

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JOANA D'ARC MATIAS DE ALMEIDA

(DES)CONECTIVIDADE DA PAISAGEM E COMPARTIMENTAÇÃO FLUVIAL NA
BACIA DO RIACHO GRANDE, SERTÃO CENTRAL PERNAMBUCANO

RECIFE
2017

JOANA D'ARC MATIAS DE ALMEIDA

**(DES)CONECTIVIDADE DA PAISAGEM E COMPARTIMENTAÇÃO FLUVIAL NA
BACIA DO RIACHO GRANDE, SERTÃO CENTRAL PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa

**RECIFE
2017**

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Maria Janeide Pereira da Silva, CRB4-1262

A447d Almeida, Joana D’Arc Matias de.

(Des)conectividade da paisagem e compartimentação fluvial na Bacia do Riacho Grande, Sertão Central pernambucano / Joana D’Arc Matias de Almeida.–2017.

137 f. : il. ; 30 cm.

Orientador : Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife, 2017.
Inclui Referências.

1. Geografia. 2. Geomorfologia. 3. Bacias hidrográficas. 4. Rios aluviais.
5. Paisagens fragmentadas. 6. Estilos fluviais. 7. Ambiente fluvial semiárido.
I. Corrêa, Antonio Carlos de Barros (Orientador). II. Título.

918 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2017-153)

JOANA D'ARC MATIAS DE ALMEIDA

**(DES)CONECTIVIDADE DA PAISAGEM E A COMPARTIMENTAÇÃO FLUVIAL
NA BACIA RIACHO GRANDE, SERTÃO CENTRAL PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia

Aprovada em: 17/02/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa (Orientador – Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos (Examinador Externo)
Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Fabrizio de Luiz Rosito Listo (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

À minha mãe,

Meu pai,

Meus avós,

E, claro, ao Sr. Dedé.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Antonio Carlos, pela orientação e por todos os ensinamentos, acadêmicos ou não.

Ao Professor Jonas Otaviano Praça de Souza, pelos valiosos conselhos e caminhada nos Estilos Fluviais.

Aos Professores Osvaldo Girão e Fabrizio Listo, por suas contribuições à este trabalho participando da banca de qualificação.

Aos colegas e amigos do GEQUA, pelo carinho e por todas as conversas no vórtice do café, acadêmicas ou não; em especial à Drielly, Cynthia, Rhandysson, Daniel, Kleython, Bruno Tavares e Wemerson, e claro, a Bruno Torres, por fundamental suporte em trabalho de campo.

À minha querida amiga gequiana, Ana Clara Magalhães, por caminhar junto comigo ao longo desses dois anos, na jornada árdua da geomorfologia fluvial.

Aos membros do GEAFS/UFPB, por todo suporte no trabalho de campo.

À Adriana Cassiano, por toda ajuda no processamento das amostras.

Aos meus colegas de turma, em especial a Pietro Félix e Lourdes.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE, em especial a Eduardo Veras. Sua dedicação é inspiradora!

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, pelo apoio financeiro para a concretização deste trabalho.

Ao Sr. Dedé, por tão alegremente ter me recebido e me acolhido a minha área de pesquisa. Pela comunidade rural semiárida, a felicidade de poder dar continuidade a este trabalho.

À minha família, pelo apoio em todos os momentos.

Enfim, gratidão a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Eu quase que nada não sei.

Mas desconfio de muita coisa.

– Grande Sertão Veredas –

João Guimarães Rosa

RESUMO

O presente trabalho analisou a dinâmica e compartimentação fluvial na bacia hidrográfica do Riacho Grande, com base na identificação dos trechos de produção, transporte e deposição de sedimentos. Para tal, utilizou-se como base as propostas metodológicas da Conectividade da Paisagem e Estilos Fluviais, revelando a aplicabilidade da integração dessas metodologias à gestão dos recursos hídricos na escala local, considerando sobretudo a importância das áreas de planos aluviais ao desenvolvimento de atividades econômicas das comunidades rurais sertanejas, dada à multifuncionalidade desses depósitos, sobretudo no que se refere ao abastecimento alternativo de água com a perfuração de poços rasos e instalação de barragens subterrâneas. A análise dos Estilos Fluviais permitiu a identificação da compartimentação fluvial na bacia, reconhecendo diferentes estilos fluviais semiáridos, preservando-os através de propostas e medidas de gerenciamento territorial e de recursos hídricos. Arelado a isto, foi inserida a proposta da conectividade da paisagem, visando destacar elementos da paisagem, naturais ou antrópicos, que influenciem na livre circulação de fluxo de energia e matéria entre os diferentes compartimentos da paisagem. Para tanto, realizou-se o mapeamento de uso e cobertura da terra a partir de imagens *RapidEye* e dados obtidos em campo, com a finalidade de identificação de elementos desconectantes. O mapa geomorfológico de detalhe também foi confeccionado como base para a compreensão dos controles na distribuição de elementos de desconexão natural, bem como a sua influência na compartimentação fluvial. Como resultado, os mapeamentos de compartimentação fluvial e dos elementos de desconexão, associados aos dados sedimentológicos de três áreas de amostragem pertinentes a cada tipologia mapeada, possibilitaram a criação de modelos de desconexão para cada tipologia fluvial na bacia do Riacho Grande. Os modelos produzidos demonstraram uma baixa conexão fluvial na bacia do Riacho Grande, sobretudo no que tange as ligações longitudinais, devido à alta concentração de *barriers*/barreiras naturais e antrópicas ao longo da rede de canais.

Palavras-chave: Desconectividade da Paisagem. Estilos Fluviais. Ambiente Fluvial Semiárido.

ABSTRACT

The present work analyzed the river dynamics and compartmentalization in the Riacho Grande watershed, based on the identification of the sediment production, transport and deposition sections. For this purpose, the methodological approaches of Landscape Connectivity and Fluvial Styles were used, revealing the integration and applicability of these methodologies to the management of water resources in the local scale, considering the importance of alluvial plain areas to the development of economic activities of rural communities in the semi-arid of Northeast Brazil, given the multifunctionality of these deposits, especially with regard to alternative water supply through the drilling of shallow wells and the construction of underground dams. The analysis of the Fluvial Styles allowed the identification of river segments within the basin, recognizing different semi-arid river styles, thus allowing their preservation through proposals and measures of territorial and water resources management. Coupled to this, the proposal of landscape connectivity was inserted, aiming at highlighting landscape natural or man-made elements that influence the free flow of energy and matter between the different landscape compartments. In order to do so, land use and cover mapping was performed based on RapidEye images and collected field data, with the purpose of identifying disconnecting elements. The detail geomorphological map was also made as a basis for understanding the controls in the distribution of natural disconnection elements, as well as their influence on river segments subdivision. As a result, the mapping of river segments and disconnection elements, associated with sedimentological data from three sampling areas related to each mapped typology, enabled the creation of disconnection models for each fluvial typology in the Riacho Grande watershed. The models produced showed a low fluvial connection in the Riacho Grande watershed, especially in terms of longitudinal connections, due to the high concentration of barriers, natural and anthropic, along the channel network.

Keywords: Landscape Disconnectivity. River Styles. Semi-arid Fluvial Environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Conectividade em Bacia Idealizada. Adaptado de Fryirs & Brierley, 2013	30
Figura 2 – Diagrama de Tucker (1995)	51
Figura 3 – Localização da Bacia do Riacho Grande e Unidades de Paisagem	52
Figura 4 – Geologia da Bacia do Riacho Grande - PE	54
Figura 5 – Associação de solos na Bacia do Riacho Grande - PE.....	57
Figura 6 – Caatinga arbustiva	61
Figura 7 – Recursos hídricos superficiais na Bacia do Riacho Grande - PE.....	64
Figura 8 – Domínios hidrogeológicos na Bacia do Riacho Grande - PE	65
Figura 9 – Modelo digital do terreno, Bacia do Riacho Grande - PE.....	68
Figura 10 – Declividade na Bacia do Riacho Grande – PE.....	68
Figura 11 – Mapa geomorfológico de detalhe – Bacia do Riacho Grande, PE	69
Figura 12 – Perfil A-B (unidades morfoesculturais)	70
Figura 13 – Plauto aluvial, foz do Riacho Grande	71
Figura 14 – Perfil transversal C-D.....	71
Figura 15 – Pedimento dissecado (ao fundo – maciço residual em crista).....	72
Figura 16 – Maciço residual em crista.....	73
Figura 17 – Inselbergue	73
Figura 18 – Planalto em estrutura homoclinal.....	74
Figura 19 – Configuração dos canais a partir da proposta de estilos fluviais	75
Figura 20 – Mapeamento de canal arenoso descontínuo. A) Barragem de Terra no Canal	77
Figura 21 – Perfil Lateral E-F – canal arenoso.....	78
Figura 22 – Perfil Lateral G-H – Leito de Barragem	78
Figura 23 – Mapeamento de canal arenoso com planície de inundação descontínua. A) Dique Marginal /B) Poça.....	79
Figura 24 – Perfil Lateral I-J – canal arenoso com planície de inundação descontínua.....	80
Figura 25 – Perfil Lateral L-M – canal arenoso com planície de inundação descontínua	80
Figura 26 – Mapeamento de Vale Preenchido Conservado. A) Perfil N-O	81
Figura 27 – Perfil Lateral N-O – vale preenchido conservado, foz do Riacho Grande - PE....	82
Figura 28 – Localização do ponto amostrado na bacia	83
Figura 29 – Perfil lateral do ponto amostrado	83
Figura 30 – Vista panorâmica do ponto amostrado	84
Figura 31 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 4a.....	84

Figura 32 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 4b	85
Figura 33 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 4c.....	85
Figura 34 – Localização do ponto amostrado na bacia	87
Figura 35 – Perfil Lateral do ponto amostrado BRG3.....	87
Figura 36 – Vista panorâmica do ponto amostrado BRG3.....	88
Figura 37 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 3a.	88
Figura 38 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 3b.	89
Figura 39 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 3c.....	89
Figura 40 – Localização do ponto amostrado na bacia	91
Figura 41 – Perfil Lateral do ponto amostrado BRG2.....	91
Figura 42 – Vista panorâmica do ponto amostrado BRG2 – leito e margem esquerda	92
Figura 43 – Vista panorâmica do ponto amostrado BRG2 – leito e margem direita	92
Figura 44 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2a.....	93
Figura 45 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2b.	93
Figura 46 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2c.....	94
Figura 47 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2d.	94
Figura 48 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2e.....	94
Figura 49 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2f.	95
Figura 50 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2g.	95
Figura 51 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2h.	95
Figura 52 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2i.	96
Figura 53 – Localização do ponto amostrado na bacia	98
Figura 54 – Perfil Lateral do ponto amostrado BRG1.....	98
Figura 55 – Vista panorâmica do ponto amostrado BRG1 – margem esquerda	99
Figura 56 – Vista panorâmica do ponto amostrado BRG1 – margem direita	100
Figura 57 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1a.....	101
Figura 58 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1b.	101
Figura 59 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1c.....	101
Figura 60 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1d.	102
Figura 61 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1e.....	102
Figura 62 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1f.	102
Figura 63 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1g.	103
Figura 64 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1h.	103

Figura 65 – Mapa de uso e cobertura da terra, Bacia do Riacho Grande - PE	106
Figura 66 – Barragem com parede de terra	109
Figura 67 – Mapa dos elementos de desconexão na bacia do Riacho Grande, PE	110
Figura 68 – Atuação de barragem de concreto como barrier no Riacho Grande	111
Figura 69 – Obstrução do canal com sedimentos remobilizados por atividades antrópicas ..	112
Figura 70 – Vale preenchido conservado	113
Figura 71 – Tributário aprisionado.....	114
Figura 72 – Perfil longitudinal do Riacho Grande	115
Figura 73 – Canal principal. A) Grau de confinamento; B) Zona Processual predominante; C) compartimentação geomorfológica	116
Figura 74 – Elementos de desconexão em trecho confinado.....	117
Figura 75 – Elementos de desconexão em trecho parcialmente confinado	118
Figura 76 – Elementos de desconexão em vale lateralmente não confinado	120
Figura 77 – Terraço na margem direita lateral ao depósito em floodout	121
Figura 78 – Depósito em floodout.....	121
Figura 79 – Modelo de desconexão quanto à tipologia de compartimentação fluvial na Bacia do Riacho Grande	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Adaptação da legenda de uso e cobertura da terra da FAO para a bacia do Riacho Grande	46
Quadro 2 – Graus de assimetria e curtose para amostras do ponto BRG4.....	86
Quadro 3 – Dados de morfoscopia para amostras do ponto BRG4.....	86
Quadro 4 – Graus de assimetria e curtose para amostras do ponto BRG3.....	90
Quadro 5 – Dados de morfoscopia para amostras do ponto BRG3.....	90
Quadro 6 – Graus de assimetria e curtose para amostras do ponto BRG2	97
Quadro 7 – Dados de morfoscopia para amostras do ponto BRG2.....	97
Quadro 8 – Graus de assimetria e curtose para amostras do ponto BRG1	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala quantitativa de Folk e Ward (1957) para descrição do grau de seleção	49
Tabela 2 – Escala quantitativa de Folk e Ward (1957) para descrição do grau de assimetria..	49
Tabela 3 – Escala quantitativa de Folk e Ward (1957) para classificação dos valores de curtose.....	49
Tabela 4 – Extensão dos segmentos das diferentes tipologias no Riacho Grande	115

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Médias mensais de precipitação (mm) no período de 2005 a 2015, Calumbi - PE	63
Gráfico 2 – Proporção granulométrica das amostras do ponto BRG4	85
Gráfico 3 – Proporção granulométrica de amostras do ponto BRG3	89
Gráfico 4 – Proporção granulométrica das amostras do ponto BRG4	96
Gráfico 5 – Proporção granulométrica das amostras do ponto BRG1	103
Gráfico 6 – Proporção em Área (Km ²) do Uso e Cobertura da terra.....	107
Gráfico 7 – Proporção em % do Uso e Cobertura da terra	107
Gráfico 8 – Proporção em ocorrência dos elementos de desconexão	109

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS	19
1.1.1	Objetivo Geral.....	19
1.1.2	Objetivos Específicos	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1	SISTEMA FLUVIAL: UM SISTEMA GEOMORFOLÓGICO COMPLEXO.....	20
2.1.1	A Teoria Sistêmica e Complexidade	20
2.1.2	O Sistema Fluvial e Processos Geomorfológicos em Terras Secas.....	22
2.2	DESCONECTIVIDADE DA PAISAGEM EM AMBIENTES SEMIÁRIDOS	25
2.2.1	Elementos de Desconexão: Os Processos e Formas Depositionais em Ambiente Fluvial	31
2.2.2	Os Depósitos Aluviais: Uma alternativa em Contexto de Semiaridez	35
2.3	ESTILOS FLUVIAIS: UMA PROPOSTA AO PLANEJAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS	38
3	METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	44
3.1	MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE DETALHE.....	44
3.1.1	A proposta da UGI	44
3.2	MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA	45
3.2.1	Aplicação da legenda da FAO	45
3.3	MAPEAMENTO DOS ELEMENTOS DE DESCONEXÃO.....	46
3.4	TIPOLOGIAS E ESTILOS FLUVIAIS	47
3.4.1	A proposta de Estilos Fluviais	47
3.5	A CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SEDIMENTOS	48
3.5.1	Granulometria	48
3.5.2	Morfoscopia.....	50

4	BACIA DO RIACHO GRANDE: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	52
4.1	AS UNIDADES DE PAISAGEM DA BACIA DO RIACHO GRANDE	52
4.2	CONTEXTO GEOLÓGICO	53
4.3	ASPECTOS PEDOLÓGICOS	56
4.4	ASPECTOS DO USO DA TERRA	60
4.5	ASPECTOS CLIMÁTICOS	61
4.6	CONTEXTO HÍDRICO	63
5	RESULTADOS	67
5.1	COMPARTIMENTAÇÃO FLUVIAL E DA PAISAGEM NA BACIA DO RIACHO GRANDE	67
5.1.1	Mapeamento Geomorfológico de Detalhe	67
5.1.2	Compartimentação e Tipologia Fluvial	74
5.1.3	Propriedades Sedimentológicas e Paisagem na Bacia do Riacho Grande	82
5.2	A DINÂMICA E DESCONECTIVIDADE DA PAISAGEM NA BACIA DO RIACHO GRANDE	105
5.3	MODELOS E DINÂMICA FLUVIAL E DA PAISAGEM NA BACIA DO RIACHO GRANDE	114
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	125
	REFERÊNCIAS	127

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro, caracterizado pela forte presença de drenagens efêmeras e intermitentes (AB'SABER, 2003; BIGARELLA et al., 2007), necessita de uma gestão em recursos hídricos e territorial eficiente, que seja capaz de explorar de modo sustentável, todo o potencial hídrico disponível na região para os diversos usos. Para tal, é necessário o desenvolvimento de pesquisas que visem compreender o comportamento do sistema fluvial e dos compartimentos da paisagem de forma integrada, considerando a dinâmica do sistema fluvial como um elemento de modificação da paisagem através dos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos. No entanto, a questão sedimentológica por vezes permanece ausente na análise e gestão dos recursos hídricos, muito embora o fluxo e o material sedimentar sejam componentes fundamentais na estruturação do canal fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1999; SOUZA & CORREA, 2012a).

A questão do transporte de água e sedimentos pela paisagem constitui um aspecto essencial para a compreensão da dinâmica ambiental. Neste sentido, é fundamental a aplicação de metodologias de análise que permitam compreender a dinâmica de transferência de materiais ao longo dos sistemas de drenagem. Dentre essas destaca-se a abordagem da conectividade da paisagem, compreendida como a capacidade de interação entre o *input* de energia e a saída de matéria ao longo dos compartimentos da paisagem (BRIERLEY, FRYIRS & JAIN, 2006). Esse tipo de enfoque metodológico se presta sobretudo para avaliar as consequências das intervenções antrópicas nos ambientes fluviais por meio da construção de elementos que se tornem barreiras à livre circulação de energia e matéria entre os compartimentos da paisagem. Nesta perspectiva, a metodologia adotada neste trabalho propõe-se a analisar a transmissão de fluxo de energia e matéria dentro do sistema fluvial, visando identificar impedimentos que limitem a real oferta de água/sedimentos aos compartimentos fluviais, inclusive aos reservatórios hídricos da região.

O estudo da conectividade da paisagem apresenta uma nova perspectiva de análise, possibilitando a identificação de elementos desconectantes, como os depósitos sedimentares, que apesar de atuar desestabilizando o sistema, funcionam como fontes de armazenamento de água, podendo ser utilizadas para o abastecimento hídrico alternativo, através da perfuração de poços rasos. Estes aquíferos livres constituem uma importante fonte suplementar para o abastecimento em comunidades rurais da região, e portanto, a sua relevância para as

comunidades rurais justifica os esforços de aplicação de metodologias e procedimentos técnicos de identificação e preservação dessas áreas.

Neste ponto agrega-se a proposta de estilos fluviais, que permite não só a identificação e interpretação de unidades deposicionais, mas a criação de um conjunto de informações integradas voltadas à compreensão das formas, processos e ligações nos canais fluviais, fornecendo base para a previsão futura do comportamento fluvial (BRIERLEY & FRYRIS, 2005). Adaptar tais propostas metodológicas facilita a identificação e interpretação das unidades geomórficas, o que possibilita o entendimento dos seus processos formadores, refletindo a dimensão do comportamento dos estilos fluviais (CORRÊA et al., 2009). Logo, a proposta de estilos fluviais considera a diversidade dos ambientes fluviais, auxiliando através de um modelo coerente em escala de detalhe, o entendimento sobre o comportamento e evolução do sistema fluvial, o que permite sua aplicação ao planejamento e gestão dos recursos hídricos e ambientais.

Considerando o exposto, o presente projeto de dissertação pretende analisar a dinâmica e compartimentação fluvial na bacia hidrográfica do Riacho Grande (Sertão Central Pernambucano), enfatizando os processos de produção, transporte e deposição de sedimentos. Com base na proposta metodológica identificada pela epígrafe de conectividade da paisagem, esta pesquisa busca identificar os ambientes de deposição de sedimentos, dando continuidade aos trabalhos de conectividade da paisagem e estilos fluviais que já vem sendo realizados na região (ALMEIDA & CORREA, 2014; SOUZA, 2014; ALMEIDA, SOUZA & CORRÊA, 2016), visando ainda fornecer indicações para a gestão dos recursos hídricos na escala local, considerando o potencial dos depósitos aluvionares ao abastecimento de água para as comunidades rurais. A pesquisa lança mão da aplicação do estudo integrado em escala de detalhe, com foco nas pequenas bacias hidrográficas, agregando complexidade à abordagem por meio da inserção de métodos sistêmicos e sedimentológicos que visam obter dados quantitativos e qualitativos sobre comportamento do ambiente fluvial semiárido.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar a dinâmica e compartimentação fluvial na bacia do Riacho Grande integrando as propostas da conectividade da paisagem e estilos fluviais, com ênfase na identificação dos ambientes deposicionais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar e analisar os padrões de uso e cobertura da terra e a compartimentação geomorfológica na bacia do Riacho Grande;
- Aplicar tipologias de classificação aos canais fluviais, com ênfase naquelas que tratem do ambiente semiárido e dos aspectos relacionados à dinâmica deposicional;
- Compreender os padrões de canais presentes na bacia do Riacho Grande através da proposta de Estilos Fluviais;
- Analisar a conectividade da paisagem, com a finalidade de identificação das principais áreas de retenção/deposição de sedimentos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SISTEMA FLUVIAL: UM SISTEMA GEOMORFOLÓGICO COMPLEXO

2.1.1 A Teoria Sistêmica e Complexidade

Nos estudos geográficos e ambientais, a abordagem sistêmica tem por finalidade interpretar a complexidade presente na organização da paisagem e outros tipos de organizações espaciais, segundo as interações entre os seus elementos, em caráter dinâmico e não-linear (MARQUES NETO, 2008). A partir desta perspectiva é introduzido o conceito de sistemas ambientais complexos, que possuem particularidades que os distinguem de outros sistemas, definidos como um todo organizado composto de elementos em interação.

Na geografia física, em particular no Brasil, a perspectiva sistêmica foi difundida a partir do conceito de geossistemas ou sistemas ambientais físicos, tratando-se de uma organização espacial resultante da interação dos elementos físicos da natureza, que funcionando através de trocas de fluxo de energia e matéria, resultam numa heterogeneidade, ou mosaico paisagístico (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Ao se dedicar ao estudo dos geossistemas, Sotchava (1977) refere-se aos mesmos como formações naturais, que sob certa forma, experimentam o impacto social, econômico e tecnogênico, partindo da ideia de que os estudos em geografia física não podem se referir apenas aos aspectos naturais do ambiente, descartando as relações antrópicas, mas deve compreender a influência dos fatores sociais e econômicos na sua estrutura. Assim, Sotchava em sua proposta de geossistemas admite uma conexão entre natureza e sociedade, pois apesar de se referir aos fenômenos naturais físicos, os fatores socioeconômicos influenciam a sua estrutura (CHRISTOFOLETTI, 1999). Deste modo, Vitte (2007) reforça que os geossistemas tendem a se tornarem mais complexos à medida que, numa escala temporal, intensifica-se a ação humana na superfície.

Intrínseca à ideia de geossistemas, a complexidade, admite que entre os sistemas complexos há uma diversidade de elementos, encadeamentos, interações, fluxos e retroalimentações, que compõem uma entidade organizada (CHRISTOFOLETTI, 1999). Assim, o pensamento complexo visa as possibilidades de integração de um fenômeno, buscando a sua compreensão completa, aprofundando-se em discussões, deixando a superficialidade das

proposições mecanicistas (MORIN, 2002). Os vários componentes do sistema complexo são interatuantes e capazes de se adaptarem à sua estrutura interna em consequência de suas interações. Portanto, a complexidade ultrapassa o paradigma mecanicista e fixa suas bases na concepção de que a maior parte da natureza é não-linear, ou seja, a resposta dada a determinado distúrbio nem sempre é proporcional à sua intensidade; comportando-se como um sistema dinâmico e caótico. Deste modo, os sistemas complexos apresentam uma desordem estrutural e comportamento caótico dos processos (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Outro ponto discutido no paradigma da complexidade é a importância dada às inter-relações entre os componentes do sistema. Ao admitir as inter-relações se pensa no todo complexo, no qual surgem novas características que não seriam consideradas se tratadas de modo isolado, ou seja, as potencialidades do sistema tratadas em partes isoladas não pode ser as mesmas quando analisadas a partir de suas interações (MATTOS & PEREZ FILHO, 2004). Além de interconectados, os sistemas complexos estão aninhados hierarquicamente, portanto, sistemas de nível hierárquico menor (subsistemas) integram os sistemas de maior nível. Um exemplo clássico deste aninhamento nos estudos geomorfológicos é a bacia hidrográfica, em que bacias de menor ordem (sub-bacias) integram bacias de maior ordem hierárquica.

O estudo da complexidade dos sistemas ambientais sugere ainda um estado de não-equilíbrio e auto-organização dos sistemas complexos. Tal que a organização e a dinâmica dos sistemas garantem a sua estrutura e funcionamento como um todo integrado, identificando os elementos que se relacionam e organizam em função do todo, que para Morin (1997) permanece entre a ordem e a desordem.

Por apresentarem todas essas características, os sistemas geomorfológicos são compreendidos como sistemas complexos. Assim, Phillips (1992) acredita que o paradigma da complexidade permite a reinterpretação de conceitos clássicos da geomorfologia, possibilitando integrar ao estudo desses sistemas, ideias que antes eram tomadas como excludentes, dificultando o entendimento dos mecanismos relacionados à evolução da paisagem.

Assim, a análise de sistemas e complexidade permite a compreensão e a criação de novas formas de pensar sobre a natureza e sua estrutura, identificando os seus elementos componentes, sua organização, funções e relações, sem esquecer da importância do homem como agente modificador das relações no tempo e no espaço. De tal modo, que ao entender o funcionamento dos sistemas complexos em sua totalidade, busca-se também solucionar os

problemas relacionados às interações de seus elementos componentes. Por isso, enfatiza-se a importância da discussão de uma abordagem sistêmica na geografia, que para Limberguer (2006) permite entender a organização do espaço, sem as dicotomias entre físico e humano, mas partindo de uma relação dinâmica entre ambos.

2.1.2 O Sistema Fluvial e Processos Geomorfológicos em Terras Secas

Para fins de planejamento, é imprescindível a compreensão do comportamento do sistema fluvial como um todo, devido à sua importância desde um ponto de vista ambiental, econômico e social, através das relações dos elementos físicos e antrópicos (ALMEIDA, SOUZA & CORRÊA, 2016). Como sistema complexo, o sistema fluvial permanece em constante troca de energia e matéria (CHRISTOFOLETTI, 1999), portanto, alterações nesse sistema, independente da intensidade de perturbação, o levariam a uma situação de desestabilização/desequilíbrio, devido ao seu grande número de interações e retroalimentações (DREW, 2005; SOUZA, 2011).

A bacia hidrográfica, como objeto de análise aos estudos em estratégias de planejamento, relacionada aos sistemas fluviais, não pode ser compreendida a partir de estudos isolados de seus componentes, de modo que sua estrutura, funcionamento e organização resultam das inter-relações dos seus elementos, reafirmando a máxima de que o todo não se restringe à soma da estrutura, funcionamento e organização de suas partes. Assim, não se pode analisar separadamente os processos que ocorrem em encostas dos que ocorrem nos canais fluviais, pois a bacia hidrográfica trata-se de uma unidade organizada e complexa (MATTOS & PEREZ FILHO, 2004).

A bacia fluvial, compreendida como um sistema aberto, recebe energia por atuação dos agentes climáticos e tectônicos, e perde energia através da saída de água, sedimento e nutrientes. Assim, a guisa de exemplo, seriam considerados *inputs*, a precipitação, e *outputs*, os sedimentos provenientes da erosão fluvial e das encostas (COELHO NETTO, 1998; GUERRA & MENDONÇA, 2007). Thorne e Brunsden (1977) reforçam o caráter sistêmico das bacias fluviais afirmando o seu reconhecimento enquanto sistema, no qual o *input* refere-se às chuvas e o *output* representa a descarga do canal principal e de água subterrânea.

Souza (2011) salienta que devido à importância dos estudos integrados em bacias hidrográficas, considerando-as como sistema, deve-se discutir a fundamentação de um arcabouço conceitual para evitar contradições na aplicação de conceitos. Tal que, Tucci (1993) define bacia hidrográfica como área de captação natural de água precipitada em superfície. Por seu turno, Pires, Santos e Del Prette (2008) a definem como o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes. Para Coelho Netto (1998), a bacia fluvial refere-se a uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e nutrientes para um ponto de saída comum no canal fluvial.

Mas o conceito de bacia hidrográfica relacionado aos projetos de planejamento ambiental e territorial, enfatizando a conservação dos recursos naturais e convivência harmoniosa do homem com o meio ambiente, admite além dos elementos hidrológicos, os aspectos da estrutura biofísica e os padrões de uso da terra, considerando suas modificações e as alterações resultantes das interações no sistema (PIRES, SANTOS e DEL PRETTE, 2008). Nesta perspectiva, a bacia hidrográfica é colocada como uma unidade funcional básica de planejamento e gestão ambiental (CAMPOS, 2006; SOUZA, 2011).

Comumente, os projetos de planejamento ambiental com foco na conservação de bacias hidrográficas, enfatizam as questões relacionadas ao uso da água como recurso para os mais variados fins, como irrigação, abastecimento e controle dos efeitos de secas severas (SOUZA, 2011). Porém, Souza e Corrêa (2012) defendem o planejamento baseado nas características do sistema, e não apenas restrito aos usos da água, visto que a bacia fluvial trata-se de uma totalidade organizada resultado da interação das partes componentes. Neste ponto, o discurso da análise integrada dos elementos componentes do sistema é fortalecido através da difusão da utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com foco nos aspectos ecológicos e ambientais, geomorfológicos, fluxos de energia e riscos ambientais (BECKER, 2008; PIRES, SANTOS & DEL PRETTE, 2008; SOUZA, 2011).

Partindo da ideia de estudos voltados à gestão e planejamento, a bacia hidrográfica pode ser relacionada a um recorte espacial, como delimitação de área de pesquisa, trazendo intrinsecamente a noção de espaço. Deste modo, os padrões e processos recorrentes dentro de uma bacia hidrográfica, como unidade espacial, passam a ser determinados ou associados à sua posição absoluta no espaço e posição relativa a outras entidades (BECKER, 2008). Para tanto, o recorte da bacia hidrográfica precisa de tamanho suficiente para que sejam observadas as inter-relações existentes entre os seus elementos (BOTELHO & SILVA, 2004).

Deste modo, os elementos, processos e estruturas estudadas numa bacia fluvial estão epistemologicamente amparados no conceito de sistema fluvial, entendido como a zona fonte de sedimentos, a rede de transporte e os sítios de deposição (SOUZA, 2011). Para compreender as relações entre os elementos em cada uma destas zonas, é importante estar atento ao entendimento do comportamento dos rios, do aporte de água e sedimento disponível e das forças controladoras (tectônica, climática e antrópica) que afetam a dinâmica do sistema fluvial (SCHUMM, 1977).

Schumm (1977) enfatiza que em todas as zonas (produção, transporte e deposição) os sedimentos podem ser erodidos, transportados e estocados, mas apenas em cada uma delas um dos processos é dominante. A partir desta perspectiva, a análise sobre os processos na zona fonte de sedimentos deve priorizar a evolução erosiva e suas respostas diante das mudanças no sistema. Ao analisar a zona de transporte o enfoque da análise recai sobre as características dos rios, o seu comportamento, a relação estabilidade/instabilidade e suas devidas respostas (SCHUMM, 1977). Em relação à zona de deposição a atenção se volta sobre as características dos ambientes deposicionais, além de analisar os depósitos resultantes. Em relação ao volume de sedimento, os locais mais favoráveis à deposição, são as planícies costeiras e os sopés das encostas, porém há sítios de deposição em diversas áreas da bacia fluvial, inclusive como resultado das modificações antrópicas (SCHUMM, 1977; SOUZA, 2011).

Diante da complexidade das interações do sistema fluvial, deve-se levar em consideração os conceitos de uniformidade dos processos, limiares de mudança, evolução da paisagem e respostas complexas (SOUZA, 2011). A uniformidade dos processos, de acordo com Schumm (1977), diz respeito à permanência das leis naturais no espaço e no tempo. Quanto ao limiar de mudança, corresponde à taxa de energia necessária para ocorrência de uma alteração no estado do sistema (PHILLIPS, 1992). A evolução da paisagem compreende a análise do seu estado atual e as alterações ocorridas em escala temporal, tomada desde a escala histórica ao tempo geológico necessário para deixar marcas morfológicas discerníveis na paisagem. Já as respostas complexas tratam-se das respostas e ajustes diante das mudanças no sistema (SCHUMM, 1977; MATTOS e PEREZ FILHO, 2004).

As mudanças no sistema fluvial são provocadas por alterações nas forças de resistência e nas forças de perturbação (MATTOS & PEREZ FILHO, 2004). As forças de perturbação estão associadas aos controles tectônicos e climáticos, enquanto as forças de resistência se referem à capacidade do sistema resistir às mudanças. Esta resistência está relacionada, por

exemplo, às características geológicas e à distribuição da vegetação que geram rugosidades e barreiras na superfície, absorvendo, dissipando ou reduzindo o impacto dos inputs. Estas alterações modificarão as forças de distribuição de energia e matéria dentro do sistema fluvial, determinando as características e distribuição dos seus elementos (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; SOUZA, 2011).

Os processos geomorfológicos possuem particular importância dentre os estudos voltados para análise do sistema fluvial, possibilitando abordagens variadas, como a conservação dos solos, gestão ambiental, gerenciamento do uso e ocupação da terra, engenharia ambiental, geomorfologia, geologia, e etc. (SCHUMM, 1977). Para Souza (2011) é notória a importância da discussão destes processos em ambiente fluvial.

Em contribuição aos estudos dos processos geomorfológicos em ambiente fluvial, Christofolletti (1981) reconhece que em relação ao transporte de sedimentos a quantidade e distribuição da precipitação são elementos fundamentais. A essa se juntam a estrutura geológica, condições topográficas e cobertura vegetal, que operando em concerto respondem pelo material erodido na bacia fluvial e pelo carregamento dos materiais aos cursos d'água (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Christofolletti (1981) argumenta ainda sobre a importância dos sedimentos e processos de sedimentação fluvial para o planejamento, enfatizando que qualquer programa de gestão e planejamento regional deve envolver aspectos ligados à sedimentação fluvial. Acrescenta-se ainda que muitas vezes a sedimentação fluvial está associada às atividades humanas, que podem incrementar ou reduzir a quantidade de materiais entregues ao canal, com consequências sobre o regime fluvial, desestabilizando a dinâmica natural do sistema. Bigarella, Suguio e Becker (1979) reforçam esta ideia ao defenderem o estudo das características físicas do sistema, sobretudo as sedimentológicas, para o planejamento local.

2.2 DESCONNECTIVIDADE DA PAISAGEM EM AMBIENTES SEMIÁRIDOS

As atividades humanas constituem um forte elemento de modificação do caráter e comportamento do sistema fluvial, portanto, intervenções por meio de planos e projetos de gestão fluvial/ambiental somam esforços para minimizar os crescentes impactos antropogênicos (DOLLAR, 2004). No entanto, as políticas de gestão devem estar

fundamentadas em respostas fornecidas pela ciência. Assim, Graf (1988) alerta para o papel da geomorfologia fluvial enquanto ciência, na intervenção e estabelecimento de políticas públicas de gestão ambiental através da compreensão do comportamento dos sistemas fluviais em sua complexidade.

De tal modo, nos últimos 50 anos, a geomorfologia fluvial tem se destacado no âmbito prático entre as ciências, por sua aplicabilidade nos estudos atrelados ao planejamento e gestão ambiental. Estes estudos têm caráter integrador, considerando as diversas relações e dinâmicas da paisagem através do papel dos rios na sua modelagem, procurando elucidar as formas fluviais e buscando a compreensão dos processos de formação e a previsão de mudanças, a partir de análises em diferentes escalas espaciais e temporais dentro da perspectiva de sistemas (THORNDYCRAFT, BENITO & GREGORY, 2007).

Assim, de acordo com o exposto acima, utiliza-se a abordagem de sistemas complexos para elucidar a dinâmica dos sistemas fluviais, sobretudo no que se refere à transferência de fluxos e sedimentos dentro de uma bacia (BRACKEN et al., 2015). Nesta perspectiva, Brunsden & Thornes (1979) inserem a ideia de conectividade na geomorfologia com base na aplicação aos sistemas fluviais a partir da postulação do conceito de sensibilidade da paisagem. Neste a ideia de ligação é proposta com base na perspectiva de resistência do sistema. Assim, o sistema pode permanecer ligado (*coupled*), quando há livre transmissão de energia e matéria entre os seus compartimentos; desligado (*decoupled*), quando a transmissão é interrompida temporariamente devido à existência de alguma forma de barramento/impedimento, que pode vir a ser rompido; e não ligado (*not coupled*), quando não há ligação entre os compartimentos do sistema, em razão de descontinuidades entre os processos (HARVEY, 2002; SOUZA, 2014).

As ligações podem ser trabalhadas em diferentes escalas espaciais, sendo estas locais, zonais ou regionais. A escala local compreende as ligações dentro de uma ou entre duas zonas adjacentes no sistema fluvial. Desse modo, está relacionada às interações entre as ligações internas das encostas, entre a encosta e o canal, os tributários e o canal principal e as ligações no próprio canal. Atribuem-se as ligações zonais às relações entre duas zonas do sistema fluvial; e as ligações regionais aos elementos que afetam todo o sistema (SOUZA, 2014). Portanto, os controles nas ligações locais estão relacionados a mudanças ambientais que afetam a transmissão, enquanto que na escala zonal, o controle é exercido por mudanças climáticas, alterando o nível de base, enquanto na escala regional os controles são de ordem tectônica (HARVEY, 2002)

No sistema fluvial, a ideia de ligação refere-se à capacidade de transmissão de energia e matéria entre os compartimentos da paisagem, inserindo-se então a perspectiva da conectividade, entendida como a possibilidade de interação de energia e matéria entre os compartimentos que a integram (BRIERLEY, FRYIRS & JAIN, 2006). Fryirs e Brierley (2013) apontam a conectividade da paisagem como o controle primário entre os fluxos de água e sedimento em bacias fluviais, apresentando distintas ligações determinadas por diferentes processos em cada compartimento do sistema. Logo, compreende-se as ligações a partir de três dimensões espaciais: ligações longitudinais, laterais e verticais.

As ligações longitudinais referem-se àquelas entre a rede de canais, relação montante-jusante e entre canal principal e tributários, refletindo a capacidade de transporte de diferentes frações de sedimentos ao longo do curso. Atribuem-se a esse tipo de ligação a transferência de fluxo pelo sistema e a capacidade dos canais transferirem e acumularem sedimentos no vale fluvial (BRIERLEY, FRYIRS & JAIN, 2006; FRYIRS et al., 2007a; FRYIRS & BRIERLEY, 2013; SOUZA, 2014).

As ligações laterais representam a relação entre a rede de canais e a paisagem em geral, incluindo as relações canal-encosta e canal-planície de inundação (*floodplain*). A conectividade encosta-canal registra a frequência com que os processos no canal retrabalharão os materiais derivados das encostas. Neste ponto, em sistemas conectados, os sedimentos são transferidos diretamente das encostas para a rede de canais, enquanto que em sistemas desconectados, os materiais são estocados, por diferentes intervalos de tempo, em várias feições morfológicas entre a encosta e o canal. Já as ligações canal-planície de inundação estão relacionadas com a frequência e a magnitude dos eventos hidrológicos (BRIERLEY, FRYIRS & JAIN, 2006; FRYIRS & BRIERLEY, 2013; FRYIRS, 2013). Por sua vez, as ligações verticais refletem as interações de água e sedimento entre a superfície e a subsuperfície.

