UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA

Rachel de Souza Maia

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FLUVIAL A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DOS ESTILOS FLUVIAIS DO RIO TAPEROÁ - SEMIÁRIDO PARAÍBANO

JOÃO PESSOA
2019

Rachel de Souza Maia

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FLUVIAL A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DOS ESTILOS FLUVIAIS DO RIO TAPEROÁ - SEMIÁRIDO PARAÍBANO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza.

JOÃO PESSOA
2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Catalogação na publicação Seção de Catalogação e Classificação

M217a Maia, Rachel de Souza.
Análise do comportamento fluvial a partir da classificação dos estilos fluviais da bacia do Rio Taperoá - Semiárido Paraibano / Rachel de Souza Maia. - João Pessoa, 2019.
108 f. : il.

Orientação: Jonas Otaviano Praça de Souza Souza. Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Rios semiáridos, geomorfologia fluvial, semiárido.
I. Souza, Jonas Otaviano Praça de Souza. II. Título.

UFPB/BC

Rachel de Souza Maia

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FLUVIAL A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DOS ESTILOS FLUVIAIS DA BACIA DO RIO TAPEROÁ - SEMIÁRIDO PARAÍBANO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza.

Aprovado em:09/09/2019

Prof. Dr. Jonas Otaviano de Praça Souza

Orientador

Prof. Dr. Richarde Marques da Silva

Examinador Interno

Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva

Examinadora Externa (UFPE)

"ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FLUVIAL A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DOS ESTILOS FLUVIAIS DA BACIA DO RIO TAPEROÁ – SEMIÁRIDO PARAÍBANO"

por

Rachel de Souza Maia

Dissertação apresentada ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente.

Aprovada por:

Jonas Souza

Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza

Orientador

Richarde Marques da Silva

Prof. Dr. Richarde Marques da Silva

Examinador Interno

Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva

Examinador Externo

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Curso de Mestrado e Doutorado em Geografia

Setembro/2019

Aos meus pais, que sempre acreditaram e investiram no meu potencial. O amor que tenho por eles, permite com que eu vá mais além.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que se fez presente nos momentos difíceis dessa pesquisa.

Agradeço a minha família inteira, em especial aos meus pais Ronald e Edjânia, que sempre com muito esforço e dedicação, proporcionaram a melhor educação que eu e meu irmão pudéssemos ter, estando sempre presentes em todos os momentos das nossas vidas nos dando apoio e principalmente amor, que em meu coração transborda por eles.

Agradeço em especial ao meu irmão Rômulo, que sempre me deu amor, carinho e irmandade, fazendo a minha vida mais leve e feliz por ter ele sempre ao meu lado.

A Amanda Medeiros, amiga, namorada e companheira que sempre acreditou e me deu forças para concluir mais essa etapa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza, pelos conselhos, orientação e ensinamentos.

Aos amigos do LEGAT, em especial Cecilia e professor Chico, que me acolheram e tornaram o tempo de pesquisa mais agradável e enriquecedor e Neto, pela ajuda nos trabalhos de campo na área de pesquisa.

Agradeço a minha tia Rosi, por quem tenho muito amor e respeito e que mesmo morando em cidades diferentes, sempre se fez presente em minha vida como uma segunda mãe, me dando todo amor, mas principalmente por sempre ter sido uma grande incentivadora em meus estudos.

Ao meu tio Antônio, que sempre me incentivou a seguir os caminhos da geografia e que com muito carinho sempre me acolheu em todos os momentos.

Agradeço a Raisa, Jeane, Camila's, Andreia por todas as conversas, conselhos e amizade. Agradeço aos meus grandes amigos Thais e Jeferson, que sempre me trouxeram felicidade em todos os momentos, me mostrando o sentido de uma verdadeira amizade.

Aos colegas da turma de 2017 que compartilharam o tempo e experiências nessa jornada curta. A todos os meus professores do departamento de geografia da UFPB, que de alguma contribuíram para a minha formação. A capes pelo incentivo financeiro que fez dessa pesquisa possível.

Caso tenha esquecido alguém, me perdoem, mas agradeço de forma geral a todos que de alguma forma me ajudaram e participaram dessa minha jornada.

A todos, o meu muito obrigada!

“Na vida, não existe nada a se temer, apenas a ser compreendido”.
Marie Curie

RESUMO

Em zonas semiáridas como o Nordeste brasileiro a problemática hídrica é mais visível e complexa em razão do baixo volume de precipitação e sua distribuição irregular, espacialmente e temporalmente, estando associado aos altos índices de evapotranspiração que fazem com que as reservas hídricas sejam escassas. Desta forma as políticas públicas para o semiárido estão voltadas para a construção de barragens como forma de gestão dos recursos hídricos, contudo o planejamento desses reservatórios, normalmente, se baseia apenas na quantidade de precipitação da área de drenagem, que seria o total de água disponível para o reservatório. A pesquisa tem por objetivo principal analisar o comportamento fluvial, dando enfoque na condição ambiental e geomorfológica dos rios e na sua capacidade de ajuste e para isso, foram feitas o uso e aplicação da proposta teórica-metodológica Estilos Fluviais, que tem por objetivo caracterizar os canais fluviais. Para atingir os objetivos da pesquisa foram necessárias algumas etapas metodológicas como: utilização do geoprocessamento e do sensoriamento remoto, que antecederam os trabalhos de campo nos meses de julho e agosto de 2018 e abril e maio de 2019, análise e mapeamento dos estilos fluviais e capacidade de ajuste. Assim foram feitos mapas temáticos de MDE, declividade, geomorfológico, unidade de paisagem, geologia, uso do solo e solos), sendo dados necessários para alcançar os objetivos da pesquisa e que foram obtidos de fontes diversas: Levantamento de solos da Paraíba, AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) entre outros. Ainda assim, para se ter o desenvolvimento dos modelos de elevação (MDEs) e mapa declividade, foi feito o uso do sensoriamento remoto a partir das imagens do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) com resolução de 12,5 m do ano de 2011 e para ara o mapa de uso do solo, foram feitas classificações na composição 7,5 e 3 (bandas espectrais) RGB (*Red, Green and* Blue) de falsa cor das imagens do sensor OLIE no LANDSAT 8, sendo uma forma de conhecer melhor a bacia em questão. Na Bacia do Rio Taperoá os estilos encontrados foram, cabeceira de drenagem, canal retilíneo, canal arenoso com planície contínua, canal arenoso com planície descontínua, canal irregular com planície descontínua, múltiplos canais com afloramento rochoso e canal arenoso com soleira. Na Bacia do Rio Taperoá foram encontrados níveis de capacidade de ajuste entre alta, moderada e baixa capacidade de ajuste dos canais. Desta forma a avaliação da capacidade de ajuste e dos estilos fluviais disponibiliza informações que fundamentais, no que diz respeito a criação de cenários futuros a partir de possíveis mudanças estruturais coerentes para os processos geomorfológicos no sistema fluvial. Deste modo, ao reconhecer os pontos fundamentais para identificar a capacidade de ajuste, como mapear os estilos fluviais e identificar os ajustes contemporâneos em função das mudanças e prováveis alterações nos cursos fluviais, tornou-se possível aplicar a metodologia, demostrando-se satisfatória, reunindo os dados necessários para cumprir os objetivos propostos.

Palavras-chave: Semiárido; Estilos fluviais; Capacidade de ajuste; Taperoá - PB

ABSTRACT

In semiarid areas such as Northeastern Brazil, the water problem is more visible and complex due to the low volume of rainfall and its irregular distribution, spatially and temporally, being associated with the high evapotranspiration rates that make the water reserves scarce. Thus, public policies for the semi-arid are focused on the construction of dams as a form of water resources management, however, the planning of these reservoirs is usually based only on the amount of precipitation from the drainage area, which would be the total available water. to the reservoir. The main objective of the research is to analyze the fluvial behavior, focusing on the environmental and geomorphological condition of the rivers and their adjustment capacity. For this, the use and application of the theoretical-methodological proposal Fluvial Styles, which aims to characterize river channels. To achieve the research objectives, some methodological steps were necessary, such as: use of geoprocessing and remote sensing, which preceded the field work in July and August 2018 and April and May 2019, analysis and mapping of river styles and capacity. of adjustment. Thus, thematic maps of DEM, slope, geomorphological, landscape unit, geology, land use and soils were made, being necessary data to reach the research objectives and obtained from different sources: Paraíba Soil Survey, AESA (Paraíba State Water Management Executive Agency) among others. Still, to have the development of elevation models (MDEs) and slope map, remote sensing was used from the Advanced Land Observing Satellite (ALOS) images with a resolution of 12.5 m from 2011. and for the land use map, false color classification (RGB, Red, Green and Blue) 7.5 (3) spectral bands were made from the LANDSAT 8 OLIE sensor images, being a better way of knowing the basin in question. In the Taperoá River Basin, the styles found were: drainage head, rectilinear channel, continuous plain sandy channel, discontinuous plain sandy channel, irregular discontinuous plain channel, multiple channels with rocky outcrop and sandy channel with threshold. In the Taperoá River Basin were found levels of adjustment capacity between high, moderate and low channel adjustment capacity. Thus, the assessment of the ability to adjust and river styles provides information that is fundamental, regarding the creation of future scenarios from possible coherent structural changes for the geomorphological processes in the river system. Thus, by recognizing the key points to identify the ability to adjust, such as mapping river styles and identifying contemporary adjustments in light of changes and likely changes in river courses, it became possible to apply the methodology, demonstrating satisfactory, bringing together the data necessary to

Keywords: Semiarid; River styles; Adjustability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:O Conceito do Continuum fluvial 19
Figura 2: Mapa de localização da Bacia do Rio Taperoá 38
Figura 3: Mapa de geologia da Bacia do Rio Taperoá 39
Figura 4: Modelo Digital de Elevação - Bacia do Rio Taperoá 41
Figura 5: Declividade - Bacia do Rio Taperoá 42
Figura 6: Solos - Bacia do Rio Taperoá 43
Figura 7: Sequência dos Estilos fluviais 45
Figura 8: Sequência de procedimentos para identificação dos estilos fluviais 49
Figura 9: GPS Garmin e Estação total Ruide RTS 820. 50
Figura 10: Análise de textura de Thien (1979) 51
Figura 11: Sequência dos Estilos fluviais 53
Figura 12: Confinamento e unidades de paisagem da Bacia do Rio Taperoá 57
Figura 13: Perfil longitudinal e área de captação do Rio Taperoá 62
Figura 14: Perfil longitudinal e energia do fluxo do Rio Taperoá 63
Figura 15: Perfil longitudinal e o gradiente do Rio Taperoá 64
Figura 16: Estilo fluvial de canal arenoso com planície contínua (BRT 3) 65
Figura 17: Unidades geomórficas no canal (BRT 3) 66
Figura 18: Canal com área alagada e intervenção antrópica 67
Figura 19: Perfil lateral do canal arenoso com planície contínua - BRT 3. 67
Figura 20: Estilo fluvial de canal arenoso com planície descontínua (BRT 4) 69
Figura 21: Canal único, com leito franco arenoso (BRT 4) 70
Figura 22: Canal único, preenchido por água (BRT 4) 71
Figura 23: Perfil lateral canal arenoso com planície descontínua - BRT 4. 72
Figura 24: Estilo fluvial de canal irregular com planície descontínua (BRT 5) 74
Figura 25: Unidades geomórficas do BRT 5 a montante 75
Figura 26:Unidades geomórficas do BRT 5 a jusante 75
Figura 27: Perfil lateral canal irregular com planície descontínua - BRT 5. 76
Figura 28: Estilo fluvial de canal arenoso com soleiras rochosas BRT 7. 78
Figura 29: Unidades geomórficas do BRT 7 a jusante 79
Figura 30: Unidades geomórficas do BRT 7 a montante 79
Figura 31: Perfil lateral canal arenoso com soleiras rochosas - BRT 7 80
Figura 32: Estilo fluvial de cabeceira de drenagem BRT 1. 82

Figura 33: Canal principal do BRT 1 a jusante 83
Figura 34: Unidades geomórficas BRT 1 a montante..... 84
Figura 35: Perfil lateral de cabeceira de drenagem..... 85
Figura 36: Estilo fluvial de canal retilíneo BRT 2..... 87
Figura 37: Canal com a presença de fluxo BRT 2..... 88
Figura 38: Unidades geomórficas do canal retilíneo a montante 88
Figura 39: Perfil lateral do BRT 2..... 89
Figura 40: Estilo fluvial de múltiplos canais com afloramento rochoso BRT 6. 91
Figura 41: Unidades geomórficas BRT6 à jusante..... 92
Figura 42: Unidade geomórficas do BRT 6 à montante 92
Figura 43: Perfil lateral do BRT 6..... 93

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 14

OBJETIVO GERAL 15

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 16

1.1 Sistemas fluviais semiáridos e Estilos fluviais 16

1.2 Modificação, degradação fluvial e condição ambiental 30

1.3 Restauração e manejo fluvial 32

1.4 Modelos de evolução 34

1.5 Sensitividade da paisagem 36

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA 38

3 MATERIAIS E MÉTODOS 45

3.2 Mapeamento dos estilos fluviais 45

3.2.1 Unidades de paisagem 46

3.2.2 Definição dos estilos fluviais 47

3.2.3 Definição do comportamento dos estilos fluviais 47

3.3 Avaliação da evolução e condição geomórfica do rio 52

3.3.1 A capacidade de ajuste dos estilos fluviais 53

3.3.2 A evolução do rio como base para uma alteração geomórfica irreversível uma condição de referência 54

4 RESULTADOS 57

4.1 ESTILOS FLUVIAIS DO RIO TAPEROÁ 57

4.1.1 Não confinados 65

4.1.2 Parcialmente confinados 69

4.1.3 Confinados 81

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 100

6 REFERÊNCIA 102

INTRODUÇÃO

Em zonas semiáridas como o Nordeste brasileiro a problemática hídrica é mais visível e complexa em razão do baixo volume de precipitação e sua distribuição irregular, espacialmente e temporalmente, estando associado aos altos índices de evapotranspiração que fazem com que as reservas hídricas sejam escassas (VIEIRA, 2003).

Desta forma as políticas públicas para o semiárido estão voltadas para a construção de barragens como forma de gestão dos recursos hídricos, contudo o planejamento desses reservatórios, normalmente, se baseia apenas na quantidade de precipitação da área de drenagem, que seria o total de água disponível para o reservatório (OLIVEIRA e LANNA, 1997).

Assim o semiárido nordestino visto apenas por esse viés de baixa precipitação, alta evapotranspiração e escassez hídrica, acaba negligenciando questões relacionadas às dinâmicas de produção, transporte e sedimentação do sistema; entre outras questões com ênfase em geomorfologia fluvial; necessárias para a gestão ambiental da área, e não apenas para as questões políticas/sociais dos usos da água (SOUZA, 2014).

Desta maneira, a necessidade de otimizar a gestão dos recursos hídricos acaba por impulsionar pesquisas voltadas ao entendimento da dinâmica dos sistemas fluviais semiáridos. Para tal, a estrutura teórica para o entendimento do sistema fluvial parte da abordagem sistêmica, que tem como principal característica a visão integrada e que se preocupa em analisar as inter-relações dos elementos, onde a compreensão do comportamento e funcionamento dos sistemas só será possível com estudos integrados dos elementos e organização dos mesmos como um todo (MATTOS e PEREZ FILHO, 2004).

Buscando entender de forma sistêmica e complexa, a abordagem teórica metodológica dos estilos fluviais (BRIERLEY e FRYIRS, 2005) guia os estudos que visam caracterizar atributos específicos existentes no sistema fluvial, possibilitando uma melhor compreensão da dinâmica fluvial, onde a metodologia vai fornecer dadas e informações que irão visar a construção de metas e cenários para o manejo fluvial e recuperação desses ambientes fluviais, isso sendo possível analisar através de cada estilo fluvial existente na bacia estudada.

A abordagem metodológica dos estilos fluviais já vem sendo aplicada para o semiárido, com o objetivo de classificar os canais, as unidades e os processos responsáveis pela dinâmica geomorfológica, que compõe esse ambiente fluvial semiárido. Maia em (2016), utilizou metodologia para identificar e tipificar os canais de uma bacia semiárida do cariri

paraibano, e deu enfoque nas características que as unidades geomórficas forneceram para o estudo.

A pesquisa visa à compreensão dos sistemas ambientais norteando e verticalizando o estudo para o sistema fluvial, pretendendo gerar informações das características e do comportamento fluvial, mas principalmente da condição ambiental na qual os rios se encontram. Sendo ela uma abordagem complexa e inédita para o semiárido, as informações serão importantes e utilizadas para embasar estudos futuros, que se voltem para uma gestão otimizada dos recursos hídricos, intrínsecos nesses ambientes fluviais semiáridos da pesquisa em questão, onde os trechos pertencem a Bacia do Rio Taperoá, Cariri Paraibano.

OBJETIVO GERAL

A pesquisa tem por objetivo principal analisar o comportamento fluvial, dando enfoque na condição ambiental e geomorfológica dos rios e na sua capacidade de ajuste, utilizando a proposta teórico-metodológica dos estilos fluviais como forma de avaliar as possibilidades de recuperação para esse ambiente fluvial semiárido.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os tipos de canais da bacia e definir os estilos fluviais por trechos representativos;
- Caracterizar cada estilo fluvial da bacia do Rio Taperoá, a partir da matriz de informação dos perfis longitudinais e laterais;
- Avaliar a capacidade de ajuste dos rios;
- Determinar e explicar a condição ambiental e geomorfológica para cada estilo elencado na bacia.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Sistemas fluviais semiáridos e Estilos fluviais

Até o início do século XX a ciência moderna, incluindo a geografia, foi influenciada pelas heranças mecanicistas embasado no positivismo (GOMES E VITTE, 2010), sendo a partir de Bertalanffy e a teoria geral dos sistemas consolidada na década de 1950, que os estudos na ótica holística e da totalidade são retomados, onde a paisagem passa a ser analisada a partir da interação dos seus elementos, mas preocupando-se no que isso vai influenciar para o todo (SOUZA, 2013).

No âmbito da geografia é a partir da segunda metade do século XX que os teóricos da ciência geográfica vêm consolidando a discussão epistemológica da abordagem sistêmica e (re) definindo, ao progredir da ciência, novos conceitos e novas abordagens para esta concepção metodológica e a partir daí as questões ambientais teriam como base teórica – metodológica a pesquisa sistêmica do Sotchava "1977", objetivando um estudo integrado, e não sobreposto do meio natural, por meio da síntese e da análise de sua dinâmica, apoiado numa base teórica e metodológica mais consistente e que persiste até atualmente (AMORIM, 2012).

Torna-se importante enfatizar que a abordagem sistêmica possibilita uma maior compreensão do ambiente natural físico, de seu comportamento dinâmico e não linear, dos mecanismos de mudanças. Contudo é indispensável, quando se fala de sistema, observar a escala e detalhamento, no qual existe determinado número de variáveis os que podem ou não viabilizar a análise, pois os sistemas complexos são compostos de muitos subsistemas (SOUZA, 2013). Portanto a escolha da escala é essencial para ter-se um direcionamento no que será analisado, onde ter a possibilidade de se fazer uma análise multiescalar permite um maior enfoque sistêmico (SOUZA e CORRÊA, 2012).

Para compreender o sistema é importante saber que o mesmo é composto e se organiza em três pilares importantes: matéria, estrutura e energia. Onde devem ser considerados como fatores determinantes na identificação do ambiente o seu potencial ecológico e a exploração biológica, embora sejam fenômenos naturais, é indiscutível a interferência das atividades antrópicas em seu funcionamento, considerando ainda a sua dinâmica, que é caracterizada pela transferência de matéria e energia (AMORIM, 2012). Segundo Christofoletti (1980), a matéria do sistema seria a parte física que é movimentada a partir da energia diz que, a energia seria a força potencial ou cinética responsável por fazer com que o sistema funcione, já a estrutura diz respeito a maneira com que os elementos do mesmo se relacionam e se

organizam. A forma com que o sistema se relaciona dinâmica e não linearmente caracteriza os sistemas complexos, no qual uma mudança vai gerar diferenciações nos processos podendo atingir as formas e modificá-las, alterando a sua estabilidade e equilíbrio dinâmico.

Intrínsecos na abordagem sistêmica estão os sistemas complexos, que se define como um todo organizado, no qual os elementos se inter-relacionam e formam um todo integrado (MATTOS e PEREZ FILHO, 2004). Para caracterizá-lo como complexo leva-se em consideração as ideias de estabilidade, equilíbrio, limar de mudança e retroalimentação, configurando a sua complexidade. O equilíbrio do sistema estará ligado aos três pilares (matéria, estrutura e energia) representando o ajuste por completo de suas variáveis internas a condições externas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Assim quando um sistema sofre algum distúrbio o seu estado de equilíbrio pode ser quebrado, podendo gerar mudanças em um dos elementos que compõem o sistema, alterando o estado de equilíbrio e o seu limiar de mudança (HUGGETT, 2007; SOUZA, 2013), que seria o nível de energia necessária para levar a uma alteração no estado do sistema. É reajustando as variáveis do sistema que o mesmo busca por seu equilíbrio novamente e consequentemente um novo limiar de mudança, assim a ideia de equilíbrio dinâmico de um sistema configura a sua complexidade e o que diz respeito à estabilidade do sistema.

Caso o distúrbio gere algum tipo de modificação pode haver os processos de retroalimentação, que seria quando uma mudança inicial que gera mudanças secundárias, afetando o seu equilíbrio. Quando perturbado o sistema responderá de duas formas: positiva ou negativamente, onde a primeira amplia os efeitos dos distúrbios podendo colapsar o sistema e a segunda que garante a minimização dos mesmos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A partir abordagem sistêmica, torna-se possível compreender o sistema fluvial como sendo um sistema ambiental físico, ou seja, a compreensão e análise dos elementos só são possíveis quando se estuda os elementos e suas inter-relações, reafirmando a ideia central de sistemas, que o todo é maior que a soma das partes. A importância de se entender o sistema fluvial em sua totalidade e o que diz respeito aos seus controles à montante, mostra-se como sendo algo crucial para o entendimento do comportamento de um rio e sua morfologia (SCHUMM, 1977).

Ao se pensar o sistema fluvial de forma idealizada pode-se dividi-lo em três partes: zona fonte de sedimento, a rede de transporte e os sítios de deposição. Ou seja, será toda área que irá produzir o sedimento, transportá-lo e acumulá-lo respectivamente, o que configura os domínios processuais da bacia, não se comportando de forma excludente, como enfatizado por Schumm (1977).

A bacia hidrográfica serve de recorte espacial e adequa-se na abordagem sistêmica, tendo diferentes definições, que aqui será utilizada com o foco na gestão da paisagem, visando o planejamento ambiental e na perspectiva hidrológica que Shiavetti e Camargo em (2002), que coloca como sendo o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes, representando desta maneira uma forma apropriada para o estudo em questão que leva em consideração os aspectos quantitativos e qualitativos do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes (SHIAVETTI e CAMARGO; 2002).

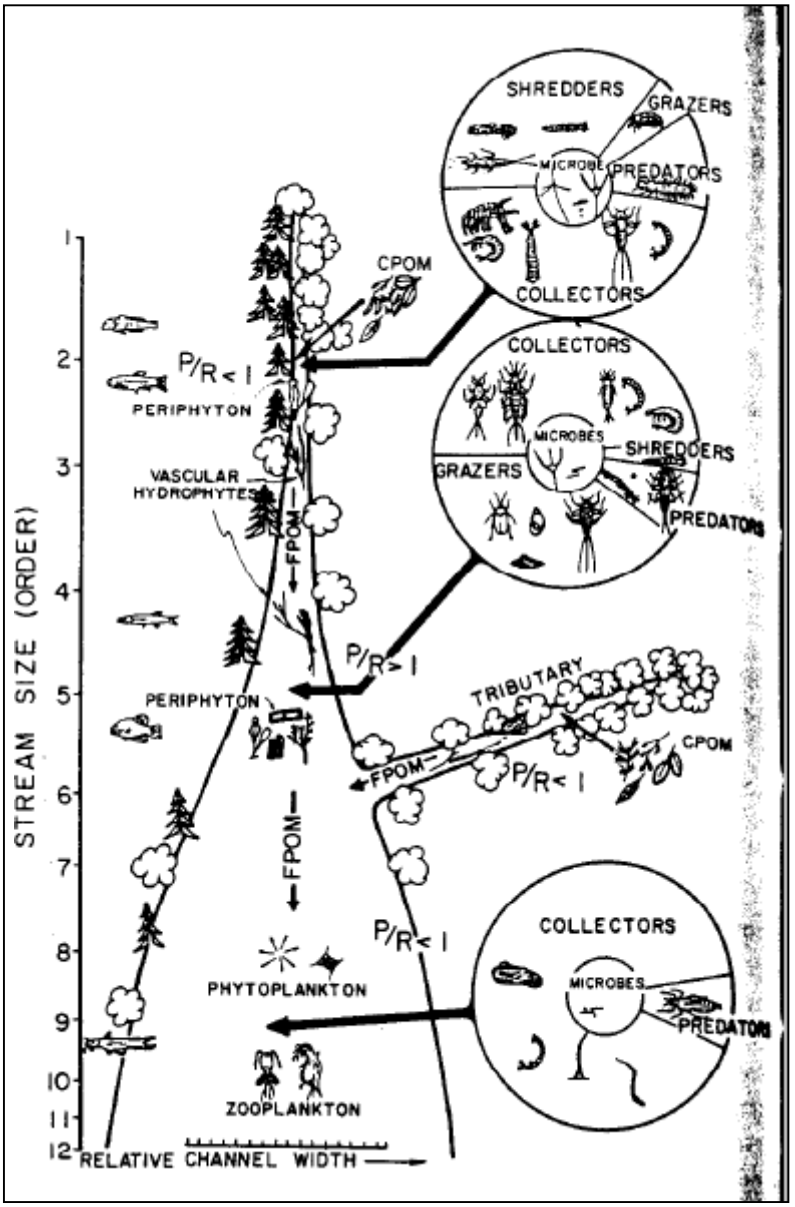
Assim esse conceito de bacia acomoda os processos fluviais de produção, erosão e deposição de sedimentos que podem estar acontecendo em uma mesma localidade e nas três zonas processuais (CHRISTOFOLETTI, 1980; SOUZA, 2013).

Escolhido o recorte espacial sistêmico e tendo como base os domínios processuais clássicos (produção, transporte e deposição), é importante atentar-se para outros fatores condicionantes da dinâmica fluvial, como o clima e a geologia e a variações dos mesmos no interior da bacia, os quais modificam as condições de transporte de fluxo de água, sedimentos e consequentemente na eficiência da transferência de energia e matéria, modificando assim os processos sedimentológicos atuantes (SOUZA e ALMEIDA, 2015; SCHUMM, 1977).

A ideia de *continuum* fluvial traz à tona a diversidade fluvial na perspectiva do perfil longitudinal (ideal), onde o rio começa nas cabeceiras de drenagem, possuintes de alta declividade, mas vai ficando mais plano, com menor energia, surgindo assim novas unidades. Em um modelo ideal as variáveis físicas no sistema fluvial apresentam gradiente contínuo, que geram respostas aos constituintes desse sistema e geram reajustes aos padrões de carregamento, transporte e armazenamento ao longo do rio (zonas processuais).

Dessa maneira que muitas comunidades ocuparam áreas de rios, onde a diferenciação dos gradientes físicos subsidiava determinadas espécies, dando o alicerce necessário para essas comunidades se desenvolverem, permitindo assim a estruturação do conceito de "River Continuum"(Figura 1), que de maneira geral tenta explicar as mudanças longitudinais no sistema fluvial, em todas a suas variáveis e identificando as conexões existentes entre a bacia hidrográfica, canal e planície de inundação (VANNOTE *et al*., 1980).

Figura 1:O Conceito do Continuum fluvial.



Fonte: VANNOTE *et al*., 1980.

Tentando entender de que maneira funcionam as estruturas fluviais e seus gradientes físicos, o conceito de continuum fluvial desenvolve-se, perpassando por uma visão ecológica do rio, que analisa a interação geomorfológica e hidrológica, a partir das quatro dimensões fluviais pertinentes (MARÇAL e LIMA, 2016). A dimensão longitudinal e lateral, o que diz respeito a inter-relação jusante-montante e canal-encosta, respectivamente.

Assim o *continuum* fluvial está em equivalência com a forma como o sistema do rio utiliza sua energia cinética para alcançar um equilíbrio dinâmico, ao longo de todo o rio,

sendo possível com essa concepção auxiliar na definição do que está degradando o rio e pensar em um planejamento para restaurar o mesmo (VANNOTE *et al*, 1980).

Pensar em equilíbrio dinâmico de um rio faz referência a compreender de que maneira esse sistema se relaciona dinamicamente e não linearmente, o que caracteriza os sistemas complexos, onde uma mudança vai gerar diferenciações nos processos, podendo atingir as formas e modificá-las alterando a sua estabilidade e estado de equilíbrio. Portanto um sistema complexo como um rio ou até mesmo uma bacia hidrográfica, o equilíbrio dinâmico está ligado aos três pilares principais (matéria, estrutura e energia) e representa o ajuste por completo de suas variáveis internas e externas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Algumas implicações surgem a partir dessa visão, que propõe o entendimento do sistema fluvial onde a estrutura e a função (física e biológica) estão fundamentadas no perfil longitudinal do rio. As mudanças ambientais e os processos ocorrentes no perfil longitudinal de um rio vão gerar a ideia da diversidade fluvial, que surge pela própria evolução do perfil e enxergar o rio não com um todo homogêneo, mas como sendo algo que contém diferenciações e apresenta características, organização e comportamento distintos.

O perfil longitudinal de um rio representa a sua declividade (ou gradiente), sendo ele a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento do rio, onde o perfil longitudinal ideal apresenta as variáveis físicas do sistema um gradiente contínuo que tem as maiores declividades nas cabeceiras de drenagem diminuindo, à medida que, aproxima-se de sua foz, apresentando desta forma condições contínuas de velocidade, largura, profundidade, volume de fluxo e principalmente o ganho da entropia.

Dessa maneira, Vannote (1980) faz uma ressalva para essa perspectiva, dizendo que a mesma enxerga o sistema do rio a partir dos padrões de dissipação de energia cinética (CHRISTOFOLETTI, 1980; VANNOTE et al., 1980).

Ao analisar a dinâmica fluvial em áreas secas Graf (1988) traz um arcabouço teórico sobre as dinâmicas em terras secas, afirmando que para compreender essas áreas e seu comportamento fluvial é fulcral a compreensão dos processos fluviais (GRAF, 1988; ALMEIDA, 2015).

Corrêa (1997) afirma que qualquer estudo que analise a evolução geomorfológica de uma área, o clima aparece como um dos fatores determinantes e de suma importância para o aperfeiçoamento da paisagem. Assim sendo, as interações espaço-temporais do clima sobre a bacia do Rio Taperoá repercutem sobre os demais elementos que compõem a paisagem natural, sobretudo a vegetação.

Diferentemente dos ambientes úmidos, os ambientes semiáridos e sub-úmidos apresentam um comportamento diferenciado em seus domínios processuais. Um dos fatores-controles que mais influenciam é a precipitação, que por ser baixa ou inexistente em determinado período do ano, faz com que a entrada de energia no sistema tenha outro comportamento e como respostas desses, configurem-se diferentes unidades, assim o comportamento das chuvas nessas localidades servem para compreender o fluxo e os processos fluviais (GRAF, 1988), especialmente por normalmente não haver a recarga fluvial a partir de aquíferos perenes.

Os elementos, processos e estruturas permitem compreender a partir das inter-relações o comportamento do rio e a dinâmica existente nas zonas processuais, o aporte de água, os controles climáticos e geológicos, a quantidade de sedimento disponível, qual a ocupação desse solo, a cobertura da vegetação, onde a partir dessas inter-relações irá se configurar o conceito de sistema fluvial (SCHUMM, 1977; SOUZA e ALMEIDA, 2015).

Grande parte das ideias ligadas ao gerenciamento de recursos hídricos, utilizam as bacias hidrográficas. Contudo, essa gestão olha apenas o uso da água presente nelas, deixando de lado outras questões fulcrais para desenvolver pesquisas voltadas para o entendimento do sistema fluvial, sendo algo mais complexo quando trabalhamos com cursos d'água intermitentes e efêmeros, como a questão da conectividade dentro do sistema (VIEIRA, 2003; SOUZA e CORREA, 2012). Brierley e Fryirs (1999) apontam a conectividade da paisagem como sendo um viés utilizado para avaliá-la como está ocorrendo à transmissão de energia e matéria dentro do sistema, que ocorre a partir da decomposição do sistema a da interação de seus elementos.

Entendendo o que seria a conectividade existente em um sistema, o semiárido trás o entendimento da conectividade hidrológica como sendo algo essencial para se pensar em uma gestão mais eficaz. Com esse viés é possível compreender como os fluxos contínuos desenvolvem-se em ambientes diferenciados, onde se faz útil para entender as mudanças espaciais e no escoamento, sendo possível identificar quando, onde e como intervir nesse processo (BRACKEN *et al.*, 2013).

As conexões hidrológicas existentes em fluxos superficiais e subterrâneos, ocorrem por serem uma função do volume d'água e da taxa de transferência que interagem com a resistência do fluxo, onde pode-se obter uma resposta da relação chuva, infiltração e fluxo que refletem na não linearidade dos rios.

Portanto, a ideia de conectividade hidrológica está ligada diretamente a de gestão, uma vez que, para melhorar os habitats, a condição dos rios é necessária estar integrado a

conectividade e de que maneira hidrológica, ecológica e geomorfológica ela se comporta, principalmente quando sofrem algum tipo de perturbação/distúrbio (BRACKEN et al., 2013).

Bracken (2013) faz uma observação sobre o conceito de conectividade hidrológica, colocando que o mesmo não possui uma definição única, abrangente e acordada que funcione em todos os ambientes, mas que é necessário colocar em destaque que existem diferentes definições que se relacionam com diferentes aspectos dessa conectividade hidrológica. Graf (1988) coloca que mesmo as terras secas serem caracterizadas por pouca chuva, a sua superfície apresenta feições correspondentes ao trabalho dos rios, onde para compreender essas áreas é necessário entender os processos fluviais que ali atuam.

Nas terras secas os rios intermitentes e efêmeros se caracterizam por terem fluxo de água nos canais apenas durante as precipitações ou estação chuvosa (BIGARELLA, SUGUIO e BECKER, 1979), dessa forma os momentos de fluxo são considerados eventos de cheia e serão exclusivamente nesses eventos que haverá processos geomorfológicos fluviais (GRAF, 1988; SOUZA, 2011).

Assim, a dinâmica do escoamento superficial é essencial para o entendimento do comportamento fluvial, visto que será o processo controlador da recarga dos canais, e consequentemente do trabalho geomorfológico, ou seja, pela contribuição de massa e energia para a rede de drenagem que fomenta os processos fluviais (GRAF, 1988; SOUZA e ALMEIDA, 2015). A relação precipitação e escoamento são essenciais para a compreensão da dinâmica fluvial existente no semiárido, onde a magnitude e a frequência com que os eventos chuvosos acontecem serão os responsáveis pelo controle da vazão nos canais (SOUZA, 2014). Desta maneira, o escoamento superficial é influenciado entre outros elementos pela cobertura vegetal, sendo o elemento mais passível de mudanças, naturais e antrópicas. Ou seja, com a mudança da cobertura vegetal, modifica-se a dinâmica do escoamento superficial e consequentemente o comportamento da vazão dos rios, e em se tratando de ambientes semiáridos, onde o escoamento superficial é a principal fonte da descarga dos rios, as variações de vazão em relação as mudanças na cobertura da terra são mais bruscas, gerando, também mudanças nos domínios processuais (SOUZA e ALMEIDA, 2015; TUCCI e CLARKE, 1997).

