

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO TRECHO DE PLANÍCIE DO RIO TRÊS BARRAS (SC) A PARTIR DO MAPEAMENTO DE FEIÇÕES FLUVIAIS

Yara Rúbia de Mello

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Curitiba, PR, Brasil
yarademello@gmail.com

Mayara Soares de Sousa

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Curitiba, PR, Brasil
mayara.ssousa93@gmail.com

Ingrid Aparecida Gomes

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Curitiba, PR, Brasil
ingrid.gomes.icp@gmail.com

Fabiano Antonio de Oliveira

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Curitiba, PR, Brasil
foliveira@ufpr.br

RESUMO

Os estudos relacionados às alterações dos sistemas fluviais e mapeamento de detalhe fornecem um conjunto de informações sobre processos, gênese e evolução que ocorrem na bacia hidrográfica onde estão inseridos. Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise das mudanças no canal fluvial do rio Três Barras, em Santa Catarina, a partir do mapeamento de feições fluviais (barras e meandros abandonados), com base em fotografias aéreas e imagens orbitais de diferentes períodos, além do cálculo do Índice de Sinuosidade, visando a compreensão da dinâmica fluvial em interação com a paisagem local. Partindo do georreferenciamento das fotografias e imagens orbitais, o canal principal do rio Três Barras, seus meandros abandonados e barras foram mapeados, concentrando a análise no baixo curso do rio. Posteriormente, procedeu-se a comparação das mudanças no canal fluvial ao longo das décadas, relacionando-as com índices pluviométricos da região e a geomorfologia local. A partir do mapeamento e análise das feições fluviais do rio Três Barras, foram detectadas zonas de erosão e deposição de sedimentos, além disso, o cálculo do Índice de Sinuosidade para a área apresentou valores acima de 60%, classificando o canal como muito sinuoso, sendo que as principais alterações estão relacionadas a causas antrópicas.

Palavras-chave: Geomorfologia fluvial, bacia hidrográfica, dinâmica fluvial, Garuva.

ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF THE STRETCH OF PLAIN OF THE RIVER TRÊS BARRAS (SC) FROM THE MAPPING OF FLUVIAL FEATURES

ABSTRACT

The studies related to changes in river systems and detail mapping provide a set of information about processes, genesis and evolution occurring in their watersheds. In this perspective, the objective of this paper was to analyze the changes in the channel of the Três Barras river, Santa Catarina, Brazil, from the mapping of fluvial features (bars and abandoned meanders) based on aerial photographs and satellite images from different periods, as well as on the calculation of the river Sinuosity Index, in order to enable an understanding of the fluvial dynamics in interaction with the local landscape. The main channel of the Três Barras river, its abandoned meanders and bars were mapped from georeferenced aerial photographs and satellite images of different decades, with focus on the analysis of the lower river course. Subsequently, the identified changes in the river channel over the decades were related to the rainfall in the region and the local geomorphology. From the mapping and analysis of fluvial features of the lower course of the Três Barras river it was possible to detect areas of erosion and sediment deposition. In addition, the calculation of Sinuosity Index for the area showed values above 60%, which classifies the channel as very winding, with the main alterations in the lower course of the river related to anthropic causes.

Keywords: Fluvial Geomorphology, Watershed, Fluvial dynamics, Garuva.

INTRODUÇÃO

Os estudos geomorfológicos são de fundamental importância no entendimento da dinâmica das paisagens e das alterações que nelas ocorrem, resultantes de ações naturais ou antrópicas. A bacia hidrográfica representa uma unidade que reflete o somatório das relações de causa e efeito da dinâmica natural e da ação humana.

Segundo Christofoletti (1980), a bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto no qual ocorrem constantes trocas de energia e matéria, no qual a entrada é o volume precipitado e a saída o volume escoado por seu exutório. Qualquer interferência significativa em um dos componentes de uma bacia hidrográfica poderá desencadear alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída, tais como: descarga, cargas sólidas e dissolvida, bem como na deposição de sedimentos em seu leito (CUNHA e GUERRA, 1998 p. 353).

O estudo da alteração do traçado de canais fluviais vem sendo trabalhado desde a metade do século XX, com estudos como os de Schumm (1956 e 1963) e Leopold (1972). Porém, destacam-se nos últimos anos os trabalhos relacionados às alterações nos sistemas fluviais associados à ocorrência dos processos de entalhamento, agradação, alteração na largura e padrão dos canais. Coltrinari (2008) considera que o mapeamento de feições fluviais com o uso de legendas e símbolos específicos, em escala apropriada, possibilita o fornecimento de um conjunto de informações sobre processos, gênese e evolução que ocorrem na bacia hidrográfica.

As feições fluviais, definidas por Brierley e Fryirs (2000) como unidades morfológicas que podem ser encontradas no percurso de um rio, da nascente até a foz, são caracterizadas por sedimentos depositados. De acordo com Riccomini *et al.* (2000) elas podem ser classificadas como feições de calha fluvial (barras centrais, barras de pontal, barras de atalho e meandros abandonados) ou feições de planície (planície de inundação, terraços fluviais, planície distal, sulcos e lagoas).

Dentre os diversos trabalhos que se dedicaram à questão de mapeamento de feições fluviais no Brasil, pode-se citar: Silva *et al.* (2007), que se basearam em imagens orbitais e de radar para compartimentar a planície aluvial do rio Paraguai na borda do Pantanal Mato-grossense; Marçal *et al.* (2009), que elaboraram o mapeamento de feições geomorfológicas para a bacia do rio Macaé (RJ); Santos *et al.* (2009), que mapearam terraços fluviais e depósitos sedimentares do Alto Vale do rio das Velhas (MG); Assine e Kuerten (2011), que compartimentaram e caracterizaram geomorfológicamente o rio Megaleque do Nabileque (MT); Andrade e Souza-Filho (2011), que utilizaram imagens orbitais para o mapeamento das feições morfológicas das planícies de inundação do Alto do rio Paraná; Lopes *et al.* (2012), que realizaram uma análise preliminar da evolução do rio Itapocu (SC); Luz e Rodrigues (2013), que a partir da série histórica de fotografias aéreas elaboraram a reconstituição da planície fluvial do rio Pinheiros (SP); Kleina *et al.* (2014), que realizaram o mapeamento das feições e estilos fluviais do rio Sagrado em Morretes (PR); Silva e Santos (2015), que caracterizaram e mapearam as feições fluviais do rio Pequeno, em Antonina (PR); Morais e Rocha (2016), que identificaram e caracterizaram as formas e os processos fluviais dominantes do baixo curso do Rio do Peixe (SP) a partir de imagens orbitais, fotografias de sobrevoo, dados hidrológicos e levantamentos em campo; e, por fim, Sousa e Oliveira (2017), que mapearam recentemente feições fluviais de possível origem tectônica no alto curso do Rio Juruá (AC).

Neste contexto, o presente artigo objetivou analisar as mudanças geomorfológicas ocorridas no baixo curso do rio Três Barras, localizado no município de Garuva (nordeste de Santa Catarina), em função das alterações registradas nas últimas décadas. Para tanto, o trabalho adotou como metodologia o mapeamento de feições fluviais (barras e meandros abandonados) a partir de fotografias aéreas e imagens orbitais, no período de 1957 a 2014, e o cálculo do Índice de Sinuosidade do rio, com vistas a possibilitar melhor compreensão da dinâmica fluvial em interação com a paisagem local.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

