

Junior Joel Dewes¹; Rita dos Santos Sousa²; Charles Rodrigo Belmonte Maffra³; Fabrício Jaques Sutil⁴
Rinaldo José Barbosa Pinheiro⁵

^{1,2,3,4,5}Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Método GUT para hierarquização de erosões ao longo de margens de reservatórios de usinas hidrelétricas

GUT Matrix for ranking of erosions along shorelines of hydropower plants

Resumo. O monitoramento de erosões em margens de reservatórios no Brasil ainda é incipiente. Um dos motivos pode ser a deficiência de metodologias ágeis, simples e de cunho técnico. O objetivo deste trabalho foi adaptar e aplicar a matriz GUT para avaliação e classificação de trechos com processos erosivos nas margens do reservatório da Usina Hidrelétrica Jaguará, localizada no rio Grande, entre São Paulo e Minas Gerais, sudeste do Brasil. O cadastro de trechos com erosões foi realizado em junho de 2018. No levantamento de dados foram consideradas 12 variáveis. Os dados de cada variável foram organizados em intervalos de classe e pontuados quanto à gravidade, urgência e tendência (de 1 (menos problemático) a 5 (mais problemático)) da matriz GUT. A soma dos produtos das variáveis analisadas em cada trecho corresponde à pontuação GUT total do mesmo. Com base na pontuação total, os trechos foram ordenados em ordem decrescente e classificados em três categorias de prioridade de ação (baixa ($GUT < 50$), média ($50 \leq GUT < 100$) e alta ($GUT \geq 100$)). No total foram cadastrados 54 trechos com processos erosivos (7 com prioridade alta; 26 com prioridade média e 21 com prioridade baixa). Conclui-se que a metodologia GUT apresenta potencial para classificar processos erosivos, pois permite ordenar os trechos em níveis de prioridade de ação. A metodologia é flexível e ágil, e permite uma análise objetiva do processo em questão. **Palavras-chave:** Monitoramento de erosões, Erosão lacustre, Matriz de gravidade, Urgência e tendência.

Abstract. Erosion monitoring on reservoir banks in Brazil is still incipient. One of the reasons may be the lack of agile, simple and technical methodologies. The aim of this work was to adapt and apply the GUT matrix for the evaluation and classification of stretches with erosive processes along reservoir banks of the Jaguará Hydropower Plant reservoir, located in southeastern region of Brazil. The registration of stretches with erosions was carried out on 06.2018. The collected data included 12 variables. The data for each variable were organized into class ranges and scored according to gravity, urgency and tendency (from 1 (least problematic) to 5 (most problematic)) of the GUT matrix. The products sum of the variables analysed for each stretch corresponds to the total GUT score of the stretch. Based on the total score, the stretches were ranked in descending order and classified into three categories of action priority (low ($GUT < 50$), mean ($50 \leq GUT < 100$) and high ($GUT \geq 100$)). A total of 54 stretches with erosive processes were registered (7 with high priority; 26 with medium priority and 21 with low priority). It was concluded that the GUT methodology has the potential to classify erosive processes, because it allows ranking the stretches in levels of action priority. The methodology is flexible and agile, and allows an objective analysis of the process. **Keywords:** Erosion monitoring, Lakeshore erosion, Gravity matrix, Urgency and tendency.

Introdução

A implantação de empreendimentos hidrelétricos, independentemente do seu porte, gera alterações no ambiente em que estão inseridos. Uma das mudanças verificadas é a alteração da dinâmica hidráulica do local decorrente do barramento do rio natural para formação de reservatórios de água (HACKER; JOHANNSEN, 2012; SALES, 2017). O enchimento e operação destes reservatórios favorecem o surgimento de processos erosivos principalmente junto às margens, cuja intensidade é específica para cada local e suas condições.

O monitoramento contínuo de processos erosivos em margens de reservatórios em âmbito brasileiro ainda é incipiente (SIQUEIRA et al., 2015), cuja razão pode residir, em partes, na ausência de metodologias ágeis, simples e de cunho técnico. A avaliação e classificação dos

processos erosivos são realizadas geralmente de forma qualitativa e não seguem procedimentos estabelecidos e padronizados. Desta forma, o processo de tomada de decisão é dependente da avaliação empírica e subjetiva e da experiência do profissional avaliador.

De forma a minimizar erros de avaliação e classificação, torna-se necessária, portanto, a adoção de metodologias quantitativas que auxiliem no processo de tomada de decisão, padronize as atividades a serem realizadas e diminuam o grau de incerteza associado. Além disso, estas devem ser ágeis e de fácil aplicação, tendo em vista a grande extensão do perímetro que os reservatórios de usinas hidrelétricas costumam apresentar. Deste modo, a matriz de priorização GUT pode ser uma metodologia em potencial para o preenchimento desta lacuna técnica.

A Matriz de Priorização Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) foi desenvolvida em 1981, para auxiliar na tomada de decisões, priorização e resolução de problemas no setor industrial (KEPNER; TREGOE, 1981). O objetivo desta ferramenta é priorizar as ações, considerando critérios de gravidade, urgência e tendência do fenômeno em análise, sendo aplicada em vários campos de atuação (LOPES et al., 2018). A matriz GUT apresenta grande simplicidade de aplicação (MEIRELES, 2001) e consiste na pontuação dos fatores gravidade, urgência e tendência relacionados a determinado problema ou variável (BERSSANETI; BOUER, 2013). A gravidade abrange os impactos que poderão advir da não resolução do problema; a urgência considera o tempo disponível para a sua resolução e a tendência analisa o comportamento futuro do problema ou variável (DAYCHOUW, 2012). A cada fator (G, U, T) é atribuída uma pontuação de 1 a 5, na qual os números 1 e 5 representam a condição menos e a mais problemática, respectivamente. No final são priorizadas as maiores pontuações resultantes do produto entre os três fatores (BERSSANETI; BOUER, 2013).

