CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL DOS SEDIMENTOS DE REDES PLUVIAIS COMO AGREGADO FINO PARA MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Palavras-Chave: Reuso de sedimentos; metais pesados; microplásticos.

Autores:

Guilherme Olimpio de Oliveira, UNICAMP

Prof. Dr. José Anderson do Nascimento Batista (orientador), UNICAMP

INTRODUÇÃO

Uma vez transportados pelas águas pluviais, os sedimentos urbanos provocam tanto a possível obstrução de condutos e o assoreamento de lagoas de detenção pluvial quanto, invariavelmente, o transporte de contaminantes para ecossistemas aquáticos. Os contaminantes encontrados nos sedimentos urbanos são provenientes de emissões atmosféricas, resíduos do tráfego humano, lavagens, construção civil e contaminações provenientes de esgoto doméstico, e incluem microrganismos, metais pesados, compostos persistentes e microplásticos. Desta forma, esta problemática constitui um desafio crescente na gestão de águas pluviais urbanas. Por outro lado, lagoas de detenção têm sido apontadas como locais propícios para a remoção bem como para o estudo de contaminantes de origem difusa, incluindo os microplásticos pelo fato de serem gerados no ambiente urbano (MORUZZI et al., 2020).

Como alternativa aos danos causados pelo transporte de sedimentos urbanos, o reuso deste material tem sido estudado por diversos pesquisadores. De acordo com estudos realizados por *Agostini* (2007), *Cárdenas et al.* (2017), *Peña-Guzmán et al.* (2021), *Siham* (2008) pode-se incorporar estes sedimentos em elementos de construção civil sem que haja perdas significativas nas características destes elementos. Desta forma, se faz necessário o estudo da composição química, física e biológica dos sedimentos presentes em sistemas de drenagem de águas pluviais para avaliar a viabilidade de seu uso e também sua influência nas propriedades e características de elementos de construção civil.

O presente estudo visa a caracterização granulométrica e de impurezas de sedimentos urbanos depositados na lagoa de detenção Barroca Funda, localizada no município de Limeira, SP, bem como discutir seus resultados quanto aos fatores intervenientes na sua eventual realização de reuso. O local foi escolhido devido à sua disponibilidade de dados em campo.

REVISÃO DA LITERATURA

A fim de delinear o estado da arte do comportamento granulométrico e ambiental dos sedimentos presentes nas águas pluviais quanto à sua utilização em elementos de construção civil, foi realizada uma extensa revisão da literatura. Foram selecionados estudos que caracterizam a granulometria destes sedimentos ao redor do mundo e também os que analisavam sua utilização em elementos de construção civil. Pode-se, então, realizar uma análise comparativa dos estudos selecionados, reunidos na Tabela 1. Observa-se o ano inicial dos estudos com fins para o aproveitamento de sedimentos em torno de 2010, ao mesmo tempo que uma mescla de materiais provenientes de áreas urbanas e de leitos fluviais. Na maior parte, as amostras são caracterizadas por granulometria aberta e na menor parte, são encontradas impurezas orgânicas. Observa-se elevados volumes anuais gerados.

