

# AVALIAÇÃO HIDROGEOMORFOLÓGICA DE UM SETOR DE RIO TROPICAL

Daniel Toso Alexandre<sup>1</sup>  
Thaíssa Gomes Dias da Silva<sup>2</sup>  
Sidinei Marques de Carvalho<sup>3</sup>  
Eberval Marchioro<sup>4</sup>

## Resumo

Os rios tropicais são sistemas naturais que refletem a interação entre os diferentes segmentos das paisagens hidrogeomorfológicas. Em função disto, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade hidrogeomorfológica de um trecho do rio principal do Duas Bocas, na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). Para realizar a avaliação do rio, foi utilizado o Índice Hidrogeomorfológico (IHG), que é composto por três componentes: a) qualidade funcional do sistema fluvial; b) qualidade do leito; e, c) qualidade do corredor ribeirinho. Para a utilização do IHG, o trecho do rio principal de 5,66 km, foi subdividido em 04 (quatro) segmentos de 1,41 km de comprimento. Os resultados apontam que, em relação: a) a qualidade funcional do sistema fluvial, o setor 1 e 4 são moderados e o 2 e 3 muito ruim; b) a qualidade do leito fluvial foi classificada como moderada, para os setores 1 e 4 e, muito ruim, para os setores 2 e 3; c) por fim, o corredor ribeirinho foi avaliado como muito ruim para os setores 1, 2 e 3, e como deficiente para o setor 4. A avaliação deste setor pelo IHG evidencia como as alterações humanas sobre o sistema fluvial, repercutem de forma negativa em sua hidrogeomorfologia.

**Palavras-chave:** Hidrogeomorfologia, Rio, Conectividade, restauração.

## INTRODUÇÃO

Os rios são sistemas naturais que estão em equilíbrio dinâmico com as paisagens adjacentes, sendo responsáveis pelo transporte de água, de sedimentos e poluentes ao longo do seu perfil longitudinal (BIERMAN; MONTGOMERY, 2019).

As alterações hidrogeomorfológicas humanas, tais como, aquelas associadas a barramentos, construção de estradas, culturas agrícolas e ocupação em áreas de planície de inundação, supressão da mata ciliar e outras (GARDE, 2006), impactam nos sistemas naturais.

Este conjunto de alterações hidrogeomorfológicas humanas que se processam continuamente, tem promovido um debate sobre como classificar os cursos fluviais para a sua restauração, pois de acordo com Ollero et al. (2007) para conservar um rio como um sistema aberto, conectando os seus diversos segmentos, deve-se proteger a sua hidrogeomorfologia.

Este fato ficou ainda mais evidente na Europa a partir da Directiva 2000/60/CE (CE, 2000), que levou vários países a criarem critérios de avaliação dos cursos fluviais. Neste

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, danieltoalexandre@gmail.com;

<sup>2</sup> Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, thaissa.g.silva@edu.ufes.br;

<sup>3</sup> Mestrando em Geografia da Universidade Federal - UFES, sidinei.academic@gmail.com;

<sup>4</sup> Departamento de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, ebervalm@gmail.com.

sentido, no âmbito espanhol, o Índice Hidrogeomorfológico (IHG) nasceu a partir de diversos trabalhos desenvolvidos por geógrafos espanhóis, consolidando-se em 2002 na Universidade de Zaragoza, na bacia hidrográfica do rio Ebro (Espanha) com Ollero et al. (2007).

No Brasil, em nossa opinião, é ausente uma classificação ou aplicação de índices baseado nas características hidrogeomorfológicas de rios, como o Índice Hidrogeomorfológico (IHG). Os trabalhos de Souza e Pompêo (2016) e Marchioro e Ollero (2023) são trabalhos que até o presente, fazem uso da metodologia para classificar os rios a partir de suas características hidrogeomorfológicas, fato que justifica a sua utilização na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (BHRDB), da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), corroborando para a restauração fluvial, ordenamento territorial, entre outros. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade hidrogeomorfológica de um trecho do rio Duas Bocas, com intuito de subsidiar o ordenamento e a restauração fluvial.

