

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES – CCH
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – DGE

**Análise temporal das variações morfológicas e morfométricas de trechos
sob influência da urbanização e da retificação: bacia hidrográfica do
ribeirão Maringá, Maringá, PR**

Kenia Ketiri Beltramin

Maringá – PR
2022

Kenia Ketiri Beltramin

**Análise temporal das variações morfológicas e morfométricas de trechos
sob influência da urbanização e da retificação: bacia hidrográfica do
ribeirão Maringá, Maringá, PR**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado no Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá como requisito básico para a conclusão do curso de Bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Souza de Moraes

Maringá – PR
2022

Kenia Ketiri Beltramin

**Análise temporal das variações morfológicas e morfométricas de trechos
sob influência da urbanização e da retificação: bacia hidrográfica do
ribeirão Maringá, Maringá, PR**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado no Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá como requisito básico para a conclusão do curso de Bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Souza de Moraes

Maringá, 21 de novembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

(Eduardo Souza de Moraes, Doutor em Geografia, Universidade Estadual de Maringá – UEM)

(Edison Fortes, Doutor em Geociências e meio ambiente, Universidade Estadual de Maringá – UEM)

(Otávio Cristiano Montanher, Doutor em Geografia, Universidade Estadual de Maringá – UEM)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, a Danielle Silveira, ao Professor Eduardo pela orientação, ao Vitor pelos trabalhos de campo, ao Wilson do CCH pelo atendimento com às fotos aéreas e todos que de alguma forma me incentivaram a concluir esta etapa da minha vida.

RESUMO

A urbanização e a retificação são atividades antrópicas que tem potencial de modificar a morfologia e a morfometria de canais fluviais. Este trabalho analisou espacialmente e temporalmente as variações morfológicas e morfométricas de trechos sobre influência da urbanização e retificação na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá. Para identificação das mudanças ocorridas na área de estudo foram utilizadas imagens orbitais e fotografias aéreas, calculados o índice de sinuosidade e da variação de largura média de trechos representativos, bem como a interpretação da dinâmica de crescimento urbano da bacia hidrográfica entre 1970 e 2017, e trabalhos de campo para compreensão da morfologia atual. Observou-se que os trechos analisados não apresentaram ajuste de mobilidade lateral em relação a retificação, portanto, mantém o padrão retilíneo. Ambos os trechos tiveram predomínio de aumento na largura média e períodos de estreitamentos que ocorreram pela formação de patamares. O expressivo crescimento urbano na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá, foi o principal agente impulsionador das mudanças encontradas nos trechos analisados.

Palavras-chave: Geomorfologia fluvial; mudança morfológica; morfometria; retificação; bacia hidrográfica urbana.

ABSTRACT

Urbanization and rectification are human activities that have the potential to modify the morphology and morphology of river channels. This study analysed spatial and temporal variations of morphological and morphometric aspects in reaches on the influence of urbanization and rectification in the Maringá stream catchment, southern region of Brazil. Orbital images and aerial photographs were used to identify the changes that occurred in the study area. The sinuosity index and the average width variation of representative reaches were calculated, as well as the interpretation of the urban increase dynamics of the catchment between 1970 and 2017, and fieldwork to understand the current morphology. It was observed that the analysed reaches did not present adjustment of lateral mobility in relation to rectification; therefore, it maintains the strength pattern. Both reaches had a predominance of increase in average width with periods of narrowing channel associated with the benches formation. The urbanization increase was the main driver of channel changes in the Maringá Stream reaches.

Keywords: Fluvial geomorphology; morphological change; morphometry; rectification; urban catchment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Estrutura conceitual da hierarquia de processos que relacionam a urbanização com mudanças fluviais de Moraes e Montanher (2022).

Figura 2. Trecho retificado no Rio Macaé. Em azul, o canal original (1968). Em verde o canal retificado (2000). Fonte: ASSUMPCÃO, 2009.

Figura 3. Localização da área de estudo.

Figura 4. Pré e pós retificação nos TR1 (A1 e A2) e TR2 (B1 e B2) entre os anos de 1977 e 1989 e no TR3 (C1 e C2) entre os anos de 1970 e 1977.

Figura 5. Largura e sinuosidade do TR1 entre os anos de 1977 e 2017.

Figura 6. Largura e sinuosidade do TR2 entre os anos de 1977 e 2017.

Figura 7. Largura e sinuosidade do TR3 entre os anos de 1970 e 2017.

Figura 8. Largura dos trechos TR1, TR2 e TR3. Entre 1989 a 2017 para o TR1, 1977 a 2017 para o TR2 e TR3.

Figura 9. Sinuosidade dos trechos TR1, TR2 entre 1977 a 2017 e TR3 entre 1970 e 2017.

Figura 11. Morfologia retilínea no TR1 – baixo córrego Mandacaru, no lado direito é possível observar os patamares com presença de vegetação.

Figura 12. Variações da largura média entre 2003 e 2012. TR1 aumento de largura média em 2003 e 2010 (A1 e A3), diminuição de largura média em 2005 e 2012 (A2 e A4), TR2 diminuição de largura média em 2005 e 2012 (B1 e B3), aumento largura média em 2010 (B2), e TR3 aumento de largura média em 2003 e 2010 (C1 e C3), diminuição de largura média em 2005 e 2012 (C2 e C4).

Figura 13. Avanço da urbanização. Em A, novas áreas de loteamentos em 2005, em B, loteamento com edificações em 2010, e em C, novo loteamento em 2012.

Figura 14. Modelo de evolução dos trechos analisados. Em (a), o canal em momento preliminar a ocupação da bacia hidrográfica, em (b) canal com erosão e incisão no leito devido a impermeabilização da bacia hidrográfica. Em (c) rompimento das margens e deposição marginal no canal. Em (d) patamar formado por depósitos marginais. Em (e) patamar rochoso.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Trechos selecionados, extensão dos trechos, localização e anos analisados.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO GERAL	14
2.1. Objetivos específicos	14
3. ÁREA DE ESTUDO.....	14
3.1. Localização e características da geografia física	14
3.1 Histórico de uso e ocupação de solo	17
4. METODOLOGIA	18
4.1. Análise de mudanças morfológicas e morfométricas	19
4.1.1. Largura	19
4.1.2. Sinuosidade	19
4.2. Variação urbana.....	Erro! Indicador não definido.
5. RESULTADOS.....	20
5.1. Retificação.....	20
5.2. Mudanças morfológicas e morfométricas entre 1970 a 2017.....	22
5.2.1 TR1 – Baixo curso do córrego Mandacaru.....	22
5.2.2. TR2 – Médio ribeirão Maringá (jusante da confluência com o córrego Mandacaru) ..	23
5.2.3. TR3 - Baixo curso do ribeirão Maringá	24
5.2.4. Comparativo entre trechos	25
6. DISCUSSÃO	29
7. CONCLUSÕES	36
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

Os rios estão em mudanças constantes, por sua natureza dinâmica. Continuamente remodelam seu canal através da erosão da margem e leito e pela deposição de sedimentos. (CHARLTON, 2007). Eventos naturais e atividades humanas funcionam como impulsionadores que forçam mudanças em sua morfologia (DOWNS e PIÉGAY, 2019).

Variações na largura, profundidade, sinuosidade e no padrão do canal são descritas por Downs e Piégay (2019), como os tipos de mudanças morfológicas que podem ocorrer no canal. E estas, estão propensas a ocorrer de forma cumulativa (MORAIS e MONTANHER, 2022). A intensidade e a velocidade dependerão de características do rio e da magnitude dos eventos impulsionadores (CHARLTON, 2007).

A mudança na largura, representa o alargamento ou estreitamento do canal. A erosão da margem ocasionados, por exemplo, por fortes inundações podem culminar no alargamento (CHARLTON, 2007). O aumento do fluxo sem que haja erosão do leito, também pode alargar o canal (WOHL, 2014). A deposição de sedimentos em grande escala, pode favorecer o surgimento de barras no canal, resultando ao longo do tempo em seu estreitamento, como verificado por Gilvear (2004).

Quanto a mudança na profundidade, essa, diz respeito ao aumento ou diminuição da profundidade do canal. A incisão do leito pode ocorrer pela diminuição do nível de base (CHARLTON, 2007) e pela erosão e retirada de sedimento do leito (WOHL, 2014). O aumento de sedimento no canal pode diminuir sua profundidade (WOHL, 2014), tornando-o mais raso, como observado por Dias e Thomaz (2011).

Segundo Charlton (2007), o efeito cumulativo da erosão e da sedimentação pode, ao longo do tempo, alterar o padrão do canal. A atividade tectônica também é apontada pela autora como um dos fatores que podem influenciar a mudança do padrão de canal. O aumento do fluxo, foi associada por Hood (2004) a diminuição da sinuosidade no baixo curso do rio Freshwater, tributário do rio South Fork Skagit, nos EUA.

As alterações morfológicas acarretam prejuízos ecológicos e sociais e o Brasil possui pouco conhecimento científico sobre como a urbanização interfere nas mudanças morfológicas dos rios, nesse sentido, pesquisas relacionadas ao tema se fazem necessárias (MORAIS e MONTANHER, 2022). As perturbações causadas por essas atividades nos rios do Brasil, segundo estes autores, podem gerar resultados divergentes aos encontrados em locais com características naturais e históricas distintas aos estudos conhecidos.

É consenso que atividades antrópicas promovem mudanças morfológicas em sistemas fluviais. Ao quantificar estudos que avaliavam mudanças na largura, profundidade, sinuosidade e padrão de canal, Downs e Piégay (2019) identificaram que em estudos que tinham como foco o impacto humano, a preocupação mais frequente foi a mudança da cobertura de solo, mais precisamente, a atividade agrícola e o crescimento urbano.

Mesmo representando uma pequena parcela da cobertura de solo em escala global, a urbanização gera intensas mudanças nos sistemas fluviais. O crescimento urbano causa o aumento de áreas impermeáveis alterando o ciclo hidrológico nas bacias hidrográficas, resultando na diminuição da infiltração da água no solo e um aumento de fluxos superficiais de água (ROSA, 2017).

Segundo a estrutura conceitual da hierarquia de processos que relacionam a urbanização com mudanças fluviais (Fig. 1) de Montanher (2010), baseado no modelo de Wolman (1967), durante o processo inicial da urbanização, o canal passa a receber uma quantidade maior de sedimentos devido a erosão da vertente ocasionada pelo escoamento superficial. Por consequência, o canal tende a se elevar, se alargar, diminuir sua profundidade e em casos extremos, torna-se mais ativo podendo ocorrer mudanças em seu padrão.

Após o processo inicial, com o aumento da quantidade de água recebida em uma menor fração de tempo, o canal passa a escavar os sedimentos recém depositados e também seu leito, perante a isso, ocorre o aprofundamento e o estreitamento, podendo evoluir em alguns casos até o substrato rochoso, transformando um rio de leito aluvial em rio de leito rochoso. Os canais urbanos da cidade de Teresópolis – RJ, analisados por Vieira e Chunha (2008) sofreram com o aumento do fluxo entre 1997/98, que culminou em processos de erosão de margem o consequente aumento de entrega sedimentos no canal, resultando em canais mais largos e rasos, em casos extremos, no assoreamento.

