

DERIVADORES RASTREADOS POR SATÉLITE APLICADOS A AMBIENTES FLUVIAIS: APLICAÇÃO PARA ESTUDOS ACERCA DA RECUPERAÇÃO DO RIO DOCE. ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS.João Vitor Pimenta¹ (IC), Arcilan Trevenzoli Assireu¹¹Universidade Federal de Itajubá.**Palavras-chave:** Sedimentologia; Metais; Granulometria; Geomorfologia fluvial; Dinâmica fluvial.**Introdução**

O presente estudo constitui a continuidade da pesquisa intitulada “Derivadores rastreados por satélite aplicados a ambientes fluviais: aplicação para estudos acerca da recuperação do Rio Doce”. Nesta fase, a investigação concentra-se na caracterização sedimentológica dos locais identificados pelos derivadores, abrangendo a determinação do tipo de material presente nos bancos de areia e a análise granulométrica.

A caracterização sedimentológica constitui um elemento fundamental para a compreensão da dinâmica e da geomorfologia fluvial do Rio Doce, fornecendo subsídios técnicos para a elaboração de estudos e estratégias de recuperação da bacia. Sedimentos são cruciais para entender a dinâmica fluvial em bacias hidrográficas e desempenham papel essencial no ciclo biogeoquímico e no funcionamento do sistema aquático como um todo (PACHECO, 2015). A análise dos sedimentos possibilita inferir o comportamento do material transportado a jusante, seus potenciais impactos sobre áreas urbanas ribeirinhas e processos como a formação de camadas de encouraçamento.

O objetivo final da coleta é estabelecer comparações entre as amostras obtidas nesta etapa, aquelas previamente coletadas e as que serão adquiridas em campanhas futuras. Essa abordagem permitirá a construção de uma linha temporal da sedimentologia fluvial da região, contribuindo para o entendimento da evolução e do comportamento dos sedimentos ao longo do tempo. Nesse contexto, é importante destacar que, em casos de rompimento de barragens de rejeitos, o equilíbrio ecológico pode ser severamente comprometido, intensificando a necessidade de estudos sedimentológicos voltados à recuperação ambiental (CARVALHO et al, 2017).

Metodologia

Por solicitação da Fundação Renova, foram coletadas amostras para análise sedimentológica e granulométrica ao longo de 10 transectos na área de estudo, no ano de 2018 (Fig 1), abrangendo o Rio do Carmo, o Rio Ipiranga e o Rio Doce. A partir dessas coletas, foram elaborados diversos gráficos comparativos sobre o tipo de sedimento e sua distribuição granulométrica.

No que se refere à sedimentologia, foram obtidos dados sobre a concentração de diversos metais, entre eles arsênio, cromo, níquel, cádmio, chumbo, cobre, zinco e fósforo. Contudo, aqueles que ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA (CONAMA, 2004), sendo eles o nível 1 que representa o limiar abaixo do qual há baixa probabilidade de efeitos adversos à biota e o nível 2 corresponde ao limiar acima do qual é previsto um provável efeito adverso, constituíram o foco principal da análise, com destaque para o alumínio, o cromo, o níquel e o chumbo. Sendo que todos que foram analisados: arsênio, cromo, níquel, cádmio, chumbo, cobre, zinco e fósforo. As informações referentes a esses metais foram organizadas para cada transecto, separando-se as amostras de intracalha e extracalha. No intracalha, as amostras foram subdivididas em *Rejeito Lavado*, *Substrato Natural* e *Rejeito Inconsistente*; no extracalha, em *Rejeito Extracalha* e *Substrato Natural*. É importante destacar que a ausência de valores no gráfico não implica necessariamente inexistência de metais, mas pode indicar concentrações tão reduzidas que ficaram abaixo do limite de detecção do equipamento. O Rejeito Lavado ou “*Lag Layer*” é o rejeito em contato com a água enquanto que o Rejeito Inconsolidado “*Bed Layer*” é o rejeito abaixo do Rejeito Lavado, o Substrato Natural é a camada que naturalmente estava no solo.

Quanto à granulometria, os resultados de cada transecto foram classificados em sete frações: argila, silte, areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa e areia

muito grossa.