Em ambientes semiáridos a dinâmica de precipitação modifica-se, a partir das características da superfície e transforma-se em escoamento superficial influenciando diretamente em como se dá o escoamento na relação encosta-canal, ou seja, se essa água chega ou não no canal e de que maneira, onde esse papel do escoamento superficial é visto

através da conectividade hidrológica da área estudada (REANEY, BRACKEN e KIRKBY, 2013).

Assim o conceito de “conectividade” é aplicado em diversas áreas das ciências da Terra e quando pensamos em aplicá-lo para o escoamento superficial, pensamos em conectividade hidrológica que seria a passagem da água de uma parte da paisagem para outra, gerando respostas de escoamento para a captação (BRACKEN e CROKE, 2007).

A conectividade hidrológica recebe grande influência da escala espacial, que modifica os padrões de conectividade da paisagem, onde a partir dela é que se entendem as variações espaciais no escoamento. À medida que se usa escalas diferenciadas os elementos de conectividade ou desconectividade alteram-se, podendo ser observado na transferência ou não da água de um ponto para outro.

Há diferentes fatores que controlam a conectividade hidrológica, podendo eles ser: funcional e estrutural, onde os funcionais caracterizam-se por serem os processos dinâmicos, como o fluxo que se cria em um canal semiárido durante a chuva e os estruturais são os elementos estáticos, como a geologia ou mesmo o tipo de vegetação que se manifesta. (REANEY, BRACKEN e KIRKBY, 2013).

Pensando na ideia de que o sistema fluvial é complexo, o mesmo se caracteriza pela troca de energia e matéria, onde as suas mudanças serão causadas pela intensidade dos distúrbios que levam ao desequilíbrio, pois o mesmo é composto de interações e retroalimentações (CRITOFOLETTI, 1999; SOUZA, 2011).

Tratando-se de um sistema, o ambiente fluvial não pode ser analisado com seus componentes separadamente, é necessário que o estudo seja feito de forma holística, na qual sua estrutura, funcionamento e organização resultem na inter-relação dos seus elementos (MATTOS e PEREZ FILHO, 2004; ALMEIDA, 2017).

Se comportando dessa maneira o ambiente fluvial dirige-se para um perfil de equilíbrio, onde esse equilíbrio enfatiza a relação entre forma e processo, sendo um estado de harmonia entre seus elementos e é comumente usado para descrever sistemas geomorfológicos que podem se ajustar às mudanças alcançando um estado estacionário com a capacidade de se autorganizar após um distúrbio, podendo ele ser natural ou antrópico no qual as retroalimentações podem favorecer a reabilitação do mesmo, (MAYER, 1992).

Mayer (1992) coloca que o equilíbrio que é discutido na geomorfologia ele diverge em dois sentidos, nos quais para o grau de equilíbrio aplica-se aos rios e o equilíbrio dinâmico as formas do relevo e já pensando nos modelos de evolução para o ambiente fluvial semiárido é

preciso entender como esses processos de *inputs* e *outputs* ocorrem e de que maneira eles estão susceptíveis as modificações, levando ao conceito de estabilidade (SOUZA, 2014).

A estabilidade existente em um sistema é entendida como a distribuição temporal e espacial das forças de resistência e perturbação, sendo a estabilidade a relação entre as resistências e as perturbações, existindo diferenciações temporais e espaciais. Significando que para mensurar a estabilidade do sistema é preciso estar atento a proporção da magnitude da força de distúrbio e da eficácia do limiar de estabilidade, pois a partir disso o mesmo passa a ter respostas nítidas à mudança (BRUNSDEN e THORNES, 1979).

Deste modo, os rios têm papel bastante importante, no viés da geomorfologia, pois são eles responsáveis por esculpir e modificar a paisagem, mas também tem sua grande importância como recurso natural utilizado e explorado pelo homem em suas atividades. Com o enfoque no semiárido, os recursos e uso que um curso fluvial pode oferecer seria o aproveitamento para o abastecimento hídrico em função dos longos períodos de seca que atingem a oferta real de água (BRIERLEY e FRYIRS, 2005).

Isto posto, grande parte dos rios hoje sofrem com a intervenção humana, onde no semiárido essas perturbações caracterizam-se pela construção de barragens, escavações de leito, construção de cacimbas e também poços amazonas, a fim de otimizar os recursos hídricos, aos quais tem-se acesso nessas áreas. Essas ações causadas pela intervenção antrópica têm consequências negativas em termos de impacto ambiental, fazendo com que esses ambientes fluviais percam a sua identidade diante e necessitem de ações e pesquisas que promovam a reabilitação dos mesmos e melhoria no uso dos recursos hídricos (FRYIRS et al, 2009).

Com isso, o sistema fluvial no qual o rio faz parte é utilizado muitas vezes de maneira que ocorre modificação, tornando-se um ambiente degradado em função das ações antrópicas o que atingem a sua originalidade, alterando seu equilíbrio, enfraquecendo comunidades biológicas (FRYIRS e BRIERLEY, 1999; BRIERLEY *et al*., 2002; BRIERLEY e FRYIRS, 2005).

Portanto os problemas ambientais afetam a dinâmica natural do rio, fazendo com que suas funções enquanto sistema fluvial esteja vulnerável as mudanças, assim é que se começa a pensar em formas de gerir os recursos naturais tão importante que um rio fornece (LIMA e MARÇAL, 2013).

Desta maneira, é necessário se empenhar em fazer um planejamento ambiental que se preocupe com a diversidade existente nos ambientes fluviais, pois cada um tem um mecanismo de controle sobre a natureza, sendo antrópicas ou naturais (SOUZA, 2014), aonde

é importante priorizar as pesquisas que foquem em abordagens integradas, trazendo à tona a ideia de sistemas em que, quando se altera uma parte as demais são afetadas, fomentando um estado de desequilíbrio (BRIERLEY e FRYIRS, 2005).

É dessa maneira que a proposta metodológica dos estilos fluviais aparece, onde para compreender as mudanças ocorridas no ambiente fluvial é necessário avaliar a evolução e comportamento fluvial, podendo assim subsidiar o planejamento ambiental e as possibilidades de recuperação, mantendo a diversidade das paisagens fluviais (FRYIRS e BRIERLEY, 2009; SOUZA, 2014).

Brierley et al. (2011) reflete, sobre a ideia de que alguns elementos como: mudanças climáticas, urbanização e extensivo uso da terra, vem sujeitando os sistemas fluviais a níveis de degradação. Contudo, os rios obtiveram grande valor atualmente em função do seu uso ser variado, o que incita pesquisas e estratégias voltadas para melhorar a gestão, que podem vir a trazer de volta o equilíbrio e a saúde do rio.

Com esse panorama de mudanças nos ambientes fluviais, a proposta dos estilos fluviais permite, um modelo geomorfológico em escala de detalhe adequado para que se desenvolvam ações na gestão dos recursos hídricos, pois a mesma compreende o comportamento e evolução do sistema fluvial, colaborando para uma melhor logística do manejo fluvial. Assim, os estilos fluviais examinam a capacidade e qual as melhores maneiras de restituir o equilíbrio desse sistema fluvial, conservando a diversidade fluvial existente nesse sistema ambiental. (BRIERLEY *et al*., 2002; FRYIRS e BRIERLEY, 2009; SOUZA, 2014; ALMEIDA, 2017).

Tendo a bacia de drenagem como recorte espacial para o trabalho, é possível analisar os processos e elementos que na mesma acontecem e possuem, entre eles a classificação e comportamento dos rios. Há na literatura diversos tipos de classificação fluvial, genéticas, morfológicas, entre outras, contudo a classificação por Estilos Fluviais tem apresentado uma forte difusão para as análises fluviais contemporâneas (BRIERLEY e FRYIRS, 2000).

Com isso, a proposta dos estilos fluviais contempla determinadas escalas de análises e interpretação do comportamento fluvial, como coloca Almeida, (2017):

> ...escala de bacia hidrográfica (controles e características gerais da bacia), escala de unidades de paisagem (controles topográficos sobre as características e comportamento fluvial), a escala de estilos fluviais (trechos com arranjos morfológicos e processuais homogêneos, utilizados na classificação dos estilos fluviais), a escala de unidades geomórficas (arranjos erosivos e tipos de materiais disponíveis) e escala das unidades hidráulicas (características do fluxo e sua interação superfície-subsuperfície-substrato). (ALMEIDA, 2017, p. 40-41)

Os estilos fluviais surgem como forma de compreensão da dinâmica fluvial, aplicando-se em diversos trabalhos no Brasil em diferentes ambientes. Desenvolvida e sumarizada no ano de 2000 por Brierley e Fryirs na Austrália e Nova Zelândia, tendo como foco o comportamento fluvial e de acordo com os autores dos estilos fluviais (*River Styles*), representa uma metodologia de classificação de segmentos do rio que apresentam um conjunto comum de características geomorfológicas e hidrodinâmicas, (LIMA; MARÇAL, 2013).

Conforme Corrêa et al. (2009) "a identificação e interpretação das unidades geomórficas possibilita a interpretação dos processos que refletem a dimensão do comportamento dos estilos fluviais". Sendo assim, os estilos fluviais são analisados considerando o seu contexto paisagístico e as ligações espaciais e temporais dos seus processos geomorfológicos (CORRÊA et al., 2009; SOUZA, 2014; ALMEIDA, 2017).

Em uma bacia hidrográfica os estilos fluviais consistem em um conjunto de atributos, informações físicas e ambientais de um trecho fluvial, sendo importante a questão antrópica para o estudo, e a partir dessas informações forma caracterizam o comportamento de um rio. Com os subsídios da metodologia dos estilos fluviais, que envolve um diagnóstico ambiental da área em questão, torna-se possível posteriormente um planejamento ambiental e principalmente econômico.

Assim os estilos fluviais permitem captar e identificar as relações existentes dos processos e formas nos quais o rio está inserido, no entendimento de que essas relações estão interiormente no contexto da paisagem e da bacia, fazendo-se perceber que o rio ocupa um papel muito importante no sistema físico, assim um segmento do rio pode apresentar diferentes tipos de estilos fluviais, nos permitindo enxergar que cada um desses tipos pode interagir com a paisagem de formas distintas (BRIERLEY e FRYIRS, 2005).

Assim os estilos fluviais fornecem uma gama de informações para a compreensão das formas, ligações e processos nos canais fluviais, subsidiando uma previsão do comportamento fluvial (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). De tal forma, os estilos fluviais são analisados em quatro etapas. Onde a primeira a primeira etapa tem como objetivo qualificar o comportamento de cada trecho de rio, observando as características locais que a bacia hidrográfica possui, a partir das unidades de paisagem (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; ALMEIDA, 2017).

A caracterização dos trechos do rio se dá pelo confinamento do vale, a quantidade de canais e a estabilidade lateral, assim englobando essas características é possível classifica-los a partir do extravasamento do fluxo ou não para fora do canal fluvial em três tipos: vale

confinado, quando não acontece o extravasamento do fluxo ou apresenta planícies de inundação de 10% no trecho do rio; parcialmente confinado, quando ocorre o extravasamento e o trecho apresenta de 10-90% de planície de inundação (descontínua); não confinado(aluvial) quando o trecho apresenta mais de 90% de planície de inundação (contínua) (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; SOUZA, 2014; MAIA, 2016; ALMEIDA, 2017)

Maia em (2016), aplicou a primeira etapa dos estilos fluviais em uma bacia semiárida da Paraíba, e teve como resultado um quadro de informações sobre os estilos fluviais com os comportamentos, controles, unidade de paisagem e tipo de material do leito dos canais, podendo posteriormente avaliar a capacidade de ajuste dos trechos representativos da bacia que se configura como a segunda etapa da metodologia.

Essa parte da metodologia, irá se preocupar com a condição ambiental dos trechos fluviais, isto é, avaliar a "saúde" do rio e se o mesmo está cumprindo as suas funções ou se de alguma maneira ele está sendo degradado e em que nível está esta degradação, atribuindo assim as condições: fraca, moderada e boa.

Portanto, para avaliar a condição ambiental na qual o rio se encontra é preciso determinar a capacidade de ajuste de cada estilo fluvial, podendo assim elucidar as mudanças ocorridas no passado, mas principalmente interpretar se é possível reverter essas mudanças que interferiram nessa "saúde" do rio, com a finalidade de explicar a atual condição dos trechos elencados, de se pensar em cenários futuros e as diretrizes necessárias para uma recuperação fluvial (BRIERLEY e FRYIRS, 2005).

Brierley e Fryirs em (2005) afirmam que, para se conduzir uma análise dos estilos fluviais de uma bacia é necessário se fazer uma recuperação dos rios, com a perspectiva de que eles retornem para as suas condições ambientais iniciais ou se aproximem do ambiente original, nos cenários propostos. Contudo, sabe-se que para reabilitar um ambiente que está em processo de degradação por algum motivo, não é simples, por isso é preciso determinar quais as probabilidades de recuperação, tendo como parâmetro as condições originais do ambiente fluvial.

Assim, a proposta dos estilos analisa as áreas conservadas da bacia a partir de imagens de satélite, fotografias aéreas, dados históricos para que seja possível uma correlação com os ambientes equivalentes, sendo importante considerar as características morfológicas de cada estilo fluvial, dessa maneira percebe-se que a metodologia dá o subsídio necessário para que se possa pensar nos cenários futuros, proporcionando uma melhoria na gestão dos recursos hídricos a partir da reabilitação dos ambientes fluviais.

Isto posto, a última etapa da metodologia é justamente a projeção dos cenários futuros, a começar da capacidade de cada estilo fluvial de ser recuperado, avaliando como o rio se recupera naturalmente e indicando o roteiro de mudanças após sofrer uma perturbação, onde elas podem ser três: criação, restauração e retroalimentação, primeiramente quando o trecho está em estado de equilíbrio diferente do natural (criação); quando o trecho retorna ao seu estado de equilíbrio original (recuperação) e por fim quando não acontece a recuperação e o quadro de degradação só aumenta (retroalimentação) (BRIERLEY e FRYIS, 2005; ALMEIDA, 2017).

Portanto, a última etapa representa a aplicação das informações que são geradas a partir do passo a passo da metodologia, a fim de se aplicar uma gestão fluvial e otimizar esse ambiente e seus componentes para trazer à tona as potencialidades ecológicas do rio, reforçando a ideia de que a metodologia é de extrema importância quando o assunto é recuperação e gerenciamento ambiental, pois a mesma abrange diversas áreas do conhecimento e possui grande complexidade nas inter-relações.

Thomson et al (2004), aplicam a metodologia dos estilos fluviais com o objetivo de mostrar se a mesma é relevante para as questões ecológicas, assim os autores colocaram que a classificação é uma ferramenta útil para poder trabalhar na identificação, de ambientes similares ou únicos, que estejam ameaçados de alguma forma.

A finalidade é melhorar a compreensão funcional dos ecossistemas, integrando os aspectos físicos e biológicos o que permite comparações relevantes. Assim, dentro do trabalho que eles desenvolveram a estrutura dos estilos fluviais forneceu um esquema geomorfológico de caracterização dos rios e de suas unidades geomórficas, que variaram de um estilo de rio para o outro, assim como suas matrizes e habitats.

É possível, utilizar a abordagem dos estilos fluviais para uma gestão integrada de recursos naturais, para fornecer uma plataforma física que seja coerente com as preocupações da saúde do rio. Utilizando esse viés, Brierley et al (2011) aplicou a metodologia dos estilos fluviais em Nova Gales do Sul que se localiza no oeste da Austrália, com o intuito de analisar a condição ambiental e implementou medidas para uma melhor gestão deste ambiente fluvial, utilizando a escala de bacia onde foram feitas as intervenções em cada estilo fluvial.

Desse modo a metodologia dos estilos fluviais surge como forma de compreensão dessa dinâmica fluvial, aplicando-se em trabalho no Brasil em diferentes ambientes. Essa metodologia foi aplicada na área da Vila Dois Rios, que está localizada Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (CEADS/UERJ), a pesquisa em questão teve por objetivo identificar os Estilos Fluviais

existentes nas bacias hidrográficas da Vila dois Rios, Ilha Grande (RJ), com intuito de contribuir com o diagnóstico ambiental da área.

Os autores Oliveira, Silva e Rosso fizeram o primeiro estágio da pesquisa que consiste no levantamento das características ambientais da área, do comportamento fluvial e identificação dos estilos fluviais existentes nos cursos de água, com isso os autores identificaram três tipos de estilos fluviais: Florestado, Rochoso e Meândrico com sedimento fino e para cada um desses estilos tem-se uma matriz de informação para identifica-los (OLIVEIRA *et al*., 2014).

Tem-se também o trabalho feito por Raphael Lima e Mônica Marçal em (2013), intitulado de "Avaliação da condição geomorfológica da bacia do rio Macaé – RJ a partir da metodologia de classificação dos estilos fluviais", ao qual os autores analisaram as tipologias fluviais ao longo de diferentes ambientes da bacia rio Macaé, conforme o contexto da evolução da paisagem e classificação geomorfológica dos estilos fluviais por Brierley e Fryirs (2005).

É possível citar outro estudo feito no Brasil com a utilização da metodologia dos estilos fluviais, mais especificamente no semiárido pernambucano no município de Belém de São Francisco, Mesorregião do São Francisco, na bacia do riacho Mulungu. Que teve como foco a obtenção de informações aos *inputs* antropogênicos no sistema fluvial, assim os autores Souza e Corrêa em (2012) fizeram a matriz de informação partir do conjunto de atributos da bacia Riacho Mulungu, classificando um elemento do primeiro estágio da metodologia, a classificação do tipo de vale (confinado, parcialmente confinado e não confinado) culminou na realização de três mapeamentos geomorfológicos de detalhe em parcelas de 100m por 100m, na escala de 1:2.500.

A partir dessas informações a caracterização dos estilos fluviais na Bacia Rio Taperoá, volta-se para uma avaliação hierarquizada utilizando os principais controles para compreender o comportamento do rio sendo eles: compartimentação geomorfológica; característica do vale; forma em planta do canal; geometria do canal; unidades geomórficas; e composição do leito, (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; LIMA e MARÇAL, 2013; SOUZA, 2014).

Onde a compartimentação geomorfológica indica e foca na morfologia, morfometria e a estrutura superficial do relevo, as características do vale em relação ao seu confinamento, as unidades geomórficas são resultados dos processos que ocorrem na escala do canal fluvial e a partir delas é possível compreender e interpretar os estilos fluviais (CORRÊA *et al*., 2009; SOUZA, 2014).

Apesar de raros, os estudos que incentivem a aplicação da proposta de Estilos Fluviais em regiões semiáridas devem ser destacados, pelo fato de apresentarem uma cadeia de informações que facilita a gestão e o manejo dos recursos hídricos em um ambiente carente de projetos que priorizem análises sistêmicas, otimizando a funcionalidade dos sistemas fluviais no contexto de semiaridez.

A partir disto, o presente estudo, defende a aplicação dos Estilos Fluviais em regiões semiáridas, sobretudo no Nordeste Brasileiro, constituindo uma base para a identificação de elementos morfológicos deposicionais, que apresentem potencial ao abastecimento hídrico através da água armazenada em subsuperfície nestes depósitos, além da aplicação da metodologia para fins de conservação/reabilitação de canais fluviais.

1.2 Modificação, degradação fluvial e condição ambiental

As profundas modificações geomórficas no rio, causadas pelas atividades antrópicas estão cada vez mais reconhecidas e estudadas, de maneira que, as mudanças fluviais são interpretadas a partir de uma condição de pré-distúrbio e com base nisso, é possível determinar as diretrizes corretas e fazer o gerenciamento e monitoramento da melhor forma.

Isto posto, a degradação fluvial é combatida a medida que os sistemas fluviais, correspondem a recuperação que lhe foi feita, ou seja, ela pode ser diminuída a partir das medidas de recuperação que lhe são aplicadas, mas não só isso, a recuperação depende da natureza e extensão do distúrbio, pois cada estilo fluvial apresenta características diferentes e consequentemente, cada estilo fluvial tem uma sensibilidade típica de resposta a recuperação (FRYIRS e BRIERLY, 2000). Assim, os impactos causados pelas alterações antropogênicas, levam a modificação do ambiente fluvial em vários aspectos, onde os impactos causados geram prejuízos e posteriormente custos para a possível mitigação e recuperação desse ambiente.

As ações de restauração, em sua grande maioria tem por objetivo a melhoria dos rios, onde essa melhoria é bastante discutível, pois vai depender da intenção de quem se propõe a restaurar esse ambiente. Assim, Brierley *et al* (2016) colocam que os conceitos de restauração podem ser distintos e visarem a contenção dos danos ou a melhoria dos mesmos, mas em geral essas abordagens negligenciam os aspectos ambientais e restringem-se aos interesses humanos, dentro de perspectiva utilitária e funcional.

Assim, os sistemas fluviais caracterizam-se por serem sistemas abertos, os quais funcionam baseados em trocas de energia e matéria, sendo esse um fator controlador para o transporte dos sedimentos que fazem parte da construção de um ambiente fluvial como um todo. Assim trabalhar na escala de bacia hidrográfica implica em incorporar determinadas variáveis, que influenciam na modificação fluvial como a geologia, juntamente com as propriedades físicas do substrato rochoso, como coloca Siqueira *et al*. (2013):

> As características tectônicas e estruturais, interagem com o clima e irá atuar na conformação da topografia, englobando o relevo e o padrão de drenagem desenvolvido, bem como determinará a distribuição granulométrica e a taxa de sedimentos fornecidos ao sistema fluvial. Associado às características geológicas, o ciclo hidrológico da bacia hidrográfica, que resulta de uma influência mútua entre topografia e clima, contribui no controle das características e do regime de descarga dos cursos fluviais, exercendo influência sobre a formação de materiais intemperizados e o transporte destes até os rios (SIQUEIRA, 2013, p. 2)

Assim, utilização da terra de diversas formas, pelo homem acomete a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos disponíveis, o que pode explicar as mudanças em comunidades aquáticas, no regime de fluxo e na carga de sedimentos e nutrientes dissolvidos. Assim, para compreender essas modificações no ambiente fluvial, a partir de ações antrópicas é necessário o uso de diferentes escalas temporais e espaciais, uma vez que isso permite que o pesquisador consiga identificar as causas específicas de uma determinada mudança, entendendo como elas ocorrem estando intrínsecas em um sistema fluvial, e assim que se possa prever futuras mudanças (HARDEN, 2004).

É imprescindível que se desenvolvam métodos para identificar a condição ambiental, ou seja, a saúde dos rios e só assim partir para as medidas de recuperação. A condição ambiental é avaliada para diversos fins do manejo e gestão de um rio, mas em geral na saúde do mesmo, essa avaliação fornece uma gama de informações que mostram as causas responsáveis da degradação (THOMSON, *et al*, 2001).

Thomson et al (2001) coloca que, os métodos para avaliar a condição ambiental dos habitats e manejo dos rios, muitas vezes não relacionam o habitat com os processos físicos o que reforça a necessidade de se trabalhar em diferentes escalas, assim para se ter um panorama melhor da condição ambiental na qual o rio se encontra, um trabalho multe escalar feito através de uma caracterização geomorfológica do rio, é ideal para fornecer as informações dos processos que formam, mas principalmente os que degradam e assim seja possível solucioná-los.

1.3 Restauração e manejo fluvial

Diante do atual cenário de degradação aos quais os rios se encontram, as intervenções voltam-se para a recuperação e reabilitação, com o intuito de resgatar ou se aproximar das condições que tinham anteriormente. A necessidade de se interver na degradação desses ambientes, faz referência a sua importância ecológica e principalmente social quando pensamos para as regiões semiáridas do Brasil, desta forma é preciso uma base de informações, que transpareça a condição que o rio se encontra e só assim recuperar de maneira adequada, como: Estilos fluviais, que é uma metodologia utilizada para caracterizar e classificar os rios e também avaliar em quais aspectos o rio está sendo degradado e assim partir para uma intervenção direcionada. (BRIERLEY e FRYIRS, 2009).

Assim desde a década de 80 os estudiosos da geomorfologia preocupam-se com as consequências das ações antrópicas que resultam na degradação dos ambientes naturais. Onde essa ação reflete em diversas condições desses ambientes, assim a análise dos mesmos deve ser feita de maneira holística e sistemática, pretendendo a compreensão dos distúrbios, como eles modificam um determinado habitat e só aí pensar em como recuperar e reconstituir esses ambientes naturais.

Desta forma, pensar na gestão desses ambientes é voltar-se para o planejamento de bacias hidrográficas e assim nas questões fluviais, que na medida em que a paisagem sofre distúrbios condicionados as atividades humanas seu comportamento muda e gera alterações no sistema fluvial (GUERRA e CUNHA, 1994).

As mudanças irreversíveis são consideradas quando ocorre uma modificação no regime comportamental ou processual do rio, que incentiva a mudança no estilo fluvial que serão percebidas no seu perfil lateral e visão em planta, contudo essas mudanças elas podem ser reversíveis dentro da contemporaneidade e capacidade de ajuste do estilo fluvial. Algumas mudanças irreversíveis podem ser resultados de intervenções antrópicas, como regularização de fluxo, urbanização e também o processo de barramento, sendo esse último corriqueiro as áreas semiáridas.

O atual cenário dos cursos fluviais mundiais nos mostra que, grande maioria está de alguma forma, condicionado a uma perturbação humana, fazendo com que operem em condições anormais. Obras de canalização, barramento e retificação de cursos fluviais são alguns exemplos de modificação da condição normal de um rio, onde pode ocorrer perda do habitat natural de algumas espécies de fauna, flora em função da inserção de espécimes exóticas e também mudanças estruturais no comportamento dos rios, que implicam na redução

da complexidade existente entre as unidades geomórficas (MONTGOMERY e GRAN, 2001; BRIERLEY e FRYIRS, 2009). Portanto a mudança causada pelas ações humanas gera uma movimentação grande de ações que se preocupam tanto com os resultados, quanto com os custos no que diz respeito à restauração ambiental.

É necessário enxergar que as atividades humanas são o ponto forte das modificações no comportamento do sistema fluvial, e que os rios são sistemas complexos que são entendidos a partir de uma hierarquia. Assim para que sejam feitas intervenções e projetos voltados para a recuperação fluvial, é preciso que se tenha o devido conhecimento da forma, dos processos e comportamento do rio (DOLLAR, 2004).

A reabilitação de um rio preocupa-se com as questões naturais de um determinado local e para que a "saúde" desse rio seja restituída, é necessário conhecer as associações que formam essa paisagem, principalmente no que diz respeito a questão geomórfica, onde as preocupações com a funcionalidade devem estar amarradas com o comportamento do rio em questão. Desta maneira a restauração fluvial e seus objetivos irão variar de um sistema para o outro, como questões socioeconômicas, culturais e biofísicas, sendo esses fatores que indicam o que é viável para a restauração fluvial (BRIERLEY e FRYIRS, 2009).

A restauração fluvial nos últimos anos amplia-se significativamente, na esfera dos trabalhos de planejamento desses ambientes fluviais, onde ainda hoje tem-se muitas dúvidas e evidente falta de acompanhamento em projetos de recuperação das condições ambientais, pois os objetivos dos projetos podem diferenciar de um rio para o outro, assim o papel da dos responsáveis pela restauração consiste no restabelecimento da estrutura e da função dos ecossistemas, nas condições que antecedem o distúrbio (MUHAR *et al*., 1995; MEURER, 2010).

Para que as aplicabilidades das metodologias obtenham êxito, é necessário que os objetivos de restauração estejam bem definidos, assim pode ser feita uma restauração passiva que foca na diminuição da degradação e deixa com que o rio se restitua sozinho, se o sistema fluvial em questão ultrapassar seu limiar de mudança, ou seja, não tendo a capacidade de retornar ao seu estado pré-distúrbio sozinho é necessária uma restauração ativa, que se tratam de intervenções diretamente no canal. (MEURER, 2010).

É possível citar um exemplo do uso de abordagens que visam a recuperação fluvial, Almeida et al (2016), aplicam a proposta metodológica dos estilos fluviais com o intuito de tipificar e avaliar o carácter e comportamento dos canais fluviais da Bacia do Riacho Grande, inicialmente utilizando o sensoriamento remoto a partir de imagens QUICKBIRD para o mapeamento do uso da terra e em seguida idas a campo para a confirmação dos trechos

elencado, assim se construiu um quadro de informação que tinha os controles e comportamento de cada trecho, onde foi possível observar a capacidade de ajuste do rio e posteriormente se pensar em modelos de evolução possíveis a partir de uma restauração direcionada a estes canais fluviais.

Kleina e Santos (2017) aplicam a metodologia dos estilos fluviais na drenagem principal da Bacia do Rio Sagrado, no Paraná com o objetivo de classificar os canais fluviais e inteirar com a abordagem da sensitividade da paisagem (BRUNSDEN e THORNES, 1979), que avalia as forças impostas ao sistema e a probabilidade de mudanças, que de acordo com o trabalho desenvolvido está diretamente ligado ao uso da terra e suas modificações pelas ações antrópicas. Assim eles identificaram os pontos mais sensíveis as mudanças, o que mostrou as áreas que necessitam de uma intervenção imediata para a reverter o processo de degradação.

Assim a chave para identificar essas mudanças seria compreender como as perturbações modificaram e modificam o limar de mudança dos estilos fluviais, onde um evento de inundação, por exemplo, pode vir a desencadear uma mudança geomórfica significativa (BRIERLEY E FRYRS, 2005).

Portanto as intervenções que são realizadas em ambientes fluviais, ou em bacias hidrográficas particularmente apropriam-se de técnicas para proteção de nascentes, áreas de recarga de aquífero, recuperação de áreas degradadas, reflorestamento e recuperação de vegetação ripária, racionalização do uso da água, conservação dos solos. É importante enfatizar que a questão sociocultural, econômicos, legais e ambientais são de grande importância para que ocorra a restauração desse ambiente fluvial e que a técnica por si só não é garantia de êxito. (BAPTISTA e PÁDUA, 2016).

1.4 Modelos de evolução

Para se pensar em modelos de evolução é imprescindível antes de tudo, compreender de que maneira os processos do sistema fluvial semiárido comportam-se, após as mudanças nos inputs do sistema e em suas próprias características, onde essas mudanças podem ser naturais ou antrópicas. Essas modificações podem afetar o nível de resistência a mudanças dessa paisagem, onde essas mudanças são capazes de afetar não somente a dinâmica ambiental, mas também sua estrutura geomórfica (SOUZA, 2014; SANTOS, 2016).

Não é uma regra a ser seguida, que os modelos de evolução da paisagem necessariamente estejam atrelados e dependentes a um modelo de erosão, mas é preciso

encontrar uma equação que equilibre a complexidade dos processos observados, descobrir parâmetros gerenciáveis e simplificar a formulação do modelo.

Buscar o modelo ideal, não significa dizer que o mesmo é universal, o que acaba mostrando que os sistemas geomorfológicos não são semelhantes fisicamente, onde a fórmula matemática tem o objetivo de abranger os principais processos físicos e como ocorre a transferência desses processos ao longo de um rio (DAVY e LAGUE, 2009).

Desta maneira, desde 1970 com o desenvolvimento de alguns modelos de computador para a representação da paisagem foi possível explanar modelos de evolução. Esses modelos, emulavam a evolução da paisagem a partir da rede de canais, por exemplo e como elas se comportavam em diferentes trechos do relevo, possibilitando a visualização da modelagem do relevo antes mesmo que ocorresse.

Com o passar dos anos, os modelos foram aprimorados e consequentemente a representação dos processos fluviais se tornaram mais precisos, em função da visão holística que relaciona a bacia e seus elementos como um todo, sendo capaz de perceber o que influenciaria na rede de drenagem, a partir da interação de alguns elementos do sistema. Contudo, simular a evolução da paisagem através de modelos é algo difícil, pois envolve uma gama de processos em diversas escalas espaciais e temporais, que sua relevância muda nas mesmas. (COULTHARD, 2001).

As funções e estrutura geomórfica de um rio, fornecem indícios de como analisar as interrelações desse sistema fluvial, como mudanças na estrutura geomórfica de um rio podem afetar a sua capacidade de sustentar determinados ecossistemas, pois são os processos geomórficos que determinam a estrutura de um sistema fluvial e de que maneira esses processos interagem.

Assim as mudanças podem ser percebidas no regime de fluxo, no carácter sedimentar, na vegetação, deste modo quando uma variável do sistema é modificada ela pode gerar mudanças em outras partes (BRIERLEY e FRYIRS, 2000; FRYIRS et al, 2009).

É com o advento de algumas abordagens, como a da sensitividade da paisagem e a proposta dos estilos fluviais, que se aumenta de forma considerável a quantidade de informações e detalhamentos dos processos, tornando-os mensuráveis como: antigas mudanças climáticas, taxas de elevação e movimentos continentais, o que permitiu se pensar em cenários futuros com mais precisão, tornando a descrição geomorfológica mais objetiva e facilitando o entendimento da relação entre forma e processo, e otimizando a compreensão da geomorfologia através da criação de modelos de evolução e desenvolvimento (BRUNSDEN e THORNES, 1979).

Desta forma, a proposta teórica metodológica dos estilos fluviais vem para englobar a necessidade de se compreender as mudanças naturais e antrópicas, criando a possibilidade de analisar os diversos cenários futuros e identificando as retroalimentações que existem em um ambiente fluvial, a fim de que, se viabilize da melhor maneira os cenários futuros.

As técnicas de segurança ambiental implementadas nas cidades e no campo, e os métodos para mensurar determinados valores interessantes ao manejo do ambiente, entre outros, são maneiras de proteger a sociedade de possíveis desastres e associação dos estratos combinados do ambiente geográfico produz paisagens e sistemas únicos e de características diferenciadas, dotados de dinâmicas próprias que exigem pesquisa para que se possa alcançar uma compreensão mais próxima dessas relações, propiciando um manejo adequado e diminuindo os processos degradantes (SPÖRL,2001).

Os danos estão relacionados a possibilidade de perigo, ou perigo potencial que ameaçam os aspectos capitais, culturais, naturais e sociais, e então o perigo se tornará um desastre a partir do momento que este provocar danos à vida ou ainda à propriedade (OLIVEIRA, 2014).

O que traz ao homem condições de se proteger diante dos riscos provocados pelo desenrolar das dinâmicas naturais é traçar modelos que mostrem as possíveis formas dos sistemas reagirem a determinada ordem e postular as possibilidades de modificação. Em busca de um melhor entendimento dessa questão começam a ser desenvolvidos modelos espaciais de "probabilidade de dano ambiental", ou seja, modelos que visam identificar e mapear a possibilidade de algum tipo de impacto como erosão de solos e deslizamentos.

Podem ser pensados como modelos de zoneamento que preveem a otimização e o uso sustentável do meio de acordo com as necessidades humanas, compromisso dos planos de manejo pautados em conceitos como a vulnerabilidade, susceptibilidade, sensitividade do ambiente. São todos eles planos focados em reconhecer as fraquezas e enaltecer as potencialidades de acordo com seus diferentes táxons (SCHIRMER e ROBAINA, 2012).

As diferenças desses conceitos residem na forma como eles encaram a perspectiva ambiental, por exemplo o plano de manejo que se baseia na vulnerabilidade, está baseado nas fragilidades de um ambiente ao sofrer impacto antrópico (TAGLIANI, 2003).

1.5 Sensitividade da paisagem

A possibilidade da ocorrência de uma mudança nos controles do sistema e nas forças de distúrbio e em decorrência disso, ocorrer reações e respostas sensíveis significam a

sensitividade da paisagem (BRUNSDEN e THORNES, 1979; BRUNSDEN, 1996; BRUNSDEN, 2001). Assim a sensitividade da paisagem relaciona-se com o conceito de ligação, definido como a capacidade de transmissão entre os componentes de um sistema, ou seja, entre a água e os sedimentos transportados pelos afluentes de uma determinada bacia.

Usher (2001) coloca que, a sensitividade da paisagem é expressada como razão entre a alteração de um sistema e a mudança no componente da paisagem, assim quanto maior a proporção, mais sensível será. É importante colocar que, as mudanças nas paisagens nem sempre são fáceis de identificar a causa e quais as mudanças a mesma gerou.