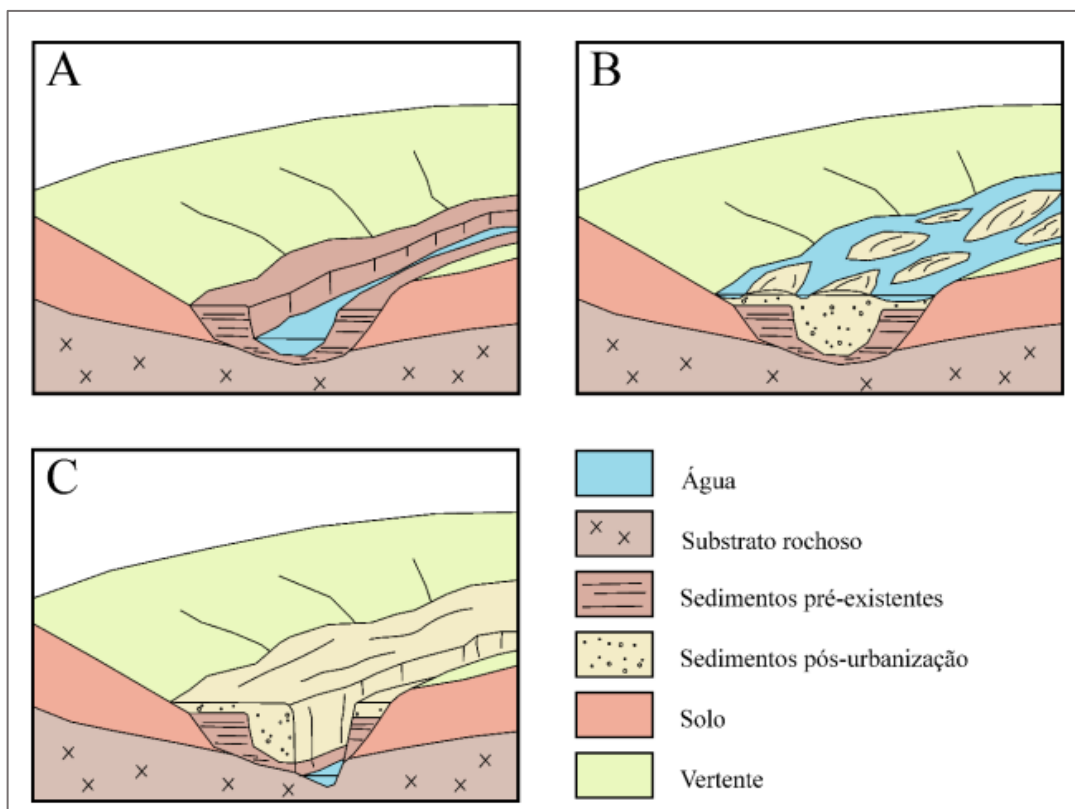


Figura 1. Estrutura conceitual da hierarquia de processos que relacionam a urbanização com mudanças fluviais de Montanher (2010).

A urbanização ainda pode gerar mudanças na sinuosidade. O aumento da urbanização na bacia de Taihu, influenciou no aumento da largura dos canais e na diminuição da sinuosidade em um período de 50 anos (DENG et. al 2015). Silva et. al (2017), identificaram uma redução na sinuosidade do canal em 10 vezes entre anos de 2002 e 2012, associado ao aumento de áreas impermeáveis nas vertentes pela urbanização no córrego Tamanduá em Aparecida de Goiânia, GO.

Segundo Montanher (2010), o avanço da urbanização sobre áreas rurais e a construção de novas edificações dentro de áreas urbanizadas, iniciam novos ciclos de ajustes as alterações na bacia que, ampliam ou ocultam os efeitos dos ajustes anteriores. Ao analisar o Córrego Água do Trajano, em Terra Rica – PR, este autor observou que o aumento da impermeabilização da área urbana aumentou a capacidade de transporte do canal. Como resposta, a área deposicional se deslocou em direção da jusante, e a antiga área de deposição iniciou processos de incisão e alargamento.

A retificação (Fig. 2), é uma ação humana que modifica os rios de forma direta, essa intervenção, consiste na retirada das curvas naturais dos rios com o intuito de torna-los mais retilíneos e, em alguns casos, mais largos e profundos (ASSUMPCÃO e MARÇAL, 2012).

Geralmente é realizada com o objetivo de conter os efeitos da inundação em áreas onde se objetiva ocupar ou explorar (PONTINI, 2018). Segundo Flatley et. al (2018), a realocação de canais, como a retificação, pode gerar um aumento significativo dos processos erosivos e deposicionais no novo canal, o que pode acarretar em consequências graves, como o colapso do rio.

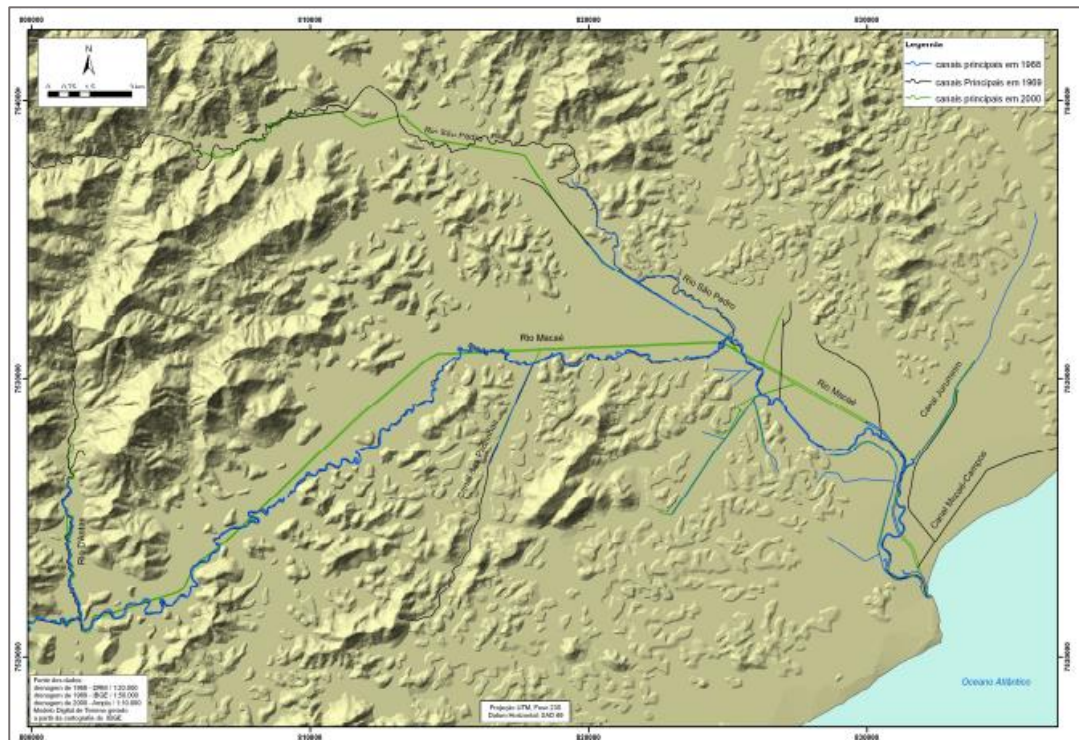


Figura 2. Trecho retificado no Rio Macaé. Em azul, o canal original (1968). Em verde o canal retificado (2000). Fonte: ASSUMPCÃO, 2009.

Nas bacias hidrográficas dos arroios Cancela e Sanga do Hospital, localizadas na cidade de Santa Maria- RS, a retificação juntamente com a canalização a montante dos canais, aumentou o fluxo de água, ocasionando em margens mais suscetíveis a erosão no baixo e médio curso do canal (RECKZIEGEL et. al, 2005). Entende-se como canalização, obras que modificam o canal fluvial e posterior concretização de sua calha (ASSUMPCÃO E MARÇAL, 2012). No Rio São João, no estado do Rio de Janeiro, a retificação e junto a ampliação da lagoa Juturnaíba, aumentou a potência do fluxo e acarretou em diversos processos erosivos no canal (SANTOS e MARÇAL, 2021).

Segundo Luz (2015), o canal do Rio Pinheiros, no estado de São Paulo, antes meandrante, foi artificialmente transformado em dois canais retilíneos mais largos e profundos. A baixa declividade pós retificação e o controle artificial da vazão, geralmente mantido em

valores baixos, fez com que o canal apresentasse uma dinâmica próxima a um sistema lacustre. Por consequência, a baixa capacidade de transporte do canal atual, acarretou no aumento de sedimentos depositados no leito do canal e tem gerado assoreamento.

2. OBJETIVO GERAL

Analisar variações morfológicas e morfométricas de trechos sobre influência da urbanização e retificação na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá.

2.1. Objetivos específicos

- Identificar os tipos de mudanças dos canais sobre influência da urbanização e retificação.
- Analisar a variação da sinuosidade e largura dos canais sobre influência da urbanização e retificação.
- Interpretar a dinâmica do crescimento urbano na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização e características da geografia física

A bacia hidrográfica do ribeirão Maringá (Fig. 3) está localizada na porção norte do município de Maringá, estado do Paraná e compreende uma área de aproximadamente 90,60km².

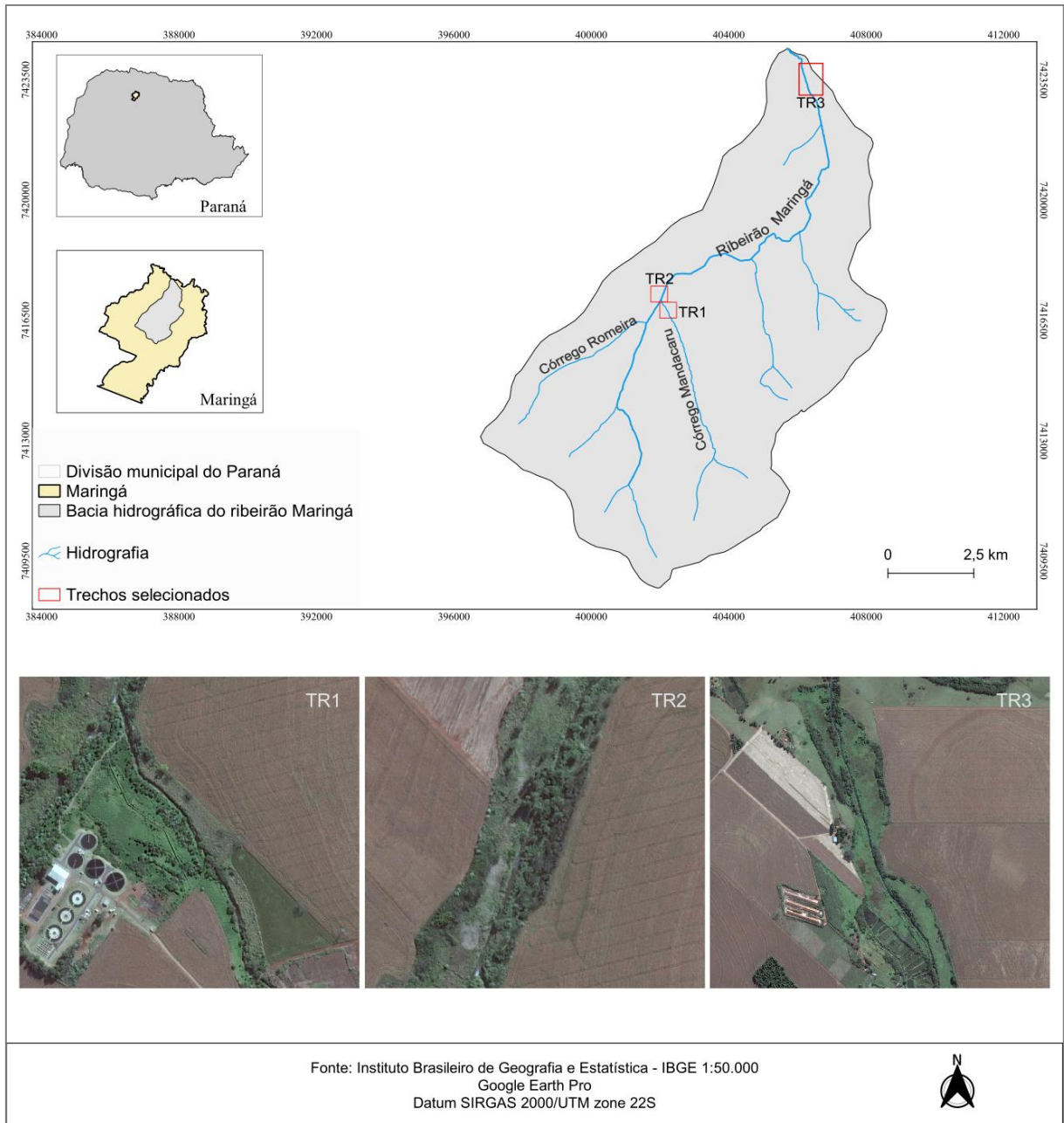


Figura 3. Localização da área de estudo.