Tabela 1: Comparação entre os estudos abordados na revisão bibliográfica

	Beddaa	Beddaa	Peña-Gúzman	Jang	Peña-Gúzman	Poleto	Charters
Ano de Publicação	2020	2021	2017	2010	2021	2009	2015
Local de Coleta das Amostras	Pontos de dragagem de uma via navegável no Rio Sena, Paris (FR)	Pontos de dragagem da bacia do Rio Sena, Paris (FR)	Bueiros e bocas de lobo dispostos na cidade de Puente Aranda, Bogotá (CO)	Bacias de captura e lagoas de detenção na Flórida, Miami (US)	Galerias de águas pluviais, bueiros e sarjetas em Puente Aranda, Bogotá (CO)	Superfície do asfalto de cidades no Rio Grande do Sul (BR)	Superfície do asfalto, coberturas de concreto e galvanizadas e coberturas com cobre em Christchurch (NZ)
Quantidade de Amostras Obtidas	357	2	16	156	240	20	15
Técnicas de Ensaio Realizadas	Conteúdo de poluentes, de matéria orgânica e granulometria. Ensaios de resistência e durabilidade (quando incorporado ao concreto)	Caracterização físico-química dos sedimentos, ensaios de resistência e durabilidade (quando incorporado ao concreto)	Análise granulométrica e caracterização química	Conteúdo de poluentes, metais e de laqueadura.	Caracterização físico-química e análise granulométrica	Caracterização físico-química e análise granulométrica	Análise granulométrica.
Composição dos Sedimentos	Matéria orgânica, conchas e grãos finos	Areia, matéria orgânica, conchas, argila.	Areia, silte, argila e lodo.	Não detalhado pelo estudo.	Areia, silte, argila e matéria orgânica.	Areia, silte, argila e matéria orgânica.	Areia, silte, argila.
Aproveitamento dos Sedimentos	Os sedimentos podem ser incorporados ao concreto com uma peneiração que remova os grãos mais finos.	Os sedimentos podem ser satisfatoriamente aproveitados para incorporação em concretos.	Os sedimentos podem ser satisfatoriamente aproveitados na produção de pozolanas. Para uso em concreto, o silte deve ser removido.	-	Os sedimentos podem ser satisfatoriamente aproveitados na produção de cimento Portland e pozolanas.	-	-
Área de Drenagem	-	-	-	-	-	-	600 ha
Tipo de Ocupação do Solo	Comercial e residencial	Comercial e residencial	Comercial e residencial	Comercial e residencial	Comercial e residencial	Comercial e residencial	Residencial
Pluviometria Anual Média	-	-	-	-	-	1250 - 2000 mm	-
Produção Anual de Sedimentos	~ 137.667 m^3	150.000 m^3	-	-	12.000 m^3	-	151.000 m^3

Metais pesados e microplásticos são contaminantes resistentes às técnicas usuais de tratamento físico-químico de água (coagulação, flotação, filtração e desinfecção). Pelo fato dos sedimentos constituírem-se em grãos formados previamente à formação dos seus contaminantes, as substâncias

contaminantes são observadas aderidas às paredes dos seus grãos. Desta forma, enquanto a massa contaminante encontra-se disponível conforme o quadrado do diâmetro da partícula (D^2), a massa do grão encontra-se disponível conforme o cubo do diâmetro (D^3). Assim, maiores grãos impõem necessariamente menores concentrações do contaminante em relação à massa de sedimentos. *Zanders* (2005) realizou um estudo de referência neste assunto, determinando a concentração de metais pesados em sedimentos urbanos na Nova Zelândia, onde foi observado que a concentração de Cu variou 21-212 mg/kg entre as frações arenosas, seguido de Zn, com 226-1628 mg/kg e de Pb, com 36-334 mg/kg.

Em estudo realizado por *Koutnik et al.* (2022), o comportamento da concentração de microplásticos foi estudado com respeito à profundidade do material filtrante vertical. Sendo o plástico mais leve do que a água, sua lixiviação ocorre flutuante ao longo do escoamento. Logo, sua aderência à superfície dos grãos ocorre de forma desacumulada, penetrando no interior da camada filtrante apenas o restante do retido mais superficialmente. Assim, quanto mais profunda a camada de depósito menor a concentração de microplásticos no material.

METODOLOGIA

A amostragem de sedimentos depositados na lagoa de detenção Barroca Funda permitiu a coleta de 3 (três) amostras extraídas de diferentes locais da obra. Estas amostras passaram por secagem em ambiente natural e posteriormente passaram por secagem a 100°C em estufa. Os diâmetros dos sedimentos foram determinados por meio de ensaio granulométrico de peneiramento, que consiste em fracionar a amostra conforme os diâmetros dos grãos passantes em cada uma das peneiras utilizadas (NBR 7217). Adicionalmente, foi realizada uma análise de impurezas orgânicas presentes nas amostras por meio de soluções de hidróxido de sódio e ácido tânico (NBR-NM 49). As amostras tiveram comparação colorimétrica com uma solução padrão, e então foi determinado o grau de impureza dos sedimentos das amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando as curvas granulométricas das 3 (três) amostras coletadas (Figura 1), pode-se comparar com as curvas encontradas na literatura para leitos fluviais (BEDDAA et al., 2020; BEDDAA; FRAJ; DUCLÉROIR, 2021), costa oceânica (LIMEIRA et al., 2011) e sedimentos urbanos sem ação de erosão pluvial (KATAGUIRI et al., 2019). São apresentadas nesta figura as frações acumuladas dos diâmetros inferiores (passantes) ao de cada peneira. Nota-se que há diferenças entre os resultados das amostras, o que indica variabilidade na eficiência de remoção dos diferentes tamanhos de grãos dos sedimentos da massa líquida da lagoa entre os locais de coleta na lagoa. Resultado semelhante foi encontrado por *Beddaa* (2020) e *Beddaa* (2021) com as suas amostras de sedimentos fluviais, visto que tanto o processo de erosão quanto deposição dos sedimentos dependem dos fatores hidrodinâmicos do corpo hídrico estudado.

