

INFLUÊNCIA DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO NO PLANALTO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS EM ESCARPAMENTOS DE MARGENS PASSIVA: IMPLICAÇÕES PARA ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A CORRIDAS DE DETRITOS

Marina Tamaki de Oliveira Sugiyama
Universidade do Estado de Santa Catarina
Av. Me. Benvenuta, 2007 CEP: 88.035-901
E-mail: maritamaki12@gmail.com

Maria Carolina Villaça Gomes
Universidade do Estado de Santa Catarina
Av. Me. Benvenuta, 2007 CEP: 88.035-901
E-mail: mcarolvg@gmail.com

Resumo

No Brasil, a ocorrência de corridas de detritos é típica dos escarpamentos de margem passiva, que possuem sua evolução intimamente relacionada às capturas fluviais. Estas, ao promoverem o recuo e a dissecação das escarpas, alteram a morfologia e a dinâmica fluvial das bacias hidrográficas, refletindo diretamente em suas características morfométricas. Dessa forma, este trabalho possui como objetivo comparar a suscetibilidade a corridas de detritos de 59 bacias, com e sem a área de captura no planalto, localizadas no Geoparque Caminho dos Cânions do Sul (SC/RS), através de um método semi-quantitativo baseado na utilização de parâmetros morfométricos. Os resultados apontam para a importância das capturas fluviais na dinâmica do relevo e a elevada suscetibilidade de grande parte das bacias analisadas, indicando resultados mais confiáveis quando consideradas as bacias sem a área de drenagem no planalto.

Palavras-chave: Processos hidrogeomorfológicos; Morfometria; Capturas fluviais.

1. Introdução

Nas últimas décadas, diversos trabalhos empregaram parâmetros morfométricos para a determinação da suscetibilidade a processos hidrogeomorfológicos, como as corridas de detritos (JAKOB, 1996; VIEIRA *et al.*, 1997; VAN DINE, 1996; KANJI e GRAMANI, 2001; WILFORD *et al.*, 2004; TAKAHASHI, 2007; CHEN E YU, 2011; DIAS *et al.*, 2016; GOMES, 2016; CABRAL *et al.*, 2021, entre outros). Em território brasileiro, tais processos são típicos de escarpamentos, geralmente associado à margem passiva e encontrados próximos à linha de costa como consequência dos processos de soerguimento termal e isostático gerados pelo abatimento da porção oceânica (SAADI, 1998; SUMMERFIELD, 2014).

No geral, as bacias localizadas nos escarpamentos de margem passiva com sua vertente voltada para a costa oceânica costumam apresentar maiores taxas denudacionais se comparado com as bacias interiores, uma vez que o próprio recuo das escarpas resulta em seu soerguimento e reajuste de nível de base, originando desníveis mais pronunciados e maior ação dos processos de esculturação do relevo devido à alteração do gradiente de energia potencial (GILCHRIST; SUMMERFIELD, 1991; SUMMERFIELD, 2014). Além disso, estas bacias tendem a apresentar

maiores índices pluviométricos devido ao efeito orográfico propiciado pelas escarpas, resultando em condições favoráveis para a ocorrência de processos hidrogeomorfológicos torrenciais.

As estruturas existentes nestas regiões (geralmente associadas ao processo de rifteamento) desempenham importante papel na evolução do relevo, propiciando a incisão de vales profundos a partir das drenagens encaixadas, que passam a dispor de maior energia para vencer os divisores d'água e erodir a partir de erosão remontante, resultando em capturas fluviais - apontadas por alguns autores como um dos principais mecanismos no recuo das escarpas (BISHOP, 1995; BISHOP, 1997; MATHER, 2000; CHEREM *et al.*, 2014; MARENT *et al.*, 2013; SORDI *et al.*, 2015a; PAIXÃO *et al.*, 2020).

Neste sentido, as capturas fluviais representam significativas mudanças morfológicas e morfométricas nas bacias hidrográficas captadoras (e capturadas), uma vez que incorpora terrenos com características muito distintas. Dentre estas mudanças, o aumento da área da bacia captadora implicará no aumento da sua área de drenagem e da vazão do canal, o que, em situações extremas, poderá levar à ocorrência de eventos hidrogeomorfológicos de maior magnitude. Entretanto, ainda que a ocorrência destes processos seja influenciada pelos condicionantes hidrológicos, a ação da gravidade também possui grande protagonismo, sendo refletida em parâmetros morfométricos como a declividade da bacia, declividade do canal principal, amplitude altimétrica, relação de relevo, entre outros.

Muitas metodologias, com intuito de avaliar a suscetibilidade de bacias à ocorrência de corridas de detritos, utilizam a ponderação destes parâmetros, por vez atribuindo pesos superiores a estes. Um exemplo é a metodologia proposta por Gramani *et al.* (2005), que propõem um índice de criticidade das bacias à ocorrência de corridas de detritos a partir da relativização do resultado da ponderação dos parâmetros morfométricos.

Na escarpa da Serra Geral, localizada nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, as bacias de drenagem apresentam características típicas de escarpamentos de margem passiva, contudo, uma particularidade desta escarpa é o fato de que as áreas de captura no planalto são extremamente planas, o que interfere de forma expressiva nas características morfométricas da bacia. Assim, parâmetros morfométricos, como a declividade média da bacia, área acima de 30° e declividade média do canal principal, poderão apresentar valores inferiores àqueles existentes na escarpa, interferindo no resultado da suscetibilidade determinada a partir de metodologias que utilizam estes parâmetros. Portanto, apesar de constituírem uma ferramenta confiável e de fácil utilização, a avaliação de processos a partir da morfometria deve ser cuidadosa.

Dessa forma, este trabalho objetiva comparar a suscetibilidade de corridas de detritos em bacias com e sem a área do planalto, a fim de avaliar o papel de áreas capturadas no resultado da suscetibilidade obtido por metodologias que se baseiam em parâmetros morfométricos que levam em conta o gradiente de energia potencial das bacias. Para isso, foram selecionadas as bacias hidrográficas que conformam o território do Geoparque Caminho dos Cânions do Sul - RS/SC

(GCCS), onde a incidência de processos hidrogeomorfológicos do tipo corridas é grande e são representativas de bacias de regiões escarpadas (escarpa-planície ou planalto-escarpa-planície).

2. Área de estudo

O Geoparque Caminho dos Cânions do Sul abrange sete municípios pertencentes aos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, sendo eles: Morro Grande (SC), Timbé do Sul (SC), Jacinto Machado (SC), Praia Grande (SC), Torres (RS), Mampituba (RS) e Cambará do Sul (RS). Na área estudada, são encontradas duas das seis Supersequências que constituem a Bacia do Paraná: a Supersequência Gondwana I, com os arenitos eólicos, pelitos lacustres, lobos deltaicos e depósitos fluviais da Formação Rio do Rasto e a Supersequência Gondwana III, com os arenitos eólicos, finos a médio, de estratificação cruzada da Formação Botucatu e os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral (MILANI *et al.*, 2007).

Durante o Eocretáceo, o processo de separação do Gondwana resultou em um intenso fendilhamento da Plataforma Sul-Americana sobre as zonas de fraqueza, dando origem ao magmatismo que originou a Fm. Serra Geral. Ainda, os eventos tectônicos responsáveis pela origem da Bacia do Paraná resultaram em uma grande quantidade de lineamentos estruturais que permanecem na paisagem até a atualidade. O soerguimento decorrente da resposta flexural ao resfriamento da margem passiva, devido ao distanciamento da região do manto ascendente (SORDI, *et al.*, 2015b), fez com que fossem expostos todo o pacote de rochas sedimentares da Bacia do Paraná. Esta mudança no nível de base submeteu estas litologias a intenso fenômenos erosivos, com a formação de desníveis superiores aos 1.000m e a delimitação de quatro compartimentos de relevo bem delimitados: o Planalto dos Campos Gerais, a Escarpa da Serra Geral, os Patamares da Serra Geral e a Planície Costeira (Figura 1).