ÁREA DE ESTUDO

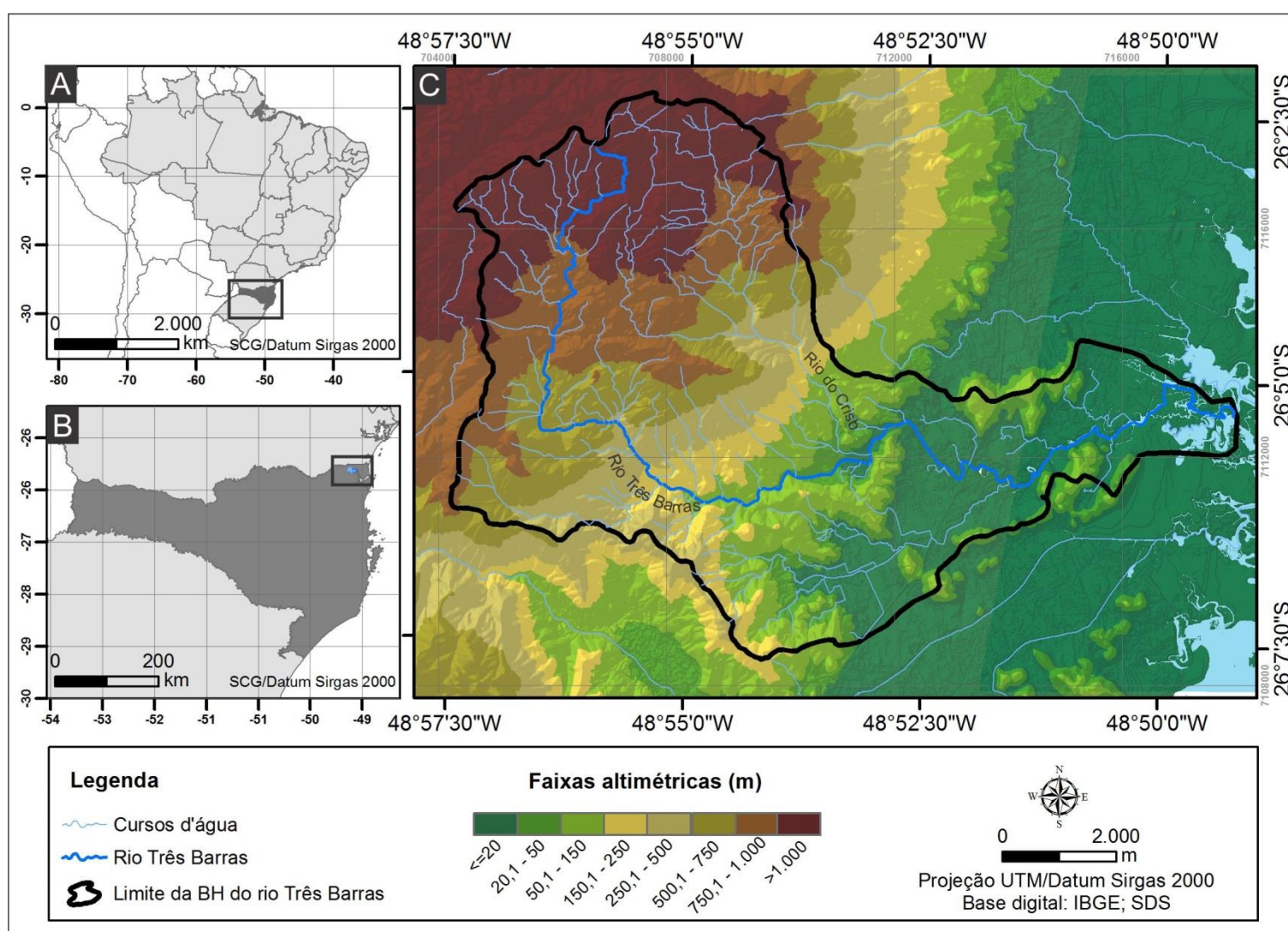
A bacia hidrográfica do rio Três Barras está localizada no município de Garuva, nordeste de Santa Catarina, entre as latitudes 26°03' e 26°12' S e longitudes 48°95' e 48°82' O (Figura 1). Possui uma área de drenagem de 64,03 km² e canal principal com extensão de 27 km, com nascente situada na cota de 1.320 m, na serra do Quiriri, e foz no canal do Palmital, que constitui o braço norte da Baía da Babitonga. O principal afluente do rio Três Barras é o rio do Cristo, localizado na sua margem esquerda, com extensão de 10,41 km.

O contexto geomorfológico da bacia é marcado por dois compartimentos principais: a planície costeira (baixo curso) a leste, região de deposição marcada por baixas altitudes e formação de meandros, e a escarpa da Serra do Mar (médio e alto curso), na porção central e oeste, que atinge altitudes superiores a 1.300 metros (Figura 2).

Segundo Monteiro (2001), os principais sistemas meteorológicos causadores de chuvas em Santa Catarina são as frentes frias, os vórtices ciclônicos, os cavados de níveis médios, a convecção tropical, a Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS e a circulação marítima. O relevo tem uma contribuição fundamental na distribuição de precipitação na região da área estudada, sendo mais abundante nas encostas a barlavento da Serra do Mar.

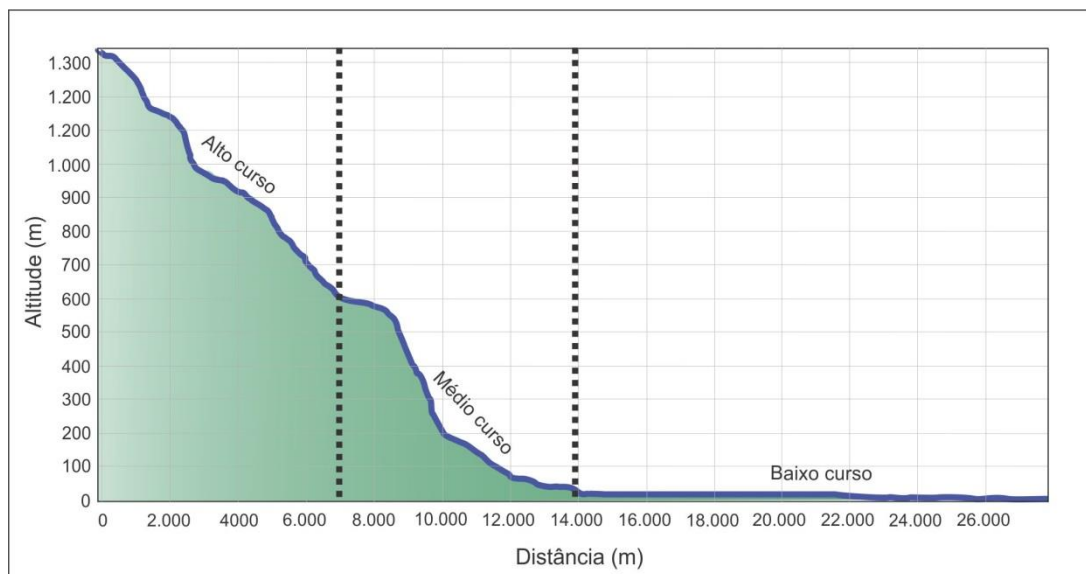
Quanto ao volume de precipitação, foi possível calcular a média anual para a bacia hidrográfica do rio Três Barras com base nos dados do trabalho de Mello (2015), por meio de análise geoestatística com a técnica de *krigagem* ordinária. O valor médio de precipitação encontrado na área da bacia hidrográfica para o período de 1953 a 2008 foi de 2.578,33 mm, com valor máximo de 2.669,71 mm e mínimo de 2.433,3 mm. Destaca-se que estes valores máximo e mínimo são o maior e o menor valor de precipitação média (1953-2008) encontrado na área da bacia. Estes números representam altos índices pluviométricos, mesmo se comparados à média do município próximo de Joinville (2.130,1 mm), conhecido por seus altos índices pluviométricos médios. Este fato é justificado pelo efeito orográfico da Serra do Mar, uma vez que a bacia do rio Três Barras está situada em ambiente de transição entre a serra e a planície costeira (Figura 1), o que é refletido na pluviometria.

Figura 1: Localização da área de estudo: (A) mapa do Brasil com destaque para o Estado de Santa Catarina; (B) mapa de Santa Catarina com destaque para a BH do rio Três Barras; (C) mapa da BH do rio Três Barras.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Secretaria de Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina (SDS).

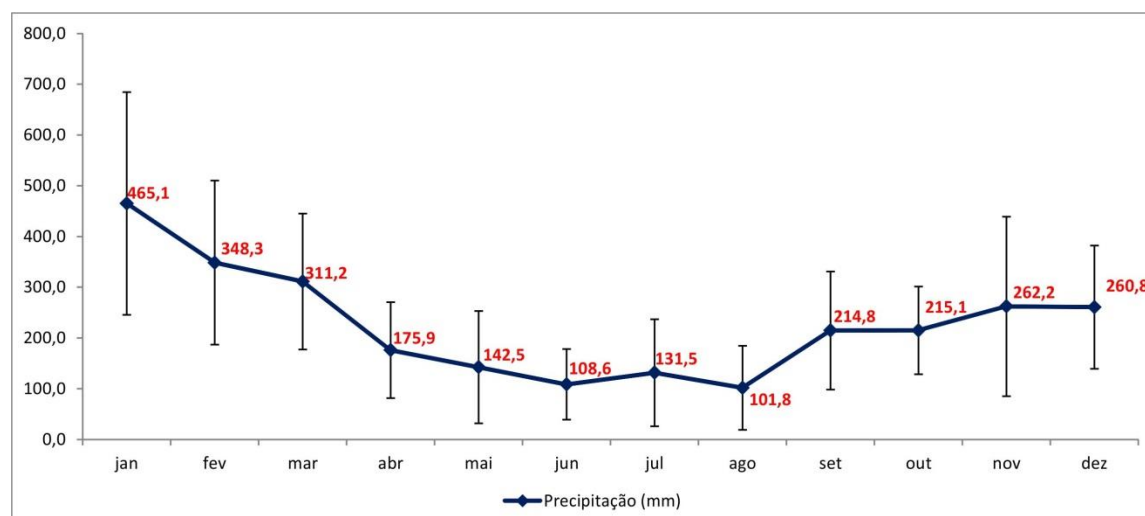
Figura 2: Perfil longitudinal do rio Três Barras.



Fonte: IBGE.