Desse modo, olhar para o passado da paisagem é tão importante, pois a situação atual na qual ela se encontra foi herdada do passado. Grande parte dos processos são graduais, ou seja, necessitam de tempo para ser avaliado durante longos períodos, onde pode ser visualizado eventos de erosão, processo de sucessão ecológica entre outros, enfatizando assim a importância dessa avaliação histórica. (USHER. 2001)

Assim, quando pensamos em modelos de evolução geomorfológicos, que se voltam para o planejamento ambiental é preciso compreender os processos fluviais e de que maneira os mesmos se comportam após as mudanças nos *inputs* do sistema e/ou mudança nas resistências do sistema, onde é necessário avaliar as respostas dos *output*, juntamente com as mudanças naturais e também as antrópicas, priorizando quais áreas responderiam mais rapidamente a essa mudança e só assim compreender os mecanismos de retroalimentação, objetivando criar cenários futuros com a provável evolução da paisagem (SOUZA et al, 2014).

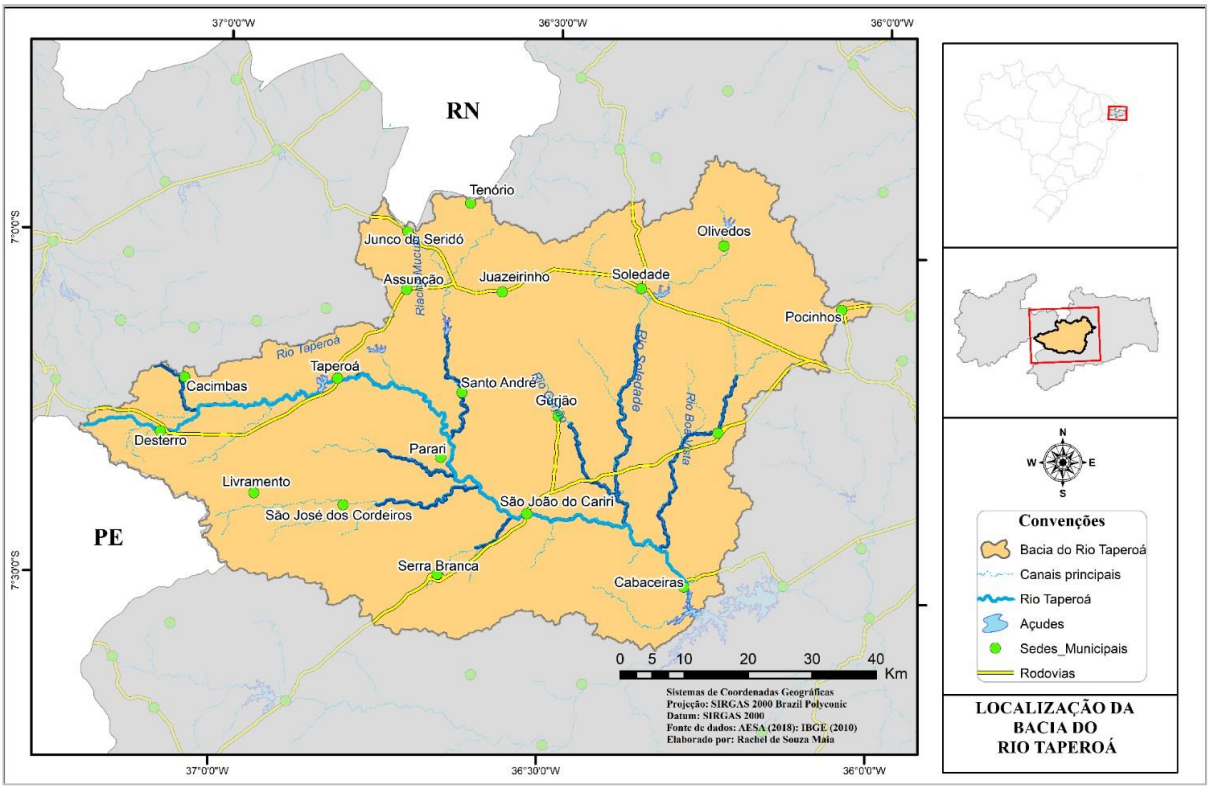
A sensitividade da paisagem oferece diferentes instrumentos para analisar a capacidade de mudança e absorção das mudanças, levando em consideração informações pertinentes como: estabilidade/resiliência das paisagens, resistência e força: frequência magnitude e duração dos distúrbios e os controles temporais e espaciais do sistema (PHILLIPS, 2009; SOUZA, 2014).

Assim para cada estilo fluvial da bacia do Rio Taperoá foi feito o seguinte questionamento: De que maneira esse estilo pode se ajustar dentro da configuração do vale imposta a ele, sob o conjunto predominante de características de regime de fluxo e sedimento? Este questionamento, vai enquadrar justamente os três graus de ajustamento (fraca, moderada e boa), ou seja, os atributos do canal, como perfil lateral e material de leito, fornecendo uma indicação quanto a sensibilidade de cada estilo fluvial para mudar (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A bacia hidrográfica do Rio Taperoá está situada na parte central do Estado da Paraíba (figura2), e se localiza na mesorregião da Borborema, compreendendo assim um total de 23 municípios, em toda a sua extensão e mais especificamente na microrregião do Cariri Ocidental.

Figura 2: Mapa de localização da Bacia do Rio Taperoá.

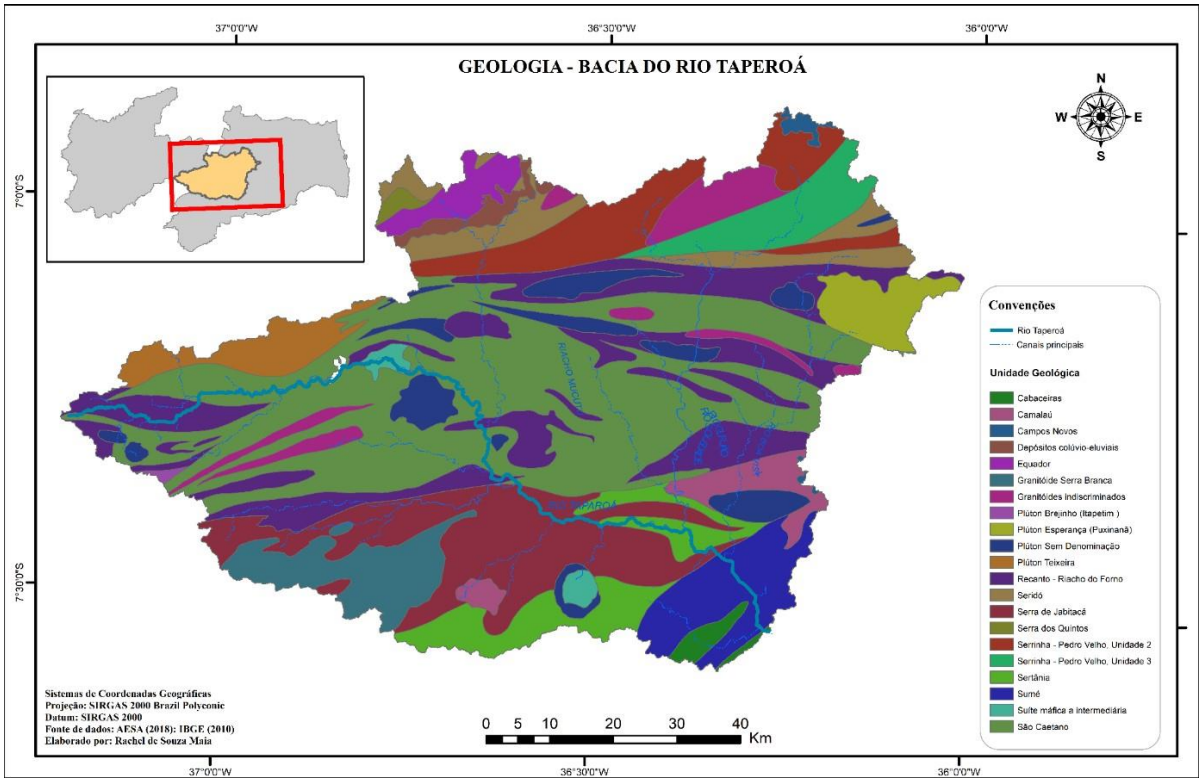


Fonte: IBGE, (2010) AESA, (2018).

O Taperoá, principal rio da bacia possui um regime intermitente e uma extensão de 158 km, nascendo na Serra do Teixeira, no sentido NO-SE, desembocando no rio Paraíba, no açude Boqueirão e drenando uma área de 5.667,49 km². Além disso tem papel importante no abastecimento da região metropolitana de Campina Grande, cidade significativa para o interior do estado (PARAÍBA, 2007).

A área de pesquisa em questão (figura 3) encontra - se na província da Borborema, que se caracteriza por um cinturão orogênico que se estende por grande parte do Nordeste brasileiro, indo desde Sergipe até a parte oriental do Piauí, possuindo um sistema importante de lineamentos e zonas de cisalhamento transcorrentes, promovendo a diferença entre os domínios terrenos em função de diferentes episódios de acreção, sedimentação, plutonismo granítico brasiliano e vulcanismo (NEVES *et al*., 1995).

Figura 3: Mapa de geologia da Bacia do Rio Taperoá.



Fonte: CPRM, (2018).

Observando o mapa e suas informações, percebemos unidades geológicas significativas para a Bacia do Rio Taperoá. A unidade geológica denominada, São Caetano que fica na parte intermediária da bacia em destaque, é composta principalmente por rochas metamórficas

metabasalticas, metagabro e paragnaisses, a unidade Recanto – Riacho Salgado do Forno que é composta principalmente por migmatitos, metagranitos e metassienito, e ainda tem-se a Serra de Jabitacá que tem em sua composição principal migmatitos, metagranodiorito e metatonalito, essas unidades são resultantes de metamorfismo regional, que ocorre quando a alta temperatura e pressão são impostas a uma estrutura (IBGE, 2010).

A bacia hidrográfica do Rio Taperoá possui clima predominantemente do tipo semiárido, caracterizado por médias pluviométricas inferiores a 800 mm anuais, cerca de 65% do regime pluviométrico total que ocorre entre os meses de janeiro a abril. Tendo uma temperatura média anual na bacia hidrográfica é de 23,2°C, com valor máximo no município de Cabaceiras (24,1°C) e mínimo em Pocinhos e Teixeira (22°), nesse contexto, os sistemas da circulação primária, de abrangência escalar maior, interagem com os fatores locais, em especial o relevo, para originar as peculiaridades climáticas locais (WANDERLEY, 2016).

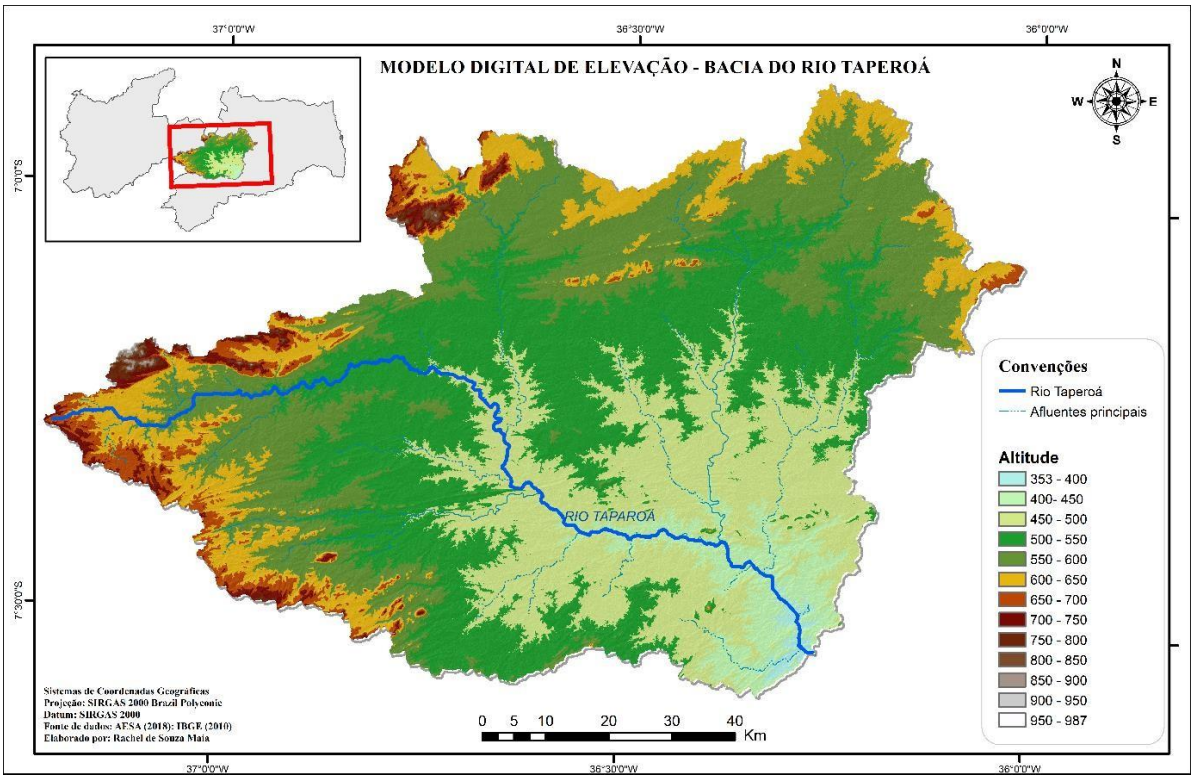
A média anual das precipitações no interior da bacia é de 542,6 mm e desvio padrão de 231,6 mm, seguindo um comportamento interanual bastante irregular. A precipitação média mensal da bacia hidrográfica está concentrada nos meses de fevereiro, março, abril e maio, os quais representam 61,6 % do volume médio total anual na bacia hidrográfica.

Assim a diferenciação térmica no interior da área de estudo está relacionada com o relevo as áreas mais baixas tendem a possuir maiores valores de temperatura média anual, enquanto que as localidades mais elevadas possuem menores valores médios (VITAL, 2011; WANDERLEY, 2016).

Nas regiões mais elevadas da bacia, que compreende os municípios de Cacimbas e Teixeira, as condições climáticas rigorosas são amenizadas por um clima de altitude, apresentando médias de 628 e 828 mm, enquanto que na porção média próximo aos municípios de Santo André São João do Cariri a bacia apresenta valores 480 e 522 mm, já para a porção mais inferior próximo a Cabaceiras a bacia apresenta valores de 400 e 480 mm (WANDERLEY, 2016).

Desta maneira, a altitude da bacia varia de 353 m até aproximadamente 987 m (figura 4), onde as áreas mais elevadas se encontram na parte norte da bacia e em alguns pontos específicos, onde o controle estrutural ordena a drenagem e sua direção, já para a parte ao sul e mais próximo da foz tem-se áreas com altitudes mais baixas.

Figura 4: Modelo Digital de Elevação - Bacia do Rio Taperoá



Fonte: AESA, 2018

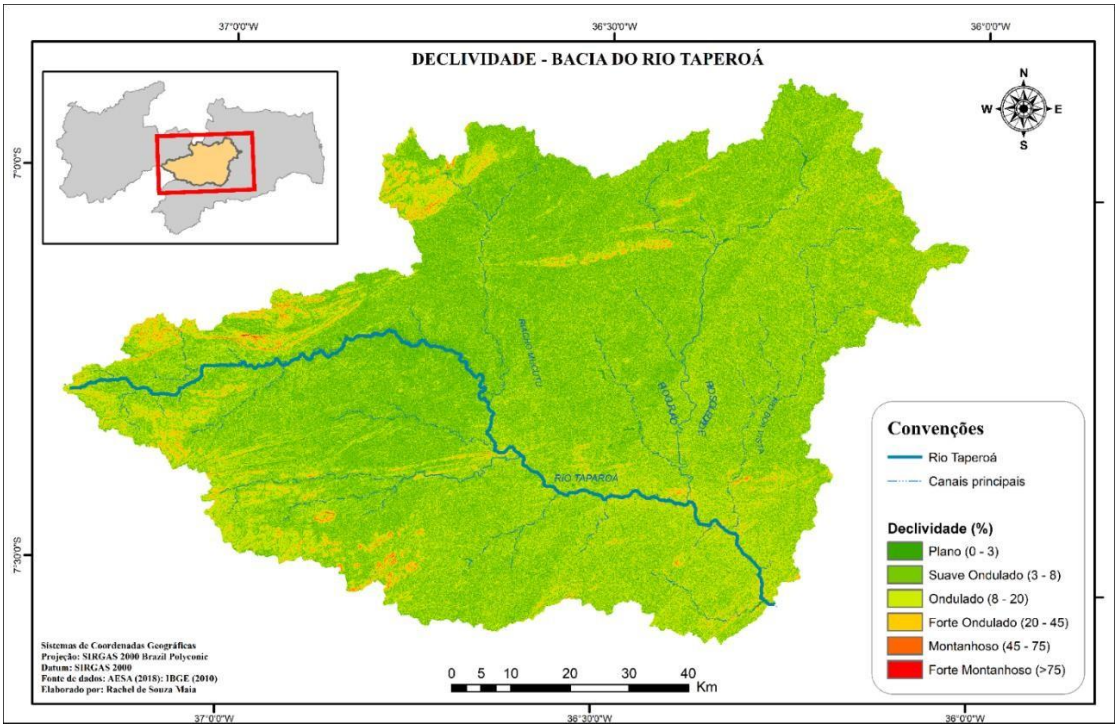
A depressão Interplanaltica Paraibana está delimitada a leste e oeste pelos compartimentos de encostas, com o pouco tectonismo ocorrido permitiu que se desenvolvessem áreas mais planas com 353 m a aproximadamente 500 m, que se limitam aos maciços remobilizados da Zona Transversal, que exibe cimeiras mais elevadas e uma sucessão de maciços isolados, cristas e depressões interplanálticas estreitas CORRÊA *et al*. 2010.

Os setores vizinhos a bacia na direção oeste, sudoeste e norte fazem parte e estão localizados domínio dos Maciços Remobilizados da Zona Transversal, que corresponde à área da província mais afetada pelos arqueamentos, apresentando as cimeiras mais altas, com valores de 600 m até 987 m. Nessa área, o relevo se apresenta como uma sucessão de maciços isolados, cristas e depressões interplanálticas estreitas, destacando-se o batólito da Serra do Teixeira, como um dos principais divisores de água da bacia hidrográfica do Rio Taperoá no limite entre os estados de Pernambuco e da Paraíba (WANDERLEY, 2016; CORRÊA *et al*., 2010; IBGE, 2010).

Na porção paraibana, estando localizada na parte mais central da província da Borborema e não apresentar eventos tectônicos intensos, esse planalto apresenta superfícies fragmentadas

e em consequência disso uma paisagem compostas por escarpas, maciças residuais e amplas superfícies aplainadas (figura5) (CARVALHO,1982).

Figura 5: Declividade - Bacia do Rio Taperoá.



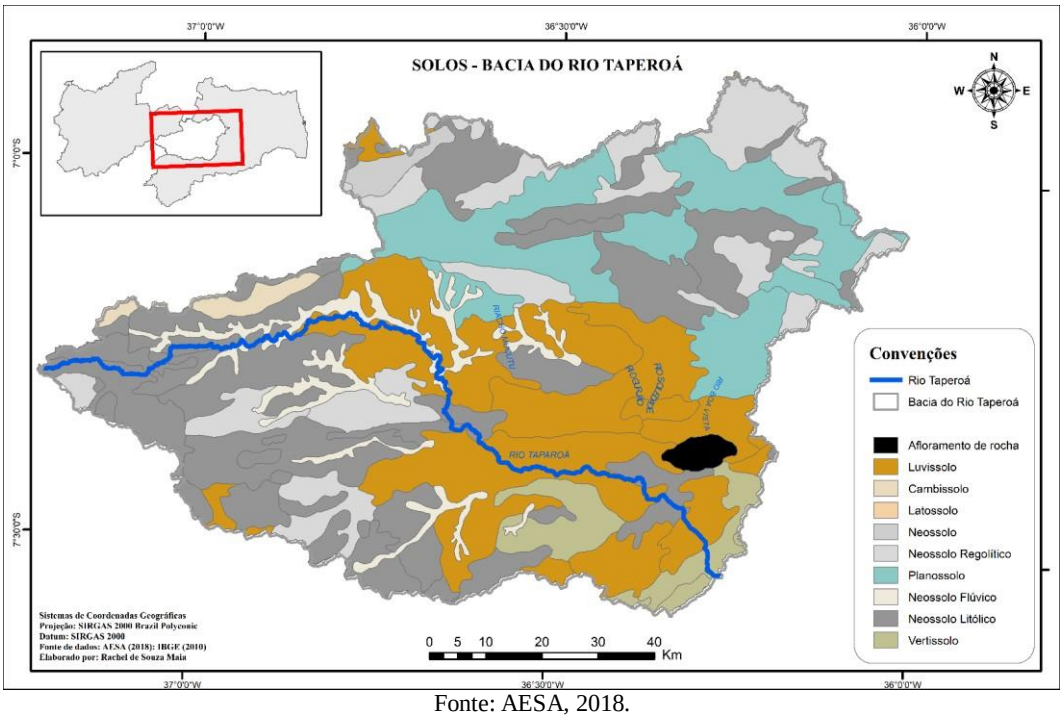
Fonte: AESA, (2018).

A maior parte da área da bacia é composta por feições de relevo planas rebaixadas, com predominância de declividades planas e suave ondulado, nas planícies são encontradas as feições de depósito, de declividades plana (0-3%). A declividade foi ordenada conforme as classes propostas pela Embrapa (1979).

Próximas às cabeceiras de drenagem as declividades apresentam-se acentuadas, estando entre montanhoso (45 – 75%) e forte montanhoso (>75 %) que indica alta suscetibilidade a erosão, produção de sedimentos e principalmente onde o confinamento dos rios é controlado pelo relevo. Seguindo o rio Taperoá até a sua foz, nos pontos médios e inferiores, as declividades tendem a decair, e tornam-se mais suaves até a sua foz, como um rio ideal.

Como sabemos, os solos estão relacionados as diferenças geológicas, climáticas e geomorfológicas. A tipificação dos solos, que tem maior ocorrência na bacia do rio Taperoá (figura6) são os Luvissolos e Neossolos litólicos (PARAÍBA, 2006).

Figura 6: Solos - Bacia do Rio Taperoá.



Fonte: AESA, 2018.

Os Neossolos litólicos são os tipos mais comuns de solos na extensão oeste e sudoeste da bacia hidrográfica do Rio Taperoá. São solos rasos e pouco desenvolvidos, e por isso apresentam o horizonte A ou C com pouca espessura, sobre a rocha mãe. São caracterizados normalmente, como pedregosos, com boa drenagem e que podem ser compostos por texturas diferenciadas, como arenosa, siltosa ou argilosa em áreas de relevo ondulado e ondulado. É importante ressaltar, que esse tipo de solo é bastante susceptível a erosão e que por esse motivo necessita de um manejo que englobe as suas necessidades (EMBRAPA, 2006).

Os Luvissolos, sendo comuns nos setores central e sudeste da bacia, se apresentam em localidades com grande restrição hídrica e geralmente estão associados a relevos suaves ondulados. Solos característicos por serem, rasos que raramente ultrapassam um metro de profundidade e por apresentar uma mudança textural abrupta, sendo assim mais sensíveis à erosão. As características químicas desse tipo de solo são bastante favoráveis a usos diversos, no entanto a alta concentração de argilas em horizonte B textural limita o cultivo de determinadas espécies vegetais (EMBRAPA, 2006; WANDERLEY, 2016).

Assim, os solos que prevalecem, na bacia em questão apresentam limitações relacionadas a permeabilidade e profundidade, portanto os usos e manejos desses solos devem feitos olhando para as suas condições limitantes, através de recursos de conservação para cada tipo de solo.

O processo de ocupação e uso na bacia do Rio Taperoá deu-se através de conflitos pela terra e na utilização de técnicas agrárias nocivas para o ambiente. Consequentemente, as relações que permeiam a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá resultaram na formação de uma organização espacial acometível, diante da ineficiência de políticas públicas e dos processos de degradação intensa dos recursos naturais.

Diante disso, tem-se que o uso da terra da bacia do Rio Taperoá, que sempre esteve vinculada a atividades agropastoris, como em grande parte do semiárido brasileiro. Assim a pecuária extensiva é a atividade predominante, juntamente com a agricultura que compõe a base produtiva da região. As práticas agropastoris estavam vinculadas ao desmatamento desordenado da caatinga, queimadas e manejos aplicados incorretamente, desencadearam alguns danos ambientais com o tempo, como o empobrecimento do solo, maior susceptibilidade a erosão, causando grandes mudanças na paisagem e transformações ambientais (SOUZA et al, 2009; WANDERLEY, 2016).

No tocante a vegetação de forma geral, a Caatinga se apresenta como principal e mais presente bioma na extensão do semiárido brasileiro. Contudo, o bioma Caatinga apresenta uma gama de variedade de espécies, densidade e porte. Assim para a bacia do Rio Taperoá a vegetação adapta e comporta-se de diferentes formas dependendo das condições climáticas, irregularidade das chuvas, tipo de solo, altitude e os manejos da terra, configurando níveis diferenciados de vegetação xerófila na região (CARVALHO E FREITAS, 2005; WANDERLEY, 2016).

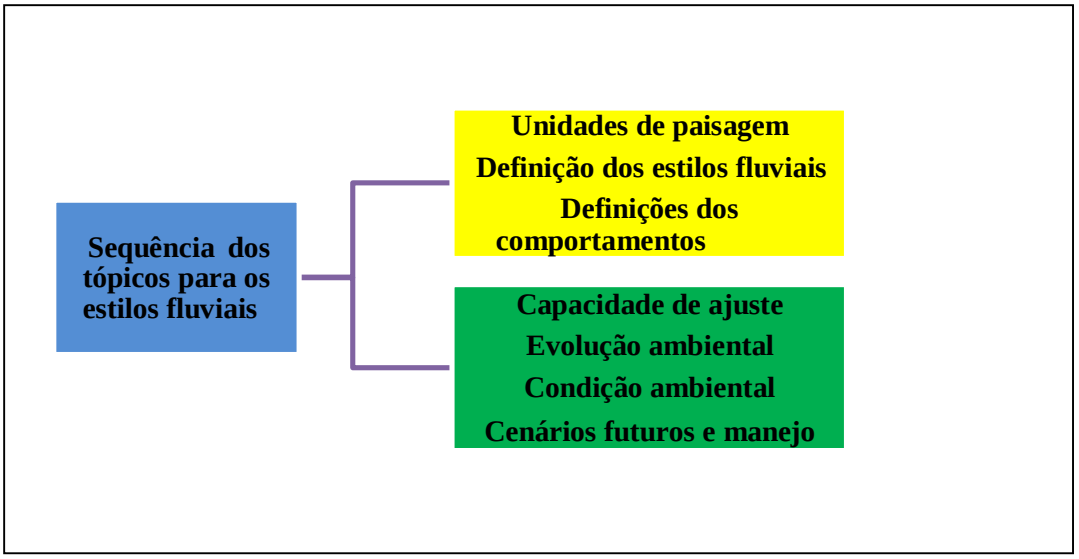
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2 Mapeamento dos estilos fluviais

Com a finalidade de conhecer e compreender a dinâmica fluvial e avaliar a condição ambiental da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, foram feitas o uso e aplicação da proposta teórica-metodológica Estilos Fluviais (Figura 7), que tem por objetivo caracterizar os canais fluviais.

É importante ressaltar que a metodologia dos estilos fluviais é uma forma de ler a paisagem e por isso se tem diversas formas de interpretar as informações fornecidas por ela, portanto depende do pesquisador perceber as limitações que podem surgir em sua pesquisa, com as escalas de análise ou até mesmo com a escassez de dados básicos.

Figura 7: Sequência dos Estilos fluviais.



Adaptado de Brierley e Fryirs, 2005.

Para atingir os objetivos da pesquisa foram necessárias algumas etapas metodológicas como: utilização do geoprocessamento e do sensoriamento remoto, que antecederam os trabalhos de campo nos meses de julho e agosto de 2018 e abril e maio de 2019, análise e mapeamento dos estilos fluviais e capacidade de ajuste. Onde, os dados obtidos foram a partir de diversas fontes e nos pontos que se tinha mais informação em diversos aspectos, a viabilidade e confiabilidade dos mesmos foram verificados e escolhidos.

Assim foram feitos mapas temáticos de MDE, declividade, geomorfológico, unidade de paisagem, geologia, uso do solo e solos), sendo dados necessários para alcançar os

objetivos da pesquisa e que foram obtidos de fontes diversas: Levantamento de solos da Paraíba, AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) entre outros.

Ainda assim, para se ter o desenvolvimento dos modelos de elevação (MDEs) e mapa declividade, foi feito o uso do sensoriamento remoto a partir das imagens do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) com resolução de 12,5 m do ano de 2011 e para ara o mapa de uso do solo, foram feitas classificações na composição 7,5 e 3 (bandas espectrais) RGB (*Red, Green and* Blue) de falsa cor das imagens do sensor OLIE no LANDSAT 8, sendo uma forma de conhecer melhor a bacia em questão.

3.2.1 Unidades de paisagem.

Pensando nas mudanças que ocorrem nos ambientes fluviais, a proposta metodológica dos estilos fluviais se adequa de uma forma mais precisa para se fazer a identificação da capacidade de ajustes do ambiente fluvial, desencadeados por determinadas mudanças ocorridas(FRYIRS, SPINK e BRIERLEY, 2009), ajustes estes diretamente ligados à conectividade da paisagem e trabalhados nas dimensões verticais, laterais dos rios e quando há a mudança nos estilos fluviais.

Inicialmente para a caracterização dos estilos fluviais utiliza-se uma base cartográfica, que pode ser encontrada em algumas agências regionais, contudo para a área em questão foi necessário produzir essa base, já que algumas informações não estão disponíveis. Sendo assim, foi necessário utilizarmos um SIG (Sistema de informação geográfica) para gerar informações pertinentes como: regime de fluxo, morfologia do rio, características sedimentares e da vegetação (SOUZA, 2014).

Em muitos casos da geomorfologia fluvial, a diferenciação no carácter e comportamento dos rios ficam evidente em diferentes unidades de paisagem. A diferenciação das unidades de paisagem de uma bacia se dá pela combinação de alguns fatores ambientais, como topografia, cobertura vegetal, geologia e etc.

Assim, a metodologia dos estilos fluviais enxerga as unidades de paisagem com especificações de enfoque morfológico e geomorfológico, que configuram-se a partir de diferentes interações e características físicas que a bacia do Rio Taperoá apresenta, onde os limites das unidades de paisagem podem ser demarcados por rupturas distintas em declive ao longo de perfis longitudinais, indicando mudanças descendentes na largura e elevação do vale que resultam em uma transição no Estilos fluviais (BRIERLEY e FRYIRS, 2009).

Para a realização do mapa de unidades de paisagem da bacia do Rio Taperoá, foram compiladas informações dos seguintes temas: solo, geologia, modelo digital de elevação, declividade e geomorfologia, que reunidas representaram os controles fundamentais do comportamento dos rios, desta maneira a partir das imagens do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) com resolução de 12,5 m e com auxílio do software *ArcGis 1*0.6 (versão acadêmica).

3.2.2 Definição dos estilos fluviais.

Para o mapeamento dos estilos fluviais do Rio Taperoá foi realizada de acordo com a primeira etapa da metodologia, que avalia o comportamento do rio em trechos representativos, onde se dá a classificação pelo confinamento do vale e consequentemente pela presença ou não de planícies de inundação, sendo duas características importantes e que determinam, se há ou não extravasamento do fluxo para fora do canal (BRIERLEY; FRYIRS, 2005; SOUZA, 2014). Para isso, foram utilizadas imagens do *Google Earth* para se ter um conhecimento prévio dos trechos e que foram confirmadas em campo nos dias (21/08/2018), (15/04/2019) e (14/05/2019).

Posterior a isso, foi realizado em laboratório o perfil longitudinal do rio principal da bacia em questão, que tem por finalidade representar a sua declividade (ou gradiente), sendo ele a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento do rio.

O perfil longitudinal do Rio Taperoá, principal rio da bacia foi feito através de imagens do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) com resolução de 12,5 m do ano de 2011, estas imagens foram recortadas a partir da delimitação da área da bacia do Rio Taperoá. Posteriormente, foi feito a extração da drenagem e retrabalhada em ambiente SIG (Sistemas de informações Geográficas), assim os perfis foram produzidos através da ferramenta *StackProfile* o que permitiu a criação de uma tabela contendo informações da variação da altimetria do MDE e da área de captação dos pontos no Rio Taperoá, que foram exportados para o *Excel* e feito o perfil longitudinal.

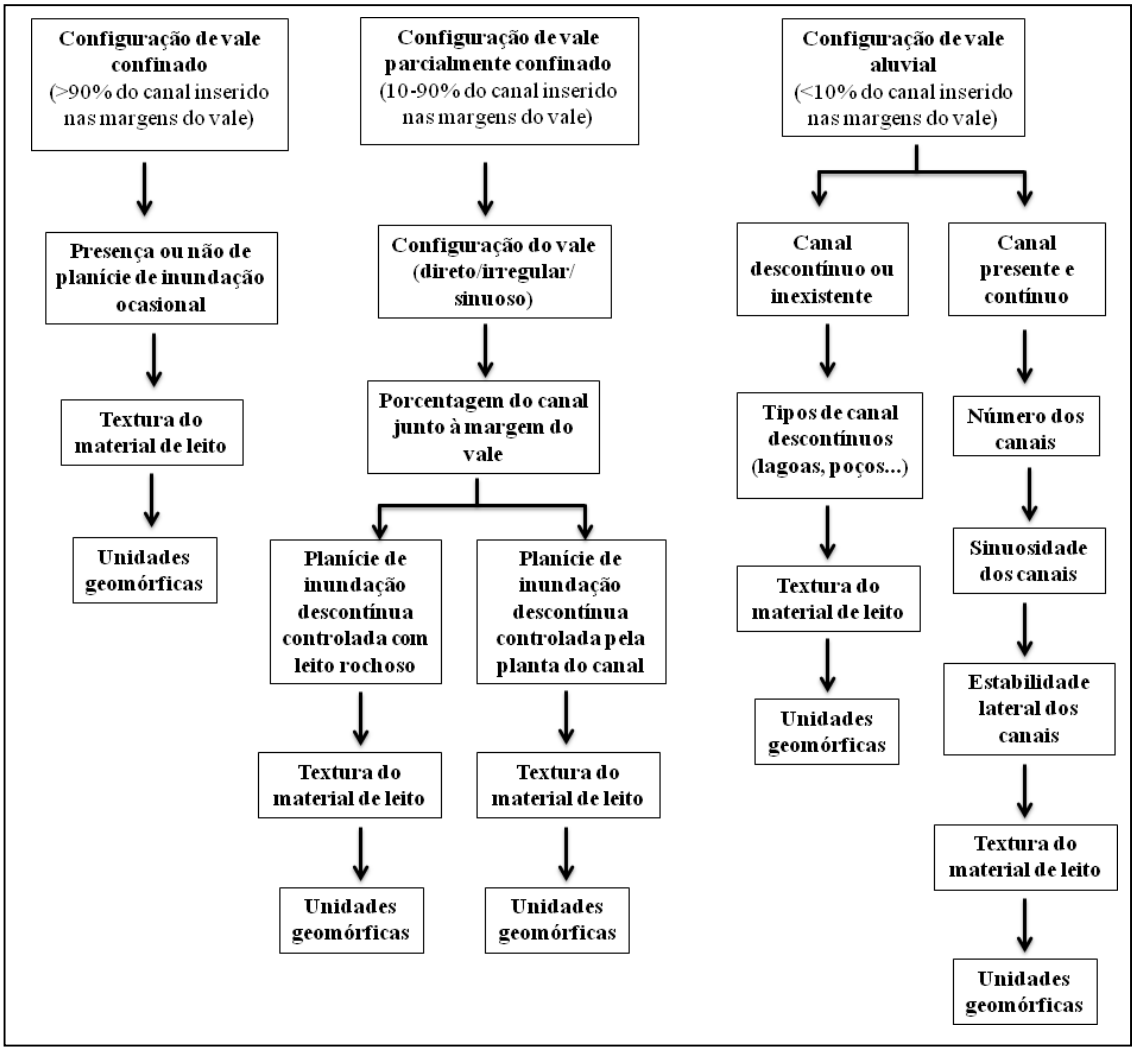
3.2.3 Definição do comportamento dos estilos fluviais.

