório.

Figura 5 - Visão geral dos agregados reciclados.



a - Areia reciclada



b – Pedrisco reciclado

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. Métodos

Esta seção, estabelece-se o planejamento da pesquisa, representando os meios pelos quais os objetivos do trabalho foram alcançados. Primeiramente são apresentados, a classificação da pesquisa e, em seguida, os métodos de trabalho que foram utilizados.

Do ponto de vista da sua natureza, este trabalho se caracteriza como uma pesquisa aplicada. De acordo com Prodanov e Feitas (2013) encaixa-se na definição "busca gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais" (p. 51).

Quanto à abordagem utilizada, a pesquisa é classificada como quantitativa, pois encontra-se fundamentada na análise de uma série de ensaios geotécnicos realizados em laboratório, necessários para um melhor entendimento do comportamento mecânico apresentado pelos materiais reciclados de RCD. Definiu-se três tipos de misturas do RCD com o solo, sendo elas:

- Solo com areia reciclada: massa total composta por 70% de solo natural e 30% de areia reciclada.
- Solo com pedrisco reciclado: massa total composta por 70% de solo natural e 30% de pedrisco reciclado.
- Solo com mistura de areia e pedrisco: massa total composta por 70% de solo natural, 15% de areia reciclada e 15% de pedrisco reciclado.

Antes de realizar os ensaios laboratoriais, os materiais foram secos, destorroados e quarteados, de acordo com a norma NBR 6457 (ABNT, 2016).

4.1 Ensaios de Caracterização

Para a caracterização do solo foram feitos os ensaios descritos na Tabela 1, com o objetivo de obter a classificação TRB.

Tabela 1 - Ensaios realizados para classificação TRB.

| Ensaio realizado | Norma Utilizada |
|------------------------|----------------------|
| Granulometria | NBR 7181 (ABNT,2018) |
| Limite de liquidez | NBR 6459 (ABNT,2017) |
| Limite de plasticidade | NBR 7180 (ABNT,2016) |

Fonte: Elaborado pelos autores.

O solo também foi classificado pela metodologia expedita MCT segundo a proposta de Fortes e al. (2002). Os ensaios de granulometria dos RCD's foram realizados pela empresa Eco Ambiental, a qual cedeu os resultados utilizados nesta pesquisa.

4.2 Ensaios de resistência mecânica

Realizou-se os ensaios de compactação e os ensaios de CBR. Os ensaios de compactação foram executados conforme a NBR 7182 (ABNT, 2016). Utilizaram-se os materiais com reuso, o cilindro grande, e a energia intermediária. Este ensaio tem o intuito de informar a curva de compactação e determinar os parâmetros do teor de umidade ótima (w_{ot}) e o peso específico seco aparente máximo (ρ_{dmax}) do material.

A partir dos parâmetros estabelecidos no ensaio de compactação, realizaram-se os ensaios de CBR de acordo com a norma NBR 9895 (ABNT, 2017).

5. Resultados e Discussão

De acordo com os resultados dos ensaios de granulometria e os resultados dos ensaios de limite de plasticidade e limite de liquidez, o solo foi classificado pelo sistema TRB como A6. Segundo DNIT (2006) no grupo A6 estão presentes os solos argilosos. São considerados como um solo pobre e fraco para ser empregado em camadas do pavimento.

Na Figura 6, apresenta-se as curvas granulométricas do solo, da areia reciclada e do pedrisco reciclado. O solo apresenta limite de liquidez (LL) de 38% e limite de plasticidade (LP) de 27%.

Figura 6 – Granulometria das amostras.