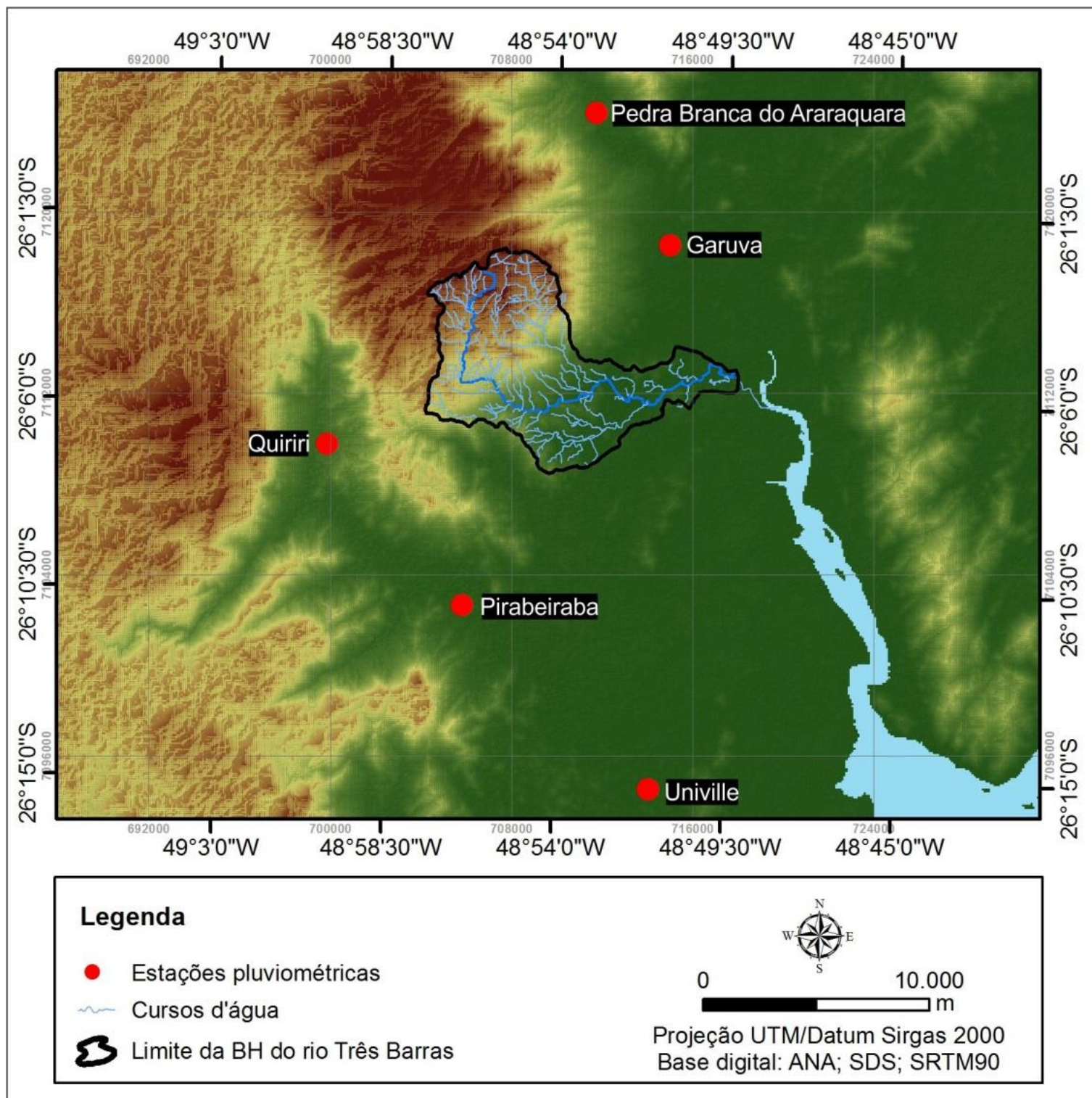
Ao longo do ano, os maiores volumes de chuva se concentram nos meses de verão, sendo janeiro o mês mais chuvoso, com uma média anual de 465,1 mm; já nos meses de inverno ocorrem os menores volumes de precipitação, sendo os meses de agosto (101,8 mm) e junho (108,6 mm) os mais secos (Figura 3) (MELLO *et al.* 2015). Estes dados se referem à estação pluviométrica Garuva, por ser a mais representativa quanto à proximidade da bacia hidrográfica e disposição do relevo (Figura 4 e Tabela 1).

Figura 3: Precipitação média mensal (1979-2008) e desvio padrão na estação pluviométrica Garuva.



Fonte: Mello *et al.* (2015).

Figura 4: Localização das estações pluviométricas utilizadas na pesquisa.



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA), SDS, SRTM90.

Tabela 1: Estações pluviométricas utilizadas na pesquisa.

Estação	Código	Nome	Município	Estado	Período de dados	Altitude (m)
1	2648033	Pirabeiraba	Joinville	Santa Catarina	1987-2009	43
2	2649036	Quiriri	Joinville	Santa Catarina	1955-1967	90
3	2548020	Pedra Branca do Araraquara	Guaratuba	Paraná	1962-2010	150
4	2648027	Garuva	Garuva	Santa Catarina	1976-2006	80
5	0663	Univille	Joinville	Santa Catarina	1995-2016	11

Fonte: ANA (2016), Univille (2016).

ANÁLISE DAS MUDANÇAS NO CANAL FLUVIAL

Para a realização dos mapeamentos foram utilizadas fotografias aéreas dos aerolevamentos efetuados nos anos de 1957, 1978, ambos na escala 1:25.000, e 1989, na escala 1:50.000, disponibilizadas pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Estado de Santa Catarina (SDS), assim como imagem orbital de 2014 disponível no programa *Google Earth*.

A partir das fotografias e da imagem foram mapeados o baixo curso do rio Três Barras, desde a confluência com o rio do Cristo até sua foz, assim como meandros abandonados e a distribuição das barras, referentes a cada ano conforme fotografia/imagem disponível. Para tanto, foram adotados os elementos de interpretação visual de imagens conforme Tabela 2, segundo apontado por Jensen (2009). Para o elemento associação foi adotada a proximidade dos meandros abandonados ao canal principal do rio Três Barras.

Tabela 2: Elementos de interpretação visual utilizados no mapeamento das feições fluviais.

Elementos de interpretação visual	Feições fluviais	1957	1978	1989	2014
Tom	Rio Três Barras	cinza intermediário	cinza intermediário	cinza intermediário	verde
	Meandros	cinza claro	cinza claro	cinza claro	verde/marrom
	Barras	cinza claro brilhante	cinza claro brilhante	cinza claro brilhante	bege
Forma	Rio Três Barras	curvilínea	curvilínea	curvilínea	curvilínea
	Meandros	curvilínea	curvilínea	curvilínea	curvilínea
	Barras	curvilínea	curvilínea	curvilínea	curvilínea
Textura	Rio Três Barras	lisa	lisa	lisa	lisa
	Meandros	intermediária	intermediária	intermediária	intermediária
	Barras	lisa	lisa	lisa	lisa
Padrão	Rio Três Barras	curvilíneo	curvilíneo	curvilíneo	curvilíneo
	Meandros	curvilíneo	curvilíneo	curvilíneo	curvilíneo
	Barras	curvilíneo/paralelo	curvilíneo/paralelo	curvilíneo/paralelo	curvilíneo/paralelo

Fonte: Autores (2017).

Após o mapeamento das mudanças no curso do rio principal, foi realizada visita *in loco* com o objetivo de conferir as feições atuais e pretéritas mapeadas e entrevistar moradores¹, de modo a obter informações adicionais a respeito das principais mudanças do canal fluvial.

Para a caracterização do regime de chuvas da área foram utilizados dados pluviométricos de cinco estações localizadas a uma distância média de 7,7 km da bacia do rio Três Barras, com abrangência total de 61 anos, de 1955 a 2016 (Figura 4 e Tabela 1). Com base nestes registros foi possível realizar comparações entre a dinâmica da precipitação pluviométrica e mudanças no canal fluvial.

CÁLCULO DO ÍNDICE DE SINUOSIDADE

O Índice de Sinuosidade é a relação entre o comprimento do canal e a distância do eixo do vale medido em linha reta. Primeiramente foi delimitado um segmento em linha reta com início no sentido da nascente do rio, identificado com a letra A e o final do segmento no sentido do exutório, identificado com a letra B, tendo como base as fotografias/imagens orbitais dos anos de 1957, 1978, 1989 e 2014. As medidas da distância entre dois pontos referentes ao percurso efetivo do rio principal e ao comprimento em linha reta, foram efetuadas com o uso do *software* AutoCAD 2013 (versão gratuita com registro para estudantes). O índice de sinuosidade foi calculado para o segmento do baixo curso do rio Três Barras, através da fórmula:

$$IS = 100(L - Lr) \div L \quad (1)$$

Onde:

IS é o índice de Sinuosidade

L é o comprimento do rio principal

Lr é o comprimento, em linha reta, do exutório até a nascente mais distante

Mansikkaniemi (1970) estabeleceu cinco classes de sinuosidade: I = muito reto (<20%); II = reto (20 a 29,9%); III = divagante (30,0 a 39,9%); IV = sinuoso (40,0 a 49,9%); V = muito sinuoso (>50,0%).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