Resultados e discussão

A seguir serão apresentados os resultados de maneira gráfica, acerca da concentração dos metais que ultrapassaram os Limites da CONAMA e da granulometria.

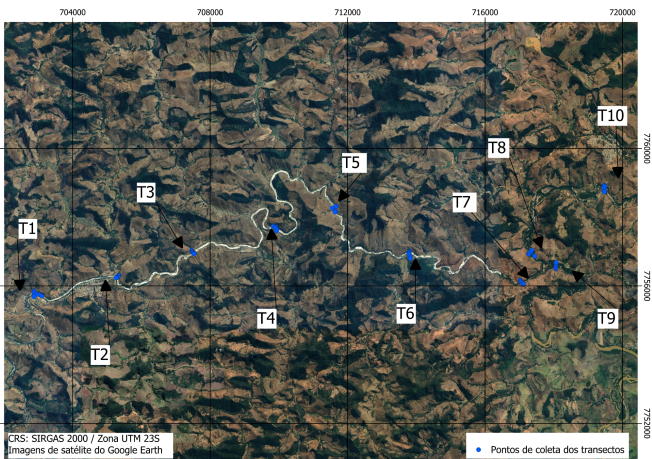


Figura 1. Localização com os transectos.

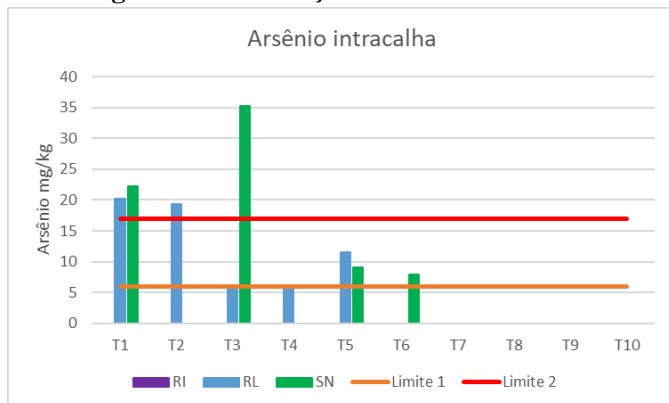


Figura 2. Concentração do Arsênio intracalça.

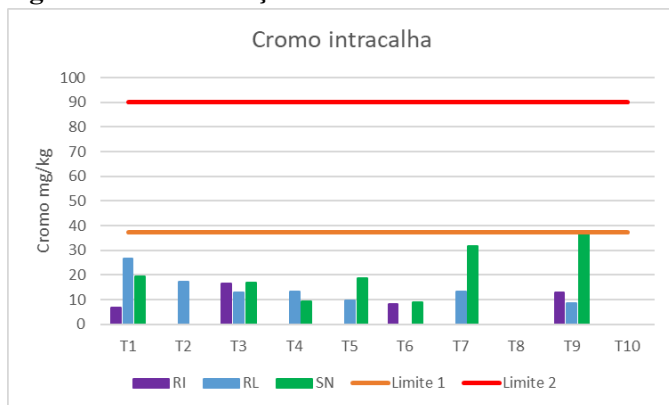


Figura 3. Concentração do Cromo intracalça.

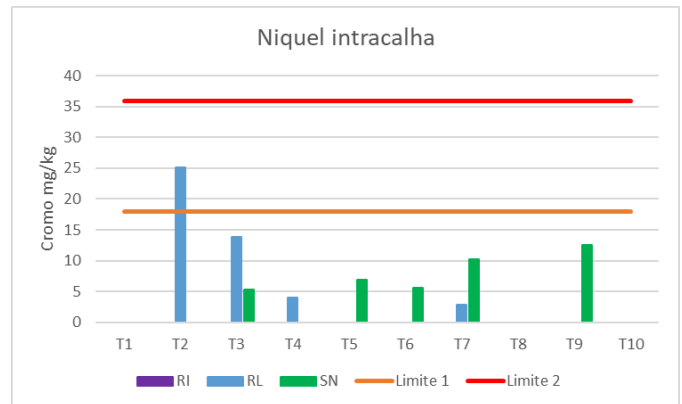


Figura 4. Concentração do Níquel intracalça.