Face à possibilidade de coleta de grande quantidade de variáveis relacionadas a processos erosivos em margens de reservatórios, bem como do número de áreas existentes para analisar, a matriz GUT mostra-se como uma ferramenta potencial para classificar e priorizar as áreas para implementação posterior de ações corretivas e/ou de monitoramento. Além disso, a matriz GUT permite a avaliação integrada de diversas variáveis, considerando a condição atual da área, bem como a prospecção do comportamento futuro dos processos erosivos.

O objetivo deste trabalho foi adaptar e aplicar a matriz GUT para avaliação e classificação de trechos com processos erosivos nas margens do reservatório da Usina Hidrelétrica Jaguará, localizada na região sudeste do Brasil.

Material e Métodos

Caracterização do local de estudo

O local de estudo é a Usina Hidrelétrica Jaguará (UHE Jaguará), localizada no rio Grande (Bacia Hidrográfica do rio Paraná) entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, nas coordenadas geográficas 20°01' S e 47°26' O. O empreendimento está situado a jusante da Usina Hidrelétrica Luiz Carlos Barreto de Carvalho e possui como municípios limítrofes Sacramento (Minas Gerais), Rifaina e Pedregulho (São Paulo). O reservatório da UHE Jaguará possui 33,0 km² de área inundada, perímetro total de 98,4 km, largura média de 1,5 km e extensão aproximada de 23 km

desde o barramento principal até a barragem a montante. A cota máxima normal e a cota máxima maximorum são coincidentes, situada a 558,5 metros acima do nível do mar.

As classes de solos predominantes na área de estudo são Latossolos, Cambissolos e, em menor proporção, Neossolos (DATAGEO, 2018). A vegetação na região do entorno da UHE Jaguara apresenta as componentes do Cerrado e da Mata Atlântica (IBGE, 2004), já que o empreendimento está situado numa zona de tensão ecológica entre os dois biomas. As fitofisionomias presentes são floresta estacional semidecidual, campos sujos, vegetação em estágio secundário de regeneração, veredas e matas ciliares (INGA ENGENHARIA, 2014).

Procedimento de aplicação da Matriz GUT para classificação dos processos erosivos

A metodologia de classificação adotada neste trabalho se refere aos trechos com erosões evidentes localizados ao longo da faixa de oscilação do nível de operação do reservatório. A faixa de margem onde estes processos erosivos atuam engloba principalmente o talude superior e o talude inferior, conforme nomenclatura apresentada na Figura 1.

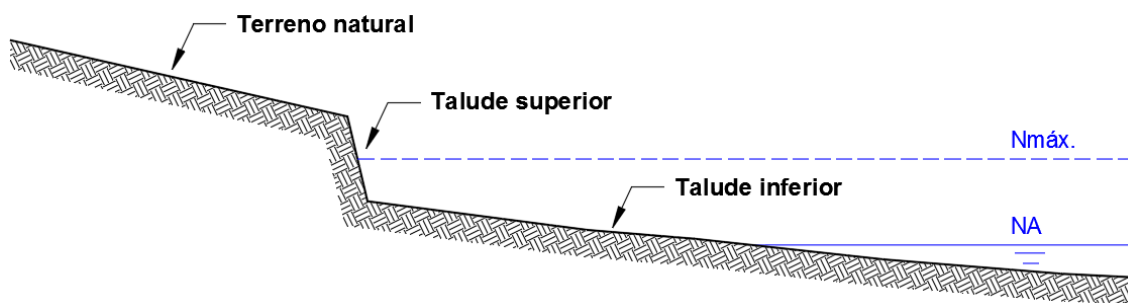


Figura 1 - Representação esquemática da seção topográfica típica do relevo junto à borda de reservatórios de usinas hidrelétricas. Fonte: adaptado de DEWES, 2019.

O levantamento e registro dos trechos com erosões foram realizados em junho de 2018. Esta etapa foi executada através do percurso total do perímetro do reservatório (98,4 km) com barco motorizado. Os trechos cadastrados na margem esquerda do reservatório (São Paulo) foram nomeados numericamente e de forma sequencial, de jusante para montante, e os trechos na margem direita (Minas Gerais) de montante para jusante. Durante o levantamento de dados a campo foram observados aspectos de cunho técnico e ambiental. As variáveis técnico-ambientais observadas foram: inclinação do talude inferior e talude superior ($^{\circ}$); cobertura superficial do talude inferior, talude superior e terreno natural (%); tipo de solo do talude inferior e talude superior; profundidade de movimentos de massa junto à margem (m); altura do talude superior (m); presença de outros tipos de erosão (laminar, sulcos, etc.); número de árvores geotecnicamente instáveis na crista do talude superior e presença/ausência de gado. Na Figura 2 podem ser observados dois trechos com erosão e algumas das variáveis observadas.