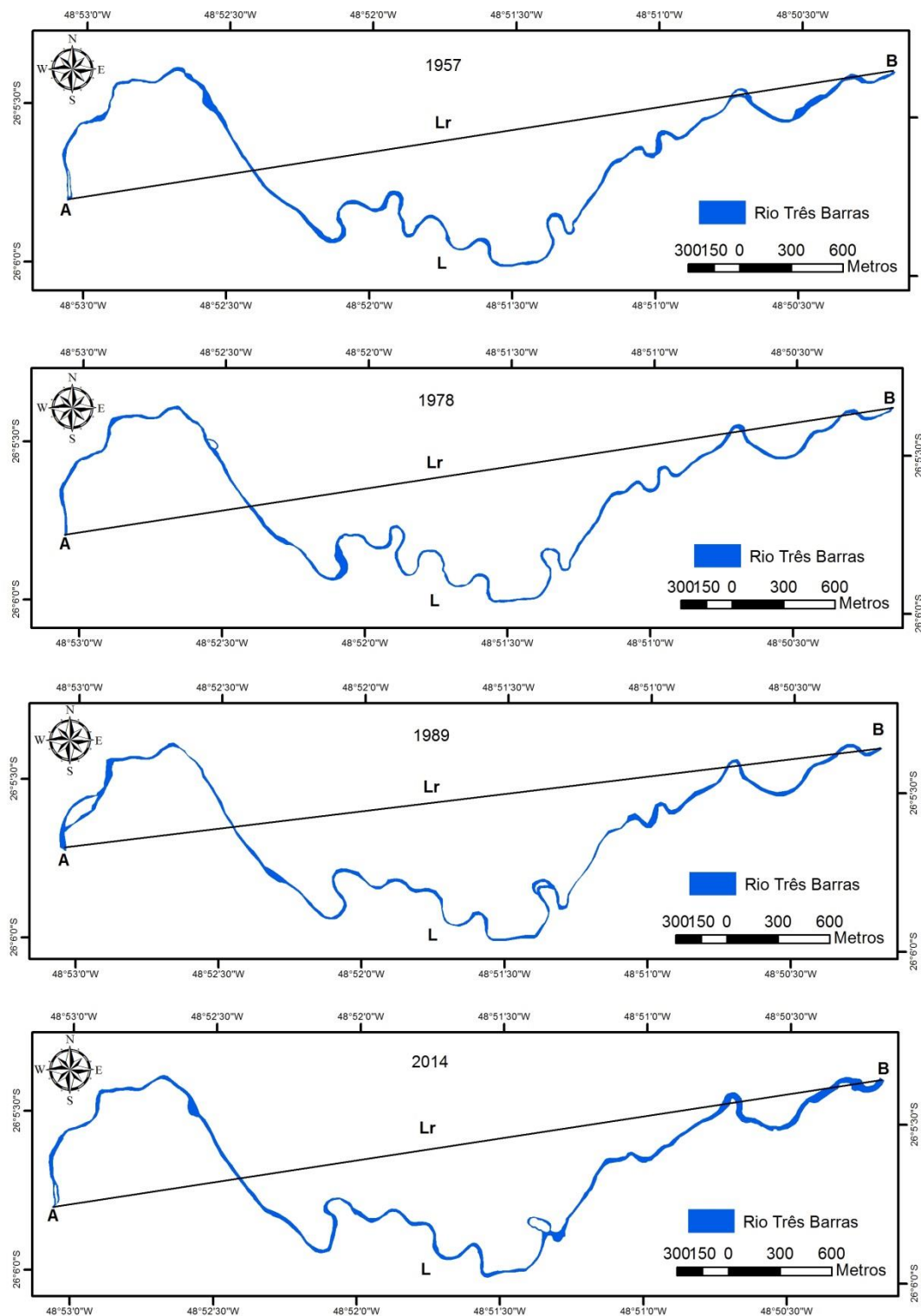
Para o ano de 1957 o comprimento do canal principal (L) do trecho analisado é igual a 15,41km, e o comprimento em linha reta (Lr) referente ao mesmo percurso é 4,88km, obtendo-se como índice de sinuosidade do baixo curso do rio Três Barras para este ano o valor de 68,33%. Para o ano de 1978 o comprimento de L é igual a 16,11km e o Lr 4,90km, sendo o resultado do índice de sinuosidade igual a 69,58%. Em 1989 o valor de L é de 15,69km e do Lr 4,88km, sendo o índice de sinuosidade 68,89%. Por fim, no ano de 2014, o comprimento do canal principal (L) do trecho analisado é 15,28km e o segmento em linha reta (Lr) deste mesmo segmento é 4,89km, sendo o índice de sinuosidade calculado para este ano igual a 67,99% (Figura 5).

Os percentuais obtidos nos resultados, citados anteriormente, caracterizam este trecho como muito sinuoso. Conforme proposto por Mansikkaniemi (1970), canais muito sinuosos possuem valores superiores a 50% de Índice de Sinuosidade. A sinuosidade de um canal fluvial é um dos fatores que determinam a velocidade do escoamento. Um canal que apresenta alto Índice de Sinuosidade, como no caso em estudo, apresenta diminuição na velocidade do escoamento das águas, diferente dos canais retilíneos, onde a velocidade de escoamento é maior. Em canais sinuosos o escoamento ocorre de forma espiral devido à força centrífuga, a velocidade é máxima na região próxima a margem interna e próxima a margem externa da curva (MACHADO e TORRES, 2012).

Assim como o cálculo do Índice de Sinuosidade, o mapeamento das feições fluviais (barras e meandros abandonados) do baixo curso do rio Três Barras foi realizado para os anos de 1957, 1978, 1989 e 2014. Na Figura 6 está representada a síntese dos mapeamentos do canal, barras e meandros abandonados, que evidencia a diminuição da presença de barras, meandros e mudanças no percurso do rio ao longo dos anos.

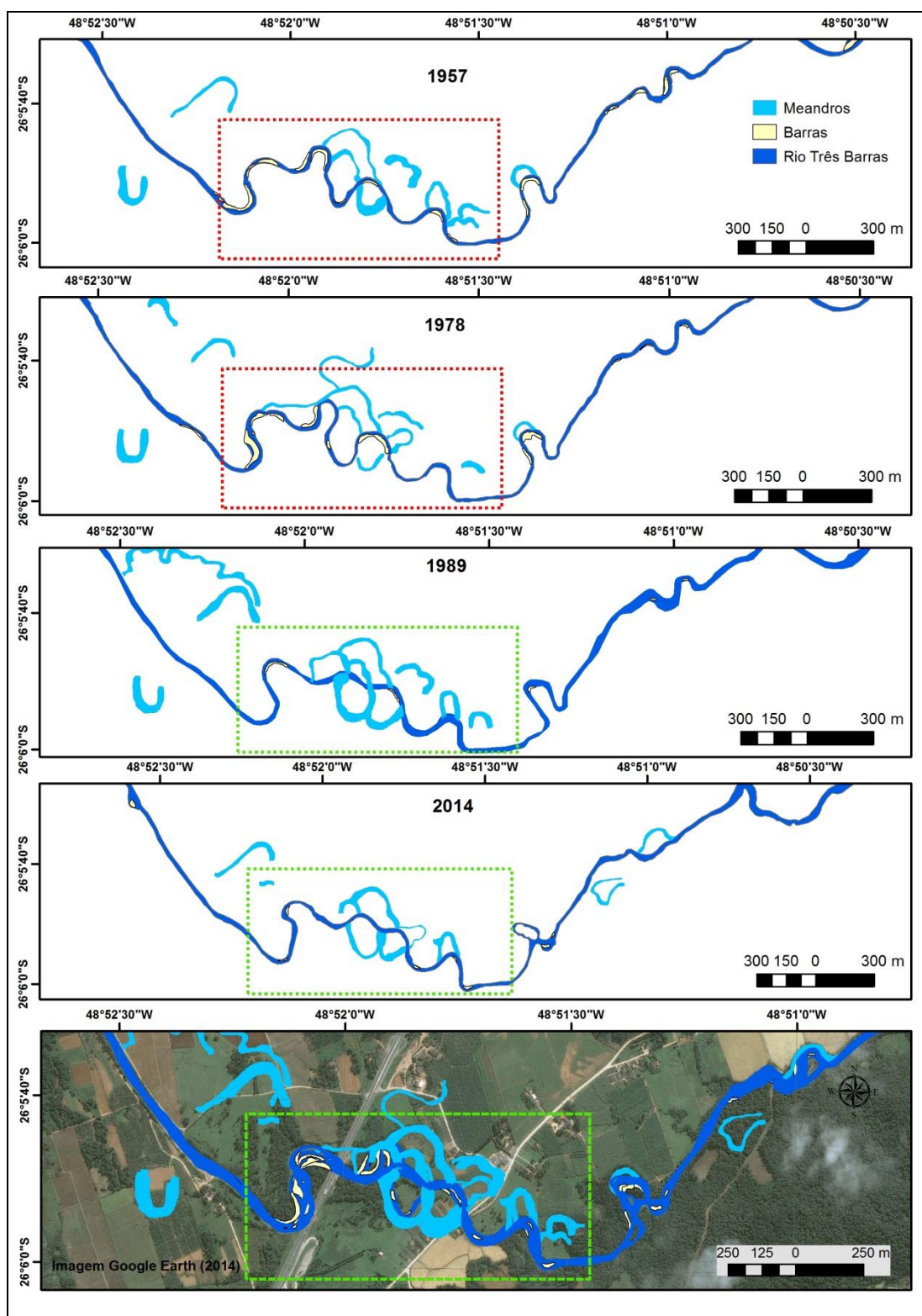
¹ De acordo com o Art. 1º, Inciso I da Resolução nº 510 de 07 de Abril de 2016, a entrevista não passou pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Paraná por se tratar de uma pesquisa de opinião pública com participantes não identificados.