O Planalto dos Campos Gerais possui uma suave e contínua inclinação da superfície para o oeste, em direção ao interior, com formas planas e suavemente onduladas, de baixa declividade, em altitudes superiores aos 900m. Neste compartimento os canais de drenagem seguem um nítido controle estrutural por falhas e diáclases. Já a Serra Geral, constituída majoritariamente por rochas da Fm. Serra Geral, representa, na realidade, as escarpas do planalto e é caracterizada pela intensa dissecação do seu *front*, muitas vezes condicionada pelas estruturas, apresentando profundos vales em “V”, com formas abruptas e escarpadas, localizada em altitudes entre 400 e 900m (FLORES *et al.*, 1993). As escarpas da Serra Geral também apresentam paredões verticalizados na forma de cânions, devido à incisão fluvial ao longo dos lineamentos tectônicos (SANTOS, 2021). Os Patamares da Serra Geral, localizados em altitudes inferiores (entre 200 e 400m), constituem o relevo intermediário entre a área escarpada, de elevada altitude, e a planície, testemunhando a extensão pretérita da escarpa. Este compartimento é composto em grande parte pelas rochas sedimentares da Fm. Rio do Rasto e Fm. Botucatu, apresentando formas menos agressivas. Por

fim, a Planície Costeira se situa em cotas inferiores aos 200 m, sendo constituída por depósitos costeiros e continentais de baixa declividade.

A escarpa da Serra Geral representa uma expressiva barreira orográfica, que, somada à atuação de sistemas frontais, proporciona a ocorrência de eventos pluviométricos intensos e concentrados. Dentre os eventos de maior magnitude registrados na região, cabe destaque ao ocorrido em dezembro de 1995, quando os elevados índices pluviométricos, associados à passagem de um sistema frontal e um vórtice ciclônico, ocasionaram processos erosivos generalizados nas escarpas e patamares da Serra Geral (VALDATI, 2000). Conforme Pellerin *et al.* (1997), apesar de catastrófico, este evento não pode ser considerado totalmente excepcional, uma vez que em 1974 um evento semelhante, ainda mais destrutivo, foi registrado nas encostas da Serra Geral. Além disso, os depósitos encontrados em fundos de vale demonstram que o fenômeno é recorrente na história geológica da região (DUARTE, 1995).

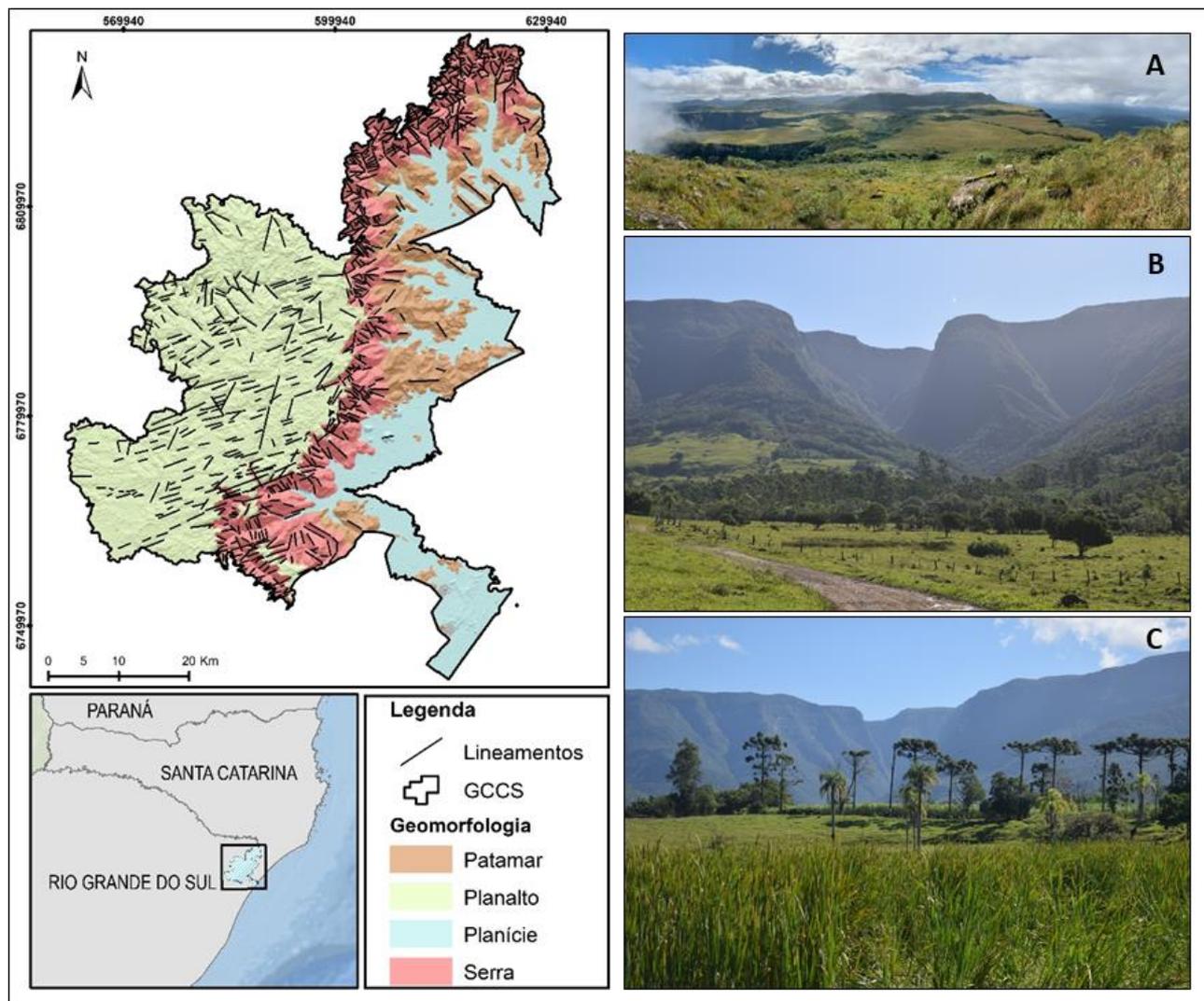


Figura 1 – Geomorfologia da área do território do GCCS indicando a compartimentação do relevo e os lineamentos existentes. A) Vista para o Planalto dos Campos Gerais, caracterizado por sua baixa declividade. B) Vista para as Escarpas da Serra Geral que apresenta alto gradiente altimétrico, elevadas declividades e vales profundos. C) Vista para as Escarpas ao fundo e a Planície à frente.

3. Metodologia

Para atingir os objetivos estipulados, este trabalho foi dividido em cinco etapas: (i) a delimitação das bacias; (ii) a delimitação das bacias sem a área de drenagem no planalto; (iii) a geração dos parâmetros morfométricos; (iv) a avaliação da suscetibilidade a corridas de detritos e; (v) a comparação do resultado entre as bacias com e sem a área de contribuição no planalto.

Todo o processamento dos dados foi realizado no *software* ArcGis 10.5, disponibilizado pela empresa ESRI. As curvas de nível e cartas de declividade foram geradas a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), elaborado com base nos dados SRTM com resolução de 30m que, considerando a escala de análise, atende à resolução necessária. Para o refinamento da drenagem gerada a partir do MDE, foi utilizada a base hidrográfica do Estado de Santa Catarina da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS), elaborada em escala 1:10.000 e produzida a partir de dados com 1m de resolução.

A delimitação das bacias de drenagem foi realizada conforme a metodologia proposta pelo projeto GIDES-JICA¹ (CPRM, 2018), segundo a qual a identificação das bacias com potencial para ocorrência de corridas de detritos deve considerar informações a respeito da área de contribuição da bacia, condições de confinamento das drenagens e inclinação média dos talwegues. A partir de estudos realizados no Japão e em municípios brasileiros, foi estipulada que a análise da suscetibilidade deve ser realizada apenas em bacias com área igual ou superior à 1ha (0,01km²), com drenagem em vale confinado e linha de talvegue com inclinação média mínima de 10°.