Estas ligações podem ser interrompidas por diferentes bloqueios: os *buffers*, *barriers*, *blankets*; ou impulsionadas através dos *boosters*, que são feições que podem magnificar a transmissão de energia e matéria numa bacia fluvial (FRYIRS, et al., 2007a). Interrompendo as ligações laterais, os *buffers*, são formas que atuam impedindo os sedimentos de adentrarem a rede de canais (BRIERLEY, FRYIRS & JAIN, 2006; FRYIRS, 2013). Os *barriers*, são formas que interrompem as ligações longitudinais, e atuam sobre o nível de base ou leito do canal, sendo feições relativamente localizadas e frequentemente retrabalhadas. Os sedimentos estocados, em alguns casos, são transitórios e residem na paisagem durante curto período de

tempo, em outros casos, são feições permanentes, que necessitam da ação dos eventos extremos para serem retrabalhadas (BRIERLEY, FRYIRS & JAIN, 2006; FRIYRS, 2013). As ligações verticais, são controladas pela textura do material do leito e pelo regime de transporte do canal. Assim, segundo Fryirs (2013), estas ligações estão associadas às características dos solos e às relações entre o fluxo em superfície, sub-superfície e subterrâneo. Interrompendo as ligações verticais, os *blankets* são feições que irão “sufocar” as demais feições, protegendo as formas do retrabalhamento e removendo temporariamente os sedimentos estocados (BRIERLEY, FRYIRS & JAIN, 2006; FRIYRS, 2013).

Estes bloqueios/impedimentos tratam-se de feições geomorfológicas naturais e/ou antrópicas, que dificultam a conexão de fluxo e sedimento entre os compartimentos do sistema fluvial. O entendimento da dinâmica e dos processos fluviais que geram estas formas, auxilia na solução de problemas relacionados ao transporte e deposição de sedimentos, contribuindo à gestão de recursos hídricos e ambientais em âmbito local, sobretudo em regiões semiáridas, em que o fluxo de água e sedimentos na rede de canais é influenciado pela conectividade da paisagem (SOUZA, CORRÊA & BRIERLEY, 2016).

À vista disso, no ambiente semiárido os rios são intermitentes e/ou efêmeros, ou seja, os períodos de cheia para o ambiente de terras secas representam o período em que há fluxo nos canais, logo, em que haverá trabalho geomorfológico, assim, o comportamento das cheias influenciará diretamente os processos fluviais (GRAF, 1988; SOUZA, 2011). As características do fluxo e da carga de sedimentos, junto ao substrato geológico e à vegetação, exercem ação controladora sobre as formas dos canais (BIGARELLA, SUGUIO & BECKER, 1979), que podem ser alterados ainda através do desenvolvimento de atividades antrópicas, como a intensificação da agricultura, implantação de barragens, extração mineral; contribuindo na escavação do leito, assoreamento e erosão nas planícies de inundação (SOUZA, 2011), que resulta em barramentos/impedimentos à montante e à jusante, funcionando como elementos desconectantes em relação à transmissão de energia e matéria dentro do canal.

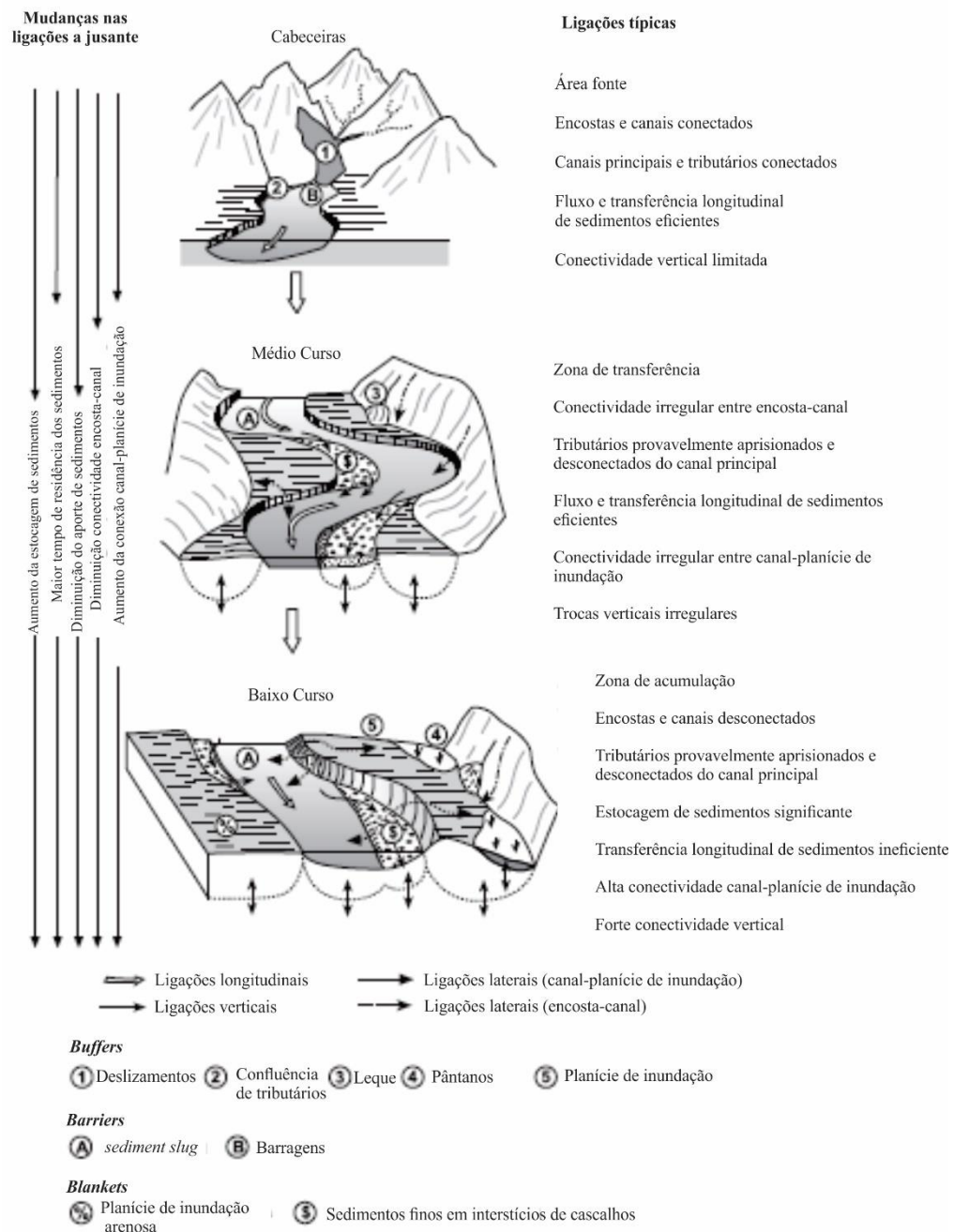
Os sedimentos que são transportados, removidos ou estocados, quando em constante dinâmica, podem ser erodidos e adicionados ao fluxo novamente, ou seja, os sedimentos podem ser retrabalhados (FRYIRS, 2013). Esta dinâmica é importante para entender como a conectividade se manifesta entre os compartimentos da paisagem, ora por contato físico, ora por transferência de energia e matéria entre compartimentos, até então desconectados. Portanto, esta desconectividade representa um fator de limitação quanto à eficiência nas relações de

transferência de energia e matéria dentro do sistema (BRIERLEY, FRYIRS & JAIN, 2006; FRYIRS, 2013).

Fryirs (2013) sugere que em condições ideais de bacia de drenagem, as forças das ligações longitudinais, laterais e verticais variam de acordo com a posição na bacia (figura 1), no entanto, na realidade quaisquer posições ao longo dessas ligações podem gerar bloqueios, que influenciarão na dinâmica interna dos sedimentos na rede de drenagem. A partir desta perspectiva há necessidade de entender a bacia fluvial como um sistema.

A desconectividade espacial da transmissão de fluxo e sedimento depende da posição das formas de bloqueio dentro de uma bacia, que inibem o transporte de sedimentos à jusante. Isto envolve a análise da posição e distribuição dos *buffers*, *barriers* e *blankets* num sistema fluvial a fim de determinar o grau em que atuarão desconectando os compartimentos na bacia e, por consequência, diminuindo a oferta de água e sedimento, modificando a área de captação efetiva (*effective catchment area*). Ou seja, a área de captação efetiva é a área que contribui diretamente, ou por onde os sedimentos são transportados ao longo da rede de canais (HARVEY, 2002; FRYIRS et al., 2007a; FRYIRS, 2013), refletindo o grau em que o sistema é longitudinalmente, lateralmente e/ou verticalmente conectado.

Figura 1 – Conectividade em Bacia Idealizada. Adaptado de Fryirs & Brierley, 2013



Souza (2014) destaca a diferente atuação dos impedimentos em respostas a eventos de magnitudes e frequências variadas. Assim, a área de captação efetiva varia de acordo com os processos que operam em diferentes escalas temporais, relacionados à magnitude e frequência dos eventos de entrada de energia. Desta forma, a escala de tempo efetivo (*effective timescale*) refere-se à frequência dos eventos efetivos capazes de romper os bloqueios/impedimentos (FRYIRS, et al., 2007a; FRYIRS, 2013; SOUZA, 2014). Nesse caso, é necessária a

compreensão do comportamento temporal e espacial da conectividade da paisagem, avaliando os diferentes cenários na área de captação efetiva em relação aos diferentes eventos e escala de tempo efetivos. Enfim, a conectividade estará relacionada à velocidade e transmissão de mudanças, assim, em sistemas altamente conectados, os efeitos das alterações se manifestam de forma relativamente rápida, entretanto, em sistemas desconectados, as mudanças são absorvidas ou suprimidas no sistema, parcialmente ou completamente (FRYIRS, et al., 2007a; SOUZA, 2014).

Souza (2014) destaca a complexidade de trabalhar a conectividade da paisagem em ambientes semiáridos, devido aos reduzidos eventos chuvosos capazes de fornecer fluxo de escoamento superficial, e por consequência o transporte de água e sedimentos. O autor discorre sobre o modo como os impedimentos determinarão a capacidade de cada compartimento do sistema transmitir o fluxo por determinado intervalo de tempo, considerando que mudanças na distribuição e características dos impedimentos provocam alterações na transmissão de fluxo de sedimentos (SOUZA, 2014). Em vista disso, a aplicação de estudos que tenham a conectividade da paisagem como foco de análise em regiões de terras secas, como o semiárido nordestino, faz-se necessária para a eficácia do gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos, compreendendo a dinâmica e a complexidade do sistema fluvial, sobretudo no que se refere à transmissão de fluxo e sedimentos, e identificação de ambientes de retenção de sedimentos. Neste sentido, estudos têm sido desenvolvidos no semiárido brasileiro por diversos autores, tais como Souza (2011), Souza e Corrêa (2012), Souza (2014), Almeida e Corrêa (2014), Barros et al. (2014) e Almeida, Souza e Corrêa (2016).

2.2.1 Elementos de Desconexão: Os Processos e Formas Depositionais em Ambiente Fluvial

Os sedimentos podem ser mobilizados na superfície da terra e movidos diretamente ao sistema fluvial por escoamento superficial, por exemplo. Uma vez adicionados ao sistema fluvial, os sedimentos podem percorrer longas distâncias, ou serem armazenados/depositados nos canais ou áreas adjacentes até serem retrabalhados novamente (CHURCH et al., 2009).

Collinson (1996) e Scherer (2008) apontam que o transporte e deposição de sedimentos em ambientes aluviais ocorrem comumente por fluxo de detritos, fluxos plásticos e laminares ricos em sedimentos mobilizados por liquefação. Os autores destacam a carga de fundo como

a principal forma de transporte fluvial, movimentando os grãos individualmente ao longo do substrato através de correntes trativas, transportando por arrasto ou rolamento, e assim resultando no desenvolvimento de diferentes tipologias de leito, controladas pela granulometria e a velocidade do fluxo. Já a carga em suspensão é responsável pela deposição de sedimentos de granulometria fina em regiões de baixa energia.

A deposição dos sedimentos ocorre quando a competência e a capacidade do fluxo é reduzida. O processo em si ocorre em uma escala muito pequena e envolve grãos individuais, embora as formas de deposição possam ser observadas ao longo de uma ampla gama de escalas espaciais, desde as menores formas no leito a vastas planícies aluviais e deltas (CHARLTON, 2008). Assim, os rios atuam transportando água e sedimento para jusante, e gastam energia executando o trabalho geomorfológico através dos mecanismos de degradação e aggradação. Portanto, quando um rio apresenta mais energia do que a necessária para deslocar a sua carga de água e sedimentos predominam os processos de erosão no canal e áreas adjacentes. Já quando o fluxo apresenta exatamente a energia que é requerida para manutenção de sua forma, o canal é estável. Nos casos em que há um déficit de energia, resulta o desenvolvimento de diferentes formas de deposição (FRYIRS & BRIERLEY, 2013).

No entanto, a capacidade de transporte está também associada ao tamanho das partículas, assim, os sedimentos mais grossos tendem a ser depositados primeiro, seguido das granulometrias mais finas. Ou seja, têm-se uma triagem sedimentar, uma gradação vertical e horizontal de sedimentos, de grossos a finos (CHARLTON, 2008; SCHERER, 2008; FRYIRS & BRIERLEY, 2013). Portanto, a distância que o material se move será inversamente proporcional ao tamanho de grão/partícula, os materiais menores são mais facilmente movidos pela força da água, e são passíveis de serem mobilizados a longas distâncias em pouco tempo (CHURCH et al., 2009).

Para Charlton (2008), a deposição ocorre por diferentes processos: a) redução do fluxo, que ocorre sobretudo em rios de terras secas, onde as perdas à jusante são causadas pelas altas taxas de evaporação ou bloqueios no canal e nos interflúvios; b) diminuição da declividade, ou uma redução gradual ao longo do canal, causando uma redução na velocidade média do fluxo, favorecendo a deposição; c) aumento na área da seção transversal, que faz com que haja divergência do fluxo, tornando-o menos concentrado; d) aumento do limite de resistência, associado à vegetação e tipologia do leito, de tal maneira que o aumento da rugosidade causa a redução da velocidade do fluxo, levando à deposição de sedimentos em suspensão; e) obstrução

de fluxo, neste caso os sedimentos frequentemente se acumulam por trás de obstruções/bloqueios, naturais como afloramentos de rochas e ilhas, restos arborizados e antrópicos, como infraestruturas artificiais, ou seja, pilares de pontes, barragens e estruturas de controle de fluxo. As alterações no fornecimento de sedimentos também são consideradas; assim o aumento na oferta de sedimentos à montante do canal, influenciam os processos deposicionais à jusante.

Embora a deposição de sedimentos ocorra também nas zonas de produção e de transferência no sistema fluvial (SCHUMM, 1977), o processo de deposição é dominante onde há declínio no gradiente e na disponibilidade de energia. Em grande escala, a deposição leva ao desenvolvimento de formas de relevo características, como as planícies aluviais, leques aluviais e deltas. Em menor escala, dentro dos canais, barras fluviais representam as formas comuns de deposição (CHARLTON, 2008; SCHERER, 2008). Estas barras normalmente desenvolvem-se no interior das curvas de meandro (barras em pontal), ao longo das margens de canais (barras laterais), e na confluência entre canais, além de se formarem no interior dos canais (barras de meio de canal/barras longitudinais), como nos padrões entrelaçado e anastomosado.

As barras em pontal desenvolvem-se em forma de arco ao longo das margens convexas das curvas dos meandros, seguindo o alinhamento da curva. Formam-se através do deslocamento lateral do canal associado à deposição na margem convexa e erosão na margem côncava, que ocorre devido a diferenciação de velocidade do fluxo entre a porção externa do meandro e as porções internas (SCHERER, 2008). As barras laterais se formam por processos de acreção laterais ou oblíquos, com a deposição de materiais de carga suspensa no topo da barra. Este tipo de unidade desenvolve-se ao longo de canais de baixa sinuosidade, de carga cascalhosa a mista. A superfície da barra é geralmente inclinada suavemente em direção ao canal e ocorrem em lados alternados do canal. As barras longitudinais são formadas dependendo do caráter do material do leito e da competência do fluxo para transportá-lo. Estas barras formam-se devido à grande quantidade de sedimentos transportada através do canal durante os períodos de alta descarga, que quando reduzida a velocidade do fluxo são depositadas no canal, produzindo um deslocamento/bifurcação do fluxo. Geralmente são formadas por materiais distintos e sobrepostos (SCHERER, 2008; FRYIRS & BRIERLEY, 2013).

Para Graf (1988), entre os depósitos fluviais comuns em terras secas, incluem-se os de canais entrelaçados e meândricos, os de planícies de inundação e leques aluviais. Canais entrelaçados produzem depósitos de areia e cascalho com conjuntos transversais criados pela

migração de dunas, barras e ondas de areia. Canais meândricos, que transportam sedimentos entre as frações areia ou areia e cascalho desenvolvem fácies distintas das dos canais entrelaçados. Canais meândricos migram durante eventos de maior fluxo, capazes de transportar sedimentos maiores, resultando na acumulação de sedimentos grosseiros nas barras em pontal, porém são relativamente raros em terras secas (GRAF, 1988).

Entre as formas deposicionais, as planícies de inundação representam áreas de acumulação de sedimentos aluviais entre os bancos de canal e a margem do vale, proveniente do extravasamento de fluxo no canal (FRYIRS & BRIERLEY, 2013). A sedimentação em planícies de inundação ocorre por causa da redução de declividade e a existência de espaços de acomodação, promovendo a dissipação de energia, permitindo que os materiais em carga suspensa sejam estocados (SCHERER, 2008). Fryirs e Brierley (2013) sinalizam que a presença de planícies de inundação através do perfil longitudinal, marca a transição dos processos dominantes num gradiente de energia. Esta transição reflete uma mudança de atividade na zona fonte, caracterizada por processos de erosão e transporte de materiais com ocasionais estoques de sedimentos grosseiros, a curto prazo, para uma zona de transferência, em que os processos fora do canal criam espaços de acomodação para os sedimentos em planície de inundação. Estes sedimentos em planície de inundação podem sobrepor-se a outros depósitos e serem retrabalhados em depósitos relacionados a canais subsequentes (GRAF, 1988; CHARLTON, 2008). O alto grau de variação de magnitudes de cheias em bacias hidrográficas de terras secas resulta em depósitos de planícies de inundação em vários níveis acima do nível de base do canal, além da planície de inundação contemporânea (GRAF, 1988). Portanto, a análise sedimentológica dos depósitos em planície de inundação pode fornecer informações importantes sobre a evolução do rio e de suas condições paleoambientais.

A morfologia das planícies de inundação está intimamente ligada com a forma e o comportamento dos canais que as moldam. Vários processos de deposição, retrabalhamento e erosão estão envolvidos na formação e desenvolvimento das planícies de inundação. Os sedimentos se acumulam nas superfícies das planícies de inundação por vários processos de acreção, sendo os principais, a acreção vertical e lateral (CHARLTON, 2008; SCHERER, 2008; FRYIRS & BRIERLEY, 2013).

Os depósitos aluviais apesar de bastante representativos e bastante complexos no registro estratigráfico, foram negligenciados por muito tempo, devido à falta de reconhecimento dos rios em seu papel como sítio de acumulação e estocagem. No entanto, os depósitos fluviais

podem ser representados por espessos pacotes sedimentares e constituem-se importantes reservatórios e aquíferos aluviais, bem como detém atrativo papel econômico e mineral, com a ocorrência de depósitos de placers de ouro, urânio, diamantes e carvão (SCHERER, 2008).

Portanto, a análise das condições sob as quais os sedimentos são/foram depositados e preservados ao longo do vale é crucial para os esforços de reconstruir/interpretar a paisagem e suas potencialidades. Normalmente, o leito do canal é composto por depósitos de sedimentos recentes, enquanto que a distribuição de sedimentos em planícies de inundação representa uma diversidade de eventos deposicionais, passados e contemporâneos (FRYIRS & BRIERLEY, 2013). Em consequência disto, a análise dos sedimentos fluviais é a chave para a interpretação dos ambientes deposicionais, de tal modo, deve-se avaliar os processos e condições sob as quais os materiais foram depositados, estocados e preservados no vale fluvial, em diferentes escalas.

Os princípios hierárquicos podem ser aplicados para auxiliar na interpretação de sequências sedimentares. Várias escalas de feições sedimentares são esquematizadas. A interpretação significativa destas escalas de feições reflete os controles envolvendo os processos pelos quais o material é depositado, por meio da interação entre o canal e a planície de inundação, além dos controles de longo prazo que atuam retrabalhando o material (FRYIRS & BRIERLEY, 2013).

Enquanto os processos que depositam formas individuais refletem as condições de fluxos instantâneos, vales preenchidos refletem a evolução do sistema a longo prazo, provocado por tectônica, mudança climática, mudança no nível de base e respostas a eventos de perturbação. Esta é a dificuldade em atribuir dimensões específicas para unidades em diferentes hierarquias (FRYIRS & BRIERLEY, 2013).

2.2.2 Os Depósitos Aluviais: Uma alternativa em Contexto de Semiaridez

A problemática dos recursos hídricos em regiões semiáridas é uma questão crucial para a superação de obstáculos ao desenvolvimento. Em razão da escassez de água reduzir a produtividade agrícola, impulsionar os processos de desertificação e fragilizar os ecossistemas necessita-se de políticas públicas eficazes que assegurem o bem-estar social e natural dessas regiões. Dentre as alternativas utilizadas têm-se a implantação de infraestruturas capazes de disponibilizar água para garantir o abastecimento e viabilizar a irrigação. Contudo, esse esforço

ainda é, de forma geral, insuficiente para solucionar os problemas decorrentes da escassez de água, o que faz que as regiões semiáridas continuem vulneráveis diante do longo período de seca, especialmente quando se trata do uso difuso da água no meio rural (CIRILO, 2008). Cirilo (2008) defende que neste caso, a ampliação e o fortalecimento da infraestrutura hídrica, com adequada gestão, constituem requisitos essenciais para resolução do problema, desempenhando papel primordial para interiorização do desenvolvimento.

Tendo em vista a deficiência no abastecimento de água nas comunidades rurais no sertão nordestino, em parte causada pelo baixo índice pluviométrico e alta variabilidade climática, atrelada ainda à gestão hídrica ineficiente, recorre-se ao uso de tecnologias de baixo custo para o aproveitamento da água da chuva. Dentre as diversas estratégias disponíveis, têm-se a construção de barramentos superficiais (açudes e reservatórios) e barragens subterrâneas. A política de acumulação de água em grandes reservatórios, com volume da ordem de um bilhão de metros cúbicos, com capacidade de regularização plurianual em bacias hidrográficas de maior porte, é comum em diversos estados da região Nordeste, porém perfazendo um pequeno número de reservatórios. Além dos barramentos já citados, que ainda se constituem no tipo de obra mais executado para o atendimento da população rural difusa, os poços e cisternas rurais são as formas de captação e armazenamento de água mais comuns na região, além da implantação de barragens subterrâneas (CIRILO, 2008). Embora os reservatórios superficiais representem a principal fonte de abastecimento de água na região, tecnologias alternativas são adotadas para suprir o déficit hídrico, tais como a captação de água nos depósitos aluviais, ou aluviões.

Os depósitos aluviais do semiárido apresentam elevado potencial para a pequena agricultura irrigada, embora sejam susceptíveis a processos de contaminação e de acúmulo de sais, tanto na zona não-saturada quanto na saturada (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2006). Esses pequenos aquíferos aluviais representam uma alternativa ao abastecimento de água para irrigação e ao desenvolvimento de regiões semiáridas no Nordeste brasileiro. O uso potencial destes aquíferos livres dá-se sobretudo pelo seu baixo fluxo de evaporação, de alguns milímetros por ano, o que se constitui uma característica particularmente interessante para o abastecimento de água em regiões com alta variabilidade pluviométrica (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2003).

Segundo Demetrio et al. (2007), os aquíferos são formações geológicas que têm a capacidade de armazenar e ceder água em quantidades que sejam economicamente viáveis de

serem aproveitadas pelo homem, sendo os aquíferos constituídos, por excelência, de sedimentos arenosos. Assim sendo, uma rocha cristalina não formaria um potencial aquífero, uma vez que os minerais que constituem essa rocha estão fundidos uns aos outros, ou seja, a porosidade da rocha é ínfima, pelo menos para fins práticos de acumulação de água. Porém, em razão dos esforços tectônicos, de diversas naturezas, essas rochas fraturam, e nos espaços abertos dessas feições estruturais a água também se acumula dando origem aos aquíferos fissurais (CIRILO, 2008).

No território nordestino, a ocorrência de águas subterrâneas está condicionada a um substrato geológico constituído em mais de 80% por rochas cristalinas, onde há predominância de águas com teor elevado de sais captadas em poços de baixa vazão. A exceção ocorre nas formações sedimentares, em que as águas normalmente são de melhor qualidade e podem proporcionar maiores vazões e de forma contínua (CIRILO, 2008). Portanto, as águas subterrâneas nos reservatórios sedimentares do semiárido nordestino devem ser utilizadas criteriosamente, de preferência para o abastecimento humano.

O semiárido brasileiro apresenta situações difíceis de serem superadas em relação à disponibilidade hídrica para a população, devido aos solos, em sua maior parte, muito rasos, com a rocha aflorante, o que compromete a existência de aquíferos, sua recarga e qualidade das águas; temperaturas elevadas e altas taxas de evaporação; ausência de perenidade dos rios, sendo estes em grande parte intermitentes e efêmeros; além da concentração populacional das mais altas entre os semiáridos do mundo gerando pressões excessivas sobre os recursos hídricos (AB'SÁBER, 2003; CIRILO, 2008). Portanto, para que se possa atender às necessidades de água destinadas aos diversos usos nesta região, é importante que se entenda as particularidades das soluções.

A agricultura irrigada a partir da água subterrânea dos pequenos aquíferos aluviais é uma alternativa interessante e de baixo custo para o desenvolvimento do meio rural no Nordeste brasileiro. Devido às suas características, as águas do aquífero aluvial podem ser usadas para a irrigação, entretanto, existe certo grau de risco de salinização dos solos. Neste caso, o manejo integrado das águas superficiais e subterrâneas da bacia permite controlar a qualidade da água que é disponibilizada para a irrigação, permitindo ainda um melhor aproveitamento das águas dos açudes e limitando as perdas por evaporação. Para isso, deve-se levar em conta a dinâmica complexa da água e dos sais entre os reservatórios, as liberações de água no rio, as cheias e a irrigação (BURTE, COUDRAIN & MARLET, 2011).

Não obstante, o represamento ainda é a forma de intervenção direta mais comum nos canais de ambientes semiáridos, sendo destinados ao suprimento de água para a agricultura e o consumo humano. Além de conter temporariamente o fluxo longitudinal dos rios, as barragens atuam como importantes reservatórios de sedimentos, além de fornecer tanto níveis de base locais quanto *knickpoints* de curta duração e estabilidade dentro da dinâmica geomorfológica da bacia (CORRÊA, 2011).

Portanto, reconhecer a importância dos depósitos aluviais e suas potencialidades, sobretudo às comunidades rurais difusas do semiárido nordestino, impulsiona o desenvolvimento sustentável da região. Para tal, é necessário o entendimento da relação processo-forma dos aluviões, para que se possa garantir estratégias de gestão adequadas para a sua manutenção e melhor aproveitamento, voltado ao uso agrícola e abastecimento humano e animal.

2.3 ESTILOS FLUVIAIS: UMA PROPOSTA AO PLANEJAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS

Em termos gerais, os rios destacam-se, além do seu papel fundamental como agente escultor e transformador das paisagens, como recurso natural de grande importância para a sociedade, através da utilização dos cursos d'água para navegação, transporte de carga, extração mineral (BRIERLEY & FRYIRS, 2005), além do aproveitamento dos seus depósitos, para fins de abastecimento hídrico, com perfuração de poços rasos, sobretudo nas comunidades rurais de áreas semiáridas quando diante de longos períodos de estiagem, o que afeta a oferta de água para consumo local.

Devido ao estabelecimento de atividades antrópicas que mantém o sistema fluvial como recurso econômico livre para apropriação, a maioria dos rios atua como parte de paisagens altamente modificadas. As atividades antrópicas sobre as estruturas fluviais enfraquecem a biodiversidade nestes ambientes, além de alterar o caráter e a estabilidade dos rios (BRIERLEY et al., 1999; BRIERLEY et al., 2002; BRIERLEY & FRYIRS, 2005). Os problemas ambientais afetam, direta ou indiretamente, o desempenho e as funções naturais do sistema fluvial, portanto, diante das constantes transformações a que está exposto este sistema, sugere-se a aplicação de programas de gestão dos recursos hídricos que analisem os processos naturais e

antrópicos, produzindo resultados mais eficientes em termos ambientais, sociais e econômicos (BRIERLEY & FRYIRS, 2005; LIMA & MARÇAL, 2013).

Brierley et al. (2011) argumentam que a influência combinada de fatores como a pressão demográfica, urbanização, mudanças climáticas e impactos do uso da terra, tem submetido os sistemas ambientais a uma maior pressão nas últimas décadas. Entretanto, atualmente há uma maior valorização da importância e dos usos múltiplos dos rios, o que incentiva a criação de estratégias de gestão, que se esforçam para equilibrar a produtividade econômica com a “saúde” do rio.

Os programas de planejamento ambiental devem considerar a diversidade dos ambientes naturais baseando-se nos mecanismos de controle sobre a natureza e mudanças, sejam estas naturais ou antrópicas (SOUZA, 2014), considerando que alterações em uma parte do sistema afetam as demais partes (BRIERLEY & FRYIRS, 2005), promovendo um estado de desequilíbrio. Deste modo, os programas de gestão devem beneficiar abordagens integradas, excluindo análises isoladas, que geram resultados fragmentados (BRIERLEY et al., 2011).

A partir do cenário de mudanças nos ambientes fluviais, a proposta teórico-metodológica de Estilos Fluviais fornece, em escala de detalhe, um modelo geomorfológico coerente para atividades de gestão dos recursos hídricos, entendendo o comportamento e evolução do sistema fluvial, auxiliando na gestão e manejo fluvial. Neste sentido, os Estilos Fluviais aplicados aos programas de planejamento ambiental observam a capacidade do sistema e possibilidades de recuperação, conservando estilos raros e mantendo a diversidade das paisagens fluviais (BRIERLEY et al., 2002; FRYIRS & BRIERLEY, 2009; SOUZA, 2014).

Na proposta de Estilos Fluviais, a bacia hidrográfica funciona como um conjunto próprio de atributos, analisados através dos principais controles do caráter e comportamento do rio, como a compartimentação geomorfológica, característica do vale, forma em planta do canal, geometria do canal, unidades geomórficas da bacia e textura do leito do rio (BRIERLEY & FRYIRS, 2005; 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).

Lima e Marçal (2013) destacam que a proposta dos Estilos Fluviais representa uma metodologia de classificação de segmentos do rio, que apresentem um conjunto comum de características geomorfológicas e hidrodinâmicas, distinguindo sistematicamente o comportamento e caráter de tipo fluvial. A classificação dos estilos fluviais permite identificar as relações entre os processos e formas ao longo dos rios, em seus diferentes segmentos, baseando-se na perspectiva que esses ocupam um lugar dentro do contexto paisagístico da bacia, de tal maneira que um rio pode apresentar diferentes estilos, conforme cada segmento interage de modo particular com a paisagem.

A proposta de Estilos Fluviais fornece, então, um conjunto de informações integradas para a compreensão das formas, processos e ligações nos canais fluviais, oferecendo uma base para a previsão futura do comportamento fluvial. A metodologia se baseia na perspectiva de que a geomorfologia fluvial permite criar um modelo integrado para as atividades de gestão fluvial. E deste modo admite: os habitats presentes ao longo dos cursos fluviais, a diversidade morfológica da estrutura fluvial, os fluxos que alteram a base geomórfica, a condição do substrato, neste caso a textura do leito interferem na distribuição dos habitats e nas características processuais do sistema e a vegetação ripária (BRIERLEY & FRYIRS, 2005).

Os sistemas fluviais naturais exibem uma variedade de formas e processos biofísicos (THOMSON, TAYLOR & BRIERLEY, 2004). Os programas/ações de gestão dos recursos hídricos precisam estar aptos para compreender esta variabilidade, priorizando a conservação e a reabilitação/restauração dos ambientes fluviais a partir de modelos sistêmicos, capazes de oferecer uma visão integrada dos processos em diferentes escalas espaciais e temporais (THOMSON, et al, 2001; THOMSON, TAYLOR & BRIERLEY, 2004).

Por tratar-se de uma abordagem sistêmica, a proposta de Estilos fluviais diferencia-se das demais aplicadas à gestão fluvial, pois é capaz de fornecer um modelo integrado de análise multiescalar. Nesta perspectiva, Thomson et al. (2001) ressaltam a importância da análise multiescalar, devido à carência de métodos que contemplem a análise dos processos em diferentes escalas espaciais e temporais. Quanto a isso, a geomorfologia fluvial fornece meios adequados para superar esta deficiência, de modo que o conhecimento de controles de larga escala sobre as características locais têm servido de base para o desenvolvimento de modelos hierárquicos aninhados aos sistemas fluviais, possibilitando a interpretação das interações nos ambientes fluviais em diferentes escalas espaço-temporais. Diante disto, a proposta de Estilos Fluviais admite as seguintes escalas de análise e interpretação do caráter e comportamento

fluvial: 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) (BRIERLEY & FRYIRS, 2005).

Em relação às escalas temporais, a geomorfologia fluvial preocupa-se em discutir a mutabilidade e dinâmica dos rios para auxiliar ações de gestão e manejo. Deste modo, considera-se a importância do entendimento sobre os processos fluviais e as consequências das mudanças nas características e comportamento dos rios, alterando, consequentemente, os processos e suas propriedades. Portanto, neste ponto é importante a utilização de escalas temporais, pois as mudanças operam em escalas de tempo distintas (THOMSON et al, 2001; BRIERLEY & FRYIRS, 2005). Sendo assim, a partir desta análise, seguindo um esquema de hierarquias aninhadas é possível a previsão de cenários futuros, tomando por base analogias espaciais, informações experimentais sobre mudanças e o arcabouço geológico/histórico da bacia.

A análise dos estilos fluviais compõe-se de quatro etapas. A primeira envolve a identificação, interpretação e mapeamento dos estilos fluviais em uma bacia hidrográfica. Esta etapa é a base para o início dos estudos das características do comportamento fluvial. As avaliações do caráter e do comportamento fluvial devem ser dinâmicas, e as formas e os processos são avaliados no contexto de evolução do sistema fluvial, nesta perspectiva insere-se a segunda etapa. A terceira corresponde à avaliação da trajetória futura das mudanças e potencial de recuperação do canal fluvial, enquanto que no quarto estágio da metodologia sugere-se as aplicações para a gestão fluvial (BRIERLEY & FRYIRS, 2005).

A primeira etapa da análise dos Estilos Fluviais avalia o caráter e o comportamento de cada trecho do rio (BRIERLEY & FRYIRS, 2005; SOUZA, 2014), analisando-os através das características regionais e da bacia, a partir da identificação das unidades de paisagem. A identificação e interpretação dos Estilos fluviais, consiste na caracterização dos diferentes trechos do rio, analisando o confinamento do vale, o número de canais e a estabilidade lateral. Portanto, consideram-se as seguintes possibilidades de classificação, relacionadas ao tipo de confinamento, que visa estabelecer a ocorrência de extravasamento ou não de fluxo para além do canal: vale confinado, quando apresenta planícies de inundação em menos de 10% do trecho

do rio; vale parcialmente confinado, quando de 10-90% do trecho possui planície de inundação (descontínua); ou não confinado (ou aluvial), mais de 90% do trecho apresenta planície de inundação (contínua) (BRIERLEY & FRYIRS, 2005; SOUZA, 2014). O resultado da aplicação desta classificação é a elaboração de um quadro de informações apresentando as características do rio, comportamento e controles, sendo possível ainda identificar os trechos representativos do canal, para então analisar a capacidade de ajuste por trecho.

Dentre as etapas de aplicação da metodologia, considera-se também a conservação ou “saúde” do rio, ou seja, a capacidade do rio realizar as funções esperadas dadas às características do vale em que ele se encontra, deste modo atribuindo-se aos segmentos dos rios as condições: fraca, moderada e boa. Assim, para identificar a condição de um rio deve-se determinar a capacidade de ajuste de cada trecho/estilo; interpretar a evolução do rio para determinar se houve mudanças irreversíveis e identificar os trechos de referência, a fim de analisar e explicar as condições de cada trecho (BRIERLEY & FRYIRS, 2005).

Brierley e Fryirs (2005) propõem como questão norteadora para a análise dos estilos fluviais, a ideia de que é necessária uma restauração/reabilitação dos rios, se possível retornando-os às suas condições fluviais iniciais, ou a um cenário o mais próximo possível do ambiente original. Porém, ainda que retornar às condições originais seja deveras difícil, é importante avaliar as possibilidades reais de reabilitação, usando como referência o cenário original. Desta forma, as informações podem ser obtidas através de análises em áreas conservadas da bacia, dados históricos, paleoambientais e analogias com ambientes semelhantes, devendo-se levar em consideração a morfologia e as características funcionais de cada trecho. Portanto, a metodologia de estilos fluviais fornece aparato para a construção de metas e cenários futuros visando a gestão dos recursos hídricos e a reabilitação dos ambientes fluviais. Logo, na quarta etapa da proposta de Estilos Fluviais, projeta-se cenários futuros a partir da análise do potencial de recuperação por trecho. Neste ponto avalia-se a recuperação natural do rio, propondo uma trajetória de mudança pós-perturbação, podendo ser de três tipos: criação (quando o trecho encontra-se num estado de equilíbrio diferente do inicial); de restauração (quando o trecho volta ao estado de equilíbrio original), ou de retroalimentação (quando não ocorre recuperação, dando continuidade à degradação) (BRIERLEY & FRYIRS, 2005).

O último estágio consiste na aplicação das informações geradas através das etapas anteriores à formulação de programas de gestão fluvial, com a finalidade de otimizar o potencial

geoecológico do rio. Com este intuito, Brierley e Fryirs (2005) ressaltam a importância da abordagem de Estilos Fluviais nas atividades de gerenciamento ambiental, sobretudo pela qualidade da análise devido à transdisciplinaridade, a complexidade e a ênfase nas inter-relações, o que demanda a inclusão de geógrafos/geomorfólogos em equipes de planejamento e gestão ambiental.

Seguindo a metodologia de estilos fluviais, Brierley et al. (2002) aplicaram-na em bacias costeiras de New South Wales, na Austrália. Lima, Marçal e Vilas Boas (2006) propuseram um levantamento de parâmetros morfométricos no rio São Pedro – RJ com o objetivo de contribuir na definição dos estilos fluviais auxiliando estrategicamente a gestão dos recursos hídricos. Lima e Marçal (2013) analisaram as tipologias fluviais na bacia do rio Macaé – RJ contextualizando-as ao processo de evolução da paisagem a partir da metodologia de classificação dos estilos fluviais. No Nordeste brasileiro a metodologia foi aplicada por Corrêa et al. (2009), Souza e Corrêa (2012) e Souza (2014) e por Almeida (2015) adaptando a metodologia para a identificação do grau de confinamento do vale, para a caracterização fluvial de uma bacia do Semiárido pernambucano.

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.