Figura 5: Base para o cálculo do Índice de Sinuosidade do baixo curso do rio Três Barras.



Fonte: SDS.

Figura 6: Mapeamento do canal, barras e meandros abandonados do baixo curso do rio Três Barras nos anos de 1957, 1978, 1989 e 2014, com síntese sobre imagem do *Google Earth* de 2014. Em destaque o trecho com maior número de alterações.



Fonte: *Google Earth*, SDS.

De 1957 a 1978 o rio Três Barras apresentava alto potencial de erosão, transporte e deposição de sedimentos, evidenciados na Figura 6, em especial no destaque em vermelho, pela presença de diversos meandros e barras, sendo caracterizado como um rio muito sinuoso, de curvas acentuadas. No entanto, de 1989 a 2014, o rio apresentou mudanças no seu traçado, no conjunto de meandros e na quantidade de barras, representados na Figura 6, principalmente no destaque em verde, pela diminuição ou até mesmo desaparecimento destas feições.

A análise individual do mapeamento das feições deposicionais revela o predomínio em todos os anos de barras de pontal (localizadas nas margens convexas) para o baixo curso do rio Três Barras, apesar de ser também verificada a existência de barras centrais e barras de atalho, conforme apontado na Figura 7. De acordo com Silva e Santos (2015), as barras de pontal resultam da acreção lateral de materiais oriundos das margens côncavas, que se depositam nas margens convexas, ocorrendo em trechos sinuosos e meandros do rio, em decorrência da diminuição do fluxo nesses pontos.

Com base na Figura 7 pode-se identificar três tipos de dinâmicas para as barras analisadas: a diminuição progressiva até sua inexistência, o reaparecimento de barras em margens convexas já ocupadas, e o surgimento de novas barras. Os círculos de cor laranja representam a diminuição progressiva de uma barra: em 1957 ela era extensa e contemplava toda a margem convexa do rio, em 1978 a barra foi dividida acompanhando o surgimento de uma nova curva, em 1989 ela voltou a se estender pela margem convexa, porém, em menor proporção do que no ano de 1978; por fim, na imagem de 2014, a barra se apresentou significativamente menor do que nos anos anteriores. Da mesma forma, os círculos em amarelo, mostram a dinâmica de outras barras, que existiam em 1957 e 1978, mas que diminuíram em 1989 ou mesmo deixaram de existir.

Já os círculos de cor roxa e verde, exaltam outro tipo de dinâmica: a de barras que foram diminuindo sua área até deixar de existir, mas que reapareceram nas imagens de 2014, indicando deposição de novos sedimentos nas margens convexas. Por fim, o círculo azul na imagem de 2014 destaca o aparecimento de uma nova barra, inexistente nos anos anteriores, o que reforça a evidência de deposição de novos sedimentos.

Tal fato pode ser reforçado a partir da comparação da área ocupada pelas barras com os dados de volume médio anual de precipitação, para a bacia do rio Três Barras, disponibilizados no trabalho de Mello (2015), para as datas dos imageamentos. No ano de 1957, a soma da área de barras mapeadas foi de 26.514,94 m², com volume anual de precipitação na bacia de 3.389,2 mm, já em 1978, tanto a área quanto o volume precipitado diminuíram, sendo 21.348,28 m² de área, e 2.466,1 mm de precipitação. Em 1989, a área das barras continuou a diminuir com 5.061,28 m² de área mapeada, no entanto, o volume precipitado foi de 2.806,4 mm, tendo 340,3 mm precipitados a mais que 1978. Por fim, em 2014, houve um pequeno aumento na área das barras se comparado ao ano de 1989, foram mapeados 5.220,7 m², enquanto que o volume precipitado foi o mais baixo para os anos mapeados: 1.937,0 mm.

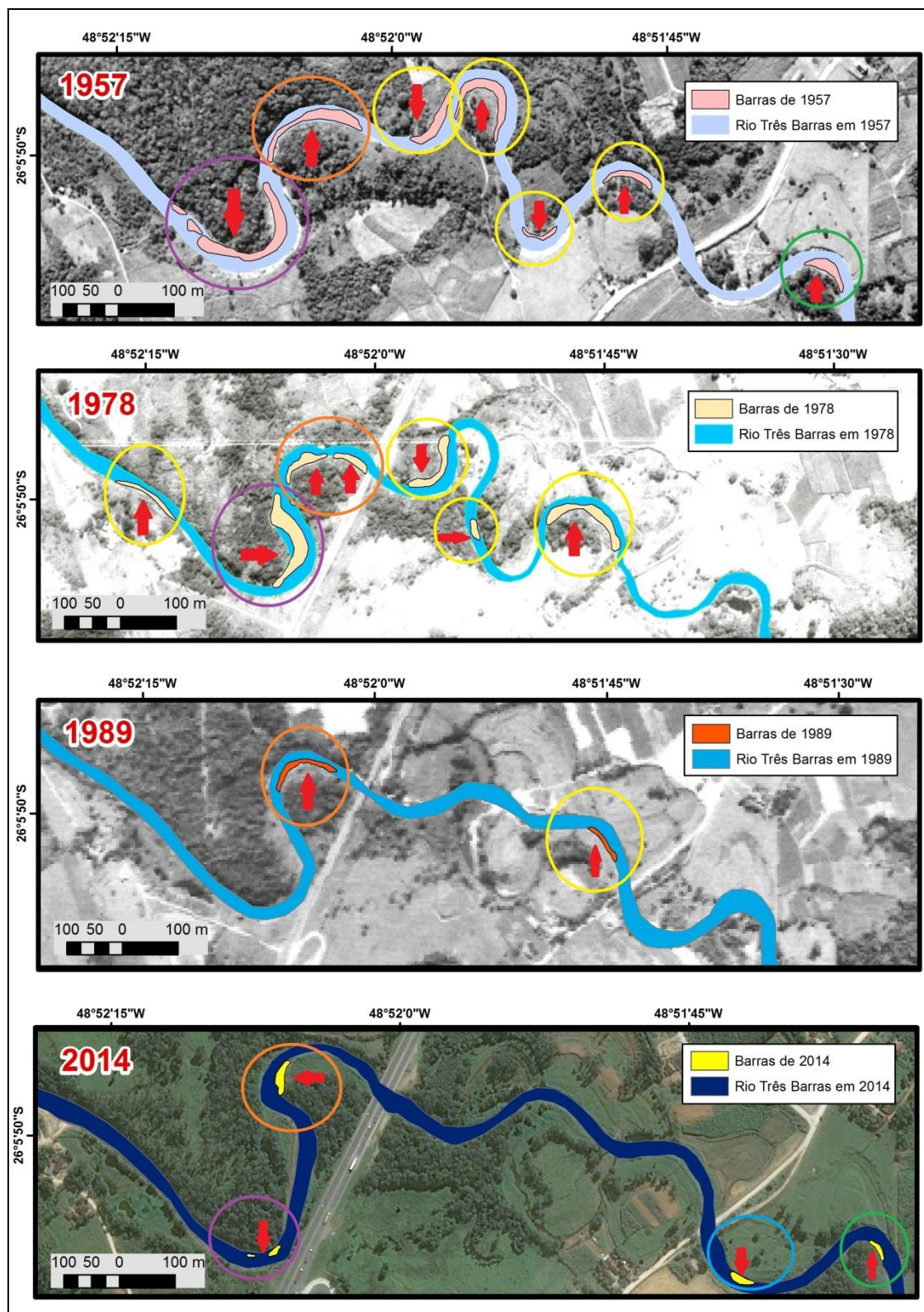
Apesar da verificação visual na Figura 7 do surgimento de novas barras, os cálculos realizados com base nas feições mapeadas indicaram a diminuição da área ocupada pelas mesmas no período analisado. Tal diminuição, associada à dinâmica pluviométrica da bacia e às mudanças nas margens côncavas e convexas do canal, evidenciam alterações na dinâmica fluvial, no transporte e deposição dos sedimentos, indicando a possibilidade de menor capacidade de erosão.

A menor capacidade de erosão pode estar relacionada à retificação do canal por causas antrópicas (discutidas adiante) e consequente diminuição da sinuosidade do baixo curso do rio Três Barras para o período analisado. Em 1957 o Índice medido foi de 68,33%, em 1978 de 69,58%, em 1989 de 68,89% e em 2014 de 67,99%, vale ressaltar que o IS foi calculado apenas para o baixo curso do rio Três Barras e não a bacia hidrográfica total, a diferença dos percentuais variaram em torno de 1%, considerando a escala de trabalho adotada, estes resultados podem influenciar na dinâmica fluvial da área. Conforme Christofolletti (1977), a sedimentação fluvial (remoção, transporte e deposição) pode estar associada à remoção intensa de detritos das vertentes, por causa antrópicas, tais como práticas agrícolas de utilização das terras, construções e edificações urbanas, transporte em diversas áreas e utilização dos cursos de água.