Conforme a metodologia, a área de contribuição da bacia deve ser definida a partir de seu ponto de espraiamento, no desconfinamento do vale, onde se inicia a área de deposição das corridas de detritos (Figura 2). Para determinar o ponto de espraiamento, podem ser utilizados alguns critérios, como o ponto de inflexão, onde a inclinação do vale diminui abruptamente em direção à jusante, com inclinação menor que 8° para uma área plana, ou inferior a 10° no caso de leque aluvial, e o ponto de curvatura quando o ângulo formado entre a curva de nível e o talvegue atinge uma abertura superior à 30°. Quanto à identificação da declividade média do talvegue, deve ser considerada a inclinação a partir do ponto de confinamento, quando o comprimento do vale se torna superior à largura do vale (em relação à curva de nível).

Uma vez delimitado o ponto de espraiamento, as bacias foram delimitadas de modo automático a partir da ferramenta *pour point*, sendo posteriormente refinadas com base nas curvas de nível, geradas com o intervalo de 5m. Ainda que a literatura aponte para a ocorrência de corridas de detritos em bacias de 0 ordem hierárquica (VAN DINE, 1996), ou seja, em bacias de canais

¹ Projeto de Gestão Integrada de Riscos e Desastres, com a Cooperação Técnica Internacional entre o governo brasileiro e japonês.

efêmeros, devido ao caráter regional deste trabalho, optou-se por considerar bacias de ordem superior ou igual à 1.

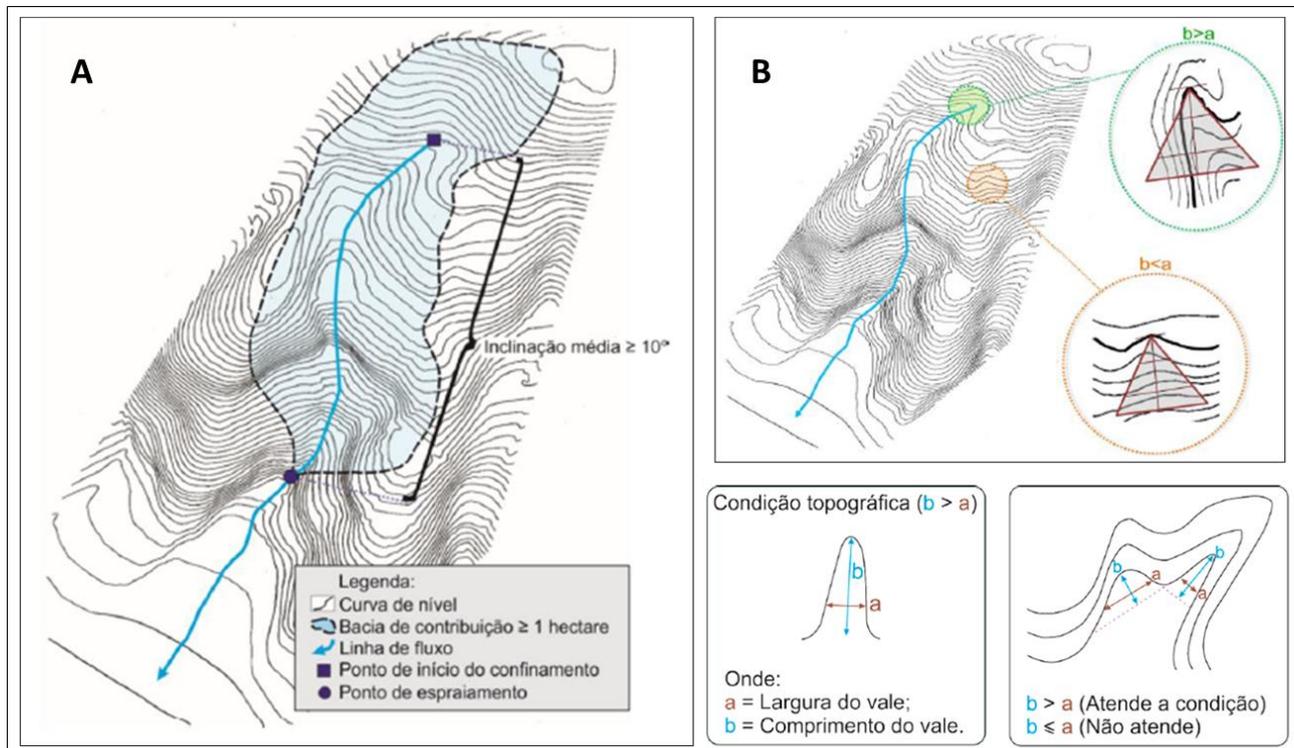


Figura 2 – Metodologia para a delimitação das bacias com potencial para a geração de corridas de detritos. A) Seleção de bacias de com área de contribuição igual ou superior à 1 hectare, à montante do ponto de espraçamento. B) Ponto de início do confinamento, quando a largura é superior ao comprimento do vale, tendo como referência as curvas de nível. O talvegue, a partir de seu ponto de confinamento, deve ter inclinação superior à 30°. Fonte: CPRM, 2018.

Após a seleção das bacias que atendem ao critério considerado, foi realizada, a partir das curvas de nível e cartas de declividade, a delimitação das bacias sem sua área de contribuição no planalto. Assim, foram estabelecidos dois grupos de bacias: bacias com a área de contribuição do planalto (**BCAP**) e bacias sem a área de contribuição no planalto (**BSAP**). Aqui cabe destacar que ambos os grupos de bacias se referem às mesmas bacias, entretanto, no primeiro, as bacias foram analisadas em sua totalidade, enquanto no segundo grupo, foram excluídas suas áreas de contribuição localizadas no planalto. Além disso, não são todas as bacias no território do GCCS que apresentam área de contribuição no planalto, de forma que mesmo entre o grupo das **BSAP** apenas algumas bacias tiveram sua área modificada.

Uma vez delimitado os dois grupos de bacias, foram gerados os parâmetros morfométricos para ambos, sendo eles: área da bacia (A); índice de circularidade (I_c), porcentagem da área acima de 30° (A_{30}); declividade média do canal principal (S_L) e; amplitude altimétrica (H). Os parâmetros foram definidos conforme a metodologia proposta por Gramani *et al.* (2005), desenvolvida com o intuito de identificar o grau de criticidade das bacias a partir de uma análise qualitativa dos parâmetros morfométricos, considerados críticos para a geração de corridas. Entretanto, para a avaliação do grau de criticidade das bacias, os parâmetros A e I_c são analisados em seu inverso ($\frac{1}{A}$)

e $\frac{1}{I_c}$), uma vez que a metodologia parte do pressuposto de que bacias mais estreitas e de menor área possuem maior suscetibilidade ao desenvolvimento de corridas.

Para se obter o índice de criticidade das bacias, em um primeiro momento, os resultados dos parâmetros são transformados em índices adimensionais, a partir da divisão dos valores de cada parâmetro pelo menor valor obtido para o mesmo, dentro do grupo de bacias, de forma que o menor valor será sempre igual à um. Em seguida, os valores são ponderados a partir de pesos definidos segundo sua importância no processo de geração de corridas, sendo eles: 2,5 para A_{30} ; 0,5 para $\frac{1}{A}$; 1,0 para H; 0,5 para S_L e; 0,5 para $\frac{1}{I_c}$. Por fim, para cada bacia são somados os valores ponderados de cada parâmetro, sendo que o resultado da somatória deve ser novamente normalizado, resultando no índice de criticidade das bacias.

Devido à extensão espacial da área de estudo, para fins de comparação, os resultados dos índices de criticidade obtidos foram agrupados em classes de suscetibilidade de intervalo homogêneo, sendo elas: **BAIXA, MÉDIA, ALTA e MUITO ALTA**. Vale ressaltar que o índice de criticidade é obtido através da relativização dos valores dos parâmetros ponderados a partir de pesos previamente estabelecidos, de forma que o índice aponta para uma criticidade relativa entre as bacias, indicando o maior ou menor grau de criticidade de uma bacia em relação às demais.