O levantamento dos dados foi realizado de forma visual e com equipamentos de mão (GPS, inclinômetro, trena métrica, gabarito e câmera fotográfica) durante deslocamento ao longo de cada trecho. Os solos de cada trecho com erosão foram identificados de forma tátil-visual em campo. A taxa de cobertura superficial do solo (%) foi realizada com o auxílio de um gabarito de área conhecida em três pontos amostrais representativos de cada trecho. Os dados das variáveis

técnico-ambientais foram organizados em intervalos de classe, conforme apresentado no Quadro 1.

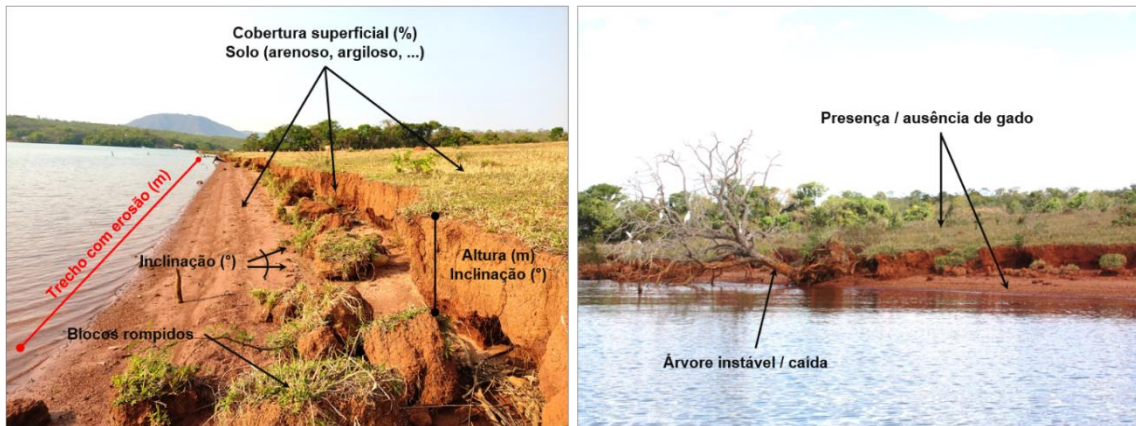


Figura 2 – Trechos com erosão no reservatório da UHE Jaguará e representação de algumas das variáveis observadas a campo. Fonte: Os autores, 2021.

Quadro 1 - Intervalos de classe das variáveis técnico-ambientais levantadas.

Inclinação dos taludes (°)		Cobertura superficial (%)			
Talude inferior	Talude superior	Talude inferior	Talude superior	Terreno natural	
Até 5,0	Até 30,0	Até 10,0	Até 10,0	Até 10,0	
5,1 - 15,0	30,1 - 45,0	10,1 - 35,0	10,1 - 35,0	10,1 - 35,0	
15,1 - 25,0	45,1 - 60,0	35,1 - 60,0	35,1 - 60,0	35,1 - 60,0	
25,1 - 35,0	60,1 - 85,0	60,1 - 85,0	60,1 - 85,0	60,1 - 85,0	
>35,0	>85,0	>85,0	>85,0	>85,0	
Solos (taludes)	Movimentos de massa - prof. (m)	Altura (m)	Erosão	Árvores instáveis	Gado
Inferior/superior					
Rocha/saprólito	Até 1,0 m	Até 1,0	Splash	Poucas (1 - 7)	Não
Argiloso/saprólito	1,1 - 2,0 m	1,1 - 2,0	Laminar	Várias (>7)	Sim
Argiloso	2,1 - 3,0 m	2,1 - 3,0	Sulco		
Franco	3,1 - 5,0 m	3,1 - 5,0	Ravina		
Arenoso/siltoso	> 5,0 m	>5,0	Voçoroca		

Fonte: Os autores, 2021.

A determinação dos limites dos intervalos de classe, quando aplicável, foi realizada após análise da amplitude dos dados observados para cada variável. Neste trabalho adotaram-se amplitudes iguais entre classes dentro de cada intervalo de classes, no entanto, amplitudes diferentes entre classes podem ser adotadas, a depender do interesse do avaliador, objetivo da análise ou peculiaridades das áreas em estudo.

Após determinação dos intervalos de classe, as variáveis técnico-ambientais levantadas em cada trecho foram organizadas conforme apresentado no Quadro 2, para aplicação da pontuação GUT.

Quadro 2 - Estruturação das variáveis técnico-ambientais para aplicação da pontuação GUT.

Variáveis avaliadas	G	U	T	GUT
	Gravidade	Urgência	Tendência	
Aspectos técnicos e ambientais				
Variável i	G_i	U_i	T_i	$G_i U_i T_i$
Variável i+1	G_{i+1}	U_{i+1}	T_{i+1}	$G_{i+1} U_{i+1} T_{i+1}$
Variável n	G_n	U_n	T_n	$G_n U_n T_n$
SOMA				Σ GUT

Fonte: Os autores, 2021.

A seguir cada variável foi pontuada em relação a três categorias, nomeadamente, gravidade, urgência e tendência. A pontuação atribuída corresponde a uma escala de 1 até 5, sendo 1 a condição menos problemática e 5 a mais problemática, conforme pode ser observado no Quadro 3, para cada categoria pontuada.

Quadro 3 - Critérios adotados para atribuição de pontuação para cada variável analisada em relação à gravidade, urgência (estado ou condição) e tendência (evolução) do processo.

Pontuação	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Irã piorar rapidamente
4	Muito grave	Muito urgente	Irã piorar em pouco tempo
3	Grave	Urgente	Irã piorar a médio prazo
2	Pouco grave	Pouco urgente	Irã piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá piorar

Fonte: Os autores, 2021.