A menor capacidade de erosão, para o trecho analisado, provavelmente está relacionada à retificação do canal por causas antrópicas (discutidas adiante). Conforme Christofolletti (1977), a sedimentação fluvial (remoção, transporte e deposição) pode ser relacionada à remoção intensa de detritos das vertentes, por causas antrópicas, tais como práticas agrícolas de utilização das terras, construções e edificações urbanas, transporte em diversas áreas e utilização dos cursos de água.

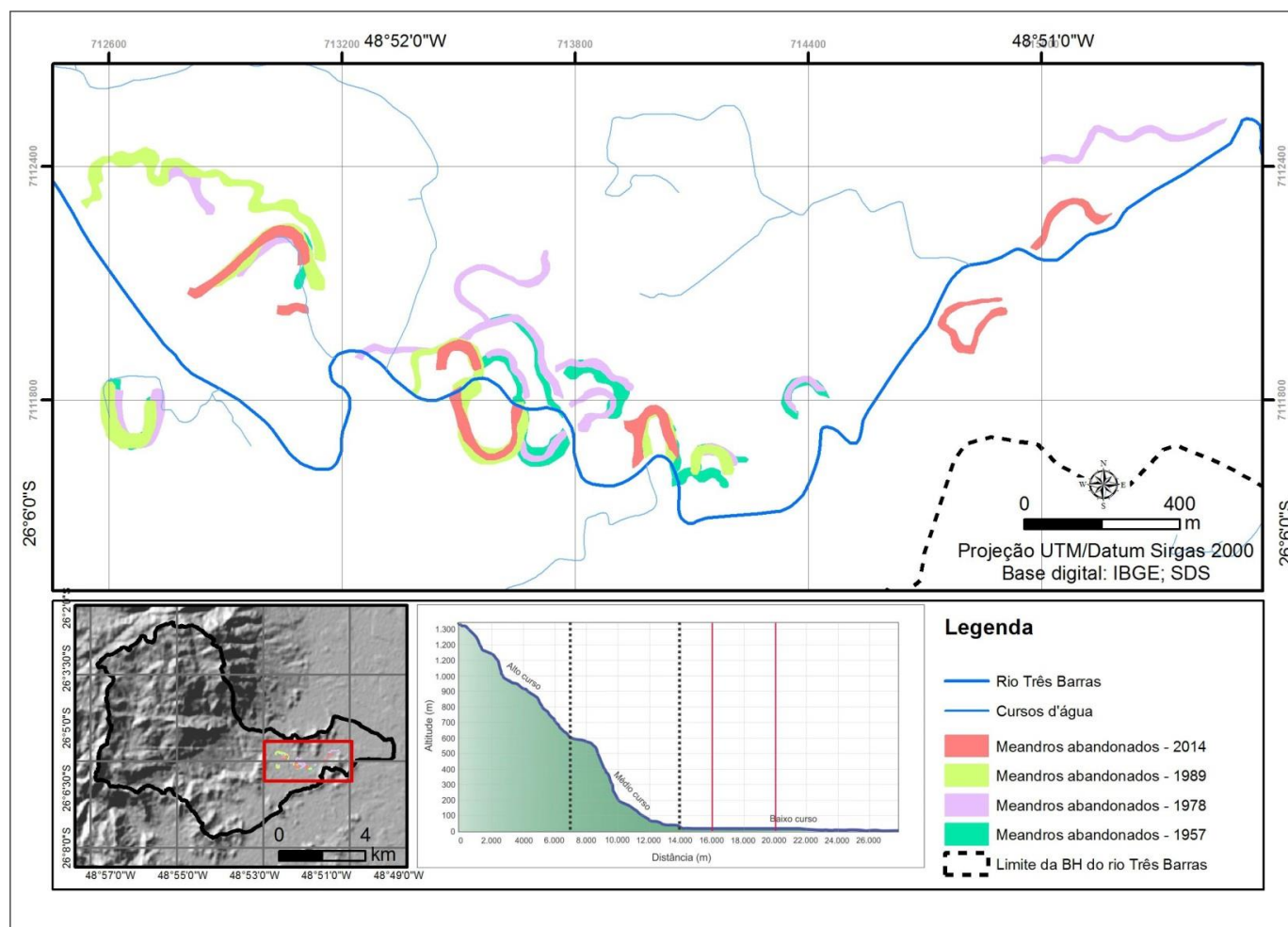
Em relação à representação do conjunto de meandros abandonados no período 1957-2014, a Figura 8 permite observar que suas localizações se concentram em uma área específica, compreendida entre as marcas de 15,6 km do rio Três Barras (de montante para jusante) e 20,43 km, totalizando 4,83 km de segmento do rio principal no qual existe a presença de meandros abandonados. O canal principal da bacia apresenta, neste trecho, uma elevação mínima de 5 metros, máxima de 16 metros e média de 10 metros, inclinação média de 1,4% e inclinação máxima de 5,5%. Esta inclinação, em contraste com a declividade média da bacia de 28,3%, exemplifica o quão propício o relevo do trecho é para a formação de meandros.

Figura 7: Evolução das barras do rio Três Barras.



Fonte: Google Earth, SDS.

Figura 8: Meandros abandonados no baixo curso do rio Três Barras, com destaque para a localização em relação à bacia e ao perfil longitudinal do rio (linha vermelha).



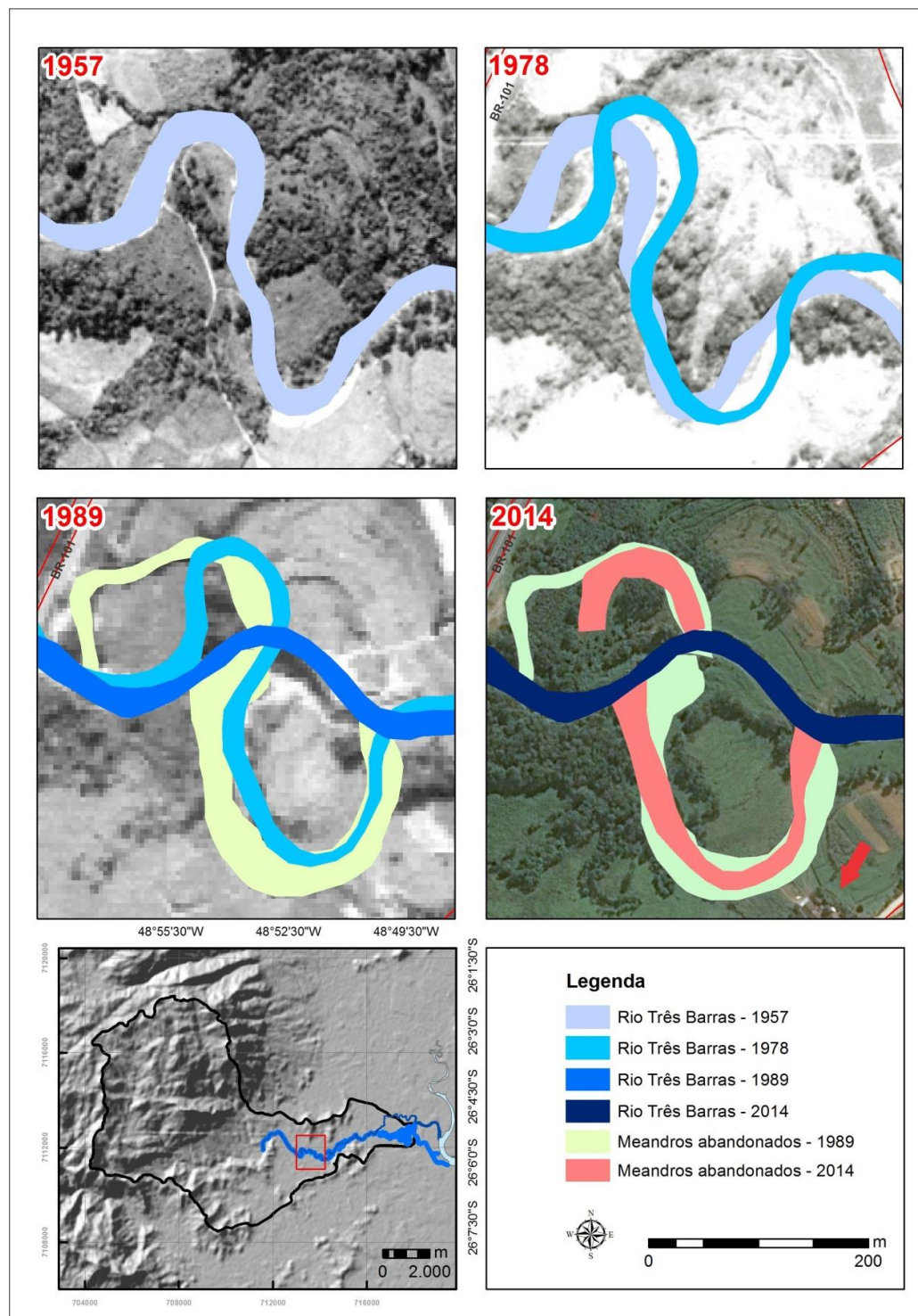
A partir do mapeamento do baixo curso do rio Três Barras nos diferentes períodos e da identificação dos meandros abandonados e barras, foi possível detectar duas grandes mudanças no curso fluvial, analisando suas gêneses. A primeira grande mudança ocorreu no trecho próximo à BR-101 (Figura 9). Até o ano de 1978 o rio apresentava dois meandros neste segmento, a partir de 1989 o rio passou a ter um trajeto diferenciado, ocasionado pela ruptura do istmo entre as concavidades da alça dos meandros. Como consequência o canal se tornou mais retilíneo.