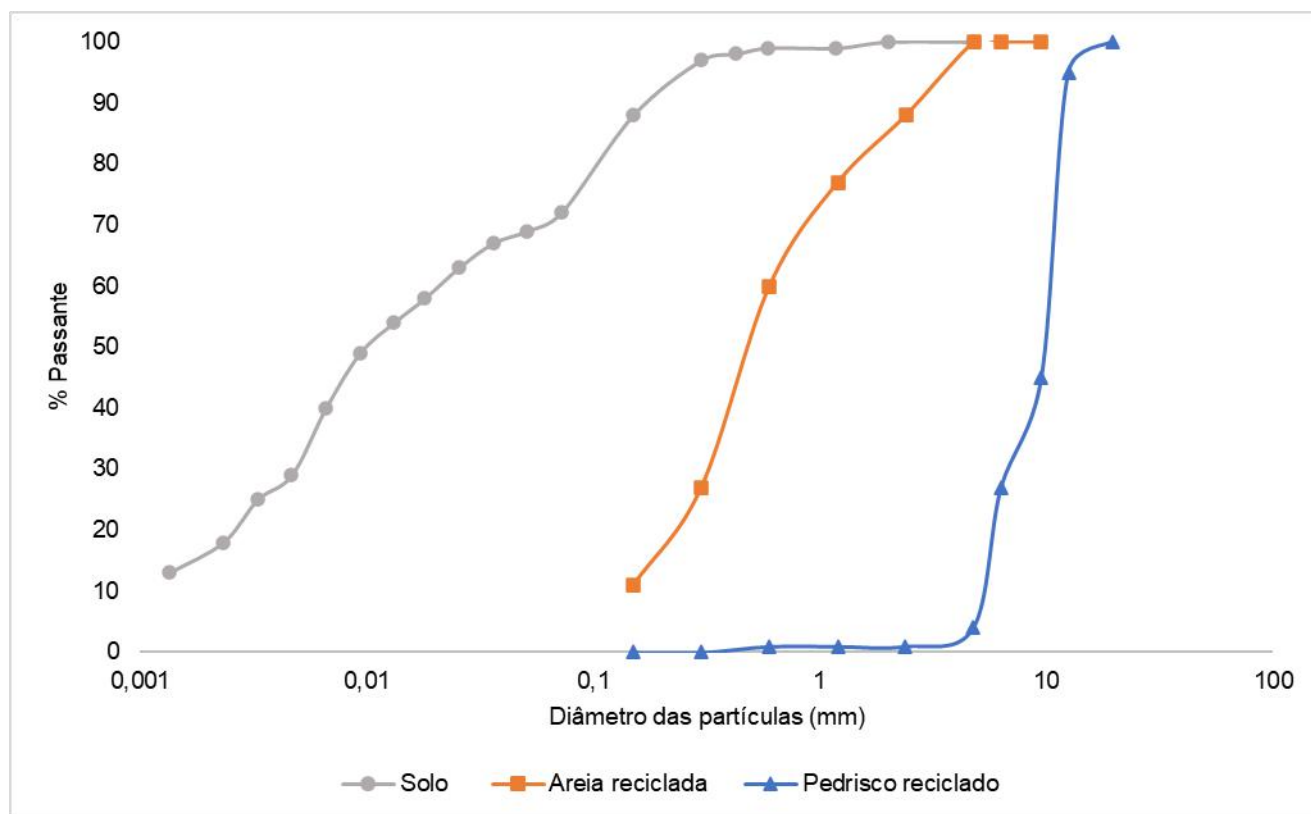
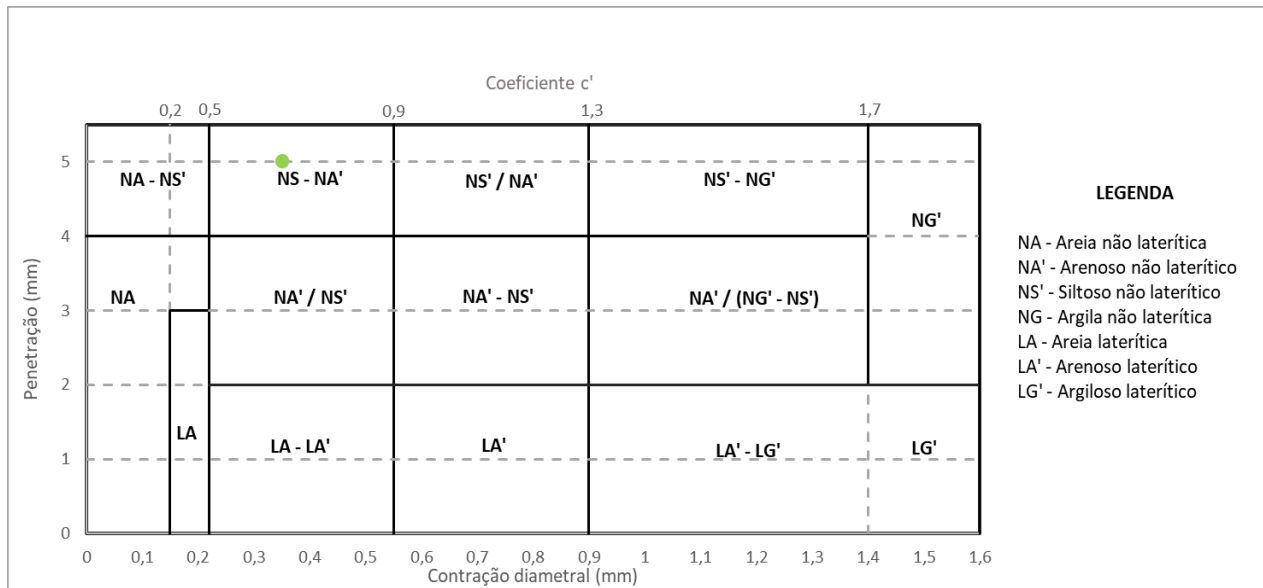