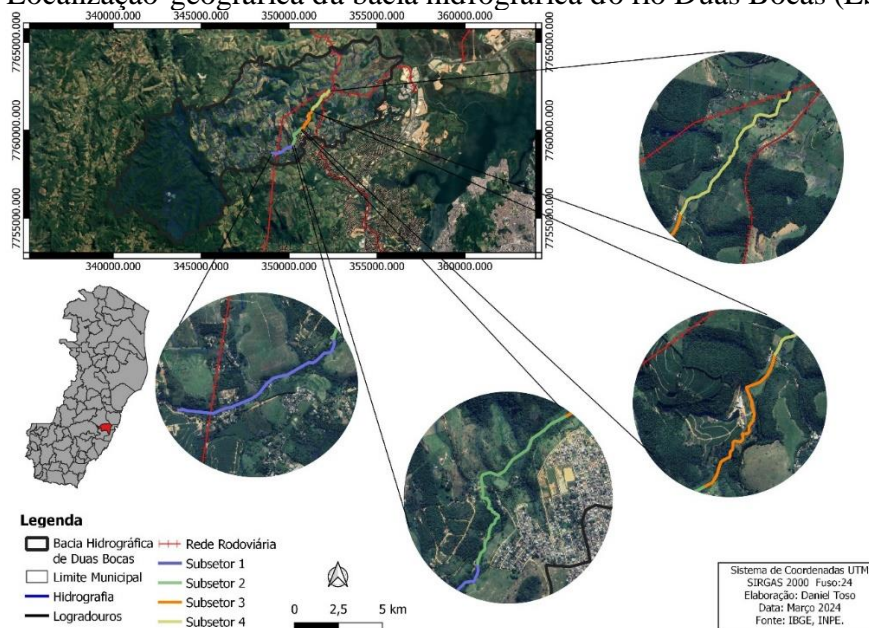
A BHRDB possui uma área de 82,83 km<sup>2</sup> tendo seus limites entre os municípios de Cariacica, com 73,45 km<sup>2</sup> ou 88,68% de área, Viana com 0,23 km<sup>2</sup> ou 0,28% da área, pertencentes a Região Metropolitana da Grande Vitória (Figura 1) e Santa Leopoldina, com 9,14 km<sup>2</sup> ou 11,04% da área. Em sua cabeceira fluvial está presente a Reserva Biológica de Duas Bocas, corroborando para a preservação ambiental dos córregos de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordem fluvial, que em geral, possuem baixa resiliência e alta sensibilidade a mudanças climáticas e ações humanas.

As cabeceiras de drenagem do rio Duas Bocas são formadas pelo córrego Pau Amarelo, Naia-Assú, Pannels e Sertão Velho, que estão situados nos limites da Reserva Biológica de Duas Bocas (ReBio), sendo está protegida pela Mata Atlântica. Em 1965, pela Lei 2.095/1965 foi criada a Reserva Florestal, que foi reclassificada como Reserva Biológica em 1991, a partir da Lei 4.503/1991, (BONI; NOVELLI; SILVA, 2009).

## **METODOLOGIA**

Para a realização deste trabalho, foi escolhido um trecho da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (BHRDB), classificado por Marchioro e Ollero (2023) na escala de 1:25.000, sendo que para melhoria em sua acurácia de reclassificação, foi utilizada nesta pesquisa a escala 1:5.000. Neste trecho, ocorre a presença de voçorocas, açudes e canalizações, que estão associadas às transformações ambientais pela ação humana.

Figura 1: Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (ES).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a execução deste trabalho de iniciação científica, serão utilizadas as bases cartográficas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Banco de dados utilizados para a aplicação do IHG na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (ES).

Banco de dados cartográficos	Fonte/Ano	Escala	Aspectos analisados
Base de dados Vetoriais do Estado do Espírito Santo/ES	IJSN (2012)	-	Plano de informação de onde serão obtidas informações sobre malha rodoviária e ferroviária, limites municipais, mapeamento geomorfológico do Espírito Santo, massa d'água, rede de drenagem etc.
Imagens Aéreas (Ortofotos)	IJSN (2020)	1:5.000	Por meio dessas imagens será possível avaliar as alterações hidrogeomorfológicas. Resolução espacial de 50cm.
Uso e cobertura da terra (2019/20)	IJSN (2020)	1:5.000	Mapa de uso e cobertura da terra.
Curvas de Nível	HIPARC (2012)	Resolução de 5 x 5 m	As curvas de nível com equidistância de 5 metros, serão utilizadas para a produção do mapa hipsométrico e de declividade da bacia.