Para esse segundo passo, os estilos fluviais foram identificados com a combinação de três elementos: confinamento, unidades geomórficas e textura do material do leito. Com isso mostra-se uma abordagem flexível e aberta para a avaliação do comportamento do rio, onde

retém o máximo de informações possível facilitando o trabalho do pesquisador, assim essa etapa da metodologia se sumariza na definição dos estilos (árvore dos estilos), onde resultou em um mapa geral dos estilos da bacia, mapa para cada trecho e em matrizes de cada um dos estilos.

Desta forma, a diferenciação dos trechos fluviais se deu pela presença ou não de planícies de inundação, que surgem quando se tem o extravasamento do fluxo de um determinado canal, ou seja, o confinamento. O confinamento é definido em: canais não confinados (ou vale aluvial), mais de 90% do trecho apresentando planície de inundação, parcialmente confinado, entre 10% e 90% do trecho com planície de inundação e podendo ser confinado, com menos de 10% do trecho com planície de inundação (figura 8) (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

Figura 8: Sequência de procedimentos para identificação dos estilos fluviais.



Fonte: (adaptado de BRIERLEY, FRYIRS, et al., 2002).

A caracterização dos Estilos fluviais do Rio Taperoá se voltou para uma avaliação hierarquizada, utilizando as principais informações que a árvore dos estilos fluviais fornece para compreender o comportamento do rio e representar cada estilo sendo eles: compartimentação geomorfológica; característica do vale; sinuosidade, perfil lateral do canal; geometria do canal; unidades geomorfológicas; e composição do leito, (BRIERLEY, *et al.*, 2002).

Dentro da perspectiva do confinamento fluvial que foi feita a partir de imagens de satélite disponíveis da área, com auxílio do Google Earth Pro, essa pré-classificação antecedeu a verificação do campo que mostrou a existência ou não de planícies de inundação nos pontos (BRT1, BRT2, BRT3, BRT4, BRT5, BRT6, BRT7), que foram confirmadas em campo nos meses de julho e agosto de 2018 e abril e maio de 2019, essas imagens estão

disponíveis gratuitamente no programa *Google Eart*, e foram usadas apenas como suporte de visualização.

Para os perfis laterais, foram realizados os trabalhos de campo com subsídio de GPS, para a precisão dos pontos (BRT1, BRT2, BRT3, BRT4, BRT5, BRT6, BRT7), nos meses de julho e agosto de 2018 e abril e maio de 2019 com o uso da *Estação total Ruide RTS 820*(figura 9). Para a realização destes perfis de cada estilo fluvial, afim de se ter uma visão em planta dos trechos identificados.

Figura 9: GPS Garmin e Estação total Ruide RTS 820.

Fonte: A autora.
Data: 15/05/ 2019.

A partir dos perfis laterais, foi possível identificar as unidades geomórficas que compõem e fazem parte do canal e juntamente com elas, possibilitando a compreensão dos processos que refletem a dimensão do comportamento dos Estilos fluviais e de seus padrões avaliados, em relação ao contexto paisagístico e suas ligações espaciais e temporais de seus processos geomorfológicos (CORRÊA, SILVA, *et al*., 2009). Norteando assim, para a quantificação de elementos morfométricos como: sinuosidade, capacidade de ajuste, intervenção antrópica e cobertura vegetal.

As unidades geomórficas foram previamente identificadas por imagens de satélites disponibilizadas no Google Earth e confirmadas em campo a partir da presença de barras arenosas, planície de inundação e terraços, juntamente com o material de leito e de cada unidade que foram confirmadas nos trabalhos de campo feitos nos anos de 2018 e 2019.

A textura do material de leito é um dos fatores determinantes do caráter do rio, assim para identificá-la na área de pesquisa, juntamente com a textura de cada unidade geomórfica foram feitas em campo as análises da textura com base no fluxograma proposto por Thien (1979 apud CAVALCANTI, 2014).

As amostras foram a priori umedecidas e modeladas manualmente, colocadas entre os dedos indicadores e polegar onde a presença de areia, silte e argila vão definir a aspereza, sedosidade e pegajosidade, configurando uma análise por meio de sensações (figura 10), dessa maneira a análise da textura das unidades geomórficas foi feita através de um fluxograma para identificação da textura por meio da análise das sensações (SANTOS et al., 2005; BRIERLEY; FRYIRS, 2005; CAVALCANTI, 2014).

Figura 10: Análise de textura de Thien (1979).

Fonte: A autora.
Data: 15/05/ 2019.

Seguindo a metodologia sumarizada por Brierley *et al* (2000), foram feitas as matrizes de informações para cada estilo fluvial que foram elencados na bacia do Rio Taperoá. Essa matriz possui informações sobre as características, elementos, comportamento fluvial e controles de cada estilo.

As características do trecho identificam o conjunto de atributos que foram usados para definir cada estilo fluvial como: bacia à montante, unidade de paisagem, zona processual, morfologia do vale, declive do vale, competência do fluxo e intervenção antrópica, e de maneira geral foi identificada a vegetação associada e também seu porte, sendo caatinga com

cobertura densa, intermediária ou espaçada, assim cada componente desse são as condições limites para cada estilo fluvial (BRIERLEY e FRYIRS, 2005).

Desta forma, a partir da resolução da matriz para cada estilo fluvial foi possível enxergar a dinâmica fluvial e os processos que são responsáveis por cada estilo fluvial (MAIA, 2016). A partir disso, foi possível obter três resultados importantes: um mapa com todos os estilos definidos, um mapa em planta para cada estilo fluvial, onde foram utilizadas as imagens de satélite a partir do *Google* Earth e as informações coletadas em campo e as matrizes fluviais dos estilos da Bacia do Rio Taperoá.

3.3 Avaliação da evolução e condição geomórfica do rio.

Essa etapa dos estilos fluviais teve por objetivo, avaliar a condição ambiental do rio, que seria a capacidade do rio de executar as funções que são esperadas e a partir disso, analisar a capacidade de ajuste de cada estilo fluvial da bacia do Rio Taperoá e as perturbações aos quais eles estão submetidos, ou seja, como a perturbação humana alterou o carácter e o comportamento do rio. O confinamento do vale vai dar a distribuição da capacidade de ajuste lateral e vertical de cada rio, mostrando as mudanças geomórficas que estão dinamicamente ocorrendo na bacia. (SPINK; FRYIRS; BRIERLEY, 2009).

Assim a condição geomórfica, foi avaliada no contexto da capacidade de ajuste dos estilos fluviais e no grau em que a contemporaneidade da estrutura geomórfica se afastou de seu estado natural, termos: forma em planta do canal, geometria do canal, característica do leito e no conjunto de unidades geomórficas (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

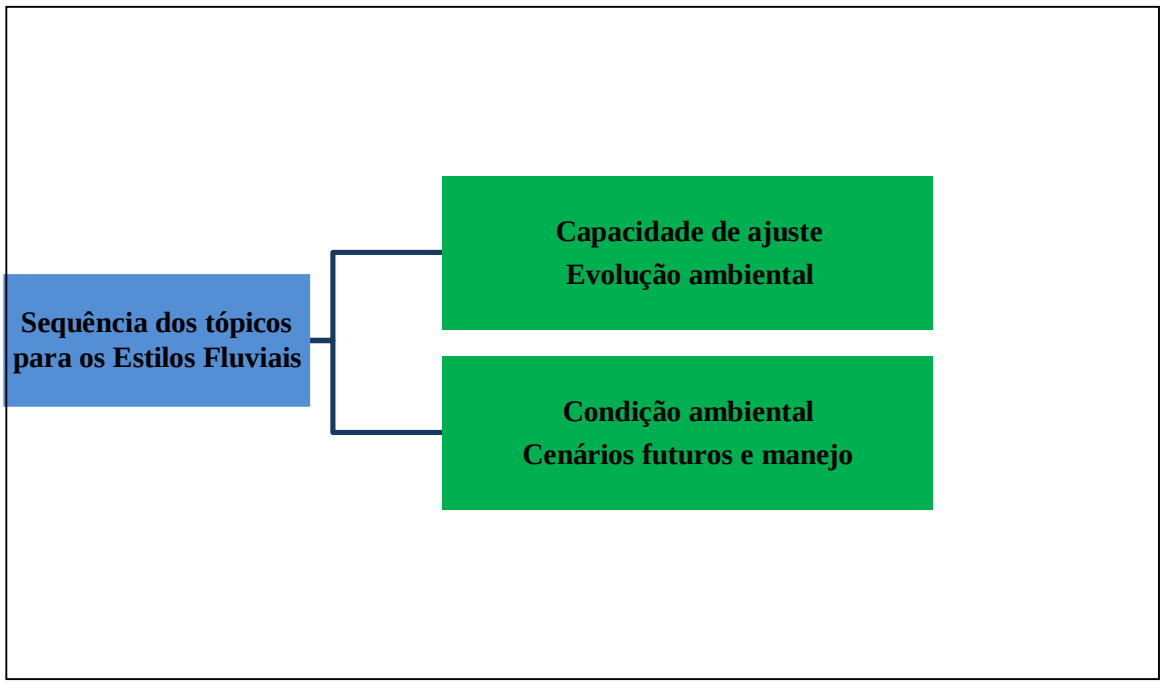
Os ajustes produzidos pelo homem, variam para cada estilo de rio pois cada um possui uma capacidade de ajuste e avaliar esses vários estágios de ajuste, fornece para a pesquisa uma base central para identificar as condições de referência apropriadas, assim cria-se padrões de respostas aos distúrbios antrópicos e as noções de irreversibilidade, com isso fases de ajustes longe do natural são identificadas (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

Dessa forma, certos geoindicadores fornecem informações relevantes a respeito da condição geomórfica, ou seja, sobre a estrutura, forma e função de cada estilo, pois essa parte da avaliação da condição do rio requer uma avaliação precisa da evolução do mesmo, para assim permitir a identificação dos distúrbios naturais ou induzidos pelo homem.

Para esta etapa, a pesquisa seguiu a lógica do fluxograma citado anteriormente e a partir dele seguimos as etapas do trabalho, mostrando o que são as informações da capacidade

de ajuste, a evolução ambiental, a condição ambiental, os cenários futuros e manejo (figura11).

Figura 11: Sequência dos Estilos fluviais.



Adaptado de Brierley e Fryirs, 2005.

3.3.1 A capacidade de ajuste dos estilos fluviais.

Existiram três afazeres importantes desta parte dos Estilos fluviais, primeiramente foi necessário interpretar os estilos fluviais e como se ajustam em diferentes condições de fluxo (estação chuvosa, estação seca), posterior a isso foi avaliado a capacidade de ajuste dos estilos fluviais com a determinação de geoindicadores relevantes para compreender a condição geomórfica.

A avaliação da capacidade de ajuste é baseada na análise de variáveis que tem a possibilidade de se ajustar em um determinado estilo fluvial, se o ajuste acontece de maneira que o rio consegue se adaptar é um ajuste saudável o que pode levar o rio a uma condição boa, mas o contrário disso o rio pode caminhar para uma condição moderada ou ruim.

Foi avaliada a capacidade de ajuste dos rios sobe mudanças nas condições de fluxo, sedimento e vegetação, ou seja, cada estilo fluvial tem a sua capacidade e grau de ajustamento, no carácter do leito do canal, da seção lateral do estilo, da geometria e composição das unidades geomórficas, onde foi necessário impor geoindicadores que sejam

relevantes para cada trecho, onde os mesmos auxiliam no reconhecimento das mudanças dos ambientes fluviais, assim a medida que, inferimos um geoindicador para determinado trecho requer que ele dê um *feedback* e seja possível registrar as modificações ocorridas.

Desta forma, a determinação dos geoindicadores é relevante para o grau de liberdade lateral e vertical de cada Estilo Fluvial. Assim, muitos geoindicadores são avaliados dentro de cada grau de liberdade com o objetivo de estabelecer a capacidade que cada alcance terá para se ajustar dentro da configuração do vale.

Os geoindicadores escolhidos para a pesquisa em questão foram definidos a partir do confinamento do vale dos Estilos fluviais, ou seja, para os trechos confinados serão os seguintes: material de leito, gradiente e geometria de margem (simetria dos canais), já para os parcialmente e não confinados serão: geometria do canal (tamanho e formato), material de leito e por fim forma em planta (visão planta),cumprindo assim o segundo estágio (apenas a primeira etapa), identificando pontos representativos por meio de sensoriamento remoto e posteriormente, confirmando os dados coletados em campo nos dias (15/04/2019) e (14/05/2019) e plotados em uma tabela para cada estilo fluvial.

Portanto, essa etapa dos estilos fluviais foi construída uma tabela de avaliação da capacidade de ajuste para cada estilo fluvial caracterizado na bacia, onde em campo e laboratório foram coletadas informações a partir dos geoindicadores supracitados.

3.3.2 A evolução do rio como base para uma alteração geomórfica irreversível uma condição de referência.

O segundo passo tem por objetivo analisar a evolução do rio, observando as alterações irreversíveis nas unidades geomórficas e por último, foi construída uma tabela com questionamentos pertinentes as condições geomorfológicas de cada estilo da bacia, levando em consideração o grau de capacidade de ajuste (bom, moderado e fraco) (BRIERLEY e FRYIRS, 2005).

Examinar a evolução de um rio é necessária para se determinar a natureza e extensão da mudança na estrutura e função do rio e só assim mensurar se essa modificação é reversível ou não. Essa avaliação engloba um período na condição em que o rio estava “uniforme”, fornecendo assim uma base para avaliar a degradação resultante da ação antrópica e juntamente a isso período de tempo, efeitos de atraso e violações de limite (seja natural ou feita pelo homem) são identificados e interpretados.

Os ajustes resultados de ação humana podem ser por exemplo, um rio que foi assoreado em função de um barramento e dependendo do estilo fluvial os padrões de respostas podem ser reversíveis ou não, a partir disso estágios de ajustes longe do "natural" são identificados (BRIERLEY E FRYRS, 2005).

Uma sequência evolutiva fez-se necessária para avaliar de como as condições de fluxo, se ajustaram em resposta a fatores naturais ou antrópicos, levando em consideração de um período no qual as condições ambientais estavam um tanto estáveis. Assim os limites que são ultrapassados ou modificados de alguma maneira podem vir a ser identificados, dessa forma o cenário sob investigação é o período de tempo em que as perturbações antrópicas possam ser observadas, ou seja, na contemporaneidade.

A metodologia sumarizada por Brierley e Fryirs (2005), aponta algumas formas de como fazer uma sequência evolutiva para cada estilo fluvial, como usar a datação da estratigrafia, fotografias aéreas antigas, contudo por falta de recursos e informações para a pesquisa em questão, foram utilizados apenas imagens do *Google Earth* a partir de 2010 até 2018, tendo em vista que durante a pesquisa tentou-se obter essas informações através de imagens do LANDSAT 8, contudo, após a composições das imagens disponibilizadas gratuitamente não foi possível trabalhar com a escala de detalhe que a metodologia necessita, onde é preciso ter uma boa resolução dos canais. Por esse motivo, cada estilo elencado na bacia teve a análise das imagens disponibilizadas pelo *Google Earth*, nos anos aos quais era possível observar alguma mudança, no ambiente fluvial.

Assim, foi feito também a análise da evolução do rio, característica essa que cada estilo fluvial se diferencia em suas unidades deposicionais e erosivas. Para isso, foram feitos os perfis laterais em campo com o auxílio de uma estação total, como dito anteriormente para que assim seja possível ter-se uma visão em planta dos canais, que viabiliza observar as mudanças na direção do fluxo e assim ser possível determinar as mudanças ocorridas nas unidades geomórficas em cada estilo fluvial.

Desta forma, com as informações colhidas em escritório e posteriormente em campo foi viável compreender cada Estilos fluviais dentro de um contexto evolucionário fluvial que seriam: comportamento do rio antes da interferência antrópica e determinação das mudanças pós – humana; condições de fluxo diante das mudanças; mudanças nas unidades geomórficas serem reversíveis durante um tempo de manejo ou não; e por fim identificar a condição referência.

Os geoindicadores citados anteriormente no primeiro passo da metodologia e que foram utilizados para a pesquisa tiveram por objetivo, mostrar atributos relevantes dos rios em

sua contemporaneidade e identificar condições boas, moderadas ou frágeis. Assim para cada estilo de rio, os geoindicadores seguem uma lógica de princípios geomorfológicos básicos em que correspondem ao processo que cada estilo funciona.

Brierley e Fryirs em 2005 nos mostram a importância de ter um trecho de referência para cada estilo fluvial, pois só assim é possível enxergar as mudanças regidas pelo homem, no caráter e comportamento do rio que estão fora do padrão de referência, o objetivo de ter essa referência é determinar uma configuração morfológica que seja compatível com as condições de fluxo predominantes, tendo em vista os atributos dos canais, o agrupamento de unidades geomórficas e as características do material do leito.

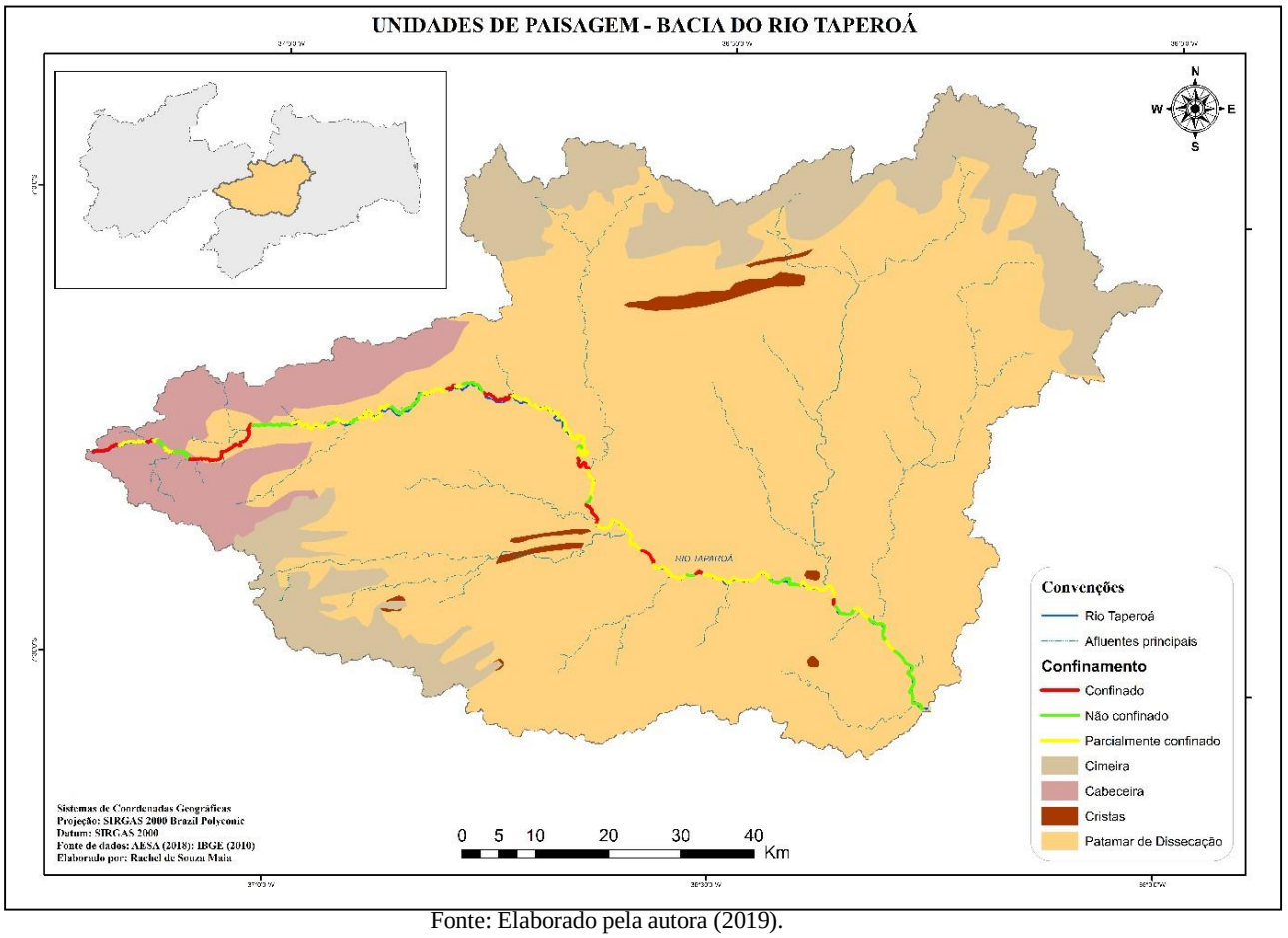
Assim para a metodologia dos estilos fluviais, as condições para identificar um trecho de referência tiveram como base, se houve ou não mudança geomórfica irreversível após ação antrópica, isso sendo determinado pela capacidade de ajuste e pelas respostas com as alterações de fluxo, ou seja, a transferência do fluxo, sedimentação e relação da vegetação de cada estilo fluvial identificado na bacia do Rio Taperoá.

4 RESULTADOS

4.1 ESTILOS FLUVIAIS DO RIO TAPEROÁ

Com as informações obtidas foi possível realizar as etapas metodológicas, que tiveram como foco os estilos fluviais e de que maneira eles se comportam na extensão do Rio Taperoá, diante de uma perceptiva sistêmica dos seus componentes e interações. Assim a Bacia do Rio Taperoá está inserida entre o contexto das seguintes unidades de paisagem: cabeceira, cimeira, cristas e patamar de dissecação (figura 12).

Figura 12: Confinamento e unidades de paisagem da Bacia do Rio Taperoá.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

A área analisada encontra-se inserida na depressão Maciços Remobilizados da Zona Transversal, a partir da qual foram mapeadas as seguintes unidades de paisagem:

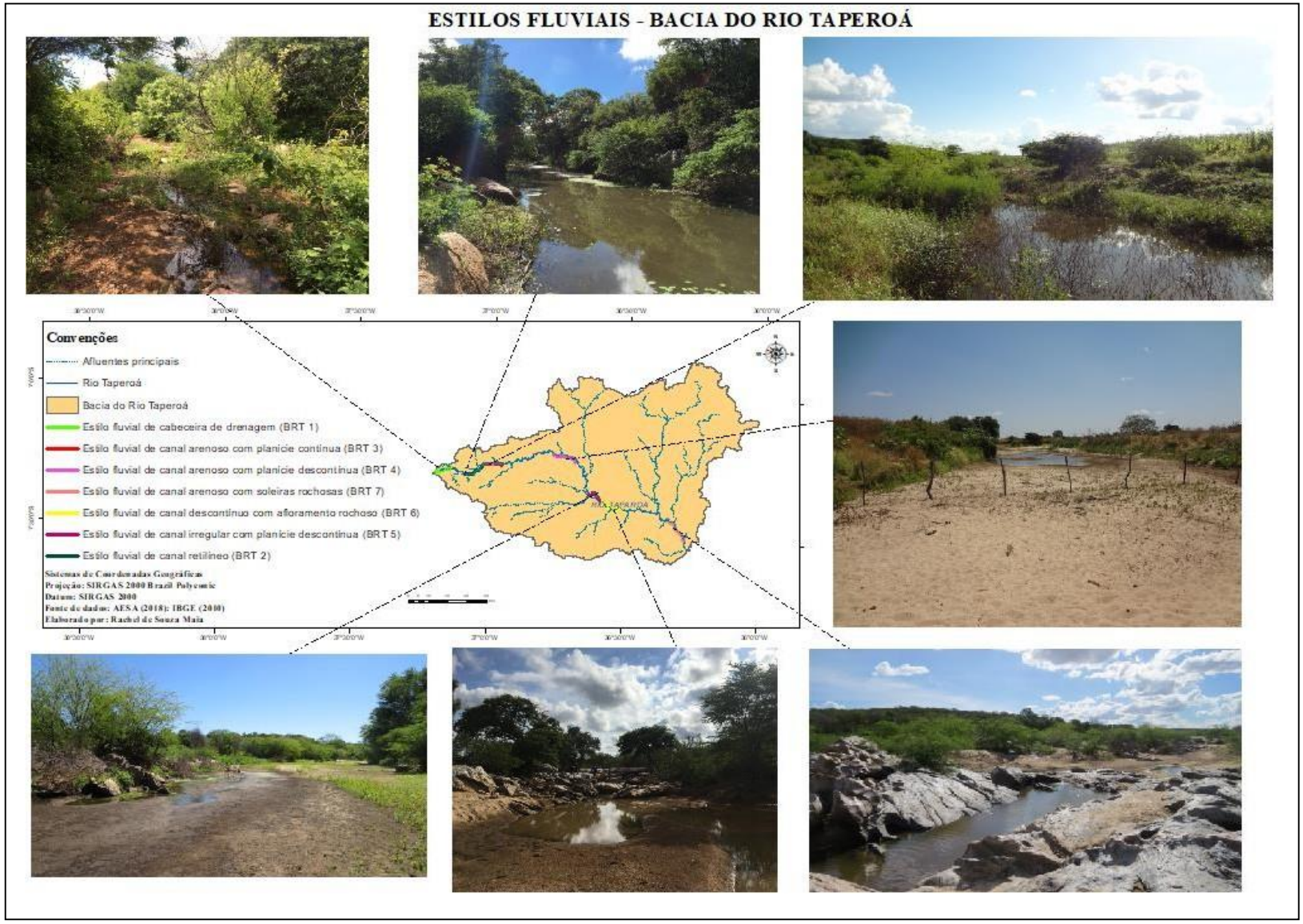
- *Cabeceira*: localizada na parte oeste da bacia que se encontra nas duas unidades geológicas mais significativas da bacia, Riacho do forno e São Caetano, que são compostas

por ortognaisses e migmatitos. Neste compartimento, encontramos a área mais declivosa da bacia, entre montanhoso (45 - 75%) e forte montanhoso (>75 %) que indica alta suscetibilidade a erosão e produção de sedimentos, ao qual encontra-se o início do principal rio da bacia, o Rio Taperoá, onde o confinamento tem forte influência do relevo.

- *Cimeira*: encontra-se nas bordas da bacia, próximo a divisão com a depressão sertaneja e apresenta pontos cotados que chegam acima dos 800 m, configurando-se como uma área de alinhamentos cristalinos que funcionam como divisores naturais da rede de drenagem e com grande variedade nas unidades geológicas. A partir do mapa de declividade (figura 5), suave ondulado (3 - 8%) e ondulado (8 - 20%) são predominantes para essa unidade.
- *Cristas:* se destacam por serem relevos remanescentes de antigas superfícies, geralmente com composição litológica de rochas mais resistentes, as metamórficas. Assim, a sua morfologia se evidencia na paisagem, no que diz respeito a altimetria em relação ao terreno que as circunda e segue preferencialmente as linhas de falhas.
- *Patamar de dissecação:* configura-se como a maior e mais homogênea unidade de paisagem da bacia e naturalmente uma zona de acumulação de sedimento, justamente por não apresentar eventos geológicos significativos, reforçando a ideia de que o Rio Taperoá é um rio ideal no contexto da geomorfologia. Com isso, apresenta uma variedade na altitude de 300 a 500 m e uma declividade plana (0 - 3%), apresenta um compilado de rochas metamórficas e ígneas que culminam em duas grandes unidades geológicas: Riacho do forno e São Caetano, supracitadas.

Diante dos estilos encontrados (figura 13) foram confeccionados mapas que explanam de forma geral e específica cada trecho elencado, sendo eles agrupados em um quadro ao qual apresenta as características principais de cada estilo e consequentemente, representativas em relação ao comportamento fluvial.

Figura 13: Características pontuais dos estilos fluviais do Rio Taperoá.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Foi a partir dos dados coletados e das visitas a campo, que na extensão do Rio Taperoá os estilos encontrados foram, cabeceira de drenagem (figura 32), canal retilíneo (figura 36), canal arenoso com planície contínua (figura 16), canal arenoso com planície descontínua (figura 20), canal irregular com planície descontínua (figura 24), múltiplos canais com afloramento rochoso (figura 40) e canal arenoso com soleira (figura 28). Para a bacia do Rio Taperoá, foram encontrados sete estilos fluviais, aos quais estão distribuídos em diferentes zonas processuais da bacia (quadro 1), por esse motivo cada estilo apresenta um compilado de unidades geomórficas diferentes, que espelham os processos que ocorrem em cada trecho.

Quadro 1: Estilos Fluviais encontrados no Rio Taperoá.

Trecho	Estilo Fluvial	Configuração do vale	Unidade de paisagem	Configuração em planta	Textura do material de leito	Comportamento do rio
BRT 1	Cabeceira de drenagem	Confinado	Cabeceira	Canais regulares, com a presença de afloramento rochoso	Arenoso	Alta competência de transporte de sedimento
BRT 2	Canal retilíneo	Confinado	Patamar de dissecação	Fundo de vale irregular, com a presença de afloramento	Franco-argilosa	Alta competência de transporte, remobilizando blocos grandes
BRT 3	Canal arenoso com planície contínua	Não confinado	Patamar de dissecação	Fundo de vale irregular, com depressões alagadas	Areia franca, com o canal preenchido por água	Baixa competência de transporte de sedimento, ficando restrito a eventos de alta magnitude.
BRT 4	Canal arenoso com planície descontínua	Parcialmente confinado	Patamar de dissecação	Canal simétrico e único	Areia-franca	Alta competência, principalmente na alta vazão e em eventos de alta magnitude.
BRT 5	Canal irregular com planície descontínua	Parcialmente confinado	Patamar de dissecação	Canal assimétrico, com a presença de soleiras rochosas	Areia franca	Média competência e na alta vazão reloca as unidades de barra arenosa e consegue escavar um canal secundário, iniciando a formação de uma planície de inundação.
BRT 6	Múltiplos canais com afloramento rochoso	Confinado	Patamar de dissecação	Canal irregular, com a presença de afloramentos, soleiras e blocos	Rochoso com lâminas de areia franca.	Alta competência. Transportando seixos, blocos maiores e grande quantidade de areia em eventos de alta magnitude.
BRT 7	Canal arenoso com soleiras	Parcialmente confinado	Patamar de dissecação	Canal assimétrico, com a presença de	Arenoso	Baixa competência de transporte de sedimento, onde o mesmo ocorre

				soleiras rochosas		através de eventos de altas magnitudes.

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

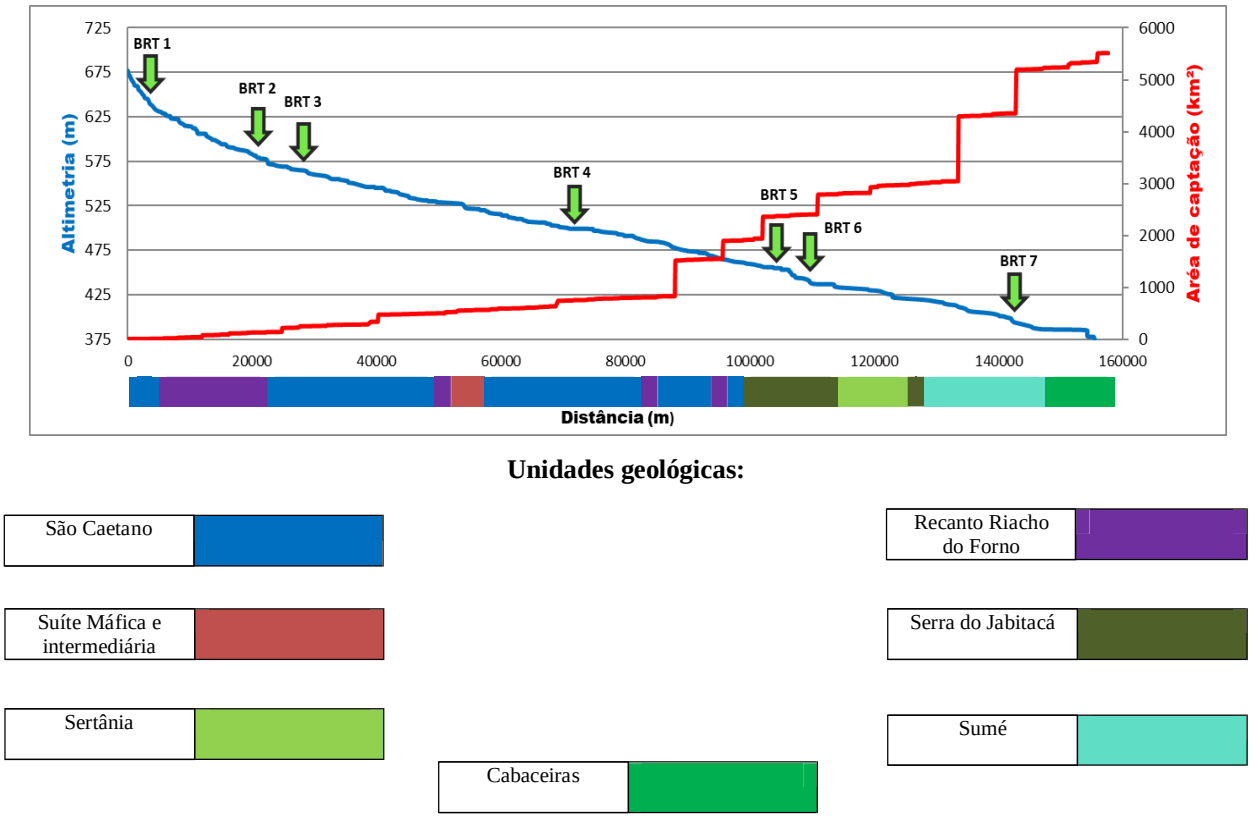
O primeiro estilo da bacia, canal de cabeceira de drenagem (BRT 1) com a configuração do vale confinada está localizado na parte mais declivosa da bacia, que é composta pela a unidade de paisagem denominada de cabeceira, sumarizada por ser uma zona processual de produção de sedimento e com altitude elevada de 600 m chegando a 800 m.

Próximos ao primeiro estilo, estão outros dois estilos fluviais o canal retilíneo e o canal arenoso com planície contínua (BRT 2; BRT 3), que apresentam configuração do vale confinada e não confinada, respectivamente. Estão inseridos na mesma unidade de paisagem, patamar de dissecação que tem como característica ser mais uniforme, significando que é uma área que não sofreu tanto com os eventos geológicos e sua declividade é classificado como ondulada, além disso, é nessa mesma unidade que se encontram as cristas, outra unidade de paisagem que está relacionada a rochas com o limiar de resistência maior.

O patamar de dissecação recobre grande parte da bacia do Rio Taperoá e configura em geral como a área de pesquisa em geral como bastante homogênea. Assim os próximos estilos elencados da bacia entram-se nessa mesma unidade de paisagem, são eles: o canal arenoso com planície descontínua, o canal irregular com planície descontínua, o canal descontínuo com afloramento rochoso e o canal arenoso com soleiras (BRT 4; BRT5; BRT 6; BRT 7), na devida ordem. Mesmo estando na mesma unidade de paisagem, esses trechos possuem algumas diferenciações, desde o material de leito, zona processual, unidades geomórficas, mas a configuração do vale é a informação escalar mais significativa.