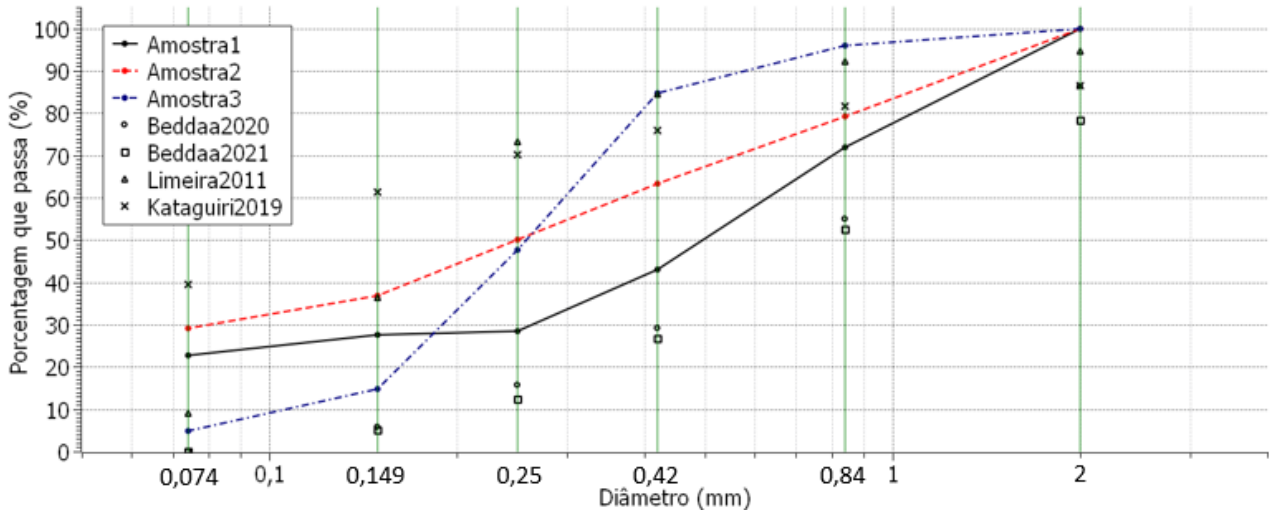

Figura 1: Curvas granulométricas obtidas com as amostras coletadas (Amostras 1, 2 e 3) e da literatura. Executado no software SciDavis.

São adotadas 6 (seis) peneiras as quais delimitam cinco intervalos de diâmetros apenas arenosos. Desacumulando-se estas frações em cada intervalo, observa-se entre duas (amostras 1 e 2) das amostras de campo uma menor quantidade de areias (77,2% e 70,80%, respectivamente) do que nos estudos com sedimentos fluviais (em média 82,23%) e costeiros (85,52%), devido à maior velocidade de escoamento nestes corpos hídricos do que naquele. Uma vez que o reservatório possui um campo de velocidades heterogêneo, a amostra 3 foi encontrada com um teor de areia significativamente distinto das anteriores, com 95%. Por outro lado, sedimentos coletados sem ação de erosão pluvial possuem menor fração de areias (46,88%), logo, maior concentração de possíveis contaminantes e maior grau de dificuldade do seu aproveitamento como agregado do que os sedimentos pluviais, tanto devido a estas concentrações mais elevadas como pelos menores diâmetros. O ensaio de impurezas orgânicas (Figura 2) revelou colorações que variam entre mais escura do que a solução padrão - o que demonstra a existência de impurezas orgânicas, fato que pode ser explicado pela contaminação destes sedimentos com esgotos domésticos – e levemente mais clara do que o padrão – demonstrando que a areia possui menor grau de contaminação por matéria orgânica.