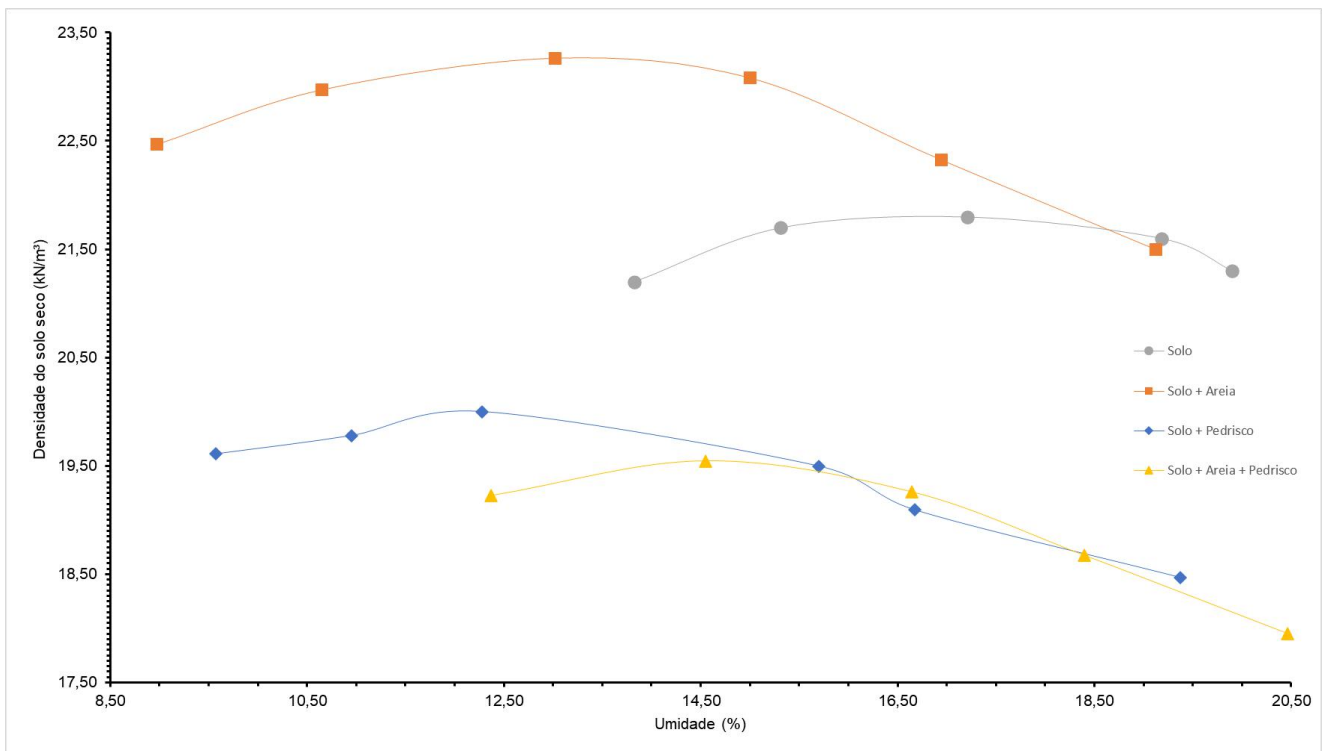
Figura 7 - Classificação MCT Expedito.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Realizaram-se os ensaios de compactação e CBR com as misturas, com o objetivo de verificar as características mecânicas da mistura. Os resultados dos ensaios de compactação estão apresentados na Figura 8.