3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia e os procedimentos metodológicos do presente trabalho foram estruturados com o objetivo de identificar, analisar e compreender a dinâmica fluvial e da paisagem na bacia do Riacho Grande. Para estes fins, as etapas metodológicas foram sistematizadas em: mapeamento geomorfológico de detalhe, mapeamento de uso e cobertura da terra, mapeamento da conectividade da paisagem e mapeamento de tipologias e estilos fluviais.

3.1 MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE DETALHE

Esta etapa consiste na identificação da morfologia e morfometria das formas de relevo, introduzindo a declividade ao mapeamento e deste modo integrando a análise qualitativa com dados quantitativos importantes na avaliação dos processos geomorfológicos (RODRIGUES & BRITO 2000). Neste mapeamento são considerados também os fatores antropogênicos que modificam formas e processos vigentes na área, contribuindo com fluxos de energia e matéria ao sistema.

3.1.1 A proposta da UGI

O mapeamento utilizou dados de Modelos Digitais de Elevação (MDE), gerados a partir de imagem SRTM, com resolução espacial de 30 metros, e dados secundários, como mapa geológico, perfis topográficos, curvas de nível, declividade, além de informações obtidas nos trabalhos de campo e a partir de imagens de alta resolução como as dos satélites QUICKBIRD e *RapidEye*, essas cedidas pela Universidade Regional do Cariri (URCA) em convênio com o Ministério do Meio Ambiente. O tratamento dos dados foi realizado por meio do uso do SIG Arcgis 10.1, em escala de 1:25.000, seguindo o Manual da UGI (União Geográfica Internacional) (DEMEK, 1972). Apesar deste trabalho não seguir todos os parâmetros descritos no manual, como legenda e padrão hierárquico, de acordo com Lima et al., 2015, é importante tê-lo como um guia para universalizar algumas questões básicas do mapa geomorfológico descrito adiante.

O manual de mapeamento geomorfológico de detalhe (DEMEK, 1972) é fruto de pesquisas da Comissão de pesquisa e mapeamento geomorfológico, da União Geográfica Internacional (UGI). De acordo com esta proposta, um mapeamento geomorfológico de detalhe pode ser caracterizado com escalas entre 1:25.000 e 1:50.000, ou mesmo 1:100.000 em regiões com poucas informações. Nesta proposta, o conteúdo do mapa geomorfológico de detalhe deve apresentar: a) propriedades morfológicas e morfométricas, tal como tamanho, forma, declividade, rugosidade etc; b) estrutura material/ tipo de rocha e arranjo das formas; c) processos dinâmicos que condicionam outros atributos (LIMA et al., 2015).

3.2 MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA

O mapeamento em questão teve por objetivo identificar a atual configuração do uso da terra nas áreas consideradas neste trabalho, de modo a identificar a contribuição dos diferentes padrões de uso sobre a produção de sedimentos. Para isto, essa etapa conta com uma base de dados de campo obtidos com o auxílio de GPS (GPS *Garmim Etrex Vista Hcx*, e o GPS topográfico PRO-XH –Trimble), como também imagens QUICKBIRD (período de junho/2013 a setembro/2014, resolução espacial de 2,4 m) e *RapidEye* (período de maio/2013 a agosto/2013, resolução espacial de 5 m), essas cedidas pela Universidade Regional do Cariri (URCA) em convênio com o Ministério do Meio Ambiente.

O tratamento dos dados realizou-se a partir do SIG Arcgis 10.1, em escala de 1:10.000. Uma das especificidades é usar imagens de diferentes períodos do ano, para que seja possível identificar as diferenças intra-anuais de uso, como a relação cultura de ciclo curto, pasto e solo nu, que ocorre em grande parte das áreas utilizadas na bacia (SOUZA, 2011), focando nos usos que afetam diretamente o fornecimento de sedimento no sistema. O mapeamento seguiu o padrão de legenda da FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*).

3.2.1 Aplicação da legenda da FAO

No presente trabalho optou-se por adaptar a legenda da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) em virtude desta atender melhor ao nível de detalhamento para cada modalidade de classificação, além de sua plasticidade tipológica. A

legenda do mapeamento de uso e cobertura da terra é definida pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação pelo critério funcional, ou seja, considera-se que o conceito de uso está relacionado à finalidade para a qual a terra é usada pela população local (FAO, 1995).

A adaptação à legenda da FAO se deu a posteriori (quadro 1). A priori foram definidas as classes a serem mapeadas seguindo o nivelamento sistemático de classes de uso e cobertura da terra da FAO (FAO, 2005), a partir do conhecimento prévio da área de estudo, procedendo-se em seguida às adaptações necessárias com base nas classes identificadas no imageamento e reconhecidas nos trabalhos de campo realizados em novembro/2015 e maio/2016.

Quadro 1 – Adaptação da legenda de uso e cobertura da terra da FAO para a bacia do Riacho Grande

1º Nível	2º Nível	3º Nível
Áreas Naturais	Terrestre	Vegetação Arbustiva
		Vegetação Arbórea
		Vegetação Herbácea
	Aquática	Corpos ou Massas D'água
Áreas Não Naturais	Terrestre	Solo Exposto
		Distritos, Vilas e Povoados
		Sítios
		Estradas Pavimentadas
		Estradas Não-pavimentadas
		Ferrovia
	Aquática	Barramentos
		Reservatórios Artificiais

3.3 MAPEAMENTO DOS ELEMENTOS DE DESCONEXÃO

O mapeamento dos elementos de desconexão consistiu em identificar os elementos naturais ou artificiais que influenciam na transmissão de energia e matéria entre os compartimentos da paisagem, tanto impedindo ou diminuindo o fluxo, quanto incrementando-o (FRYIRS, 2007b). Esses elementos são divididos em quatro tipos – *buffers*, *barriers*, *blankets* e *boosters* (FRYIRS, 2007b). A identificação destes elementos desconectantes se realizou, inicialmente a partir dos dados de declividade, do mapa geomorfológico e do mapeamento da

dinâmica de uso e cobertura da terra (FRYIRS, 2007a). Posteriormente foram incluídas na análise, elementos e informações obtidas em trabalhos de campo.

3.4 TIPOLOGIAS E ESTILOS FLUVIAIS

O mapeamento de estilos fluviais para a bacia do Riacho Grande realizou-se com o objetivo de apresentar os tipos de canais presentes na área, para tal finalidade, foi adaptada a metodologia utilizada por Brierley e Fryirs (2005), considerando a declividade da área, a geomorfologia, o uso e cobertura da terra. Utilizando-se inicialmente de imagens *RapidEye* e QUICKBIRD para o reconhecimento dos padrões de drenagem e posteriormente a análise em campo para confirmação e detalhamento dos trechos mapeados.

3.4.1 A proposta de Estilos Fluviais

A proposta metodológica de estilos fluviais visou fornecer um modelo geomorfológico, em escala de detalhe, que compreendesse o comportamento e evolução do sistema fluvial com o intuito de auxiliar na gestão fluvial, valorizando a diversidade dos ambientes naturais. Para tanto, segmenta-se os rios em trechos que apresentem um conjunto comum de características geomorfológicas e hidrodinâmicas, permitindo após a segmentação a identificação entre os processos e formas ao longo dos rios, em seus diferentes segmentos, baseando-se na perspectiva de que ocupam um lugar dentro do contexto paisagístico da bacia, sendo assim, um rio pode apresentar diferentes estilos, conforme cada segmento interage de modo particular com a paisagem.

A segmentação deu-se através das imagens de satélite, em que identificou-se os trechos dos canais fluviais com a presença de planícies de inundação, determinando a configuração do vale em cada trecho, podendo o canal ser confinado (quando menos de 10% do trecho apresenta extravasamento do fluxo - planície de inundação), parcialmente confinado (quando entre 10 a 90% do trecho apresenta planície de inundação) e não-confinado ou lateralmente não-confinado (quando mais de 90% do trecho apresenta planície de inundação) (BRIERLEY & FRYIRS, 2005).

Posterior à segmentação dos canais a partir da configuração do vale, foram escolhidos 4 trechos para o mapeamento de detalhe, em que considerou-se a sinuosidade do canal, a morfologia do vale e as unidades geomórficas e hidráulicas presentes em cada um, sugerindo-se o planejamento adequado aos diferentes estilos fluviais. Os trechos foram escolhidos mediante a sua funcionalidade em termos de depósitos aluviais, portanto, os trechos parcialmente confinados e lateralmente não-confinados apresentaram as características mais interessantes, visto a diversidade de formas deposicionais presente em ambos.

3.5 A CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SEDIMENTOS

Os grupos de amostras foram coletados nos diferentes trechos analisados, seguindo como parâmetro de coleta os *knickpoints* locais. Ao todo, foram caracterizadas 23 amostras de sedimentos.

3.5.1 Granulometria

Visando estabelecer o tamanho das partículas de sedimentos detríticos, a análise granulométrica se configura como um parâmetro primordial para a determinação das propriedades físicas dos sedimentos. Suguio (2003) afirma que as razões pelas quais as análises granulométricas de sedimentos são importantes residem no fato dessas fornecerem bases para uma descrição mais precisa dos depósitos. A análise granulométrica auxilia na identificação dos ambientes deposicionais, na descrição mais precisa dos sedimentos e na obtenção de informações sobre os processos físicos como a hidrodinâmica durante a deposição. Além disso, a distribuição granulométrica está relacionada a outras propriedades, como a porosidade e a permeabilidade, cujas modificações podem ser estimadas com base nas características granulométricas.

A análise granulométrica permite o reconhecimento da natureza da área-fonte dos diferentes depósitos, assim como a caracterização de forma quantitativa e qualitativa dos sedimentos que os estruturam. Desse modo, a análise granulométrica será realizada, em parte, conforme as orientações da metodologia de peneiramento das amostras de Gale e Hoare (1991), empregando a escala de Wentworth para definição das classes do tamanho das partículas.

Inicialmente foram separadas amostras de 100g de sedimento inconsolidado. Em seguida as mesmas foram colocadas em uma solução contendo 20g do dispersante hexametáfosfato de sódio e 500ml de água, agitando por 10 minutos contínuos para desflocular,

deixando-se em seguida as amostras em decantação por até 24h. Logo após o período de decantação, as amostras foram submetidas à lavagem para separação dos finos (silte e argila) e grossos (areia e cascalho), sendo após colocadas para secar na estufa a uma temperatura de até 100°C. Quando secas as amostras foram novamente pesadas. Posteriormente foram peneiradas em jogos de peneira com intervalos sucessivos de 1 phi (ϕ) para a determinação de areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa e cascalho. Os valores obtidos em grama para cada fração granulométrica foram submetidos a tratamento seguindo os parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957). Com base nesses procedimentos foram calculados o diâmetro médio, o grau de seleção, grau de assimetria e curtose (Tabela 1, 2 e 3).

Para classificação dos sedimentos e da hidrodinâmica foram usados respectivamente os diagramas de Shepard (1954) e Pejrup (1988). Todas essas análises foram efetuadas no programa Sysgran 3.0. O diagrama idealizado por Shepard (1954) permite fazer inferências do ambiente de deposição quanto à energia e à viscosidade do meio de transporte. Usando os parâmetros médios, desvio padrão e curtose de Folk e Ward (1957), Shepard (1954) foram elaborados gráficos empíricos, onde apresentam-se dispostas as linhas que separam os diversos ambientes de sedimentação e indicações dos sentidos de aumento de fluidez e energia do meio deposicional (SILVA, 2012).

Tabela 1 – Escala quantitativa de Folk e Ward (1957) para descrição do grau de seleção

Grau de Seleção	Valor
Muito bem selecionado	<0,35
Bem selecionado	0,35 a 0,50
Moderadamente selecionado	0,50 a 1,00
Pobremente selecionado	1,00 a 2,00
Muito pobremente selecionado	2,00 a 4,00
Extremamente mal selecionado	> 4,00

Tabela 2 – Escala quantitativa de Folk e Ward (1957) para descrição do grau de assimetria

Assimetria	Valor
Assimetria muito negativa	-1,00 a -0,30
Assimetria negativa	-0,30 a -0,10
Aproximadamente simétrica	-0,10 a 0,10
Assimetria positiva	0,10 a 0,30
Assimetria muito positiva	0,30 a 1,00

Tabela 3 – Escala quantitativa de Folk e Ward (1957) para classificação dos valores de curtose

Curtose	Valor
----------------	--------------

Muito platicúrtica	<0,67
Platicúrtica	0,67 a 0,90
Mesocúrtica	0,90 a 1,11
Leptocúrtica	1,11 a 1,50
Muito leptocúrtica	1,50 a 3,00

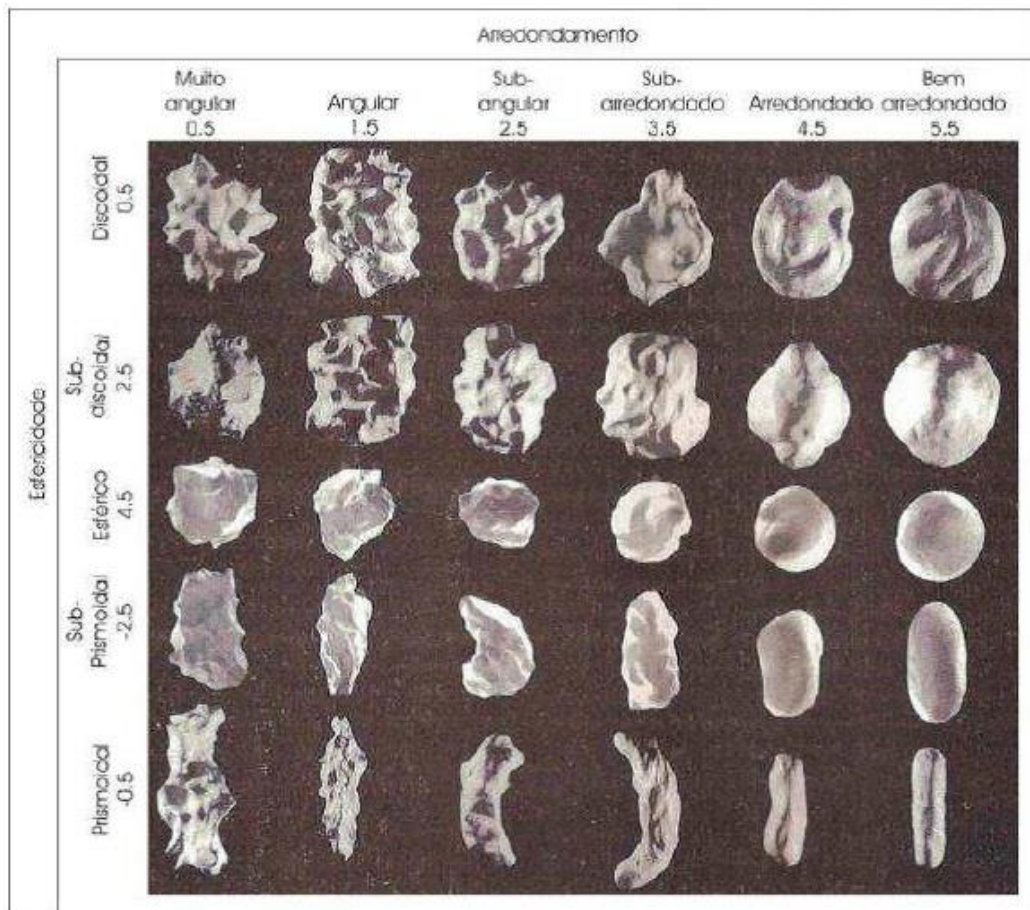
Para a referida análise granulométrica foram coletadas amostras de sedimentos superficiais ao longo do perfil perpendicular do canal fluvial, respeitando os *knickpoints* locais.

3.5.2 Morfoscopia

O estudo morfológico das partículas consiste basicamente na observação dos seguintes parâmetros: a) forma do grão, que é geralmente expressa em termos geométricos sendo as formas mais comuns as prismáticas, esféricas, tabulares, lamelares e elipsoidais; b) o arredondamento dos grãos, que significa a agudeza dos ângulos e arestas de um fragmento ou partícula clástica, geralmente expressos por angular, subangular, subarredondado e arredondado; c) a esfericidade, que significa a relação entre a forma de um grão e a esfera circunscrita a esse grão.

Deste modo, a análise foi realizada pelo método visual, baseado na comparação entre a projeção máxima do contorno da partícula e um conjunto de imagens (figura 2) cujo arredondamento foi previamente calculado de acordo com o método descrito por Tucker (1995). A metodologia consistiu na seleção de 100 grãos da fração 0,250 para cada amostra, que foram visualizados através da lupa binocular Tecnival (com aumento de 4x e 2x). A escolha dessa fração justifica-se por representar o ponto de ruptura entre o predomínio do transporte por tração (grãos > 0,400 mm) e por suspensão (grãos < 0,200mm). Foram observados os parâmetros de forma, arredondamento, esfericidade e brilho. Visando tornar o grau de arredondamento avaliado mais objetivo, foram utilizadas as seguintes categorias: muito angular (0,5); angular (1,5), subangular (2,5); subarredondado (3,5); arredondado (4,5); e bem arredondado (5,5) e para o grau de esfericidade foram definidas as seguintes categorias: esfericidade alta (0,5 a 4,5); esfericidade média (-2,5) e baixa esfericidade (-0,5).

Figura 2 – Diagrama de Tucker (1995)

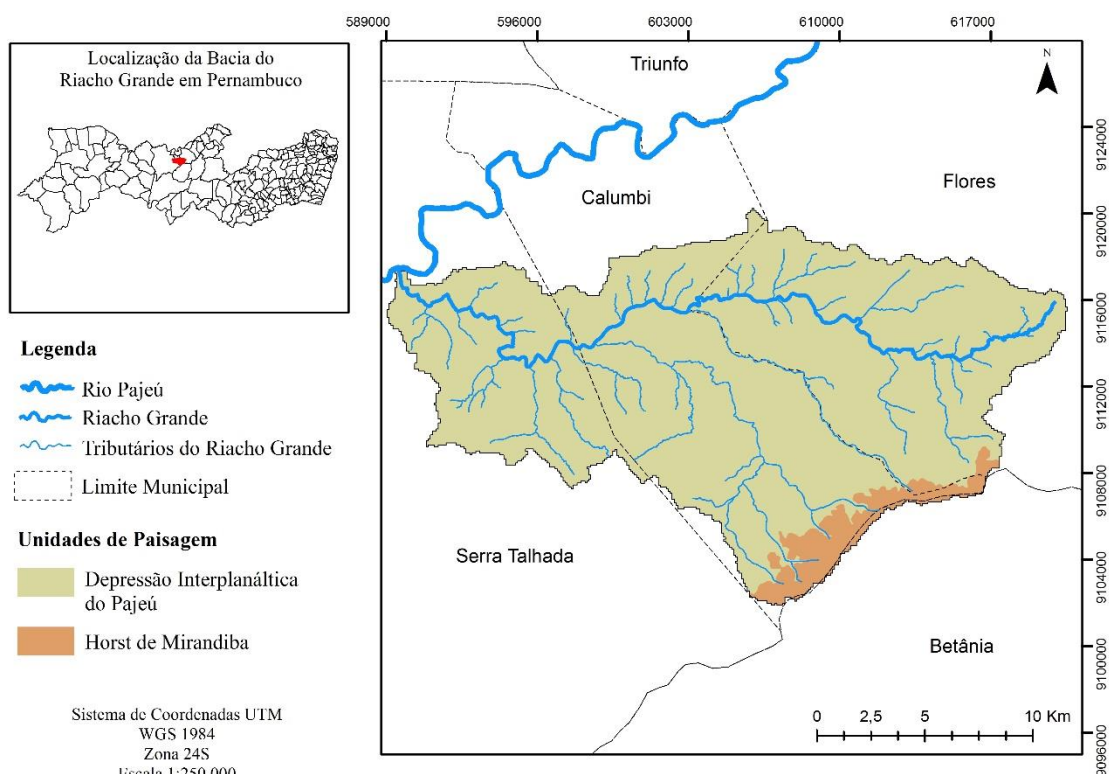


4 BACIA DO RIACHO GRANDE: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 AS UNIDADES DE PAISAGEM DA BACIA DO RIACHO GRANDE

A Bacia do Riacho Grande, com área de 316 km², situa-se na microrregião do Pajeú, Sertão de Pernambuco, englobando em partes os municípios de Serra Talhada, Calumbi e Flores (ALMEIDA, SOUZA & CORRÊA, 2016). Está inserida entre o contexto das seguintes unidades de paisagem: Depressão Interplanáltica do Pajeú e Horst de Mirandiba (figura 3).

Figura 3 – Localização da Bacia do Riacho Grande e Unidades de Paisagem



Fonte: A autora, 2016

Depressão Interplanáltica do Pajeú

A Depressão Interplanáltica do Pajeú, que desenvolve-se como uma depressão alongada para nordeste, está confinada entre os Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal e a Encosta Ocidental do Planalto da Borborema (CORRÊA et al., 2010). Neste compartimento de aspecto aplainado instalou-se a bacia do Rio Pajeú, ao qual encontra-se inserida a bacia do Riacho Grande, como um de seus tributários. O aspecto aplainado dá destaque aos maciços

residuais, que são distribuídos nesta unidade de paisagem com aspecto de cristas alongadas, seguindo os controles estruturais da Zona de Cisalhamento Afogados da Ingazeira e falhamentos com sentido E-W.

Nesta unidade desenvolvem-se atividades agropecuárias, sobretudo aquelas voltadas à subsistência, com a distribuição de pequenos sítios, que aproveitam as áreas de plano aluvial para o cultivo de lavouras de ciclo curto. Diante da semiaridez na região, o desenvolvimento dessas atividades é propiciado pela instalação de pequenas barragens e perfuração de poços rasos.

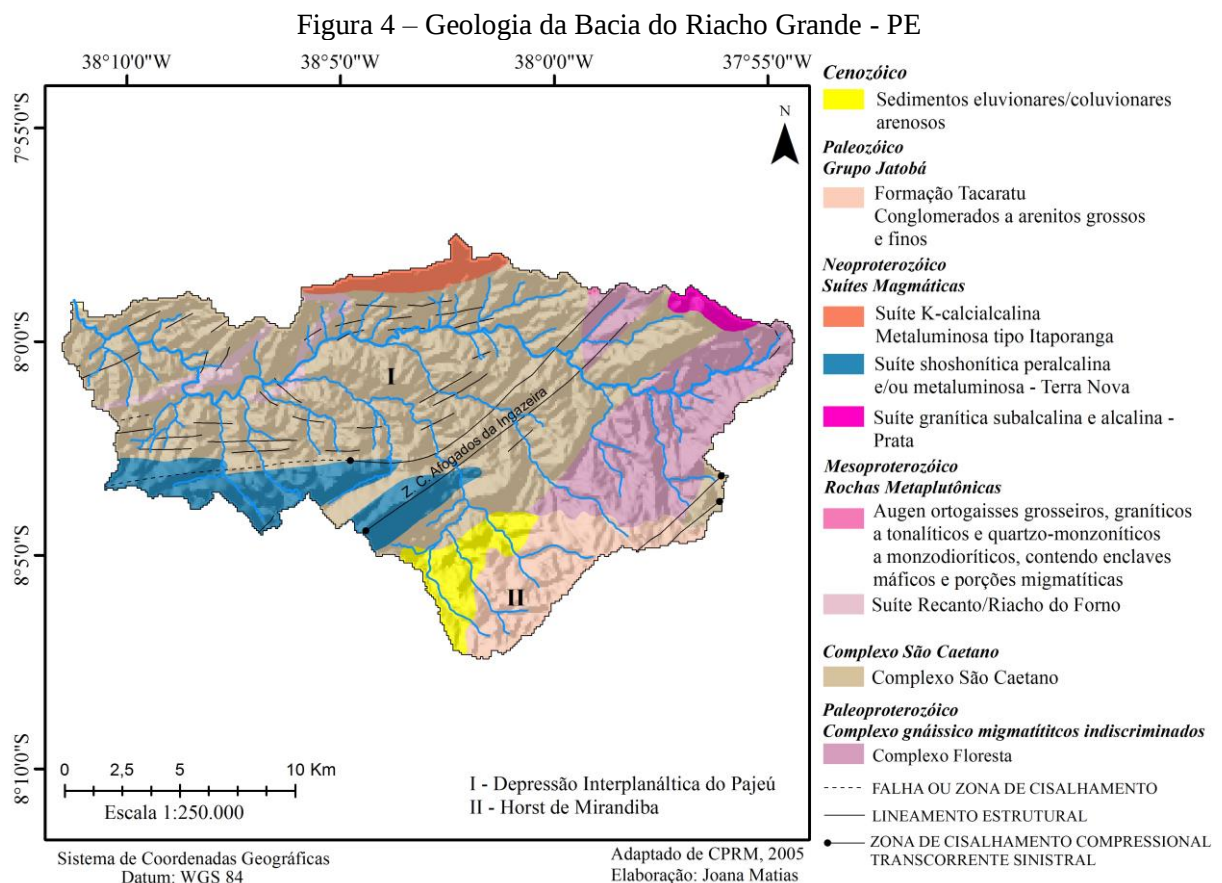
Horst de Mirandiba

O Horst de Mirandiba é representado na paisagem como um remanescente sedimentar formado pelos arenitos siluro-devonianos da Formação Tacaratu – Bacia de Fátima. Inserido na Província da Borborema, está estruturado sobre o Domínio da Zona Transversal, que segundo Sampaio (2005) corresponde à faixa compreendida entre os lineamentos Patos e Pernambuco. Predominantemente arenoso, apresenta um alto potencial hidrogeológico, constituindo o principal sistema aquífero intersticial da bacia.

4.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A bacia do Riacho Grande está inserida geologicamente na Província da Borborema, estando alicerçada sobre as unidades litoestratigráficas: a) Complexo São Caetano (Mesoproterozóico), composta em sua maioria, de rochas metamórficas constituídas de granada-biotita-muscovita, paragnaisses e metagrauvacas, com intercalações de quartzitos e rochas metavulcano-clásticas; b) Complexo Floresta (Paleoproterozóico), com paragnaisses e enclaves de rochas básicas do terreno Alto-Pajeú, ortognaisses granodioríticos, monzograníticos e sienograníticos, e intercalações de anfibolitos e leptitos; c) Suíte granítica migmatítica peraluminosa Recanto/Riacho do Forno, composta por ortognaisse e migmatito granodiorítico a monzogranítico; d) Suíte calcialcalina de médio a alto potássio do tipo Itaporanga, composta por granito e granodiorito porfirítico associado a diorito; e) Suíte intrusiva shoshonítica peralcalina Terra Nova, com horblenda, quartzo-monzonito, granito fino a porfirítico; f) Suíte intrusiva Prata, suíte granítica subalcalina e alcalina, constituída por sienogranito com basalto e dacito comagmático; g) Formação Tacaratu, do siluro-devoniano,

composta de arenito fino, médio a grosso e conglomerado; h) depósitos colúvio-eluviais cenozoicos (CPRM, 2005a; CPRM, 2005b; CPRM, 2005c).



A principal característica estrutural na bacia do Riacho Grande são os feixes de zona de cisalhamento com direção NE-SW e lineamentos E-W, que exercem controle sobre os plutons aflorantes, como o plúton **Terra Nova**, com feição de uma crista alongada, que possui composição shoshonítica e características dos granitoides do tipo Itaporanga ou granitoides ricos em potássio (ALMEIDA, et al., 1967; SIAL, 1984; SILVA FILHO et al., 1987; SILVA FILHO & GUIMARÃES, 1990). Além desse, outros plutons aflorantes se destacam na área, como o plúton da **Suíte Intrusiva de tipo Itaporanga**, composta por granitos e granodioritos

porfíricos, com foliação magmática com enclaves e pórfiros de microclina com estrutura zonada, contendo entre os seus principais minerais: biotita e hornblenda (CPRM, 2005; BRITO NEVES et al., 2003; TAVARES, 2015); da *suíte* **Recanto/Riacho do Forno**; e da *suíte* **Intrusiva Prata**.

O **Complexo Floresta**, de caráter metaplutônico, é composto por ortognaisses de composição tonalítica a granodiorítica com hornblenda, migmatitos dobrados e flebíticos com quartzo-feldspáticos. Nesse complexo, os gnaisses são formados por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, hornblenda e biotita. A clorita apresenta-se como principal mineral de alteração, e localmente, concentrações expressivas de apatita podem ocorrer nos gnaisses, principalmente nos de composição granodiorítica (SANTOS, et al., 2012).

O **Complexo São Caetano** é caracterizado pela presença de muscovita-biotita gnaisses, biotita gnaisses, com intercalações de leptitos e camadas de muscovita xistos, quartzitos e calcários. Os paragnaisses apresentam granulação fina a média e, às vezes, estrutura xistosa devido à abundância de micas, sendo os principais minerais: quartzo, feldspato potássico, muscovita e biotita. Constitui área de relevo aplainado e afloramentos geralmente de pequeno porte e intemperizados (CPRM, 2001). Segundo Santos (1971) também são encontradas nesse complexo rochas metavulcano-clásticas e vulcânicas ácidas-intermediárias metamorfizadas.

A unidade representada pela **Formação Tacaratu – Bacia de Fátima**, apresenta um pacote sedimentar arenoso de aproximadamente 55 m de espessura, contendo intercalações argilosas e níveis ferruginosos, incluindo uma camada de siltito cinza-escuro, extremamente compactado, que confina o restante da formação até o embasamento cristalino. Devido às características litológicas presentes, associadas com as estruturas internas deste pacote sedimentar, pode-se concluir que a mesma representa um ciclo deposicional continental originado de um sistema fluvial entrelaçado (*braided*), em que predominou inicialmente a fácies proximal com nítida influência de leques aluviais, evoluindo para fácies mediana a distal, com características de planície de inundação e retrabalhamento eólico, sob condições de clima árido (CPRM, 2007; CPRM, 2014).

Segundo Bontempo Filho e Lima Filho (2011), a bacia de Fátima é formada por um gráben assimétrico de direção NE-SW, mergulhando para NW, apresentando em sua origem, registros do Paleozóico e uma estruturação condicionada por eventos tectono-sedimentares de âmbito continental que provocaram a reativação da zona de cisalhamento Afogados da

Ingazeira, em falhas normais, provavelmente no Cretáceo, aprisionando um fragmento de bacia intracontinental pré-existente, propiciando condições de sedimentação sin-tectônica. Sua origem foi discutida por Silva Júnior (1997), sugerindo que a sua evolução estaria relacionada a esforços distensivos associados ao mecanismo de abertura do Oceano Atlântico. Segundo estas proposições, os esforços de rifteamento apresentaram reflexos nas estruturas intracontinentais, sobretudo em zonas de cisalhamento, como por exemplo, a Zona de Cisalhamento Afogados da Ingazeira.

A referida unidade, compõe-se de um relevo bastante acidentado, formando canyons e vales escarpados, como consequência da ação do intemperismo nos seus litótipos predominante psamito-psefíticos, com forte diagênese. Litologicamente está caracterizada por uma sequência predominantemente arenosa, onde se destacam arenitos grosseiros, arenitos conglomeráticos e níveis de conglomerados, com intercalações pelíticas subordinadas, muitas vezes caulíníticas. Os arenitos geralmente possuem cor variando de esbranquiçados a róseo-avermelhados, granulometria grosseira a média, localmente fina, constituídos essencialmente por grãos de quartzo angulosos a sub-arredondados, geralmente de forte diagênese ou localmente silicificados (BONTEMPO FILHO & LIMA FILHO, 2011). Também são comuns nessa unidade, arenitos ferruginosos de cor marrom a ocre de granulometria grosseira a média.

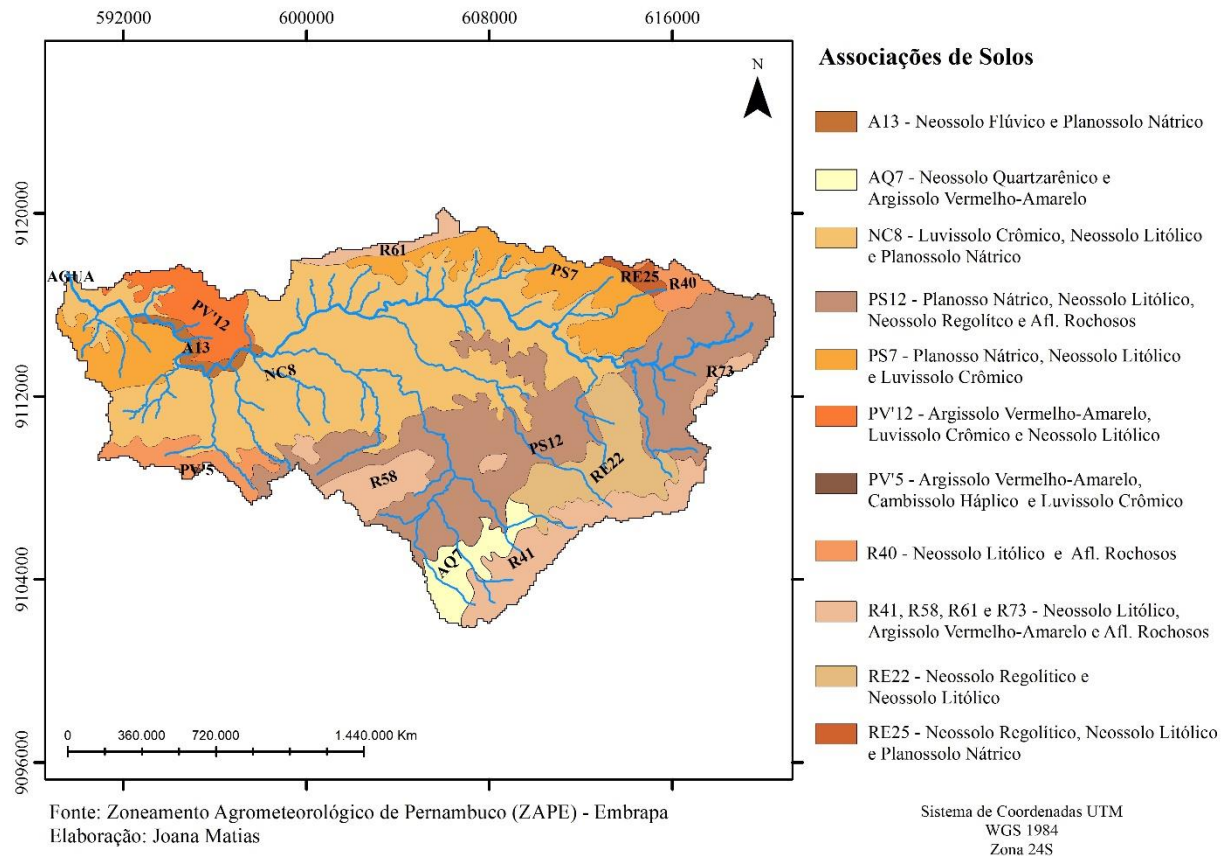
Entre as estruturas sedimentares mais frequentes na formação Tacaratu são as estratificações planoparalelas e cruzadas acanaladas e, mais raramente, as estratificações tabular-planares. A bacia de Fátima representa as superfícies aflorantes de maior elevação na bacia, de relevo escarpado, apresentando paredões de relevo acidentado comumente associado à discordância erosiva e falhas extensionais (CARVALHO et al., 2010).

As áreas compostas por **sedimentos cenozóicos** referem-se àquelas caracterizadas por largas planícies aluviais, de sedimentos aluvionares, arenosos, argilosos e conglomeráticos, enquanto os **sedimentos eluvionares/coluvionares** arenosos referem-se aos sedimentos cenozóicos inconsolidados dos depósitos coluvio-eluviais.

4.3 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

Dentre a assembleia pedológica na bacia do Riacho Grande, destacam-se as associações de solos entre as classes dos Neossolos, Luvisolos, Planossolos e Argissolos (figura 5).

Figura 5 – Associação de solos na Bacia do Riacho Grande - PE



Os Argissolos Vermelho-Amarelos estão representados em menor extensão na área da bacia, onde a vegetação permanece conservada, sendo estes solos constituídos de material mineral com horizonte textural composto de argila de alta a baixa atividade (EMBRAPA, 2006). A associação ocorre entre **Argissolo Vermelho-Amarelo** (40%), **Cambissolo Háplico** (40%) e **Luvisolo Crômico** (20%), apresenta solos profundos a pouco profundos, de textura média a média argilosa, com a presença de cascalho, em fase epipedregosa. Esta ocorrência de solos está desenvolvida em substrato gnáissico, perfazendo o recobrimento de superfícies pedimentares.

Presente na área em estudo também está a associação entre **Argissolo Vermelho-Amarelo** (50%), eutrófico, ou seja, são solos de alta fertilidade, de profundidade rasa a pouco profunda, com textura média a média argilosa com a presença da fração cascalho; **Luvisolo Crômico** (25%), de caráter vértico, e **Neossolo Litólico** (25%), eutrófico, de textura média a cascalhosa, desenvolvido em substrato composto por xisto e gnaiss, em relevo suave ondulado a plano.

O **Luvissolo Crômico** (45%), de caráter não vértico e vértico, associado a **Neossolo Litólico** (30%), eutrófico, de textura média com a ocorrência de cascalho; e **Planossolo Nátrico** (25%), configura-se em relevo suave ondulado a plano, na Depressão Interplanáltica do Pajeú. Em predominância na associação, os Luvissolos Crômicos, ocorrem em regiões de limitação hídrica e são constituídos de material mineral com argila de alta atividade e alta saturação por bases sendo mais susceptíveis à compactação (EMBRAPA, 2014). Estes são representados por uma área de maior degradação da vegetação, principalmente para o desenvolvimento de culturas temporárias, neste setor predominam terrenos de baixa declividade, correspondentes às superfícies aplainadas do Complexo São Caetano.

Entre as classes de solos presentes entre as associações na área em estudo, têm-se a classe dos Neossolos, que é definida como um agrupamento de subordens, constituindo-se de solos pouco desenvolvidos, de material mineral ou orgânico pouco espesso. Nas porções elevadas da bacia do Riacho Grande, nota-se a ocorrência das associações entre a classe de Neossolo Litólico, Argissolo Vermelho-Amarelo e afloramentos de rocha. Predomina-se em todas situações os Neossolos Litólicos. Diante disso, verifica-se a associação R61, de **Neossolos Litólicos** (60%), com textura média a cascalhosa, sobre substrato composto por gnaiss, granito e granodiorito; de **Argissolo Vermelho-Amarelo** (20%), pouco profundo, de textura média a argilosa com e sem a presença de cascalho, e **afloramentos de rocha** (20%), formados sobre o plúton aflorante do tipo Itaporanga.

Em outra situação, associação R73, os **Neossolos Litólicos** (50%), desta vez com textura arenosa a média, em substrato formado por gnaiss, quartzo, granito, xisto e migmatito, combina-se ao **Argissolo Vermelho-Amarelo** (25%), eutrófico, com profundidade rasa e textura média a média argilosa, e aos **afloramentos rochosos** (25%).

A associação R58, encontrada sobre o plúton Terra Nova, compõe-se de **Neossolos Litólicos** (45%) que também combinam-se aos **Argissolos Vermelho-Amarelo** (35%) e **afloramentos de rocha** (20%), eutróficos, apresentam textura média argilosa a cascalhosa, com substrato formado por gnaiss, granito e migmatito, com horizontes rasos a pouco profundos, e o desenvolvimento de caatinga do tipo arbustiva.

Na porção referente ao Horst de Mirandiba – Bacia de Fátima, há a ocorrência dos **Neossolos Litólicos** (60%), eutróficos, identificado por R41, apresentando textura arenosa a média, com a presença de material cascalhoso, em substrato gnáissico e granítico, associado

aos **Argissolos Vermelho-Amarelos** (20%), também eutróficos, profundos a pouco profundo, com textura média a argilosa e a presença de cascalho, onde predomina-se o desenvolvimento de caatinga hipoxerófila e/ou hiperxerófila; e aos **afloramentos rochosos** (20%).