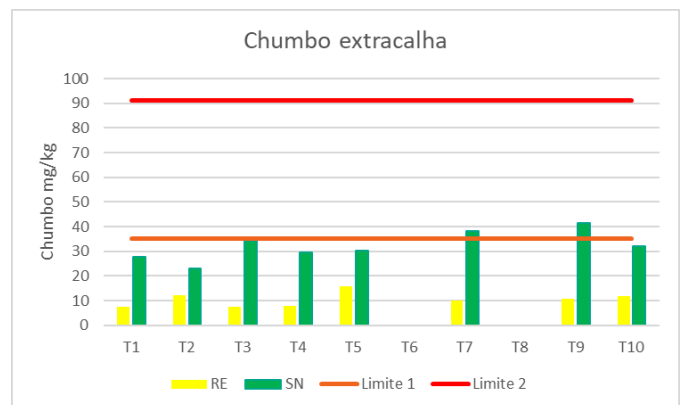


Figura 5. Concentração do Chumbo extracalça.

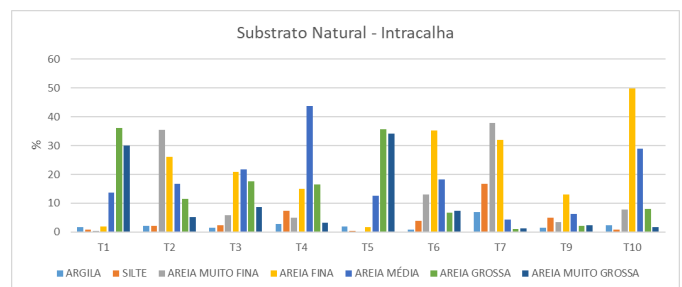


Figura 6. Granulometria do Substrato Natural Intracalça para cada transecto.

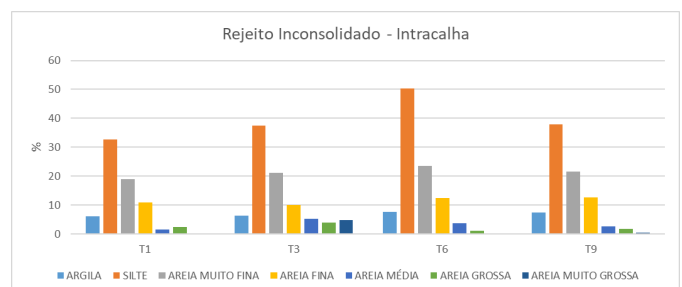


Figura 7. Granulometria do Rejeito Inconsolidado Intracalça para cada transecto.

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

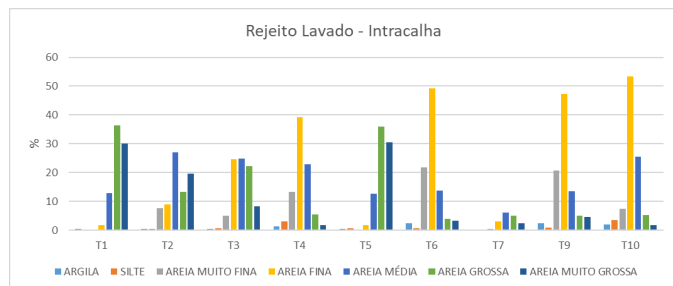


Figura 8. Granulometria do Rejeito Lavado Intracalha para cada transecto.

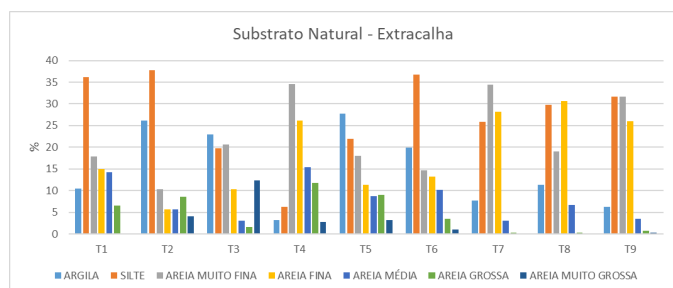


Figura 9. Granulometria do Substrato Natural Extracalha para cada transecto.