A litologia na bacia hidrográfica é formada predominantemente pelo basalto da Formação Serra Geral, proveniente dos derrames de magmas básicos durante a era Mesozoica (THOMAZ, 1984). Os basaltos dessa formação apresentam textura afanítica, porfírica e amigdalóide na parte superior do derrame e coloração preta e cinza escura, cinza esverdeada a castanho-escuro, quando alterados, amarelo-ferrugem (ATLAS GEOLÓGICO DO ESTADO DO PARANÁ, 2001). Assentado sobre o basalto, encontra-se o arenito da Grupo Caiuá, de origem eólica, também da era Mesozoica (THOMAZ, 1984). Segundo Fernandes e Coimbra

(1994), os arenitos provenientes desta formação apresentam textura finos a médios e coloração marrom-avermelhado a arroxeadado. Próximo a nascente do Córrego Romeira, no sudeste da bacia hidrográfica, encontra-se uma faixa de arenitos fino a médio do Grupo Caiuá com estratigrafia cruzada de grande porte. Formando acumulações inconsolidadas, na confluência entre o ribeirão Maringá e o rio Pirapó, são encontrados depósitos fluviais recentes e sub-recentes de cascalho, areias, silte e argila. Os afloramentos rochosos observados na parte leste da bacia hidrográfica, são constituídos apenas de basalto (SALA 2005).

O clima da área de estudo, é classificado por Koeppen (1948), como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), apresentando no mês mais quente temperaturas acima de 22° e no mês mais frio abaixo de 18°, com concentração de chuva no verão e ocorrência de geadas noturnas no inverno. A precipitação média anual corresponde a 1706,08mm, com chuvas mais volumosas nos meses de janeiro, dezembro e fevereiro, nos meses de maio e outubro, ocorrem máximas locais relacionadas as estações de transição outono e primavera, segundo Montanher e Minaki (2020). Outros dois fatores influenciam o clima, a localização no Trópico de Capricórnio, que condiciona as altas temperaturas durante o verão, e a condição topográfica no norte do Paraná, que favorece a entrada de sistemas atmosféricos tropicais e extratropicais que acentuam os valores médios do clima local (SALA 2005).

O Planalto de Maringá, situado no Terceiro Planalto Paranaense, onde se localiza a bacia hidrográfica em estudo, apresenta dissecação baixa e a declividade predominante é menor que 6%. O relevo é constituído por topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V”, que foram modeladas em rochas da Formação Serra Geral (MINEROPAR, 2006). Na área ocupada pelo setor urbano, na cabeceira de drenagem da bacia hidrográfica, o relevo é constituído por pequenos topos arredondados nos interflúvios e vertentes predominantemente convexas e de menor comprimento, que tornam os vales mais encaixados. Nas áreas de médio curso do ribeirão Maringá, na parte oeste se apresenta o relevo mais suavizado com altitudes e declividades menos acentuadas e vertentes mais retilíneas com maior comprimento de rampa, na parte leste as vertentes apresentam uma maior declividade e menores comprimentos de rampa. No baixo curso as vertentes são mais alongadas e as declividades menos acentuadas (SALA, 2005).

3.1 Histórico de uso e ocupação de solo

O processo de colonização do norte do Paraná promovido pela Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP), em parceria com o governo do Estado, se iniciou na década de 1930 e foi acompanhado de intensas modificações na paisagem. A fim de promover e fomentar a agricultura na região, rapidamente a vegetação nativa foi substituída pelas lavouras de café. A cafeicultura atraiu pessoas de diversas localidades, o que culminou no rápido crescimento demográfico e urbanização da área (SAMPAIO, 2013).

Em 1947, a Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP), que substituiu a Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP), oficializou o núcleo urbano de Maringá, que foi assentado sobre o divisor de águas, entre as bacias hidrográficas dos rios Ivaí e Pirapó. Assim como em todo o norte do Paraná, o desenvolvimento urbano e da agricultura cafeeira em Maringá, contou com o intenso desmatamento da vegetação original (SALA, 2005).

Com o declínio da economia cafeeira, intensificada pelas fortes geadas que ocorreram na região, entre a década de 1960 e 1970 a monocultura do café foi gradativamente sendo substituída por culturas temporárias, como a soja e o trigo. A modificação veio acompanhada da mecanização das lavouras e o consequente aumento da produtividade, levando a valorização de pequenas propriedades locais (SAMPAIO, 2013; MORO, 1998).

Todas as modificações que ocorreram no campo, desencadearam o êxodo rural na região (MORO, 1998). Em conjunto, o município recebia uma quantidade expressiva de migrantes. De 1950 a 1970, a população total passou de 38. 588 para 121.374 mil habitantes. Entre 1970 e 1980, a população urbana ultrapassou a população rural. O rápido crescimento demográfico impulsionou o aumento de áreas urbanizadas no município (RUBIRA, 2016).

Inserida no contexto do município, a bacia hidrográfica do ribeirão Maringá tem a maior parte de sua área utilizada para a atividade agrícola, principalmente de culturas temporárias como a soja, no entanto, parte considerável tem sido alterada pelo crescimento urbano. De acordo com Valle et al (2016), em 1984 o uso de solo urbano na bacia hidrográfica compreendia 12,48% de sua área, em 2014 esse número subiu para 30,8%. Na sub-bacia hidrográfica do córrego Romeira, o uso do solo é em sua totalidade rural, com presença de intensa atividade agrícola voltada a cultura de milho e soja. A sub-bacia hidrográfica do córrego Mandacaru, apresenta uso do solo misto, sendo o uso urbano predominante, compreendendo cerca de dois terços de sua área (RIGON, 2010).

Sala (2005) salienta que o desenvolvimento da agricultura e urbanização foram importantes para o crescimento econômico do município, no entanto, trouxeram prejuízos

ambientais. De acordo com essa autora, a mudança da cultura do café para cultura temporária, deixaram os solos ainda mais desprotegidos e vulneráveis processos erosivos. Na área de estudo, o aumento de áreas impermeáveis pelo crescimento urbano, impactaram o processo de infiltração e de escoamento superficial de águas pluviais, e desencadearam processos erosivos nos solos desprotegidos.

No caso da sub-bacia hidrográfica do córrego Mandacaru, Schneider et. al (2011) salienta que o aumento de superfícies impermeáveis tem gerado processos erosivos no canal e desestabilizado suas margens, além da evidente alteração do ciclo hidrológico. Nas proximidades do córrego Romeira, a exposição em épocas de troca de plantio, tem gerado processos erosivos (SALA, 2005).

4. METODOLOGIA

Para análise espacial e temporal da área de estudo, estabeleceu-se o intervalo temporal de 48 anos, entre 1970 a 2017 (Tabela 1). Foram selecionadas fotografias aéreas dos anos de 1970, 1977, 1989 e 1995, adquiridas através do acervo digital da Universidade Estadual de Maringá e imagens Quickbird de 2002, 2003, 2005, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016 e 2017 adquiridos através do software Google Earth Pro.

Após análise das fotografias aéreas e imagens de satélite, foram selecionados os seguintes trechos:

Trecho	Extensão do trecho (m)	Setor da bacia hidrográfica	Produtos Cartográficos	
			Foto Aérea/Escala	Ano da imagem do satélite Quick Bird/escala estimada
TR1 – Córrego Mandacaru	571,786	Baixo curso	1977, 1988 e 1995/1:8.000	2002, 2003, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016 e 2017/1:2500

TR2 – ribeirão Maringá	445	Médio curso (a jusante da confluência com o córrego Mandacaru)	1977, 1989 e 19950/1:8.000	2002, 2003, 2005, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017/1:2500
TR3 – ribeirão Maringá	1397	Baixo curso	1970 e 1977 /1:20.000	2003, 2005, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017

Tabela 1. Trechos selecionados, extensão dos trechos, localização e anos analisados.

O georreferenciamento de imagens, a vetorização dos trechos selecionados e processamento dos produtos cartográficos foram realizados no sistema de sistema de informação geográfica QGIS Development Team, (2020).

4.1. Análise de mudanças morfológicas e morfométricas

Para cada trecho selecionado foram determinados os valores de largura e o índice de sinuosidades de acordo com a disponibilidade e qualidade das imagens utilizadas.

4.1.1. Largura

A largura média do canal nos trechos selecionados foi adquirida através da equação 1 proposto por Montanher (2019):

$$L = \frac{A_t}{C_t}$$

Em que, L : largura; A_t : área do trecho; C_t : comprimento do trecho.

Para a aquisição da área do trecho utilizou-se a calculadora de campo do no sistema de informação geográfica QGIS Development Team, (2020). O comprimento do trecho foi adquirido através da ferramenta medir também no sistema de informação geográfica QGIS Development Team, (2020). Os cálculos e os gráficos foram elaborados com o auxílio do Microsoft Excel 2016 MSO.

4.1.2. Sinuosidade

Para o índice de sinuosidade dos trechos selecionados utilizou-se a equação 2:

$$S = \frac{C_t}{C_{tv}}$$

Em que, S : sinuosidade do trecho; C_t : comprimento do trecho; C_{tv} : comprimento do trecho no vale.

O comprimento do trecho e o comprimento do trecho no vale foram adquiridos através da ferramenta medir do no sistema de informação geográfica QGIS Development Team, (2020). Os cálculos e os gráficos foram elaborados com o auxílio do Microsoft Excel 2016 MSO.

4.2. Mapeamento Muti temporal da área urbana

Para a análise do crescimento urbano na bacia hidrografica do ribeirão Maringá, estabeleceu-se o intervalo temporal de 40 anos, entre 1977 a 2017. Foram utilizadas imagens aéreas do acervo digital da Universidade Estadual de Maringá e imagens Landsat 5 e 7, e imagens Quickbird adquiridos através do software Google Earth Pro.

Selecionou-se os anos de 1977, 1984, 1995, 2000, 2005, 2010, 2012 e 2017. O critério de escolha dos anos se deu a partir dos resultados encontrados nas larguras médias dos trechos e a disponibilidade de imagens.

5. RESULTADOS

5.1. Retificação

A partir das análises das fotografias aéreas foi possível identificar que o TR1 (córrego Mandacaru) e o TR2 (médio ribeirão Maringá) foram retificados entre os anos de 1977 a 1989, conforme apresentado na Fig. 4. Já o TR3 (baixo ribeirão Maringá) identificou-se que ocorreu retificação entre 1970 e 1977.