A pontuação total de cada variável em um trecho qualquer é o produto da pontuação atribuída para cada categoria (gravidade, urgência e tendência). A soma dos produtos das variáveis analisadas corresponde à pontuação GUT total do trecho (Quadro 2). Quanto menor for esta pontuação, menos problemático é o trecho, ou seja, menor é a atuação dos processos erosivos, e vice-versa.

A seguir os trechos foram ordenados em ordem decrescente de pontuação GUT total. Através desse ordenamento os trechos foram classificados em três categorias de prioridade de intervenção, nomeadamente, prioridade baixa (GUT <50), média (50 ≤ GUT < 100) e alta (GUT ≥ 100).

A demarcação da localização geográfica do início e final de cada trecho com erosão cadastrado foi realizada com GPS de mão. Na fase de escritório, as coordenadas geográficas coletadas foram importadas no Google Earth Pro®, de modo que a espacialização e o comprimento de cada trecho pudessem ser determinados. Durante o deslocamento junto à margem também foram tomadas fotografias sequenciais em diversas perspectivas em cada trecho. Este registro fotográfico é importante, pois permite análises posteriores mais detalhadas da margem na fase de trabalho de escritório.

Quanto às variáveis analisadas neste trabalho, a escolha das mesmas foi realizada com base nas características e condições encontradas nas margens do reservatório objeto de estudo, especificamente relacionadas aos taludes e do uso e ocupação do entorno. Cabe salientar que a exclusão ou inclusão de variáveis pode ser realizada livremente, a depender dos critérios e objetivos a serem contemplados na análise ou também das características do local de estudo.

Resultados e Discussão

Descrição das condições dos trechos cadastrados no reservatório da UHE Jaguará

No total foram cadastrados 54 trechos com processos erosivos ativos, totalizando 5.269,73 m de comprimento, o que representa 5,36% do perímetro do reservatório. O trecho 4 (margem esquerda) apresentou o maior comprimento (574,0 m) e o trecho 17 (margem esquerda) apresentou o menor comprimento (6,6 m). A média do comprimento das áreas foi de 97,6 m (CV = 106,9%). Na margem esquerda foram cadastrados um total de 28 trechos (trecho 1 a 28), totalizando 2.363,3 m de margem (44,8% do comprimento total de margens cadastradas). Na margem esquerda foram cadastrados 26 trechos (trecho 29 a 54), totalizando 2.906,4 m de margem (55,2% do comprimento total de margens cadastradas). Os dados revelam que o número de trechos e o comprimento total de margens cadastradas com erosões encontram-se distribuídas de forma aproximadamente igualitária entre a margem esquerda e direita do reservatório.

Em relação à cobertura superficial dos taludes dos trechos cadastrados no reservatório da UHE Jaguará (Figura 3), verificou-se grande exposição superficial do solo na porção do terreno localizado na faixa de oscilação do nível da água (talude inferior e talude superior).

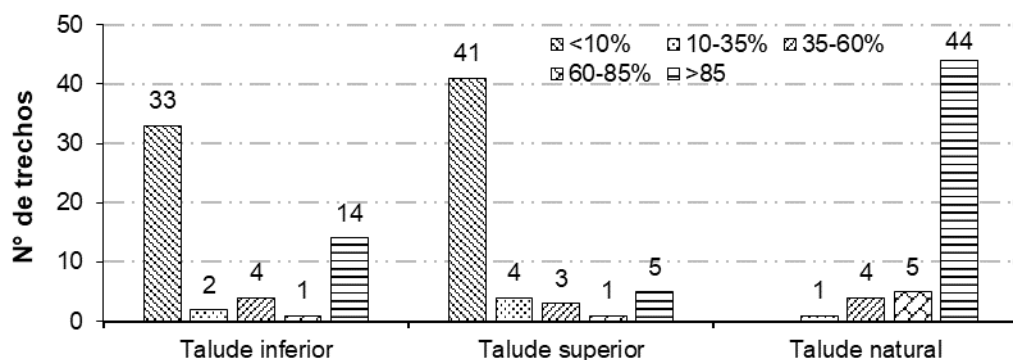


Figura 3 - Cobertura superficial do solo (%) no talude inferior, talude superior e terreno natural nos 54 trechos cadastrados no reservatório da UHE Jaguará. Fonte: Os autores, 2021.

A diferença de inclinações entre os dois tipos de taludes (inferior e superior) aparenta guardar relação com a cobertura superficial. Os taludes superiores, que possuem inclinações maiores que os taludes inferiores, apresentaram grande quantidade de trechos com cobertura superficial muito baixa (<10%) e poucos trechos com boa cobertura superficial (>85%) do solo. Em relação à faixa de terreno livre da influência direta da água do reservatório (terreno natural),

44 (82%) trechos apresentaram boa cobertura superficial (>85%) do solo. No entanto, uma quantidade considerável de trechos apresentou deficiências evidentes nesta variável, tendo sido observados 10 trechos (18%) com cobertura superficial inferior a 85%. A principal explicação para este resultado é que tais áreas têm sido utilizadas para fins pastoris, em que o manejo inadequado, o pisoteio e pastejo do gado dificultam o desenvolvimento de uma cobertura vegetal adequada.