O perfil longitudinal representa a realidade da bacia que foi primeiramente identificada através dos mapas temáticos e focou no Rio Taperoá. Possuindo uma extensão de 158 km, o mesmo segue a lógica de um rio ideal que o decaimento altimétrico começa em sua cabeceira e continua até a foz, a partir disso foram analisados os principais controles fluviais que regem e compõem as características de comportamento do mesmo, sendo eles: área de captação (figura 13), a energia do rio (figura 14) e o gradiente (figura 15).

Figura 13: Perfil longitudinal e área de captação do Rio Taperoá.



Fonte: CPRM, 2018.
Elaboração: A autora.

A figura supracitada mostra que o trecho inicia nas cabeceiras da bacia, em uma altitude de 675 m, chegando até 375 m em sua zona processual de deposição. É importante ressaltar que ao longo do perfil e de maneira geral, não demonstrou grandes variações, no que diz respeito a mudanças no declive, apresentando uma área de com declividades medianas (suave ondulado e ondulado) e declividades baixas (plana e suave ondulado).

A linha em vermelho, que representa a área de captação aumenta em alguns momentos conforme mostrado no gráfico, significando a entrada de afluentes no Rio Taperoá, interferindo de forma direta e aumentando a área de captação, assim o primeiro afluente incorpora-se com o trecho analisado, na altitude de 470 m, o segundo a 398 m e o terceiro a 385 m, configurando uma área de captação de 5.512 Km².

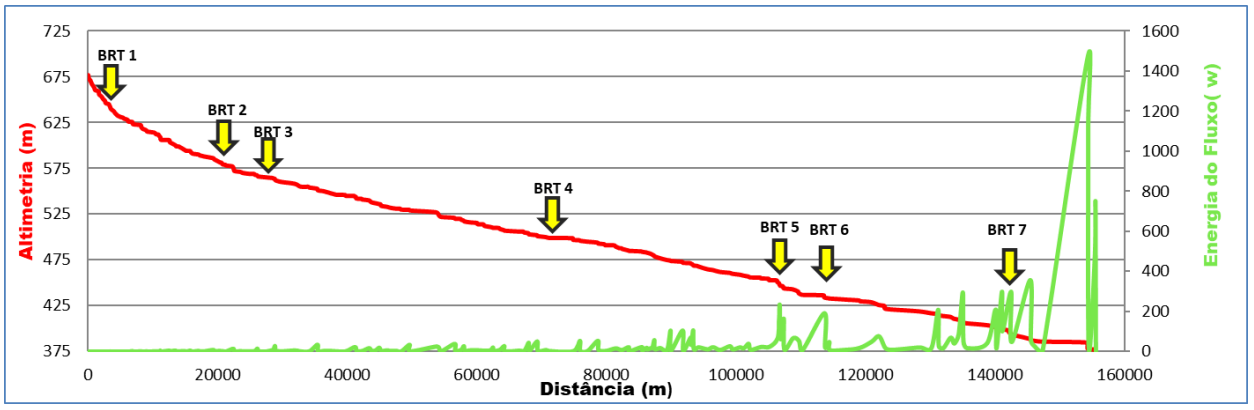
Observando o mapa geológico e acompanhando o Rio Taperoá, foi possível observar ao longo do rio sete unidades litológicas distintas, onde o trecho superior é controlado por duas unidades principais: (São Caetano e a Recanto Riacho do Forno), que são compostas por rochas metamórficas e cristalinas e para o trecho inferior, outras duas unidades são representativas: Serra do Jabiticá e Sumé da zona transversal que possui uma história sedimentação – vulcanismo. O trecho se inicia no complexo (São Caetano) na área da

nascente, após o trecho inicial o Rio Taperoá alterna entre complexos metamórficos (São Caetano e Riacho do Forno), essa alternância é interrompida próximo ao trecho médio do canal, onde o rio atravessa uma unidade de rochas plutônicas (Suíte Máfica). No baixo curso a litologia é controlada pela unidade rochosa tabular do *Nappe* da (Serra do Jabitacá), composta por uma vasta quantidade de migmatitos e ortognaisses e pelo complexo (Sertânia) uma unidade metassedimentar.

Tais variações na litologia e estruturas geológicas irão refletir diretamente no perfil longitudinal do canal, em sua energia de fluxo e consequentemente irão gerar modificações fluviais. O resultado em questão aponta prováveis mudanças existentes na morfologia do rio, que ocorrem em função da entrada de afluentes no Rio Taperoá, podendo essas mudanças, serem resultado do aumento do fluxo.

Em seguida, foi possível avaliar o gradiente do canal (figura 15) e calcular o perfil de energia total do fluxo (figura 14) utilizando as recomendações de Fryirs e Brierley (2013), entendendo que a energia total do fluxo de um ponto específico é resultado da descarga de fluxo (m^3/s) vezes o gradiente do canal (m/m) e o peso específico da água (9800 Nm-2).

Figura 14: Perfil longitudinal e energia do fluxo do Rio Taperoá.

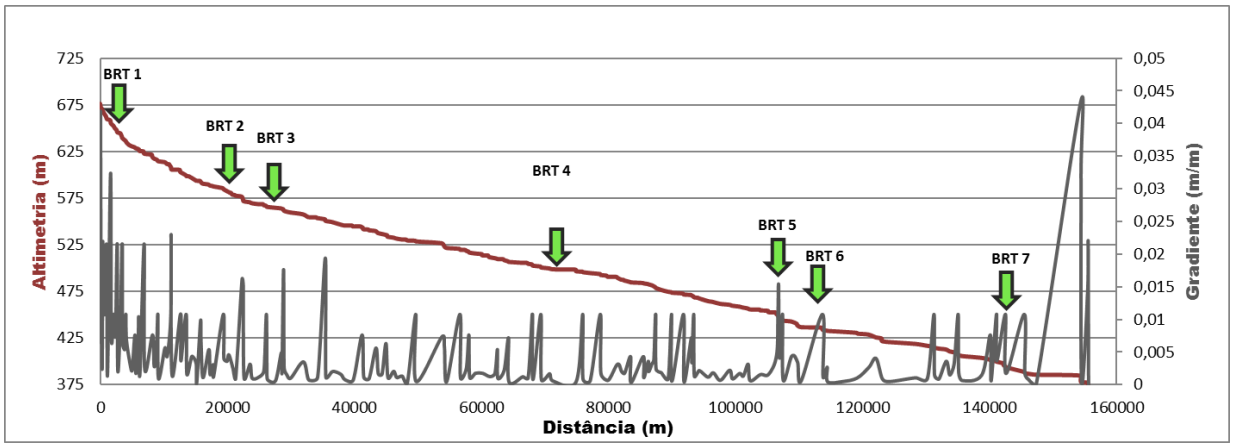


Fonte: NASA (Earth Data), 2018.
Elaboração: A autora.

O perfil da energia do fluxo foi baseado nos dados altimétricos da bacia e da área de captação, onde os picos da energia sinalizam a entrada de afluentes no canal principal. Analisando o perfil verifica-se um grande pico de energia do fluxo de (1466 W/m) na altitude de 386 m, já chegando na foz da bacia, o que indica um fluxo significativo e representa o encontro do Rio Taperoá com o Rio Paraíba. De maneira geral o perfil confirma a área de pesquisa como bastante plana e sem grandes variações litológicas.

Para o perfil do gradiente (figura 15), o mesmo apresentou valores maiores em sua cabeceira e à medida em que o seu perfil longitudinal se aproxima da foz, o gradiente tende a baixar em função da estabilização do fluxo e também porque ocorre um maior acumulo de sedimento, coincidindo com o gráfico de energia do fluxo.

Figura 15: Perfil longitudinal e o gradiente do Rio Taperoá.



Fonte: NASA (Earth Data), 2018.
Elaboração: A autora

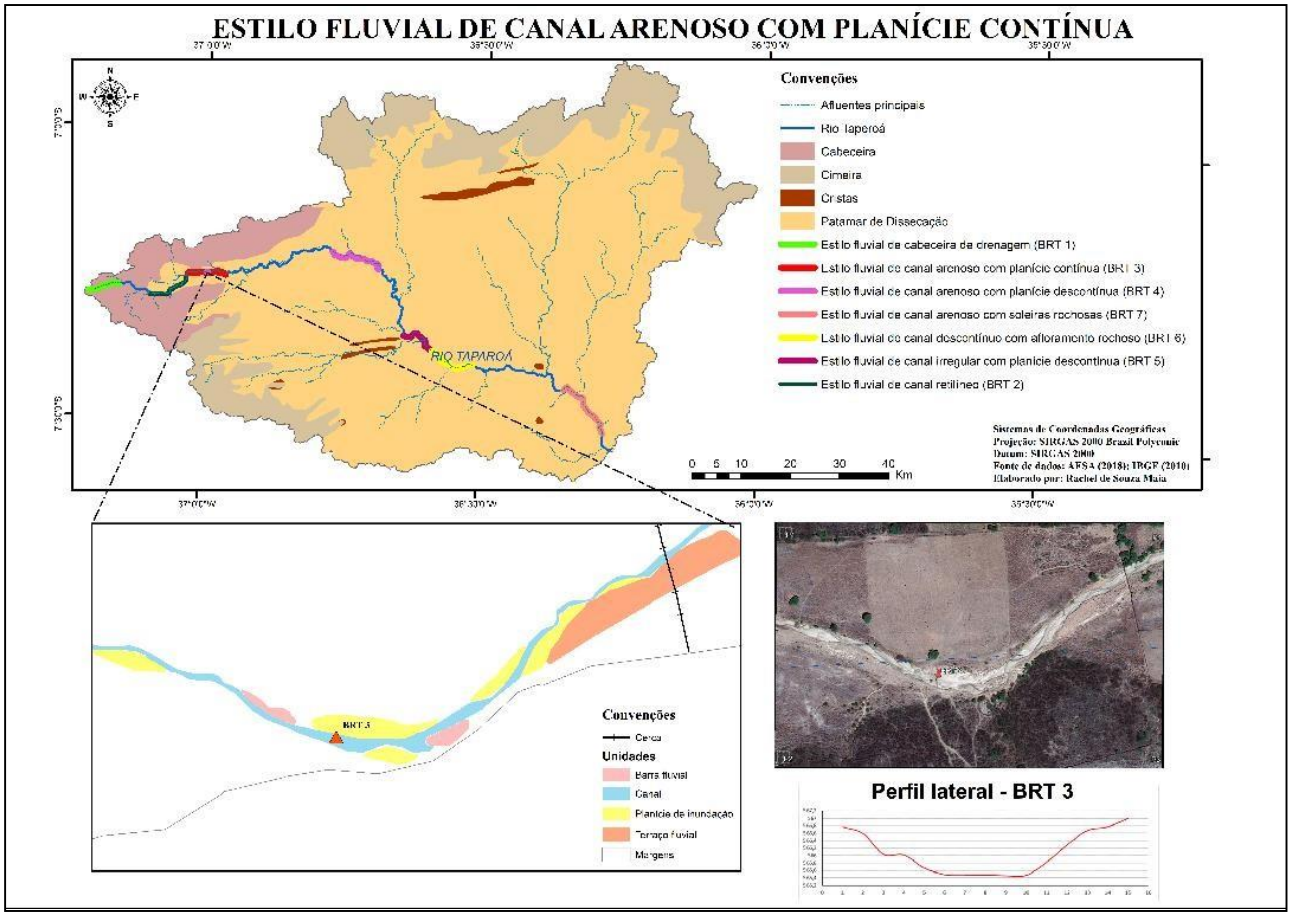
Contudo, na altura da foz a aproximadamente 388 m na cabeceira, o perfil mostra uma mudança expressiva no gradiente que sai de 0,010m/m e na altura de 386 m sobe para 0,043 m/m, que coincide com o pico da energia do fluxo, não sendo algo que segue o modelo ideal o que nos leva a pensar que nessa área ocorre uma variação na litologia, que influencia diretamente no comportamento desses canais.

Com essas informações, foram analisados e identificados elementos que caracterizam o comportamento do Rio Taperoá em diferentes escalas: escala da bacia hidrográfica, das unidades de paisagem, dos estilos fluviais e pôr fim a escala com o conjunto de unidades geomórficas. Essa diferenciação na análise, por parte das escalas permitiu que, a configuração e conectividade da paisagem fornecessem o limite e as condições para os rios se formarem e operarem, ou seja, ditando as condições de fluxo que orienta o caráter do rio e seus regimes de água, sedimento e vegetação associada e assim foi possível interpretar o comportamento dos rios da bacia, em questão (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

4.1.1 Não confinados

O trecho classificado como canal arenoso com planície contínua (figura 16), encontra-se na unidade de paisagem de patamar de dissecação, em uma altitude de 537 m e a configuração do vale não confinado, ou seja, <10% das margens estão inseridas no vale e ocorre o extravasamento do fluxo nas duas margens. Apresenta características fluviais de um leito com textura de areia franca, composto por unidades geomórficas com textura arenosa e argilosa como barras fluviais, planície de inundação e terraço fluvial. Assim o estilo fluvial apresentou um perfil lateral (figura 17) com uma declividade de médias (suave ondulado e ondulado), estando na zona processual de transporte do sedimento.

Figura 16: Estilo fluvial de canal arenoso com planície contínua (BRT 3).

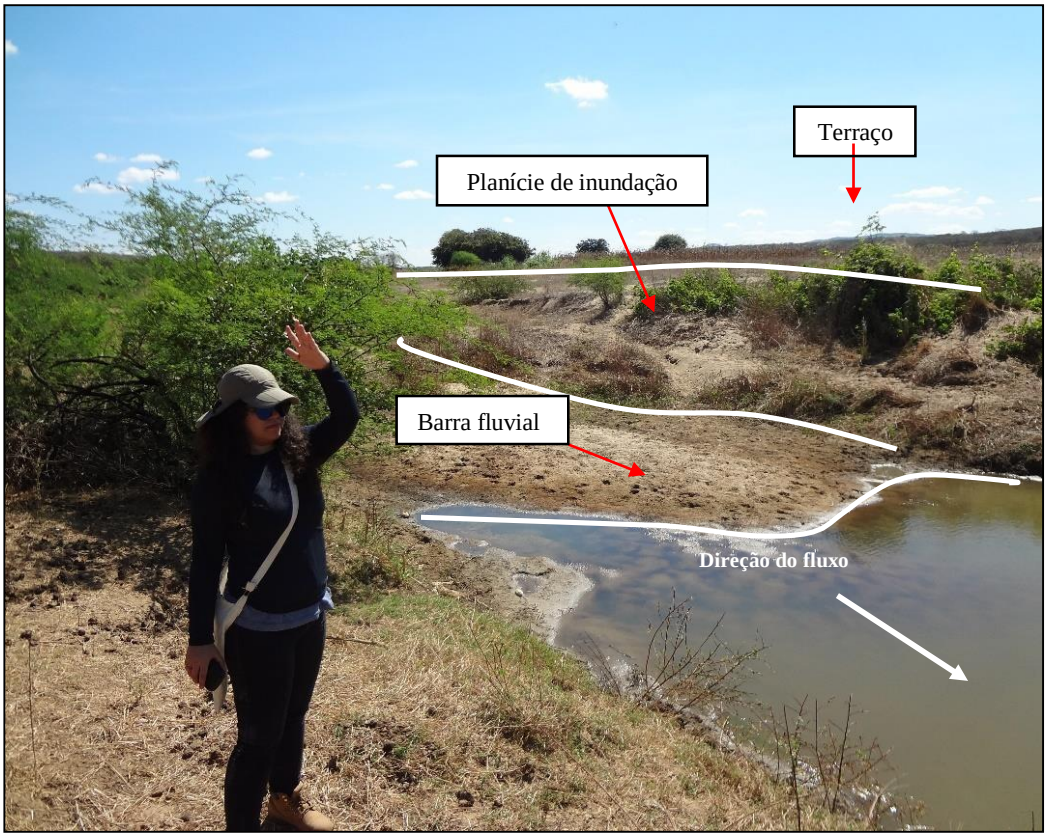


Fonte: Elaborado pela autora (2019).

A figura supracitada apresenta os elementos morfológicos do trecho e formas associadas ao vale, como as três unidades geomórficas importantes, perfil lateral e uma

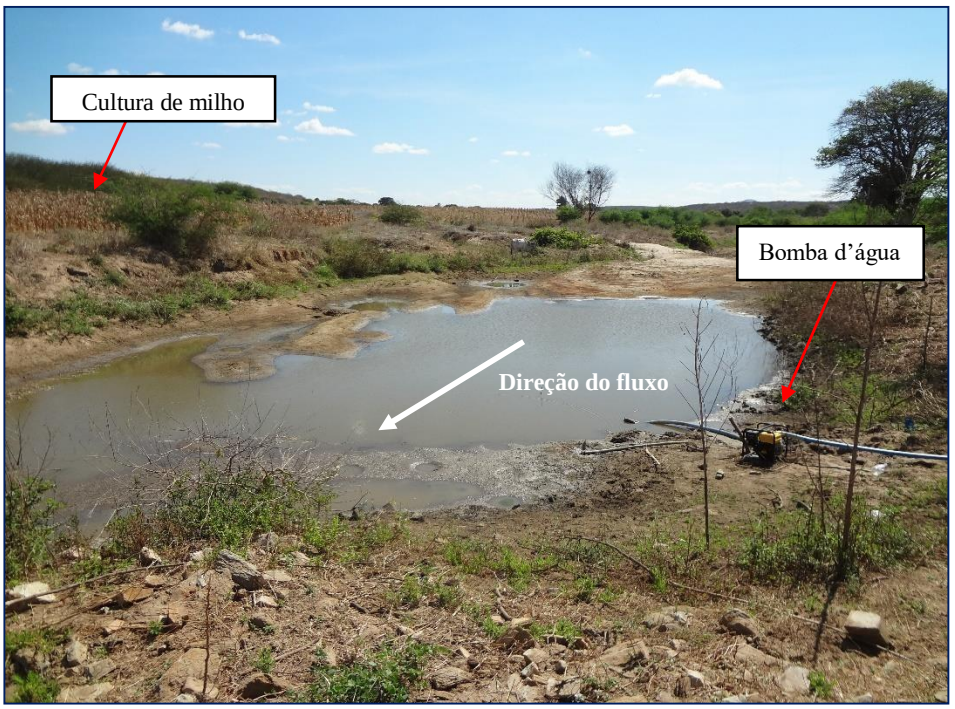
imagem do Google Earth de setembro/2010, para esse trecho foram feitas duas visitas, uma no mês de agosto/2018 e outra em maio/2019. A geometria do canal era composta por um canal único, com algumas áreas rebaixadas com acúmulo de água, o leito do rio possuía algumas áreas alagadas (baixa vazão),o que mostrava uma baixa capacidade de transportar o sedimento e um desnível em seu leito de textura de areia-franca, fazendo com que unidades deposicionais sejam corriqueiras (figura 17 e 18).

Figura 17: Unidades geomórficas no canal (BRT 3).



Fonte: agosto, 2018. Acervo da autora.

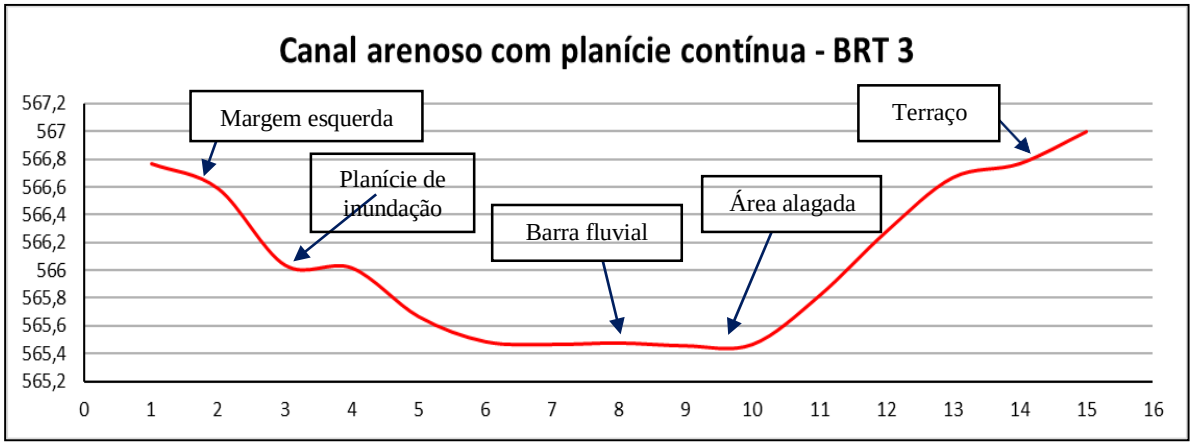
Figura 18: Canal com área alagada e intervenção antrópica.



Fonte: agosto, 2018. Acervo da autora.

Como podemos perceber, a figuras supracitadas apresentam as principais unidades geomórficas que compõem e caracterizam o estilo fluvial de canal arenoso com planície contínua. Tem-se visivelmente a presença de unidades deposicionais como barras, planície de inundação e terraço, reafirmando que por estar em uma área plana, inserida na unidade de paisagem de patamar de dissecação, sem grandes mudanças na litologia e apresentando um gradiente 0,01 m/m e uma energia do fluxo de (20 W/m), limitando a modificação dessas unidades em eventos de alta magnitude.

Figura 19: Perfil lateral do canal arenoso com planície contínua - BRT 3.



Elaboração: A autora.

O perfil lateral (figura 19) mostra que o ambiente no qual ocorrem os processos fluviais tem uma largura de 27,5 m e 1 m de profundidade e em suas margens havia presença de vegetação de porte arbustivo e de algumas intervenções e práticas humanas, como uma bomba para retirar água do rio e ser utilizada para irrigação de culturas. Á medida que se desce o rio aparecem planícies de inundação e por esse motivo o estilo tem a nomenclatura de "contínua", demonstrando que o canal se ajusta lateralmente na proporção em que o fluxo escava o leito, assim todas essas informações são demonstradas no Quadro 2, através da matriz de informações.

Quadro 2: Matriz do canal arenoso com planície contínua BRT 3.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS ESTILO FLUVIAL DE CANAL ARENOSO COM PLANÍCIE CONTÍNUA – BRT 3	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Não confinado
Configuração em Planta	Fundo do vale irregular, com depressões alagadas
Textura de Materiais de Leito	Areia franca, com o canal preenchido por água
Unidades Geomórficas	Geometria do canal: Canal único, com algumas áreas rebaixadas com acúmulo de água.
	Formas associadas ao vale: • Planície de inundação (Textura: Argilosa) • Planície de inundação (Textura: Areia - franca) • Canal (Textura: Areia - franca)
Vegetação associada	Vegetação predominante de caatinga, com porte arbustivo, com plantação de milho na margem esquerda do rio.
CONTROLES	
Bacia à Montante	Áreas de transição entre a cabeceiras e o patamar de dissecação com área de captação de 200 Km²
Unidade de Paisagem	Unidade de Patamar de dissecação
Zona Processual	Zona de transporte de sedimento.
Morfologia do Vale	Vale com aproximadamente 26 m e com 1,4 m de profundidade
Competência do Fluxo	Baixa competência de transporte de sedimento, ficando restrito a eventos de alta magnitude.
Intervenção Antrópica	Retirada da vegetação próximo as margens do rio para o plantio de milho.

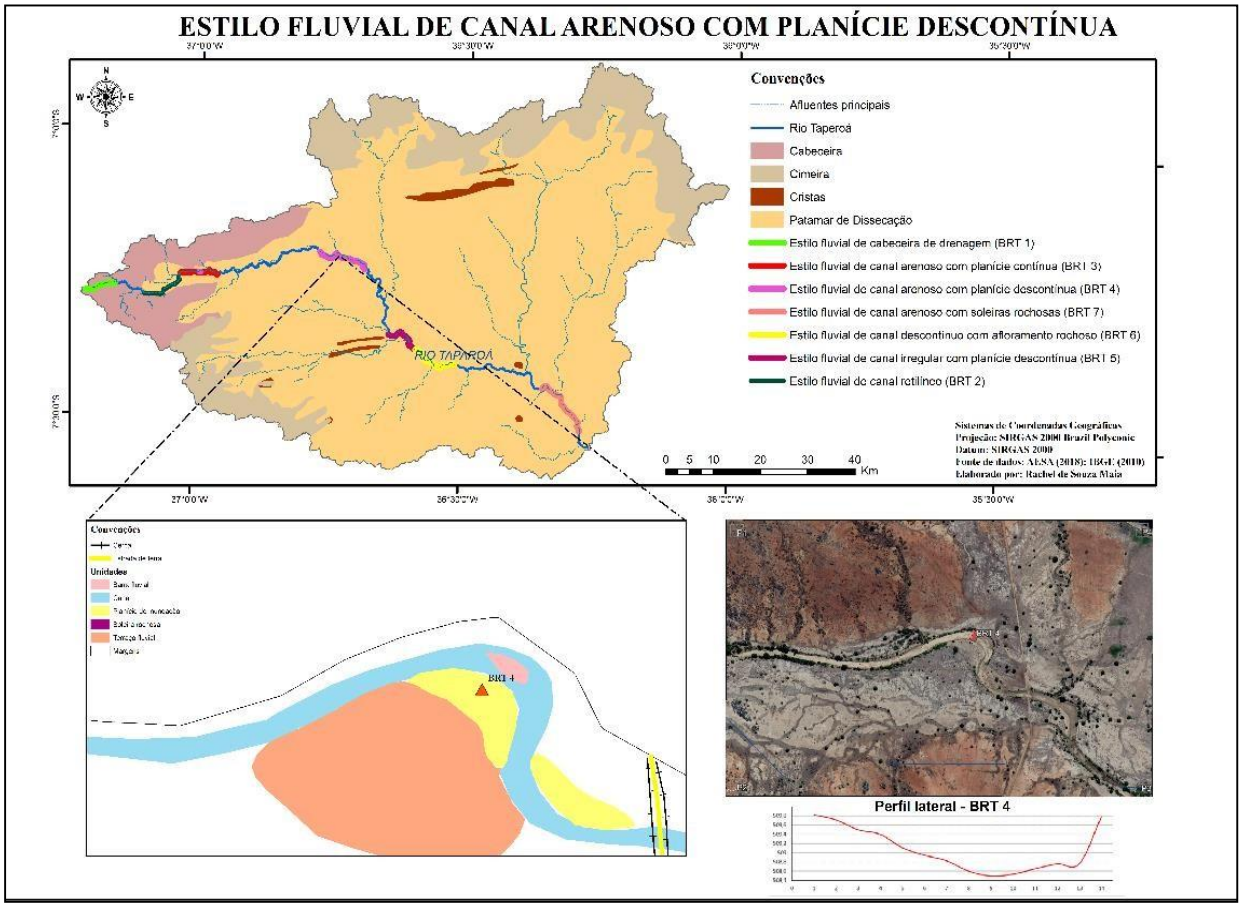
Elaboração: A autora.

Desta forma é importante explicitar que, o estilo fluvial de canal arenoso com planície contínua sofre influência das intervenções antrópicas, a partir da retirada da vegetação e o uso da água do rio para atividade agrícola como um todo, causando modificações nos canais à montante.

4.1.2 Parcialmente confinados

Os estilos com essa configuração do vale para o Rio Taperoá que foram três. O primeiro estilo foi denominado como canal arenoso com planície descontínua (figura 20), que está a uma altitude de 510 m localizando-se na unidade de paisagem de patamar de dissecação. Por ser parcialmente confinado, de 10 - 90% do canal está inserido nas margens do vale e ocorre extravasamento do fluxo à medida em que o fluxo hidrossedimentológico se acomoda no canal. O trecho tem características fluviais de um leito com textura de areia franca, com a geometria de canal único, onde o fundo do leito é irregular e possui unidades deposicionais e estando na zona processual de transporte possui uma área de captação significativa, mas com gradiente e energia baixos.

Figura 20: Estilo fluvial de canal arenoso com planície descontínua (BRT 4).

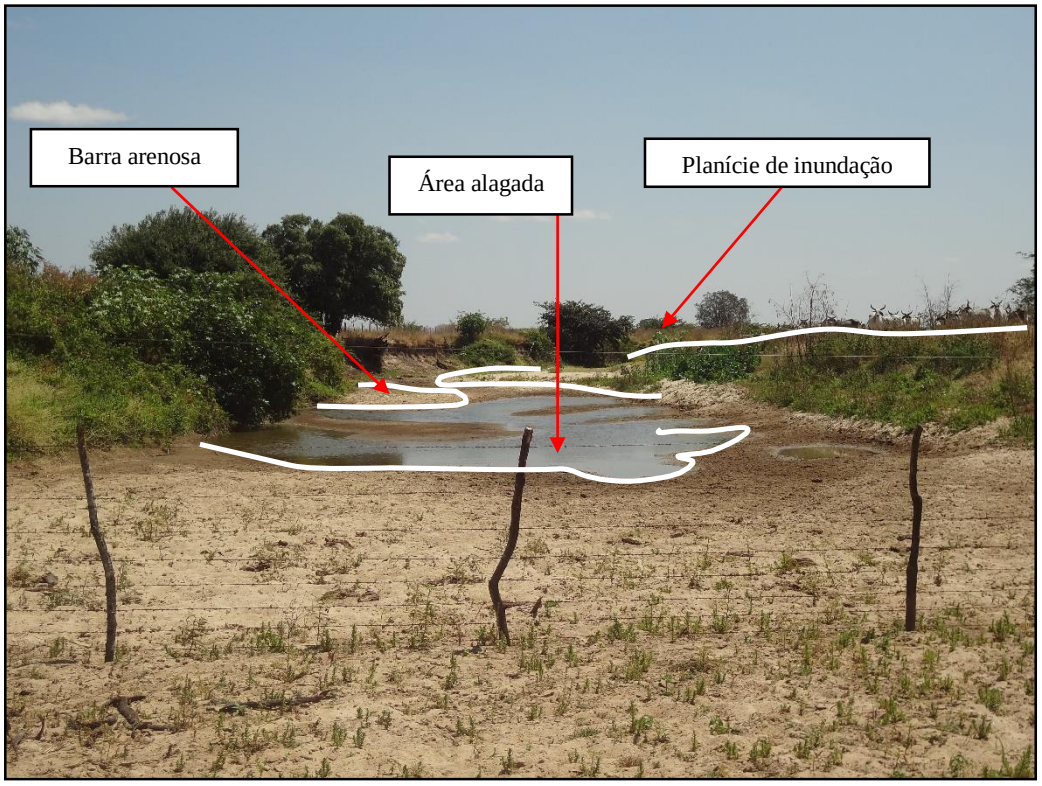


Fonte: Elaborado pela autora (2019).

As informações citadas acima têm como característica os elementos morfológicos que o trecho apresenta, como as barras arenosas, terraço e planície de inundação, além disso uma imagem do Google Earth de junho/2013 e o perfil lateral. Foram feitas duas visitas nesse trecho (figura 21 e 22), as quais foram em períodos diferentes, uma no mês de agosto/2018 (estação seca) e outra em maio/2019 (estação chuvosa), fornecendo uma visão mais ampla e diversificada desse ambiente fluvial.

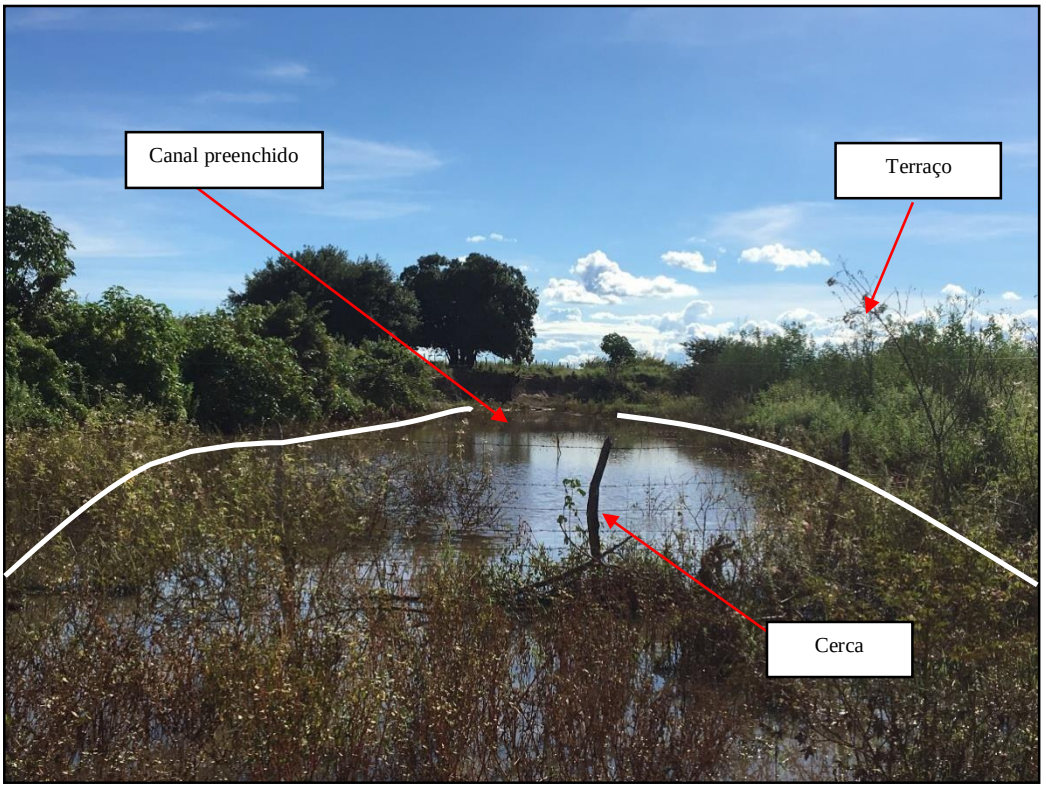
Observa-se que o canal apresenta curvas na sua visão em planta, mostrando uma capacidade maior do canal se ajustar em seu vale, assim é possível observar na imagem acima a formação de uma barra arenosa, que poderia ser facilmente removida em um evento de chuva, em função de não possuir vegetação para fixá-la e uma extensa planície de inundação com aproximadamente 68,6 m de largura.

Figura 21: Canal único, com leito franco arenoso (BRT 4).



Fonte: agosto, 2018. Acervo da autora.

Figura 22: Canal único, preenchido por água (BRT 4).



Fonte: maio, 2019. Acervo da autora

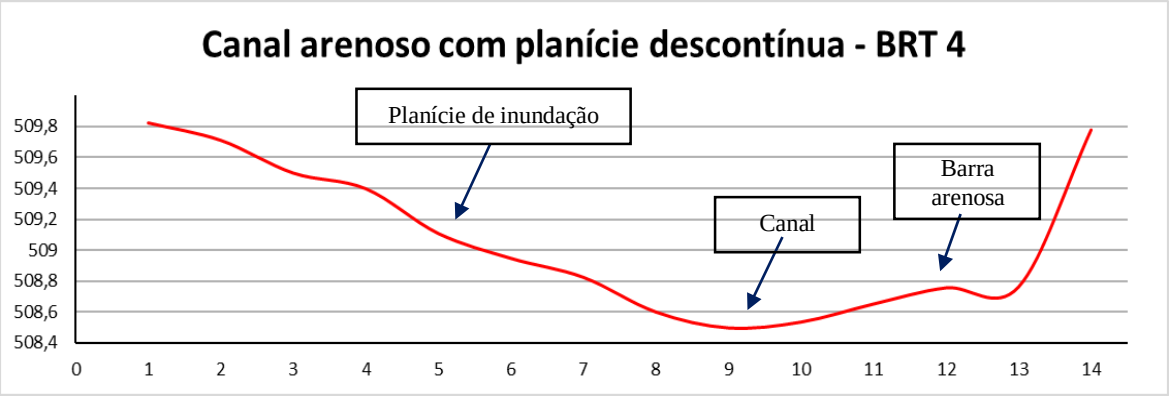
A figura 21 representa o trecho durante um período da baixa vazão, assim com o leito irregular favorece a acumulação de água em algumas depressões, permitindo também que se formem barras, possivelmente em função da baixa competência do fluxo em carregar todo o sedimento que tem no leito. No lado esquerdo da figura 21, conseguimos perceber uma planície de inundação que se forma à medida que o rio escava a margem direita e deposita o sedimento na margem esquerda, na figura 22, por ser em um período diferente o canal está com água em seu leito, não sendo possível ver as unidades deposicionais.