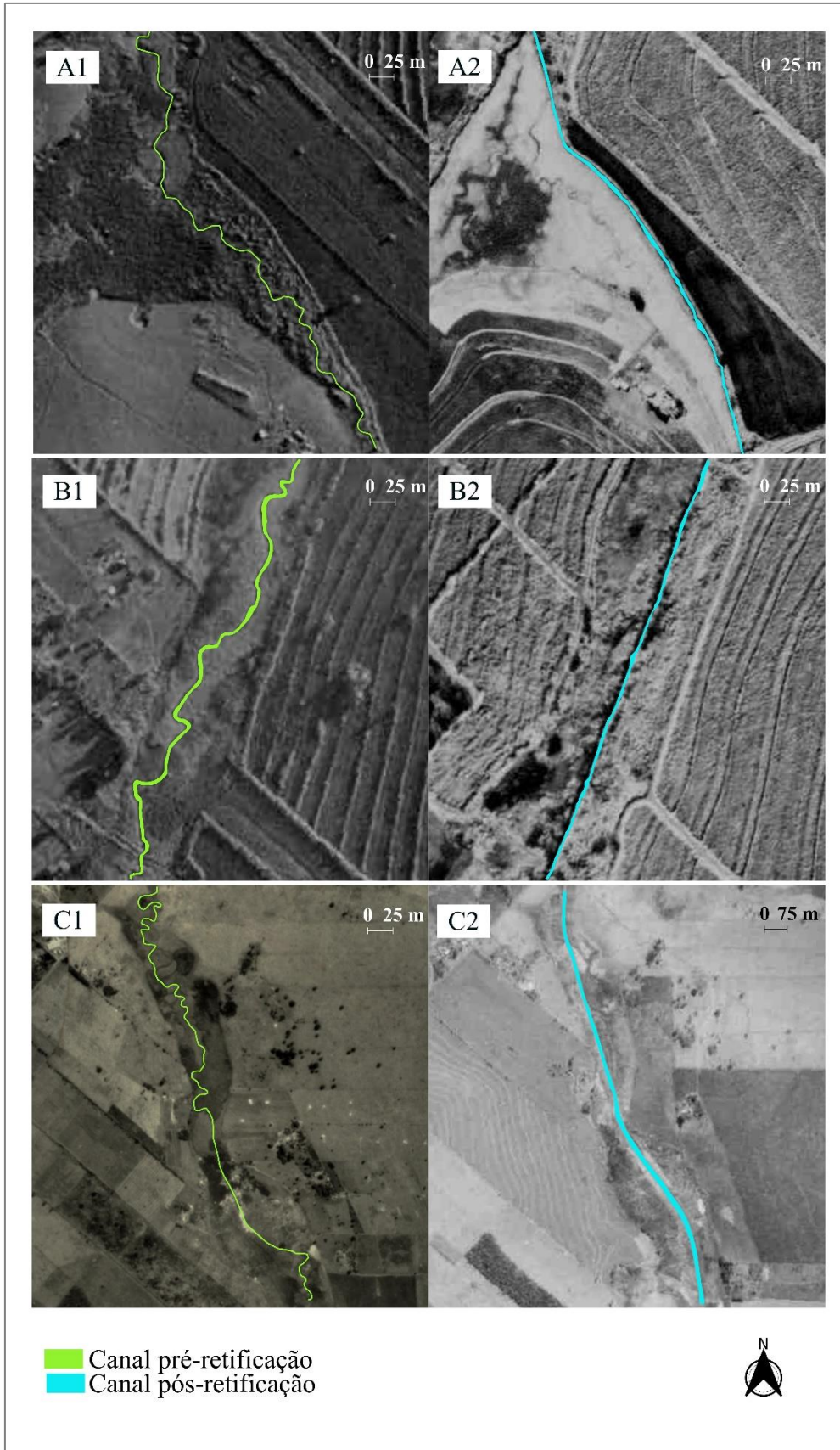


Figura 4. Pré e pós retificação nos TR1 (A1 e A2) e TR2 (B1 e B2) entre os anos de 1977 e 1989 e no TR3 (C1 e C2) entre os anos de 1970 e 1977.

5.2. Mudanças morfológicas e morfométricas entre 1970 a 2017

5.2.1 TR1 – Baixo curso do córrego Mandacaru

A Fig. 5 apresenta a variação da largura entre os anos de 1989 a 2017. A largura média para o TR1 neste período foi de 3,46m. Os resultados demonstram que a largura média do trecho teve um aumento de 69%, de 2,72m em 1989 para 4,59m em 2017. De 2002 a 2003 o trecho alargou-se e, posteriormente, estreitou-se entre 2003 e 2005. O mesmo ocorreu entre os anos de 2005 e 2010 e entre 2010 e 2012. De 2012 a 2017, o aumento da largura foi progressivo. Com a avaliação de valores anuais observou-se que a maior taxa de aumento de largura média ocorreu entre 2002 e 2003 (0,83), enquanto que se notou diminuições na taxa de largura média entre 2003 e 2005 (-0,13m) e 2010 e 2012 (-0,47m).

Sobre a sinuosidade do TR1, a Fig. 5 mostra a variação de 1977 a 2017. Verificou-se que houve diminuição de 23% da sinuosidade do trecho entre 1977 a 1989, de 1,27 para 1,03 respectivamente. O intervalo de 1977-1989 apresentou maior variância de 0,03. De 1989 a 2017, houve pequena variação da sinuosidade e a variância se apresentou próximo a 0, os valores de sinuosidade para esses anos se mantiveram relativamente homogêneos.

O aumento da largura média foi predominante durante o período analisado, no entanto, observou-se que o trecho apresentou diminuição de largura média nos anos de 1989-2002, 2003-2005 e 2010-2012. Com relação a sinuosidade, a maior mudança observada foi entre os anos de 1977 a 1989. A sinuosidade se manteve relativamente estável entre 1989 a 2017, indicando que o trecho não se ajustou a retificação e manteve o padrão retilíneo imposto artificialmente.

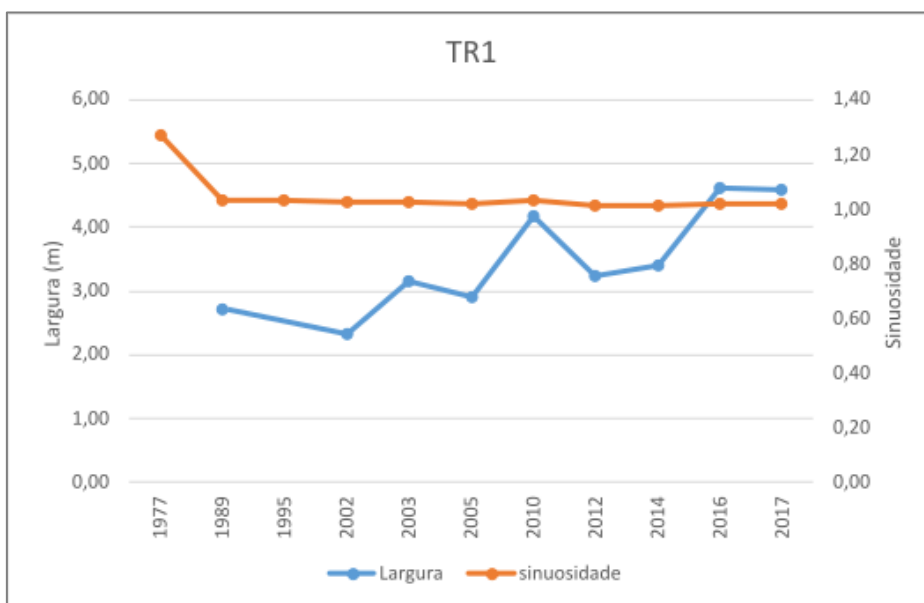


Figura 5. Largura e sinuosidade do TR1 entre os anos de 1977 e 2017.

5.2.2. TR2 – Médio ribeirão Maringá (jusante da confluência com o córrego Mandacaru)

A Fig. 6 apresenta a variação da largura entre os anos de 1977 a 2017. A largura média para o TR2 neste período é de 5,22 m. Os resultados demonstram que a largura média do trecho teve um aumento de 174%, de 2,76 m em 1977 para 7,55 m em 2017. De 1989 a 1995 o trecho alargou-se e, posteriormente, estreitou-se entre 1995 a 2002. O mesmo ocorreu entre os anos de 2010 a 2012 e 2016 - 2017. Com a avaliação da taxa anual observou-se que a maior variação de aumento de largura média ocorreu entre 2002 e 2003 (1,72m), e o segundo maior aumento foi entre 2012 e 2014 (0,97), enquanto que se notou diminuições na taxa anual da largura média entre 1995 e 2002 (-0,31 m) e 2010 e 2012 (-0,38 m).

Quanto a sinuosidade do TR2, a Fig. 6 mostra a variação de 1970 a 2017. Verifica-se que houve diminuição de 19% da sinuosidade do trecho entre 1977 a 1989, de 1,21 para 1,00 respectivamente. Esse intervalo (1977-1989) apresentou a maior variância encontrada de 0,02. De 1989 a 2017, houve pequena variação da sinuosidade com o máximo de 1,02, de 2002 a 2017 e a variância se apresentou próximo a 0, portando, os valores de sinuosidade para esses anos se mantiveram relativamente homogêneos.

O aumento da largura média foi predominante durante o período analisado, no entanto, observou-se que o trecho teve aumento e diminuição de largura média predominante durante o período analisado, com exceção do intervalo entre 2003 e 2005. Com relação a sinuosidade, a maior mudança observada foi entre os anos de 1977 a 1989. A sinuosidade entre 1989 a 2017 se manteve relativamente estável, indicando que o trecho não se ajustou a retificação e manteve o padrão retilíneo imposto artificialmente.

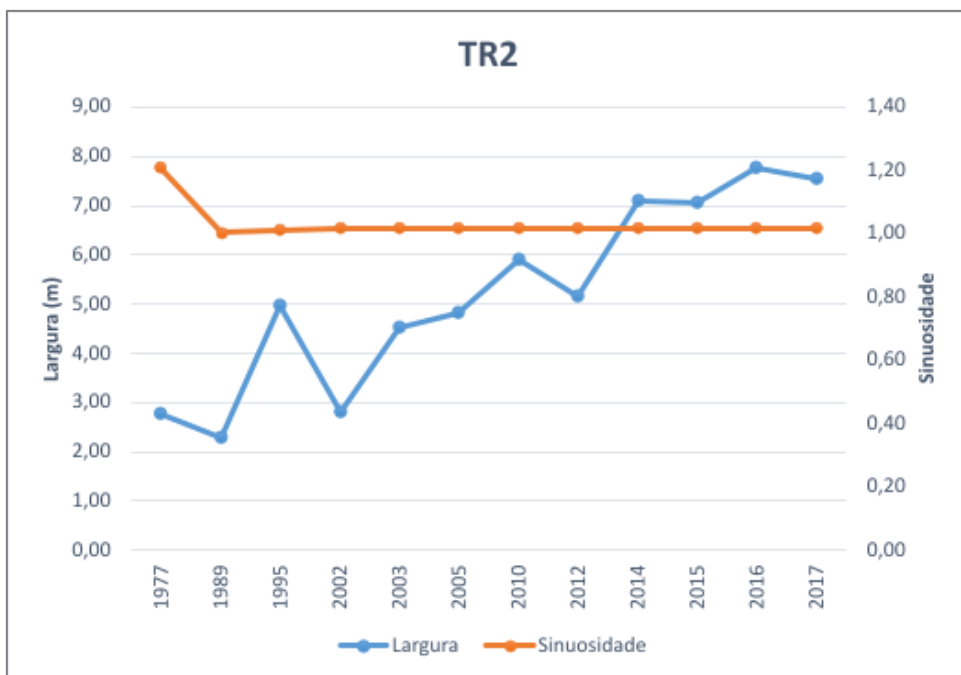


Figura 6. Largura e sinuosidade do TR2 entre os anos de 1977 e 2017.

5.2.3. TR3 - Baixo curso do ribeirão Maringá

A Fig. 7 apresenta a variação da largura entre os anos de 1977 a 2017. A largura média para o TR3 neste período é de 7,24 m. Os resultados demonstram que a largura média do trecho teve uma diminuição de 34,7%, de 12,14 m em 1977 para 9,01 m em 2017. De 1977 a 2003 a largura do trecho diminuiu em 222,8%. De 2005 a 2011 o trecho alargou-se e, posteriormente, estreitou-se entre 2011 a 2012. De 2012 a 2015 o aumento da largura média do trecho foi progressivo, em 2016 o trecho se estreita e em 2017 ocorre aumento da largura média. Com a avaliação de valores anuais, observou-se que a maior variação de aumento de largura média ocorreu entre 2014 e 2015 (1,77m), e o segundo maior aumento foi entre 2012 a 2014 (0,74), enquanto que se notou diminuições na largura média entre 1977 e 2003 (-0,32 m) e 2011 e 2012 (-0,34 m).