Por fim, os resultados dos parâmetros morfométricos e a classificação da suscetibilidade, para ambos os grupos de bacias (**BCAP e BSAP**), foram comparados entre si, a fim de avaliar a influência da área de contribuição do planalto no grau de suscetibilidade ao desenvolvimento de corridas de detritos. Cabe destacar que, ainda que não tenham sido realizadas análises de morfologias indicativas de capturas fluviais como cotovelos de capturas, canais residuais, vales mortos, secos ou abandonados (BISHOP 1995; MATHER, 2000) neste trabalho, infere-se que as áreas de contribuição no planalto foram anexadas às bacias estudadas através de capturas fluviais evidenciadas através das rupturas de declive entre o planalto e a escarpa, uma vez que os cursos d'água existentes drenam compartimentos extremamente distintos e ainda não foram capazes de atenuar as rupturas.

4. Resultados e discussões

A partir da metodologia empregada foram delimitadas 59 bacias de drenagem no território do GCCS, sendo que, destas, apenas 26 bacias possuem área de contribuição no Planalto (Figura 3). O resultado dos parâmetros morfométricos indica bacias com características variadas, tanto em relação à morfologia do terreno quanto à rede de drenagem, ainda que em sua maioria possuam características típicas de relevo escarpado.

O resultado dos parâmetros morfométricos, levando-se em conta toda a área de contribuição das bacias, ou seja, incluindo bacias com área no planalto (**BCAP**), foram: área da bacia (A) entre 0,7 e 79,7 km²; declividade média do canal principal (S_L) de 9,1 a 28,4°; área acima de 30° (A_{30}) de

2,6 a 54,7%; índice de circularidade (I_c) entre 0,3 e 0,8 e; amplitude altimétrica (H) entre 551 e 1138m (Figura 4). Já a amplitude dos parâmetros para as bacias sem área no planalto (**BSAP**), foram: A de 0,7 a 34,2km²; S_L de 10,6 a 28,4°; A_{30} de 2,6 a 62,2%; I_c de 0,2 a 0,8 e; H de 551 a 1071m. Além da mudança na amplitude dos parâmetros, as médias gerais também sofreram alterações das BCAP para as BSAP, com as mais expressivas para A (de 14km² para 9km²), A_{30} (de 26,8% a 32,6%) e S_L (de 14,3° para 16,2°). Os demais parâmetros apresentaram mudanças sutis em suas médias: de com I_c de 0,57 a 0,54 e H de 889 a 866m.

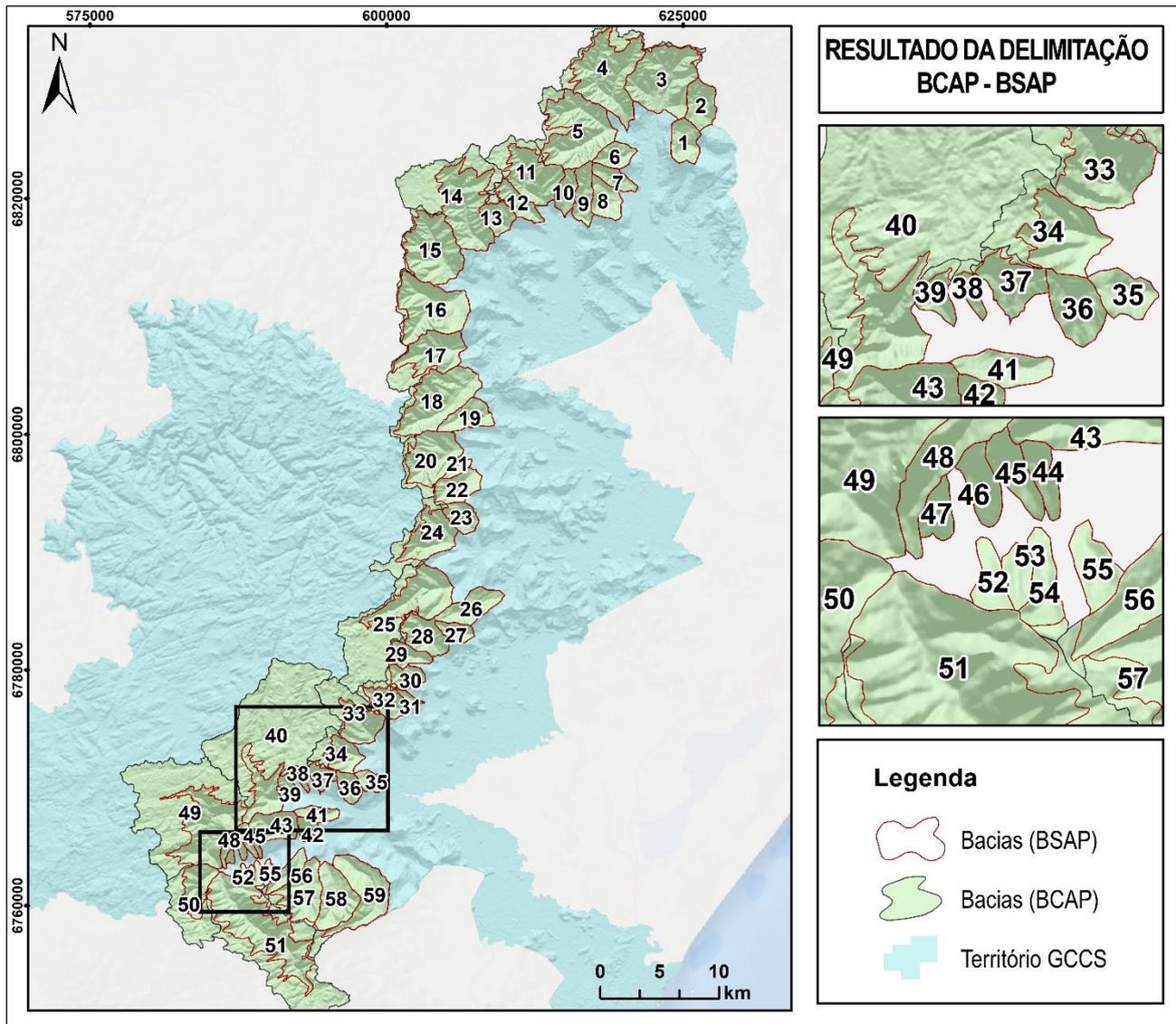


Figura 3 – Resultado da delimitação dos grupos de bacias com (BCAP) e sem (BSAP) a área de contribuição no planalto, totalizando 59 bacias para grupo.

A classificação das bacias conforme a suscetibilidade ao desenvolvimento de corridas de detritos, considerando as bacias com toda sua área de contribuição (**BCAP**), resultou em **12 bacias de Baixa Suscetibilidade, 23 de Média Suscetibilidade, 18 de Alta Suscetibilidade e 6 de Muito Alta Suscetibilidade**. A bacia que obteve o menor valor do índice de criticidade foi a B40 (1,0) enquanto a maior criticidade foi obtida para a B53 (10,8). Já a classificação da suscetibilidade para

as bacias analisadas sem a área de contribuição do planalto (**BSAP**), resultou em **9 bacias de Baixa Suscetibilidade, 11 de Média Suscetibilidade, 13 de Alta Suscetibilidade e 26 de Muito Alta Suscetibilidade**. Para este grupo de bacias, a B26 apresentou o menor índice de criticidade (1,0) enquanto a B39 o maior (9,8).