Em relação à vegetação a área tinha sido bastante antropizada, para a produção de pasto e criação de gado e o porte predominante era de uma caatinga arbustiva nas margens e no leito, mas tinha a presença de arbóreas espaçadamente.

O estilo fluvial de canal arenoso com planície descontínua, que faz parte do Rio Taperoá é composto por algumas unidades importantes como a planície de inundação, barras arenosas, caracterizando este trecho com uma energia do fluxo baixa (40 W/m) e sem grandes modificações litológicas, estando assentado na formação São Caetano resulta em um baixo gradiente de 0,002 m/m e com uma área de captação de 800 Km². Em relação a intervenção

antrópica, tinha-se práticas de pecuária na localidade do terraço, sendo importante ressaltar que a propriedade era consideravelmente grande e favorecida financeiramente.

Figura 23: Perfil lateral canal arenoso com planície descontínua - BRT 4.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

O perfil lateral do canal acima possui uma largura de 32,5 m e 1,2 m de profundidade, caracterizando áreas rebaixadas que se configuram como áreas de acumulações. Assim, é um canal que consegue se ajustar em seu vale, em função do seu material arenoso do leito, contudo algumas alterações no ambiente fluvial como a retirada da vegetação das margens, para o pasto e a criação de gado acabam por modificar a paisagem, pois à medida que se retira essa vegetação, as margens se tornam mais susceptíveis a erosão por parte do canal, aumentando a carga sedimentar que o mesmo transporta, que por ter uma baixa competência acaba por formar barras, ilhas mais a jusante e planície de inundação, assim como mostra o quadro 3.

Quadro 3: Matriz do canal arenoso com planície descontínua BRT 4.

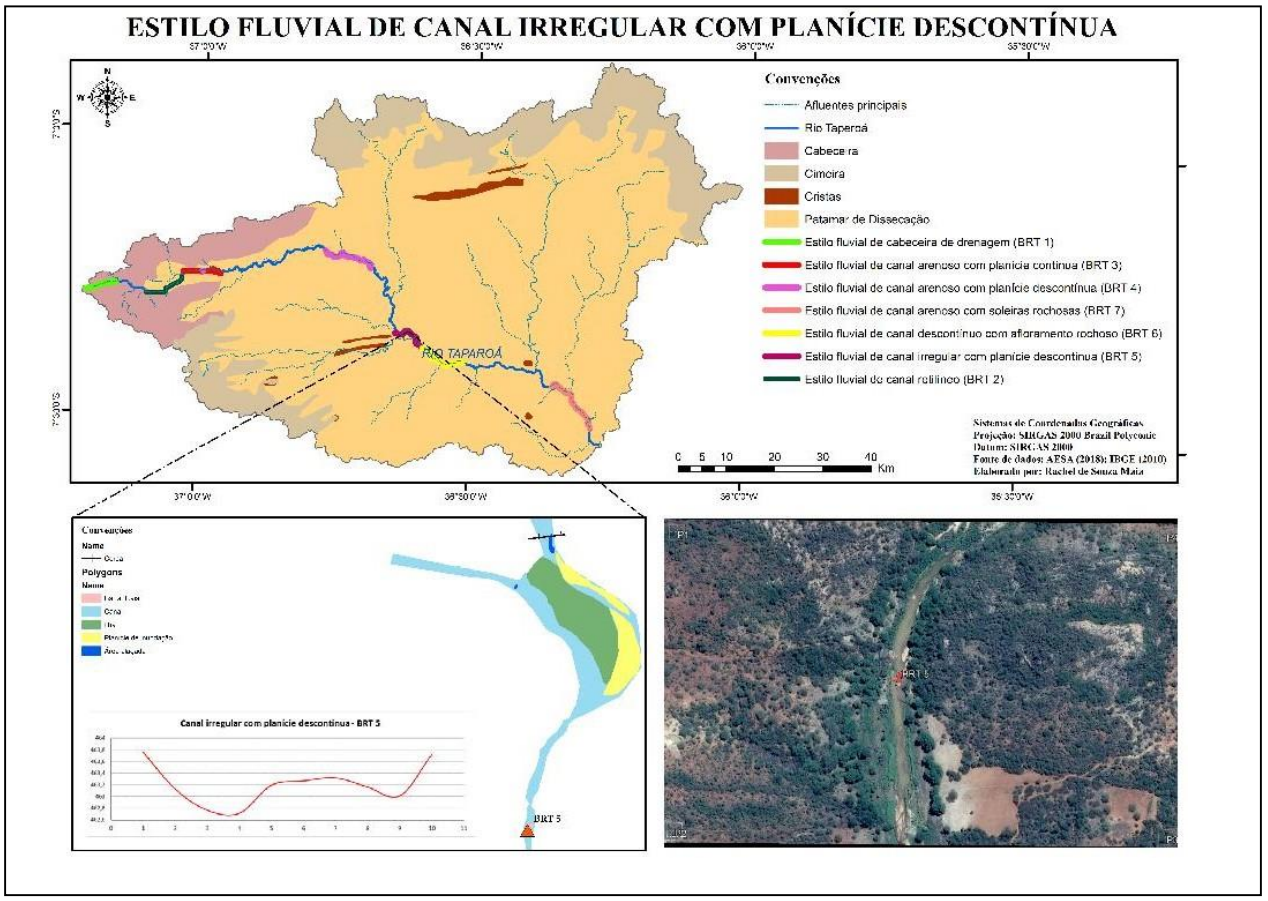
MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO FLUVIAL DE CANAL ARENOSO COM PLANÍCIE DESCONTÍNUA– BRT_4	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	parcialmente confinado
Configuração em Planta	Fundo de vale irregular, com presença de níveis de planície e terraço.
Textura de Materiais de	Areia-franca

Leito	
Unidades Geomórficas	Geometria do canal: Canal único.
	Formas associadas ao vale: • Terraço fluvial (Textura: franco-siltosa) • Planície de Inundação margem esquerda (Textura: areia-franca) • Canal Principal (Textura: areia-franca) • Planície de Inundação margem direita (Textura: franco-siltosa)
Vegetação associada	Área com retirada da vegetação para atividade agrícola e pasto, contudo a vegetação com porte mais arbóreo-arbustiva está presente
CONTROLES	
Bacia à Montante	Áreas de transição das encostas íngremes para o pedimento com área de captação de 800 Km²
Unidade de Paisagem	Patamar de dissecação
Zona Processual	Zona de transporte de sedimento.
Morfologia do Vale	Vale com aproximadamente 32,5 m e 1,2 m de profundidade
Competência do Fluxo	Estando em uma área de transição e transporte de sedimento, essa área possui alta competência, principalmente na alta vazão e em eventos de alta magnitude.
Intervenção Antrópica	Retirada da vegetação para atividade agrícola no leito e margens do rio, tendo também cercas e uma estrada rural cortando o vale.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Seguindo a sequências dos estilos elencados na bacia do Rio Taperoá temos o canal irregular com a planície descontínua, que está a 463 m de altitude e em uma zona processual de transporte de sedimento e é o quinto estilo fluvial da bacia em relação a montante. Seu vale é parcialmente confinado e apresenta planície descontínua e ajusta-se em seu vale entre 10 e 90% e a configuração em planta juntamente com a imagem do Google Earth mostra que esse trecho se encontra em uma área de confluência entre o Rio Taperoá e um de seus afluentes.

Figura 24: Estilo fluvial de canal irregular com planície descontínua (BRT 5).

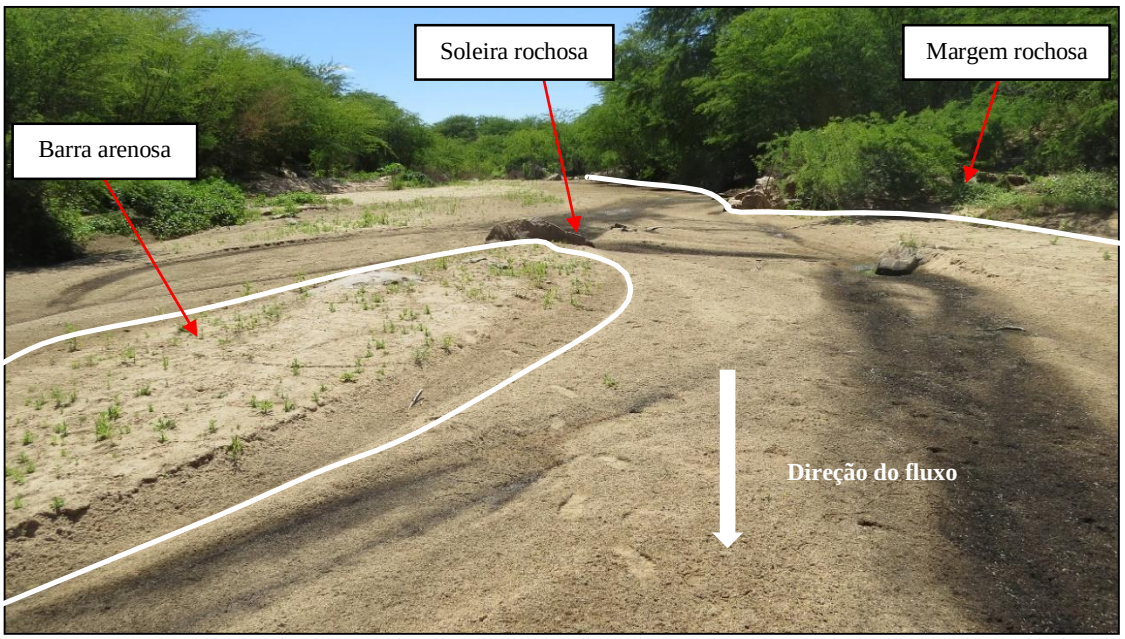


Fonte: Elaborado pela autora (2019).

A figura mostra o canal possuinte de curvas em sua visão em planta, significando que o mesmo possui a capacidade de se ajustar em uma das suas margens, diante da determinação litológica. No ponto em que foram coletadas informações, foram necessárias duas visitas, uma em julho/2018 (figura 25) e outra em maio/2019 (figura 26), desta maneira, as unidades geomórficas que reintegram o canal com mais frequência são as barras arenosas e as ilhas, em função do surgimento dessas unidades o canal se subdivide em outro, tendo o fundo vale mais irregular e com a presença de soleiras rochosas.

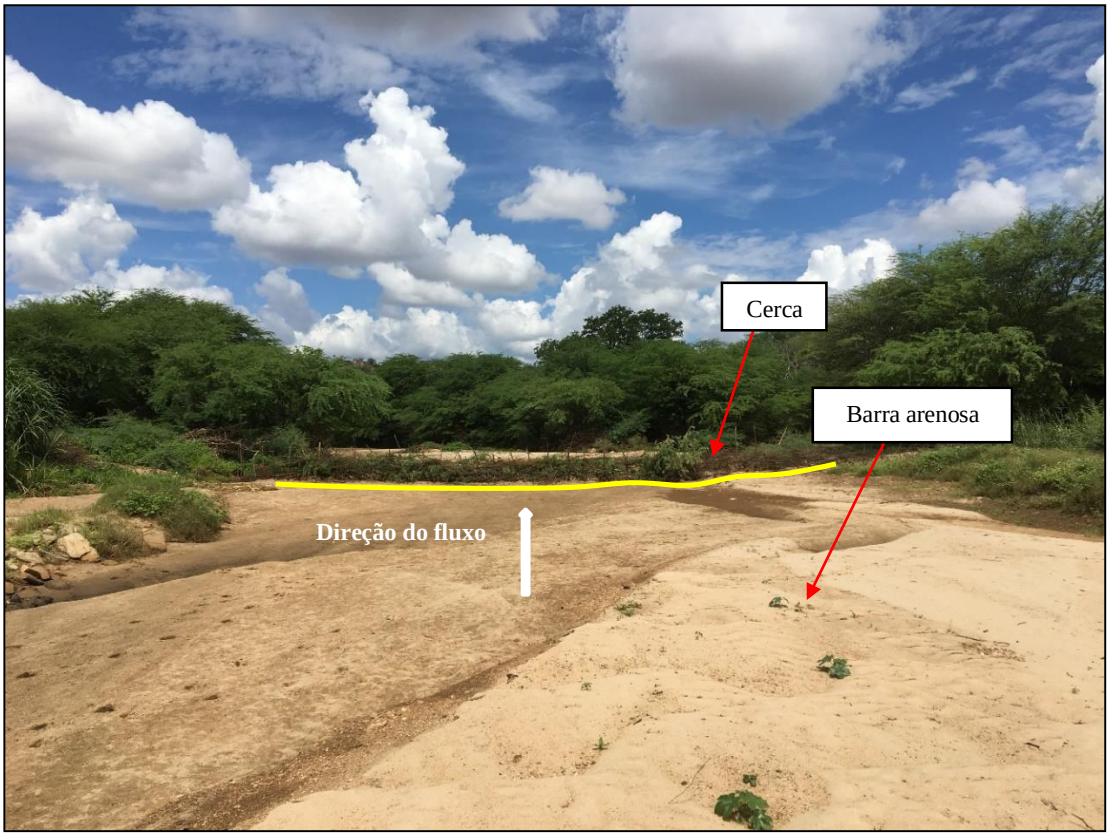
O trecho se encontra em uma área de transição litlógica, ao qual perpassa pela as duas unidades geológicas mais significativas para a bacia do Rio Taperoá, a Recanto Riacho do forno e o complexo São Caetano, estando assentado na unidadeda Serra do Jabitacá. Essa unidade tem característica de rochas metamórficas compostas por migmatitos, metagranodiorito e metatonalito.

Figura 25: Unidades geomórficas do BRT 5 a montante.



Fonte: julho, 2018. Acervo da autora.

Figura 26:Unidades geomórficas do BRT 5 a jusante.

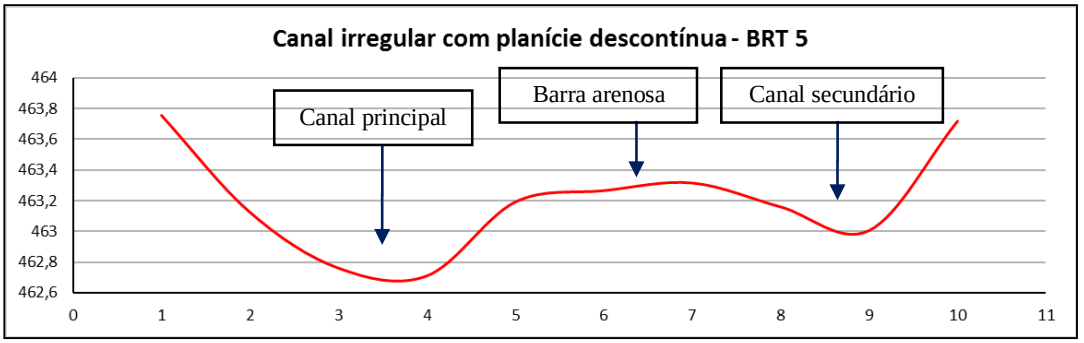


Fonte: maio, 2019. Acervo da autora.

Assim, na fugura 25 e 26 foram identificadas barras arenosas que se extendem pelo canal a jusantem, definindo uma baixa competência no transporte em relação a alta carga sedimentar. Alem disso é possível ver as marcas e curvas que o rio faz em seu canal, se ajustantando diante da dinâmica de fluxo, que nesse ponto é modificada pela entrada de um afluente do Rio Taperoá, o Riacho Cazuzinha.

Com a entrada desse afluente os controles fluviais do Rio Taperoá passam por modificações, onde a área de capatação aumenta de 2000 Km² para 2400 Km² como mostra o gráfico (figura 13) , a energia do fluxo também sofre alteração saindo de 40 W/m para 240 W/m e em consequência disso a linha do gradiente também é modificada de 0,001 m/m para 0,015 m/m. É importante reforçar que, esse trecho do perfil longitudinal do Rio Taperoá é o primeiro ponto que o gráfico salta no que diz respeito visual e em relação aos controles fluviais da bacia e o perfil lateral (figura 27) permite assimilar a morfometria do vale em relação a realidade.

Figura 27: Perfil lateral canal irregular com planície descontínua - BRT 5.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

O perfil lateral do canal acima possui uma largura de 52 m e 1,8 m de profundidade, no ambiente fluvial em questão se tem o canal principal sendo dividido por uma extensa barra arenosa, que se forma a partir do controle litológico das soleiras que estão presentes no leito do rio. O canal que consegue se ajustar em seu vale, em função do seu material arenoso do leito mesmo tendo a sua margem esquerda rochosa, a intervenção antrópica neste ponto se faz aparecem como cercas e na retirada da vegetação das margens para a plantação de capim elefante o que acaba por modificar a paisagem, mesmo assim o porte da vegetação que predomina é o arbóreo como mostra o quadro 4.

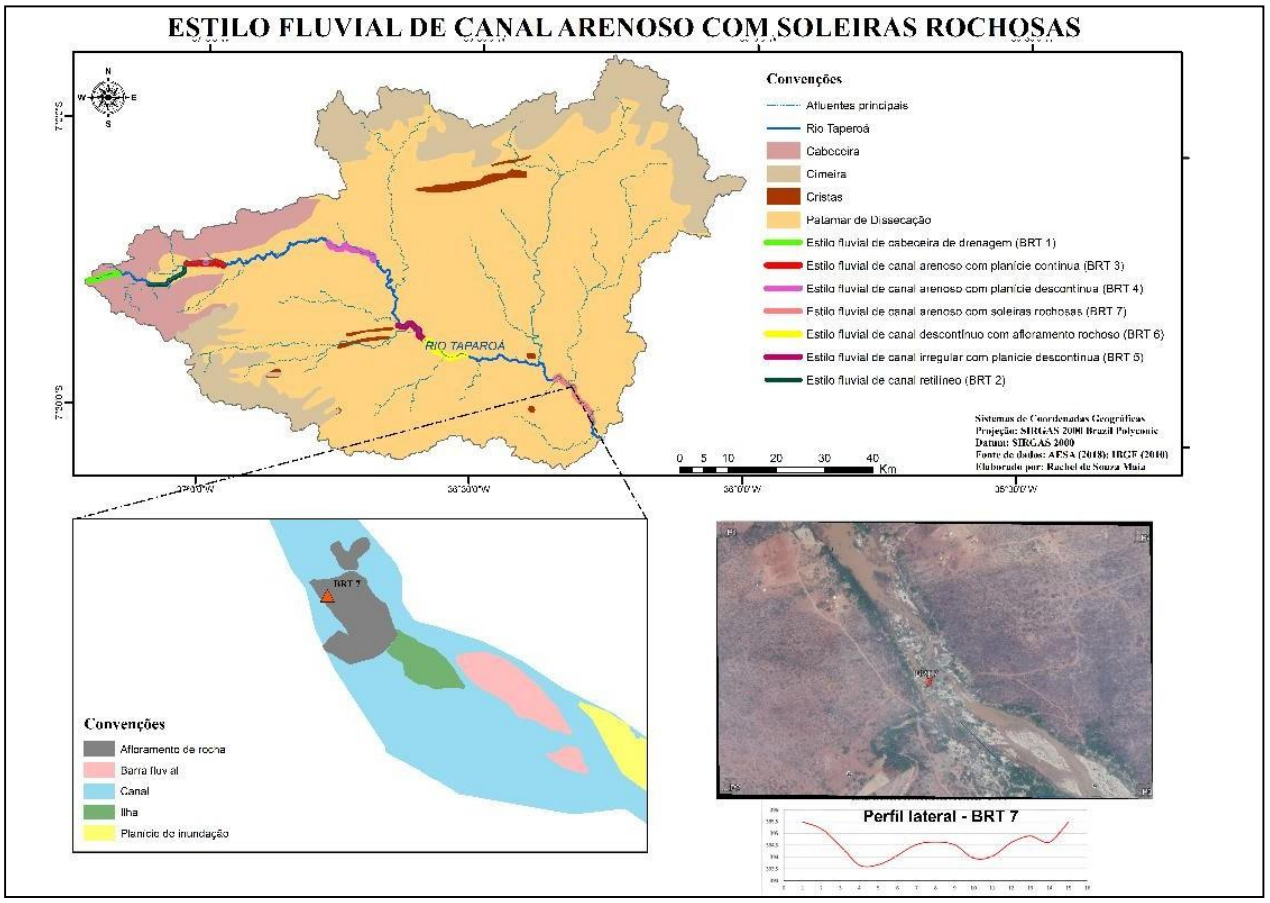
Quadro 4: Matriz do canal irregular com planície descontínua BRT 5.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS - ESTILO FLUVIAL DE CANAL IRREGULAR COM PLANÍCIE DESCONTÍNUA – BRT 5	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Parcialmente – confinado
Configuração em Planta	Fundo do vale irregular, com a presença de soleiras rochosas
Textura de Materiais de Leito	Areia franca
Unidades Geomórficas	Geometria do canal: dois canais, separados por uma grande barra arenosa.
	Formas associadas ao vale: • Terraço com encosta íngreme (Textura: Franca - argilosa) – com a presença de blocos e seixos. • Barra fluvial. (Textura: Franco-arenosa) • Canal secundário (Textura: arenoso)
Vegetação associada	Vegetação mais densa nas margens do rio, com porte arbórea – arbustiva, mas em parte retirada para fins de agricultura.
CONTROLES	
Bacia à Montante	Áreas com forte transporte de sedimento com área de captação de 2400 Km².
Unidade de Paisagem	Unidade de Patamar de dissecação
Zona Processual	Área de transporte de sedimento.
Morfologia do Vale	Vale com aproximadamente com 50 m e com 1,2 m de profundidade
Competência do Fluxo	Baixca competência de transporte, normalmente o na alta vazão reloca as unidades de barra arenosa e consegue escavar um canal secundário, iniciando a formação de uma planície de inundação
Intervenção Antrópica	Retirada da vegetação para o plantio de capim elefante e extração da madeira (algaroba) para a venda

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

O ultimo estilo fluvial parcialmente confinado da bacia do Rio Taperoá é o estilo fluvial de canal arenoso com soleras rochosas, estando também na unidade de paisagem de patamar de dissecação, que está a 393 m de altitude encontrando-se perto da foz e em uma zona processual de acumulação de sedimento que se ajusta em seu vale entre 10 e 90%, sendo esse o sétimo e último estilo fluvial da bacia em relação à montante (figura 28).

Figura 28: Estilo fluvial de canal arenoso com soleiras rochosas BRT 7.

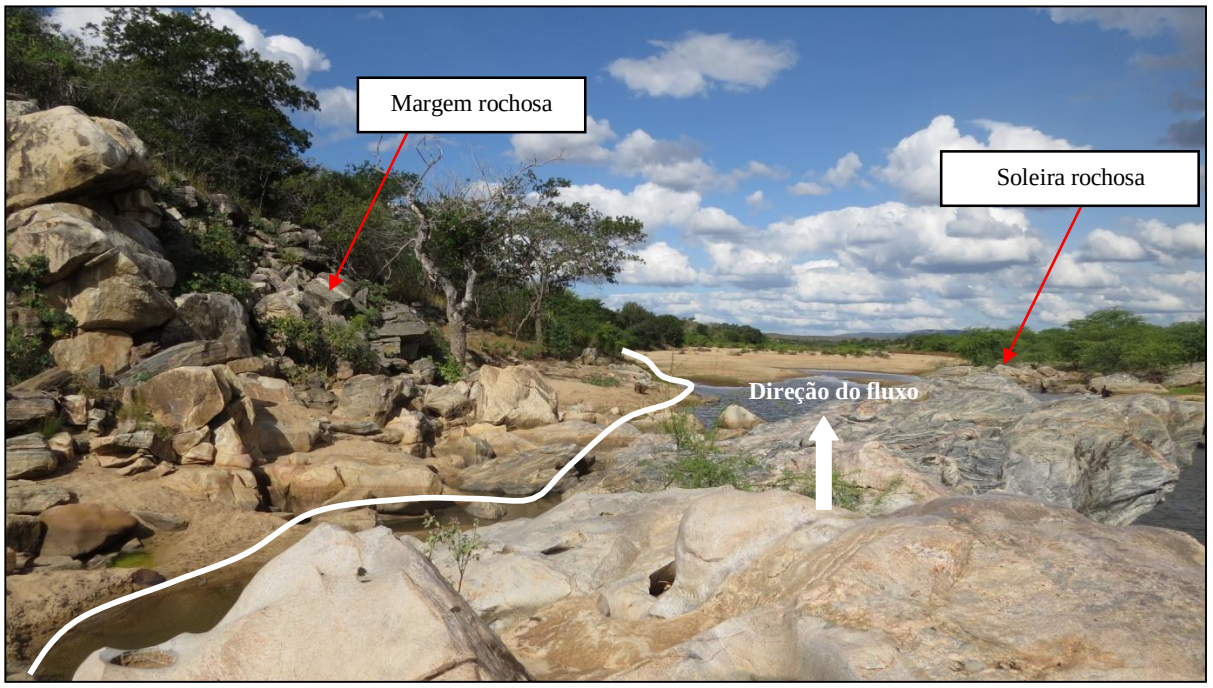


Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A figura 28 mostra que o canal apresenta confinamento em uma das margens, significando que o mesmo possui a capacidade de se ajustar na sua margem esquerda que possui textura argilo siltosa. No ponto em que foram coletadas informações, foram feitas duas visitas, uma em julho/2018 (figura 29) e outra em maio/2019 (figura 30), onde as unidades geomórficas que fazem partedo canal com mais frequência são as barras arenosas e as ilhas. O canal em alguns pontos a jusante do rio possui o leito irregular em função do substrato litológico com afloramento de rocha e soleiras.

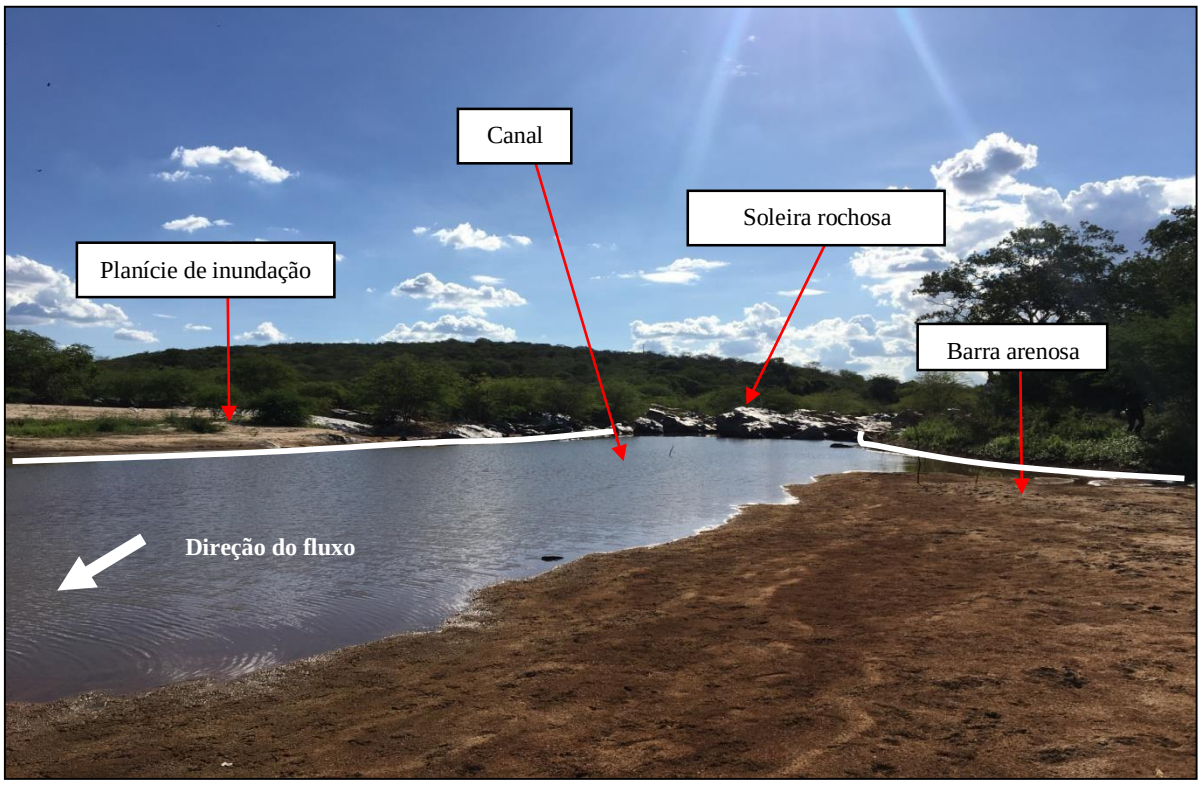
Se encontra em uma área que faz parte do complexo Sumé, que recobre uma parte da zona de acumulação de sedimento e é uma unidade geológica significativa para a bacia do Rio Taperoá, composta por gnaissses e intercalação de anfibolitos.

Figura 29: Unidades geomórficas do BRT 7 a jusante.



Fonte: julho, 2018. Acervo da autora.

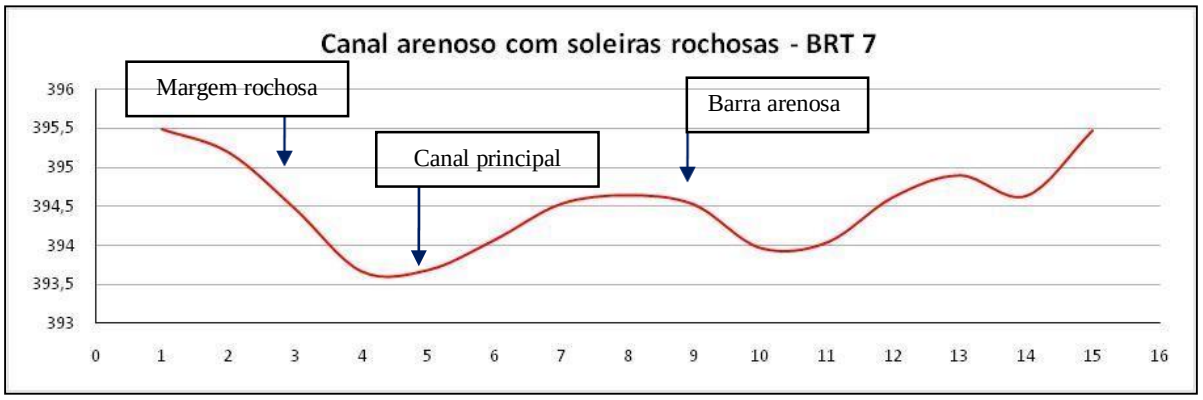
Figura 30: Unidades geomórficas do BRT 7 a montante.



Fonte: maio, 2019. Acervo da autora.

Assim, na fugura 29 e 30 apresentam unidades como barras arenosas e planícies de inundaçao, tendo uma baixa competência no transporte em relação a alta carga sedimentar, que ficam restritos aos eventos de alta magnitude. Em relação aos controles fluviais nesse ponto do Rio Taperoá, onde a área de capatação aumenta 4400 Km² para 5200 Km² como mostra o gráfico (figura 13) , a energia do fluxo de 40 W/m para 220 W/m e o gradiente apresenta um valor de 0,01 m/m, assim como perfil lateral (figura31) é possível visualizar a morfometria do vale.

Figura 31: Perfil lateral canal arenoso com soleiras rochosas - BRT 7.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A representação do perfil lateral mostra que, o canal possui uma largura de 130m e 2,5 m de profundidade, onde o canal fica visivelmente irregular em função das soleiras e dos afloramentos rochosos que compõem o leito do canal. Por ter um leito arenoso o fluxo consegue facilmente se ajustar dentro do canal com as margens irregulares e em relação a intervenção antrópica, esse ponto além de apresentar algumas cercas e áreas de pasto como de costume, especificamente nesse trecho a população usava o rio como uma área de lazer. A vegetação tinha uma predominância de arbórea em suas margens e dentro do canal espaçadamente herbáceas como mostra o quadro 5.

Quadro 5: Matriz do canal arenoso com soleiras rochosas BRT 7.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO FLUVIAL DE CANAL ARENOSO COM SOLEIRAS – BRT 7
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS

Configuração do Vale	Parcialmente - confinado
Configuração em Planta	Fundo do vale irregular, com a presença de soleiras em alguns pontos do canal.
Textura de Materiais de Leito	Arenoso
Unidades Geomórficas	Geometria do canal: Canal único, com algumas áreas rebaixadas na planície com acúmulo de água
	Formas associadas ao vale: • Margem esquerda (Textura: Franca – argilo - siltosa) • Canal (Textura: Arenoso) • Planície de inundação (Textura: Arenosa)
Vegetação associada	Vegetação de porte arbórea-arbustiva em ambas as margens do rio.
CONTROLES	
Bacia à Montante	Áreas de forte produção de sedimento e, ou de transporte. Com área de captação de 5200 Km²
Unidade de Paisagem	Unidade de Patamar de dissecação
Zona Processual	Zona de acumulação de sedimento.
Morfologia do Vale	Vale com aproximadamente 150 m, com 2 m de profundidade
Declive do Vale	Gradiente baixo, estando na área da foz da bacia.
Competência do Fluxo	Baixa competência de transporte de sedimento, onde o mesmo ocorre através de eventos de altas magnitudes.
Intervenção Antrópica	Ocorre a intervenção antrópica no rio para pasto, mas também para lazer em determinada área que o rio cria poças mais fundas.

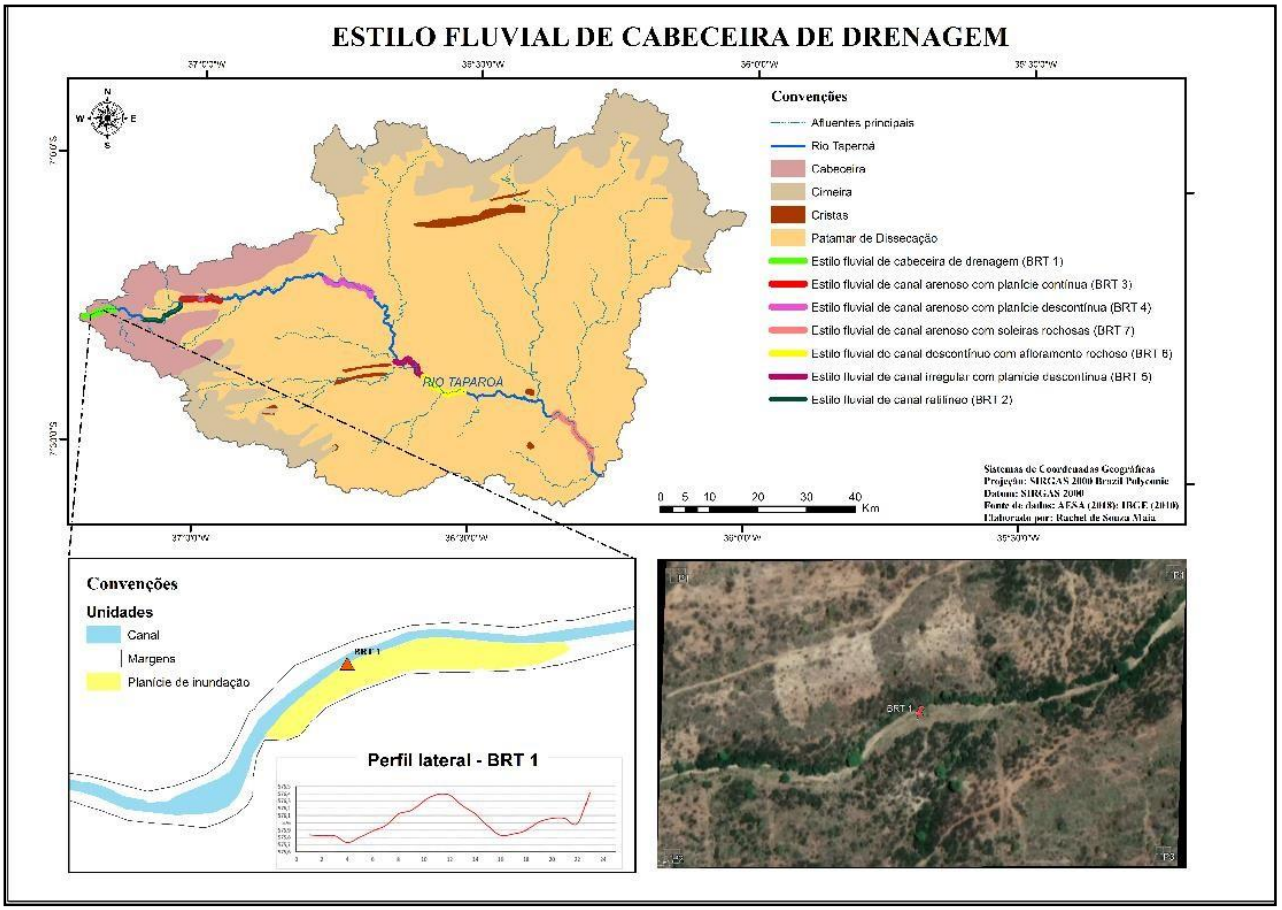
Fonte: Elaborado pela autora (2019).