Quanto a sinuosidade do TR3 – baixo curso do ribeirão Maringá, a Fig. 7 mostra a variação de 1970 a 2017. Verifica-se que houve uma diminuição de 39,7% da sinuosidade do trecho, de 1,48 em 1970 para 1,06 em 1977, quando ocorreu a maior variância (0,09). De 1977 a 2017, houve pequena variação da sinuosidade e a variância se apresentou próximo a 0, portando, os valores de sinuosidade para esses anos se mantiveram relativamente homogêneos.

O aumento da largura média foi predominante de 2003 a 2017, no entanto, observou-se que o trecho apresentou diminuição de largura média nos anos de 2011-2012, em relação aos

anos que os antecederam na análise. Com relação a sinuosidade, a maior mudança observada foi entre os anos de 1970 e 1977 e de 1977 a 2017 a sinuosidade se manteve relativamente estável, indicando que o trecho não se ajustou a retificação e manteve o padrão retilíneo imposto artificialmente.

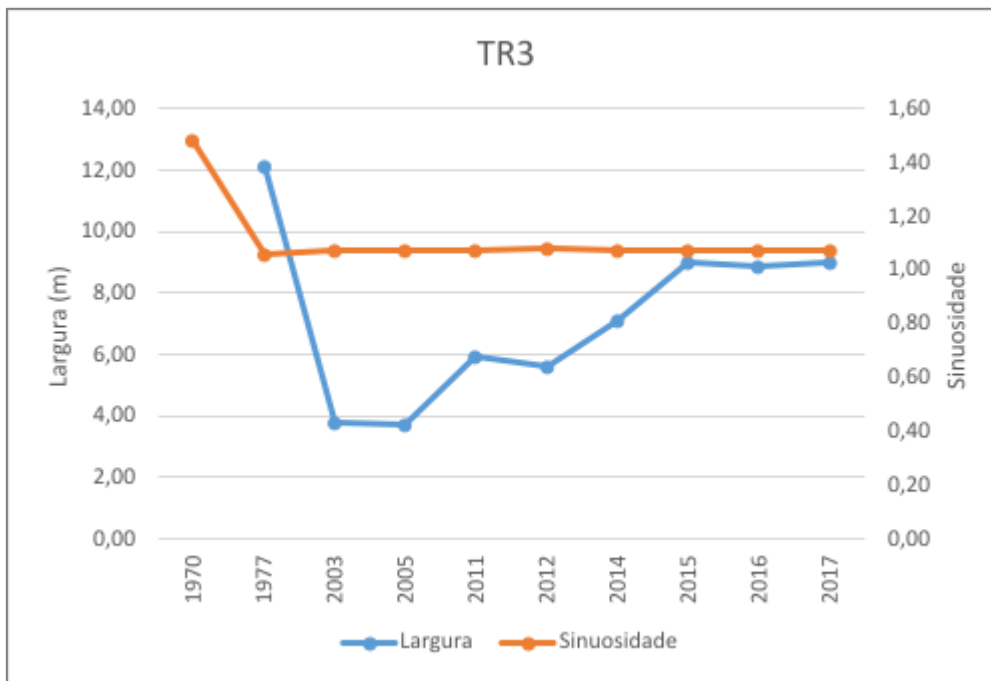


Figura 7. Largura e sinuosidade do TR3 entre os anos de 1970 e 2017.

5.2.4. Comparativo entre trechos

A Fig. 8 apresenta a variação de largura para os trechos analisados. Verifica-se que em ambos os canais, o aumento da largura média é predominante a partir do ano de 2003. Considerando a análise somente do ribeirão Maringá é possível observar que em 1977 no médio ribeirão Maringá no TR2 (a jusante da confluência com o córrego Mandacaru) o canal apresentava largura de 2,76m, enquanto que o TR3 – baixo curso do ribeirão Maringá apresentava largura de 12,14m, uma diferença de 341%. Nos anos de 2003 e 2005 é possível constatar que o médio curso tem largura média superior ao baixo curso e em 2012 o baixo curso torna-se um pouco mais largo. Em 2014 ambos os trechos apresentaram uma largura média de 7,10m. A partir de 2015 o baixo curso se torna mais largo que o médio curso, e no último ano analisado (2017), o baixo curso apresentava 1,46m a mais que o médio curso.

Por outro lado, é possível avaliar a possível correspondência entre a variação da largura entre o trecho analisado do baixo curso córrego Mandacaru e do médio curso do ribeirão Maringá, pois são contíguos. Tanto o TR1 – baixo curso do ribeirão Mandacaru, quanto o TR2

– médio ribeirão Maringá (jusante da confluência com o córrego Mandacaru), tiveram aumento de largura média entre os anos de 2005 e 2010 e diminuição de largura média entre 2010 e 2012 e aumento relativamente progressivo da largura a partir de 2012.

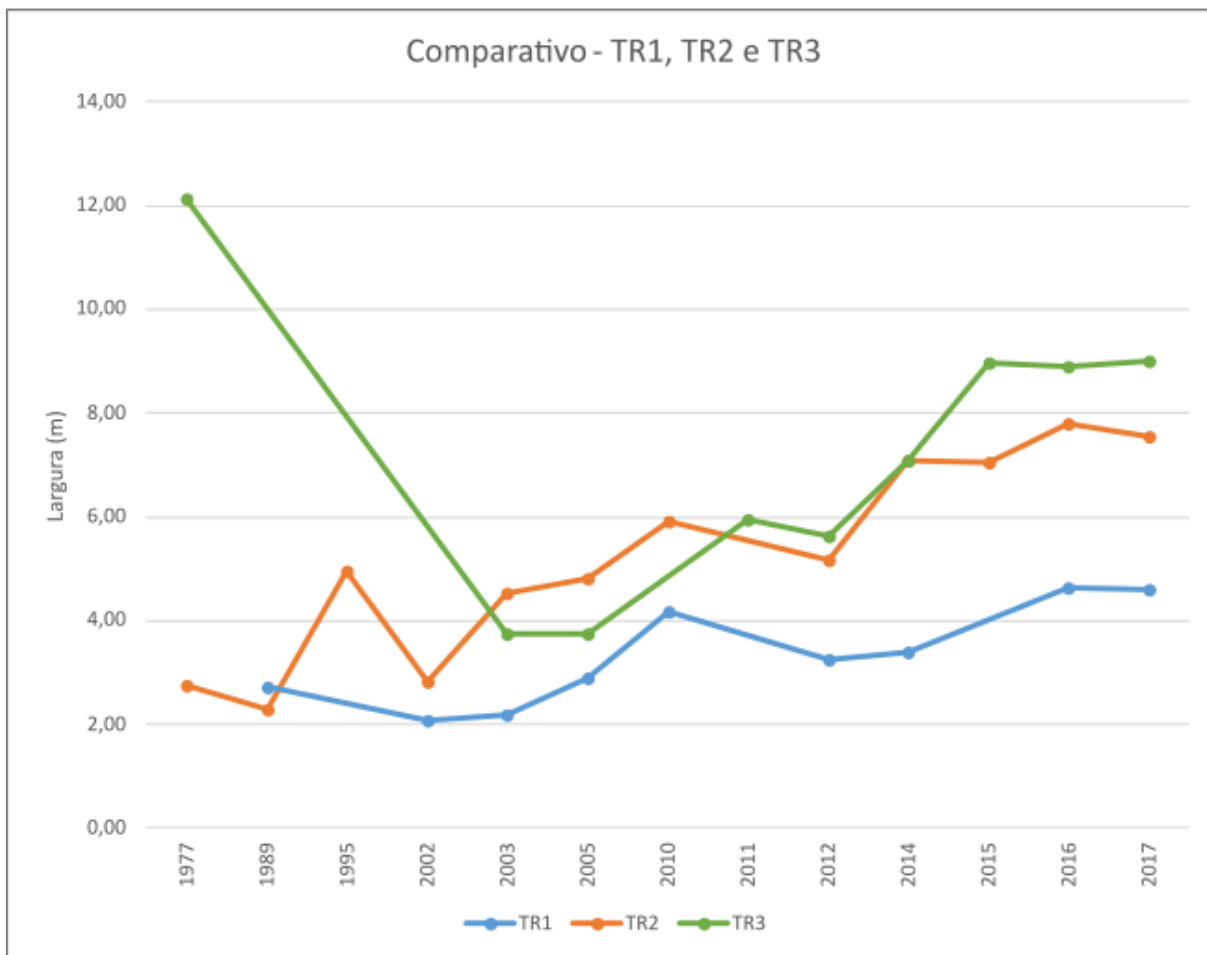


Figura 8. Largura dos trechos TR1, TR2 e TR3. Entre 1989 a 2017 para o TR1, 1977 a 2017 para o TR2 e TR3.

A Fig. 9 apresenta a variação de sinuosidade para os trechos analisados. Verifica-se que em ambos os trechos a sinuosidade se manteve relativamente estável a partir do ano de 2003. O TR1 – baixo curso do ribeirão Mandacaru e TR2 – Médio ribeirão Maringá (jusante da confluência com o córrego Mandacaru) apresentaram diminuição de sinuosidade entre 1977 a 1989 (TR1 23% e TR2 21%) e sinuosidade relativamente similares a partir do ano de 2002. No TR3 – baixo curso do ribeirão Maringá, a maior mudança de sinuosidade ocorreu entre 1970 e 1977 (42%).

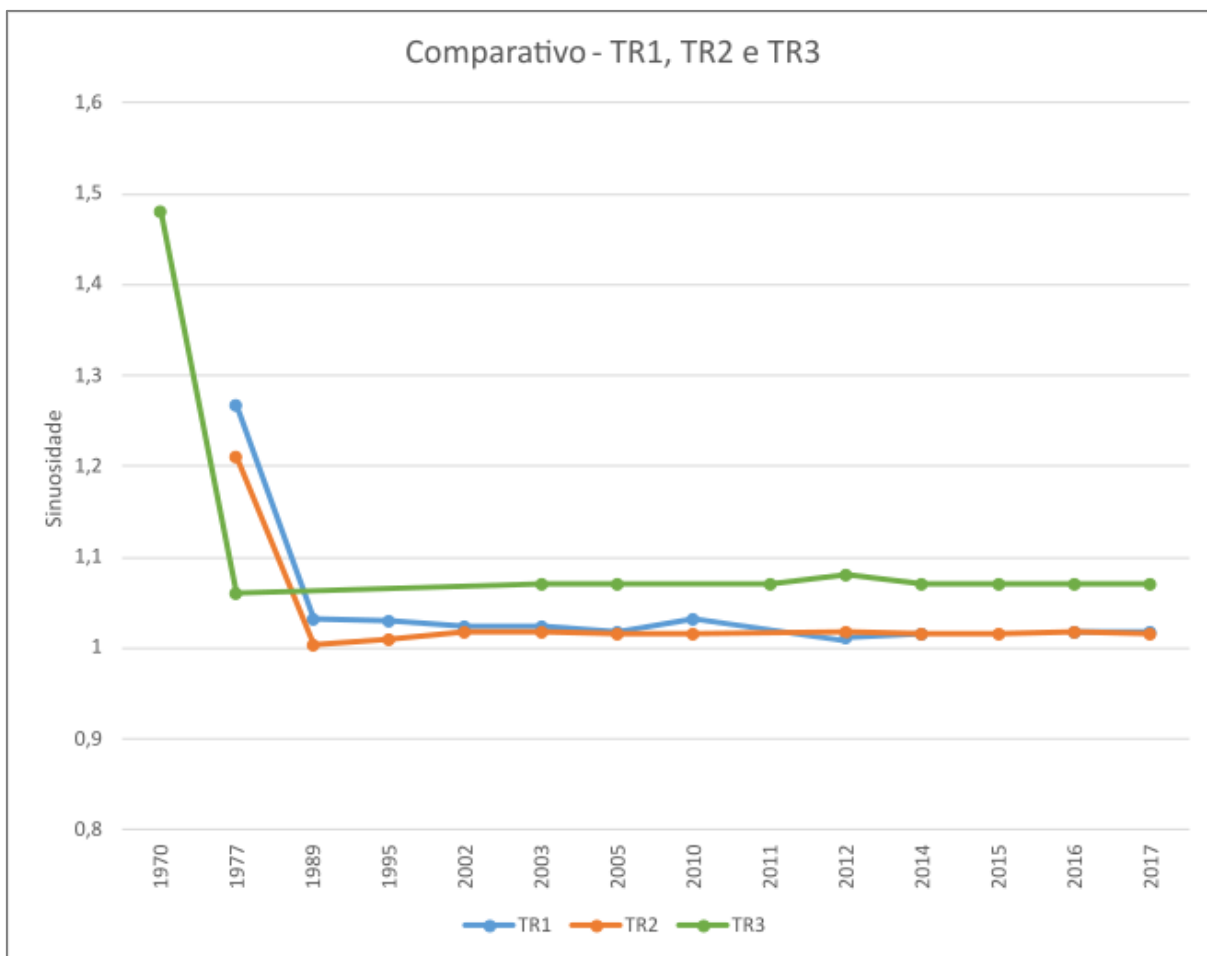


Figura 9. Sinuosidade dos trechos TR1, TR2 entre 1977a 2017 e TR3 entre 1970 e 2017.