A primeira justificativa encontrada para o trecho ter se tornado mais retilíneo, conforme identificado nas fotografias de 1978 e 1989, foi por uma causa natural. O ano de 1983 foi marcado por enchentes de grandes proporções em diversas localidades do estado de Santa Catarina, como Blumenau e Joinville. Silveira (2009, p. 92) destaca notícias em jornais da época e relata que “Na Vila Bandeirantes, nas proximidades de Pirabeiraba, a situação foi das mais críticas”, segundo notícia referente ao dia 7 de fevereiro de 1983. A localidade de Pirabeiraba é vizinha da bacia do rio Três Barras. A estação Pedra Branca do Araraquara (distante 11,5 km do centro da bacia do rio Três Barras), registrou um total de 3.978 mm de chuva no ano de 1983, representando um valor de 51,3% acima da média da estação. Já a estação Garuva (distante 7,7 km do centro da bacia do rio Três Barras) registrou no mesmo ano um total de 3.711 mm, representando um valor de 35,26% acima da média da estação.

Para conferir esta possibilidade de modificação do canal fluvial por motivo natural, foi realizada visita a um antigo habitante local, cuja propriedade se encontra destacada com uma seta vermelha na Figura 9 (ano 2014). O proprietário relatou que, na realidade, a mudança não foi ocasionada por forças naturais, e sim antrópicas. O meandro (sentido sul) estava se alargando cada vez mais e “invadindo” a sua propriedade. Dada esta situação, foi efetuada por volta de 1984, em parceria com a Prefeitura do Município de Garuva, uma retificação do canal fluvial no local. Desta forma, a significativa alteração do percurso fluvial não se deu por motivo natural, mas sim por ação humana. Apesar de a mudança ter sido ocasionada por causas

antrópicas, é possível que tenha havido um alargamento natural do canal do rio Três Barras no local entre 1978 e 1989. Nota-se na Figura 9 como o meandro abandonado de 1989 está mais próximo à propriedade em comparação à situação de 1978.

Figura 9: Primeira mudança significativa no canal do rio Três Barras entre 1957 e 2014.

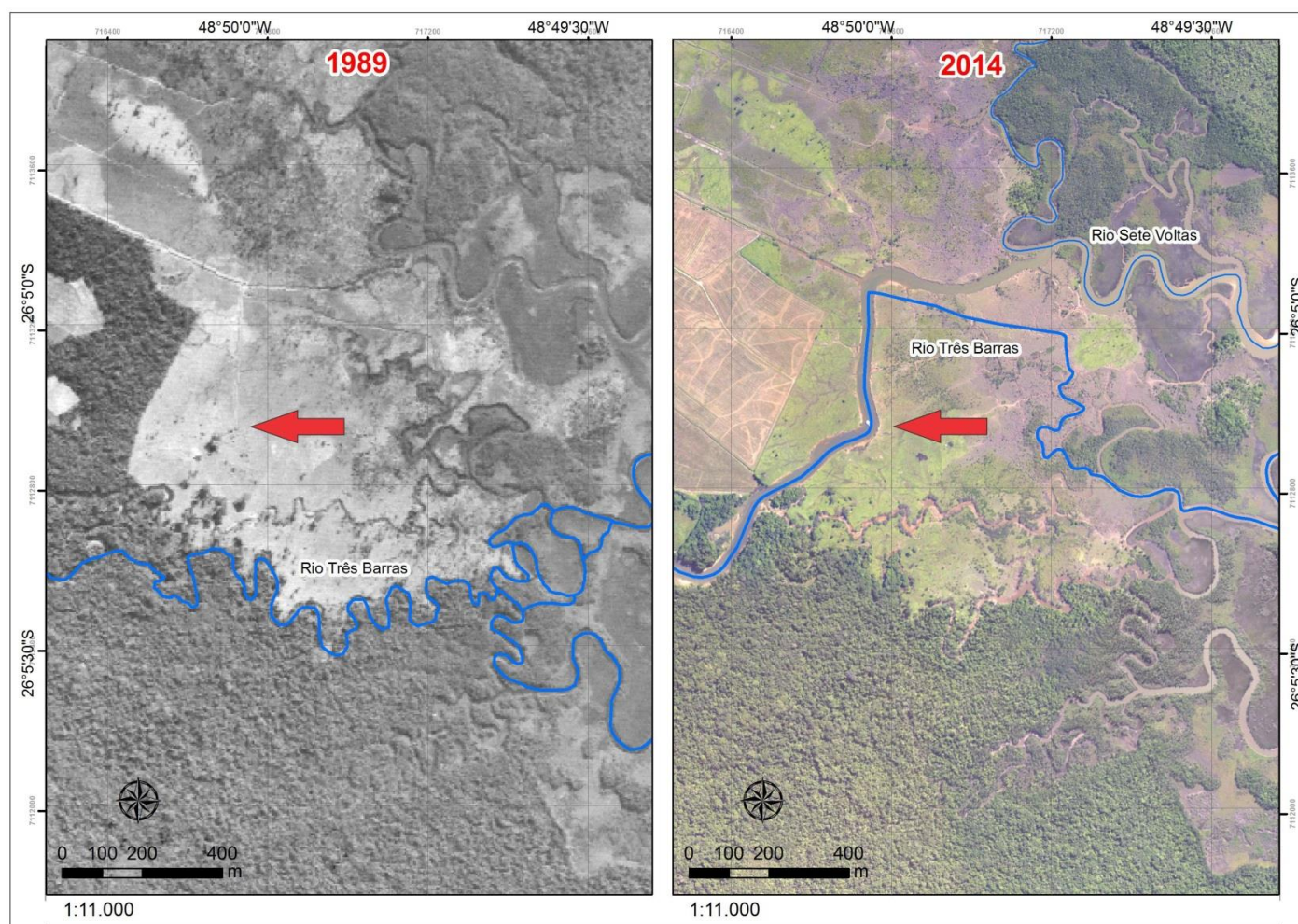


Fonte: Google Earth, SDS, MDE SRTM.

A segunda mudança notória no canal do rio Três Barras ocorreu próxima à foz. O canal sofreu significativa modificação no seu percurso, conforme indicado por setas vermelhas na Figura 10, o que resultou no direcionamento do maior volume de água do

rio Três Barras para o rio Sete Voltas, situado aproximadamente 700 m ao norte. Verifica-se, assim, a união de duas bacias hidrográficas nos seus trechos de foz, o que implica na incorporação de uma bacia de menor porte à bacia do rio Três Barras, portanto com conseqüente aumento da sua área. Deve-se destacar que o mapeamento oficial da SDS de 2014 (Figura 10) respeitou os antigos limites de ambas as bacias e ignorou a fusão de canais no seu trecho distal.

Figura 10: Segunda mudança no canal do rio Três Barras, próximo à foz. Em destaque a indicação por setas vermelhas do canal construído entre o rio Três Barras e o rio Sete Voltas, assim como a rede hidrográfica que consta nos mapeamentos oficiais dos respectivos anos, em azul.



Fonte: EPAGRI, SDS.

Esta observação levantou questionamentos sobre o motivo da mudança tão significativa. Foi assim realizada em março de 2016 visita a uma propriedade, nas proximidades da foz do rio Três Barras, com o intuito de melhor conhecer o histórico de evolução do trajeto do curso fluvial no local. Segundo o proprietário, que vive na região há cerca de 40 anos, o alargamento do canal e conseqüente mudança no curso do rio principal para o sentido atual é resultado dos trabalhos realizados por uma empresa de mineração de areia que atua na região. A empresa possuía duas balsas de transporte de material minerado (areia) e, para facilitar a locomoção destas embarcações, promoveu o alargamento do canal, desviando o volume maior de água do rio Três Barras para um novo curso. Esse novo curso se constituía de uma vala de drenagem pouco perceptível na fotografia aérea de 1989.