4.1.3 Confinados

Para a Bacia do Rio Taperoá, foram selecionados três trechos com essa configuração do vale confinada. Denominado como estilo fluvial de cabeceira de drenagem (figura 32), que está a uma altitude de 579 m localizando-se na unidade de paisagem de cabeceira. Por ter essa configuração ele apresenta >90% do canal está inserido nas margens do vale, não ocorrendo o extravasamento do fluxo. O leito é característico por ser arenoso com a presença de blocos,

onde o leito é irregular e é dividido por uma ilha, tendo como unidades geomórficas um canal principal e secundário e uma pequena planície de inundação.

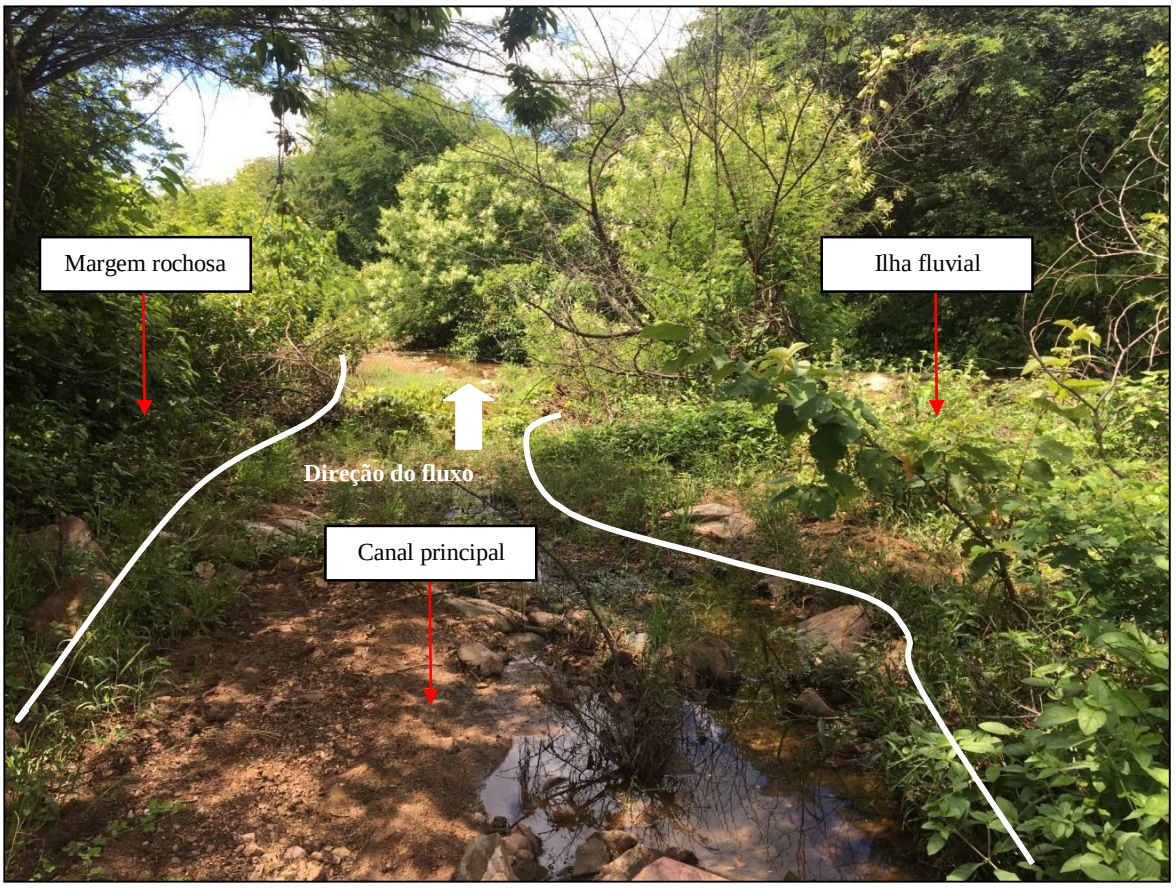
Figura 32: Estilo fluvial de cabeceira de drenagem BRT 1.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

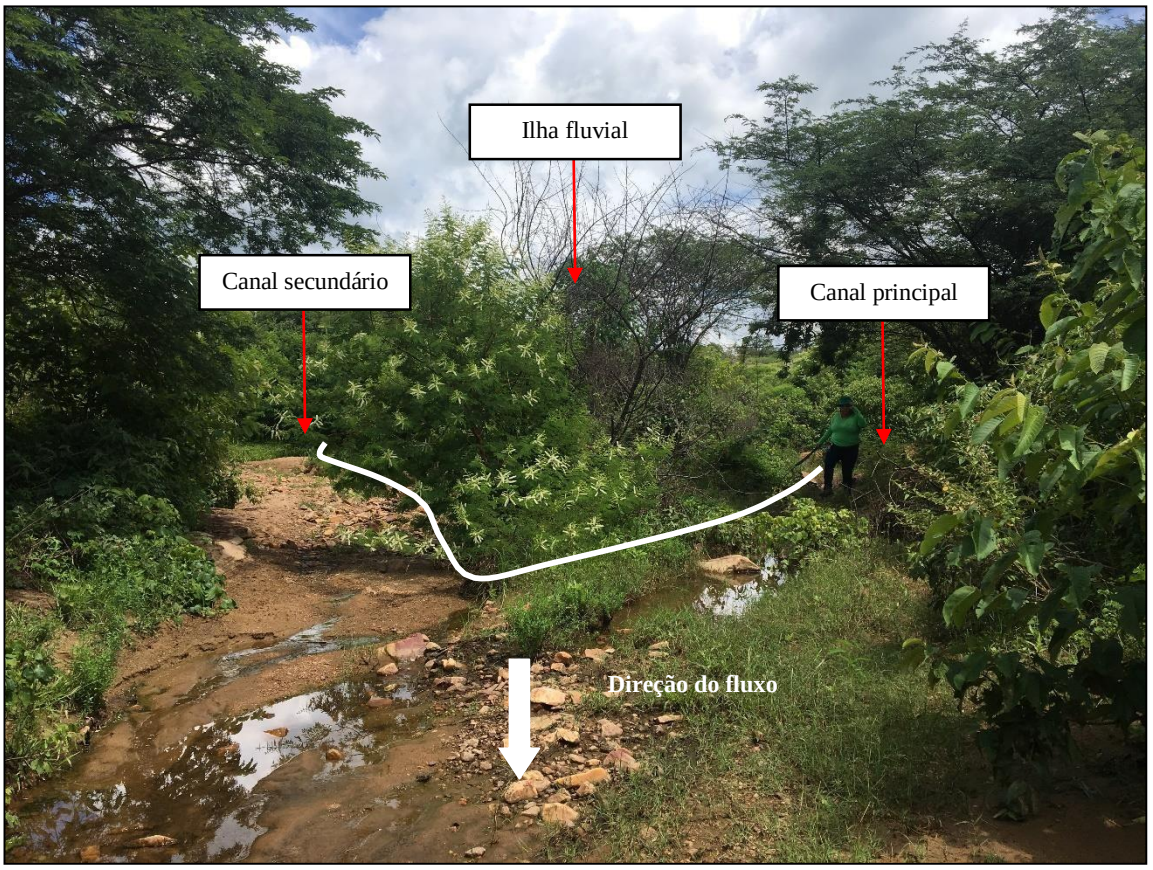
O estilo fluvial acima apresenta o confinamento em suas duas margens, onde é possível afimar que a capacidade de ajuste de canal é reduzida porque o se encontra encaixado no vale sofrendo um controle estutural. Para esse ponto foi feita uma visita em abril/2019 (figura 33 e 34), onde o canal apresentou um leito com bastante blocos em meio a areia, tanto a jusante quanto a montante do Rio Taperoá.

Figura 33: Canal principal do BRT 1 a jusante.



Fonte: abril, 2019. Acervo da autora.

Figura 34: Unidades geomórficas BRT 1 a montante.

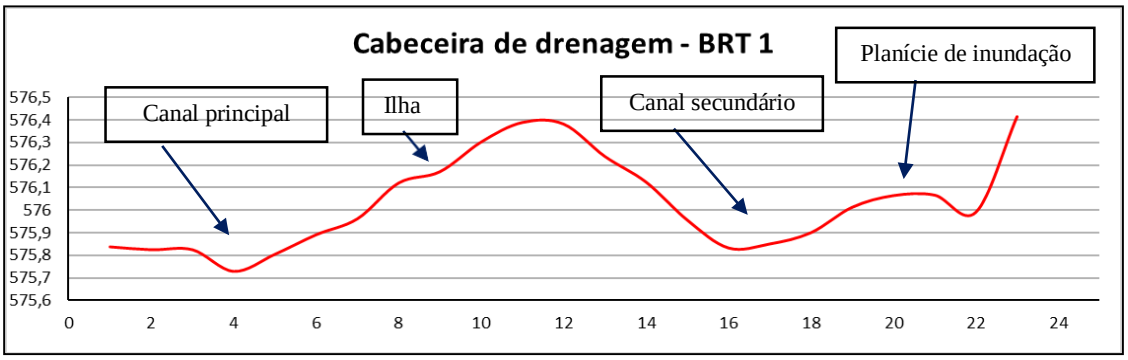


Fonte: abril, 2019. Acervo da autora.

No estilo fluvial de cabeceira de drenagem foram identificadas uma ilha (figura 33 e 34), que dividia o fluxo no canal principal e uma pequena planície de inundação, que tinham textura de areia franca, arenoso com a presença de blocos respectivamente. Com as informações de texturra das unidades, juntamente com as condições físicas em que o trecho se encontra afirmamos que o mesmo possui alta competência no tranporte, transportando sedimento com granulometria de cascalho e blocos e por conta do controle estrutural o rio não consegue escavar com eficiência o leito e se ajustar.

Os controles fluviais nesse trecho do Rio Taperoá apresenta uma área de capatação de 100 Km² (figura 13) , a energia do fluxo de10 W/m, a linha do gradiente apresenta 0,03 m/m. esse trecho do perfil longitudinal do Rio Taperoá é não apresenta grandes modificações, seguindo o padrão de um rio ideal em relação aos controles fluviais, assim com o perfil lateral (figura 35) foi possível visualizar as unidades presentes no canal e perceber a dinâmica fluvial que rege esse trecho.

Figura 35: Perfil lateral de cabeceira de drenagem.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

O canal possui uma largura de 14 m e é característico por ser regular, por conta do controle estrutural de suas margens o leito e o fluxo não conseguem se ajustar com eficiência, por esse motivo também é que não se tem a margem esquerda no perfil, pois por ser rochosa ficou inviável realiza-lo. No que faz relação a intervenção antrópica, esse ponto tem pouca interferência do homem, além de ter um difícil acesso, as margens com uma maior declividade impede que ocorra práticas ligadas a agricultura e a pecuária, contudo nas imagens do Google Earth do ano de 2013 ocorreu um grande desmatamento em suas margens, que possivelmente foi no período da seca para extrair o extrato lenhoso, já que o porte da vegetação predominante dessa área é o arbóreo em suas margens e dentro do canal espaçadamente herbáceas como mostra o quadro 6.

Quadro 6: Matriz do estilo fluvial de cabeceira de drenagem BRT 1.

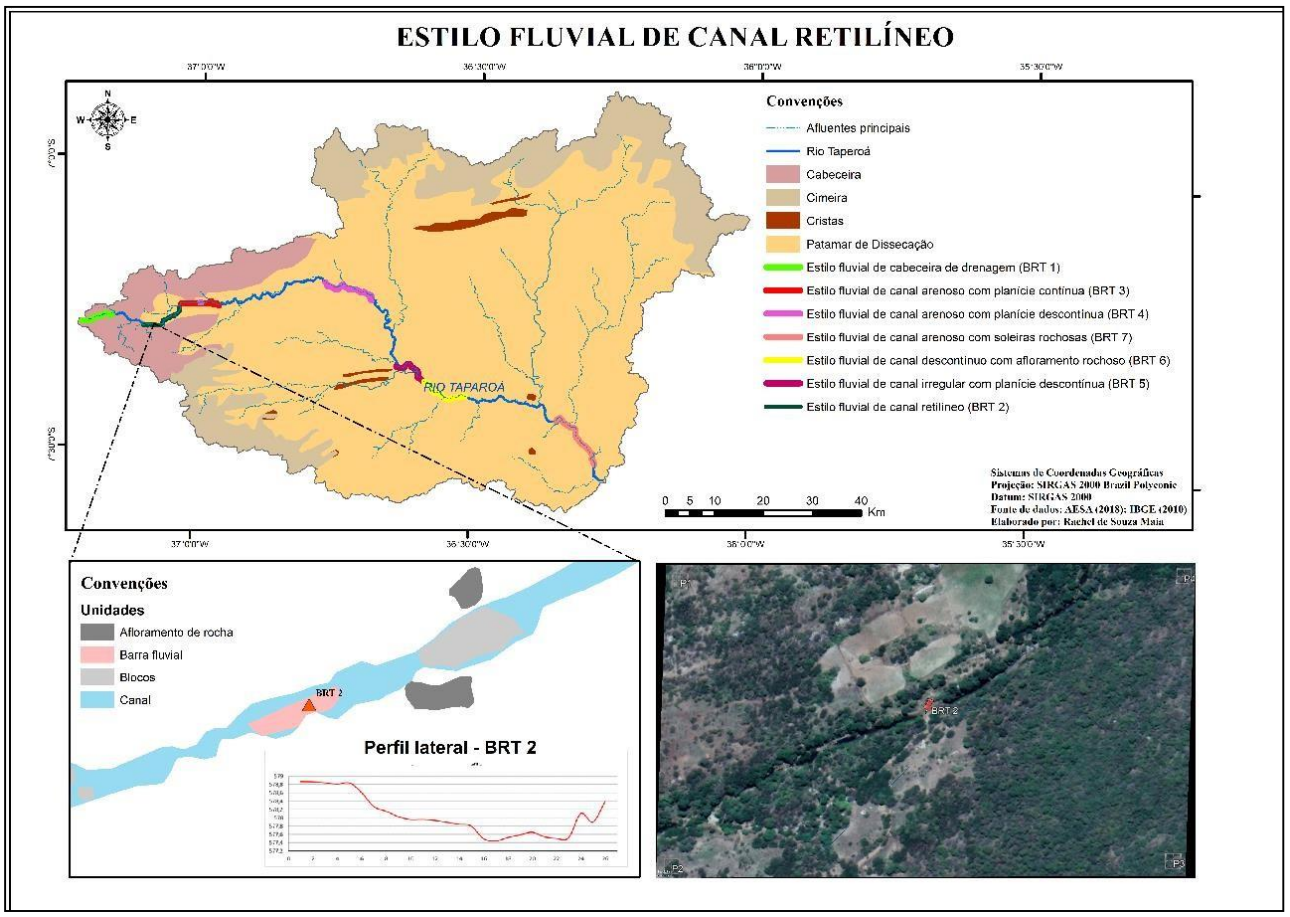
MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO FLUVIAL DE CABECEIRA DE DRENAGEM – BRT_1	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Confinado
Configuração em Planta	Possui dois canais regulares, com a presença de afloramento
Textura de Materiais de Leito	Arenoso
Unidades Geomórficas	Geometria do canal: Canal dividido por uma ilha
	Formas associadas ao vale: • Canal principal (Textura: arenoso) - Com a presença de blocos • Ilha. (Textura: Areia-franca) • Canal secundário (Textura: Arenosa) - Com a presença de blocos

	• Planície de Inundação (Textura: Areia-franca) - Vegetada
Vegetação associada	Vegetação densa – arbórea-arbustiva
CONTROLES	
Bacia à Montante	Áreas de produção de sedimento para as encostas íngremes, com área de captação de 100 Km²
Unidade de Paisagem	Unidade de Cimeira
Zona Processual	Zona de produção de sedimento.
Morfologia do Vale	Vale com 14 m de largura e 0,6 m de profundidade.
Declive do Vale	Gradiente alto, estando na área da cabeceira da bacia
Competência do Fluxo	Alta competência de transporte, carregando blocos maiores, cascalho e substrato lenhoso.
Intervenção Antrópica	Pouca intervenção antrópica, em relação a vegetação, por estar em um área de cabeceira, algumas trilhas cortando o rio.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Em sequência temos o segundo estilo fluvial com a configuração do vale confinado, denominado como canal retilíneo (figura 36), que está a 579 m de altitude e em uma zona processual de produção de sedimento e é o segundo estilo fluvial da bacia em relação a montante. Seu vale é confinado e apresenta as duas margens sendo rochosas o fluxo se ajusta em seu vale >90% não conseguindo extravasar, seu leito tem a textura franco-argilosa com a presença de afloramento rochoso em alguns trechos, configurando o fundo do vale como irregular, é importante ressaltar que esse estilo foi um dos únicos com fluxo no canal.

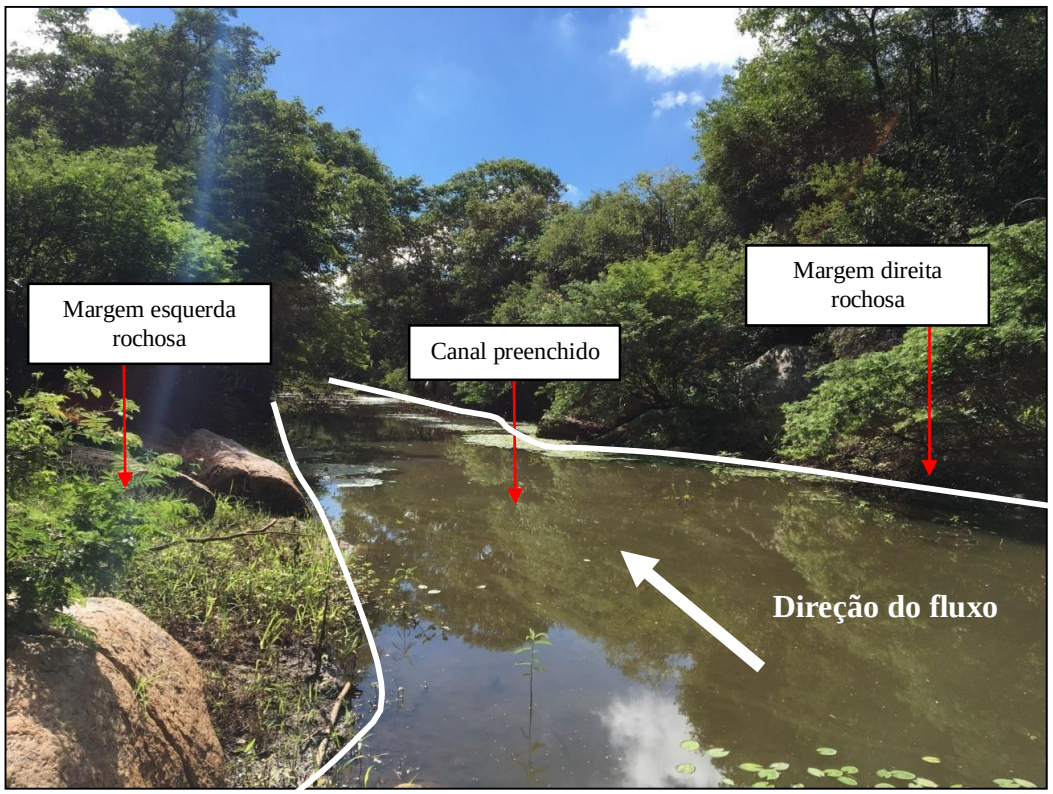
Figura 36: Estilo fluvial de canal retilíneo BRT 2.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

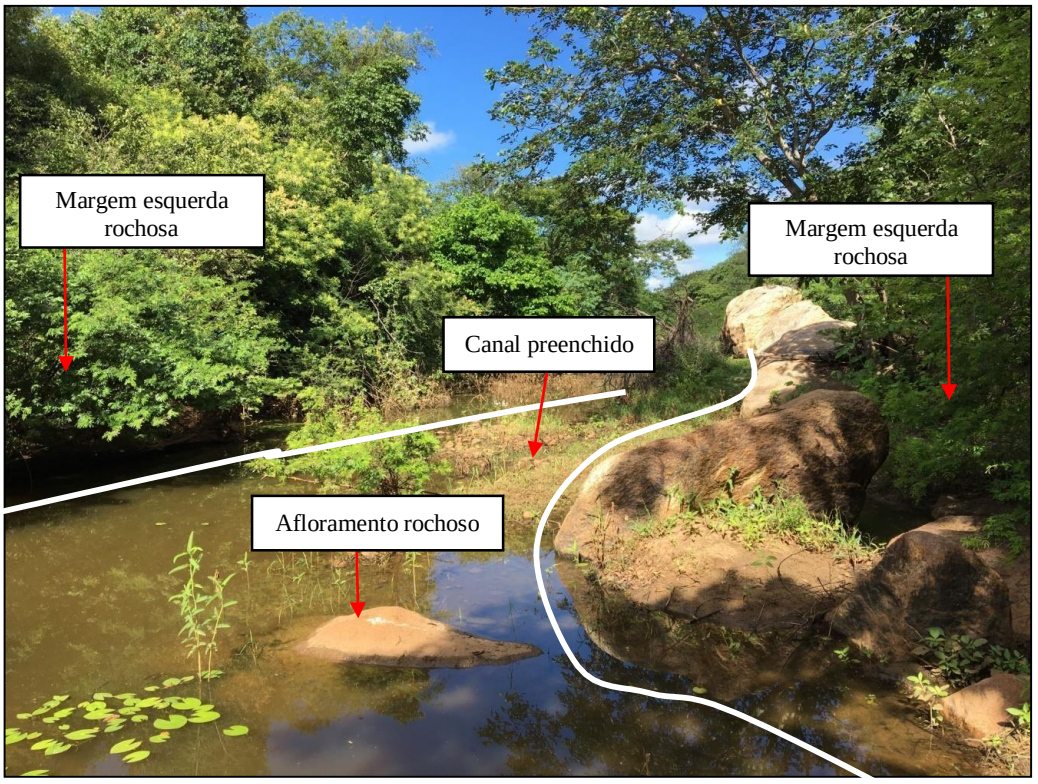
O estilo fluvial de canal retilineo apresenta uma baixa capacidade de se ajustar, em função de suas margens rochosas não permitirem que o fluxo escave seu leito e suas margens, configurando um controle estrutural no canal. Foi realizada uma visita a esse pont em abril/2019 (figura 37 e 38), onde o canal apresentou um leito com blocos , tanto a jusante quanto a montante do Rio Taperoá.

Figura 37: Canal com a presença de fluxo BRT 2.



Fonte: abril, 2019. Acervo da autora.

Figura 38: Unidades geomórficas do canal retilíneo a montante.



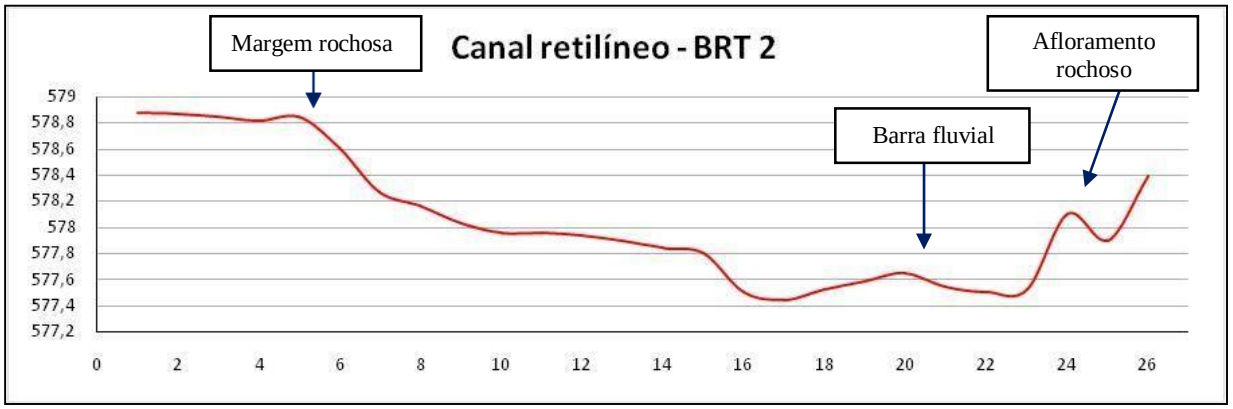
Fonte: abril, 2019. Acervo da autora.

As imagens supracitadas apresentam as unidades encontradas no canal, que é composto por um canal único, preenchido com leito de textua frano-argilosa com blocos, afloramento rochoso, ainda no ponto em que o perfil lateral foi realizado o canal apresentou uma pequena ilha com textura fraco-arenosa, dessa maneira o fluxo tem grande competência no transporte carregando blocos e grãos superiores a areia. As condições nas quais o trecho se encontra favorece a alta copetência.

O canal possui uma largura de 25 m (figura 39) e é característico por ter o canal regular em função das suas margens rochosas, ocasionando um controle estrutural, contudo o fundo do vale caracteriza por ser irregular em função dos afloramentos e blocos que surgem no leito. Para chegar até o ponto, entramos em uma propriedade privada com auxílio do dono, o mesmo nos relatou que nas últimas chuvas que tiveram, o rio ficou com o canal completamente preenchido e com bastante força e que, além disso, a montante do rio era possível encontrar quedas d'água, sendo isso uma característica dos rios ideais nas cabeceiras de uma bacia.

A intervenção antrópica é pouca, além de ser difícil o acesso, a vegetação é densa e com porte arbóreo, não sendo possíveis atividades de agricultura ou pecuária em função da declividade em suas margens e no leito também havia a presença de uma vegetação densa e de porte arbustivo.

Figura 39: Perfil lateral do BRT 2.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Nesse trecho, o rio Taperoá apresenta uma área de capatação de 200 Km² (figura 13) , a energia do fluxo de10 W/m, a linha do gradiente apresenta 0,01 m/m. Assim como o BRT 1, o BRT 2 não apresenta grandes modificações em seus controles fluviais e segue o padrão de um rio ideal, dentro da literatura e com o perfil lateral (figura 39) foi possível visualizar as

unidades presentes no canal e perceber a dinâmica fluvial que rege esse trecho, como mostra o quadro 7.

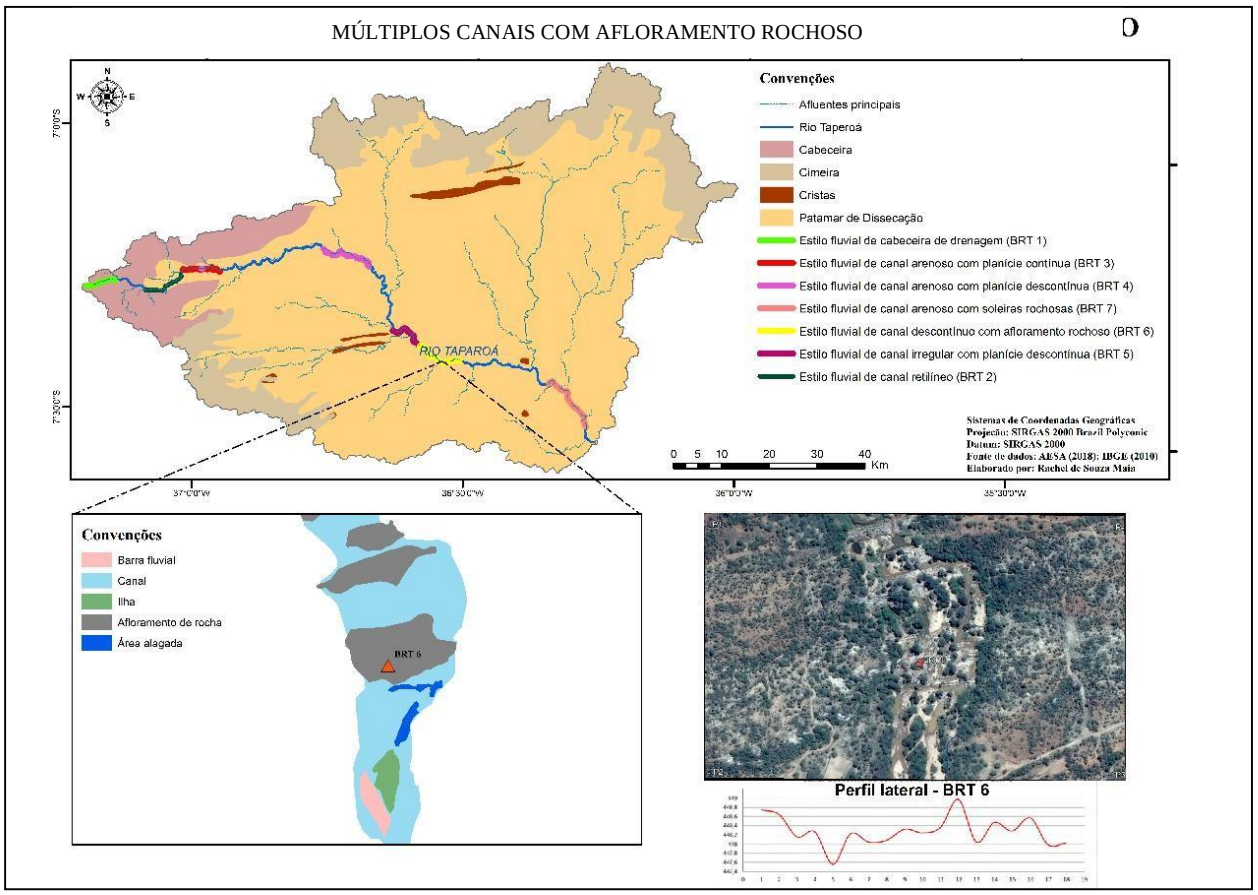
Quadro 7: Matriz do estilo fluvial BRT 2.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO FLUVIAL DE CANAL RETOLÍNEO – BRT 2	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Confinado
Configuração em Planta	Fundo do vale irregular, com a presença de afloramentos.
Textura de Materiais de Leito	Franco-argilosa
Unidades Geomórficas	Geometria do canal: Canal único, com algumas áreas rebaixadas com acúmulo de água
	Formas associadas ao vale: • Terraço com encosta íngreme (Textura: Franca - argilosa) – com a presença de blocos e seixos. • Barra fluvial. (Textura: Franco-arenosa)
Vegetação associada	Vegetação densa arbóreo-arbustiva, com a presença de uma vegetação herbácea mais espaçada.
CONTROLES	
Bacia à Montante	Áreas de transição do pedimento para as encostas íngremes, com área de captação de 200 Km²
Unidade de Paisagem	Unidade de Patamar de dissecação
Zona Processual	Zona de produção de sedimento.
Morfologia do Vale	Vale com aproximadamente 25 m e com profundidade 1,4 m.
Competência do Fluxo	Alta competência de transporte de sedimento.
Intervenção Antrópica	Pouca intervenção antrópica nas margens do rio, a vegetação permanece pouco mexida em função das margens rochosas.

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Dos estilos elencados na bacia do Rio Taperoá temos o último dessa sequência dos confinados é o de múltiplos canais com afloramento (figura 40), que está a 458 m de altitude, na parte intermediária da bacia e em uma zona processual de transporte de sedimento em relação a montante. Seu vale é confinado e o fluxo presente no canal não consegue extravasar, pois possui apenas apresenta >90% do fluxo se movimenta.

Figura 40: Estilo fluvial de múltiplos canais com afloramento rochoso BRT 6.

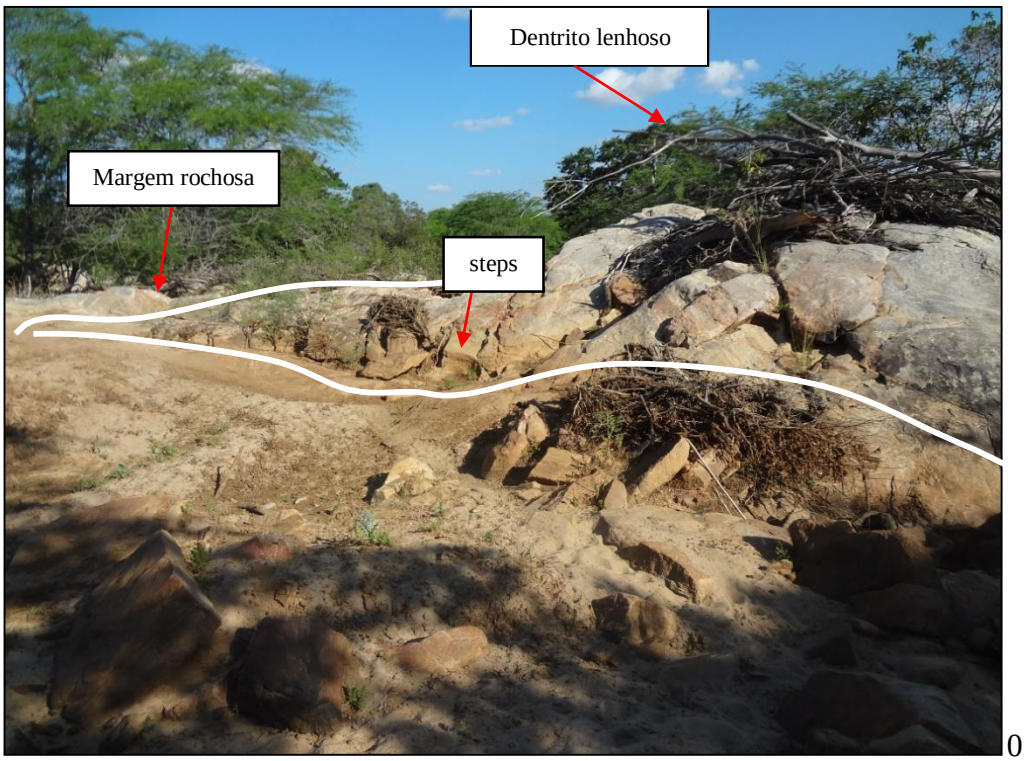


Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Este estilo fluvial, como o próprio nome diz é possuinte de multiplos canais, que se criam em função da grande quantidade de afloramento rochoso, configurando as unidades de um leito rochoso com lâminas de areia e margens rochosas enfraquecendo a possibilidade do canal se ajustar, pois o controle estrutural impede que isso ocorra. Para o trecho em questão foram feitas duas visitas, uma em julho/2018 (figura 41) de cunho exploratório e outra em maio/2019 (figura 42), para realizar a coleta de dados.