Fonte: elaborado pelo autor.

A base cartográfica para a realização deste trabalho é apresentada na Tabela 1. De posse desta base cartográfica, foi realizado trabalho de campo para obtenção de informações na escala de detalhe.

De posse deste banco de dados cartográficos e de trabalho de campo, foi iniciada a aplicação do Índice Hidrogeomorfológico proposto por Ollero *et al.* (2007) que é composto por três componentes principais, que são: a) a avaliação da qualidade funcional do sistema fluvial (Tabela 2); b) a avaliação da qualidade do leito do rio (Tabela 2); c) a avaliação da qualidade da zona ribeirinha/ripária ou mata ciliar dos rios (Tabela 2).

Tabela 2: Tabela para avaliação da qualidade hidrogeomorfológica de rios.

Sistema fluvial:		Masa de água:		Fecha:	
<b>ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE HIDROGEOMORFOLÓGICA DE SISTEMAS FLUVIAIS (IHG)</b>					
<b>Qualidade funcional do sistema fluvial</b>					
<b>Naturalidade do regime de fluxo (Vazão)</b>					
Tanto a quantidade de vazão que circula pelo setor quanto a sua distribuição temporal e seus processos extremos respondem à dinâmica natural, de modo que o sistema fluvial sempre pertencente a sua função de transporte hidroclástico.					
Existem alterações muito importantes da vazão, de maneira que o regime estacional natural seja invertido, ou seja, o fluxo circula de forma permanente com uma vazão ambiental elevada.					
As alterações são muito importantes na vazão, de maneira que alguns períodos, de modo que o regime sazonal do vazão natural seja invertido.					
Se houver alterações drásticas (cheias, enchentes, secas, etc.) frequentes, a vazão natural não é mantida no regime sazonal (isto forma muito importantes).					
Se houver alterações drásticas na quantidade de vazão, mas o regime de fluxo sazonal permanece bem caracterizado.					
Se houver modificações leves na quantidade de vazão.					
<b>Disponibilidade e mobilidade de sedimentos</b>					
O fluxo sólido chega ao setor fluvial sem nenhuma restrição de origem terrestre e o sistema fluvial responde com eficiência a mobilidade de sedimentos.					
Existem barreiras com capacidade de retenção de sedimentos na bacia hidrográfica e nos setores superiores do sistema fluvial.					
A existência de barreiras e diques não são respondidas no setor, o que reduz a disponibilidade de sedimentos e afeta a mobilidade.					
As áreas de várzea e planícies aluviais não são respondidas no setor, o que reduz a disponibilidade de sedimentos e afeta a mobilidade.					
<b>Funcionalidade da planície de inundação</b>					
A planície de inundação pode operar em sua função natural de dissipação de energia e de armazenamento de sedimentos e de amortecimento de enchentes.					
A planície de inundação não opera em sua função natural de dissipação de energia e de armazenamento de sedimentos e de amortecimento de enchentes.					
A planície de inundação não opera em sua função natural de dissipação de energia e de armazenamento de sedimentos e de amortecimento de enchentes.					
A planície de inundação não opera em sua função natural de dissipação de energia e de armazenamento de sedimentos e de amortecimento de enchentes.					
A planície de inundação não opera em sua função natural de dissipação de energia e de armazenamento de sedimentos e de amortecimento de enchentes.					
<b>Qualidade do leito fluvial</b>					
<b>Naturalidade do traçado e da morfologia em planta</b>					
O traçado do leito se mantém natural, traçado e a morfologia em planta apresentam as características e dimensões do canal em sua característica de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Formas registradas mudam artificialmente as características e dimensões do canal em sua característica de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem mudanças drásticas (cheias, enchentes, secas, etc.) frequentes, a morfologia do leito do rio não é mantida no regime sazonal (isto forma muito importantes).					
Se houver alterações drásticas na morfologia do leito do rio, mas o regime de fluxo sazonal permanece bem caracterizado.					
Se houver modificações leves na morfologia do leito do rio.					
<b>Continuidade e naturalidade do leito e dos processos longitudinais e verticais</b>					
O leito do rio mantém sua continuidade longitudinal e vertical, sem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
<b>Naturalidade das margens e da mobilidade lateral</b>					
O leito do rio mantém sua continuidade longitudinal e vertical, sem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
<b>VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA</b>					
<b>Continuidade longitudinal</b>					
O corredor ripário ou mata ciliar e o sistema fluvial apresentam as características e dimensões do canal em sua característica de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
<b>largura do corredor ribeirinho</b>					
A largura do corredor ripário ou mata ciliar apresenta as características e dimensões do canal em sua característica de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
<b>Estrutura, naturalidade e conectividade transversal</b>					
O leito do rio mantém sua continuidade longitudinal e vertical, sem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					
Existem interrupções funcionais, naturais e artificiais com as características de leito de vazio, bem como em seu funcionamento natural do sistema.					