Quanto à inclinação dos taludes, consideraram-se nesta análise somente os taludes inferiores e taludes superiores, pois são estes que estão sujeitos ao efeito adverso das ondas e da oscilação sazonal do nível da água do reservatório. Como pode ser observado na Figura 4, praticamente a totalidade dos trechos cadastrados (53) apresentaram inclinações muito baixas (<5°) para os taludes inferiores. Taludes inferiores com inclinações baixas são desejáveis, pois influenciam o tipo de onda formada na zona de rebentação. Taludes com baixas inclinações favorecem a formação de ondas do tipo deslizante (HACKER; JOHANNSEN, 2012), que possuem baixa energia cinética (WIEGEL, 1992) e, portanto, menor potencial erosivo.

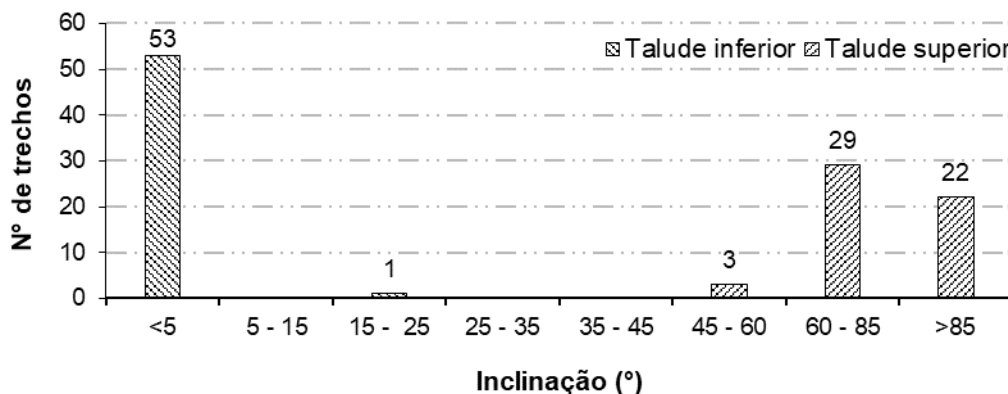


Figura 4 - Classes de inclinações (°) dos taludes inferiores e taludes superiores observados nos 54 trechos cadastrados no reservatório da UHE Jaguará. Fonte: Os autores, 2021.

Os taludes superiores encontram-se junto à cota máxima do reservatório. As maiores inclinações verificadas para estes taludes (Figura 4) resultam, em grande parte, da interação com as ondas formadas no reservatório quando o nível da água se encontra em sua cota máxima ou próximo dela. O desconfinamento da base do talude provoca a queda de massas de solo, resultando em taludes superiores com altas inclinações. Neste estudo praticamente todos os trechos cadastrados (51) apresentaram taludes superiores com inclinações maiores que 60° (Figura 4). Altas inclinações são desfavoráveis à estabilidade de taludes, pois deslocam o centro de gravidade do maciço de solo para posições geotecnicaamente instáveis (DURLO; SUTILI, 2014), o que pode resultar em movimentações de massas de solo mais significativas. Do ponto de vista geotécnico, taludes de terra devem apresentar inclinações de no máximo 30° (PORTO, 2006) sem prejuízo à estabilidade do maciço. Desta forma, as inclinações verificadas para os taludes superiores encontram-se bastante acima dos recomendados pela literatura especializada.

Os solos dos trechos cadastrados apresentaram textura predominantemente argilosa, segundo análise tátil-visual realizada em campo. Na sequência predominaram solos com textura intermediária (franco) e de material alterado (rocha/saprólito e argiloso/saprólito), conforme

pode ser observado na Figura 5. Em apenas um trecho verificou-se solo de textura predominantemente arenosa. Comparativamente, solos argilosos apresentam menor suscetibilidade à erosão em relação a solos arenosos devido às forças de coesão existente entre partículas (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

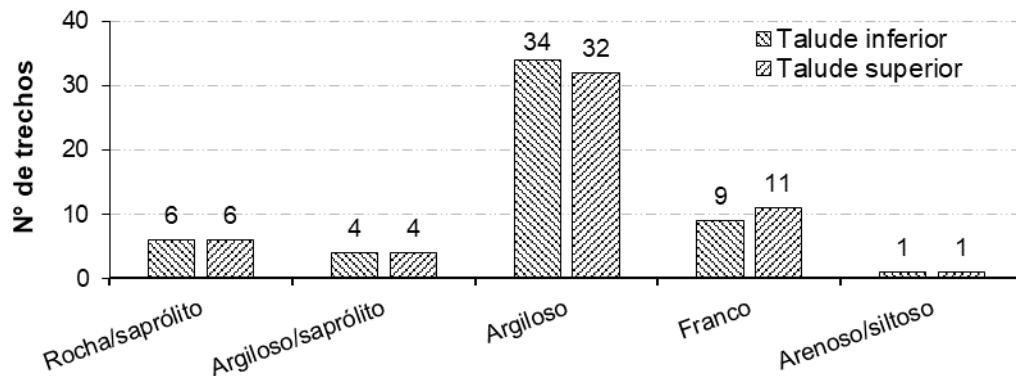


Figura 5 – Natureza dos solos encontrados nos taludes inferiores e taludes superiores nos 54 trechos cadastrados no reservatório da UHE Jaguará. Fonte: Os autores, 2021.

Os dados também indicam uma distribuição homogênea do solo ao longo dos taludes inferiores e taludes superiores, exceto em dois trechos em que duas camadas diferentes de solo puderam ser observadas (argiloso e franco). A ocorrência de camadas de solo com características de resistência diferentes pode resultar em pontos de fraqueza, acarretando no aumento da taxa de erosão da margem (LAWSON, 1985; REID, 1992).