BACIA COM ÁREA NO PLANALTO (BCAP)						BACIA SEM ÁREA NO PLANALTO (BSAP)																	
B	A	SL	A30	Ic	H	B	A	SL	A30	Ic	H	B	A	SL	A30	Ic	H	B	A	SL	A30	Ic	H
B1	7,7	13,0	11,3	0,75	605	B31	1,2	14,0	10,0	0,40	918	B1	7,7	13,0	11,3	0,75	605	B31	1,2	14,0	10,0	0,40	918
B2	8,6	14,7	29,5	0,73	1065	B32	9,1	13,8	44,5	0,61	961	B2	8,6	14,7	29,5	0,73	1065	B32	7,0	16,9	55,7	0,53	890
B3	28,2	13,3	43,0	0,63	1068	B33	17,3	12,9	31,9	0,53	982	B3	27,0	15,4	44,7	0,58	1035	B33	9,3	20,5	57,5	0,45	884
B4	34,6	15,4	49,4	0,42	1138	B34	10,3	11,7	32,8	0,55	912	B4	27,7	21,3	61,2	0,29	1071	B34	6,6	17,8	49,0	0,53	832
B5	32,7	14,4	53,2	0,59	1093	B35	3,2	11,9	3,1	0,73	648	B5	27,8	16,9	62,2	0,36	1066	B35	3,2	11,9	3,1	0,74	648
B6	5,5	12,7	7,1	0,76	871	B36	4,3	13,5	10,5	0,78	830	B6	5,5	12,7	7,1	0,76	871	B36	4,3	13,5	10,5	0,78	830
B7	4,8	10,7	9,0	0,57	933	B37	4,2	16,9	35,6	0,52	986	B7	4,8	10,7	9,0	0,57	933	B37	3,7	19,4	40,4	0,51	846
B8	7,1	10,6	11,3	0,72	628	B38	1,2	17,6	36,7	0,37	836	B8	7,1	10,6	11,3	0,72	628	B38	0,9	25,0	48,5	0,50	819
B9	7,1	14,0	38,1	0,46	1065	B39	2,5	15,9	45,2	0,59	814	B9	7,1	14,0	38,1	0,46	1065	B39	1,9	19,8	60,1	0,55	803
B10	5,2	14,2	40,6	0,56	1033	B40	79,7	9,1	5,9	0,41	895	B10	5,2	14,2	40,6	0,56	1033	B40	10,4	15,5	43,6	0,17	790
B11	21,6	11,6	45,8	0,59	1042	B41	3,7	10,8	4,9	0,57	728	B11	16,1	19,2	60,9	0,46	1014	B41	3,7	10,8	4,9	0,58	728
B12	6,9	12,9	48,1	0,42	1057	B42	2,6	15,9	4,6	0,80	745	B12	6,3	17,9	52,3	0,46	1037	B42	2,6	15,9	4,6	0,80	745
B13	6,6	15,2	44,6	0,69	969	B43	8,7	13,6	24,5	0,65	867	B13	5,9	19,5	49,3	0,74	952	B43	8,7	13,6	24,5	0,65	867
B14	43,4	10,8	34,7	0,44	1070	B44	0,8	20,1	32,5	0,52	706	B14	23,9	17,7	61,7	0,32	1032	B44	0,8	20,1	32,5	0,51	706
B15	24,5	12,0	41,0	0,67	1066	B45	1,2	21,6	40,8	0,56	830	B15	22,7	14,9	43,7	0,62	1049	B45	1,2	21,6	40,8	0,55	830
B16	25,2	10,6	32,3	0,58	1032	B46	1,1	23,2	32,7	0,63	785	B16	23,7	12,1	34,0	0,55	1003	B46	1,1	23,2	32,7	0,62	785
B17	19,6	11,8	40,4	0,55	953	B47	0,8	16,3	6,3	0,69	551	B17	14,4	14,1	53,4	0,41	953	B47	0,7	16,3	6,3	0,64	551
B18	26,2	10,9	31,1	0,52	995	B48	3,3	13,0	29,7	0,35	803	B18	23,6	12,2	34,1	0,55	944	B48	3,3	13,0	29,7	0,35	803
B19	8,0	11,6	3,2	0,61	778	B49	69,3	12,0	14,5	0,46	879	B19	8,0	11,6	3,2	0,61	778	B49	23,7	18,6	42,1	0,20	805
B20	19,4	12,9	32,8	0,65	998	B50	21,0	12,0	17,1	0,47	838	B20	16,0	13,9	38,5	0,59	915	B50	8,9	17,3	39,8	0,49	724
B21	2,2	11,6	3,6	0,61	664	B51	64,0	9,4	23,9	0,38	870	B21	2,2	11,6	3,6	0,62	664	B51	34,2	12,5	43,8	0,17	781
B22	8,4	14,6	26,6	0,69	929	B52	0,9	13,2	23,3	0,56	647	B22	8,0	14,6	26,6	0,69	929	B52	0,9	13,2	23,3	0,57	647
B23	5,7	13,9	25,3	0,72	935	B53	0,7	16,1	28,6	0,72	681	B23	5,5	13,9	25,3	0,75	935	B53	0,7	16,1	28,6	0,71	681
B24	20,3	21,3	35,0	0,36	958	B54	1,5	11,5	34,7	0,52	856	B24	13,0	27,5	52,3	0,38	911	B54	1,3	11,5	34,7	0,53	856
B25	45,3	16,2	20,4	0,34	953	B55	1,3	13,9	26,2	0,62	765	B25	18,7	26,8	47,6	0,32	939	B55	1,3	13,9	26,2	0,62	765
B26	9,8	13,5	2,6	0,57	848	B56	5,3	14,5	13,6	0,43	895	B26	9,8	13,5	2,6	0,57	848	B56	4,9	14,5	13,6	0,48	895
B27	3,9	23,0	8,9	0,65	877	B57	15,0	12,9	20,7	0,58	934	B27	3,9	23,0	8,9	0,65	877	B57	13,2	12,9	20,7	0,46	934
B28	10,2	20,4	49,3	0,69	975	B58	13,8	12,1	17,1	0,65	936	B28	9,6	18,1	52,1	0,65	932	B58	13,7	12,1	17,1	0,67	936
B29	5,3	28,4	54,7	0,55	938	B59	19,7	11,2	12,5	0,29	948	B29	4,7	28,4	54,7	0,58	938	B59	17,7	12,3	14,0	0,38	859
B30	5,6	17,4	44,7	0,59	920							B30	4,7	17,4	44,7	0,68	920						

Figura 4 – Resultado dos parâmetros morfométricos para o grupo de bacias analisadas em sua integridade (BCAP) e as bacias sem a área de contribuição no planalto (BSAP). Em destaque estão as bacias que possuem área de contribuição no planalto e, dessa forma, tiveram seus parâmetros modificados para o grupo das BSAP. Legenda: B=bacia; A= área da bacia; SL=declividade média do canal principal; A30=porcentagem da área acima de 30°; Ic= Índice de circularidade; H=amplitude altimétrica.

A comparação entre as **BCAP** e **BSAP** demonstra expressivas alterações no resultado dos parâmetros morfométricos, principalmente em relação à A, SL e A30 (Figura 5). As maiores variações de A foram obtidas para as bacias B14, B25, B40, B49 e B51, todas com mais de 25km² de diferença em relação ao grupo das **BCAP**, com destaque para a B40, para a qual houve uma redução de 69,3km², passando de 79,7 para 10,4km², e a B49, com redução de 45,6km² em sua área – sendo ambas as bacias (B40 e B49) as maiores bacias dentre as **BCAP**. Em relação à SL, todas as 26 bacias, com exceção da B28, apresentaram valores superiores em relação as **BCAP**, com expressivas diferenças para as bacias B11, B25, B33 e B38, sendo o maior aumento obtido para a

B25 (de 16,2 para 26,8°). O parâmetro A_{30} , por sua vez, sofreu um aumento em todas as bacias analisadas sem a área de contribuição no planalto, com destaque para a B14, B24, B25, B33, B40, B49 e B50, todas com acréscimo superior a 20% de A_{30} , com a maior diferença obtida para B40, que também obteve a maior redução em relação à área da bacia.