Fonte: Ollero et al. (2007)

A qualidade funcional do sistema fluvial refere-se à capacidade do curso d'água em desempenhar suas funções naturais de forma eficaz e equilibrada. Isso envolve a avaliação dos fluxos de energia e matéria no sistema fluvial, considerando aspectos como o regime de vazão natural, a disponibilidade e mobilidade de sedimentos, a funcionalidade da planície de inundação e a integridade do leito fluvial (MARCHIORO; OLLERO, 2023).

A qualidade do leito fluvial refere-se à avaliação das condições físicas, geomorfológicas e ecológicas do leito de um rio. Isso inclui a análise da naturalidade do traçado e da morfologia em planta do canal, a continuidade e naturalidade do leito e dos processos longitudinais e verticais, a naturalidade das margens e a mobilidade lateral (OLLERO et al., 2009).

A qualidade do corredor ribeirinho ou zona ripária refere-se à avaliação das condições ecológicas e geomorfológicas da faixa de vegetação e solo adjacente a um curso d'água, conhecida como mata ciliar. Essa área desempenha um papel fundamental na manutenção da biodiversidade, na proteção da qualidade da água, no controle de erosão e na promoção de habitats para diversas espécies (MARCHIORO; OLLERO, 2023a)

Para cada componente principal é atribuído um sistema de peso onde o máximo é de 30 pontos, sendo que cada um de seus sub-itens pode atingir no máximo 10 pontos, apresentando uma pontuação final que oscila entre 0 e 90. O peso atribuído a cada um desses itens é realizado por meio de uma tabela de atributos desenvolvida por Ollero *et al.* (2007 e 2008).

Concomitante ao uso da base cartográfica e a classificação hidrogeomorfológica do setor 4 definido por Marchioro e Ollero (2023) como um setor de transição, com diversas modificações que necessitam ser analisadas na escala de maior detalhe, foi realizado trabalho de campo para verificação *in loco* dos aspectos hidrogeomorfológicos com o uso da Tabela 2 e da base cartográfica. Também foi realizado o registro fotográfico dos aspectos hidrogeomorfológicos dos subsetores, com o intuito de subsidiar análises e elaboração de mapas.

O setor 4 definido por Marchioro e Ollero (2023) como de transição, possui uma extensão de 5,66 km e, para a escala de detalhe de aplicação do IHG, o mesmo foi subdividido em 04 (cinco) setores de 1,41 km de extensão.

As cores e a pontuação a serem utilizadas nos mapas finais, estão presentes na Tabela 3, que estão em consonância com a normativa Directiva 2000/60/CE (CE, 2000), que oferece também os princípios para a conservação e restauração dos sistemas fluviais da União Europeia.

Tabela 3: Modelo para classificação da qualidade hidrogeomorfológica do rio Duas Bocas (ES).