A maior parte dos trechos cadastrados (30) apresentaram taludes superiores com altura menor que 1,0 m, conforme pode ser observado na Figura 6. Na sequência, 9 trechos apresentaram alturas entre 1,1 – 2,0; 7 trechos com alturas entre 2,1 – 3,0; 5 trechos com alturas entre 3,1 - 5,0 e 3 trechos com altura >5,0. Desta forma, os dados de altura dos taludes superiores seguem comportamento exponencial negativo. Do ponto de vista de perda de solo, taludes com pequenas alturas tendem a apresentar menor volume de solo erodido e menor recuo da margem (CASADO et al., 2002; REID, 1992; THORNE; TOVEY, 1981).

Em relação aos movimentos de massa, em apenas 15 dos 54 trechos cadastrados foi observado pelo menos uma ocorrência com base de análise visual, conforme pode ser observado na Figura 6. Os deslizamentos observados apresentaram profundidades da massa deslocada entre superficial e profunda, de acordo com nomenclatura de GeoRio (1999). No total, 5 trechos apresentaram deslizamentos com profundidades <1,0 m; 2 trechos com profundidade entre 1,1 – 2,0 m; 5 trechos com profundidades entre 2,1 – 3,0 m e 3 trechos com profundidades entre 3,1 – 5,0 m. A ocorrência de movimentos de massa em bordas de reservatórios está diretamente relacionada à perda de estabilidade da base do talude devido ao solapamento provocado pelas ondas (FERNANDEZ; FULFARO, 2000; REID, 1992) e pelo rebaixamento rápido do nível de operação do reservatório (MACIEL FILHO; NUMMER, 2014).

Dos 54 trechos cadastrados, apenas 10 trechos apresentaram circulação de gado, geralmente ao longo de toda a extensão do talude inferior. Estes animais pertencem a agricultores lindeiros, os quais possuem autorização para o acesso do rebanho ao reservatório

para fins de dessedentação. No entanto, é recomendado que este acesso ocorra em pontos específicos e de forma controlada, uma vez que a circulação dos animais em todo o trecho contribui para o aumento da taxa de perda de solo.

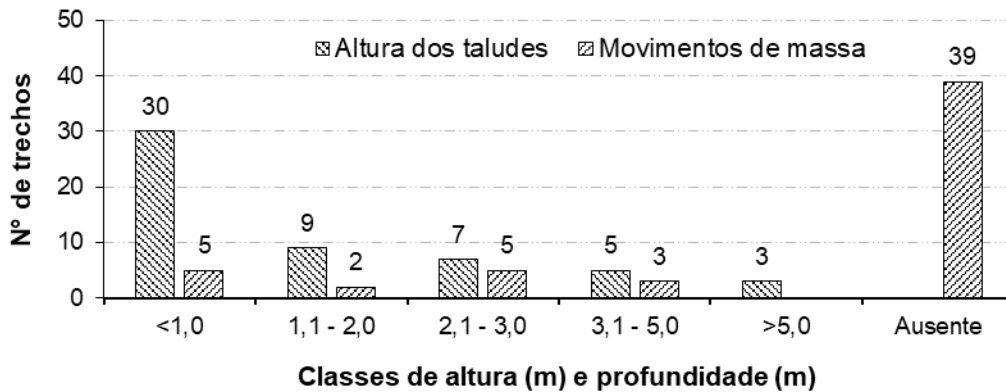


Figura 6 - Classes de altura dos taludes superiores (m) e profundidade (m) dos movimentos de massa observados nos 54 trechos cadastrados no reservatório da UHE Jaguará. Fonte: Os autores, 2021.

Quanto à presença de vegetação arbórea na crista do talude superior, verificaram-se poucos indivíduos instáveis ($n = 1-7$) em 9 trechos cadastrados e muitos indivíduos instáveis ($n > 7$) em 19 trechos cadastrados. Em 26 trechos não foram verificados indivíduos instáveis. A presença de árvores de grande porte na crista do talude reduz a estabilidade do material devido ao sobrepeso e ao efeito alavanca (DURLO; SUTILI, 2014). Além disso, árvores instáveis servem de indicativo do recuo da margem e do avanço das erosões.

Quanto à ocorrência de outras formas erosivas, verificou-se de forma visual erosões do tipo laminar e em sulco em apenas 2 dos 54 trechos cadastrados.

Classificação dos trechos cadastrados em níveis de prioridade

A Figura 7 apresenta a soma da pontuação GUT para cada trecho, bem como a hierarquização dos mesmos quanto à sua prioridade de ação (alta, média e baixa).

A pontuação GUT obtida para cada trecho cadastrado é a soma dos produtos de 12 variáveis avaliadas. Cabe destacar que o número de variáveis em análise foi definido com base nas características e condições encontradas nas margens do reservatório objeto de estudo, especificamente relacionadas aos taludes e do uso e ocupação do entorno. Este número é flexível e pode ser redefinido dependendo do local em estudo, considerando inclusive variáveis de cunho social, econômico, entre outros. Da mesma forma, o número de níveis de prioridade de intervenção também pode ser determinado com base na demanda ou necessidade da avaliação. Portanto, a flexibilidade da matriz de priorização GUT faz com que a mesma seja ágil e de fácil aplicação, adequando-se a diferentes realidades e campos de atuação.