BACIA COM ÁREA NO PLANALTO (BCAP)				BACIA SEM ÁREA NO PLANALTO (BSAP)			
Bacia	Índice	Bacia	Índice	Bacia	Índice	Bacia	Índice
B1	2,0	B30	5,9	B1	2,1	B30	7,0
B2	3,9	B31	5,8	B2	4,7	B31	3,8
B3	4,9	B32	5,5	B3	6,6	B32	8,3
B4	5,6	B33	3,9	B4	9,0	B33	8,5
B5	5,9	B34	4,2	B5	9,0	B34	7,4
B6	1,8	B35	2,2	B6	1,8	B35	1,5
B7	2,3	B36	2,6	B7	2,1	B36	2,3
B8	2,1	B37	5,3	B8	2,2	B37	6,6
B9	5,0	B38	8,6	B9	6,0	B38	9,6
B10	5,5	B39	7,1	B10	6,4	B39	9,8
B11	5,3	B40	1,0	B11	8,9	B40	6,8
B12	6,1	B41	2,2	B12	8,0	B41	1,6
B13	5,7	B42	2,8	B13	7,5	B42	1,9
B14	4,0	B43	3,4	B14	9,0	B43	4,0
B15	4,7	B44	10,3	B15	6,5	B44	7,8
B16	3,9	B45	9,0	B16	5,1	B45	8,0
B17	4,7	B46	8,5	B17	7,9	B46	7,1
B18	3,7	B47	7,6	B18	5,1	B47	4,4
B19	1,3	B48	5,0	B19	1,1	B48	5,2
B20	4,0	B49	1,9	B20	5,8	B49	6,4
B21	3,1	B50	2,3	B21	1,9	B50	6,1
B22	3,7	B51	2,9	B22	4,3	B51	6,6
B23	3,8	B52	8,6	B23	4,3	B52	6,1
B24	4,3	B53	10,8	B24	7,8	B53	7,5
B25	2,6	B54	7,4	B25	7,2	B54	6,9
B26	1,1	B55	7,1	B26	1,0	B55	5,7
B27	2,6	B56	2,8	B27	2,3	B56	2,8
B28	5,9	B57	2,8	B28	7,8	B57	3,4
B29	7,0	B58	2,5	B29	8,4	B58	2,9
		B59	1,9			B59	2,5

Baixa
 Média
 Alta
 Muito Alta

Figura 5 – Resultado do índice de criticidade e da classificação da suscetibilidade à corridas de detritos para as bacias analisadas com e sem a área de contribuição no planalto (BCAP e BSAP). Em negrito estão as bacias que possuem área de contribuição no planalto e, dessa forma, tiveram seus parâmetros alterados no grupo das BSAP.

O parâmetro I_c das **BSAP**, por sua vez, obteve resultados variados, ora com aumento, ora com redução do seu valor, entretanto, a tendência do resultado para as bacias analisadas sem sua

área de contribuição no planalto, foi de redução, ou seja, resultaram em bacias com formatos mais alongados. As maiores diferenças entre as 26 bacias analisadas sem área no planalto foram obtidas para B5, B40, B49 e B51. As bacias B12, B13, B24, B50, B38 e B59 apresentaram aumentos sensíveis. Da mesma forma, para o parâmetro H , a tendência identificada para as bacias analisadas sem a área de contribuição no planalto foi de decréscimo, com apenas a bacia B17 permanecendo com o mesmo valor. Variações mais significativas foram registradas para as bacias B33, B37 e B51, com aproximadamente 100m de diferença altimétrica.

Analisando em conjunto as 26 bacias que possuem área de contribuição no planalto, as diferenças mais relevantes em relação ao grupo das **BSAP** foram registradas principalmente para as bacias B25, B33, B40, B49 e B50, que apresentaram redução de A e Ic e aumento de S_L e A_{30} , com exceção da B50 que apresentou um baixo aumento para Ic . Ainda com marcante distinção nos resultados, estão as bacias B4, B11, B14 e B24, todas com destacada diminuição de A e aumento de S_L e A_{30} .

Em relação à diferença da classificação da suscetibilidade entre o grupo das **BCAP** e **BSAP**, das 59 bacias analisadas, somente 23 bacias mantiveram-se na mesma classe de suscetibilidade, sendo que apenas a B56 obteve o mesmo valor do *índice de criticidade* (2,8). A mudança da classificação da suscetibilidade mesmo para bacias que não possuem área de contribuição no planalto e, portanto, não tiveram mudanças nos parâmetros morfométricos, deve-se à própria metodologia utilizada, uma vez que essa se baseia na relativização dos resultados dos parâmetros morfométricos das bacias, ou seja, apresenta a suscetibilidade de uma bacia em relação às demais.

Dentre as bacias que não apresentaram alteração no resultado dos parâmetros morfométricos, cinco bacias (B2, B8, B29, B30 e B54) enquadram-se em uma classe superior para o grupo das **BSAP**, em relação à **BCAP**, enquanto outras cinco inserem-se em uma classe inferior (B21, B31, B42, B47 e B52) - as demais mantiveram-se com a mesma classificação. Quanto às bacias que contêm área de contribuição no planalto e, deste modo, apresentam diferenças no resultado de seus parâmetros morfométricos, todas as 26 bacias exibem aumento na sua classificação, sendo que a bacia B40, enquadrada como de baixa suscetibilidade (1,0 de criticidade) para o grupo das **BCAP**, foi classificada como de muito alta suscetibilidade (6,8) para o grupo das **BSAP**.

A delimitação das bacias a partir da metodologia da GIDES-JICA (CPRM, 2018), que adota a delimitação de bacias à montante da área de deposição, resultou em um significativo número de bacias de primeira ordem (14 bacias). É possível notar que muitas destas bacias estão localizadas em áreas de forte controle estrutural, favorecendo a incisão fluvial sobre as estruturas e gerando canais de 1ª ordem com cabeceiras no terço superior da escarpa, que são capazes de atingir a planície colúvio-aluvionar ainda nessa ordem - a drenagem encaixada tende a seguir um traçado retilíneo em direção à jusante. A marcante incisão fluvial dos cursos d'água encaixados nas

estruturas condiciona a existência de canais muito próximos aos divisores de água, resultando em uma maior dissecação da paisagem (MONTGOMERY E DIETRICH, 1988).

As 59 bacias do território do GCCS delimitadas para a análise da suscetibilidade a corridas de detritos configuram bacias localizadas majoritariamente nas Escarpas da Serra Geral, com características típicas de bacias costeiras de margem passiva. No que tange à sua morfologia e morfogênese, estas bacias encerram significativas diferenças em relação às bacias do GCCS que compartilham o mesmo divisor e drenam em direção ao interior. Enquanto as bacias costeiras tendem a ser numerosas, de menor dimensão e com maiores taxas denudacionais, as bacias localizadas no planalto, em geral, possuem maior área e menor energia (MARENT *et al.*, 2013; SUMMERFIELD, 2014).

A partir da análise de diversos modelos de evolução de margens passivas, Marent *et al.* (2013) apontam para o protagonismo das capturas fluviais como um importante mecanismo na evolução do relevo. Estudos realizados por SORDI *et al.* (2015a), SALGADO *et al.* (2014) e CHEREM *et al.* (2014) confirmam que as taxas denudacionais de bacias que drenam as escarpas são superiores às bacias que drenam para o interior do planalto, sendo que as bacias com áreas capturadas apresentam uma taxa de denudação intermediária, devido ao reajuste do nível de base (ao ser incorporada à bacia captadora). Dentre os diversos efeitos que as capturas fluviais podem ocasionar, destacam-se a evolução diferenciada do relevo em sistemas fluviais adjacentes, as alterações nos níveis de base locais e regionais, alterações nos regimes de fluxo e reorganização da rede de drenagem (MATHER, 2000; AB'SABER, 1957; BISHOP, 1995; PAIXAO, 2020).