<b>Modelo para classificação hidrogeomorfológica do rio</b>		
<b>Pontuação por setor</b>	<b>Qualidade hidrogeomorfológica do rio (OLLERO, 2009)</b>	<b>Pontuação total do IHG do rio</b>
0 – 6	Muito ruim	0-20
7 – 13	Deficiente	20-41
14 – 19	Moderada	42-59
20 – 24	Boa	60-74
25 – 30	Muito boa	75-90

Fonte: Traduzido de (OLLERO, 2009)

Salienta-se que as operações de geoprocessamento para a elaboração de mapas de localização, de subdivisão e classificação dos setores e do modelo digital de elevação da BHRDB, foram realizadas com sistemas de informação cartográfica, utilizando o sistema de referência SIRGAS 2000 e Datum Universal Transversa de Mercator da zona 24 S. Para elaboração de gráficos e tabelas, foi utilizado o software *Microsoft Excel*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1.1 Qualidade funcional do sistema fluvial

Dentre os quatro subsetores avaliados nesse parâmetro, aqueles que apresentaram a menor nota foram os subsetores 2 e 3, sendo classificados como muito ruim, seguindo o setor 1 que foi avaliado como deficiente e o setor 4 que avaliado como moderado. Observou-se que a integridade dos processos naturais do setor como um todo incluindo os 4 subsetores está prejudicada, devido a ação humana (Gráfico 1).

Gráfico 1: Qualidade Funcional do sistema fluvial dos 4 subsetores.



Fonte: Elaboração do autor.

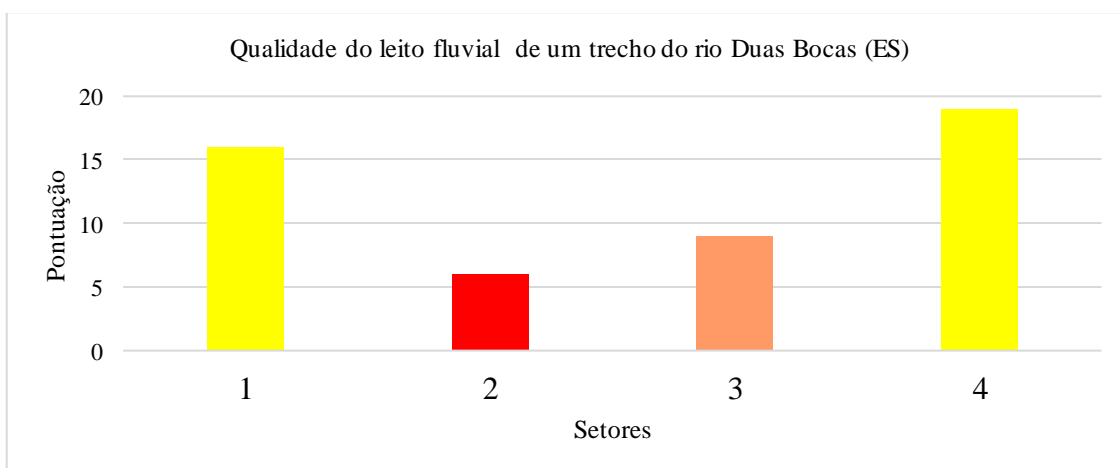
Em diversas áreas ao longo desses setores apresentaram deficiência na dinâmica de transporte de sedimentos, há presença de pontes, além de outras, que atrapalham na dinâmica de transporte de sedimentos, bem como na conectividade. As planícies de inundação estão em sua maioria deterioradas, por ação humana, por exemplo por ocupações e estradas.

## 1.2 Qualidade do leito fluvial

A qualidade do leito fluvial é um indicador importante da saúde e integridade do ecossistema aquático, pois reflete a interação entre os processos hidrogeomorfológicos e a biodiversidade do rio (Gráfico 2).

Os setores que obtiveram pior nota nesse parâmetro foram os setores 2 e 3, sendo o 2 classificado como muito ruim, e o 3 como deficiente. O que se observou de maneira geral é que a conectividade hidrológica dos subsetores se mostra bem alteradas e não cumprem sua função natural, visto que há muitas alterações de caráter antrópico, como por exemplo presença de lagos artificiais e meandros abandonados e retificações e locais de assoreamento.

Gráfico 2: Qualidade do leito fluvial dos 4 subsetores.



Fonte: Elaboração do autor.

## 1.3 Qualidade do corredor ribeirinho ou zona ripária

Os setores 1, 2 e 3 foram classificados como muito ruim, e o 4 como deficiente. Observou-se que a continuidade longitudinal dos subsetores se mostra bem alteradas devido retirada da mata ciliar. A largura do corredor ribeirinho, consequentemente, sofreu reduções. Da mesma forma a estrutura, naturalidade e conectividade transversal, foram altamente modificadas, visto o avanço de atividades de ocupação agrícola (Gráfico 3).