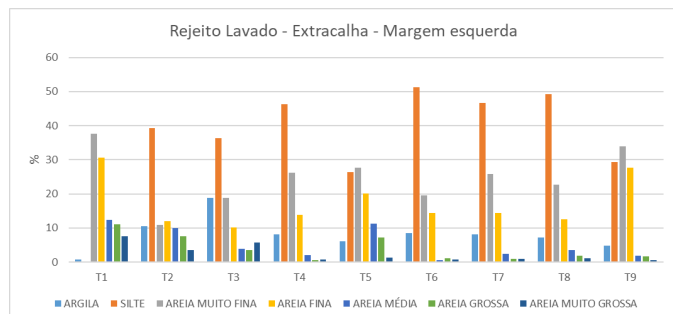


Figura 10. Granulometria do Rejeito Lavado Extracalha - Margem esquerda, para cada transecto.

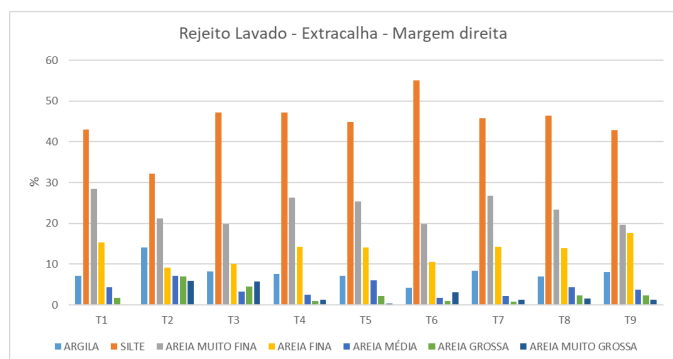


Figura 11. Granulometria do Rejeito Lavado Extracalha - Margem direita, para cada transecto.

Os metais analisados arsênio, cromo, níquel e chumbo

são reconhecidamente perigosos e altamente tóxicos. O arsênio, historicamente utilizado como agente letal desde a Antiguidade até a Idade Média (ANDRADE & ROCHA, 2016), apresenta risco significativo à saúde humana principalmente pela ingestão de água e alimentos contaminados (ANDRADE & ROCHA, 2016). Sua toxicidade pode manifestar-se em quadros agudos ou crônicos: no primeiro caso, acomete o trato gastrointestinal, rins, fígado e tecido muscular; no segundo, está associado a efeitos cumulativos e de longo prazo (ANDRADE & ROCHA, 2016). Além disso, o fato de ser encontrado intracanalha potencializa seu risco, uma vez que permanece em contato direto com a água, aumentando a probabilidade de contaminação. Conforme apresentado na Figura 2, a concentração de arsênio atinge 35%, valor superior a duas vezes o limite estabelecido pelo Limite 2, indicando elevado risco à saúde das populações expostas.

O cromo foi identificado em concentrações superiores ao Limite 1 estabelecido pela CONAMA. Embora seja um elemento presente no substrato natural, sua detecção intracalha é relevante, pois implica em contato direto com a água, aumentando o potencial de mobilização e exposição. Apesar de sua ocorrência natural, o cromo é reconhecido como tóxico em concentrações elevadas, e seus efeitos variam conforme o estado de oxidação. O cromo hexavalente, em particular, apresenta elevada toxicidade, podendo comprometer o trato gastrointestinal, os rins e o sistema hematológico (DE FREITAS MUNIZ & OLIVEIRA-FILHO, 2006). Além disso, o elemento possui capacidade de bioacumulação nos organismos, favorecendo sua transferência ao longo da cadeia trófica e representando risco significativo à saúde humana por meio do consumo de espécies contaminadas.

O níquel é classificado como uma substância reconhecidamente carcinogênica (CRUZ et al, 2021). No presente estudo, foi identificado no intracalha, condição que potencializa seu risco ambiental por estar em contato direto com a água. É encontrado no Rejeito Lavado, o que reforça a necessidade de atenção especial em sua avaliação. As análises indicaram concentrações acima do Limite 1 estabelecido pela CONAMA, embora ainda inferiores ao Limite 2.