5.3. Variação Urbana

A figura 10 apresenta variações anuais da área com urbanização na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá entre os anos de 1977 e 2017. Em 1977 o uso do solo urbano compreendia 6% (5,36km²) da área total da bacia hidrográfica, aumentando para 15% (13,25km²) em 1984, e em 1995 esse uso passa a compreender 20% (17,80km²). Em 2000, o uso urbano na bacia compreendia 25% (22,77km²) e em 2005 30% (27,12km²). No ano de 2010 a urbanização ocupava 33% (30,17km²) da bacia hidrografica, passando para 35% (31,36km²) no ano de 2012 e 38% (34,36km²) em 2017. De 1977 a 2017 houve um aumento de 535% (28,69km²) de uso de solo urbano.

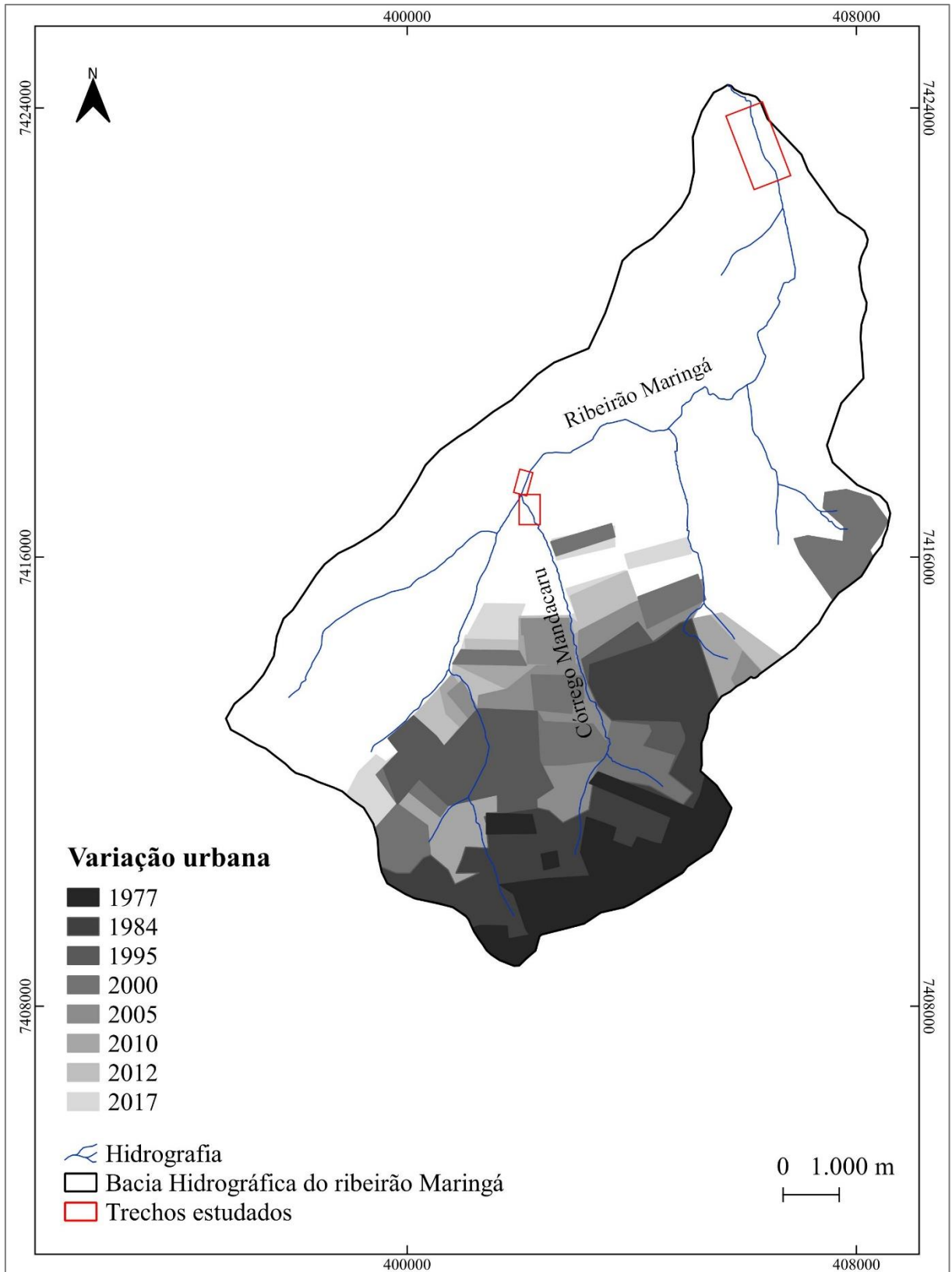


Figura 10. Variação da área urbana na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá entre os anos de 1977 e 2017.

Com relação ao uso de solo urbano na sub-bacia do córrego Mandacaru, em 1977 o uso do solo urbano compreendia 32% (5,06km²), aumentando para 46% (7,13km²) em 1984, e em 1995 esse uso passa a compreender 48% (7,54km²). Em 2000, uso urbano na sub-bacia compreendia 66% (10,31km²) e em 2005 81% (12,61km²). No ano de 2010 a urbanização ocupava 81,6% (12,75km²) da sub-bacia hidrográfica, passando para 82% (12,88km²) no ano de 2012 e 87% (13,64km²) em 2017. De 1977 a 2017 houve um aumento de 170% (6,51km²) de uso de solo urbano.

Através da avaliação da taxa anual foi possível identificar que os maiores aumentos de uso urbano na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá ocorreram nos períodos de 1977 a 1984 (1,13km²) e 1995 a 2000 (1,28km²). Já na sub-bacia do córrego Mandacaru, aumentos de uso urbano ocorreram nos períodos de 1995 a 2000 (550m²) e 2000 a 2005 (460m²).

6. DISCUSSÃO

A retificação inicialmente ocorreu no baixo curso do ribeirão Maringá (1970-1977) e posteriormente (1977-1989) em seu médio curso e também no baixo curso do córrego Mandacaru. Ao que se pode observar, houve apenas escavação na planície, pois as intervenções não incluírem impermeabilizações no leito ou diques artificiais. Os trechos possuíam uma sinuosidade média pré-retificação entre 1,21 e 1,48, os resultados demonstraram que esses canais se tornaram retilíneos e não restabeleceram a sinuosidade.



Figura 11. Morfologia retilínea no TR1 – baixo córrego Mandacaru, no lado direito é possível observar os patamares com presença de vegetação

Inicialmente é destacada algumas questões sobre a ausência de mobilidade lateral dos canais. As retificações ocorreram interceptando o traçado sinuoso dos canais, no entanto os depósitos transportados na bacia hidrográfica são provenientes do basalto que cria condições, reconhecidas em rios com equivalente proveniência litológica, com materiais finos e coesos, como o rio Ivaí, que por estar fortemente encaixado a montante da planície, não apresenta nenhuma mobilidade lateral de margens (SANTOS et. al, 2008). A ausência de resposta do canal à sinuosidade também pode estar relacionada ao aumento da urbanização na bacia hidrográfica, como observado no córrego Tamanduá (SILVA et. al (2017) e no rio Taihu, na China (DENG et. al., 2015). De modo que o aumento da magnitude dos fluxos com a drenagem do uso do solo predominantemente urbano favorece a incisão do leito (MONTANHER, 2010).

A urbanização na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá está concentrada no alto curso e tem gradativamente avançado sobre as áreas do baixo curso. A impermeabilização tem potencial de alteração no ciclo hidrológico, aumentando o escoamento superficial e consequentemente a quantidade e velocidade da água recebida pelo canal em períodos de pluviosidade (ROSA, 2017). Segundo Rigon (2010), a alta impermeabilização na bacia hidrográfica do córrego Mandacaru aumentou o escoamento superficial e o fluxo do canal em

períodos de maior concentração de chuva, tem desencadeando processos erosivos na margem. Entre maio de 2008 e setembro de 2009 o baixo curso do córrego Mandacaru apresentou uma taxa de erosão de margem de 40,92 cm/mês. Em comparação ao córrego Romeira, cuja bacia hidrográfica é rural, a taxa de erosão média foi de 0,25 cm/mês, com estabilidade durante períodos de precipitações elevadas (RIGON, 2010).

O contexto geral dos trechos avaliados da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá é resumido com i) a diminuição da largura após a retificação nos trechos TR1 (1989-2002), TR2 (1995-2002) e TR3 (1977-2003) e ii) predomínio dos 14 anos (2003-2017) recentes de expressivo aumento médio da largura destes trechos de 45% para o TR1, 66% para o TR2, e 140% para o TR3, com exceção de uma fase de diminuição registrada nos três trechos entre 2010-2012 e outra apenas no TR1 entre 2003-2005. O período de estreitamento possivelmente caracteriza-se pelo predomínio da erosão marginal intensa com queda de margens. Ou seja, os depósitos marginais que foram recentemente erodidos causam o estreitamento dos canais. Nos períodos seguintes esse material é retrabalhado (predominantemente erodido, mas parte retida com a construção dos patamares) e o canal apresenta aumento na largura (Fig. 12).