Para o trabalho em questão, os níveis de prioridade alta ($GUT \geq 100$), prioridade média ($50 \leq GUT < 100$) e prioridade baixa ($GUT < 50$) foram definidos com base na severidade dos processos erosivos observados, na necessidade de intervenção técnica imediata e nos recursos financeiros disponíveis para o monitoramento quantitativo das erosões nos trechos cadastrados. Cabe

salientar que a quantidade de níveis de prioridade e suas respectivas amplitudes podem ser adequadas conforme conveniência ou necessidade.

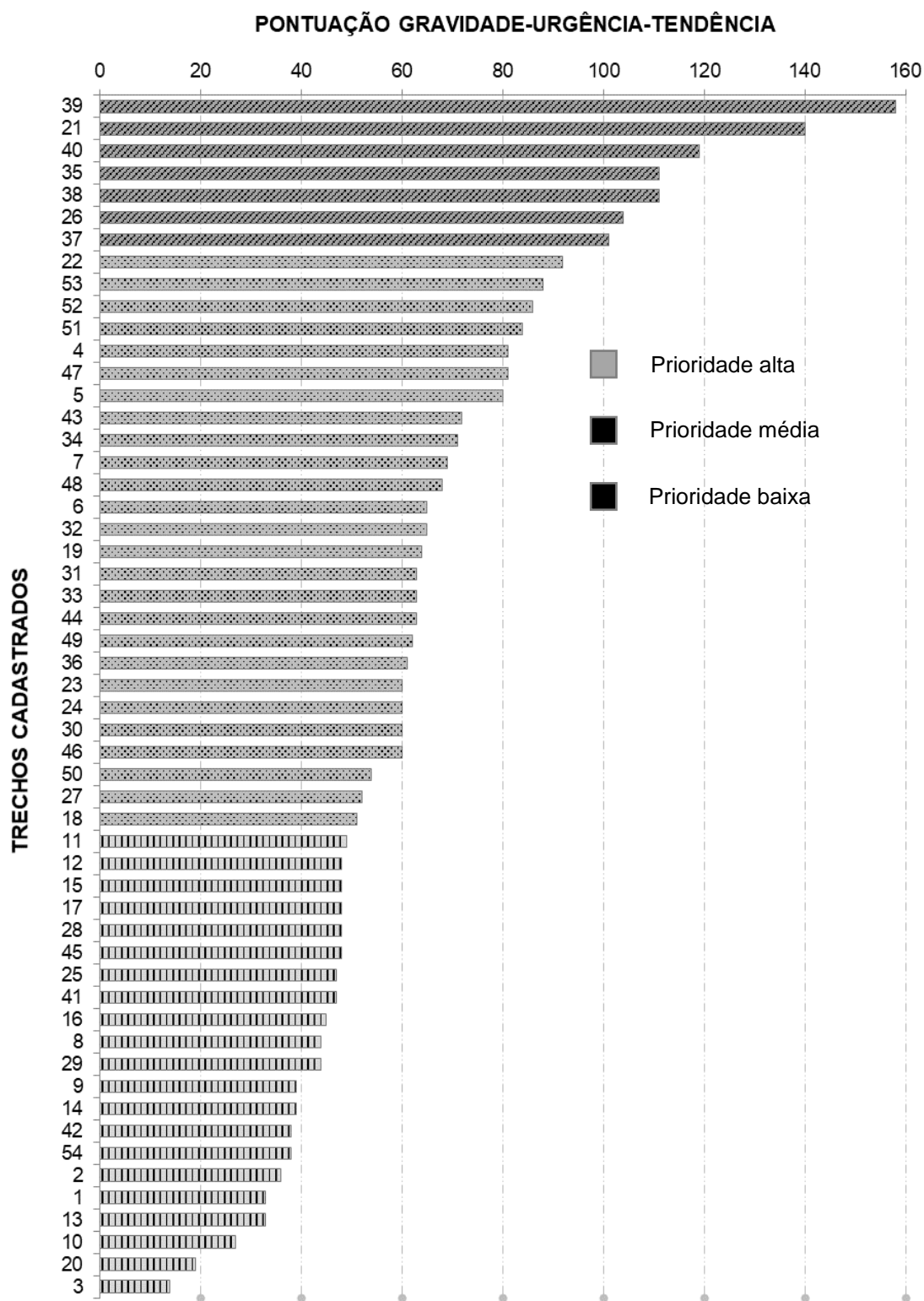


Figura 7 - Classificação dos 54 trechos cadastrados com processos erosivos em níveis de prioridade de ação - UHE Jaguara. Fonte: Os autores, 2021.

Conforme evidenciado, a matriz de priorização GUT apresenta aplicabilidade para auxiliar na tomada de decisões técnicas, bem como em processos de transparência institucional. Análises com esta ferramenta aplicadas ao setor ambiental contribuem para uma melhor gestão de recursos humanos e financeiros envolvidos no processo e, ao mesmo tempo, propiciam maior transparência junto aos órgãos fiscalizadores sobre as medidas e ações que estão e serão tomadas pelo empreendedor.

Conclusão

A partir da realização deste trabalho conclui-se que a matriz de priorização GUT apresenta grande potencial para classificação de trechos de margens de reservatórios de usinas hidrelétricas com processos erosivos. As pontuações obtidas a partir das variáveis preestabelecidas e posteriormente avaliadas a campo permitiram classificar os trechos cadastrados em diferentes níveis de prioridade de intervenção (alta, média e baixa). Estes dados contribuem para uma melhor gestão e tomada de decisões inerentes ao processo avaliado.