Outra associação de solos presente na área em estudo, está entre a classe do **Neossolo Regolítico** (50%), eutrófico, de caráter solódico, quando horizontes apresentam saturação por sódio, podendo causar toxidez às plantas mais sensíveis à presença de sódio; combinado ao **Neossolo Litólico** (25%), eutrófico, de textura arenosa a média com fragmentos cascalhosos, sobre substrato granítico e gnáissico; e ao **Planossolo Nátrico** (25%), em relevo plano a suave ondulado, com o desenvolvimento de caatinga hiperxerófila.

O **Neossolo Regolítico** (60%), eutrófico, solódico e não solódico, também se associa apenas com o **Neossolo Litólico** (40%), apresentando caráter eutrófico, com textura arenosa a média, com a presença de fragmentos cascalhosos, desenvolvido em relevo suave ondulado a plano, com substrato composto por granito e gnaiss, predomina-se o desenvolvimento de caatinga hipoxerófila e/ou hiperxerófila.

Entre a classe dos Neossolos, ocorre ainda a associação entre o **Neossolo Flúvico** (75%), salino e/ou sódico, eutrófico, de caráter solódico e não solódico, com a presença de caatinga hiperxerófila de várzea, com e sem o desenvolvimento de carnaúba, em relevo plano; com o **Planossolo Nátrico** (25%).

Finalmente, nas associações entre os Neossolos, o **Neossolo Quartzarênico** (60%), latossólico e não latossólico, em relevo plano a suave ondulado; e o **Argissolo Vermelho-Amarelo** (40%), profundo a pouco profundo, textura arenosa e média a média argilosa, podendo apresentar frações pedregosas, em relevo suave ondulado. Ambos distróficos e eutróficos, com a predominância de caatinga hiperxerófila.

No geral, dentre os Neossolos, os Neossolos Litólicos apresentam fragmentos de rocha na fração cascalho, caracterizando-se por serem solos rasos e pouco evoluídos, estando presentes nas áreas de alta declividade, caracterizadas pelas superfícies de morros e serras baixas e escarpadas. Sobre esta classe de solos, a cobertura da terra caracteriza-se pela ocorrência de vegetação ainda em sua maior parte preservada e, em menor proporção o uso misto, destinado principalmente à pecuária. Os Neossolos Flúvicos, derivados de sedimentos aluviais, possuem granulometria variada, e estão presente nas margens do canal principal, em terreno de baixa declividade, proporcionando o desenvolvimento de atividades agropecuárias;

os Neossolos Regolíticos, apresentam textura arenosa ou média de baixo teor de argila, sendo mais comuns os teores de silte presente nas áreas de terreno suave ondulado ou plano, enquanto os Neossolos Quatzarênicos, formam-se sobre os sedimentos arenosos cenozóicos e arenitos da Bacia do Jatobá (EMBRAPA, 2006).

Os planossolos nátricos, são solos rasos a pouco profundos, que têm baixa permeabilidade e são muito susceptíveis à erosão. Esses localizam-se geralmente nos terraços de rios e riachos e em áreas de topografia suave. A vegetação de caatinga se desenvolve neste solo, porém na maioria das áreas onde esta classe de solo foi identificada, a vegetação encontra-se degradada e/ou com exposição do solo para o desenvolvimento de atividades agropecuárias (EMBRAPA, 2014). A associação de solos com predominância da classe dos Planossolos, compreende a associação entre **Planossolo Nátrico** (40%), **Neossolo Litólico** (20%), eutrófico, com textura arenosa e média, com a presença da fração cascalho, em substrato granítico e gnáissico; e o **Neossolo Regolítico** (20%), eutrófico e distrófico, de caráter solódico e não solódico, com o predomínio de caatinga hiperxerófila em relevo suave ondulado a plano; e **afloramentos rochosos** (20%)

O **Planossolo Nátrico** (45%) também associa-se com o **Neossolo Litólico** (30%), eutrófico, de textura média com presença de cascalho, sobre substrato composto por gnaise, granito e xisto; e **Luvissolo Crômico** (25%), de vértico e não vértico, com o desenvolvimento de caatinga hiperxerófila em terreno suave ondulado e plano.

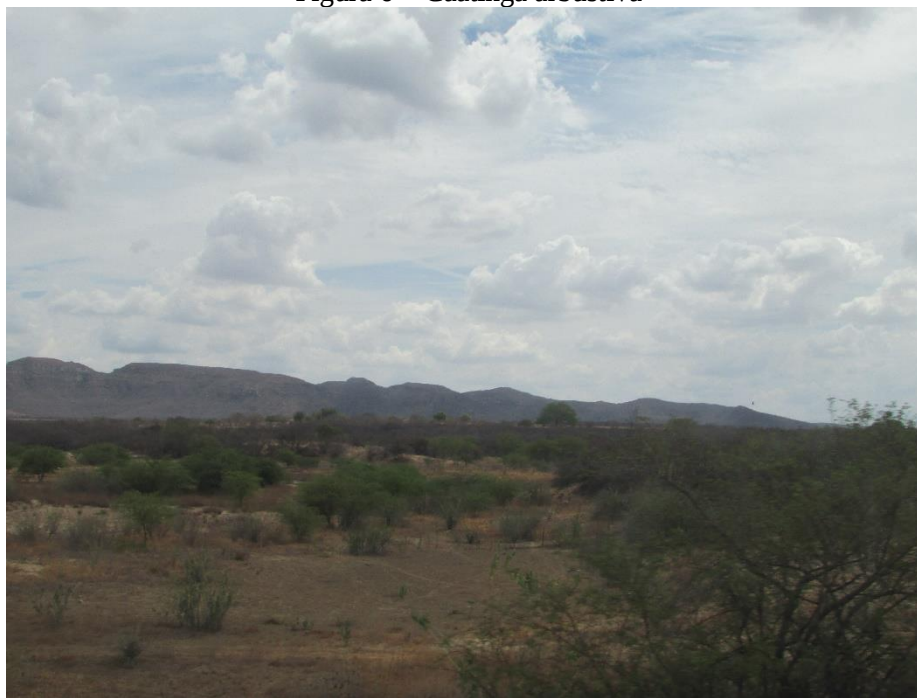
4.4 ASPECTOS DO USO DA TERRA

O uso da terra na bacia do Riacho Grande encontra-se organizado a partir das seguintes tipologias: áreas destinadas a atividades agropecuárias em pequenos sítios, com a criação de caprinos, suínos e bovinos, e ao uso agrícola com modificações intra-anuais, como o plantio de mandioca, milho e feijão, e também com períodos de pousio e solo nu.

As atividades agrárias desenvolvem-se prioritariamente distribuídas pela depressão interplanáltica do Pajeú. Grande parte da área permanece com a cobertura vegetal preservada, sendo as espécies de caatinga arbustiva predominantes (figura 6), além de algumas espécies arbóreas, sobretudo nos arredores dos sítios, onde também se observa o cultivo de espécies frutíferas exóticas. A vegetação herbácea é encontrada sobretudo em áreas em regeneração,

anteriormente dedicadas à criação de animais ou pequenas lavouras. Ainda quanto ao uso da terra, segundo dados do DNPM (2016), para a bacia do Riacho Grande ocorrem áreas de extração mineral, com extração de granito para a construção civil.

Figura 6 – Caatinga arbustiva



Fonte: A autora, 2015

4.5 ASPECTOS CLIMÁTICOS

Inserida no Semiárido pernambucano, a bacia do Riacho Grande, apresenta clima do tipo Tropical Semiárido, com temperaturas constantemente elevadas, entre 25° a 29°C, e com médias de precipitação anuais variando entre 450 a 750 mm, sendo o período chuvoso compreendido de novembro a abril (EMBRAPA, 2014). Na região a taxa de evaporação é alta e as precipitações são bastante irregulares e escassas, susceptíveis a variações climáticas que podem ocasionar longas estiagens ou chuvas torrenciais concentradas ao longo de curtos períodos mesmo em épocas improváveis, o que favorece a ocorrência de enchentes e inundações (ALMEIDA et al., 2012).

Molion e Bernardo (2002) ressaltam que a semiaridez no interior do Nordeste é intensificada, desencadeando as grandes secas, em virtude de variações na circulação de grande escala. Em razão disso, Aragão (1998) admite que as flutuações interanuais na precipitação do interior do Nordeste brasileiro devem-se principalmente ao comportamento da temperatura nos

dois oceanos tropicais que envolvem o continente, Pacífico (ENOS) e Atlântico (Dipolo). De tal modo, é aceito que a recorrência de secas severas na região pode ser justificada pela atuação do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), no qual ocorre um aumento irregular da temperatura das águas superficiais do Pacífico Tropical ao longo da costa da América do Sul (ALMEIDA et al, 2012). A associação da seca severa ao fenômeno é explicada, de acordo com Nobre e Molion (1988) pelo fato de que, na fase quente dos eventos ENOS (El Niño), o ramo ascendente da Circulação Hadley-Walker, sobre a Amazônia, seja deslocado para sobre as águas anormalmente quentes do Pacífico Este ou Central, produzindo centros ciclônicos nos altos níveis sobre o norte/nordeste da América do Sul e uma forte subsidência sobre essa região e sobre o Atlântico tropical. Essa subsidência seria responsável pelo enfraquecimento da ZCIT e da convecção sobre o NE, diminuindo as chuvas. Em contrapartida, existe uma relação oposta, com intensificação da precipitação, durante a fase fria do ENOS (La Niña) (MOLION & BERNARDO, 2002).

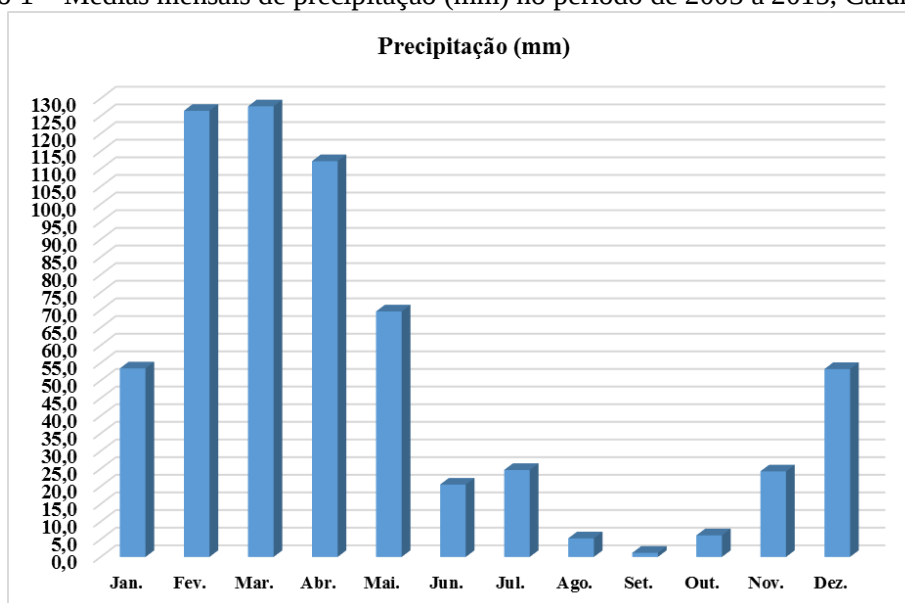
Outra circulação de grande escala atuante no desencadear de secas e períodos de maiores precipitações no Nordeste é o Dipolo do Atlântico, que se caracteriza por um padrão de anomalias na temperatura da superfície do mar (TSM) do Atlântico Tropical (SOUZA & NOBRE, 1998). O Dipolo provoca uma mudança na circulação meridional da atmosfera, que inibe ou aumenta a formação de nuvens no Nordeste, reduzindo ou intensificando a precipitação (ARAGÃO, 1998). A situação de seca ocorre devido ao aumento da temperatura das águas do Atlântico Norte, enquanto as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias, o que inibe a formação de nuvens, diminuindo a precipitação (fase negativa do Dipolo). Enquanto que, quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul, mais quentes, acelera-se a formação de nuvens neste setor, aumentando a precipitação no Nordeste semiárido (fase positiva do Dipolo) (ARAGÃO, 1998).

Porém os períodos de seca severa ou de fortes precipitações dependem do período de atuação, duração, intensidade e cobertura do ENOS e do Dipolo. Ou seja, ambos os eventos podem não apresentar forte relação com a secas, haja visto que a intensidade, tanto do ENOS e do Dipolo, quanto das secas, varia espacialmente e temporalmente. Não obstante, acredita-se que durante anos de forte atuação do ENOS e do Dipolo, em sua fase negativa, ocorram as secas mais severas na região (ARAGÃO, 1998; MOLION & BERNARDO, 2002).

Para compreender a dinâmica da precipitação na área de estudo, buscou-se analisar os dados pluviométricos obtidos a partir do banco de dados fornecido pela Embrapa através do

projeto Agritempo. Utilizou-se os dados do município de Calumbi, o qual apresenta a plataforma de coleta de dados (PCD) mais próxima da área de estudo (distância de aproximadamente 10 km), bem como homogeneidade topográfica e altimétrica. No período observado, a precipitação no município variou entre 400 a 700 mm anuais, com média mensal variando de 1,2 a 127,8 mm, sendo o período chuvoso concentrado entre os meses de fevereiro a abril, conforme gráfico 1. A temperatura varia entre 20° e 32°C. Os períodos de estiagem ocorrem, sobretudo entre os meses de julho a novembro.

Gráfico 1 – Médias mensais de precipitação (mm) no período de 2005 a 2015, Calumbi - PE

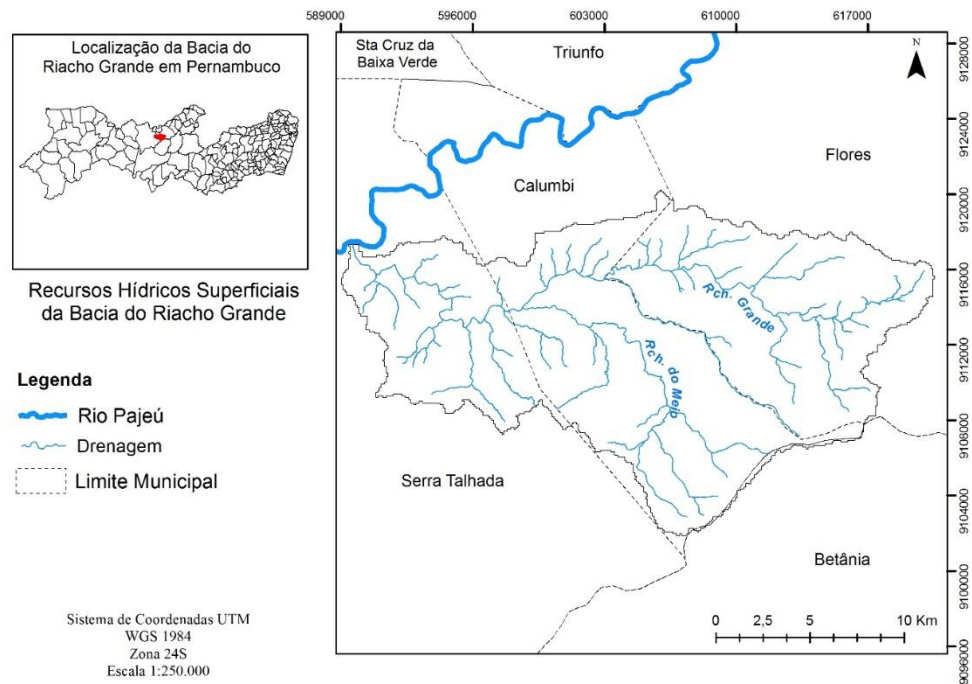


Fonte: Agritempo – Embrapa, acesso em Jul./2016

4.6 CONTEXTO HÍDRICO

Em seu contexto hidrológico, a bacia do Riacho Grande (figura 7) está inserida no domínio hidrológico da bacia do Rio Pajeú, sendo afluente da margem esquerda deste, e apresentando regime efêmero. Como sub-bacia do rio Pajeú, situa-se em ambiente semiárido, de constante irregularidade espaço-temporal da precipitação, o que resulta em vazões extremamente dependentes do ritmo climático sazonal (ALMEIDA, SOUZA & CORRÊA, 2016). O rio Pajeú percorre uma extensão aproximada de 353 km até desaguar no lago de Itaparica, no rio São Francisco, possuindo um regime fluvial majoritariamente intermitente (APAC, 2014).

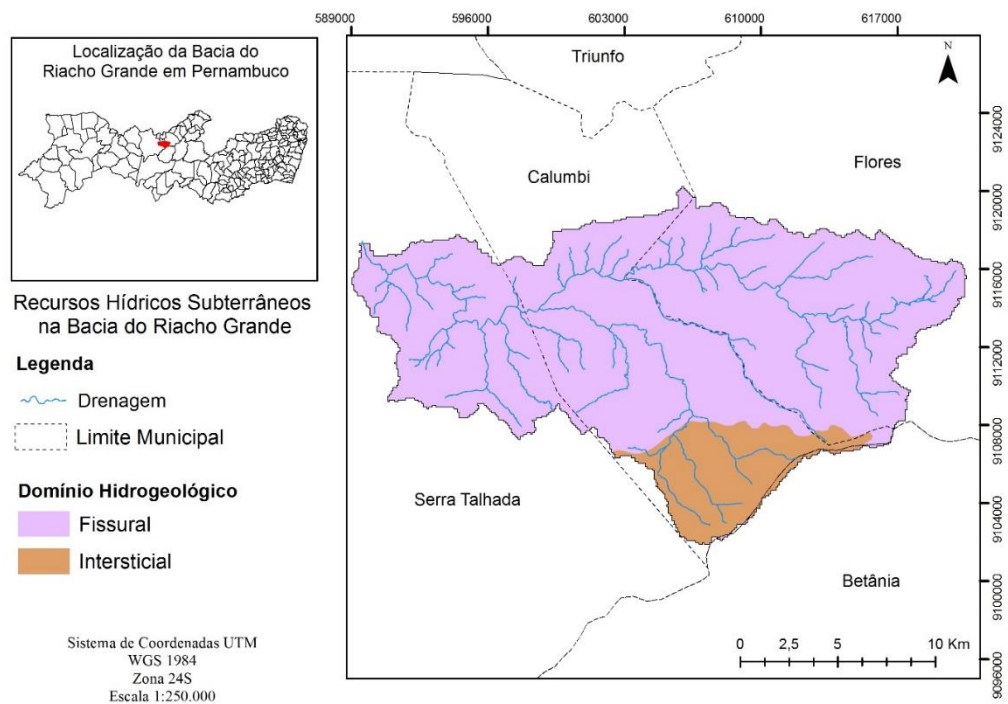
Figura 7 – Recursos hídricos superficiais na Bacia do Riacho Grande - PE



Fonte: A autora, 2015

Algumas das cabeceiras de drenagem do Riacho Grande, encontram-se confinadas na unidade do Horst de Mirandiba (Bacia de Fátima). Os recursos hídricos subterrâneos na bacia do Riacho Grande, apresentam-se distribuídos sobre os domínios hidrogeológicos fissural e intersticial (figura 8).

Figura 8 – Domínios hidrogeológicos na Bacia do Riacho Grande - PE



Fonte: CPRM, 2005

No Domínio Hidrogeológico Fissural predominam as rochas cristalinas, como gnaisses, xistos, migmatitos, granitos, quartzitos, entre outras, sendo o meio aquífero caracterizado pelas fissuras e diáclases interconectadas resultantes dos esforços tectônicos sofridos. Na região Nordeste este contexto apresenta, em geral, potencial hidrogeológico muito fraco, sendo o reduzido potencial relacionado às condições deficientes de circulação das águas subterrâneas, as quais, aliadas às condições de clima semiárido, resultam também nas taxas excessivas de salinização (MME, 2009).

Na bacia do Riacho Grande, o Domínio Fissural é representado por rochas do embasamento cristalino, referente ao subdomínio das rochas metamórficas do Complexo São Caetano e do subdomínio das rochas ígneas da Suíte Calcialcalina Itaporanga e Terra Nova (CPRM, 2014). Como quase não existe uma porosidade primária nestes tipos de rochas, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, refletindo em reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Portanto, neste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas, e a água em função da falta de circulação e do tipo de rocha (entre outras razões), é na maior parte das vezes salinizada (MME, 2009).

Outro importante Domínio Hidrogeológico no Nordeste brasileiro é representado pelas Formações Cenozoicas, constituídas por pacotes sedimentares de naturezas e espessuras variadas, que recobrem as rochas mais antigas, tanto aquelas que preenchem as bacias sedimentares, como aquelas diretamente sobre o embasamento cristalino. Em termos hidrogeológicos, comportam-se como aquífero poroso, possuindo entre suas características porosidade primária, e valores de permeabilidade bastante variados, função direta dos diferentes tipos litológicos que ocorrem dentro deste domínio. Dependendo da espessura e da razão entre areia e argila dessas unidades, podem ser produzidas vazões significativas nos poços tubulares perfurados, sendo, contudo bastante comum que esses poços captem água dos aquíferos subjacentes. Este domínio está representado por sedimentos relacionados temporalmente ao Quaternário e Terciário (aluviões, coluviões, depósitos eólicos e flúvio-lagunares, de leques aluviais, coberturas detriticas e detriticas-lateriticas diversas e coberturas residuais) (MME, 2009). Na área em estudo destaca-se o uso dos aluviões, como fonte alternativa ao abastecimento através da perfuração de poços rasos.

Além das formações cenozoicas, na área de estudo, o domínio em questão está representado pelos sedimentos da Bacia de Fátima, preenchida pelos arenitos da Formação Tacaratu, que constitui o principal sistema aquífero dessa bacia.

5 RESULTADOS

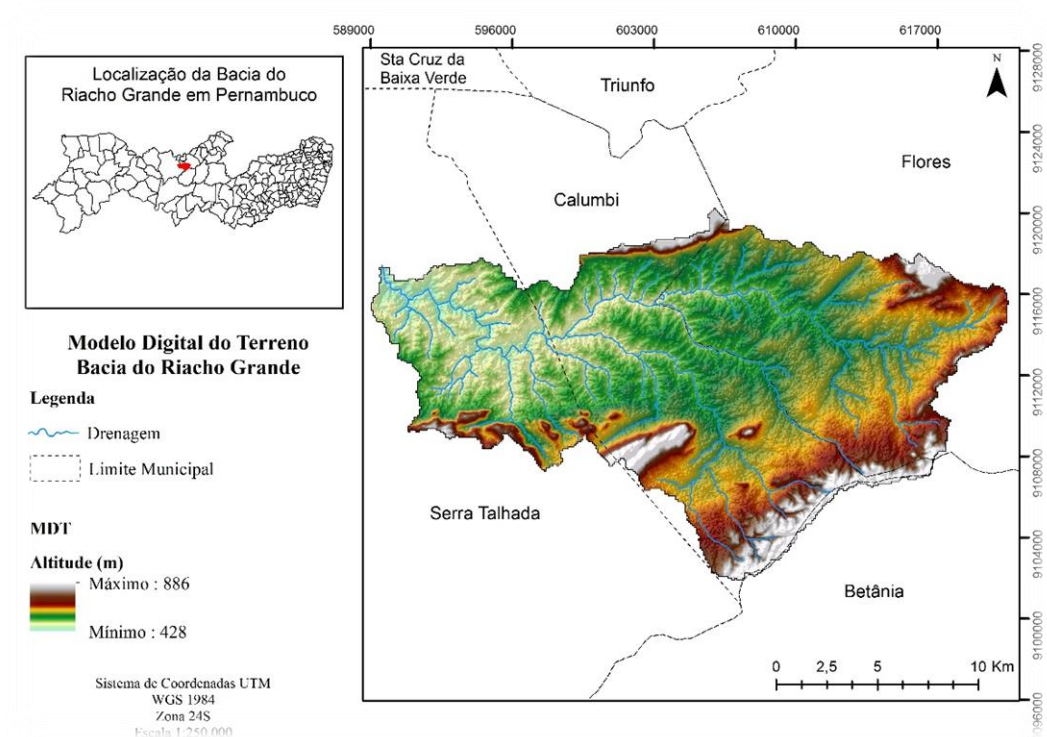
5.1 COMPARTIMENTAÇÃO FLUVIAL E DA PAISAGEM NA BACIA DO RIACHO GRANDE

Considerando a sequência de análise da paisagem geomorfológica e fluvial a partir da ideia de escalas aninhadas, foram realizados dois mapeamentos geomorfológicos para a bacia do Riacho Grande (Serra Talhada – PE). O primeiro refere-se ao mapeamento geomorfológico de detalhe contemplando os controles regionais sobre a bacia, em escala de 1:25.000, enfatizando o reconhecimento de unidades morfoestruturais e morfoesculturais. O mapeamento buscou correlacionar as unidades geomórficas à dinâmica do sistema fluvial, estabelecendo a influência da compartimentação regional na configuração dos diferentes tipos/estilos fluviais. O segundo mapeamento refere-se à compartimentação fluvial *per se*, em escala de 1:5.000, da bacia do Riacho Grande, com foco sobre o grau de confinamento dos vales e mapeamento de detalhe dos trechos significativos no que diz respeito à forma e processos de depósitos aluviais.

5.1.1 Mapeamento Geomorfológico de Detalhe

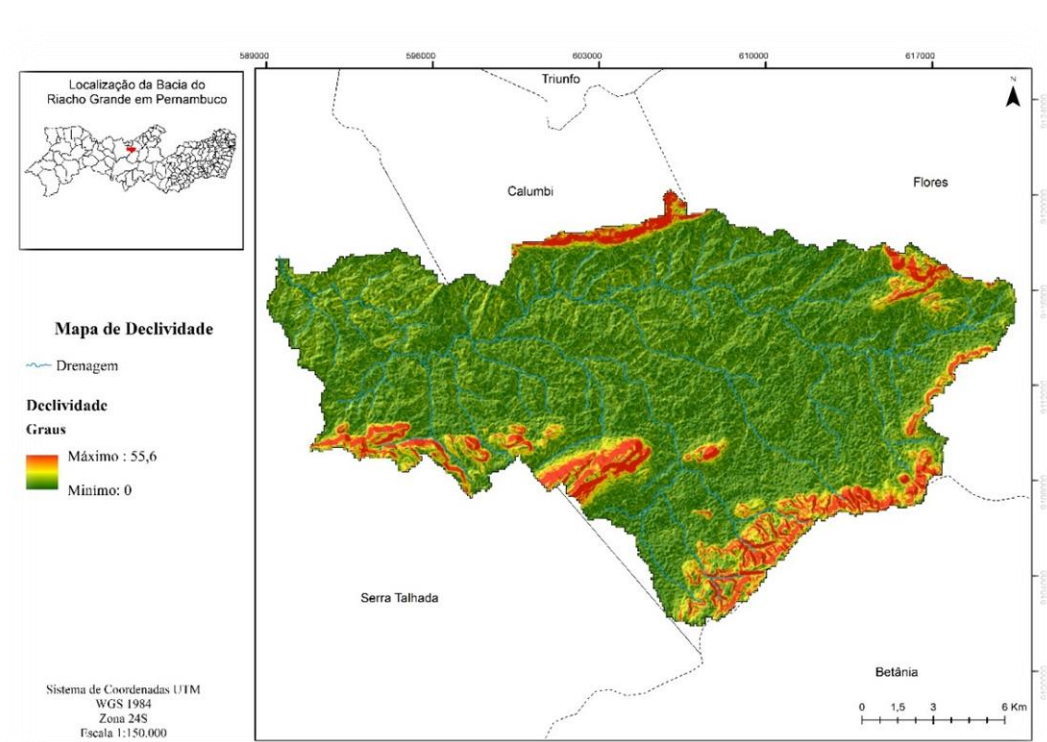
O mapa geomorfológico de detalhe foi elaborado a partir de dados numéricos, como o modelo digital de terreno (figura 9) e declividade (figura 10), além de trabalho de campo, enfatizando a diferença entre as unidades distintas e sua homogeneidade. Desta forma, foram identificadas no mapeamento geomorfológico (figura 11) cinco unidades morfoesculturais (figura 12): plano aluvial, inselbergues, maciços residuais em crista, pedimento dissecado entre 550 e 450 metros e planalto sedimentar em estrutura homoclinal.

Figura 9 – Modelo digital do terreno, Bacia do Riacho Grande - PE



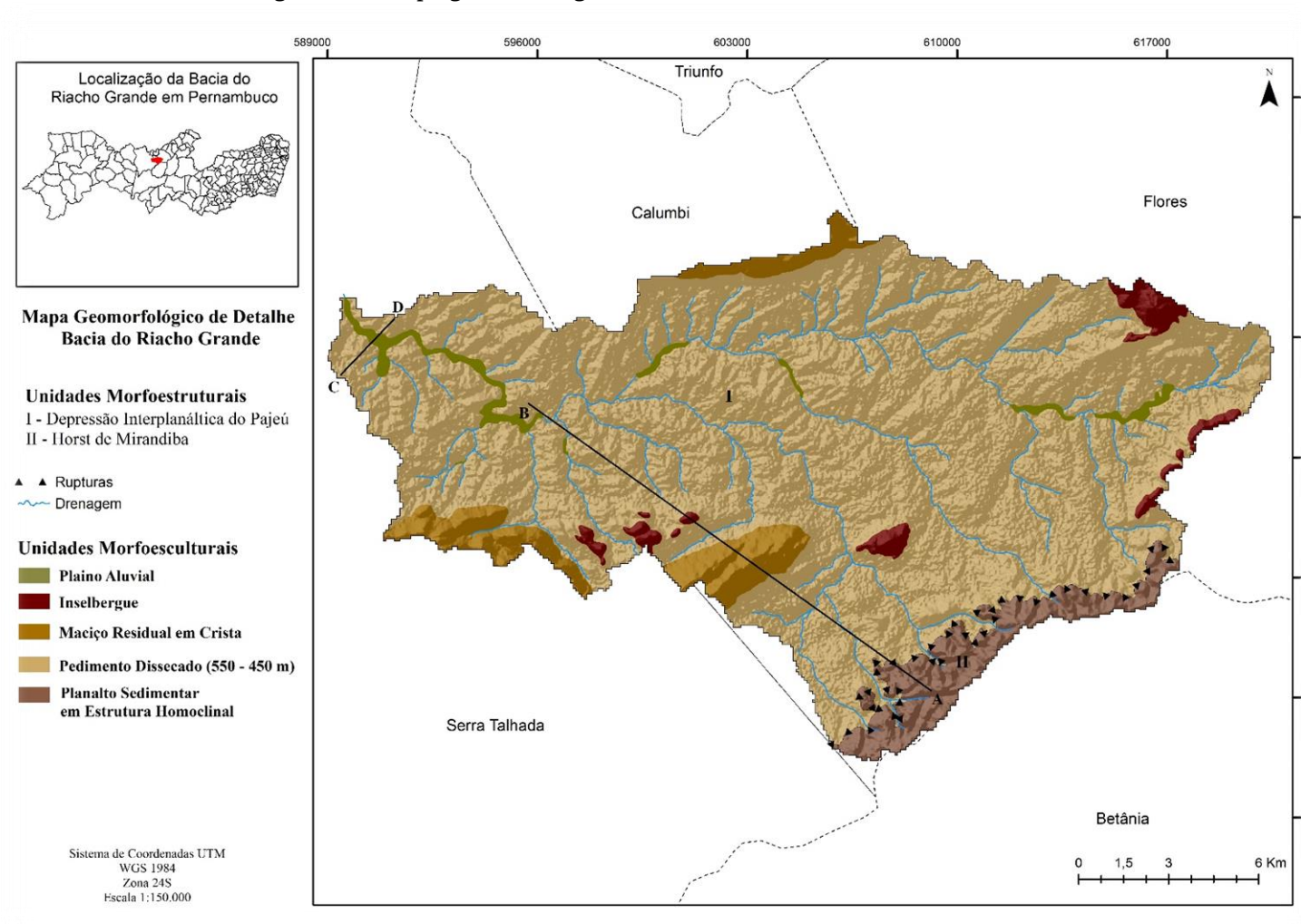
Fonte: USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos

Figura 10 – Declividade na Bacia do Riacho Grande – PE



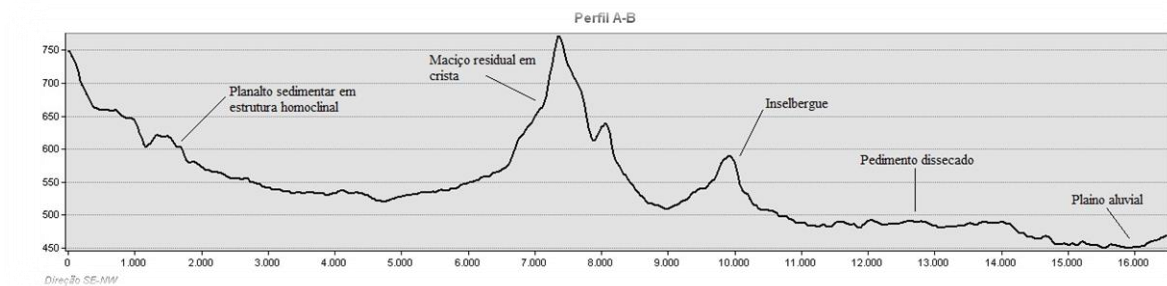
Fonte: USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos

Figura 11 – Mapa geomorfológico de detalhe – Bacia do Riacho Grande, PE



Fonte: A autora, 2016

Figura 12 – Perfil A-B (unidades morfoesculturais)



Fonte: A autora, 2016

- **Plano Aluvial**

A unidade plano aluvial representa as áreas com ocorrência de planícies de inundação, localizadas, sobretudo, ao longo do canal principal, que refletem as áreas de acumulação de sedimentos aluviais entre os bancos de canal e a margem do vale, provenientes do extravasamento de fluxo no canal (FRYIRS & BRIERLEY, 2013). Essas planícies de inundações constituem-se sítios de acumulação de sedimentos, que ao considerar a dinâmica de transporte de fluxo e sedimentos, representam impedimentos da livre circulação de energia e matéria na bacia fluvial, com exceção aos eventos de alta magnitude, capazes de retrabalharem os sedimentos estocados nas planícies de inundação, incorporando-os de volta ao sistema.

Apesar de serem elementos de desconexão (rompem ligações no sistema fluvial), os depósitos em planície de inundação, formados por acreção lateral ou vertical, têm sido utilizados no abastecimento alternativo de comunidades rurais difusas do Semiárido do Nordeste brasileiro, através da perfuração de poços rasos ou instalação de pequenas barragens subterrâneas. Portanto, é necessário o reconhecimento da forma e entendimento dos processos geomorfológicos em sua gênese, para que se possa garantir estratégias de gestão adequadas para a sua manutenção e melhor aproveitamento.

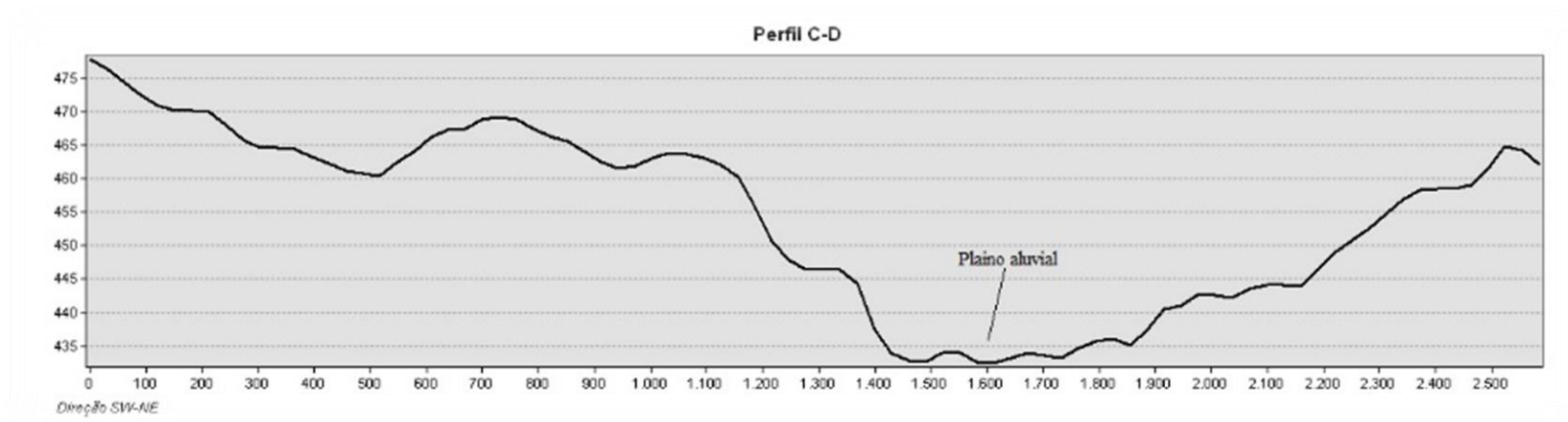
O plano aluvial corresponde às superfícies de mais baixa altitude e encontram-se em trechos de menor declividade. O trecho em plano aluvial de maior representatividade na bacia, encontra-se na foz do Riacho Grande (figura 13), com o entulhamento de sedimentos na confluência com o rio Pajeú, impedindo a junção direta dos dois canais. Na bacia, os planos encontram-se confinados entre os pedimentos dissecados (figura 14).

Figura 13 – Plauto aluvial, foz do Riacho Grande



Fonte: A autora, em Dezembro/2016

Figura 14 – Perfil transversal C-D



Fonte: A autora, 2016

- **Pedimento Dissecado**

A unidade identificada por pedimento dissecado (figura 15) recobre grande parte da bacia do Riacho Grande, variando suavemente entre as cotas de 550 a 450 metros, com aparência ligeiramente aplainada. Sobre a unidade predominam os solos rasos e coberturas detriticas dissecados pela drenagem. Este compartimento está estruturado numa sequência de rochas metassedimentares metamorfizadas do Complexo São Caetano (CPRM, 2001) ao norte da Zona de Cisalhamento (ZC) Afogados da Ingazeira. A paisagem é composta ainda por feições residuais, como inselbergues e maciços em crista.

Figura 15 – Pedimento dissecado (ao fundo – maciço residual em crista)



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

- **Maciços Residuais em Crista e Inselbergues**

Os maciços residuais em crista (figura 16) compostos por horblenda, quartzo-monzonito, granito fino a porfirítico da Suíte intrusiva shoshonítica peralcalina Terra Nova, ocorrem na porção inferior da bacia, acompanhando o lineamento NE-SW e a ZC Afogados da Ingazeira. Na porção superior da bacia, esta unidade também se faz presente, sendo ai

estruturada por sienogranito com basalto e dacito comagmático da Suíte intrusiva Prata, suíte granítica subalcalina e alcalina (CPRM, 2001).

Os inselbergues (figura 17), que também seguem os lineamentos estruturais de direção NE-SW na bacia do Riacho Grande, apresentando composição granítica, são responsáveis pelas formas residuais de menor proeminência, quando comparadas aos maciços em crista, entre os pedimentos detríticos.