CONCLUSÕES

O mapeamento e análise dos meandros abandonados e das barras do rio Três Barras, por meio de fotografias aéreas/imagens orbitais, permitiu a realização de um resgate histórico da evolução fluvial, em um ambiente caracterizado por intensa dinâmica geomorfológica. No entanto, nas últimas décadas, a região vem sofrendo um aumento da influência antrópica, identificadas no

trabalho pela retificação e alargamento do rio. As análises realizadas demonstraram que a abordagem metodológica utilizada é relevante para estudos relacionados aos mapeamentos de mudanças fluviais. O uso das Geotecnologias permitiu o armazenamento, tratamento, sobreposição de dados e espacialização das informações da superfície terrestre em diferentes épocas, as quais proporcionam subsídios relevantes para o gerenciamento e planejamento local.

A partir dos resultados pode-se constatar que a bacia hidrográfica do rio Três Barras apresenta canais muito sinuosos, com Índice de Sinuosidade superior a 60% para os diferentes períodos analisados, compreendidos entre 1957 e 2014. A presença de algumas feições fluviais no baixo curso do rio, como as barras, diminuiu ao longo dos anos. Os meandros abandonados se concentraram em um segmento específico com extensão de 4,83 km.

Quanto às principais mudanças que ocorreram no traçado do rio Três Barras, em seu baixo curso, pode-se concluir que elas estão ligadas a causas antrópicas e não a causas naturais como, por exemplo, fortes precipitações, conforme a hipótese inicialmente levantada. Na primeira situação analisada a mudança foi efetuada para que o proprietário do local não perdesse mais terras pela erosão das margens do rio. Já na segunda situação, a mudança foi ocasionada por uma empresa de mineração com o intuito de facilitar o movimento das balsas transportadoras de areia.

A formação e transformação de ambientes fluviais dependem das dinâmicas que ocorrem nessas áreas, resultantes de fatores e processos naturais ou antrópicos. O aumento ou diminuição da sinuosidade do rio ao longo da sua história evolutiva é resultante da intensidade das variações de fluxos, as quais interferem na deposição de sedimentos, cujos depósitos, por conseguinte, também influenciam a geração de formas fluviais. Entende-se que os sedimentos mais finos refletem de modo geral menos energia no ambiente, caracterizando trechos de maior sinuosidade, como verificados neste estudo. Portanto, as variáveis relacionadas à geometria do canal como extensão, profundidade, largura e sinuosidade mostram-se importantes na distribuição dos sedimentos, estando diretamente ligados aos processos atuantes de formação e transformação dos depósitos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I. R. A.; SOUZA-FILHO, E. E. Mapeamento de feições morfológicas da planície de inundação do Alto Rio Paraná, através do uso de produtos orbitais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 12, n. 2, p. 39-44, 2011. <https://doi.org/10.20502/rbg.v12i2.233>
- BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A. *River Styles, a geomorphic approach to catchment characterization: Implications for river rehabilitation in Bega Catchment, NSW, Australia*. Environmental Management, volume 25, junho de 2000.
- CHRISTOFOLETTI, A. *A Mecânica do Transporte Fluvial*. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo 1977. 42p.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo, Edgar Blücher, 1980. 188p.
- COLTRINARI, L. Cartografia geomorfológica detalhada: a representação gráfica do relevo entre 1950-1970. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 12, n. 3, p. 121-130, 2008.
- CUNHA, S. B. *Geomorfologia Fluvial*. In: GUERRA, A. J. T.; S. B. *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p. 159-189.
- CUNHA, S.B.; GUERRA, A. J. T. *Degradação Ambiental*. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 337-379.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FLORENZANO, T. G. (Org). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- JENSEN, J.R. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres*. Tradução de J.C.N. Ephiaphanio. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.
- KLEINA, M.; PAULA, E. V.; SANTOS, L. J. C.. Análise comparativa dos estilos fluviais do rio Sagrado (Morretes/pPR para os anos de 2006 e 2011). *Revista Geografar*, v. 9, n. 1, p. 27-44, 2014. <https://doi.org/10.5380/geografar.v9i1.35229>
- KÖPPEN, W. *Die Schwankungen der jährlichen Regenmenge*. Met. Z, v. 45, p. 281-291, 1928.
- KUERTEN, S.; ASSINE, M. L. O rio Paraguai no megaleque do Nabileque, sudoeste do Pantanal Mato-Grossense, MS. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 41, n. 4, p. 642-653, 2011. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2011414642653>
- LEOPOLD, L.B. *River channel change with time: an example*. Geological society of america bulletin. Vol. 84, pg 1845-1860, 1972. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1973\)84<1845:RCCWTA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1973)84<1845:RCCWTA>2.0.CO;2)

- LOPES, F. C. A. ; GOULART, A.A. ; SIEFERT, C. A. C. ; PAULINO, R. B. ; HAAK, L. ; SOUZA, R. M. ; MARTINS, T. D. ; OLIVEIRA, F. A. *Análise Preliminar da Evolução Fluvial a partir da variação temporal do traçado do Rio Itapocu, SC*. In: IX Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012, Rio de Janeiro. Anais do IX Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012. v. 01. p. 1-4.
- LUZ, R. A.; RODRIGUES, C. Reconstituição geomorfológica de planícies fluviais urbanizadas: o caso do Rio Pinheiros, São Paulo-SP. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, n. 1, p. 47-57, 2013. <https://doi.org/10.20502/rbg.v14i1.354>
- MARÇAL, M. S.; LIMA, R. N. S.; BOAS, G. H. V.; HINGEL, R. L. *Mapeamento de feições geomorfológicas no sistema encosta-planície da bacia do rio Macaé (RJ)*. Anais do IV Congreso Argentino de Cuaternário Y Geomorfología; XII Congreso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário; II Reunión sobre el Cuaternário de América del Sur, La Plata, Argentina, 21 a 23 de setembro de 2009, p. 272-280.
- MELLO, Y. R. *Distribuição de precipitação no município de Joinville (SC) e sua relação com a incidência de leptospirose*. Dissertação (Mestre em Saúde e Meio Ambiente) – Universidade da Região de Joinville – Univille, 2015.
- MELLO, Y. R.; KOHLS, W.; NOVAIS, M. T. N. de. Análise da precipitação mensal provável para o município de Joinville (SC) e região. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.17, p.246-258, jul/dez, 2015. <https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.42975>
- MANSIKKANIEMI, H. *The sinuosity of rivers in northern Finland*. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Turkuensis, 52 :16-32, 1970.
- MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do Estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam sobre o ano. *Geosul*, Florianópolis, v.16, n.31, p.69-78, jan./jun., 2001.
- MORAIS, E. S. e ROCHA, P. C. FORMAS E PROCESSOS FLUVIAIS ASSOCIADOS AO PADRÃO DE CANAL MEANDRANTE: O BAIXO RIO DO PEIXE, SP. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 17, n. 3, 2016.
- MOTA, S. e AQUINO, M. D. *Gestão Ambiental*. In: Gestão de Águas: princípios e práticas. 2.ed. Porto Alegre. ABRH, 2001, pág. 128.
- OLIVEIRA, F. A. de. *Estudo do aporte sedimentar em suspensão na baía da babilonga sob a ótica da geomorfologia*. Universidade de São Paulo – USP. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Tese de Doutorado, 2006.
- RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. *Rios e processos aluviais*. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. ; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs). *Decifrando a Terra*. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 568 p.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia (USP)*, n. 6, p. 17-29, 1992.
- SANTOS, G. B.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; CHEREM, L. F. S. Níveis de terraços fluviais e depósitos sedimentares correlativos no Alto Vale do Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 10, n. 1, p. 73-84, 2009. <https://doi.org/10.20502/rbg.v10i1.119>
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. *Geological Society of America Bulletin*, n. 67, p. 597-646, 1956. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)
- SCHUMM, S.A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. *Geological Society of America Bulletin*. v. 74, n. 9, p. 1089-1100, 1963. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1963\)74\[1089:SOAROT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1963)74[1089:SOAROT]2.0.CO;2)
- SILVA, A.; ASSINE, M. L.; ZANI, H.; SOUZA-FILHO, E. E.; ARAÚJO, B. C. Compartimentação geomorfológica do Rio Paraguai na borda norte do Pantanal Mato-grossense, região de Cáceres-MT. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 59/01, p. 73-81, 2007.
- SILVA, J. M. F.; SANTOS, L. J. C. Caracterização e cartografia em escala de detalhe das feições fluviais derivadas do rio Pequeno, Antonina-PR. *Revista RAEGA - O ESPAÇO GEOGRÁFICO EM ANÁLISE*, v. 34, p. 150-166, 2015.
- SILVEIRA, W. N.. *História das inundações de Joinville: 1851 – 2008*. Wivian Nereida Silveira, Masato Kobivama, Roberto Fabris Goerl, Brigitte Brandenburg – Curitiba: Ed. Organic Trading, 2009.
- SOUSA, M. M. e OLIVEIRA, W. Análise morfológica da rede de drenagem do Alto Juruá/AC, extraída de MDE-SRTM. *Caminhos de Geografia*, v. 18, n. 61, p. 44-64, 2017. <https://doi.org/10.14393/RCG186104>
- STRAHLER, A.N. *Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography*, Geological Society of America Bulletin v. 63, p. 1117-1142, 1953. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)

Recebido em: 27/04/2017

Aceito para publicação em: 24/02/2018