Figura 2: Comparação das amostras obtidas com uma solução padrão. Da esquerda para direita: Solução padrão, sedimentos finos da amostra 1, sedimentos grossos da amostra 1, amostra 2 e amostra 3.

CONCLUSÕES

As frações granulométricas do sedimento são diretamente responsáveis pela concentração de metais e outras substâncias encontradas na superfície dos seus grãos. Assim, as propriedades hidrodinâmicas da lagoa de detenção determinarão ao mesmo tempo, tanto a granulometria do sedimento depositado, quanto o desempenho deste material para o seu eventual aproveitamento quanto à sua granulometria, e à sua concentração de substâncias adsorvidas. Comparando os resultados

obtidos com resultados de outros estudos, nota-se que a granulometria das amostras coletadas apresenta comportamento semelhante ao de materiais reportados na literatura, cujo desempenho foi considerado adequado em elementos de construção civil.

Em relação ao teor de matéria orgânica nas amostras, nota-se que se trata de uma problemática recorrente nos estudos analisados. *Agostini* (2007) observou que a eliminação de contaminantes orgânicos pode ser realizada por tratamento térmico dos sedimentos, sendo satisfatoriamente incorporado a elementos de concreto. A influência da matéria orgânica no desempenho de elementos de construção civil e a relação custo-benefício de sua eventual remoção total ou parcial, além de elaboração de metodologias de projeto de acessórios para lagoas de detenção que promovam a separação de frações granulométricas com maior setorização são avaliações necessárias a futuros trabalhos de cunho tecnológico.

BIBLIOGRAFIA

AGOSTINI, F.; SKOCZYLAS, F.; LAFHAJ, Z. About a possible valorisation in cementitious materials of polluted sediments after treatment. **Cement and Concrete Composites**, v. 29, n. 4, p. 270–278, 2007.

BEDDAA, H. et al. Reuse potential of dredged river sediments in concrete: Effect of sediment variability. **Journal of Cleaner Production**, v. 265, p. 121665, 2020.

BEDDAA, H.; FRAJ, A. BEN; DUCLÉROIR, S. Experimental study on river sediment incorporation in concrete as a full aggregate replacement: Technical feasibility and economic viability. **Construction and Building Materials**, v. 313, n. October, 2021.

CÁRDENAS, J. et al. Determination of physicochemical characteristics of solids of urban drainage systems for potential use: Case study in bogota-Colombia. **Chemical Engineering Transactions**, v. 57, n. June, p. 577–582, 2017.

KATAGUIRI, K. et al. Characterization flowchart for assessing the potential reuse of excavation soils in Sao Paulo city. **Journal of Cleaner Production**, v. 240, 2019.

KOUTNIK, V. S. et al. Microplastics retained in stormwater control measures: Where do they come from and where do they go? **Water Research**, v. 210, n. December 2021, p. 118008, 2022.

LIMEIRA, J. et al. Mechanical and durability properties of concrete made with dredged marine sand. **Construction and Building Materials**, v. 25, n. 11, p. 4165–4174, 2011.

MORUZZI, R. B. et al. Stormwater detention reservoirs: An opportunity for monitoring and a potential site to prevent the spread of urban microplastics. **Water (Switzerland)**, v. 12, n. 7, 2020.

PEÑA-GUZMÁN, C. et al. Characterization and analysis of sediments in stormwater drainage for reuse. **Journal of Applied Water Engineering and Research**, 2021.

SIHAM, K. et al. Marine dredged sediments as new materials resource for road construction. **Waste Management**, v. 28, n. 5, p. 919–928, 2008.

ZANDERS, J. M. Road sediment: Characterization and implications for the performance of vegetated strips for treating road run-off. **Science of the Total Environment**, v. 339, n. 1–3, p. 41–47, 2005.