Figura 16 – Maciço residual em crista



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

Figura 17 – Inselbergue

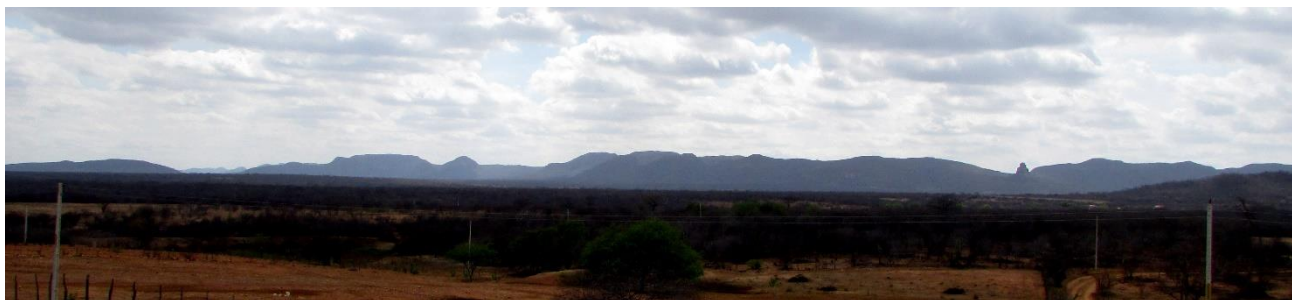


Fonte: A autora, em Novembro/2014

- **Planalto Sedimentar em Estrutura Homoclinal**

O planalto sedimentar em estrutura homoclinal (figura 18) está inserido no contexto morfoestrutural do Horst de Mirandiba, alicerçado sobre a Formação Tacaratu/Bacia de Fátima, caracterizada litologicamente por uma sequência de sedimentos predominantemente arenosos, destacando-se os arenitos grosseiros a conglomeráticos (CPRM, 2000; CPRM, 2001). A litologia dessas áreas está refletida na quantidade e características físicas e composicionais dos sedimentos que aportam os canais fluviais de toda a bacia, em razão dos tributários principais terem suas nascentes nos domínios deste planalto. Entretanto, estudos mais detalhados são necessários para estabelecer as áreas fontes desses sedimentos de maneira robusta, como os métodos de assinatura geoquímica *fingerprinting*, que utilizam elementos traço para verificar a procedência dos sedimentos depositados ao longo dos canais.

Figura 18 – Planalto em estrutura homoclinal

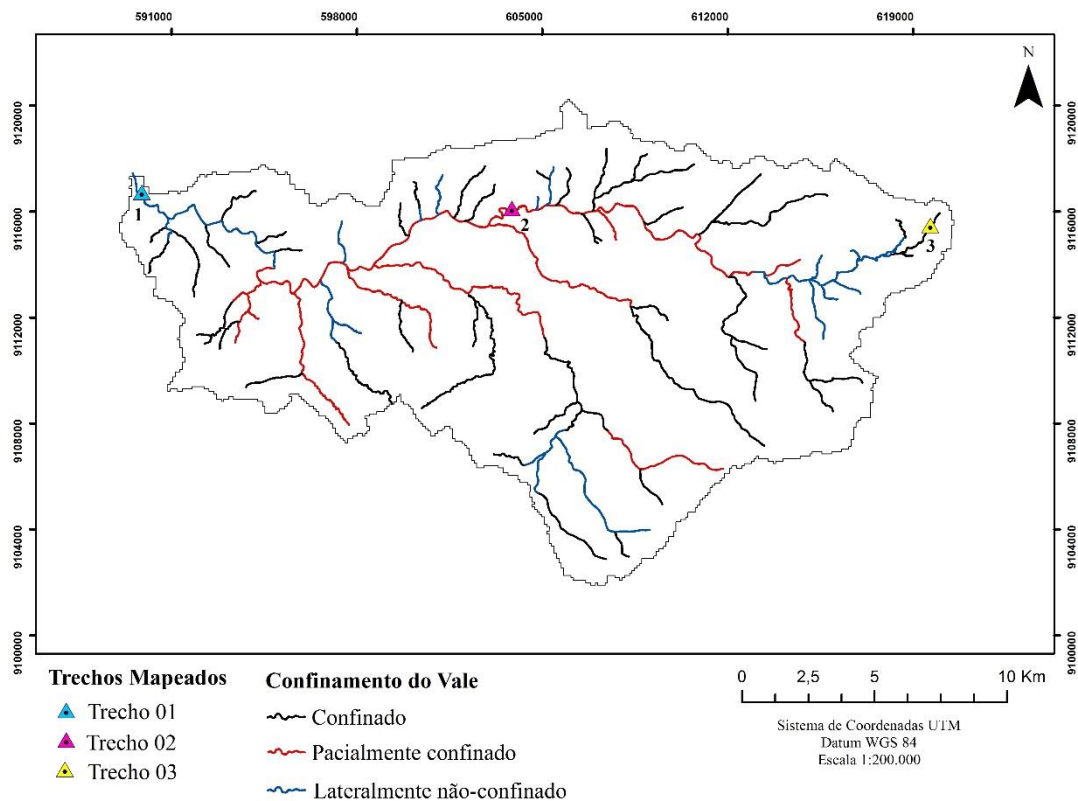


Fonte: A autora, em Dezembro/2015

5.1.2 Compartimentação e Tipologia Fluvial

Neste item deu-se sequência ao mapeamento geomorfológico de detalhe da bacia do Riacho Grande, enfatizando a compartimentação fluvial na bacia, que foi definida a partir da proposta de Estilos Fluviais (BRIERLEY & FRYIRS, 2005). Tomando por base a compartimentação proposta por Almeida, Souza e Côrrea (2016) identificou-se, a partir do grau do confinamento do vale, os trechos de canais confinados, parcialmente confinados e lateralmente não confinados. Seu mapeamento enfatizou a ocorrência das formas deposicionais (figura 19).

Figura 19 – Configuração dos canais a partir da proposta de estilos fluviais



Adaptado de Almeida, Souza e Côrrea (2016)

Os trechos de canais confinados (<10% com presença de planícies de inundação) não foram enfatizados para fins de mapeamento de detalhe neste trabalho, com exceção daqueles que apresentam planícies de inundação descontínuas (trecho 03), dado que buscou-se identificar formas deposicionais potencialmente relevantes para fins de gerenciamento e planejamento de recursos hídricos locais, com foco sobre o aproveitamento destes ambientes como aquíferos aluviais livres. Portanto, os trechos de canais parcialmente confinados e lateralmente não confinados foram mais representativos para os objetivos da pesquisa. Dentre esses, foram escolhidos dois trechos com características expressivas de cada estilo, e para cada trecho realizou-se um mapeamento de detalhe das formas fluviais. Os trechos selecionados referem-se a segmentos do canal principal, sobre os quais enfatizou-se a diferença entre estilos fluviais.

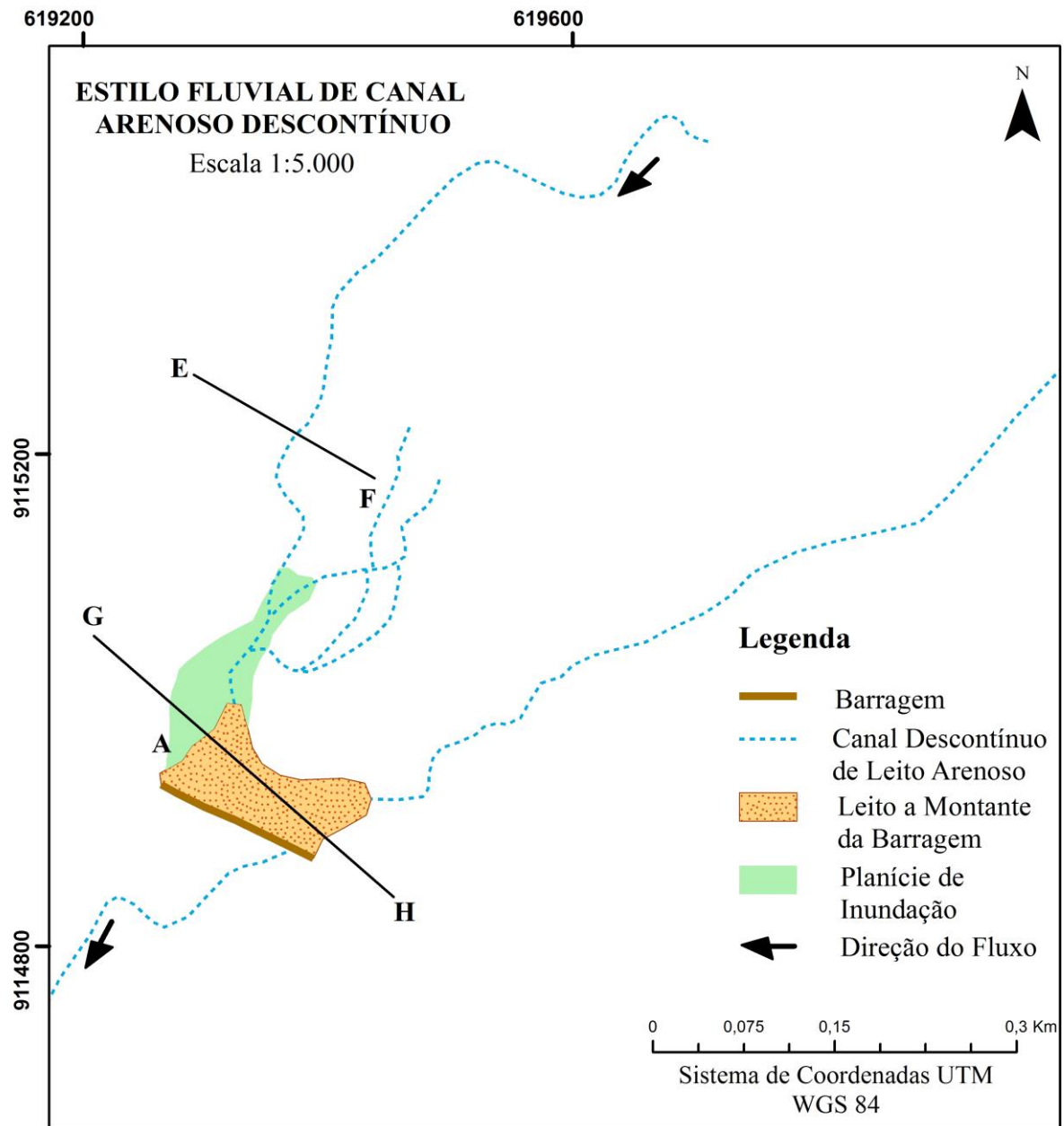
O canal principal, com 44,7 Km de comprimento, apresenta uma sinuosidade transicional, entre canais sinuosos e retilíneos. A sinuosidade foi medida a partir do comprimento verdadeiro (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre a nascente e a foz do canal principal. De acordo com Schumm (1963) valores

próximos a 1,0 indicam canais que tendem a ser retilíneos, enquanto valores superiores a 2,0 apontam para canais que tendem a ser sinuosos, por seu turno os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Antoneli e Thomaz (2007) ressaltam que a sinuosidade dos canais é influenciada tanto pela carga de sedimentos, como por suas características litológicas, estrutura geológica e declividade. O Riacho Grande apresentou índice de 1,46 (transicional), o qual justifica-se pela presença de trechos em planícies de inundação, onde os canais apresentam uma sinuosidade maior.

O primeiro trecho – Trecho 03 (figura 20) em análise refere-se ao segmento de canal retilíneo confinado, controlado por lineamentos estruturais NE-SW. Possui leito arenoso e apresenta planície de inundação descontínua, identificado como canal arenoso descontínuo. O trecho, de 2,5 Km, apresenta vegetação arbustiva densa, intercalada ao solo exposto para atividades agropecuárias. Com vistas ao desenvolvimento destas atividades, implantou-se, transversalmente ao canal, uma barragem de construção rústica, causando a retenção de sedimentos arenosos em seu leito. O canal efêmero, encontra-se encaixado em pedimentos entre 550 a 530 metros, numa zona processual de produção de sedimentos, o mesmo não apresenta fluxo na baixa vazão, enquanto na alta, a vazão atinge o seu pico durante e logo após os eventos chuvosos de alta magnitude.

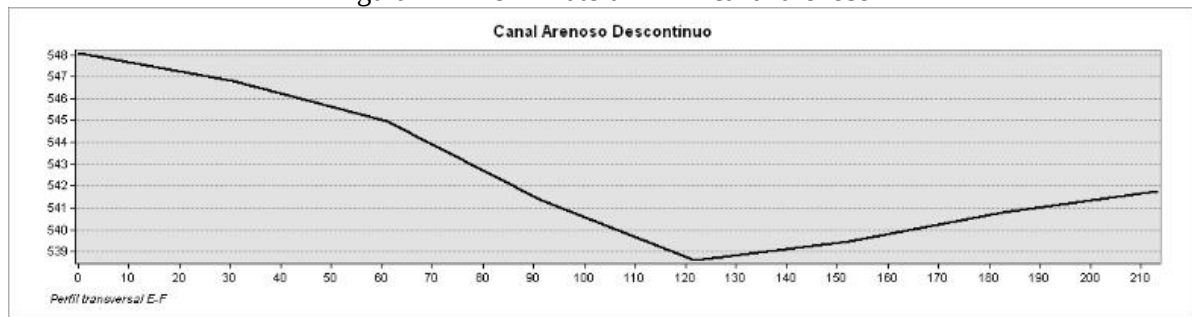
O fluxo hídrico provoca a incisão do canal, bem como a erosão da margem direita, com a presença de fragmentos rochosos, e deposição dos detritos na margem esquerda por acreção lateral. As margens possuem distintas declividades. Enquanto a margem esquerda apresenta morfologia suave com a deposição de clastos, a margem direita é íngreme (figura 21). Sobre o leito da barragem, o vale é alargado, com a presença de planície de inundação proveniente do extravasamento de fluxo por sobre o sangradouro da barragem (figura 22).

Figura 20 – Mapeamento de canal arenoso descontínuo. A) Barragem de Terra no Canal



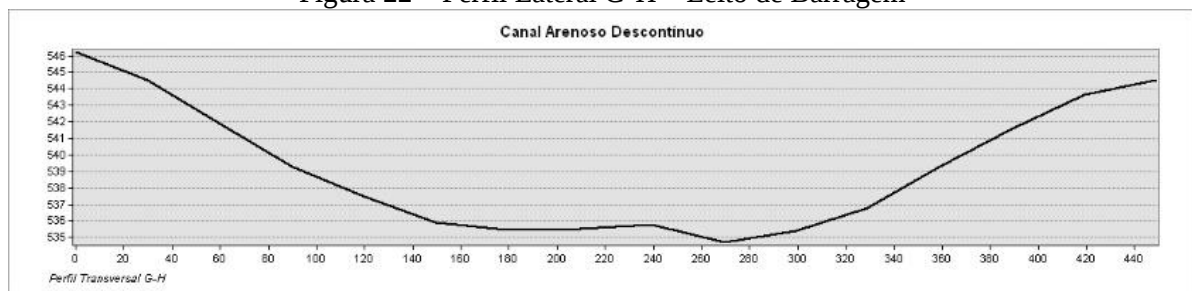
Fonte: A autora, 2016

Figura 21 – Perfil Lateral E-F – canal arenoso



Fonte: A autora, 2016

Figura 22 – Perfil Lateral G-H – Leito de Barragem

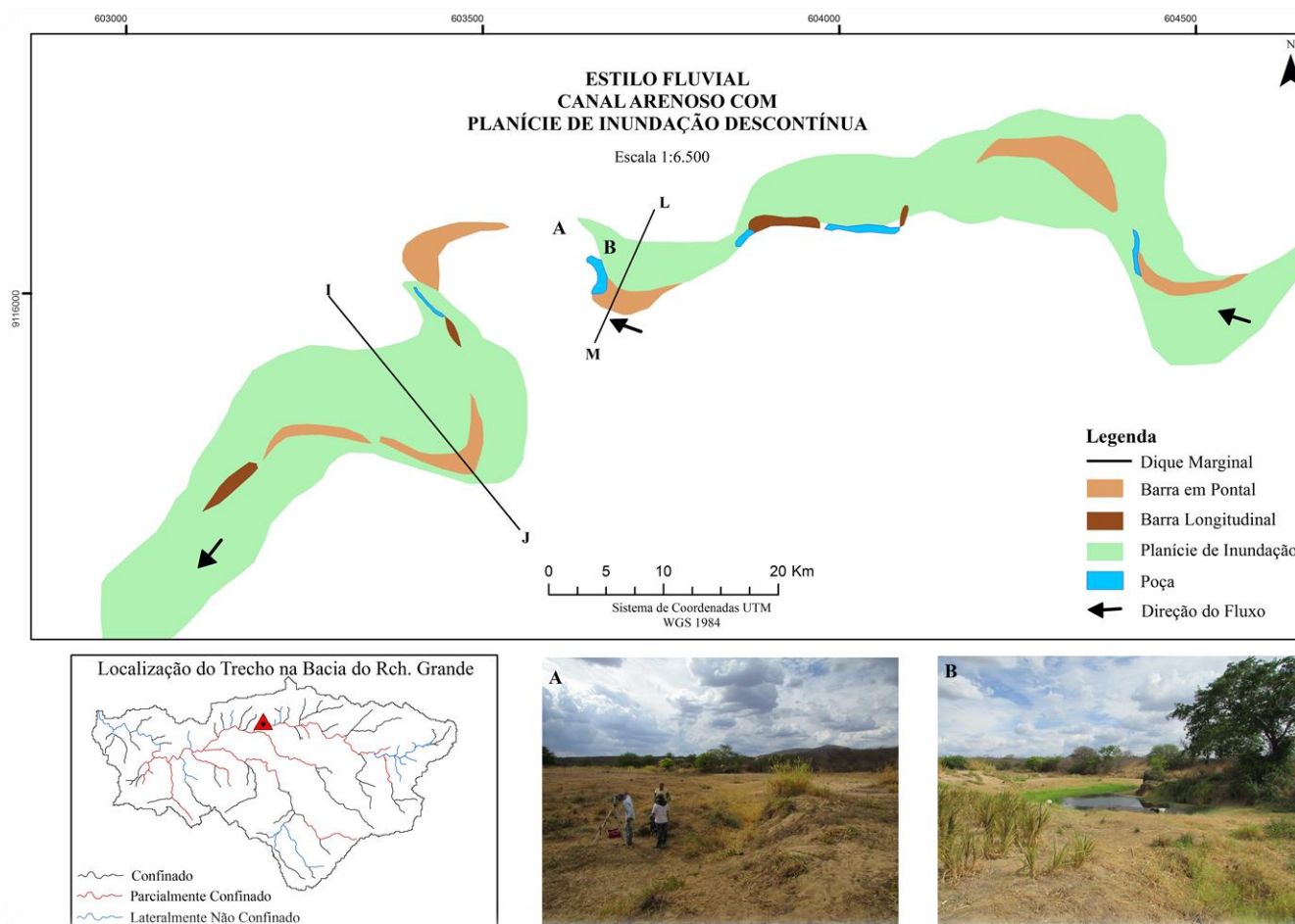


Fonte: A autora, 2016

O segundo trecho – Trecho 02 (figura 23) refere-se ao canal sinuoso com planícies de inundação descontínuas, identificado como canal arenoso com planície de inundação descontínua, configurado em vale parcialmente confinado, encaixado em pedimento detrítico, com altitude entre 480 a 450 metros (figuras 24 e 25).

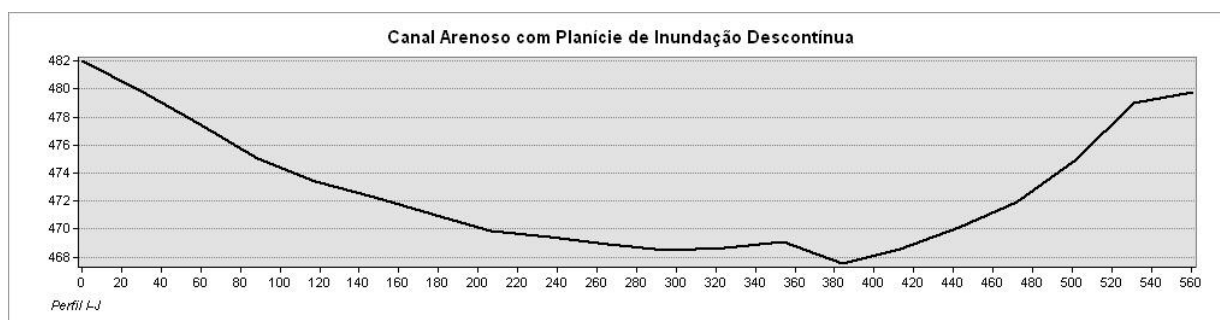
O trecho apresenta instabilidade lateral e vertical, com solo arenoso e ausência de cobertura vegetal preservada, com exceção das margens do leito da barragem. Em área de pedimento detrítico, durante a alta vazão ocorre a migração lateral dos canais, com a erosão nas margens côncavas e deposição nas margens convexas, formando as barras em pontal, além do extravasamento do fluxo, criando as planícies de inundação. O trecho apresenta o desenvolvimento de um dique marginal, que tende a evoluir juntando-se à barra em pontal adjacente. No trecho, a intensificação do uso da terra, remobiliza os materiais das margens do canal depositando-os no leito.

Figura 23 – Mapeamento de canal arenoso com planície de inundação descontínua. A) Dique Marginal /B) Poça



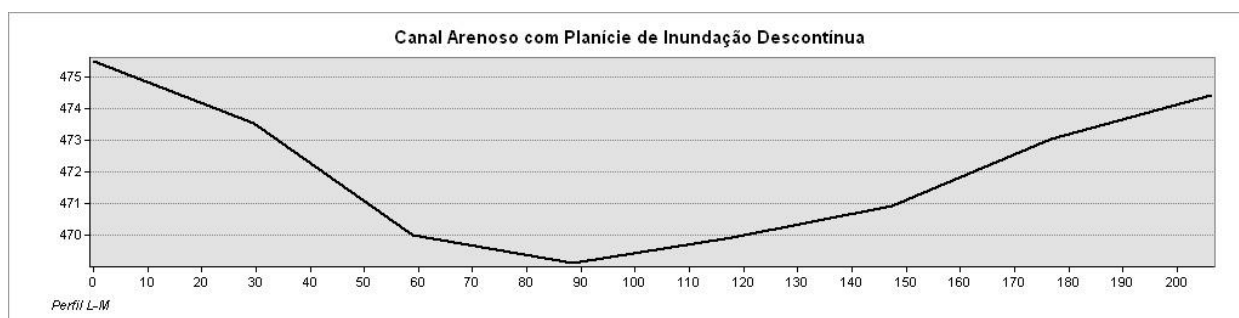
Fonte: A autora, 2016

Figura 24 – Perfil Lateral I-J – canal arenoso com planície de inundação descontínua



Fonte: A autora, 2016

Figura 25 – Perfil Lateral L-M – canal arenoso com planície de inundação descontínua

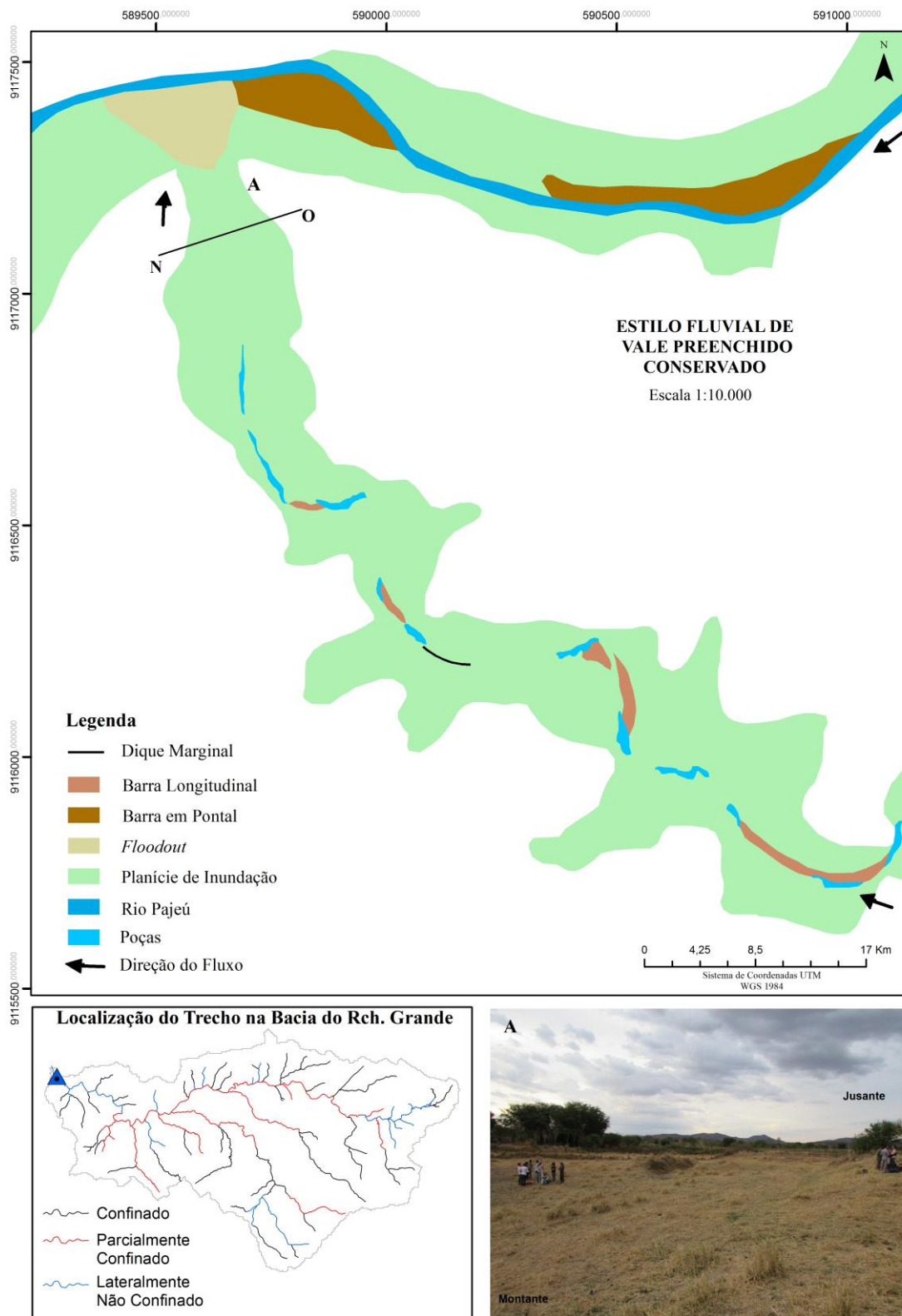


Fonte: A autora, 2016

O terceiro e último trecho – Trecho 01 (figura 26), com 3 Km de extensão, está configurado em canal lateralmente não confinado, de baixa sinuosidade, com fluxo descontínuo, identificado como vale preenchido conservado, com largura de aproximadamente 120 metros. Possui baixa declividade, tanto no perfil lateral quanto longitudinal. No trecho predomina uma larga planície de inundação, proveniente do extravasamento de fluxo do canal durante a alta vazão. Também foram identificadas barras arenosas no meio de canal (barras longitudinais) e poças seguindo uma sequência entre as barras. Um dique marginal foi mapeado neste segmento o qual, considerando o aporte de sedimento em uma relação temporal dos processos deposicionais, poderá progredir lateralmente para uma barra em pontal.

Neste trecho, no exutório da bacia, têm-se o depósito de sedimentos em *floodout*, aprisionando os sedimentos no leito alargado antes da confluência com o rio Pajeú, assim formando um barramento na foz do Riacho Grande que impede a livre circulação do fluxo entre os canais, além de soterrar as incisões verticais existentes. Durante as cheias, há o extravasamento de fluxo do rio Pajeú, rompendo o barramento, remobilizando os sedimentos e depositando-os ao longo da planície de inundação do Riacho Grande. Neste trecho, predomina-se a deposição de sedimentos finos.

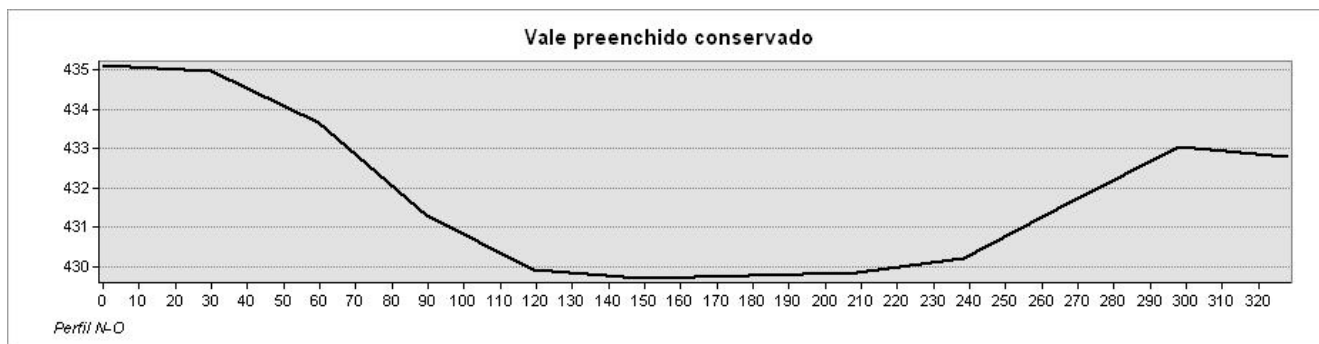
Figura 26 – Mapeamento de Vale Preenchido Conservado. A) Perfil N-O



Fonte: A autora, 2016

O vale (figura 27) encontra-se numa zona processual de deposição. Deste modo, durante a baixa vazão, há ausência de fluxo no canal, ao passo que durante a média vazão, quando o fluxo é capaz de gerar pequenas incisões, formam-se poças e a deposição de sedimentos dá-se à jusante destas. Na alta vazão há o extravasamento do fluxo até as margens superiores, depositando os sedimentos em planície de inundação.

Figura 27 – Perfil Lateral N-O – vale preenchido conservado, foz do Riacho Grande - PE



Fonte: A autora, 2016

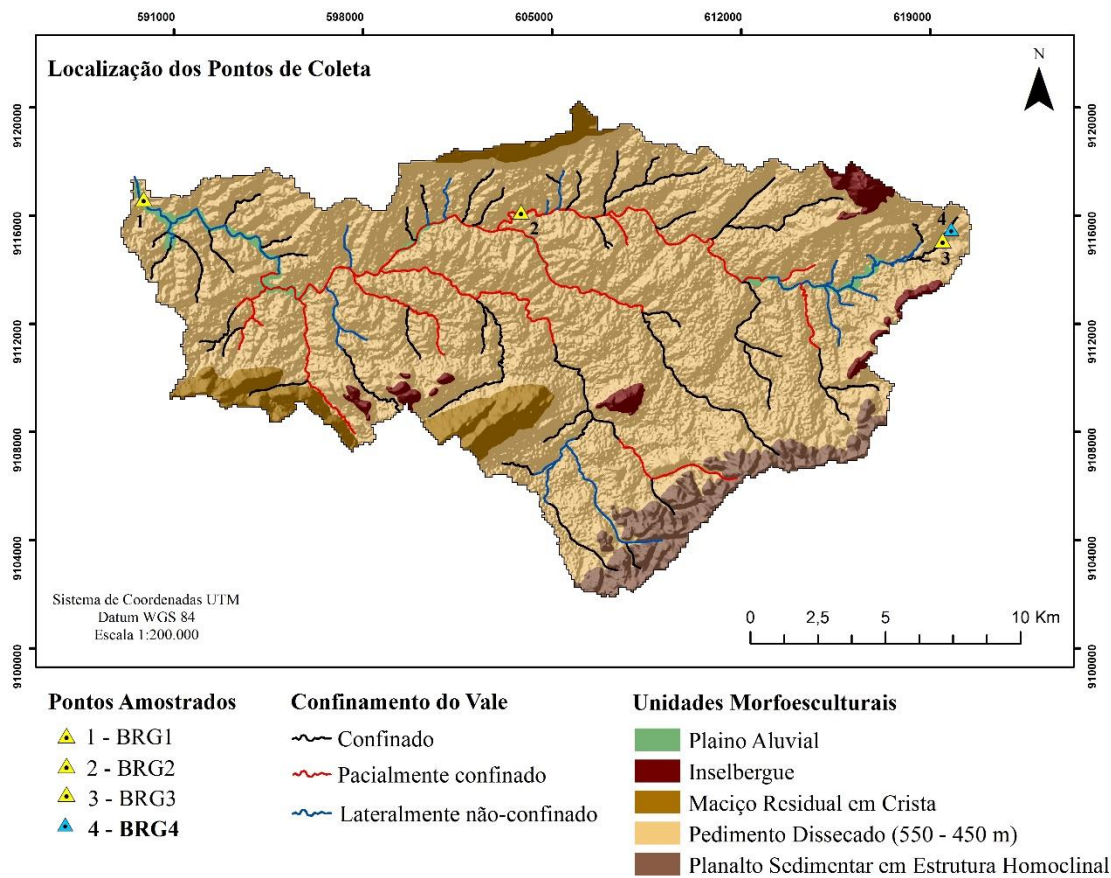
Em todos os trechos, as margens são destinadas à pecuária de pequeno a médio porte e à pequena lavoura de subsistência, com a utilização das áreas alagadas, o que facilita os processos erosivos e a instabilidade das margens. Poços amazonas (poços rasos) foram identificados nos trechos em destaque, fortalecendo a utilização dos depósitos aluviais em planícies de inundação ao abastecimento alternativo de água. Portanto, abordagens sistêmicas, como mapeamento em escalas hierárquicas aninhadas, que busquem conhecer a complexidade da dinâmica regional da paisagem e a sua influência no sistema fluvial semiárido, devem estar atreladas ao planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos locais, conservando os diferentes estilos fluviais e mantendo a relação harmônica entre a dinâmica física da paisagem e seus usos.

5.1.3 Propriedades Sedimentológicas e Paisagem na Bacia do Riacho Grande

A primeira área amostrada está localizada próximo à cabeceira do Riacho Grande, a $37^{\circ}55'00''$ W e $8^{\circ}00'11.5''$ S, a cerca de 540 m de altitude (figura 28). Este ponto corresponde ao trecho 03 mapeado, definido como canal confinado de leito arenoso descontínuo, está inserido na unidade geomorfológica de pedimento dissecado. As coletas foram realizadas no

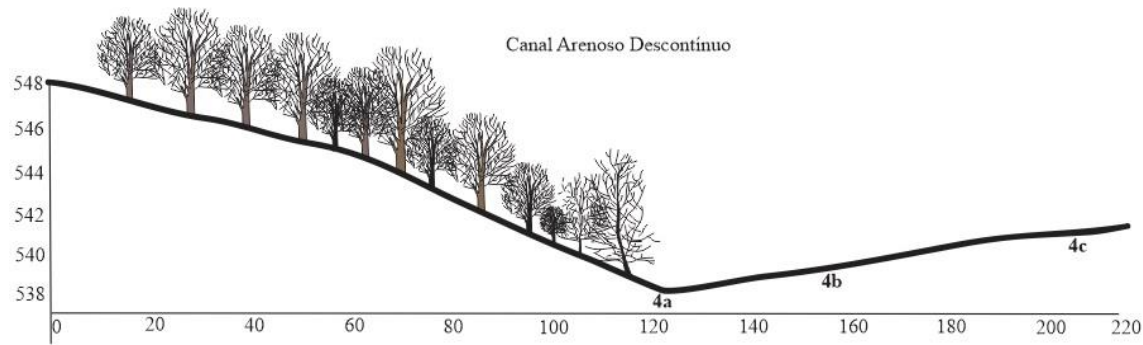
leito do canal e nas margens adjacentes a medida em que observou-se *knickpoints* locais (figuras 29 e 30).

Figura 28 – Localização do ponto amostrado na bacia



Fonte: A autora, 2017

Figura 29 – Perfil lateral do ponto amostrado



Fonte: A autora, 2017

Figura 30 – Vista panorâmica do ponto amostrado



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

O ponto BRG4 corresponde ao leito e margens esquerda do canal, onde predomina a deposição de sedimentos arenosos. De modo geral, o ponto apresenta grau de seleção pobre para todas as amostras coletadas e hidrodinâmica de sedimentação muito alta (figuras 31, 32 e 33). As amostras do ponto BRG4 apresentam variações em suas características sedimentológicas, destacadas por seus aspectos granulométricos (figuras 31, 32 e 33) e valores de curtose e assimetria.

Figura 31 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 4a

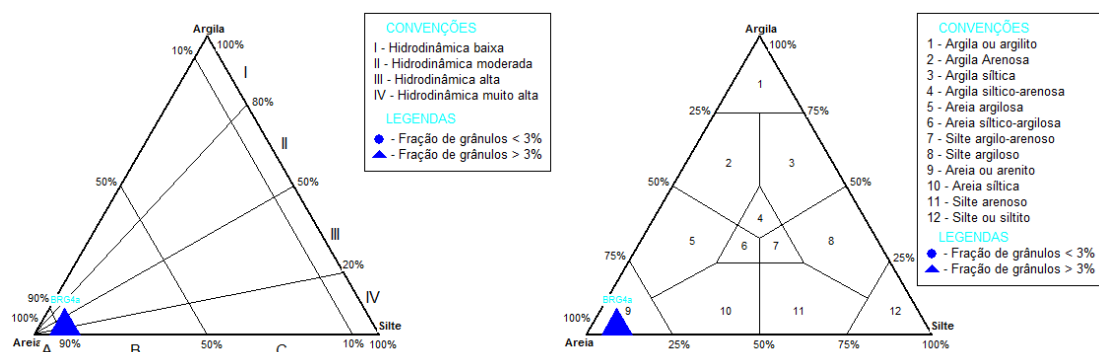


Figura 32 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 4b

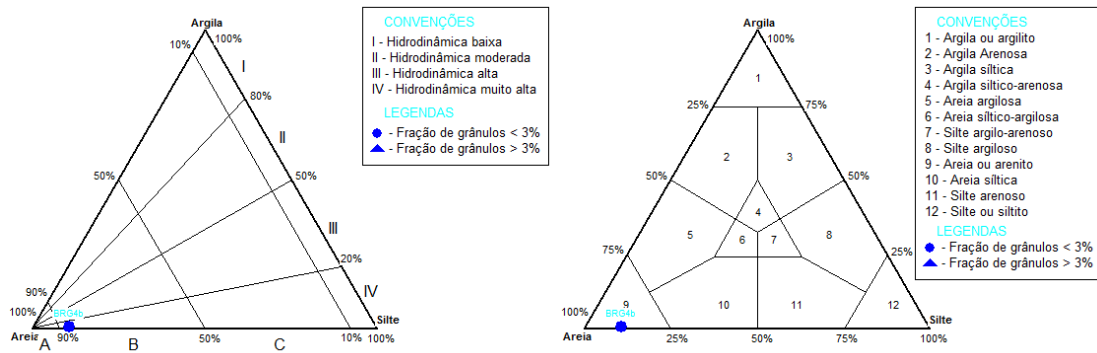
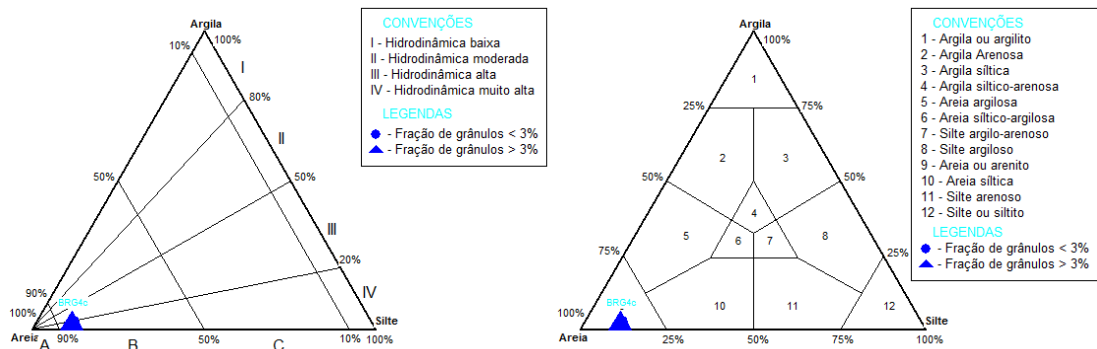
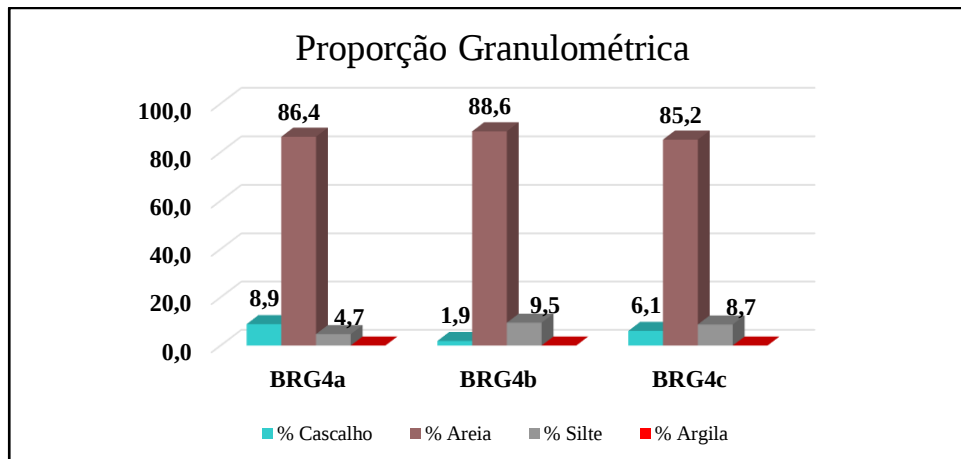


Figura 33 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 4c



Granulometricamente, as amostras apresentam-se na fração areia, sendo a amostra 4a composta por areia grossa, 4b por areia fina e 4c por areia média. No geral, as amostras apresentam porcentagens superiores a 80% de areia e inferiores a 20% de silte e cascalho (gráfico 2).