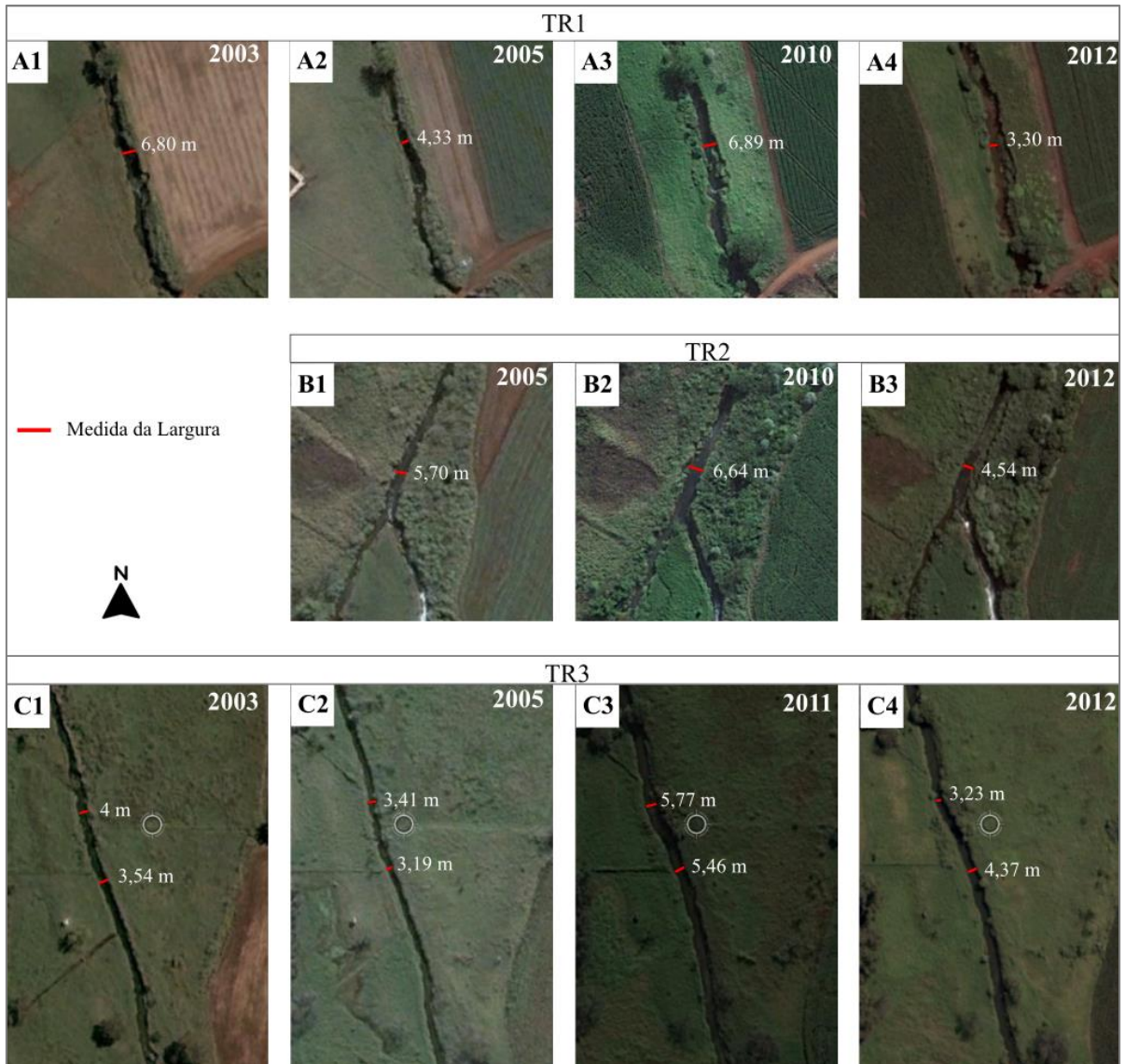


Figura 12. Variações da largura média entre 2003 e 2012. TR1 aumento de largura média em 2003 e 2010 (A1 e A3), diminuição de largura média em 2005 e 2012 (A2 e A4), TR2 diminuição de largura média em 2005 e 2012 (B1 e B3), aumento largura média em 2010 (B2), e TR3 aumento de largura média em 2003 e 2010 (C1 e C3), diminuição de largura média em 2005 e 2012 (C2 e C4).

As oscilações de aumento e diminuição da largura média, sugerem a ocorrência de microciclos dos modelos de Montanher (2013). De acordo com esse autor, as mudanças na morfologia do canal, ocasionadas pela urbanização, não ocorrem necessariamente de forma linear. Com o avanço da urbanização da bacia hidrográfica, os novos loteamentos modificam a quantidade de sedimentos que são entregues ao canal em contraponto as novas edificações construídas somam-se as preexistentes aumentando o escoamento superficial.

Como exemplo notou-se que em 2005, (Fig. 13A), próximo ao TR1 – baixo curso do ribeirão Mandacaru e TR2 – Médio ribeirão Maringá (jusante da confluência com o córrego

Mandacaru), foi possível observar duas áreas de loteamentos, em 2010, (Fig. 13B), as edificações já compreendem quase a totalidade dessas áreas. Entre 2005 e 2010 os da confluência com o córrego Mandacaru) apresentaram aumento da largura média (Fig. 6 e Fig. 7). Em 2012, (Fig. 13C), um novo loteamento foi instalado, entre 2010 e 2012, os trechos apresentaram diminuição da largura média.



Figura 13. Avanço da urbanização. Em A, novas áreas de loteamentos em 2005, em B, loteamento com edificações em 2010, e em C, novo loteamento em 2012.

A retificação possivelmente também implicou em variação da largura distinta ao TR3. A largura média desse trecho diminuiu durante o período analisado, no 1977 a 2003, partir de 2005 o aumento da largura média foi predominante. A largura encontrada neste trecho em 1977 pode estar relacionada a obra de retificação realizada na década de 1970, pois muitas das vezes esta obra é realizada juntamente com o alargamento do canal (ASSUMPCÃO e MARÇA, 2012), no entanto a ausência de dados não permite afirmar que essa modificação artificial tenha ocorrido de fato.

Com este estudo identificamos evidências que, como parte do retrabalhamento dos depósitos marginais (provenientes da erosão marginal e da construção de loteamentos) durante os eventos de elevada magnitude, formam-se patamares (Fig. 13). Como no alto curso a intensidade do fluxo é mais intensa (ou seja, o modelo acima tende a ser mais expressivo), há maior ocorrência de patamares nos TR1 e TR 2 em comparação ao TR3. Com a proximidade da urbanização no TR1, o fluxo propiciou até mesmo a formação de patamares rochosos, pois há elevada potência e poder erosivo neste trecho. Como constatado com o aumento do fluxo pela urbanização, no rio Itajaí-Açu na divisa dos municípios de Blumenau e Gaspar, em Santa Catarina, em que a erosão contínua das margens do rio resultou no aumento da largura do canal fluvial (SANTOS e PINHEIRO, 2002). E também com o estudo de Park (1977) que associou o

aumento na largura do rio Deer, localizado próximo à área urbana de Hostelwordthy, no Canadá, ao aumento da intensidade do fluxo gerado pela urbanização.

Patamares são depósitos de sedimentos fluviais nivelados que se assemelham a degraus, e ocorrem entre leito do canal e a planície de inundação. Apesar da semelhança superficial, são maiores, mais alongados e mais vegetados que as barras. Eles ocorrem como um modo de recuperação da erosão severa de margens durante períodos de grandes inundações, o sedimento derivado da margem é posteriormente redistribuído do centro do canal para as laterais durante as cheias (Erskine, 1996; Erskine e Livingstone 1999). A presença de patamares no córrego Mandacaru foi reconhecida anteriormente por Souza e Morais (no prelo). Diante das afirmações apresentadas, propõem-se um modelo de evolução dos trechos analisados a partir dos pontos representativos apresentados na Fig. 14. Em um primeiro momento Fig. 14. A, o canal se encontra em momento preliminar a ocupação da bacia hidrográfica. Em seguida (B), com o aumento do fluxo devido a impermeabilização da bacia hidrográfica, que desencadeiam processos erosivos e incisivos no leito do canal. Em (C) os processos erosivos, causam instabilidades nas margens, que se rompem e acumulam no canal, gerando períodos de estreitamento. Em (D) os depósitos marginais, culminam ao longo do tempo, na formação de patamares. Em (E) alguns casos, a intensa erosão das margens forma patamares rochosos.

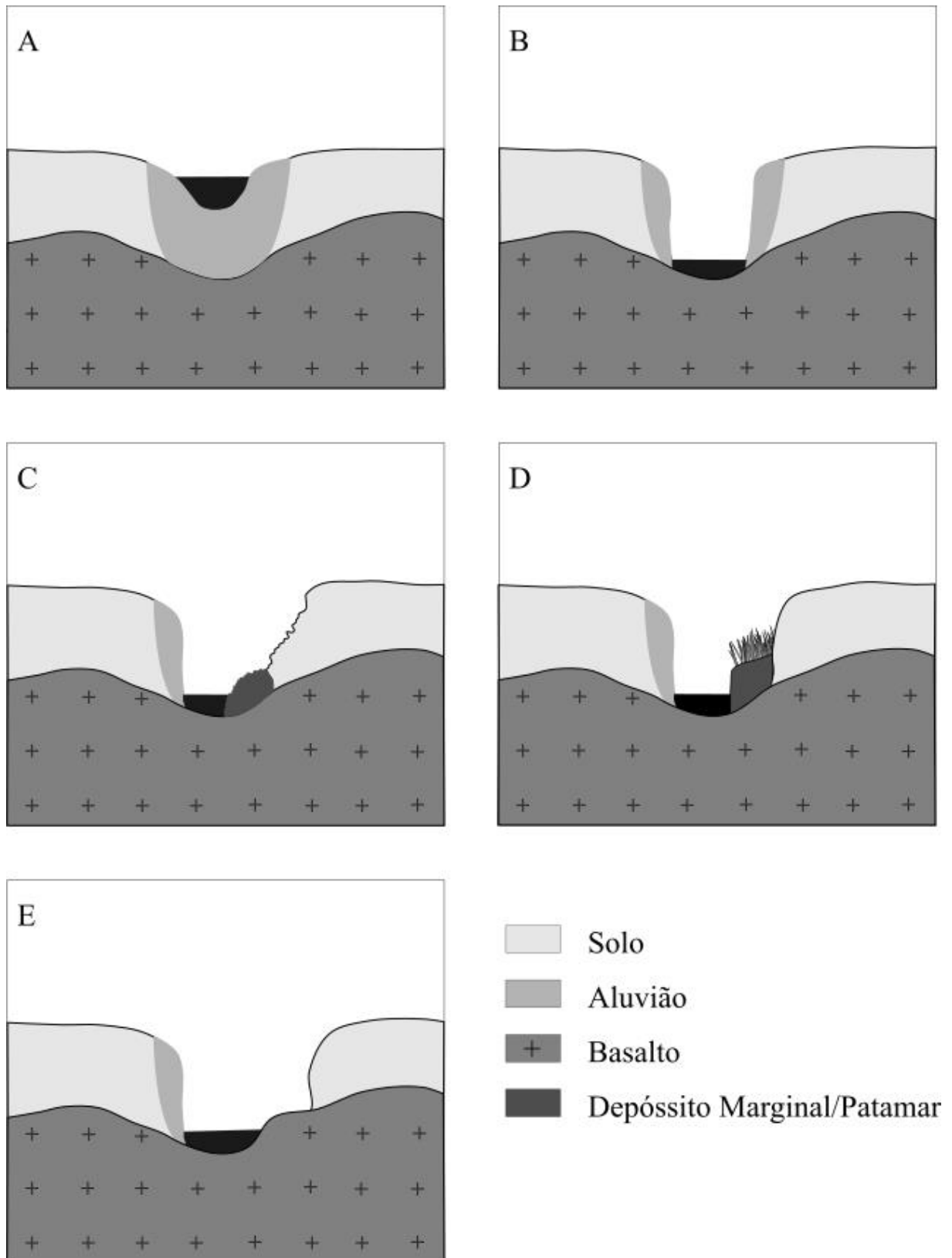


Figura 14. Modelo de evolução dos trechos analisados. Em (a), o canal em momento preliminar a ocupação da bacia hidrográfica, em (b) canal com erosão e incisão no leito devido a impermeabilização da bacia hidrográfica. Em (c) rompimento das margens e deposição marginal no canal. Em (d) patamar formado por depósitos marginais. Em (e) patamar rochoso.

No estudo de Montanher (2013), os canais analisados fluem sobre solos de textura arenosa, a deposição de materiais próximo a margem, constroem diques marginais que forçam o acúmulo de água nas laterais da planície aluvial. Isso influenciou na formação de lagoas artificiais. Nos trechos estudados neste trabalho, os solos provenientes de basalto, apresentam textura argilosa. Não foram identificadas grandes sedimentações como nos canais analisados por Montanher (2013), e sim formação de patamares originados pela queda de margens que se acumulam no leito do canal.

7. CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho possibilitou o entendimento das mudanças na morfologia e na morfometria de trechos do ribeirão Maringá que foram submetidos a retificação e estão sobre influência da urbanização, bem como a variação da urbanização da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá. Em análise inicial a partir de fotografias aéreas, observou-se que a morfologia original dos trechos era sinuosa, sendo na década de 1970 alterada artificialmente para retilínea.