Cherem *et al.* (2013) observou que, conforme a área de captura é expandida, o terço superior da escarpa recua, intensificando sua sinuosidade devido a um aumento na incisão fluvial que resulta na abertura de vales. Sordi *et al.* (2015a) ao analisar os cursos d'água em um tríplice divisor no Planalto Santa Catarina, ao norte do estado, identificou a existência dos patamares como parte do processo cíclico de pulsos erosivos decorrentes das capturas fluviais e consequentes ajustes do nível de base, o que leva a pensar que o mesmo mecanismo cíclico ocorre no território do GCCS, com a Escarpa recuando a partir de processos de captura fluvial e permitindo a conservação dos patamares até a retomada de um novo pulso erosivo. Além disso, o grande número de capturas fluviais nas bacias estudadas guardam relação com o forte controle estrutural que permite que as drenagens encaixantes vençam mais facilmente os divisores de água.

Posto isto, é notória a importância do mecanismo de captura fluvial para as bacias do território do GCCS e as implicações destas para a morfogênese regional, bem como para a morfometria de ambos os tipos de bacias (capturadas e captadoras). Ainda que a área capturada possa influenciar nos regimes de fluxo e no fornecimento de sedimentos (variáveis importantes para os processos hidrogeomorfológicos), as áreas de contribuição localizadas no planalto, provocam expressivas mudanças nas bacias de drenagem, uma vez que essas incorporam terrenos em situação geomorfológica muito distinta daquelas da área da bacia captadora e que podem, de

certa forma, “mascarar” a energia destas bacias para gerar estes processos. Tal fato decorre, principalmente, das significativas diferenças entre a morfologia das escarpas e do planalto que, no território do GCCS, constitui uma área de baixa declividade com relevo muito suave, diferindo expressivamente do reverso da Serra do Mar paulista e paranaense.

A metodologia utilizada neste trabalho para a análise da suscetibilidade a corridas de detritos (GRAMANI *et al.*, 2005) é baseada na utilização de cinco parâmetros morfométricos que, de forma ampla, exprimem informações a respeito do fornecimento de sedimentos e do comportamento hidrológico, como os picos de vazão e concentrações de fluxo no canal principal e a energia que estas bacias possuem, em relação ao nível de base controlador e a ação da gravidade.

A descarga média assim como o pico da descarga fluvial possui relação direta com a área da bacia (MORISAWA, 1962). Da mesma forma, bacias com áreas maiores possuem maior quantidade de sedimentos potencialmente disponíveis para a remobilização e geração de corridas de detritos (JAKOB, 1996). Entretanto, a literatura demonstra que a grande maioria dos processos hidrogeomorfológicos, dentre eles as corridas de detritos, ocorrem em bacias de alta declividade e pequena dimensão (KELLER, 1992; KANJI e GRAMANI, 2001; CASTRO, 2003). Slaymaker (1990) verificou que a maioria das ocorrências de corridas de detritos na British Columbia, no sudoeste canadense, foram registradas em bacias de até 10km². A mesma relação pode ser verificada para a utilização do índice de circularidade: enquanto alguns autores atribuem a maior suscetibilidade e magnitude de corridas a um alto valor do índice (TUCCI, 1993; AUGUSTO FILHO, 1993), ou seja, para bacias mais circulares, outros demonstram a recorrência destes processos em bacias mais estreitas, típicas de relevos escarpados (CROZIER, 1986). Por outro lado, DIAS *et al.*, (2016) concluiu que este índice por si só não é capaz de inferir conclusivamente sobre a suscetibilidade da bacia ao processo.

Dessa forma, apesar da delimitação de bacias sem a área do planalto poder resultar na exclusão de áreas de fornecimento de sedimentos e na mudança do formato da bacia, a configuração do Planalto dos Campos Gerais, de baixa declividade, parece não interferir no suprimento de sedimento para a geração de corridas induzidas por escorregamentos. Assim, os parâmetros que apresentam uma relação direta com a suscetibilidade destas bacias ao desenvolvimento de corridas são aqueles que refletem a energia dos processos hidrogeomorfológicos, como S_L , A_{30} e H .

Bacias de alta declividade possuem maior ação da gravidade sobre os processos geomorfológicos e, conseqüentemente, sobre o transporte e deflagração das corridas de detritos (JAKOB, 1996). Diversos autores analisaram a porcentagem de área da bacia com ângulos críticos para o desenvolvimento de corridas, uma vez que esta reflete a porcentagem de relevo escarpado (COSTA, 1984; VAN DINE, 1996; JAKOB, 2005; TAKAHASHI, 2007; CHEN e YU, 2011). Valores de declividade de encostas superiores a 30° são considerados críticos para a geração de corridas, ainda que os valores mínimos de inclinação variem de 20 a 25°. Já para os canais, a declividade

para movimentação do material depositado no leito varia de 15 a 20° (KANJI e GRMANAI, 2001). Do mesmo modo, a amplitude altimétrica da bacia reflete a ação da gravidade sobre estes processos, de forma que, quanto maior a distância percorrida pela corrida, maior será a velocidade de escoamento do fluxo, interferindo, portanto, na maior ou menor magnitude das corridas.

Ainda que a região do GCCS careça de inventários sobre a ocorrência de processos hidrogeomorfológicos, como as corridas, autores como PELLERIN (1997), DUARTE (1995; 1997), VALDATI (2000), PIMENTA *et. al.* (2018), ao estudarem eventos de grande magnitude na região, apontam para uma elevada suscetibilidade a estes processos em bacias classificadas como de menor suscetibilidade no grupo das **BCAP**. Valdati (2000) realizou estudos sobre a bacia do rio da Pedra (B25) e apontou para uma grande recorrência de processos hidrogeomorfológicos nesta bacia. A bacia B25 analisada com sua área no planalto, resultou em uma **Média Suscetibilidade**, entretanto, quando analisada sem a área de contribuição no planalto, esta bacia foi classificada como de **Muito Alta Suscetibilidade**. O mesmo cenário é encontrado em relação às bacias do rio Figueira (B18), rio Fortuna (B17) e rio Pinheiro (B20), intensamente afetadas pelos eventos de 1995 (PELLERIN, 1996) e possuem uma suscetibilidade inferior no grupo das **BCAP**. Além disso, ainda que a suscetibilidade apresentada seja baseada na relativização do resultado dos parâmetros morfométricos, indicando uma suscetibilidade relativa entre as bacias, entende-se que a grande parte das bacias do GCCS possui uma alta suscetibilidade, uma vez que são frequentemente atingidas por eventos hidrogeomorfológicos.

5. Considerações finais

De forma geral, as BSAP, em relação as BCAP, apresentaram menores valores para A , I_c e H , e valores superiores de S_L e A_{30} , tanto em relação à média do grupo, quanto ao resultado dos parâmetros morfométricos das bacias analisadas sem a área de contribuição no planalto.

O quadro estrutural associado às drenagens possuem grande importância na evolução de escarpamentos de margens passivas, atuando através de mecanismos como as capturas fluviais que, apesar de típicas da morfogênese regional, representam expressivas mudanças nas características morfológicas das bacias, refletindo diretamente no resultado dos parâmetros morfométricos. Além disso, as alterações no nível de base, em função do recuo das escarpas, condicionam maiores taxas denudacionais e a maior magnitude e recorrência de processos de vertentes. Tendo em vista a importância do gradiente de energia potencial para a deflagração de processos hidrogeomorfológicos, como as corridas de detritos, é justificável, e mesmo aconselhável, que a análise da suscetibilidade a estes processos a partir da utilização de parâmetros morfométricos, em contextos fisiográficos como o do território do GCCS, considerem as bacias sem sua área de contribuição no planalto, principalmente para as metodologias que não consideram, diretamente, informações de fluxo e vazão dos cursos d'água.

Ainda que o território do GCCS careça de inventários para quantificar a ocorrência destes processos, em relação sua magnitude e mesmo localidade por bacias, entende-se que a região é naturalmente suscetível aos processos hidrogeomorfológicos, já afirmado por trabalhos anteriores e reforçado pelos registros sedimentológicos típicos de tais processos identificados em campo. A realização de trabalhos futuros para identificar o grau da suscetibilidade e a magnitude destes processos nas bacias analisadas poderá contribuir para uma melhor validação dos resultados da suscetibilidade encontrada pela metodologia aqui utilizada.