Gráfico 2 – Proporção granulométrica das amostras do ponto BRG4



Entre os graus de assimetria e curtose, as amostras 4a e 4b apresentam assimetria positiva e curtose leptocúrtica, enquanto que a amostra 4c apresenta-se aproximadamente simétrica e curtose mesocúrtica (quadro 2).

Quadro 2 – Graus de assimetria e curtose para amostras do ponto BRG4

<i>Amostra</i>	<i>Assimetria</i>	<i>Curtose</i>
4 a	Positiva	Leptocúrtica
4 b	Positiva	Leptocúrtica
4 c	Aproximadamente Simétrica	Mesocúrtica

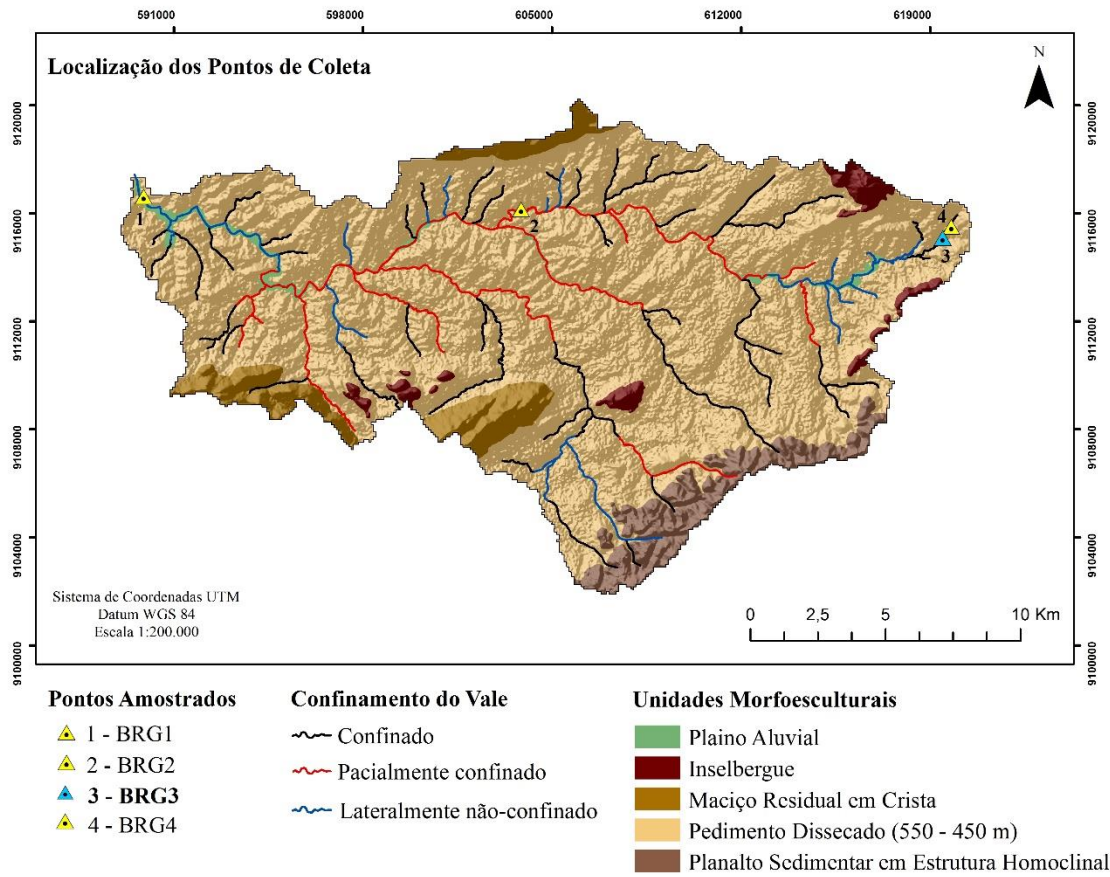
A morfoscopia (quadro 3) também apresenta algumas alternâncias entre os dados das amostras do ponto em análise. Em relação ao grau de arredondamento, variam de grãos angulares a sub-angulares, com textura que varia de brilhante a fosca. Já a opacidade, todas as amostras apresentam-se opacas. Quanto a esfericidade, todas as amostras apresentam-se sub-discoidais. Apesar de tratar-se de uma área fonte, estas observações refletem grande retrabalhamento do material depositado no leito e nas margens, provavelmente relacionado ao transporte anterior ao transporte fluvial.

Quadro 3 – Dados de morfoscopia para amostras do ponto BRG4

<i>Amostra</i>	<i>Esfericidade</i>	<i>Arredondamento</i>	<i>Textura</i>	<i>Opacidade</i>
4 a	Sub-discoidal	Sub-angular	Brilhante	Opaca
4 b	Sub-discoidal	Angular	Fosca	Opaca
4 c	Sub-discoidal	Sub-angular	Fosca	Opaca

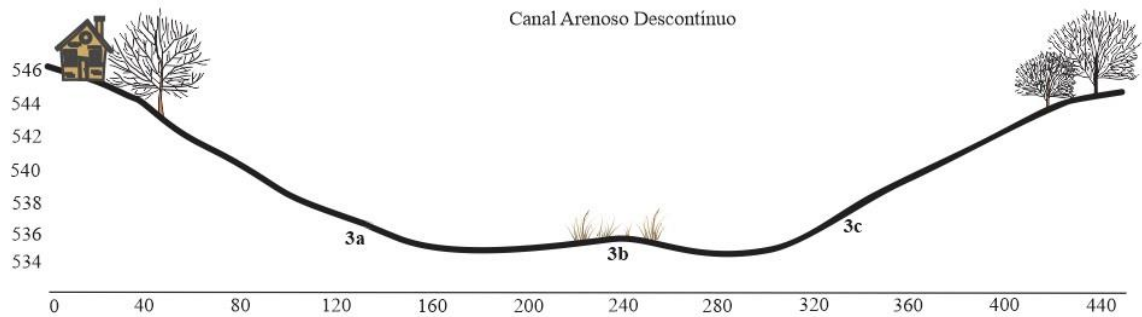
A segunda área amostrada está localizada a 37°55'2.15'' W e 8°00'19.02'' S, a aproximadamente 536 m de altitude (figura 34). Este ponto refere-se ao trecho de canal confinado arenoso descontínuo e insere-se no contexto paisagístico de pedimento dissecado. As coletas foram realizadas no leito da barragem e em suas margens (figura 35 e 36).

Figura 34 – Localização do ponto amostrado na bacia



Fonte: A autora, 2017

Figura 35 – Perfil Lateral do ponto amostrado BRG3



Fonte: A autora, 2017

Figura 36 – Vista panorâmica do ponto amostrado BRG3



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

O ponto BRG3 corresponde ao leito e margens esquerda e direita a montante do paredão da barragem, onde ocorre predominante a deposição de sedimentos arenosos, com menores proporções da fração silte. Assim como o ponto BRG4, de um modo geral, o ponto apresenta grau de seleção pobre para todas as amostras coletadas e hidrodinâmica de sedimentação muito alta (figuras 37, 38 e 39). As amostras do ponto BRG3 destacam em suas análises algumas variações em suas características sedimentológicas, representadas por seus aspectos granulométricos (figura 37, 38 e 39), bem como valores de curtose e assimetria.

Figura 37 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 3a.

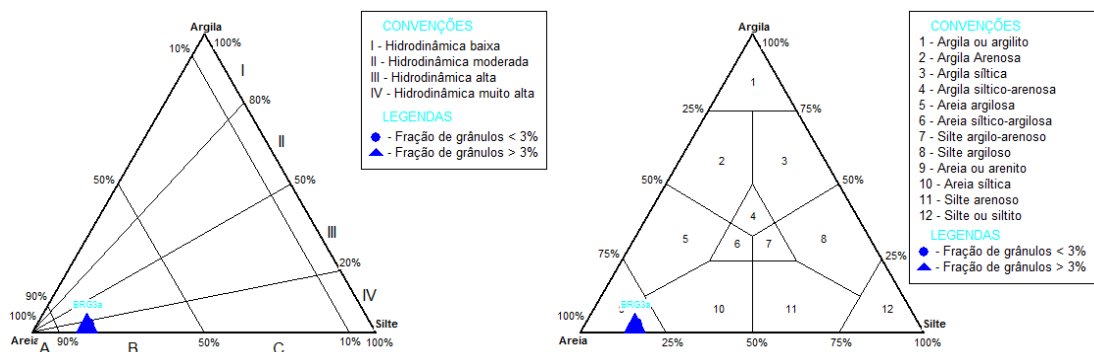


Figura 38 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 3b.

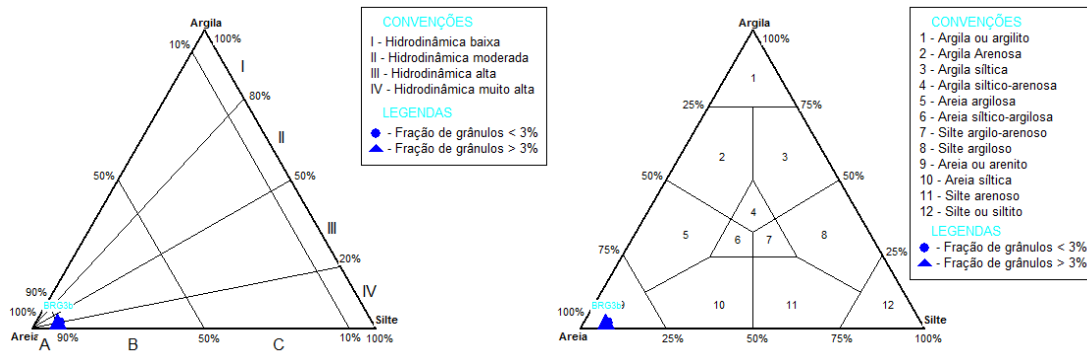
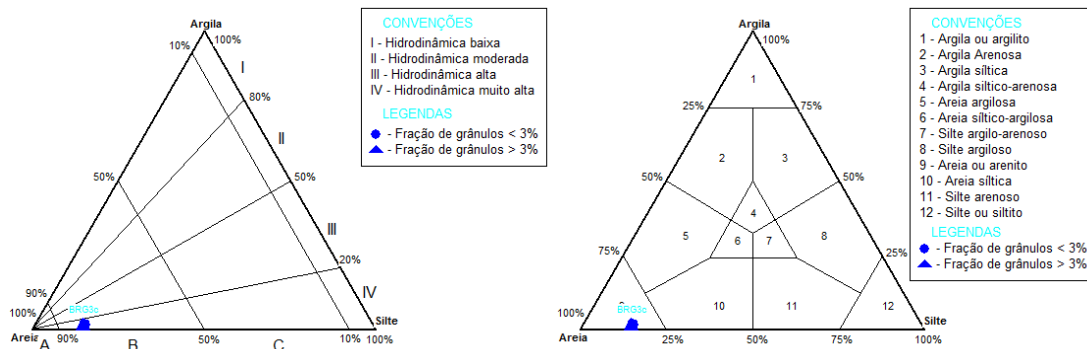
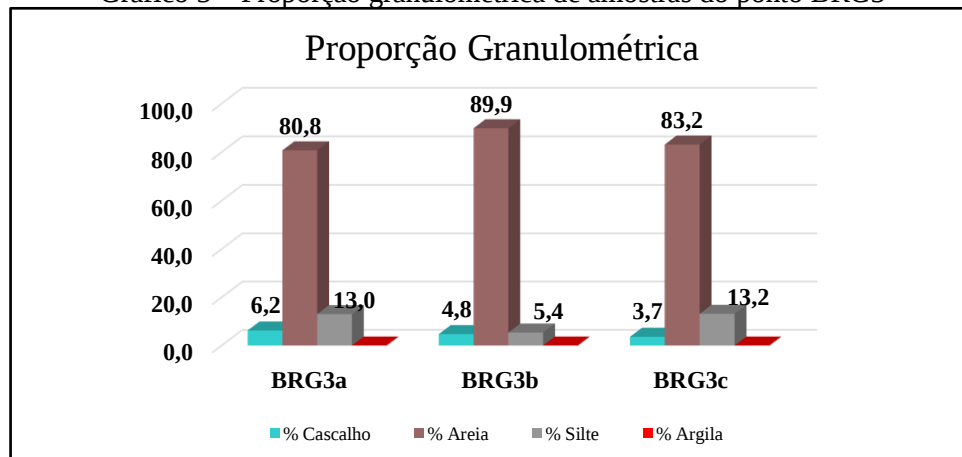


Figura 39 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 3c.



A granulometria das amostras coletadas apresenta-se completamente na fração areia, sendo que as amostras 3a e 3c, que referem-se às margens direita e esquerda, respectivamente, são compostas por areia fina, enquanto que a amostra 3b por areia média. A proporção granulométrica (gráfico 3) para o ponto coletado varia entre 80,8 % a 89,9% de areia, enquanto as porcentagens de cascalho apresentam valores inferiores a 10% e silte inferiores a 15%.

Gráfico 3 – Proporção granulométrica de amostras do ponto BRG3



Em relação os graus de assimetria e curtose, todas amostras apresentam-se aproximadamente simétricas. Já em relação ao grau de curtose as amostras apresentaram-se leptocúrticas (3a e 3b) e mesocúrtica (3c) (quadro 4).

Quadro 4 – Graus de assimetria e curtose para amostras do ponto BRG3

<i>Amostras</i>	<i>Assimetria</i>	<i>Curtose</i>
3 a	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
3 b	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
3 c	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica

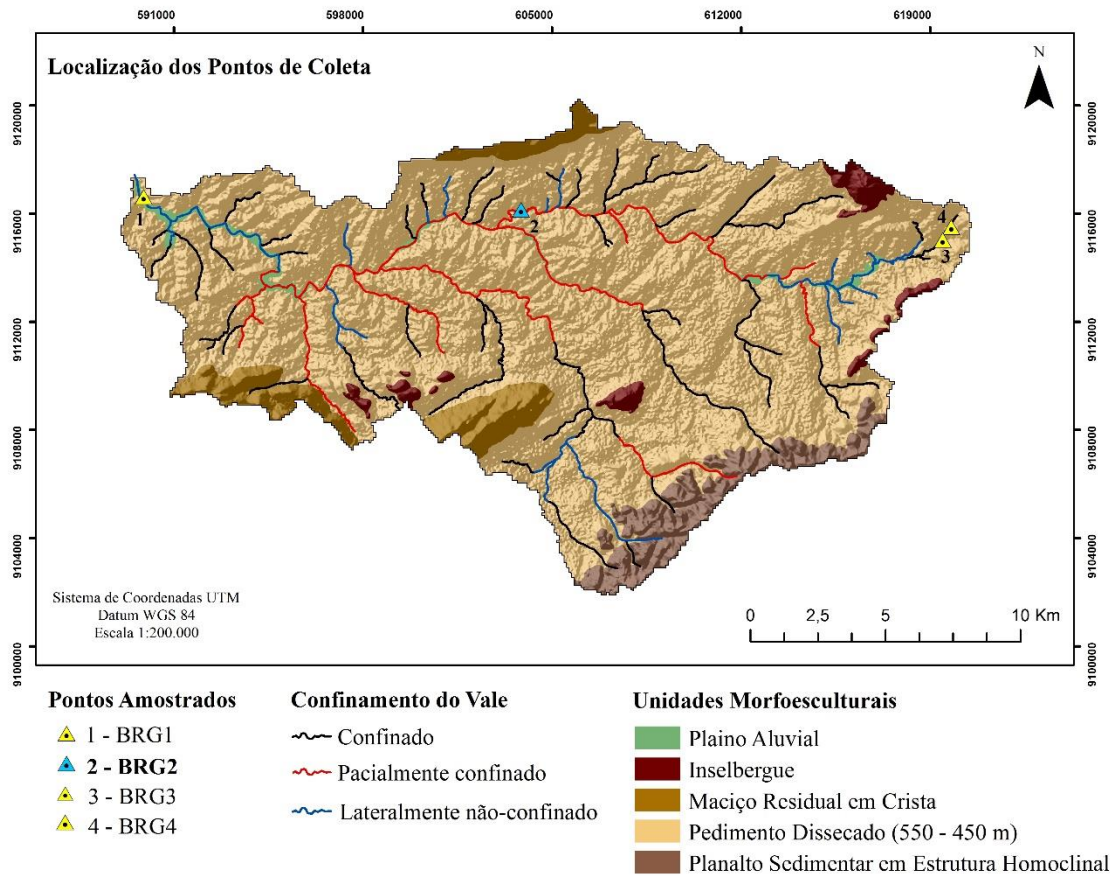
Tratando-se da morfoscopia (quadro 5), o ponto em destaque também apresentou algumas alternâncias refletidas entre os dados de suas amostras. Comparando-se o grau de arredondamento, variam de grãos angulares a sub-angulares. Quanto ao grau de esfericidade apresentam-se de sub-discoideal a discoideal, apresentando textura que varia de brilhante a fosca. Variam também quanto à opacidade, apresentando amostras predominantemente opacas e translúcidas. O ponto apresentou no geral alto grau de heterogeneidade.

Quadro 5 – Dados de morfoscopia para amostras do ponto BRG3

<i>Amostras</i>	<i>Esfericidade</i>	<i>Arredondamento</i>	<i>Textura</i>	<i>Opacidade</i>
3 a	Sub-discoideal	Sub-angular	Brilhante	Translúcida
3 b	Discoideal	Angular	Fosca	Opaca
3 c	Discoideal	Angular	Brilhante	Opaca

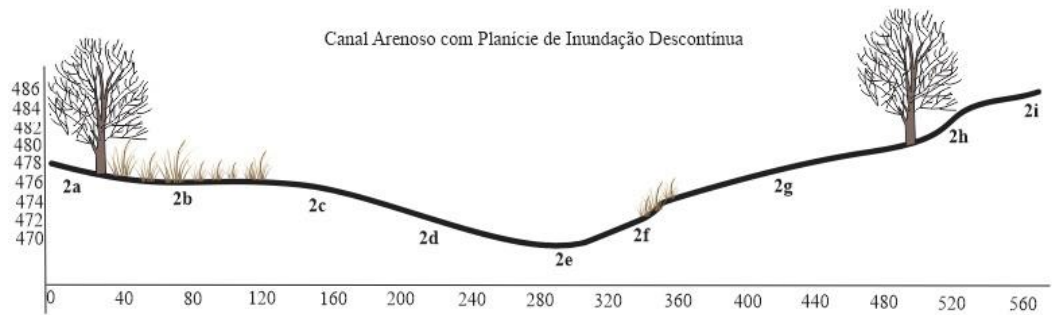
A terceira área amostrada situa-se a 38°03'35.44'' W e 7°59'04'' S, estando também inserida num contexto de pedimento dissecado a 470 metros de altitude (figura 40). Este ponto está relacionado ao trecho de canal parcialmente confinado, definido como canal arenoso com planície de inundação descontínua. Trata-se de um trecho com atividade predominante de transporte de fluxo e sedimentos. As coletas foram realizadas no leito do canal e em suas margens adjacentes, seguindo os *knickpoints* locais (figura 41, 42 e 43).

Figura 40 – Localização do ponto amostrado na bacia



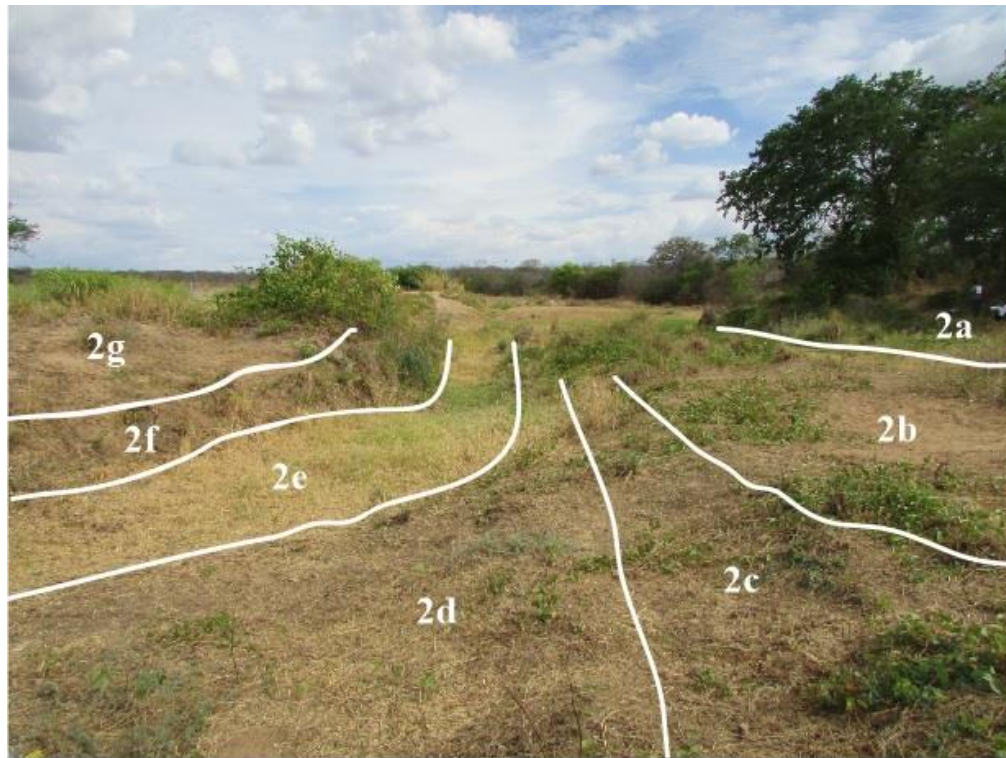
Fonte: A autora, 2017

Figura 41 – Perfil Lateral do ponto amostrado BRG2



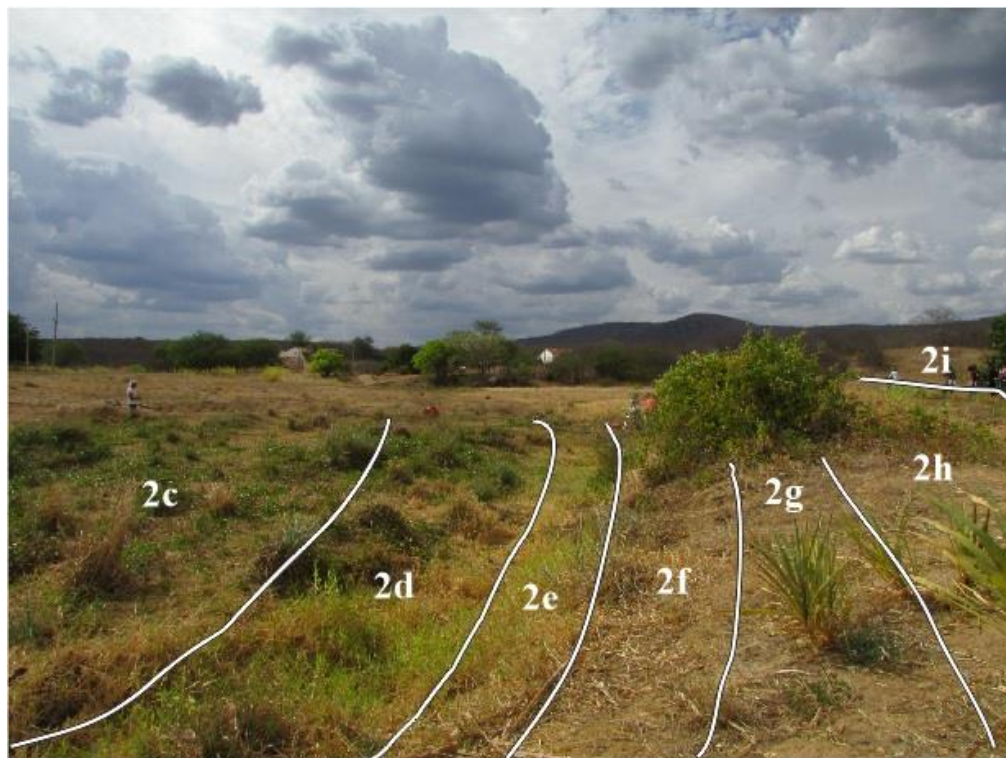
Fonte: A autora, 2017

Figura 42 – Vista panorâmica do ponto amostrado BRG2 – leito e margem esquerda



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

Figura 43 – Vista panorâmica do ponto amostrado BRG2 – leito e margem direita



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

O ponto BRG2 corresponde ao trecho 02 mapeado, definido como canal arenoso com planície de inundação descontínua, onde ocorre predominante a deposição de sedimentos arenosos (figuras 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51 e 52), que variam entre frações de areia grossa a fina. Diferentemente dos pontos anteriores descritos, o ponto apresenta grau de seleção variando de moderadamente a pobremente selecionados entre as amostras coletadas. As amostras deste ponto sobressaem-se em suas análises por maiores variações em suas características sedimentológicas, que são destacadas em seus aspectos granulométricos, além dos valores de curtose e assimetria. A hidrodinâmica de sedimentação neste ponto é muito alta (figuras 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51 e 52).

Figura 44 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2a.

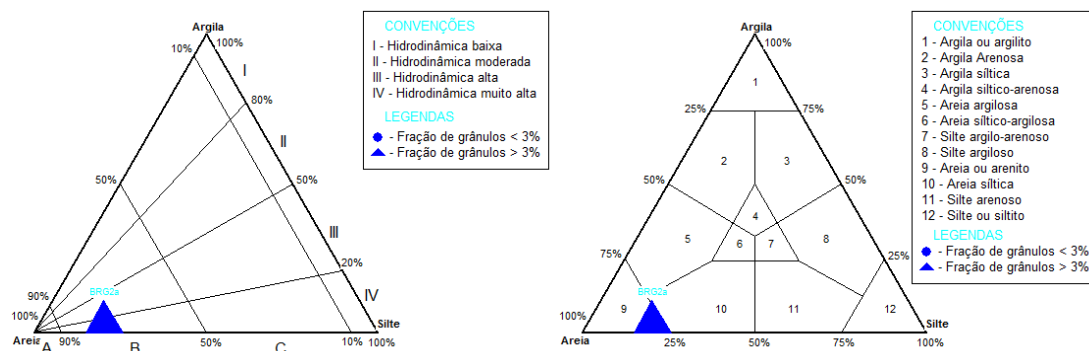


Figura 45 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2b.

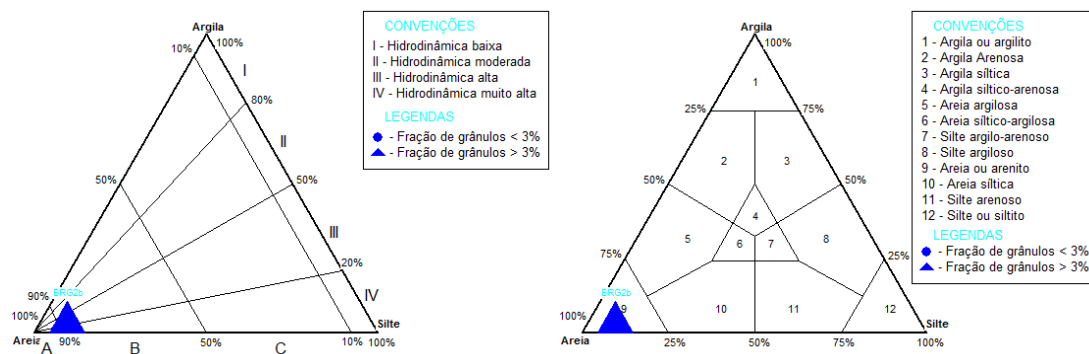


Figura 46 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2c.

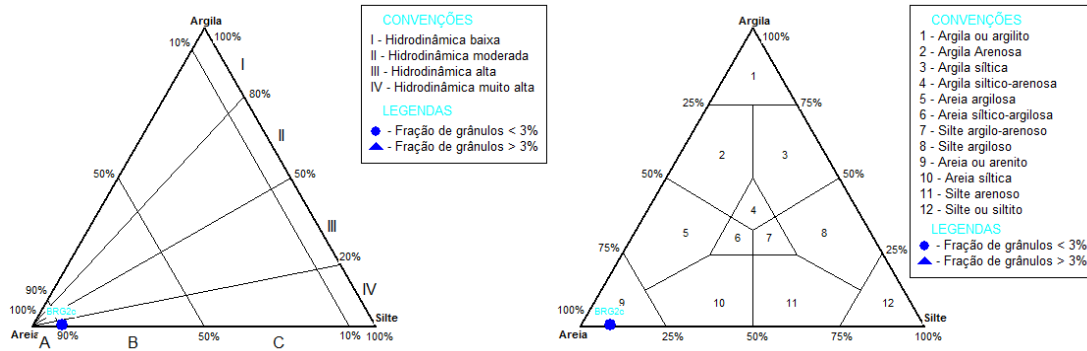


Figura 47 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2d.

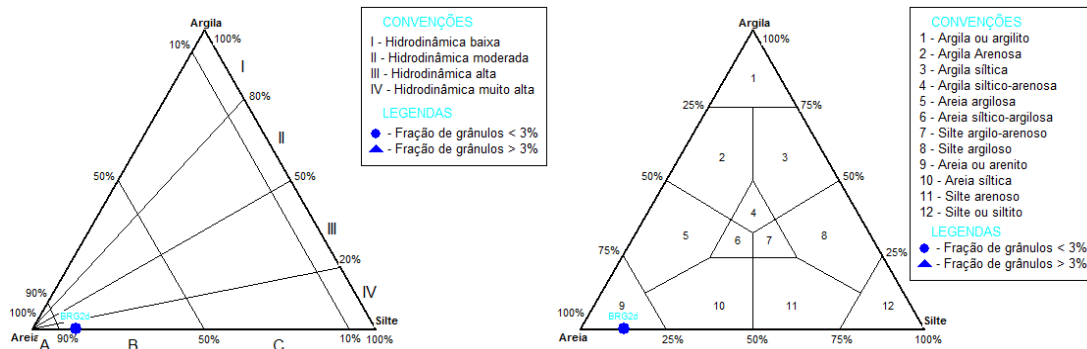


Figura 48 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2e.

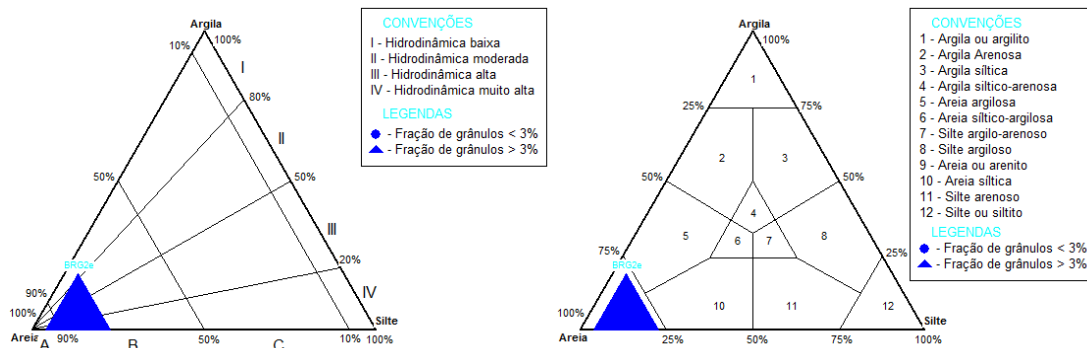


Figura 49 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2f.

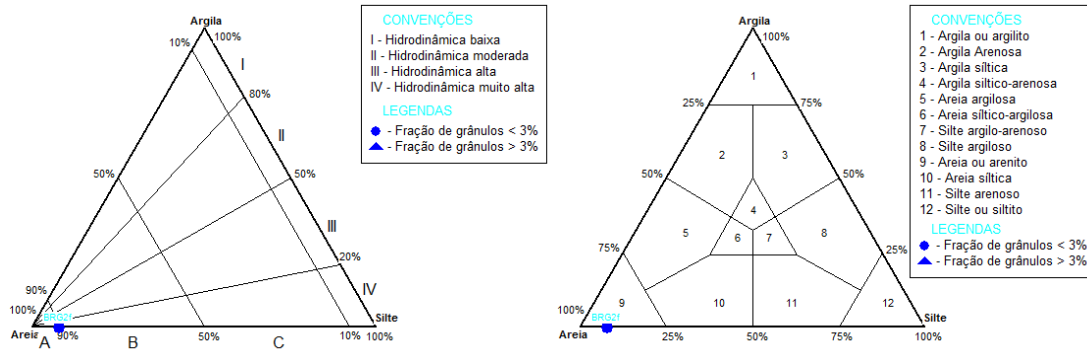


Figura 50 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2g.

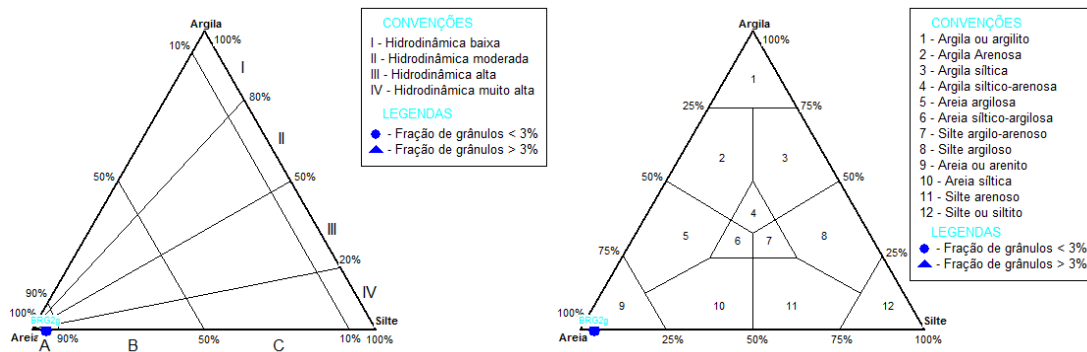


Figura 51 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2h.

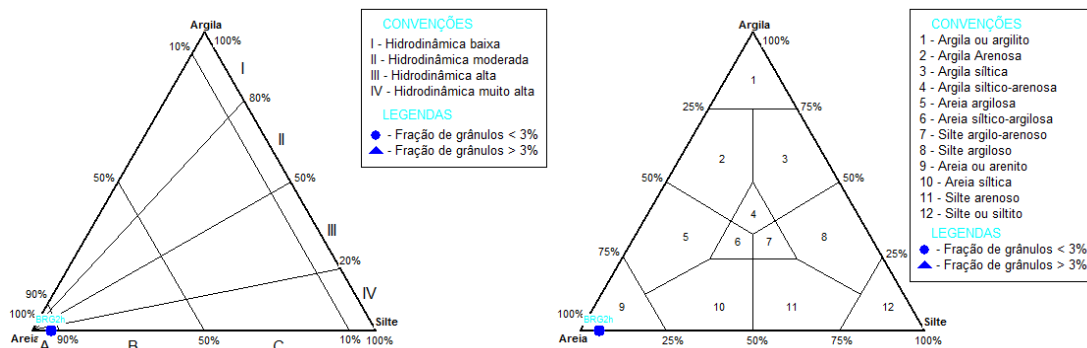
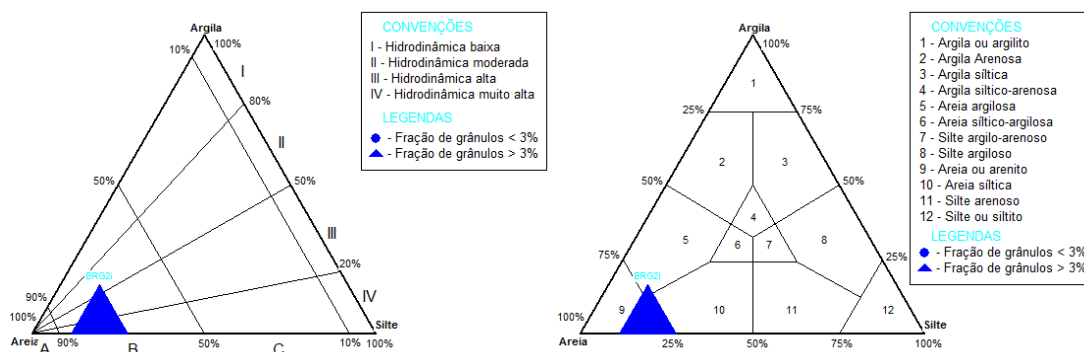
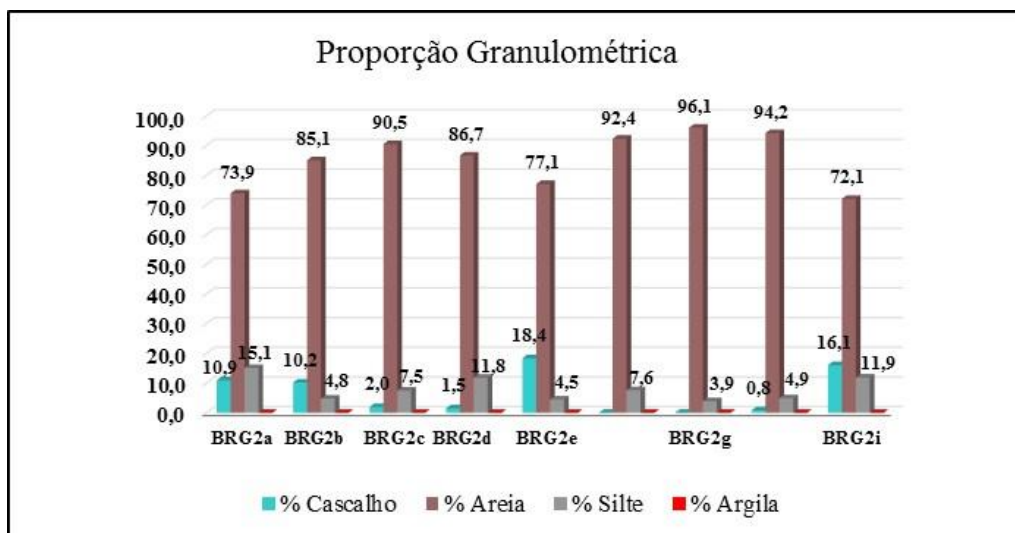


Figura 52 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 2i.