Figura 8 – Curvas de compactação.



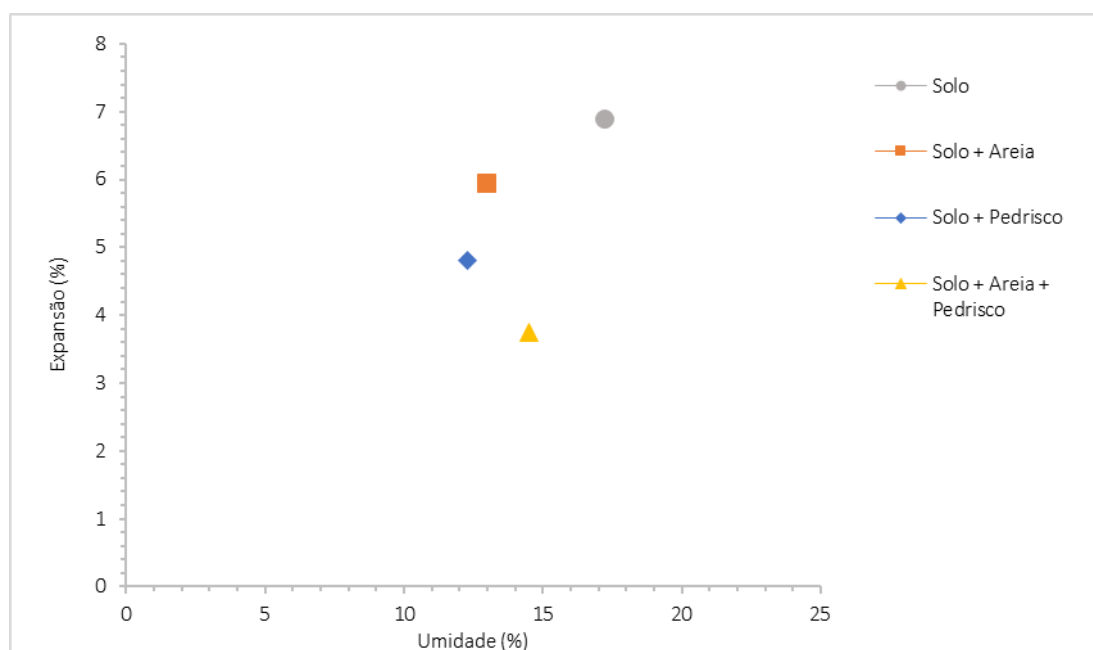
Fonte: Elaborado pelos autores.

Avaliando a densidade do material, a mistura de solo mais areia reciclada apresentou o melhor resultado na curva de compactação, pois obteve a maior peso específico seco aparente máximo (ρ_{dmax}) sendo este de 23,3 kN/m³ e o teor de umidade ótima (w_{ot}) de 13%. Ao contrário, a mistura de solo com areia e de solo com areia e pedrisco obtiveram resultados inferiores ao do solo sem adições.

Avaliou-se algumas possibilidades para tais resultados como a variação da composição dos resíduos e a facilidade de quebra do pedrisco durante o processo de compactação. A facilidade de quebra pode ter sido acelerada pelo reuso das amostras na realização do ensaio.

Quanto à expansão do solo, determinada no ensaio de CBR, às misturas apresentaram queda nos valores, conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Expansão das amostras.