A partir da análise de dados quantitativos, foi possível observar que nenhum dos trechos analisados apresentou ajuste de mobilidade lateral em relação a retificação, portanto, mantém o padrão retilíneo causado pela intervenção com maquinários que alterou a morfologia dos canais. Em relação a largura, durante o período analisado houve um predomínio de aumento na largura média dos trechos, com períodos de estreitamento. Em campo, notou-se que a variação da largura média que ocorreu nos trechos entre 2002 e 2012, são ocasionadas pela formação de patamares, oriundos de depósitos marginais que se acumulam no leito do canal. O expressivo aumento da urbanização na bacia hidrográfica, contribuiu para a instabilidade das margens e na formação dos patamares, que gerou períodos de estreitamento, também sendo responsável pelo retrabalhamento do material e o posterior alargamento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGHSAEI, H.; DINAN, N. M.; MORIDI, A.; ASADOLAHI, Z.; DELAVAR, M.; FOHRER, N.; WAGNER, P. D. Effects of dynamic land use/land cover change on water resources and sediment yield in the Anzali wetland catchment, Gilan, Iran. **Science of the Total Environment**, n. 712, 2020. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.136449.

ASSUMPCÃO, A. P.; MARÇAL, M. S. Retificação dos canais fluviais e mudanças geomorfológicas na planície do rio macaé (rj). **Revista de Geografia (UFPE)** V. 29, No. 3, 2012.

Atlas geomorfológico do Estado do Paraná Escala 1:250.000 modelos reduzidos Minerais do Paraná; Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 63 p.; il.

CHARLTON, Ro. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**. Londres: Routledge, 2007. 280 p. v. 1.

contexto deposicional. **Revista Brasileira de Geociências**, 24(3): 164-176, 1994.

DENG, X.; XU, Y.; HAN, L.; SONG, S.; YANG, L.; LI, G.; WANG, Y. Impacts of Urbanization on River Systems in the Taihu Region, China. **Water**, 7, 1340-1358, 2015. DOI 10.3390/w7041340

DIAS, W. A.; THOMAZ, E. L. Avaliação dos efeitos do pastoreio sobre a erosão em margens de canal fluvial em sistema de faxinal. *Sociedade & Natureza*, n. 23, p. 23-35, 2011.

DOWNS, P. W.; PIÉGAY, H. Catchment-scale cumulative impact of human activities on river channels in the late Anthropocene: implications, limitations, prospect. **Geomorphology**, n. 338, p. 88-104, 2019. DOI 10.1016/j.geomorph.2019.03.021.

ERSKINE, W. D.; LIVINGSTONE, E.A. Inchannel benches: the role of floods in their formation and destruction on bedrock-confined river. Capítulo 18. In: A.J. Miller and A. Gupta, (eds.), *Varieties of Fluvial Form*, p. 445–475, Wiley, 1999.

FERNANDES, L. A., COIMBRA, A. M. O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e

GILVEAR, D. J. Patterns of channel adjustment to impoundment of the upper river spey, Scotland (1942–2000). **River research and applications**, n. 20, p. 151–165, 2004. DOI 10.1002/rra.741.

HOOD, W. G. Indirect Environmental Effects of Dikes Channels: Thinking Outside of the Dike and Monitoring on Estuarine Tidal for Habitat Restoration. **Estuaries**, v. 27, n. 2, p. 273-282, 2004.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. ATLAS CLIMÁTICO DO ESTADO DO PARANÁ, 2019.

JABUR, I. C.; SANTOS, M. L. Revisão estrátigráfica da Formação Caiuá. **Boletim de geografia, Maringá** - Ano 2 - n.o 2, p. 91 – 106, 1984.

KESSTRA, S.D.; HUISSTEDEN, J.; VANDENBERGHE, J.; VAN DAM, O.; GIER, J.; PLEIZIER, I. D. Evolution of the morphology of the river Dragonja (SW Slovenia) due to land-use changes. **Geomorphology** 69, 191 – 207, 2005. DOI 10.1016/j.geomorph.2005.01.004.

KÖPPEN, W. Climatologia. **Com um estudo de los climas de la tierra**. Primeira edição em espanhol, 1948. E-book disponível <
https://issuu.com/lucaspestana/docs/koeppen_climatologia>

LOVI, E. **GEOMORPHOLOGICAL ASSESSMENT OF THE SEDIMENTARY DYNAMICS OF THE SUNDAY RIVER**. 2012. Tese de mestrado (Geografia, Estudos Urbanos e Ambientais) – Universidade Concórdia, 2012. Disponível em <
<https://spectrum.library.concordia.ca/id/eprint/974752/>>

LUZ, R. A. **MUDANÇAS GEOMORFOLÓGICAS NA PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO PINHEIROS, SÃO PAULO (SP), AO LONGO DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO**. 2015. Tese de doutorado (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, 2014. DOI 10.11606/T.8.2014.tde-29062015-152030.

MAGALHÃES, A. P. J.; BARROS, L. F. P. **Hidrogeomorfologia - Formas, processos e registros sedimentares fluviais**. 1. ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2020.

MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ S/A. ATLAS GEOLÓGICO DO ESTADO DO PARANÁ, 2001.

MONTANHER, C. O.; MORAIS, S. E. **Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira**. Capítulo 6. AJUSTAMENTO FLUVIAL À AGROPECUÁRIA, URBANIZAÇÃO E RESERVATÓRIO E ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DO IMPACTO DESSAS ATIVIDADES NOS RIOS BRASILEIROS, p. 128-160, 2022.

MONTANHER, O. C. Ajustes do sistema fluvial à impermeabilização urbana: estudo de caso em Terra Rica, PR. **Boletim de geografia, Maringá**, v. 28, n. 2, p. 185-197, 2010. DOI 10.4025/bolgeogr.v28i2.10381.

MONTANHER, O. C. Ciclos de erosão e sedimentação em bacias hidrográficas urbanas do noroeste paranaense e suas implicações no ajuste de sistemas fluviais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n.4, (Out-Dez) p.319-325, 2013.

MONTANHER, O. C. Levantamento de dados e análise de mudanças em sistemas fluviais por meio de geoprocessamento e sensoriamento remoto: proposta metodológica e estudo de caso. **Caminhos De Geografia**, 20(70), 136–157, 2019. DOI 10.14393/RCG207042420.

MONTANHER, O. C.; MINAKI, C. Precipitação em Maringá-PR: estatísticas descritivas, tendência de longo prazo e probabilidade de eventos extremos diários. **Revista do Departamento de Geografia**, Universidade de São Paulo, V. 39, 2020. DOI 10.11606/rdg.v39i0.164209.

MORO, D. Á. Aspectos geográficos da modernização agrícola no norte do Paraná. 1995. **Boletim de Geografia**, v. 13, n. 1, p. 79-83, 2011. DOI 10.4025/bolgeogr.v13i1.12165

MORO, D. Á. O êxodo rural e o crescimento populacional da cidade de Maringa no período de 1970 a 1980. 1998. **Boletim de Geografia**, v. 6, n. 1, p. 19-32, 2011. DOI 10.4025/bolgeogr.v6i1.12225.

MUNOTH, P.; GOYAL, R. Impacts of land use land cover change on runoff and sediment yield of Upper Tapi River Sub-Basin, India. **International Journal of River Basin Management**. 2019. DOI 10.1080/15715124.2019.1613413.

OLUTOYIN, F. A.; ADEYEMI, O. O. Landuse Types within Channel Corridor and River Channel Morphology of River Ona, Ibadan, Nig. **The Indonesian journal of geography**, Vol. 49, No.2, 111 – 117, 2017. DOI 10.22146/ijg.12738.

PONTINI, V. V. **INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS EM AMBIENTES FLUVIAIS: ESTUDO DE CASO NO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NOVO, PIÚMA (ES)**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, 2018. Disponível em < <https://geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br> >.

Reckziegel, B. W.; Robaina, L. E. S.; Oliveira, E. L. A. Mapeamento De Áreas De Risco Geomorfológico Nas Bacias Hidrográficas Dos Arroios Cancela E Sanga Do Hospital, Santa Maria-RS. **Revista do Departamento de Geociências** v. 14, n. 1, 2005. Disponível em < <http://www.geo.uel.br/revista> >.

RIGON, B. T. C. **AVALIAÇÃO TÊMPORO-ESPACIAL DO PROCESSO EROSIVO MARGINAL DOS CÓRREGOS MANDACARÚ E DA ROMEIRA – MARINGÁ-PR.** Tese de mestrado (Mestrado em geografia física) – Universidade Estadual de Maringá, 2010.

ROSA, A. F. **OS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE O CICLO HIDROLÓGICO NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO – MG.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Disponível em < <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19693> >.

RUBIRA, F. G. Análise Multitemporal da expansão urbana de Maringá durante o período de 1947 a 2014 envolvendo o parque municipal do cinquentenário e as principais áreas verdes do município. *Caderno de Geografia*, v.26, n. 46, 2016. DOI 10.5752/p.2318-2962.2016v26n.46p.333.

SALA, M. G. **INDICADORES DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA DO RIBEIRÃO MARINGÁ-PR. TESE DE MESTRADO** (Mestrado em geografia física) – Universidade Estadual de Maringá, 2005.

SAMPAIO, A. C. F. **O PROCESSO DE DEGRADAÇÃO E O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA FLORA NOS FRAGMENTOS FLORESTAIS DA ÁREA RURAL DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ, PARANÁ.** Tese de mestrado (Mestrado em geografia) – Universidade Estadual de Maringá, 2013.

SANTOS, G. F. dos; PINHEIRO, A. Transformações Geomorfológicas e Fluviais Decorrentes da Canalização do Rio Itajaí-Açu na Divisa dos Municípios de Blumenau e Gaspar (SC). **Revista Brasileira De Geomorfologia**, 3(1), 2002. <https://doi.org/10.20502/rbg.v3i1.10>.

SANTOS, L. M.; STEVAUX, C. J.; GASPARETTO, L. V. N.; SOUZA, E. E. Geologia e Geomorfologia da Planície Aluvial do Rio Ivaí em seu Curso Inferior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.9, n.1, p.23-34, 2008.

SANTOS, R. C.; MARÇAL, M. S. Caracterização dos ajustes e mudanças na morfologia do Rio São João, região das baixadas litorâneas do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia** v. 22, nº 1, 2021. DOI 10.20502/rbg.v22i1.1826.

SCHNEIDER, R. M.; FREIRE, R.; COSSICH, E. S.; SOARES, P. F.; FREITAS, F.H.; TAVARES, C. R. G. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. *Acta Scientiarum. Technology Maringá*, v. 33, n. 3, p. 295-303, 2011. DOI 10.4025/actascitechnol.v33i3.8385

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.

SILVA, A. J.; AMARAL, L. L.; PÔSSAS, B. I.; CHEREM, L. F. S. Mudanças na sinuosidade no trecho urbano do Córrego Tamanduá em Aparecida de Goiânia (GO): resultados qualitativos preliminares. "Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento ", XVII Simpósio brasileiro de geografia física aplicada - **I Congresso nacional de geografia física**, 2017, Campinas- SP.

THOMAZ, S. L. Sinopse sobre a geologia do Paraná. 1984. **Boletim de Geografia**, v. 2, n. 2, p. 76-90, 2011. DOI 10.4025/bolgeogr.v2i2.12276.

VALLE, R. A.; POMPEU, C. R.; RICCIARDI, R. L. G. F; OKAWA, C. M. P.; MARTINS, D. N.; PAREDES, E. A. Uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão Maringá - Maringá/Pr: análise da expansão urbana por meio do sig. **Revista Tecnológica Maringá**, v. 25, n. 1, p. 47-56, 2016. DOI 10.4025/revtecnol.v25i1.28371

VIEIRA, V. T.; CUNHA, S. B. Mudanças na Morfologia dos Canais Urbanos: Alto Curso do Rio Paquequer, Teresópolis –RJ (1997/98 – 2001). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 9(1), p. 3 – 22, 2008. DOI 10.20502/rgb.v9i1.97.

WOHL, E. **Rivers in the Landscape: Science and Management**. Colorado, USA: John Wiley & Sons, 2014. 330 p.

WOLFFENBÜTTEL, A. O que é? Desvio padrão. **Revista desafios do desenvolvimento**. Ano 3, Edição 23, 2006.