No ponto em que foram realizadas as coletas foi possível encontrar algumas unidades como ilhas, pequenas barras arenosas e vários canais que se formavam por conta dos afloramentos, caracterizando um fundo do vale irregular, assim em relação a geologia, o ponto se encontra respaldada na unidade da Serra do Jabiticá, assim como o BRT 5, que é característica por ter rochas metamórficas.

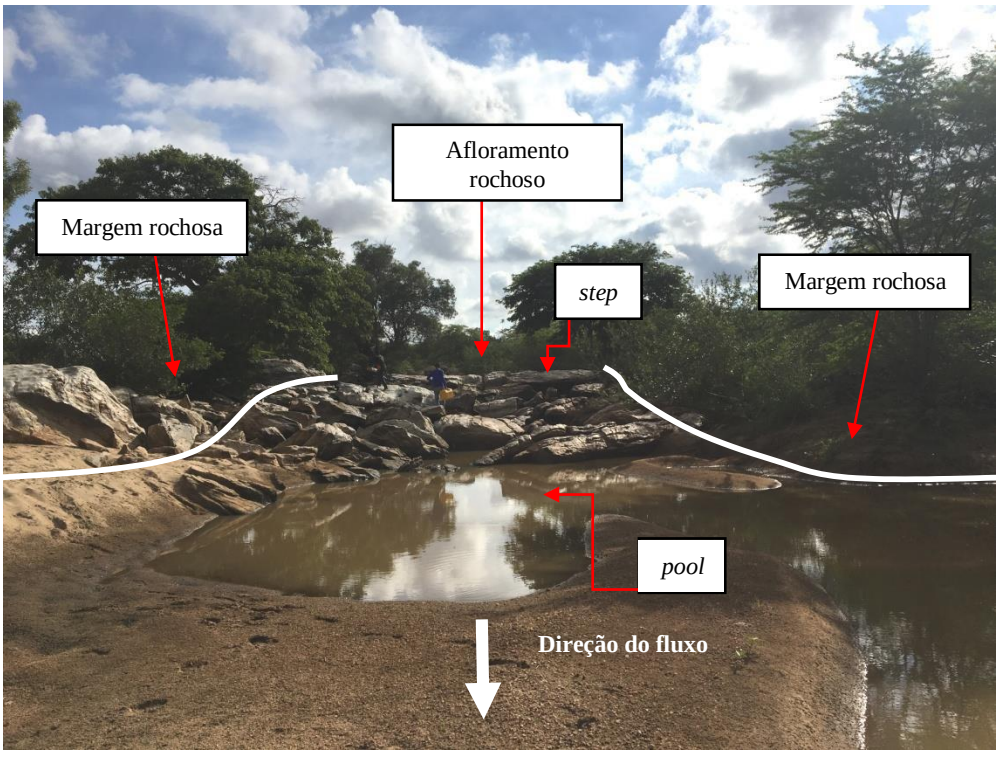
Figura 41: Unidades geomórficas BRT6 à jusante.



0

Fonte: julho, 2018. Acervo da autora.

Figura 42: Unidade geomórficas do BRT 6 à montante.

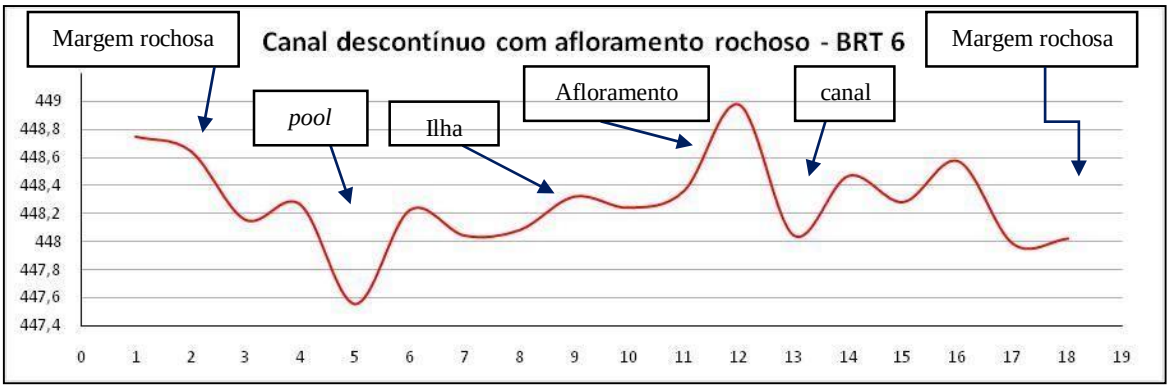


Fonte: maio, 2019. Acervo da autora.

Este estilo fluvial caracterizou-se por ter a geometria forma irregular e com margens e leito rochosas, o leito na baixa vazão não há existência de fluxo no canal, contudo ocorre a acumulação de água em áreas depreciadas e os afloramentos criam *steps* e *pools*, que fomentam o acumulo de sedimento e substrato lenhoso que são transportados e depositados quando ocorre vazão (figura 41 e 42).

O estilo fluvial de múltiplos canais com afloramento rochoso possui aproximadamente 120 m de largura e 1,2 m de profundidade (figura 43) e por ter suas margens rochosas o fluxo dificilmente conseguirá extravasar continuando concentrado no canal, de modo que o canal sendo preenchido no período chuvoso ele tem alta competência, remobilizando blocos de diferentes granulometrias mostrando uma alta competência nesse trecho. A vegetação nesse trecho era preservada e pouco mexida, em função do difícil acesso na área o que dificulta atividades de pecuária e agricultura, além disso a vegetação se concentrava nas margens e de forma arbórea predominantemente.

Figura 43: Perfil lateral do BRT 6.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Estando localizado em uma área de confluência de rios, ocorrendo um salto na área de captação do Rio Taperoá saindo de 2400 Km² para 2800 Km², por conta da influência do rio Jatobá. O mesmo acontece com a energia de fluxo e gradiente, onde antes da confluência é de 20 W/m e após a confluência a energia chega a 200 W/m isso e por não ter grandes modificações litológicas, estando assentado na Serra do Jabiticá resulta em um gradiente de 0,01 m/m, desta forma as informações foram compiladas no quadro 8.

Quadro 8: Matriz de informações do BRT 6.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO FLUVIAL DE MÚLIPLOS CANAIS COM AFLORAMENTO ROCHOSO – BRT 6	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Confinado
Configuração em Planta	Fundo do vale irregular, com a presença de afloramentos, soleiras e blocos
Textura de Materiais de Leito	Rochoso com lâminas de areia franca.
Unidades Geomórficas	Geometria do canal: Canal duplo, separados por uma ilha vegetada.
	Formas associadas ao vale: • Planície de inundação (Textura: Franca - arenosa) • Canal principal. (Textura: rochoso com lâminas de areia franca) • Ilha vegetada (Textura: areia-franca) • Canal secundário (Textura: rochoso com lâminas de areia franca)
Vegetação associada	Vegetação mais densa, de porte arbórea-arbustiva e conservada em ambas as margens.
COMPORTAMENTO DO RIO	
Baixa Vazão	Ausência de fluxo, presença de água em áreas mais rebaixadas do canal principal.
Média Vazão	Ocorre fluxo no canal, podendo ter fluxo no canal até algumas após a precipitação, retido pelos blocos e lâminas de areia.
Alta Vazão	Ocorre o preenchimento do canal pelo fluxo, recobrindo as ilhas e removendo pequenas barras arenosas e transportando substrato lenhoso.
CONTROLES	
Bacia à Montante	Áreas de produção de sedimento.
Unidade de Paisagem	Unidade de Patamar de dissecação
Zona Processual	Zona de transporte de sedimento.
Morfologia do Vale	Vale com aproximadamente 120 m, com e com declividades médias.
Declive do Vale	Gradiente média.
Competência do Fluxo	Alta competência de transporte de sedimento. Transportando seixos, blocos maiores e grande quantidade de areia em eventos de alta magnitude
Intervenção Antrópica	Pouca intervenção antrópica nas margens do rio, a vegetação permanece pouco mexida em função do difícil acesso, em função do leito rochoso.

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

De maneira geral a Bacia Rio Taperoá apresentou sete estilos fluviais, sendo eles distintos na configuração do vale, nas unidades geomórficas presente em cada um e no compartimento geomorfológico. Os que se encontravam em zonas de produção de sedimento, possuíam características semelhantes como a textura do leito arenosa e a competência de transporte, apresentando assim canais irregulares.

Na unidade de cabeceira e patamar de dissecação, entre as altitudes de 500 a 650 m, tiveram em sua grande maioria os confinados ou parcialmente confinados em função do controle estrutural, onde a competência e textura permeavam de alta e média competência para o

transporte, entre rochosa, arenosa e franco argilosa. Em suma a bacia em questão não apresenta grandes modificações na litologia, o que influencia na dinâmica fluvial dos rios, em especial do Rio Taperoá, mostrando que o continuum fluvial da área é coerente, mas que apresenta grandes modificações estruturais que geram modificação nas formas dos canais na paisagem.

Os trechos encontrados apresentam características marcantes do ambiente semiárido como um todo, vales largos em áreas pedimentares, vegetação degradada e de diversos portes, material arenoso e argiloso. Os sete estilos fluviais encontrados foram três confinados, três parcialmente confinados, e um não confinado, a diferença entre eles está no material do leito e das margens, no regime do fluxo, presença de rochosidade, entre outros. Os trechos que possuem material rochoso indicaram baixa capacidade de ajuste, os estilos que tinham material de areia franca e arenoso eram trechos de alta e moderada capacidade de ajuste, pois a areia é um material muito frágil.

Assim capacidade de ajuste é a possibilidade de um determinado canal se modificar a fim, absorver as mudanças processuais, o ajuste vertical acontece quando existem alterações no leito e em seu material, como o soerguimento ou entalhamento do canal; o ajuste lateral concebe as alterações causadas nas margens, seu recuo ou sua expansão de acordo com o rio; e o ajuste de estilo corresponde à modificação que as alterações laterais ou verticais possibilitem de alterar o estilo fluvial.

Os três estilos confinados apresentaram vegetação nas suas margens intensificando os outros elementos que foram contados para fazer a análise da capacidade de ajuste, gradiente do rio, material do leito e geometria do canal. Por meio desses elementos, é possível identificar a energia do fluxo em um determinado trecho e dependendo do material, indicar se esse consegue suportar as prováveis alterações.

Os valores do gradiente não variaram muito, os trechos variam de 0,03 m/m a 0,01 m/m de montante à jusante, configurando uma homogeneidade de gradiente dos pontos analisados. No que diz respeito a largura dos canais, não houveram grandes alterações, tendo uma pequena variação de 14 (BRT 1) a 25 m (BRT 2), onde apenas o (BRT 6 e BRT 7) apresentam um valor de 120 e 130 metros, respectivamente e indicando uma capacidade de ajuste que pode ser moderada ou alta.

A relação do gradiente com a largura do canal está presente na quantidade de energia que esse canal desfruta, pois, o gradiente sendo a possível vazão do rio, a largura desse canal é a estrutura que essa possível vazão tem de se distribuir, com isso, gradientes altos em grandes larguras de rios está equilibrado, pois sua energia consegue se distribuir pelo canal. No caso de um alto gradiente em uma largura de canal pequena, é possível que os inputs de energia

comecem a provocar alterações no canal, em suar margens, sinalizando sua capacidade de ajuste.

É possível observar as chances de alteração de cada canal, no canal, nas margens, analisando de fato sua capacidade de ajuste a mudanças causadas pelos inputs de energia (quadro 8).

Quadro 9: Capacidade de ajuste dos estilos fluviais da Bacia do Rio Taperoá.

Capacidade de ajuste	Baixa	Moderada	Alta	Possíveis mudanças
Estilo fluvial				
BRT 1				É possível ocorrer incisão vertical, escavando o leito deixando-o mais profundo
BRT 2				Sem ajustes
BRT 3				Possibilidade de ajustes laterais e verticais no canal, largando e escavando o canal
BRT 4				É possível ocorrer uma incisão maior no canal alargamento do canal.
BRT 5				Possibilidade de ajustes verticais no canal, escavando o canal
BRT 6				Aprofundamento e surgimento de pools ao longo do trecho.
BRT 7				Possibilidade de ajustes laterais no canal, alargando o canal

Fonte: Elaborado pela autora,2019.

O BRT 1 e BRT 2 tem margens rochosas, impossibilitando um ajuste lateral do canal, contudo o BRT 1 possui material de leito arenoso com a presença de blocos, dando chance para o canal realizar um ajuste vertical, onde o fluxo escava o leito deixando-o mais profundo, configurando uma capacidade de ajuste moderada. Já para BRT 2 a chance de ocorrer um

ajuste no canal é baixa, pois o seu material de leito é argiloso com a presença de blocos fazendo com que os ajustes laterais e verticais sejam impossibilitados.

O BRT 3 e o BRT 4 possuem alta capacidade em se ajustar e apresentam textura de leito e unidades geomórficas de areia-franca, permitindo que ocorram os ajustes laterais e verticais nos dois estilos, ou seja, esses canais à medida que ocorre uma mudança na vazão eles podem se ajustar escavando e alargando suas margens, como também escavando o leito aumento sua profundidade e consequentemente a carga sedimenta a ser transportada.

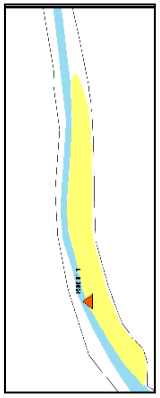
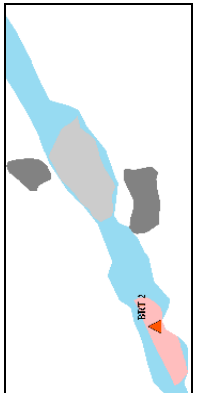
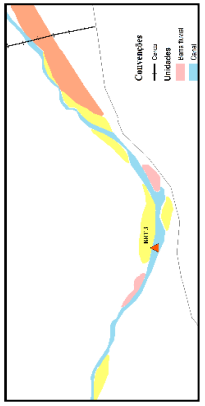
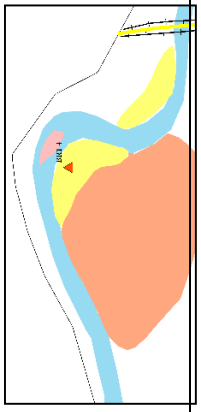
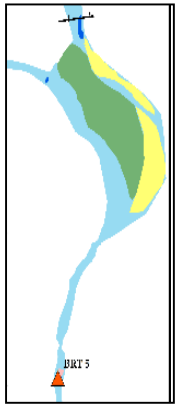
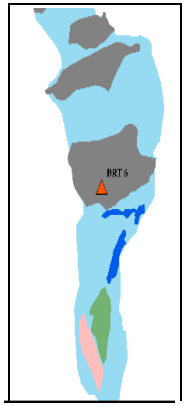
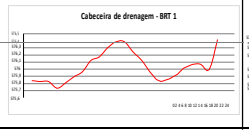
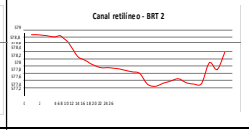
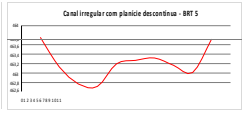
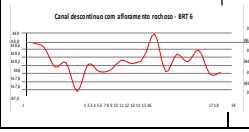
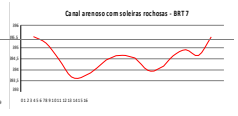
Para o estilo fluvial BRT 5 e o BRT 7 possuem uma capacidade de ajuste moderada, os ajustes faze referência a textura do material das unidades do canal e seu leito, sendo elas areia franca e arenoso, respectivamente. Possuem largura do canal considerável, onde um tem 52 m (BRT 5) e o outro 130 metros, sendo esse o canal mais largo da bacia em relação aos outros.

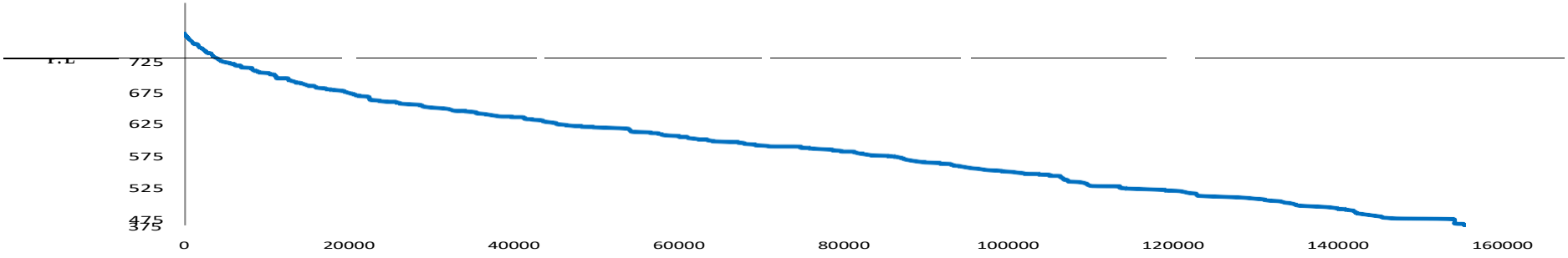
Demonstrando que, os leitos foram alargados através do tempo assim como as margens, isso se deve ao seu material no leito e nas margens, em relação ao gradiente segue a média da bacia com 0,015 e 0,01 m/m, respectivamente. Com essas características os canais tem a possibilidade de se ajustar em relação aos seus regimes de vazão, sendo esses ajustes tanto laterais quanto verticais, contudo o BRT 5 apresenta uma resistência maior para o ajuste lateral em função de uma de suas margens serem rochosas e o BRT 7 uma resistência no ajuste vertical em função de soleiras rochosas em seu leito.

O estilo fluvial BRT 6 é confinado, neste trecho o canal e as margens apresentam as mesmas textura rochosa, assim como seu leito que é irregular e rochoso, configurando uma baixa capacidade em se ajustar desse trecho, podendo ocorrer o aprofundamento de suas *pools* ou deposição das mesmas. É um estilo que possui características pouco modificáveis, ou seja, elementos controladores de cunho estruturais do canal, como litologia e gradiente.

Foram encontrados níveis de capacidade de ajuste entre alta, moderada e baixa capacidade de ajuste dos canais. Desta forma a avaliação da capacidade de ajuste e dos estilos fluviais disponibiliza informações que fundamentais, no que diz respeito a criação de cenários futuros a partir de possíveis mudanças estruturais coerentes para os processos geomorfológicos no sistema fluvial como sumarizadas na tabela 1.

Tabela 1: Interpretação dos controles sobre o caráter, comportamento e os padrões dos estilos fluviais da Bacia do Rio Taperoá.

ESTILO FLUVIAL	Cabeceira de drenagem	Canal retilíneo	Canal arenoso com planície contínua	Canal arenoso com planície descontínua	Canal irregular com planície descontínua	Múltiplos canais com afloramento rochoso	Canal arenoso com soleira
UNIDADE DE PAISAGEM	Cabeceira de drenagem	Patamar de dissecação	Patamar de dissecação	Patamar de dissecação	Patamar de dissecação	Patamar de dissecação	Patamar de dissecação
CONFIGURAÇÃO EM PLANTA							
PERFIL LATERAL							



CONFIGURAÇÃO DO VALE	confinado	confinado	Não confinado	Parcialmente confinado	Parcialmente confinado	Confinado	Parcialmente confinado
LARGURA DO CANAL (metros)	14	25	26	27,5	52	120	130
TEXTURA	Arenoso	Franco - argilosa	Areia franca	Areia franca	Areia franca	Rochoso	Arenoso
CAPACIDADE DE AJUSTE	Moderada	Baixa	Alta	Alta	moderada	baixa	Mordera

Fonte: Adaptado de Brieley et al, 2005.

A tabela 1 delineia as características gerais dos estilos fluviais de uma bacia, assim cada estilo de rio teve seu comportamento sintetizado onde as fronteiras foram definidas por mudança no perfil longitudinal, unidades de paisagem, perfil lateral, visão em planta, confinamento do vale declividade. Essas modificações, são oriundas de mudanças geomorfológicas que embatem em alguns aspectos do rio como: morfologia do vale (largura e inclinação), forma em planta do canal (número de canais e estabilidade lateral), carácter da planície de inundação (erosão ou evidência de retrabalho), a presença ou não de unidades geomórficas, geometria do canal (simétrico, assimétrico ou irregular), textura do leito e das unidades.

Sendo assim a capacidade de ajuste alta se distribuiu em canais de textura de areia franca, de gradiente e largura que favorecem a grandes inputs de energia e concentração de fluxo, está basicamente nos canais intermediários da bacia de ordem, próximas ao trecho. Para a capacidade de ajuste moderada se apresentou nos gradientes altos e baixos, com material de leito arenoso e uma de suas margens resistentes, dificultando o ajuste e se caracterizam por serem parcialmente confinados em sua maioria. E por fim, a baixa capacidade de ajuste está nos canais confinados, com margens e leito rochosos, onde as eventuais perturbações são absorvidas pelo canal, estando presentes na mesma unidade de paisagem de patamar de dissecação, mas em diferentes pontos ao longo do Rio Taperoá.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na pesquisa deram a possibilidade de se ter um conhecimento da dinâmica fluvial comum em ambientes semiáridos, pois a metodologia aplicada proporciona uma investigação da morfologia da paisagem. Assim a classificação dos estilos fluviais da Bacia do Rio Taperoá em suas etapas, mostrou sete estilos que se encontram no Rio Taperoá, principal rio da bacia, onde foram utilizados a fim de serem representativos para compreender os processos geomorfológicos e fluviais responsáveis por sua formação, onde a metodologia torna visível a necessidade de se pesquisar e entender melhor esses ambientes fluviais semiáridos, aos quais representam recursos hídricos que precisam ser otimizados.

Concluímos que a Bacia do Rio Taperoá possui uma grande capacidade em se ajustar diante das perturbações, que mesmo em estado iniciais podem gerar modificações a partir de eventos extremos de vazão, no período das chuvas e não apenas isso, mas também a intervenção e ocupação antrópica nesses trechos modifica a paisagem fluvial diretamente, a retirada da vegetação para atividade agropastoris e consequentemente o uso da água desses trechos

modifica a dinâmica de produção de sedimento e os processos fluviais avaliados anteriormente.

Deste modo, a bacia do Rio Taperoá ao reconhecer os pontos fundamentais para identificar a capacidade de ajuste, como mapear os estilos fluviais e identificar os ajustes contemporâneos em função das mudanças e prováveis alterações nos cursos fluviais, tornou-se possível aplicar a metodologia, demostrando-se satisfatória, reunindo os dados necessários para cumprir os objetivos propostos. Essa metodologia vem para auxiliar e embasar pesquisas futuras, tornando possível identificar os locais que necessitam de intervenções, a fim de uma melhoria na gestão dessas áreas e de seus recursos hídricos.

6 REFERÊNCIA

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br

ALMEIDA, J. D. M. **(Des)conectividade da paisagem e compartimentação fluvial na bacia do riacho grande, sertão central pernambucano**. (Dissertação de mestrado) - Recife, 2017.

ALMEIDA, J. D. M. et al. Dinâmica e caracterização fluvial da bacia do Riacho Grande, Serra Talhada – PE: abordagem da conectividade da paisagem. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 28, p. 308-331, 2016.

ALMEIDA, J. D. M. **Dinâmica e caracterização fluvial da bacia riacho grande: abordagem da conectividade da paisagem**. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco**.** Recife, 2015.

AMORIM.R.R. Um Novo Olhar na Geografia para os Conceitos e Aplicações de Geossistemas, Sistemas Antrópicos e Sistemas Ambientais. **Caminhos de Geografia Uberlândia v**. 13, n. 41 mar/2012 p. 80 – 101.

ARAÚJO, L. E.; BECKER, C. T.;PONTES, A. L. **Periodicidade da precipitação pluviométrica no estado da Paraíba.** XIII CongressoBrasileiro de Agrometeorologia.2003.

BAPTISTA, B. M.; PÁDUA, L.V. **Restauração de sistemas fluviais**. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2016.

BIGARELLA, J. J.; SUGUIO, K.; BECKER, R. D. **Ambiente fluvial:** ambientes de sedimentação, sua interpretação e importância. 1ª ed. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná. Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1979.

BRACKEN,L. J.; WAINWRIGHT .J.; TETZLAFF, D.; SMITH, M.W.; REANEY, S.M; ROY, A.G. Concepts of hydrological connectivity: Research approaches, pathways and future agendas. **Earth-Science Reviews** 119 (2013) 17–34

BRACKEN,L. J.; CROKE, J. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. **Wiley InterScience**. Hydrol. Process. 21, 1749–1763 (2007).

BRIERLEY, G. et al. **Geomorphology in action: linking policy with on-the-ground actions through applications of the River Styles framework**. Applied Geography, 31, p. 1132-1143, 2011.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. Don't Fight the Site: Three Geomorphic Considerations in Catchment-Scale River Rehabilitation Planning. **Environmental Management** (2009) 43:1201–1218.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. **Geomorphology and river management: applications of the river styles framework**. Blackwell Publishing. 2005.

BRIERLEY, G. et al. Application of the River Styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. **Pergamon**, Applied Geography 22 (2002) 91–122.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. River Styles, a Geomorphic Approach to Catchment Characterization: Implications for River Rehabilitation in Bega Catchment, New South Wales, Australia. **Environmental Management**. Vol. 25, No. 6, pp. 661–679, 2000.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. Tributary-trunk stream relations in a cut-and-fill landscape: a case study from Wolumla catchment, New South Wales, Australia. **Elsevier Science**, p. 61 – 63, 1999.

BRUNSDEN, D.; THORNES, J. B. Landscape Sensitivity and Change. **Transactions of the Institute of British Geographers, New Series**, v. 4, n. 4, p. 463-484, 1979.

BRUNSDEN, D. A critical assessment of the sensitivity concept in geomorphology. **Catena**, v. 42, n. 2, p. 99-123, 2001.

CAVALCANTI. L.C.S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. São Paulo oficina texto, 2014.

CARVALHO, V. C. de; FREITAS, M. W. D. de. Mapeamento das paisagens em nível de geossistema de três áreas representativas do bioma Caatinga. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 12, 2005, Goiânia. Anais. Goiânia: INPE, p.2087-2099, 2005

CARVALHO, M. G. D. F. 1982**. Estado da Paraíba: classificação geomorfológica.** João Pessoa: Editora da UFPB.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Blucher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia.** São Paulo: Ed. Blucher, 1980.

CORRÊA, A. C. B. et al. Megageomorfologia e morfoestrutura do planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 31 (1/2), 35-52, 2010.

COULTHARD, T.J. Landscape evolution models: a software review. **HydrologicalProcesses**, v.15, 165–173 (2001).

DANTAS, J. C**. Processos hidrossedimentológicos na bacia do Rio Taperoá.** (2016). 80 f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB.
DOLLAR, E. S. J. Fluvial Geomorphology. **Progress in Physical Geography**, 28 (3), pp. 405-450, 2004.

DAVY, P; LAGUE, D. Fluvial erosion/transport equation of landscape evolution modelsrevisited. **Journal of geophysical research**, vol. 114, 2009.
EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2006.

FRANCISCO, P. M. Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, PB. **Tese de Doutorado** – Programa de pós graduação em Engenharia Agrícola, Campina Grande, 2013.

FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 11, p. 53-57, 1952.

FRYIRS, K. A.; SPINK, A.; BRIERLEY, G. J. Post-European settlement response gradients of river sensitivity and recovery across the upper Hunter catchment, Australia. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 34, 897-918, 2009.

FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. A geomorphic approach to the identification of river recovery potential. **Physical Geography**. 21:3, 244-277, 2000.

FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. Slope–channel decoupling in Wolumla catchment, New South Wales, Australia: the changing nature of sediment sources following European settlement. **Elsevier**, Catena 35 (1999), 41 – 63.

GALAY, V.J. Causes of River bed degradation.**Water resources research**, V. 19, N. 5, p. 1057-1090, 1983.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia**: Uma Atualizagão de Bases e Conceitos. (organizadores). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

GRAF, W. L. **Fluvial Process in Dryland Rivers**. Caldwell: The Blackburn Press, 1988.

GOMES, R. D; VITTE, A.C. A geografia física e o objeto complexo: algumas flexibilizações do processual. **Geosul**, v. 26, n. 50, 2010.

HARDEN, P. C.Fluvial response to land-use change in the southern appalachian region: a century of investigation. **Physical Geography**,2004, 25, 5, pp. 398–417.

HUGGETT, R. A history of the systems approach in geomorphology. **Géomorphologie: relief, process, environmentant**, n. 2, p. 145-158, 2007.

KLEINA, M.; SANTOS, L. J. C. Sensitividade fluvial da drenagem principal da bacia hidrográfica do Rio Sagrado - Serra do Mar paranaense.**R. Ra'e Ga**, Curitiba, v.41 Temático de Geomorfologia, p. 174 -188 , Ago/2017.

LIMA, R. N. S.; MARÇAL, M. S. Avaliação da condição geomorfológica da bacia do Rio Macaé – RJ a partir da metodologia de classificação dos estilos fluviais. **Revista Brasileira de Geomorfologia,** v. 14, nº 2 (2013).

MARÇAL, M. S.; LIMA, R. N. S. Abordagens conceituais contemporâneas na geomorfologia fluvial. **Espaço aberto**, PPGG – UFRJ, V. 6, N. 1, p. 17 – 33, 2016.

MAIA, R. de S. **Identificação e caracterização dos estilos fluviais da bacia do riacho do Tigre – PB.** Monografia (Graduação) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016.

MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 5 n.1, p. 11-18, 2004.

MAYER, L. Some comments on equilibrium concepts and geomorphic systems. **Geomorfology**, v. 5, pp. 277-295, 1992.

MEURER, M. A restauração fluvial e a busca de reconciliação da Europa com os seus cursos d'água: o que o Brasil deve aprender com esta experiência? **Revista De Pós-Graduação em Geografia da UFF**. v. 12, n. 23 (2010).

MONTGOMERY. D R.; GRAN. K. Downstream variations in the width of bedrock channels. **Water Resources Research**, V. 37, N. 6, p 1841-1846, 2001.

MUHAR, S.; et al. River restoration concepts – goals and perspectives. **Hydrobiologia**, 303, pp. 183 – 194, 1995.

OLIVEIRA, B.R.G.; et al. Estilos fluviais nas bacias hidrográficas da vila dois rios, ilha grande (RJ).**Revista Geonorte**, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.281-285, 2014.

NEVES, B.B.; et al. O evento cariris velhos na província Borborema: integraçãode dados, implicações e perspectivas.**Revista Brasileira de Geociências**, Vol n. 25(4), p. 279-296, Dez. 1995.

OLIVEIRA, J. A; LANNA, A. E. L. Otimização de um sistema de múltiplos reservatórios atendendo a múltiplos usos no Nordeste Brasileiro. **RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Vol n.2, p. 123-141, Jul./Dez. 1997.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. **Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba**, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, 2006. 112p.

PARAÍBA. Secretaria do Meio Ambiente. AESA. Anuário Estatístico da Paraíba. Campina Grande: 2007.

REANEY, S. M.; BRACKEN, L. J.; KIRKBY, M. The importance of surface controls on overland flow connectivity in semi-arid environments: results from a numerical experimental approach. **John Wiley & Sons, Ltd**. 2013.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SANTOS,A. H. L. **Análise dos estilos fluviais e da capacidade de ajuste do Alto Curso do Rio Paraíba – PB**. Monografia (Graduação) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2017.

SANTOS, M. L. Unidades geomorfológicas e depósitos sedimentares associados no sistema fluvial do Rio Paraná no seu curso superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 6, N 1 (2005) 85 – 96.

SCHUMM, S. A. **The fluvial system**. Caldwell: The Blackburn Press, 1977.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. - Ilhéus, Ba : Editus, 2002. 293p.

SCHIRMER, G. J.; ROBAINA, L. E. S. Zoneamento geoambiental em municípios do rio grande do sul: município de agudo. **Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 1, p.93-102, jan. 2012.

SEABRA, V. S.; XAVIER, R. A.; DAMASCENO, J.; DORNELLAS, P. C. Mapeamento do uso e cobertura do solo da bacia do Rio Taperoá: região semiárida do estado da Paraíba. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 15, n. 50 Jun/2014.

SIQUEIRA, A.; et al. Modificações fluviais à jusante de barragens. In:14º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2013., Rio de Janeiro. *Anais*... Rio de Janeiro: ABGE, 2013.

SOUZA, B. I. DE; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. de. Desertificação e seus efeitos navegetação e solos do Cariri Paraibano. **Mercator**, v.8, n.16, p.217-232, 2009

SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B.; BRIERLEY, G. An approach to assess the impact of landscape connectivity and effective catchment area upon bedload sediment flux in Saco Creek Watershad, Semiarid Brazil. **Catena**, v. 138, pp. 13-29, 2016.

SOUZA, J. O. P.; ALMEIDA, J. D. M. Processos fluviais em terras secas: uma revisão. **Revista OKARA: Geografia em debate** v.9, n.1, p. 108-122, 2015. ISSN: 1982-3878 João Pessoa, PB, DGEOC/CCEN/UFPB. 2015.

SOUZA, J. O. P. **Modelos de evolução da dinâmica fluvial em ambiente semiárido – bacia do riacho do saco, serra talhada, Pernambuco.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Campus Recife, Curso de Pós-Graduação em Geografia. Recife. 2014.

SOUZA, J.O.P; BARROS, A; CORREA, Sensitividade da paisagem: aplicação em canais fluviais semiáridos – Serra Talhada/PE **REVISTA GEONORTE,** Edição Especial 4, V.10, N.1, p.465-470, 2014. (ISSN 2237-1419).

SOUZA, J. O. P. de. Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial – uma revisão de conceitos. **Caminhos de Geografia,** Uberlândia, v. 14, n. 46, p. 224-233, set./ 2013.

SOUZA, J. O. P. **Sistema fluvial e açudagem no semi-árido, relação entre a conectividade da paisagem e dinâmica da precipitação, na bacia de drenagem do riacho do saco, Serra Talhada, Pernambuco**. (Dissertação de mestrado) - Recife, 2011.

SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B. Sistema fluvial e planejamento local no semiárido**.** **Mercator**, v. 11, p. 149-168, 2012.

SPÖRL, Christiane. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. 2007. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

TAGLIANI, C. R. A. Técnica para avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR)**, 11., 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: INPE, 2003, p. 1657 – 1664.

THOMSON, R.J.; TAYLOR, P.M.; BRIERLEY, J.G. Are River Styles ecologically meaningful? A test of the ecological significance of a geomorphic river characterization scheme. **Aquatic conservation: Marine and freshwater ecosystems**, V.14, N.1, p.25-48, 2004.

THOMSON, J. R.; et al. **A geomorphologial framework for river characterization and habitat assessment**. Aquatic Conservation: Marine and Freswater Ecosystems, v. 11, p. 373-389, 2001.

TUCCI, C.; CLARKE, R. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. V.2, N.1, p, 135-152, 1997.
USHER, M. Landscape sensitivity: from theory to practice. **Elsevier Science**, p. 375–383, 2001.

VANNOTE, R. L., MINSHALL G. W., CUMMINS K. W., SEDELL J. R. & CUSHING C. E. 1980. The river continuum concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 37:130–137.

VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Semiárido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** Volume 8 n.2 Abr/Jun 7–17, 2003.
VITAL, S. R. O., GIRÃO, O. Análise da suscetibilidade da paisagem à erosão na bacia do alto curso do rio Taperoá (PB). **Revista Okara: Geografia em debate**, v.9, n.1, p. 4-25, 2015.

VITAL, S. R. O. **Sensibilidade paisagística e grau de instabilidade: Um estudo da dinâmica geomorfológica em áreas com risco de erosão no alto curso da sub-bacia do Rio Taperoá, estado da Paraíba, Nordeste Brasileiro**. (Dissertação de Mestrado) - Recife, 2011.

WANDERLEY, L. S. A**. Climatologia como ferramenta de planejamento agrário na bacia hidrográfica do Rio Taperoá.**Tese(Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Campus Recife, Curso de Pós-Graduação