Granulometricamente, as amostras coletadas no ponto BRG2 apresentam-se completamente na fração areia, sendo distribuídas entre areia grossa na amostra 2c, que corresponde à margem superior esquerda; areia média entre as amostras 2b e 2g, que representam as margens superior esquerda e direita, respectivamente; e areia fina, para as demais amostras coletadas. Segundo a proporção granulométrica as amostras do ponto BRG3 encontram-se prevalentemente superiores a 70% de areia, seguida da fração cascalho e silte (gráfico 4).

Gráfico 4 – Proporção granulométrica das amostras do ponto BRG4



Em relação aos graus de assimetria, as amostras variam entre aproximadamente simétricas, assimetria negativa nas encostas (2a e 2i), e assimetria positiva nas margens direita. Em relação ao grau de curtose as amostras apresentaram-se platicúrticas nas encostas (2a e 2i), mesocúrticas na margem superior esquerda (2b), e de leptocúrticas (2c, 2d, 2e, 2g e 2h) a muito leptocúrtica na margem inferior direita (2i) (quadro 6).

Quadro 6 – Graus de assimetria e curtose para amostras do ponto BRG2

<i>Amostras</i>	<i>Assimetria</i>	<i>Curtose</i>
2 a	Negativa	Platicúrtica
2 b	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
2 c	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
2 d	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
2 e	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
2 f	Positiva	Muito leptocúrtica
2 g	Positiva	Leptocúrtica
2 h	Positiva	Leptocúrtica
2 i	Negativa	Platicúrtica

Quanto à morfoscopia (quadro 7), o ponto em destaque também apresentou algumas variações entre os dados da amostra coletada no leito do canal e as demais. Comparando-se o grau de arredondamento, variam de grãos angulares no leito do canal (2e) e na margem inferior esquerda (2d) a sub-angulares nas demais amostras coletadas ao longo do perfil lateral do canal. Quanto ao grau de esfericidade todas apresentam-se sub-discoidais, apresentando textura brilhante em todas as amostras das margens e encostas, exceto na encosta direita e no leito, apresentando textura fosca. Este padrão diferencia-se quanto à amostra 2d, que apresentou grãos com grau de esfericidade sub-prismoidal e transparentes. A alternância ocorre também quanto à opacidade, apresentando amostras predominantemente opacas, havendo apenas as amostras do leito apresentando grau de opacidade translúcido. No geral, os grãos apresentam-se bastante retrabalhados com a presença de mica.

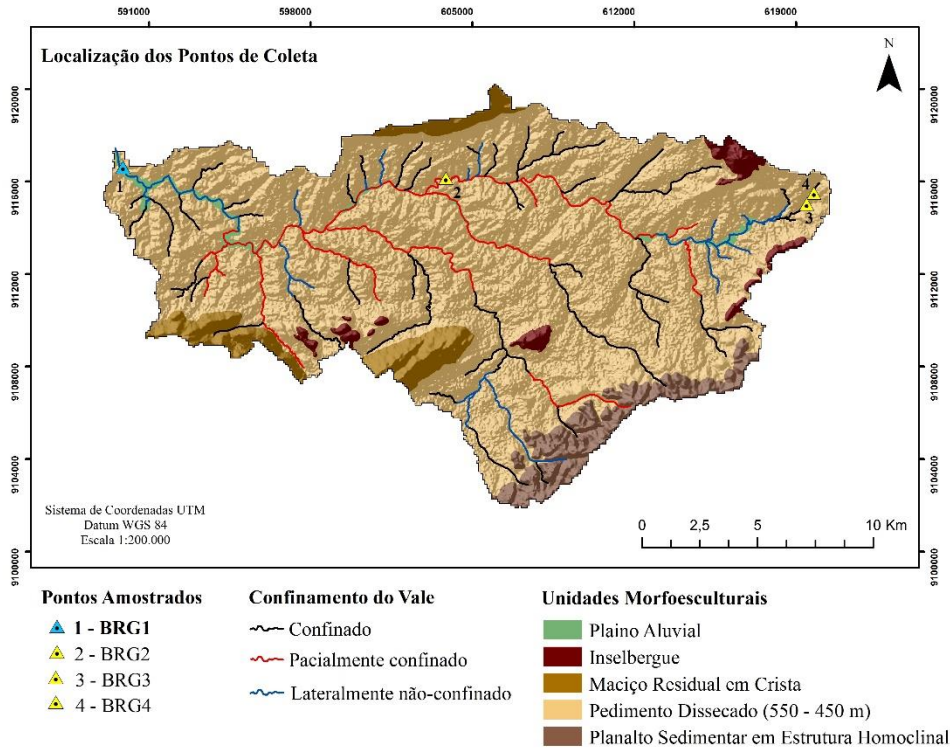
Quadro 7 – Dados de morfoscopia para amostras do ponto BRG2

<i>Amostras</i>	<i>Esfericidade</i>	<i>Arredondamento</i>	<i>Textura</i>	<i>Opacidade</i>
2 a	Sub-discoidal	Sub-angular	Brilhante	Opaca
2 b	Sub-discoidal	Sub-angular	Brilhante	Opaca
2 c	Sub-discoidal	Sub-angular	Brilhante	Opaca
2 d	Sub-prismoidal	Angular	Brilhante	Transparente
2 e	Sub-discoidal	Angular	Fosca	Translúcida
2 f	Sub-discoidal	Sub-angular	Brilhante	Opaca
2 g	Sub-discoidal	Sub-angular	Brilhante	Opaca
2 h	Sub-discoidal	Sub-angular	Brilhante	Opaca
2 i	Sub-discoidal	Sub-angular	Fosca	Opaca

A quarta e última área amostrada situa-se a 38°11'11.29'' W e 7°59'10.65'' S, inserida num contexto geomorfológico de plano aluvial a 430 metros de altitude (figura 53). Este ponto está relacionado ao trecho de vale preenchido conservado, correspondendo ao trecho 01 mapeado, tratando-se de um trecho com atividade majoritariamente de deposição de

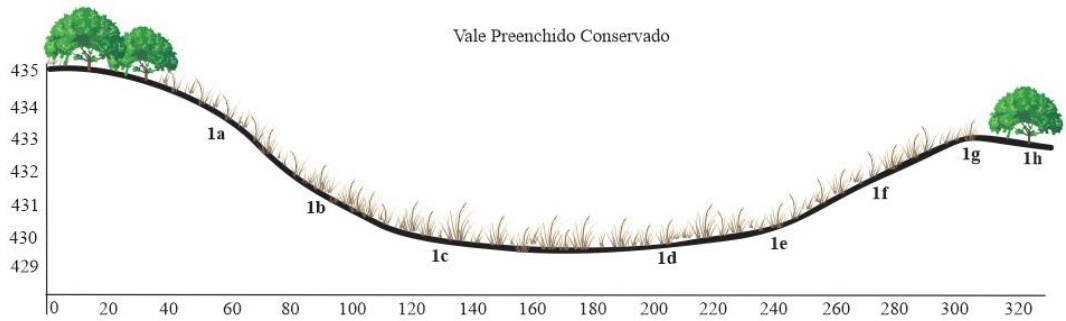
sedimentos. As coletas foram realizadas ao longo do perfil lateral do vale, contemplando o leito do canal e suas margens adjacentes, novamente seguindo os *knickpoints* locais (figura 54, 55 e 56).

Figura 53 – Localização do ponto amostrado na bacia



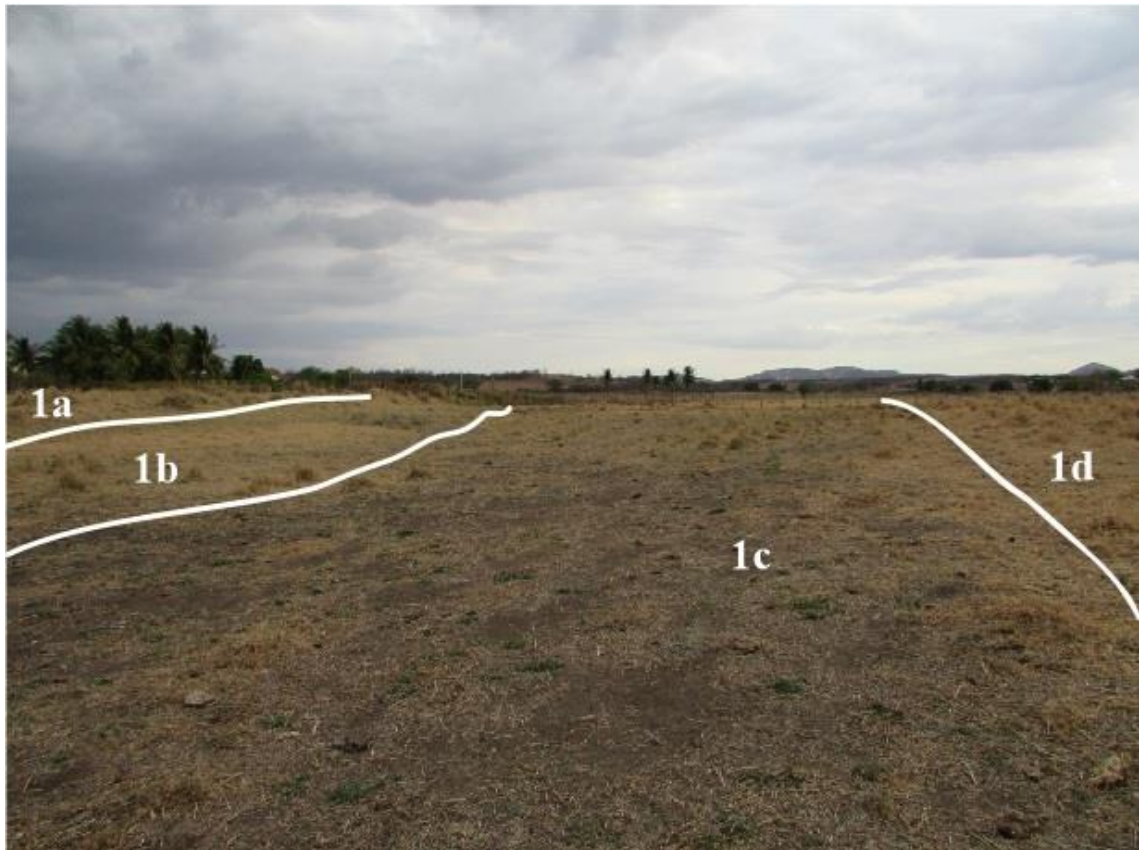
Fonte: A autora, 2017

Figura 54 – Perfil Lateral do ponto amostrado BRG1



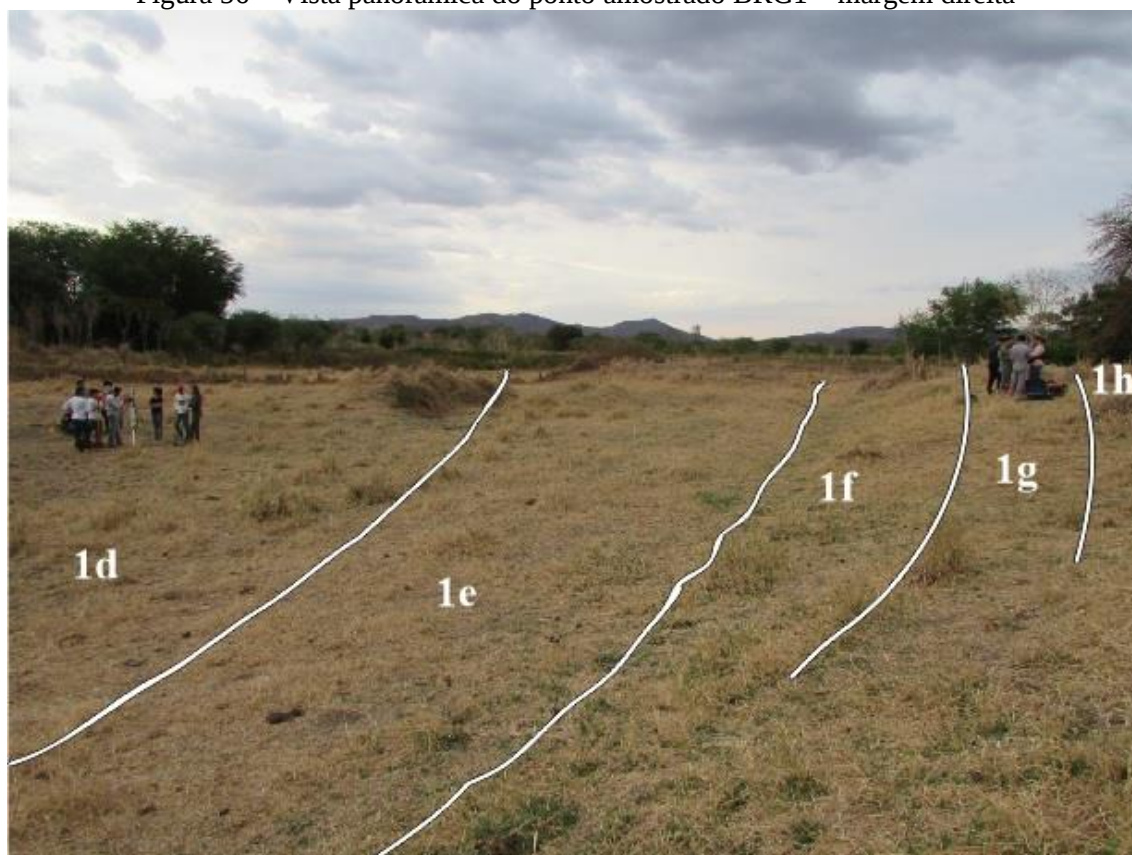
Fonte: A autora, 2017

Figura 55 – Vista panorâmica do ponto amostrado BRG1 – margem esquerda



Fonte: A autora, 2017

Figura 56 – Vista panorâmica do ponto amostrado BRG1 – margem direita



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

O ponto BRG1, com hidrodinâmica de sedimentação muito alta (figuras 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 e 64), equivale ao trecho lateralmente não confinado, com larga planície de inundação, onde ocorre predominante a deposição de sedimentos silto-arenosos ou areias silticas (figuras 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 e 64), ou seja, variam entre frações de areia muito fina a silte grosso, o que diverge dos pontos anteriormente analisados, majoritariamente compostos de sedimentos arenosos, o que caracteriza a área por predomínio de processos deposicionais. As amostras coletadas no ponto BRG1 apresentam grau de seleção variando de moderadamente a pobremente selecionados. Assim como as amostras do ponto BRG2, as amostras deste ponto apresentam grandes variações em suas características sedimentológicas, salientadas em seus aspectos granulométricos, e valores de curtose e assimetria.

Figura 57 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1a.

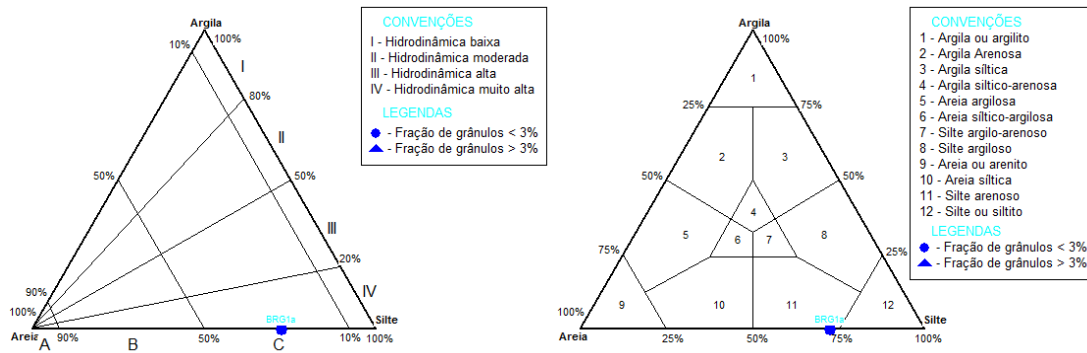


Figura 58 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1b.

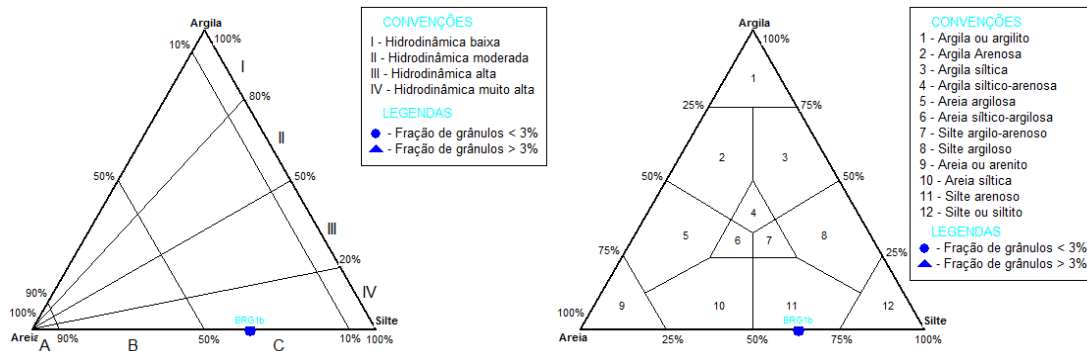


Figura 59 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1c.

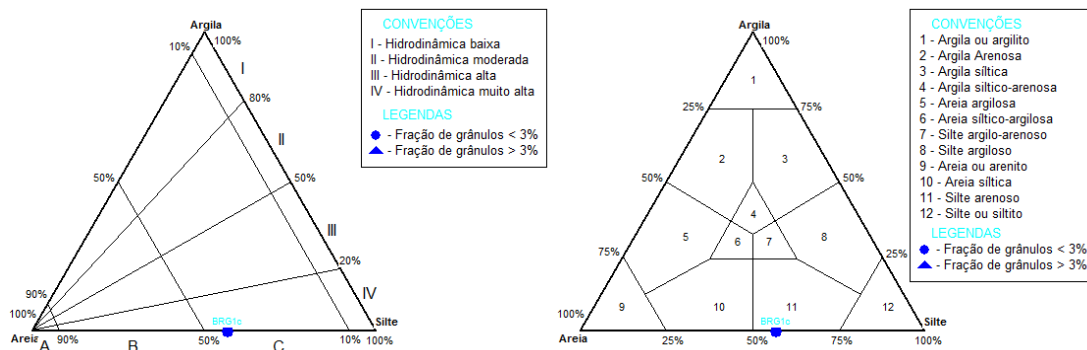


Figura 60 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1d.

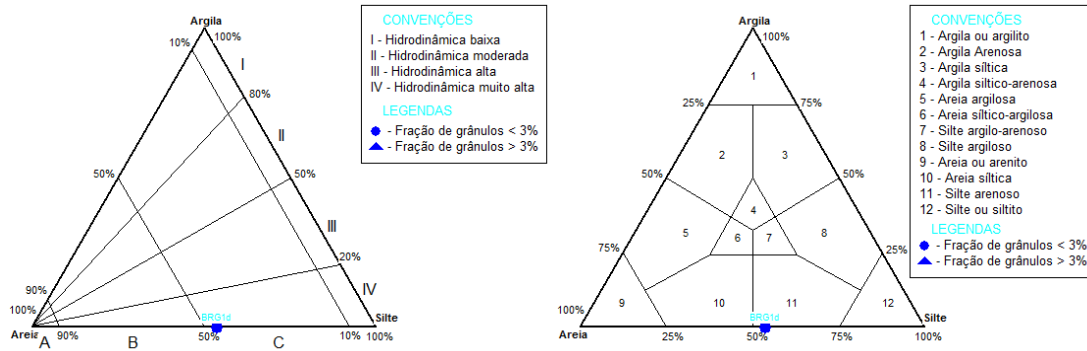


Figura 61 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1e.

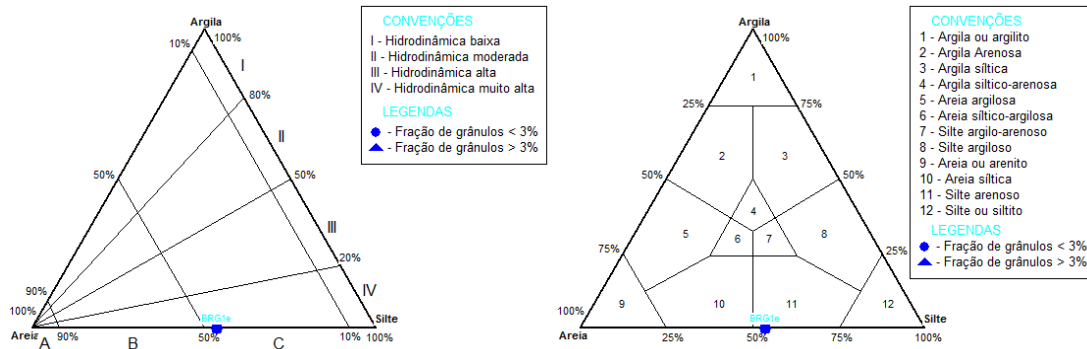


Figura 62 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1f.

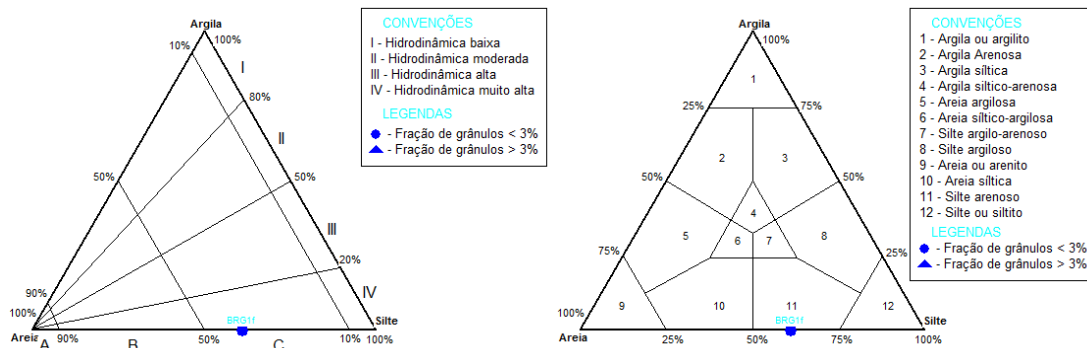


Figura 63 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1g.

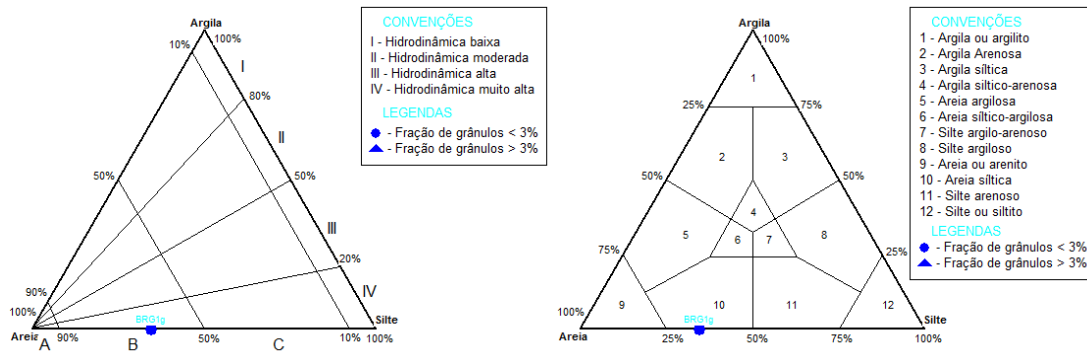
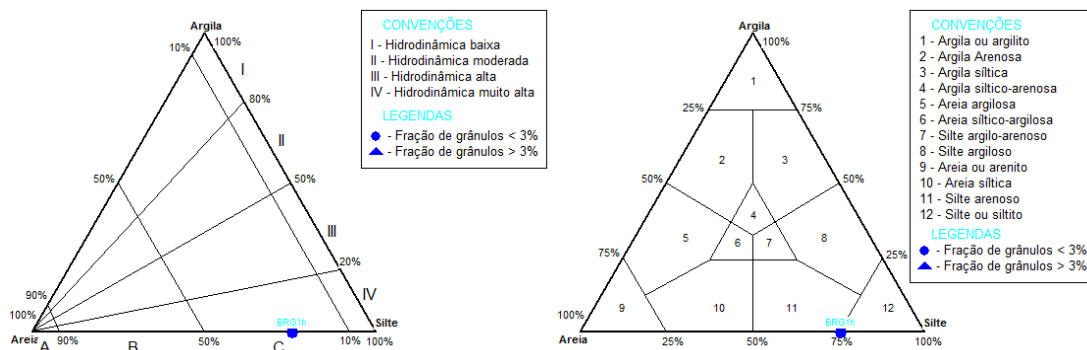
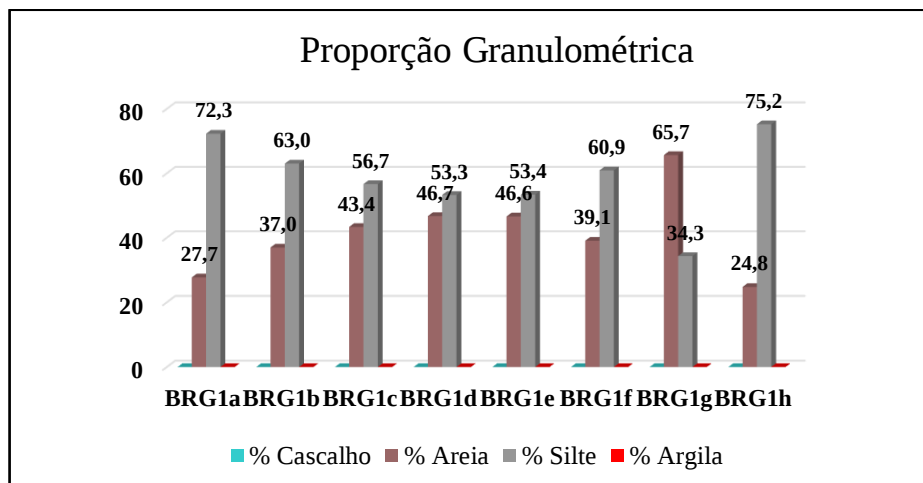


Figura 64 – Diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954) – amostra 1h.



Com base na análise granulométrica para as amostras coletadas no ponto BRG1 (gráfico 5) verificou-se que essas variam entre silte arenoso, predominantemente, distribuídas com frações de silte grosso nas amostras do leito e da margem esquerda, a areia muito fina nas margens direita e encosta direita; e areia siltica na margem superior direita (1g).

Gráfico 5 – Proporção granulométrica das amostras do ponto BRG1



Em relação os graus de assimetria, as amostras variam entre aproximadamente simétricas nas margens inferior e superior direita (1e e 1f), assimetria negativa na margem esquerda (1a), muito negativa na encosta direita (1h), e assimetria positiva nas demais amostras coletadas. Em relação ao grau de curtose as amostras variam de muito leptocúrticas a extremamente leptocúrticas, sendo esta última classe encontrada apenas na encosta direita do vale (quadro 8).

Quadro 8 – Graus de assimetria e curtose para amostras do ponto BRG1

<i>Amostra</i>	<i>Assimetria</i>	<i>Curtose</i>
1 a	Negativa	Muito leptocúrtica
1 b	Positiva	Muito leptocúrtica
1 c	Positiva	Muito leptocúrtica
1 d	Positiva	Muito leptocúrtica
1 e	Aproximadamente simétrica	Muito leptocúrtica
1 f	Aproximadamente simétrica	Muito leptocúrtica
1 g	Positiva	Muito leptocúrtica
1 h	Negativa	Extremamente leptocúrtica

Em suma, de acordo com as análises acima expostas, o Riacho Grande apresenta hidrodinâmica de sedimentação muito alta, com fluxo transportador que varia de unidirecional a bidirecional. Sendo os fluxos bidirecionais responsáveis pela dispersão de materiais de frações mais finas nas encostas. A proporção granulométrica reflete o transporte dos sedimentos ao longo do canal, que apresenta uma curva decrescente de sedimentos arenosos, proporcional ao acréscimo de material siltico à medida que aproxima-se do exutório da bacia.

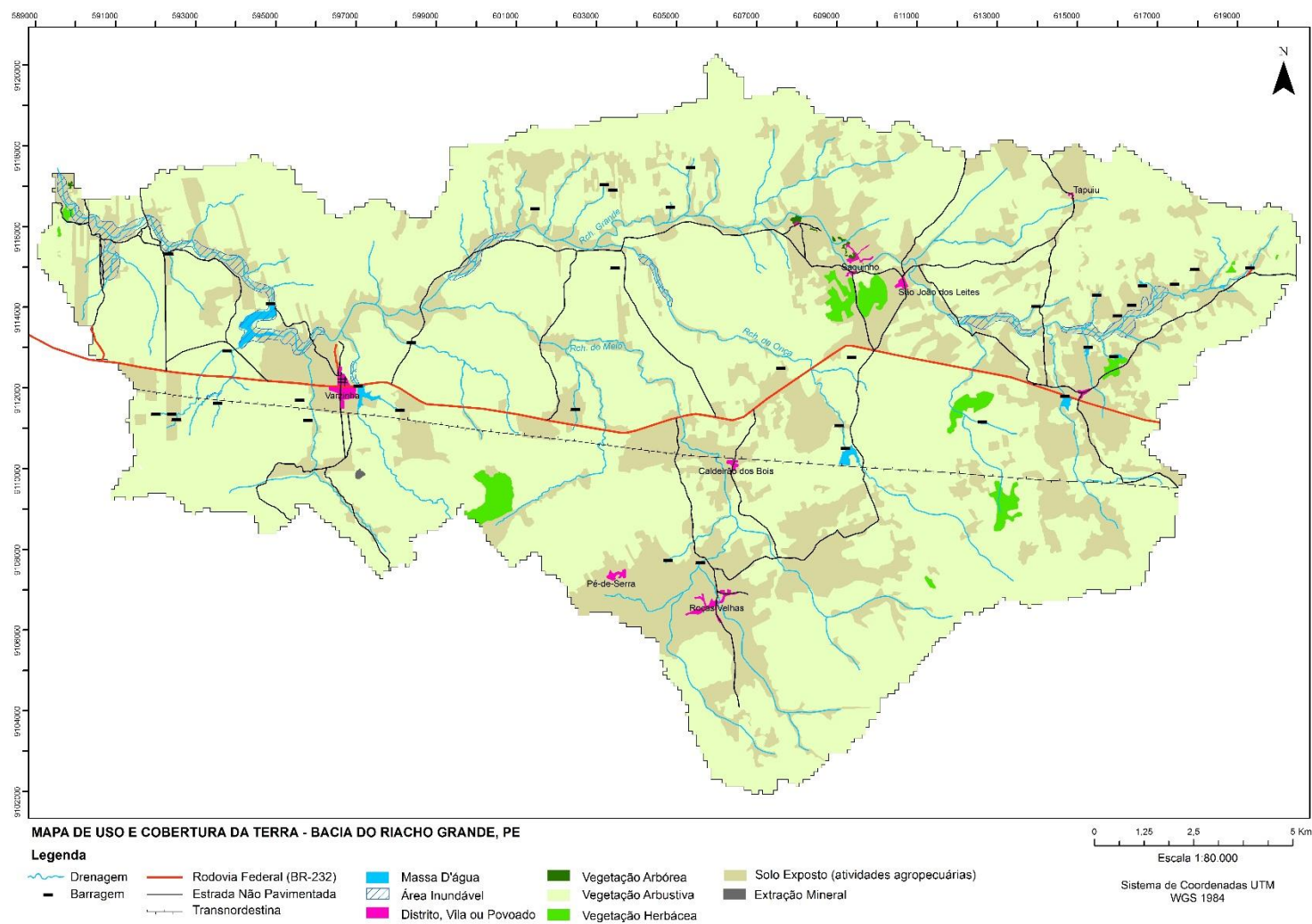
A caracterização morfoscópica dos sedimentos da bacia do Riacho Grande demonstrou que os grânulos não apresentam maturidade textural, indicando retrabalhamento anterior ao transporte fluvial, em condições de clima mais seco. Devido ao contexto estrutural no qual está inserida a bacia, admite-se que os grãos de sedimentos podem ter sofrido uma influência morfológica herdada de esforços estruturais vinculados às zonas de cisalhamentos presentes na área (milonitização). Quanto à textura e opacidade das amostras observa-se, a ocorrência de populações foscas que sugerem determinada participação do transporte eólico, contudo a presença predominante de textura brilhante demonstra que a maior parte das populações de fato estão relacionadas ao transporte fluvial. Em relação às principais áreas fonte dos sedimentos, supõe-se serem prioritariamente os Complexos São Caetano e Floresta, uma vez que, os minerais presentes nas amostras são constituídos predominantemente de quartzos, moscovita e biotita, com grãos bastante heterogêneos.

5.2 A DINÂMICA E DESCONECTIVIDADE DA PAISAGEM NA BACIA DO RIACHO GRANDE

A dinâmica da paisagem está atrelada às interações entre os elementos naturais e aos usos antrópicos, que irão influenciar na modificação dos processos (erosivos e deposicionais), tendo como resultado um conjunto de morfologias características. Nessa perspectiva insere-se a abordagem da conectividade da paisagem, que relaciona as diferentes interações nos usos e a cobertura da terra, capazes de gerar impedimentos na livre circulação de energia e matéria entre os compartimentos da paisagem.

Tendo em mente a gama de elementos capazes de impedir a transmissão de fluxo e sedimento entre os componentes do sistema, mapeou-se inicialmente os diferentes padrões de uso e cobertura da terra (figura 65), buscando identificar os elementos que compõem a paisagem atual e entre eles, os bloqueios naturais ou antrópicos presentes na bacia do Riacho Grande.

Figura 65 – Mapa de uso e cobertura da terra, Bacia do Riacho Grande - PE



Adaptado de Almeida, Corrêa e Souza, 2016

Entre os elementos que compõem e afetam a dinâmica da paisagem na bacia, Almeida, Corrêa e Souza destacam as áreas de vegetação arbustiva esparsa (ver gráficos 6 e 7), que se apresentam com espécies caducifólias, típicas da região semiárida do Nordeste, com perda total da folhagem em períodos de estiagem, denominando-se de “matas-brancas” (MACIEL & PONTES, 2016). Como uma exceção encontram-se as manchas de vegetação arbustiva densa, que ocorrem nas áreas mais elevadas da bacia. Este tipo de vegetação ocupa a maior porção da área total da bacia, enquanto a vegetação do tipo arbórea representa a menor área, essencialmente representada pelas espécies frutíferas nos pequenos assentamentos rurais e ou como ornamentação nas vilas e distritos. A vegetação herbácea corresponde às áreas em regeneração ou em períodos de pousio. Estas áreas também são muito utilizadas como pastagem.

Gráfico 6 – Proporção em Área (Km²) do Uso e Cobertura da terra

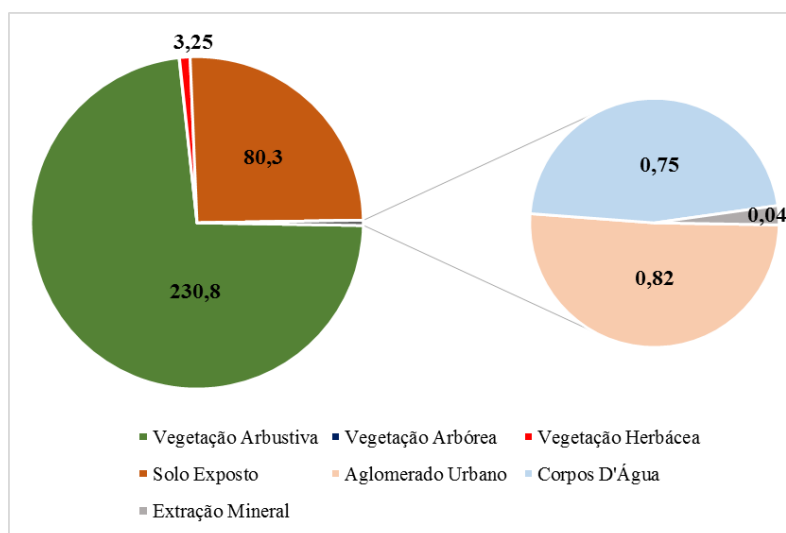
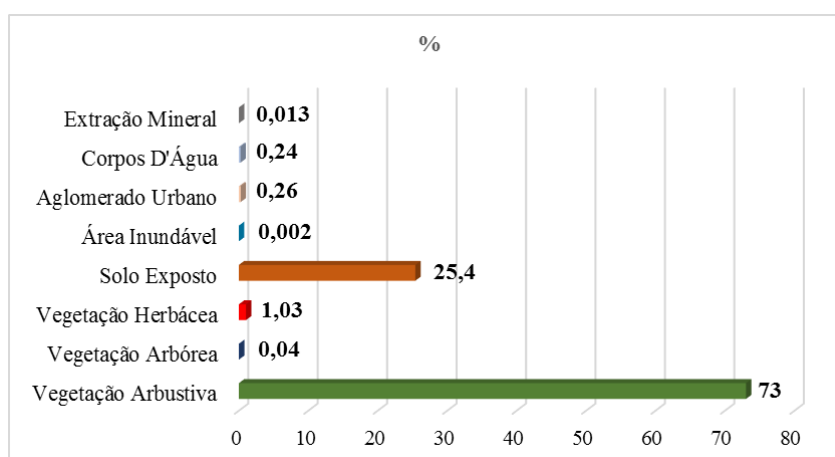


Gráfico 7 – Proporção em % do Uso e Cobertura da terra



A cobertura vegetal mantém um significativo papel na estabilização do solo frente aos processos erosivos, conservando as encostas e margens dos canais fluviais. Contudo, na bacia do Riacho Grande, as margens dos rios encontram-se voltadas às atividades agropecuárias, com exposição do solo, sobretudo ao longo do canal principal e seus tributários, devido ao aproveitamento da água armazenada em subsuperfície em leito arenoso, o que resulta na remobilização dos sedimentos encosta-canal e no entulhamento das confluências. Por tratar-se de uma bacia fluvial exclusivamente rural, as atividades agropecuárias são responsáveis pela dinâmica econômica na área, portanto as áreas de solo exposto, devem-se ao desenvolvimento de atividades como o preparo do solo às lavouras de ciclo curto e criação de animais de médio a pequeno porte.

Apesar de sua ocorrência ser espacialmente restrita na bacia, destaca-se ainda dentre as atividades antrópicas potencialmente modificadoras da dinâmica superficial, a extração mineral. Localizada entre os maciços residuais, a mineração de granito para britagem, contribui à intensificação dos processos erosivos locais, com a supressão da vegetação natural, modificando o aporte de sedimentos carregados pelos canais, alterando, do ponto de vista ambiental, a qualidade dos recursos hídricos superficiais.

O mapeamento de uso e cobertura da terra forneceu a base primordial para a identificação dos elementos de desconexão, juntamente com os mapas de declividade e geomorfológico, tendo em vista a ideia central proposta pela abordagem da conectividade da paisagem, complementando os dados enfatizados por Almeida, Souza e Corrêa (2016). À vista disso, foram identificados os seguintes elementos de desconexão (figura 67): as planícies de inundação e tributários aprisionados, como bloqueios naturais; barramentos (barragens), aglomerados de distritos, vilas e povoados, rodovias pavimentadas e não pavimentadas, e ferrovia (Transnordestina), como bloqueios antrópicos.

Notou-se, principalmente, a expressiva quantidade de barragens ao longo da bacia do Riacho Grande (ver gráfico 8), constituindo as formas de impedimento responsáveis pelas maiores alterações nos processos de transmissão ao longo do canal. As mesmas atuam como impedimentos longitudinais (*barriers*), impedindo a livre circulação do fluxo entre os canais tributários e o principal - rompendo a interação canal principal-tributário - e ao longo dos próprios canais. Esses barramentos são frequentes nos canais tributários, e sua construção dá-se pela urgência em medidas alternativas de abastecimento de água para a manutenção das lavouras e para pecuária diante da escassez hídrica no Semiárido nordestino. Por se tratarem de

modelos rústicos (figura 66), sem o devido aparato estrutural e tecnológico, são bastante comuns durante os eventos de alta magnitude os rompimentos destas barragens, alterando o cenário de conectividade dentro da bacia (ALMEIDA, SOUZA E CORRÊA, 2016). Uma exceção a este cenário são as barragens de concreto, como a construída ao longo do Riacho Grande.