6.Referências

- AB'SABER, A. O problema das conexões antigas e da separação da drenagem do Paraíba e do Tietê. **Boletim Paulista de Geografia**, n.26, p. 38-49, 1957.
- AUGUSTO FILHO, O. O estudo das corridas de massa em regiões serranas tropicais: um exemplo de aplicação no município de Ubatuba, SP. **7º Congresso Brasileiro de Geologia Engenharia**, Poços de Caldas, v.2, p. 63 – 70, 1993.
- BISHOP, P. Drainage rearrangement by river capture, behind and diversion. **Progress in Physical Geography**, [s. l.], p. 449-473, 1995.
- BISHOP, P. Long-term landscape evolution: linking to tectonics and landform processes. **Earth Surface Processes and Landforms**, 2007.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa**: Projeto de Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais - Projeto GIDES. 1.1. ed. Rio de Janeiro: SGB/CPRM, 2018. 213 p. ISBN 978-85-7499-448-2.
- CABRAL, V. C. et al. Characterization of a landslide-triggered debris flow at a rainforest-covered mountain region in Brazil. **Natural Hazards**, n. 0123456789, 2021.
- CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres: desastres naturais**. Ministério da Integração Nacional, Brasília, 2003.
- CHEN, C. Y.; YU, F. C. Morphometric analysis of debris flows and their source areas using GIS. **Geomorphology**, v. 129, n. 3–4, p. 387–397, 2011.
- CHEREM, L. F. S. et al. O Papel Das Capturas Fluviais Na Morfodinâmica Das Bordas Interplanálticas Do Sudeste Do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, p. 299–308, 2014.
- COSTA, J. E. **Physical geomorphology of debris flows**. In: Costa, J. E., and Fleisher, J. P., eds., *Developments and applications of geomorphology*, New York: Springer-Verlag. p. 268 – 317, 1984.
- CROZIER, M.J. **Landslides: causes, consequences and environment**. London, UK: Croom Helm, 252p, 1986. ISBN: 978-0709907909
- DIAS, H. C.; DIAS, V. C.; VIEIRA, B. C. Landslides and morphological characterization in the Serra do Mar, Brazil. **Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice**, v. 2, n. June, p. 831–836, 2016.

- DIAS, V. C.; VIEIRA, B. C.; GRAMANI, M. F. Parâmetros morfológicos e morfométricos como indicadores da magnitude das corridas de detritos na Serra do Mar Paulista. **Confins**, n. 29, 2016.
- DINE, V. Debris Flow Control Structures for Forest Engineering Debris Flow Control Structures. **British Columbia**, p. 75, 1996.
- DUARTE, Gerusa Maria. **Depósitos Cenozóicos Costeiros e a Morfologia do Extremo Sul de Santa Catarina**. Tese de Doutorado. Universidade da São Paulo, 1995.
- FLORES, J. A. A.; LISBOA, N. A.; BAPTISTA, P. R. D. Caracterização morfotectônica e morfoestrutural do sudeste de Santa Catarina. **Geociências**, p. 61-70, 1993.
- GILCHRIST, A. R.; SUMMERFIELD, M. A. Denudation, isostasy and landscape evolution. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 16, n. 6, p. 555–562, 1991.
- GRAMANI, M. F. et al. Análise da potencialidade de geração de corridas de massa nos trechos serranos do duto OSBAT. **11º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental**. Anais. Florianópolis, 2005.
- KANJI, M. A.; GRAMANI, M. F. Metodologia para determinação da vulnerabilidade a corridas de detritos em pequenas bacias hidráulicas. **III Conferencia Brasileira de Estabilidade de Encostas (III COBRAE)**, Rio de Janeiro, 2001.
- KELLER, E. A. **Introduction to environmental geology**. 4. ed. [S. l.: s. n.], 1992.
- SORDI, M. V.; SALGADO, A. A. R.; PAISANI, J. C. Evolução Do Relevo Em Áreas De Tríplice Divisor De Águas Regional - O Caso Do Planalto De Santa Catarina: Análise Da Rede Hidrográfica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 3, 2015a.
- SORDI, M. V.; SALGADO, A. A. R.; PAISANI, J. C. Evolução Do Relevo Em Áreas De Tríplice Divisor De Águas Regional - O Caso Do Planalto De Santa Catarina: Uma Análise Morfoestrutural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 4, 2015b.
- JAKOB, M. Morphometric and Geotechnical Controls of Debris Flow Frequency and Magnitude in Southwestern British Columbia. **Jakob, Matthais**, n. October, p. 1–232, 1996.
- MARENT, B. R. et al. Modelos De Evolução Do Relevo De Margens Passivas Models of Relief Evolution Escarpments in Passive Margin Regions. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, p. 235–240, 2013.
- MATHER, A. E. Adjustment of a drainage network to capture induced base-level change: An example from the Sorbas Basin, SE Spain. **Geomorphology**, v. 34, n. 3–4, p. 271–289, 2000.
- MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; MEDEIROS, R. Á. Roteiros Geológicos Rochas geradoras e rochas-reservatório da Bacia do a Bacia do Paraná arcabouço regional e evolução. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 15, n. 1, p. 135–162, 2007.
- MONTGOMERY, D.; DIETRICH, W. Where do channels begin? **Nature** **336**, p. 232–234, 1988.
- MORISAWA, M. E. Quantitative Geomorphology of some Watersheds in the Apalachian Plateau. **Geological Society of America Bulletin**, 1962.
- PAIXÃO, R. W. et al. Endorhemism and river captures possibility in the morphogenesis of the paraíba do sul river basin. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 4, p. 821–834, 2020.
- PELLERIN, J. et al. Timbé do Sul – Jacinto Machado: Avaliação preliminar da extensão da catástrofe de 23-24/12/95. **Geosul**, Florianópolis, v.12, n. 13, 1997.

PIMENTA, L. H. F et al. **Plano Integrado e Participativo de Gestão de Risco de Desastres no Território do Projeto do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul**, 2018.

SAADI, A. Modelos Morfogenéticos E Tectônica Global: Reflexões Conciliatórias. **Geonomos**, v. 6, n. 2, p. 55–63, 1998.

SALGADO, A. A. R. et al. Denudation and retreat of the Serra do Mar escarpment in southern Brazil derived from in situ-produced ¹⁰Be concentration in river sediment. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 39, n. 3, p. 311–319, 2014.

SANTOS, Y. R. F. **Cartografia geomorfológica de detalhe aplicada ao geopatrimônio: geomorfossítios do projeto Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul SC/RS**. 2020. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021.

SLAYMAKER, O. Debris torrent hazard in Eastern Fraser and Coquihalla Valleys. **Western Geography**, vol. 1, n. 1, p. 34 – 48, 1990.

SUMMERFIELD, M. **Global Geomorphology**: An introduction to the study of landforms. New York, EUA: Routledge, 2014. 560 p. ISBN 978-0-582-30156-6.

TAKAHASHI, T. **Debris Flow**: Mechanics, Prediction and countermeasures. London, UK: Taylor & Francis Group, 2007. 465 p. ISBN 978-0-203-94628-2.

TUCCI, C. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1993. vol. 4, 943p.

VALDATI, J. **Riscos e desastres naturais: área de risco de inundação na sub-bacia do rio da pedra - Jacinto Machado/SC**. 2000. Dissertação de Mestrado (Mestre em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

VIEIRA, B. C.; VIEIRA, A.C.F.; FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Estudo comparativo dos movimentos de massa ocorridos em Fevereiro de 1996 nas bacias do Quitite e Papagaio (RJ): uma abordagem geomorfológica. **2ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas (2ª COBRAE)**, Rio de Janeiro, p.165-174, 1997.

WILFORD, D. J. et al. Recognition of debris flow, debris flood and flood hazard through watershed morphometrics. **Landslides**, v. 1, n. 1, p. 61–66, 2004.