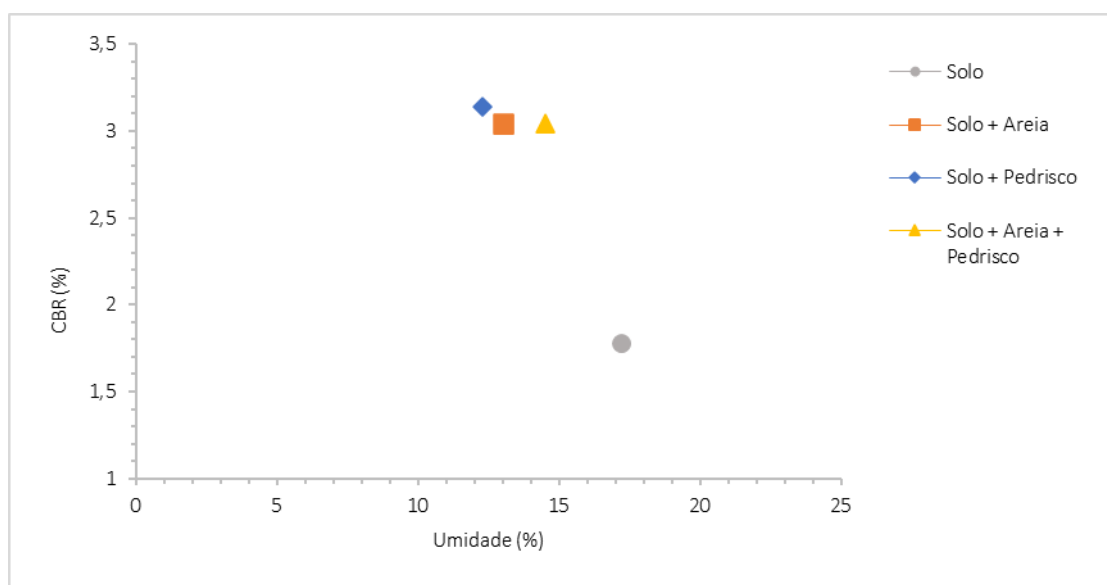


Fonte: Elaborado pelos autores.

O solo natural apresentou expansão de aproximadamente 7%. O solo com adição de areia e pedrisco obteve a maior redução do valor de expansão, atingindo o valor 3,7%.

Contudo, apesar dos RCD's melhorarem a características de expansibilidade do solo, as misturas ainda não são adequadas para uso na pavimentação. O DNIT (2006) exige que o valor da expansão ou contração seja inferior a 2%.

Figura 10 – CBR das amostras.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Determinou-se os valores de CBR. Os resultados estão expostos na Figura 10. Todas as amostras de solo com adições apresentarem CBR superior a 2% e inferiores a 3,5%. Os resultados são coerentes com a classificação expedita do solo pela MCT e com a classificação TRB.

O CBR do solo sem adição resultou em valor abaixo de 2% e a expansão de quase 7%. Conforme DNIT (2006): “Os materiais do subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio CBR, menor ou igual a 2% e um $CBR \geq 2\%$ ” (p. 142).

Os resultados do solo adicionando de areia e do solo adicionado de areia e pedrisco apresentaram CBR muito semelhantes, 3 e 3,1 %. O fato pode ser explicado pela quebra dos grãos do material denominado de pedrisco reciclado durante o processo de compactação. Estes resultados de CBR permitem que o solo seja utilizado como reforço de subleito, contudo, o critério de expansão destas misturas ainda não satisfizerem a exigência.

6. Considerações Finais

A motivação para desenvolver esta pesquisa baseou-se no desejo de viabilizar o reaproveitamento de RCD's em pavimentação de vias de baixo fluxo de tráfego como reforço de subleito e minimizar os impactos relacionados à sua disposição, conciliando o desenvolvimento com a sustentabilidade.

As pesquisas, tendem a indicar a viabilidade para o emprego de RCD em camadas de pavimento de baixo volume de tráfego. Verificou-se que a mistura de solo e agregados reciclados apresentou aumento da resistência mecânica medida pelo CBR. Contudo, a redução da expansibilidade ainda não foi suficiente para atender aos critérios de camada de reforço de subleito.

Portanto, faz necessário que em pesquisas futuras busque-se alternativas para corrigir a expansão deste solo. Assim como, faz necessário avaliar os materiais estudados com a realização do ensaio de compactação sem o reuso de amostras, o que pode evitar a fragmentação do pedrisco e alterar os resultados.