O chumbo foi identificado na fração extracalha em concentrações superiores ao Limite 1 da CONAMA, associadas ao substrato natural. Nessa condição, sua presença não representa risco ambiental imediato, uma

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

vez que não está diretamente em contato com a água. Ainda assim, trata-se de um elemento altamente tóxico, com reconhecido potencial de afetar o sistema nervoso central. A exposição pode resultar em diversos problemas de saúde, incluindo cefaleia, tontura, perda de memória recente, ansiedade, depressão e irritabilidade (CAPITANI, 2009).

A análise granulométrica dos transectos evidencia dois ambientes bastante distintos entre as porções extracalha e intracalha. No rejeito inconsolidado intracalha observa-se uma predominância de silte e argila, enquanto no rejeito lavado intracalha há uma quantidade significativamente maior de areia em relação ao silte. Esse contraste indica a formação de camadas de encouraçamento, compostas por partículas de maior granulometria que envolvem e imobilizam os grãos mais finos, dificultando seu transporte a jusante. Tal processo exerce influência marcante na dinâmica geomorfológica fluvial, pois altera o padrão de transporte de sedimentos. Nesse contexto, se as partículas mais finas apresentarem elementos tóxicos, a dragagem da camada mais grossa pode expor e liberar o material contaminado subjacente, permitindo que seja transportado a jusante.

Com essas informações, será feita uma nova coleta para verificar se a análise dos metais e da granulometria se mantém ou não, dando continuidade à pesquisa.

Conclusões

O estudo evidencia o fenômeno físico de formação de camadas de encouraçamento, as quais atuam como barreira ao transporte de sedimentos de menor granulometria para regiões a jusante. Constatou-se, ainda, a presença de metais tóxicos que ultrapassaram os limites da CONAMA (CONAMA, 2004), como o Arsênio, Cromo, Níquel e Chumbo no sistema fluvial, aspecto que demanda atenção por parte dos órgãos gestores e tomadores de decisão.

Adicionalmente, ressalta-se que esta investigação integra um estudo mais amplo, cujo objetivo é consolidar os dados apresentados neste resumo com informações pretéritas e contemporâneas, visando à construção de uma linha temporal da evolução sedimentológica do rio.

Agradecimentos

Agradecimentos a FAPEMIG/RENOVA pelo apoio ao Projeto “Derivadores Rastreados por Satélite e Monitoramento Automático de Parâmetros Ambientais

Aplicados ao Entendimento da Contribuição dos Afluentes para o Restabelecimento do Rio Doce” (APQ-00405-19), pelo financiamento ao Projeto. Os autores são gratos também à UNIFEI e ao CNPq.

Referências

PACHECO, Anderson Almeida. Avaliação da contaminação em solos e sedimentos da bacia hidrográfica do rio Doce por metais pesados e sua relação com o fundo geoquímico natural. 184 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

CARVALHO, Marllon Santos de et al. Concentration of metals in the Doce river in Mariana, Minas Gerais, Brazil. *Acta Brasiliensis*, v. 1, n. 3, p. 37-41, sep. 2017. ISSN 2526-4338. DOI: <https://doi.org/10.22571/Actabra13201758>.

Resolução CONAMA nº 344, de 25/03/2004 – Federal – Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras.

ANDRADE, Daiene Flor; ROCHA, Marcia Santos da. A toxicidade do arsênio e sua natureza. *Revista Acadêmica Oswaldo Cruz*, v. 3, p. 102-111, 2016.

DE FREITAS MUNIZ, Daphne Heloisa; OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. *Universitas: Ciências da Saúde (encerrada)*, v. 4, n. 1, p. 83-100, 2006.

CRUZ, Jessica Valéria Bastos; SANTOS, Érica Pereira dos; SILVA, Natália de Jesus; LIMA, Felicson Leonardo Oliveira; MARTINELLI, Priscila Pimentel; VASCONCELLOS NETO, João Ronaldo Tavares de. Influência dos metais pesados no acometimento do câncer: uma revisão da literatura. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 6, e45810615992, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15992>

CAPITANI, Eduardo M. Metabolismo e toxicidade do chumbo na criança e no adulto. *Medicina (Ribeirão Preto)*, v. 42, n. 3, p. 278-286, 2009. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v42i3p278-286>