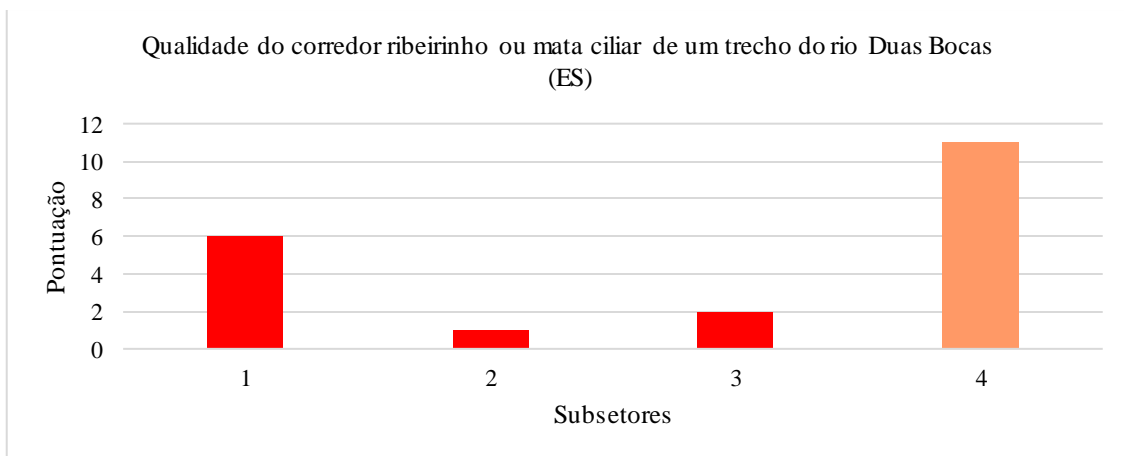
## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste estudo, conclui-se que a escala utilizada para avaliação hidrogeomorfológica com o IHG, impacta substancialmente nos resultados obtidos. No

estudo de Marchioro e Ollero (2023), foi utilizado a escala 1:25.000, e obtido uma pontuação para o setor 4 de 30 pontos, sendo que neste estudo, com a utilização da escala 1:5.000, e avaliação do mesmo setor, obtivemos 26 pontos, ou seja, manteve-se classificado como deficiente.

A partir dessa nova avaliação tem-se uma acurácia melhorada da real situação do setor em questão, contribuindo para planejar melhores propostas de recuperação fluvial, principalmente aquelas associadas ao corredor ribeirinho, que muitas vezes, a depender das ortofotos, não podem ser substancialmente determinada suas características.

Gráfico 3: Qualidade do corredor ribeirinho dos 4 subsetores.



Fonte: Elaboração do autor.

## AGRADECIMENTOS

Daniel Toso Alexandre, pela bolsa de Iniciação Científica da UFES;  
Sidinei Marques de Carvalho, pela bolsa de mestrado da CAPES.

## REFERÊNCIAS

- BIERMAN, P. R.; MONTGOMERY, D. R. Key concepts in geomorphology. New York: W. H. Freeman and Boardman, 2019. v. 1.
- CE - COMUNIDADE EUROPÉIA. DIRECTIVA 2000/60/CE. Luxemburgo: [s.n.], 2000.
- GARDE, R.J. River morphology. New Delhi: New Age International Publishers, 2006.
- MARCHIORO, E.; OLLERO, A. Evaluación hidrogeomorfológica: un abordaje histórico en los siglos XX y XXI. Revista GeoUsp: Espaço e tempo, v. 27, n. 3, p. 1–30, 2023.
- OLLERO, A. Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro Guía metodológica. Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. Guía metodológica, p. 92 p., 2009.
- \_\_\_\_\_. IHG: Un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. Limnetica, v. 27, n. 1, p. 171–187, 2008.
- \_\_\_\_\_. Un índice hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. Geographica, v. 52, p. 113–141, 2007.
- SOUZA, P. S.; POMPÊO, Cesar Augusto. Avaliação hidrogeomorfológica de um curso d'água urbano e as perspectivas de restabelecimento dos padrões de qualidade: Estudo de caso do Rio Córrego Grande, Florianópolis, Brasil. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, v. 4, n. 1, p. 69, 2016.