Referências

- Amorim, E.F. (2013). *Viabilidade Técnica Econômica de Misturas de Solo-RCD em Camadas de Base de Pavimentos Urbanos. Estudo de Caso: Município de Campo Verde - MT*. Tese de Doutorado. Publicação G.TD-090/13, 151 p. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Arantes, M. V. & Pereira, R. S. (2021). *Análise crítica dos 10 anos de criação e implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil*. https://lieceu.emnuvens.com.br/LICEU_ON-LINE/article/view/1862/1148.
- ABRELPE (2022). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022*. <http://abrelpe.org.br/panorama/>.
- ABNT(2004). *NBR 10004:2004*. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT.
- ABNT (2017). *NBR 6459:2016 versão corrigida em 2017*. Solo – Limite de Liquidez. Rio de Janeiro: Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT.
- ABNT (2017). *NBR 9895:2016 versão corrigida em 2017*. Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT.
- ABNT (2016). *NBR 7180:2016*. Solo – Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro: Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT.
- ABNT (2018). *NBR 7181:2016 corrigida em 2018*: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro: Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT.
- ABNT (2016). *NBR 7182:2016*. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT.
- Bodí, J., Filho, J. A. B. & Almeida, S. (1995). Utilização de Entulho de Construção Civil Reciclado na Pavimentação Urbana. In: *29ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv, Cuiabá – MT*. p. 409- 436.
- Bosco, M. E. G. (2008). *Geotecnia Ambiental*. Ed. Oficina de Textos.
- CONAMA (2022). Resolução Conama nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 julho de 2002.
- Delongui, L. (2016). *Determinação de parâmetros mecânicos para dimensionamento de pavimentos com resíduos de construção e demolição*. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre -RS.
- DNER (1994). *DNER-ME 093/94*. Solo – Determinação da densidade real. São Paulo: Departamento Nacional De Estradas De Rodagem. DNER.
- DNIT (2006) - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Manual de pavimentação*. 3.ed. 274p. Rio de Janeiro.
- Eco Ambiental (2016). *Diário de Cuiabá: Entulho de obras é despejado em critérios em Cuiabá*. <https://www.folhamax.com/imprime.php?cid=88642&sid=8>.
- Faria, V. (2019). *Sustentabilidade – Brasil pode reciclar 98% dos resíduos da construção civil, mas só consegue dar conta de 21%*. <https://www.gazetadopovo.com.br/haus/sustentabilidade/brasil-pode-reciclar-98-dos-residuos-da-construcao-civil-mas-so-consegue-dar-conta-de-21/>.
- Fernandes, C. G. (2004). *Caracterização mecânica de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para uso em pavimentação dos municípios do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte*. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- Fortes, R. M., Merighi, J. V. & Neto, A. Z. (2002). *Método das pastilhas para identificação expedita de solos tropicais*. 2º Congresso Rodoviário Português. Lisboa.
- Lima, F. M. R. S. (2013). *A formação da mineração urbana no Brasil: reciclagem de RCD e a produção de agregados*. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-26122013-144341/pt-br.php>.
- Matuella, M. F., Delongui, L. & Núñez, W. P. (2015). *Caracterização de resíduos de construção e demolição melhorados com cimento Portland para aplicação em camadas inferiores de pavimento*. <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/110091/000952026.pdf?sequence=1>.
- Matuti, B. B. & Santana, G. P. (2019). Reutilização de resíduos de construção civil e demolição na fabricação de tijolos cerâmicos – uma revisão. *Scientia Amazonia*. 8(1), 1-13. <https://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2018/11/v.-8-n.1-E1-E13-2019.pdf>.
- Motta, R. S. (2005). *Estudo laborial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação de pavimentação de baixo volume de tráfego*. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transporte. São Paulo.
- Oliveira, A. A. F. F., Araújo, D. A. M. & Araújo, M. J. O. (2018). *Emprego de Resíduos de Construção e Demolição produzidos em Natal/RN em camadas de pavimento: análise física e mecânica*. <https://periodicos.unifacex.com.br/Revista/article/view/953>.
- ONU (2023). *Humanidade produz mais de 2 bilhões de toneladas de lixo por ano*. <https://brasil.un.org/pt-br/225701-primeiro-dia-res%C3%ADduo-zero-refor%C3%A7a-a%C3%A7%C3%B5es-de-enfrentamento-%C3%A0-crise-global- depolui%C3%A7%C3%A3o-por>.
- Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm.
- Ribeiro, A. K. S. P., Marques, S. K. J., Ribeiro, I. B. G. & Maia, S. M. F.(s.d.). *Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil do município de Maceió – AL*. https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/issue/view/380.