Devido à flexibilidade em relação à determinação das variáveis a serem avaliadas, adequando-se aos objetivos, demandas, características e peculiaridades do local em estudo, o método apresentado pode ser aplicado com facilidade, proporcionando uma análise quali-quantitativa objetiva dos processos erosivos vigentes a um baixo custo.

Cabe salientar que o processo de pontuação GUT deve ser realizado por apenas um avaliador. Como a atribuição da pontuação não pode ser desvinculada completamente da experiência e subjetividade humana, este procedimento necessita de controle dos critérios e padrões assumidos para pontuação dos trechos.

Agradecimentos

Os Autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e à Engie Brasil Energia pelo apoio recebido.

Referências bibliográficas

BERSSANETI, F. T.; BOUER, G. *Qualidade: conceitos e aplicações* - Em produtos, projetos e processos. São Paulo: Blucher, 2013.

CASADO, A. P.; HOLANDA, F. S.; ARAÚJO, F.; YAGUIU, P. Evolução do processo erosivo na margem direita do rio São Francisco (Perímetro Irrigado Cotinguiba/Pindoba - SE). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, n. 1, p. 231–239, 2002.

DATAGEO. *Sistema Ambiental Paulista*. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

DAYCHOUW, M. *40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento*. 4a ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2012.

DEWES, J. J. *Metodologia para monitoramento de processos erosivos em margens de reservatórios de usinas hidrelétricas*. Dissertação de Mestrado - Santa Maria, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

- DURLO, M.; SUTILI, F. *Bioengenharia - Manejo biotécnico de cursos de água*. 3a ed. Santa Maria: Pallotti, 2014.
- FERNANDEZ, O. V. Q.; FULFARO, V. J. Rates and processes of bank erosion, Itaipu reservoir, Paraguay-Brazil border, South America. In: *5° International Symposium on Environmental, Geotechnology and Global Sustainable Development*. Belo Horizonte, 2000.
- GEORIO. *Manual técnico de encostas*. Rio de Janeiro: Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, 1999.
- HACKER, E.; JOHANNSEN, R. *Ingenieurbiologie*. 1. ed. Stuttgart: UTB Ulmer, 2012.
- IBGE. *Mapa de Vegetação do Brasil*. Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004.
- INGA ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA. *Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial (PACUERA) da UHE Jaguara*. Minas Gerais, Brasil: CEMIG, 2014.
- KEPNER, C. H.; TREGOE, B. B. *O administrador racional*. São Paulo: Atlas, 1981.
- LAWSON, D. *Erosion of Northern Reservoir Shores: An Analysis and Application of Pertinent Literature*. Hanover, New Hampshire: US Army Corps of Engineers, Cold Regions Research & Engineering Laboratory, 1985.
- LOPES, M. A. REIS, E. M. B.; DEMEU, F. A.; MESQUITA, A. G. F. R.; PELEGRINI, D. F.; FARIA, J. G. K.; TEIXEIRA JUNIOR, F. E. P. Uso de ferramentas de gestão na atividade leiteira: um estudo multicaseos em Uberlândia, MG. *Revista Agropecuária Técnica*, v. 39, n. 1, p. 73–86, 2018.
- MACIEL FILHO, C. L.; NUMMER, A. V. *Introdução à Geologia de Engenharia*. 5a ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2014.
- MEIRELES, M. Ferramentas administrativas para identificar observar e analisar problemas. São Paulo: *Arte & Ciência*, 2001.
- PORTO, R. *Hidráulica básica*. 4a ed. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2006.
- REID, J. R. Mechanisms of Shoreline Erosion Along Lakes and Reservoirs. Proceedings, U.S. Army Corps of Engineers Workshop on Reservoir Shoreline Erosion: A national problem. Anais... In: *Workshop on Reservoir Shoreline Erosion: A National Problem*. McAlester: U. S. Army Corps of Engineers, 1992.
- SALES, M. M. *Erosão em borda de reservatório*. Escola de Engenharia Civil e Ambiental. Goiânia: Gráfica UFG, 2017.
- STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- THORNE, C. R.; TOVEY, N. K. Stability of composite river banks. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 6, n. 5, p. 469–484, 1981.
- WIEGEL, R. L. *Oceanographical engineering*. New York, USA: Dover Publications, INC, 1992.

¹Junior Joel Dewes. Doutorando em Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal freitas. juniordewes2011@gmail.com;

²Rita dos Santos Sousa. Pós-Doutoranda em Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. ritasousa.ufsm@gmail.com;

³Charles Rodrigo Belmonte Maffra. Doutor em Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. charles.maffra@gmail.com;

⁴Fabício Jaques Sutili. Doutor em Engenharia Natural (Universität für Bodenkultur, BOKU, Áustria) e Professor - Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais. fjsutili@gmail.com;

⁵Rinaldo José Barbosa Pinheiro. Doutor em Engenharia Civil e Professor - Centro de Tecnologia, Departamento de Transportes, Engenharia Civil. rinaldo@ufsm.br;

^{1,2,3,4,5}Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima, 1000, Centro de Ciências Rurais, prédio 44 N, Camobi, Santa Maria – RS.

Este artigo:

Recebido em: 07/2020

Aceito em: 03/2021

Como citar este artigo:

DEWES, Junior Joel et al. Método GUT para hierarquização de erosões ao longo de margens de reservatórios de usinas hidrelétricas. *Scientia Vitae*, v.11, n.32, ano 8, p. 57-69, jan./fev./mar. 2021.