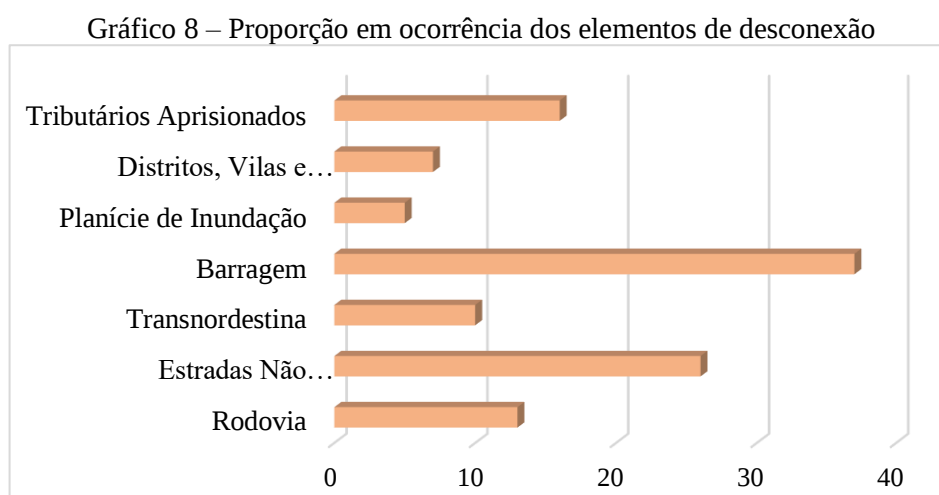
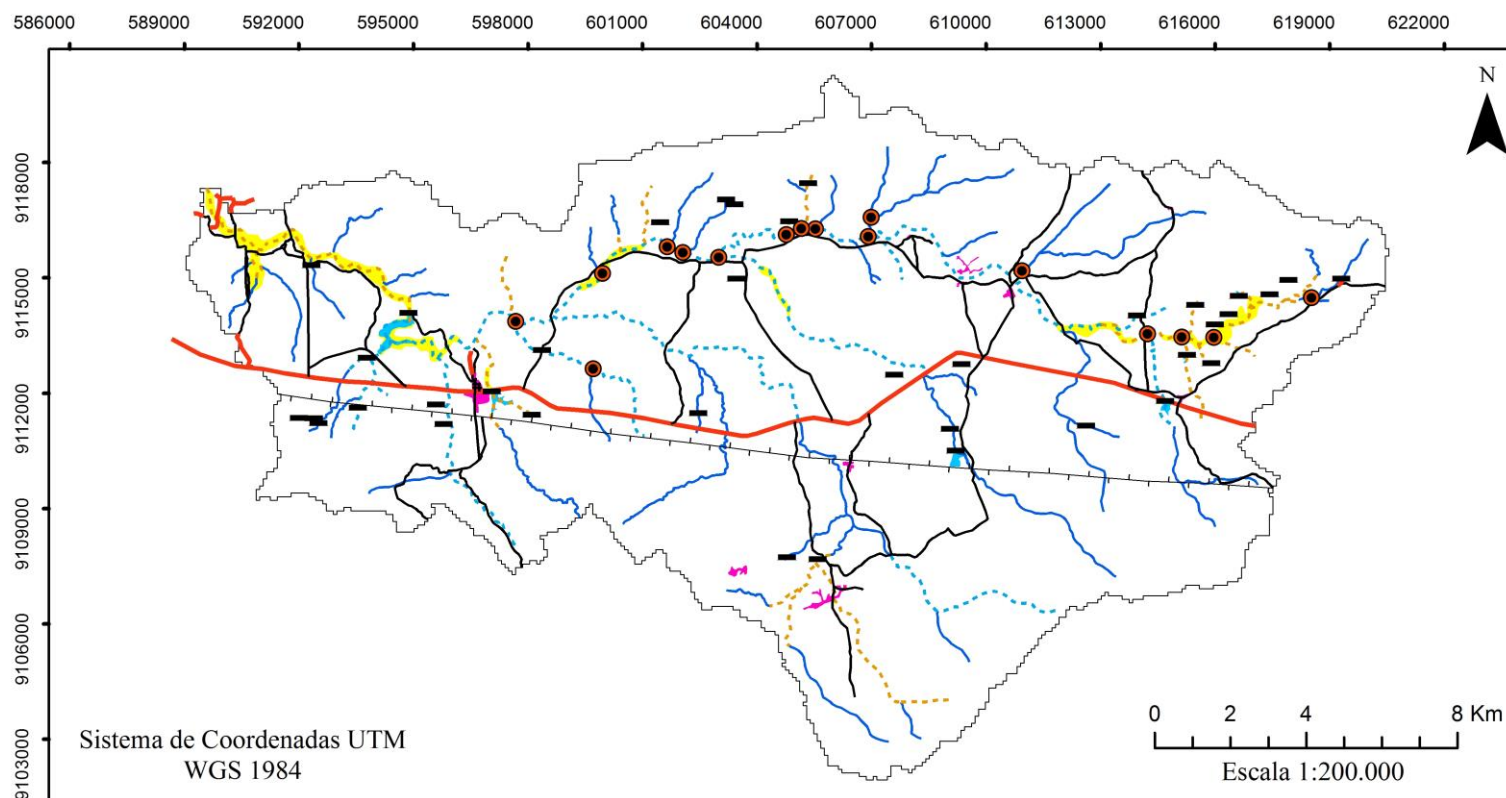


Figura 66 – Barragem com parede de terra



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

Figura 67 – Mapa dos elementos de desconexão na bacia do Riacho Grande, PE

**Legenda****Tipologia Fluvial**

- Confinado
- Parcialmente Confinado
- Lateralmente Não Confinado
- Massa D'água

Elementos de Desconexão**Antrópicos**

- Barragem
- Rodovia Federal (BR-232)
- Estrada Não Pavimentada
- Transnordestina
- Distrito, Vila ou Povoado

Naturais

- Tributário Aprisionado
- Planícies de Inundação

Adaptado de Almeida, Corrêa e Souza, 2016

Em relação à transmissão de fluxo, as barragens de concreto (figura 68) interrompem quase drasticamente o fluxo de sedimento de fundo, depositando-os em planície de inundação à montante, bem como contribuindo para o incremento dos processos erosivos à jusante do barramento.

Figura 68 – Atuação de barragem de concreto como *barrier* no Riacho Grande



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

As estradas, pavimentadas ou não, constituem na área impedimentos longitudinais (*barriers*) e laterais (*buffers*), ora impedindo a transferência entre o fluxo de sedimentos na própria rede de canais, ora, impedindo os sedimentos de alcançarem os próprios canais, quando provenientes das encostas. No decorrer dos eventos de baixa magnitude, quando o fluxo não tem competência suficiente para ultrapassá-las, o sedimento fica retido nas laterais das estradas, ou seguem-nas paralelamente modificando a rede de canais (ALMEIDA, SOUZA & CORRÊA, 2016). No caso da rodovia federal BR-232, a mesma constitui um elemento de desconexão permanente, devido à impossibilidade de rompimento e livre circulação canal-canal/encosta-canal imposta pela solidez da construção, mesmo em eventos de alta magnitude, o que resulta no entulhamento dos sedimentos sob as pontes e nas suas laterais. Assim como as estradas, a ferrovia Transnordestina insere-se como elemento de desconexão longitudinal/lateral, alterando a dinâmica entre a rede de canais.

Os aglomerados populacionais foram incluídos no mapeamento de conectividade da paisagem, pois os mesmos atuam de forma diferenciada na transmissão de energia e matéria no

sistema de drenagem, alterando a morfologia natural dos rios, do relevo e das relações entre superfície e subsuperfície, devido à impermeabilização dos solos. Portanto, os aglomerados humanos atuam nas três esferas de conectividade. Tratam-se de impedimentos laterais, devido à modificação entre a transferência encosta-canal, através de obras para a viabilização das mesmas, alterando a morfologia das encostas, modificando também a relação escoamento superficial e infiltração de água no solo e a obstrução dos cursos naturais (figura 69). Essas morfologias construídas podem atuar ainda como impedimentos longitudinais, como no caso da instalação de vias de acesso, e mesmo como impedimentos verticais, com a diminuição da capacidade de infiltração de água no solo, devido à ampliação de atividades que vedam a camada superficial, evitando a livre circulação superfície-subsuperfície, reduzindo, portanto a oferta de água aos aquíferos aluviais livres.

Figura 69 – Obstrução do canal com sedimentos remobilizados por atividades antrópicas



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

Os elementos de desconexão naturais correspondem a formas deposicionais, e se localizam ao longo do canal principal e nas confluências entre os tributários. Tratam-se das planícies de inundação e dos tributários aprisionados. Ambos se formam a partir dos processos agradacionais relacionados à dinâmica do próprio canal fluvial ou entre o canal e a encosta.

As planícies de inundação representam as formas deposicionais geradas a partir do extravasamento do fluxo, presentes em canais parcialmente confinados e lateralmente não

confinados. Entre os canais lateralmente não confinados, encontram-se os vales preenchidos conservados (figura 70). De aparência aplainada, têm seu processo evolutivo relacionado à alternância entre fases de preenchimento e incisão. Seu preenchimento está relacionado, além da transmissão de sedimentos entre canais, à transferência de materiais das encostas.

Figura 70 – Vale preenchido conservado



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

Os tributários aprisionados (figura 71), como *barriers*, ocorrem quando da deposição de sedimentos na confluência entre canais, entulhando o exutório dos canais tributários. Na bacia do Riacho Grande, dos 36 tributários diretos ao canal principal, 16 encontram-se aprisionados. Parte disso, se deve à relação entre a energia do fluxo e a sedimentação à montante das planícies de inundação no canal principal, ou devido à acreção de diques marginais, ou ainda a controles estruturais.

Figura 71 – Tributário aprisionado



Fonte: A autora, em Dezembro/2015

Apesar de interromperem a conexão entre os diferentes compartimentos na paisagem, considerando os impedimentos naturais como formas deposicionais que retêm o fluxo de água e sedimento, esses constituem elementos da paisagem relevantes ao abastecimento alternativo de pequenas comunidades rurais, a partir da utilização desses depósitos para a perfuração de poços rasos, aproveitando a oferta de água acumulada em subsuperfície.

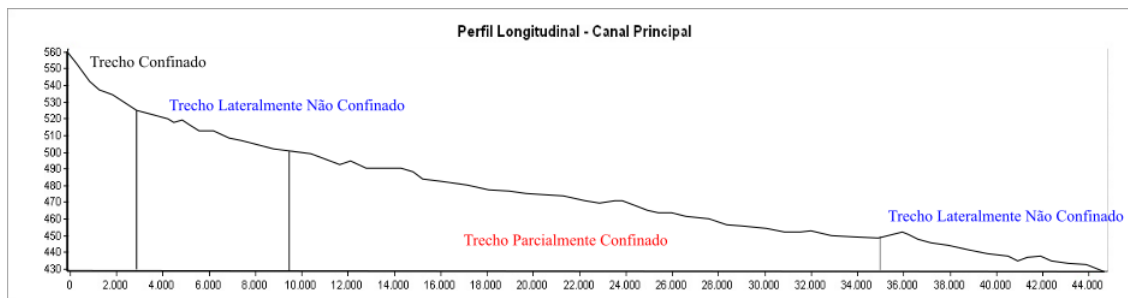
5.3 MODELOS DE DINÂMICA FLUVIAL E PAISAGEM NA BACIA DO RIACHO GRANDE

Os modelos de dinâmica fluvial foram propostos com base na integração dos dados sedimentológicos e mapeamentos de conectividade da paisagem e estilos fluviais, visando a compreensão da paisagem nos diferentes trechos em análise. A escolha da distribuição dos trechos ao longo do canal principal, reflete a sua maior representatividade quanto aos demais canais tributários na bacia do Riacho Grande, de tal modo que cada ponto analisado corresponde a outros pontos semelhantes em toda a bacia.

A distribuição das tipologias fluviais relacionadas ao grau de confinamento do vale, definidos na seção anterior, pode ser descrita ao longo do perfil longitudinal do canal principal (figura 72). O trecho de maior extensão refere-se ao segmento de canal parcialmente confinado,

inserido no domínio morfoescultural de pedimento dissecado, apresentando *knickpoints* ao longo do perfil, o que reflete a influência do controle estrutural da área.

Figura 72 – Perfil longitudinal do Riacho Grande



Fonte: A autora, 2017

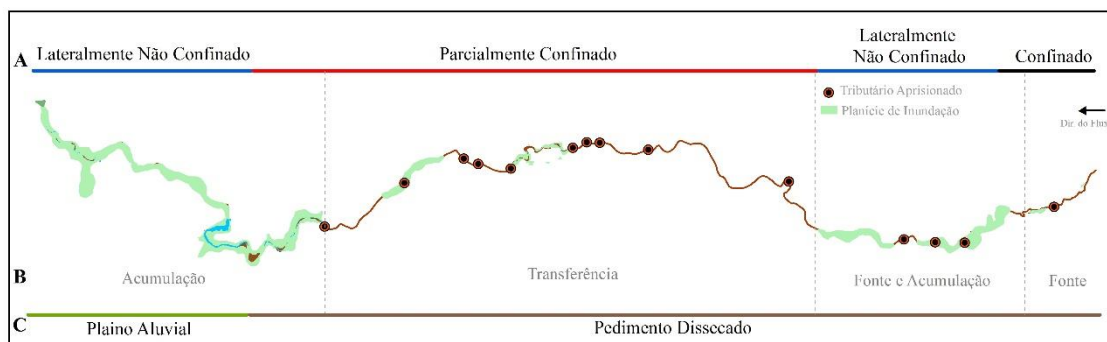
O menor segmento refere-se ao trecho de canal confinado, com 2,16 Km, na cabeceira do Riacho Grande, entre 560 a 530 m de altitude entre montante e jusante. O trecho parcialmente confinado apresenta extensão de 26,4 Km, de 510 a 450 m de altitude. Os vales lateralmente não confinados apresentam-se em dois segmentos do Riacho Grande, o primeiro a jusante do canal confinado tem 6,73 Km de extensão, a 530 – 510 m de altitude, enquanto que o segundo, no exutório da bacia apresenta extensão de 8,76 Km, a 450 – 430 m de altitude (tabela 4).

Tabela 4 – Extensão dos segmentos das diferentes tipologias no Riacho Grande

Tipologia	Extensão (Km)	Altitude (m) (montante – jusante)
Confinado	2,16	560 – 530
Parcialmente Confinado	26,4	510 – 450
Lateralmente Não Confinado	1º - 6,73	530 – 510
	2º - 8,76	450 – 430

Os diferentes trechos refletem diferentes zonas processuais (figura 73). O trecho de canal confinado, no Riacho Grande, caracteriza a zona processual de produção de sedimentos, assinalado, sobretudo, pela distribuição de moscovita e biotita nas areias presentes nos depósitos da bacia, oriundas de processos denudacionais no Complexo São Caetano. Adjacente ao canal confinado há um pequeno trecho de vale lateralmente não confinado, em que predominam os processos de transporte e acumulação de sedimentos, influenciado pela disposição dos elementos de desconexão, como tributários aprisionados, ocasionando sedimentação a montante.

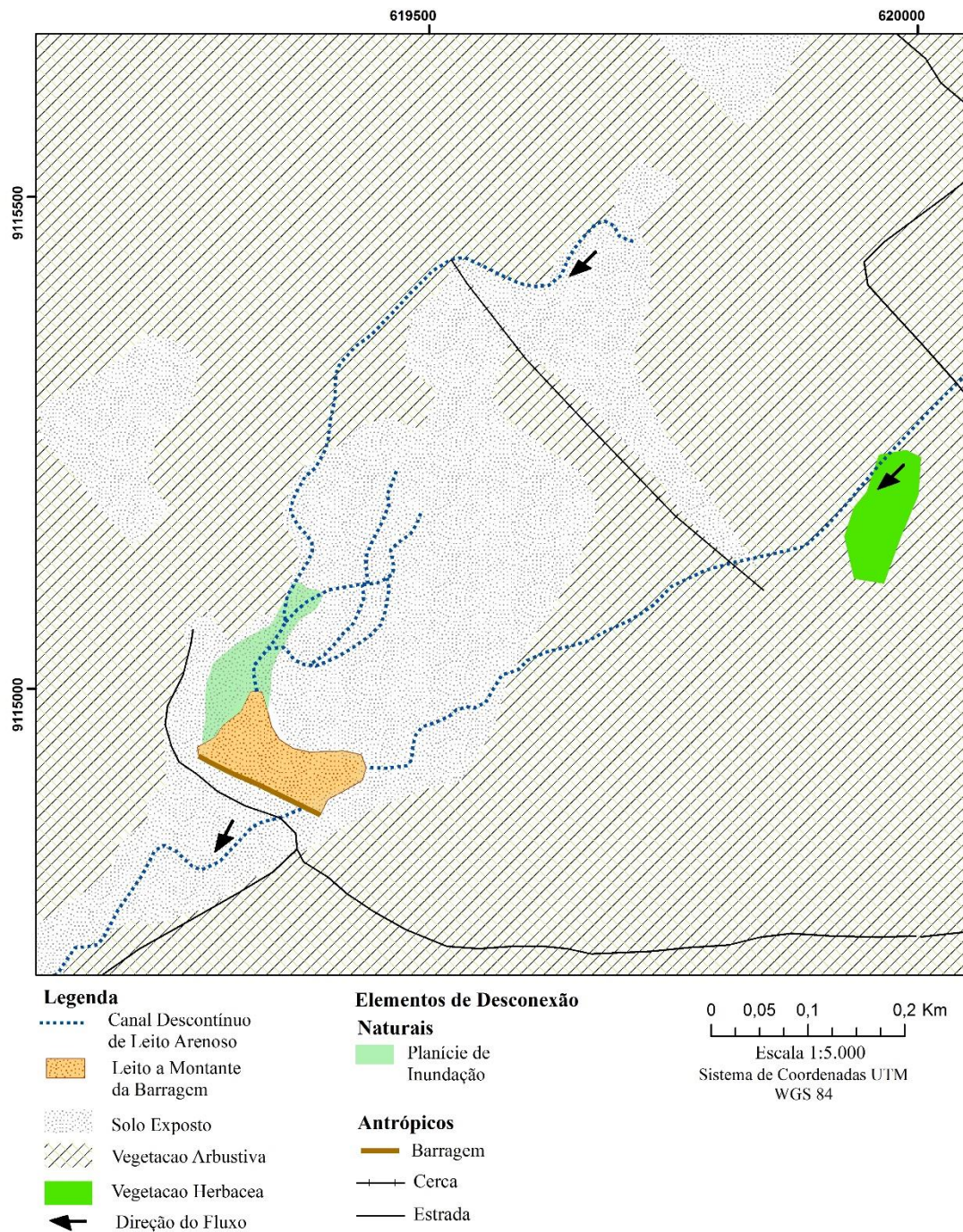
Figura 73 – Canal principal. A) Grau de confinamento; B) Zona Processual predominante; C) compartimentação geomorfológica



Fonte: A autora, 2017

No segmento confinado em destaque (figura 74) têm-se a presença de um depósito em planície de inundação, resultado do extravasamento de fluxo a montante da barragem construída próxima à cabeceira do Riacho Grande, representando um elemento de desconexão de caráter antrópico, assim como a estrada de terra paralela à parede da barragem. Tanto o impedimento de ordem natural, a planície de inundação, quanto os impedimentos antrópicos retardam o transporte do material ao longo do canal. A planície de inundação, além de romper as ligações longitudinais, gera um bloqueio na relação encosta-canal, dificultando o transporte por escoamento superficial e gravidade das encostas íngremes para o canal.

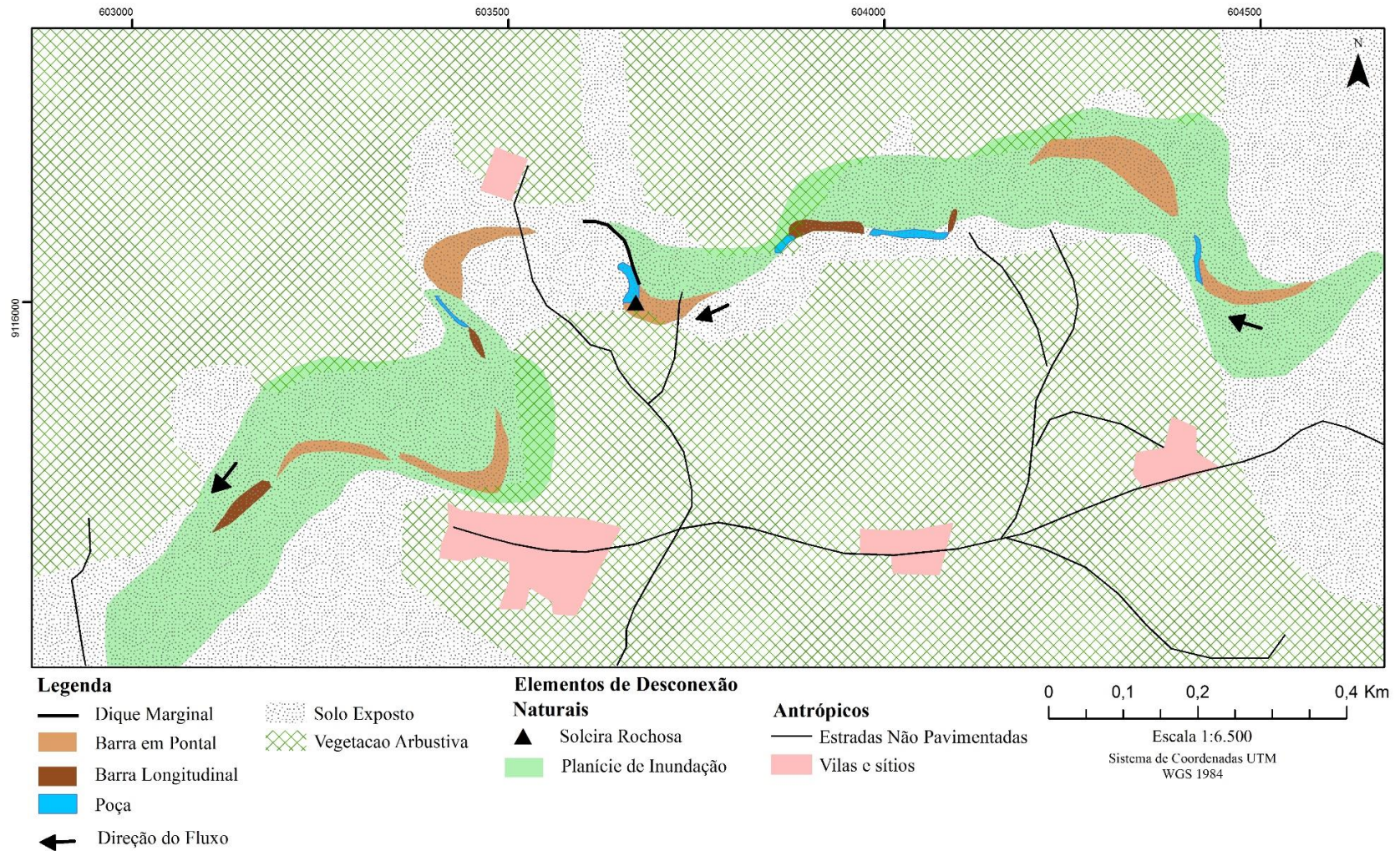
Figura 74 – Elementos de desconexão em trecho confinado



Fonte: A autora, 2017

O trecho de maior extensão no Riacho Grande refere-se ao segmento parcialmente confinado, em destaque na figura 75, com a ocorrência de planícies de inundação descontínuas adjacentes aos terraços e barras em pontal no canal sinuoso/meândrico, rompendo as ligações laterais.

Figura 75 – Elementos de desconexão em trecho parcialmente confinado



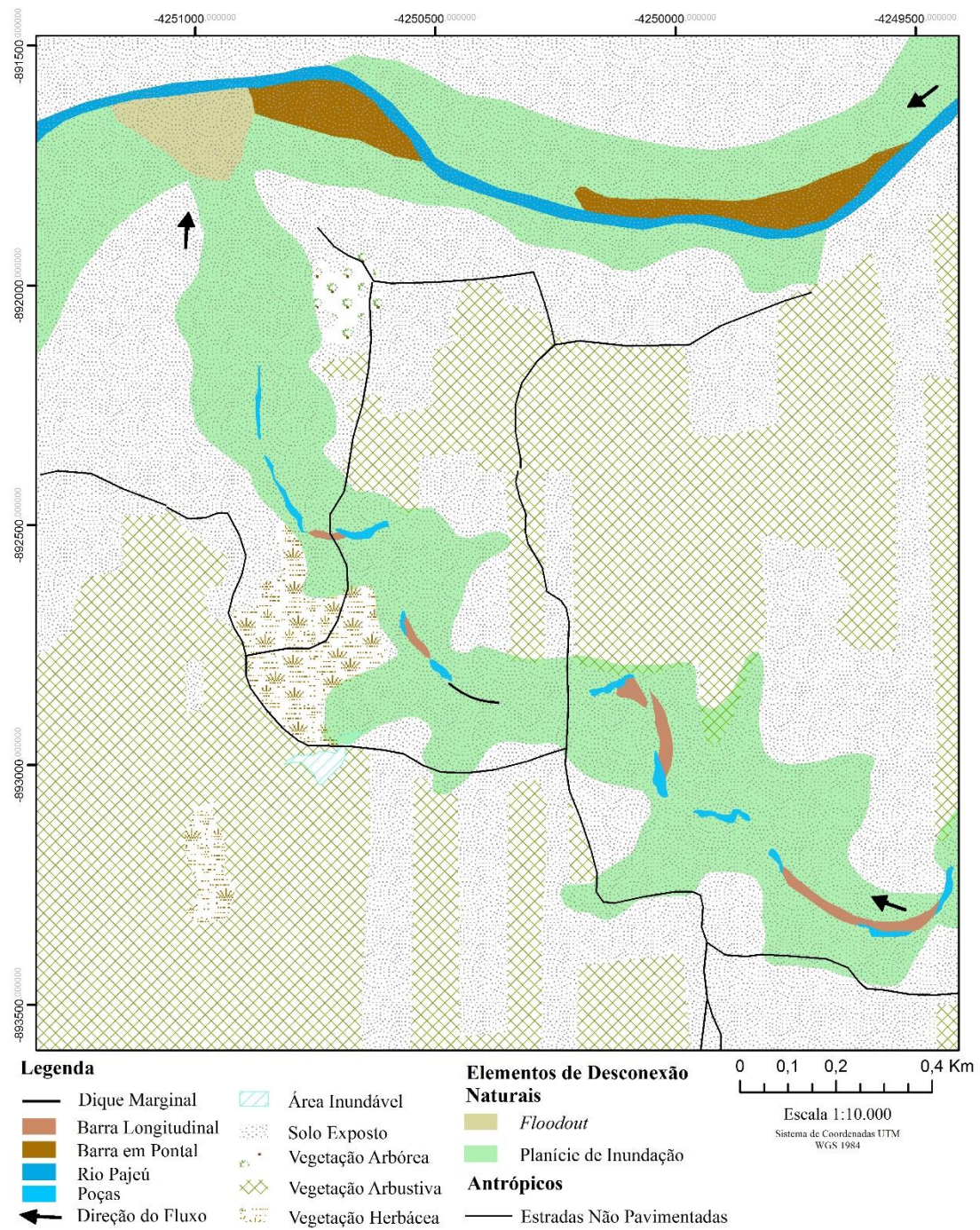
Fonte: A autora, 2017

Este trecho no geral apresenta grande influência de fatores antrópicos, como a presença de áreas de solo exposto para pastagem e agricultura rotativa de ciclo curto. A maior distribuição de sítios e vilas levou à abertura de estradas não pavimentadas, que atuam tanto como *barriers*, quanto *buffers*. Como impedimentos naturais, soleiras rochosas atuam como *barriers*, provocando o acúmulo de sedimentos à montante, formando uma sequência de barras e poças. A distribuição de *barriers* ao longo do trecho, caracterizado quanto os processos geomorfológicos predominantes como zona de transferência reflete numa ligação longitudinal irregular. Ainda no trecho barras em pontal e diques marginais atuam como *buffers*, rompendo a ligação encosta-canal.

O trecho de vale lateralmente não confinado, com destaque ao mapeado na figura 76, repete-se em maior extensão na foz do Riacho Grande, predominantemente em área de plaino aluvial, caracterizado pela formação de largas planícies de inundação. Essas planícies encontram-se ocupadas por atividades agropecuárias de pequeno porte, que apesar disso intensificam os processos erosivos locais.

A planície de inundação representa, por si, um elemento da desconexão encosta-canal, além de *blankets*, ao romperem ligações verticais, devido à predominância de sedimentos siltico-arenosos, dificultando a circulação livre superfície-subsuperfície, por efeito da compactação das frações finas, criando uma capa de baixa porosidade (ALMEIDA, SOUZA & CORRÊA, 2016). Dique marginal e barras atuam como *buffers*, enquanto que o depósito em *floodout* (figuras 77 e 78) atua como *barrier*, e representam formas de desconexão natural.

Figura 76 – Elementos de desconexão em vale lateralmente não confinado



Fonte: A autora, 2017

Figura 77 – Terraço na margem direita lateral ao depósito em *floodout*



Fonte: A autora, em Dezembro/2016

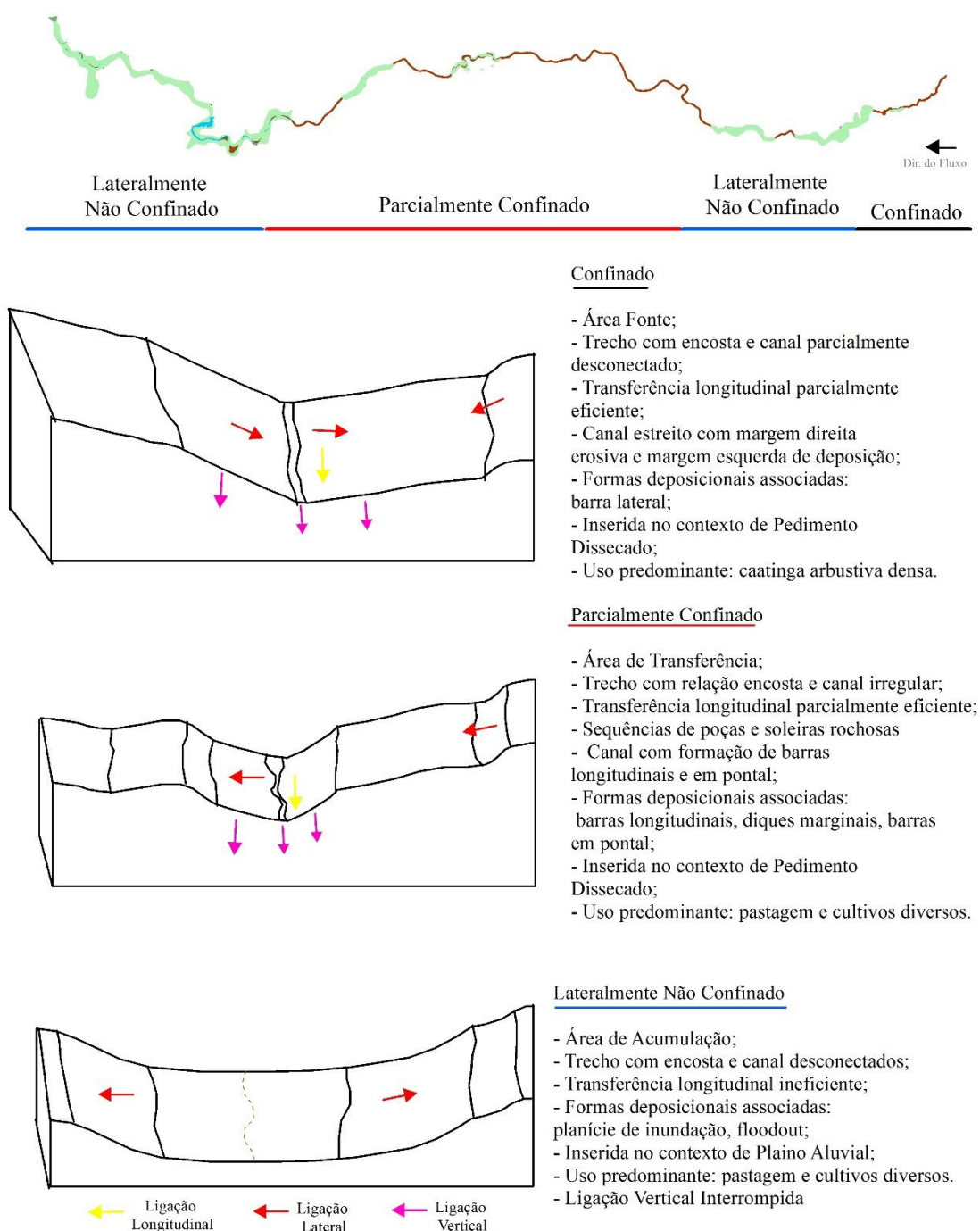
Figura 78 – Depósito em *floodout*.



Fonte: A autora, em Dezembro/2016

Como exposto, o canal principal encontra-se influenciado quanto à distribuição das diferentes tipologias tanto em relação aos controles estruturais na área, quanto ao arranjo dos elementos de desconexão. Pensando nisso, construiu-se um modelo de desconexão (figura 79) referente a cada tipologia, tomando por base o modelo de conectividade da paisagem em uma bacia idealizada proposto por Fryirs e Brierley (2013).

Figura 79 – Modelo de desconexão quanto à tipologia de compartimentação fluvial na Bacia do Riacho Grande



Fonte: A autora, 2017

Em sistemas conectados, os fluxos de água e sedimento são transferidos diretamente das encostas para a rede de canais, entretanto, em sistemas desconectados, os materiais são estocados em diferentes feições entre a encosta e o canal (FRYIRS & BRIERLEY, 2013). Em todas as tipologias de compartimentação fluvial encontram-se distribuídos elementos que rompem as transferências de fluxos longitudinais, laterais e verticais. Nos canais confinados, comuns em áreas de fonte de sedimentos, é comum a distribuição de barras laterais, que atuam como *buffers*, dificultando a relação encosta-canal, salvo durante ou logo após episódios de eventos de alta magnitude, capazes de rompê-los. As ligações longitudinais são rompidas nestes trechos diante da espacialização de elementos que atuam como *barriers*, tal qual barragens ou tributários preenchidos. Neste cenário, verifica-se a eficiência parcial da transferência longitudinal de fluxo de energia e matéria ao longo do canal. Diferente das ligações verticais, que mantém-se eficientes diante da textura do material do leito, que constitui-se de material majoritariamente arenoso, possibilitando a troca vertical através da infiltração facilitada de água em subsuperfície, sobretudo pela manutenção da caatinga arbustiva densa nas encostas, a qual propicia a infiltração do fluxo pela superfície radicular (ALMEIDA, SOUZA & CORRÊA, 2016).

A conectividade dos trechos parcialmente confinados encontra-se também interrompida ante a espacialização de diferentes formas deposicionais, tanto as localizadas entre o sopé das encostas e o canal, quanto as distribuídas no próprio canal. Os sedimentos erodidos nas encostas são depositados nos terraços, barras ou diques marginais, não alcançando o próprio canal. A frequência com que os processos no canal irão retrabalhar os materiais derivados das encostas dependerá da magnitude dos eventos hidrológicos, fornecendo energia para romper os *buffers* e *barriers* existentes nesta tipologia. Em virtude da espacialização de tais elementos de desconexão, eventos de alta magnitude são necessários para rompê-los. As ligações longitudinais são prejudicadas pela organização de *barriers*, tanto naturais, como soleiras rochosas e depósitos de tributários aprisionados, quanto antrópicas, como estradas e barragens. O que se reflete no transporte de sedimentos ao longo do canal, como verificado com base na morfoscopia dos grãos depositados no leito e nas margens, que indicam deposição próxima à área fonte. Neste caso, admite-se aos canais parcialmente confinados uma transferência longitudinal parcialmente eficiente. Assim como nos canais confinados, as ligações verticais apresentam-se eficientes quanto da deposição de sedimentos majoritariamente arenosos.

Os vales lateralmente não confinados, comuns nas áreas em que predomina a acumulação de sedimentos, apresentam o menor grau de conexão, sendo rompidas as ligações nas três esferas possíveis. Ou seja, devido à dimensão espacial das formas deposicionais, como as largas planícies de inundação, ocorre uma interrupção lateral, com a transferência de sedimentos do canal para a planície de inundação; interrupção vertical pela proporção granulométrica dos sedimentos que compõem tal depósito, inibindo a circulação pelos espaços da porosidade; e a ineficiente transferência longitudinal.

Tal cenário admite que a desconectividade entre os compartimentos da paisagem na bacia do Riacho Grande é influenciada primordialmente pela espacialização de elementos naturais, que dependem tanto dos controles estruturais, como do comportamento fluvial em cada tipologia analisada. Destacando que, a desconectividade é ainda impulsionada pelas atividades antrópicas, sobretudo no que diz respeito às ligações longitudinais, devido à alta distribuição de barragens em toda a bacia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reconhecimento dos controles impostos sobre as características físicas e os processos em pequena escala por fatores de grande escala tem levado ao desenvolvimento de modelos hierárquicos aninhados, que gerem produtos sistêmicos eficientes a estudos ambientais físicos, mormente aqueles atrelados ao planejamento territorial e ambiental. Portanto, integrar diferentes propostas metodológicas faz-se de suma importância, principalmente no que tange o gerenciamento de pequenas bacias hidrográficas semiáridas, visto a dificuldade de se adaptarem metodologias que contemplem a dinâmica da paisagem fluvial, sobretudo diante da complexidade do Semiárido.

A integração das propostas metodológicas de estilos fluviais e conectividade da paisagem fornece dados qualitativos robustos ao planejamento territorial e ambiental. Quanto à identificação de depósitos aluviais, ambas as metodologias foram tidas como adequadas. Porém quanto à potencialidade de usos antrópicos de tais depósitos, os resultados devem ser direcionados a estudos de áreas científicas correlatas que garantam a utilização dos mesmos com eficácia.

A bacia do Riacho Grande, no geral, apresenta uma intensa desconectividade, seja lateral, vertical ou longitudinal. Tal desconexão é influenciada pela espacialização de depósitos oriundos da dinâmica fluvial. As propostas da Conectividade da Paisagem e de Estilos Fluviais permitiram a compreensão da dinâmica fluvial atual na bacia, no entanto, sugere-se a continuidade da pesquisa incorporando o estudo da dinâmica fluvial pretérita, proporcionando não só a compreensão dos processos vigentes quanto daqueles que se deram antes da implementação das formas de uso da terra primordialmente agrícolas na região. No caso do semiárido brasileiro acredita-se que este tipo de integração seja essencial para a previsão de cenários futuros. Neste sentido, estudos morfoestratigráficos e geocronológicos dos depósitos aluviais são essenciais.

Entretanto, não se deve esquecer da influência de elementos de desconexão antrópicos, especialmente no que diz respeito às transferências longitudinais, que tornam-se ineficientes pelo impacto da construção de barragens perpendiculares aos canais. Por tratarem-se de barragens rústicas, em sua grande maioria, eventos de alta magnitude podem rompê-las, ajustando novamente a relação canal principal – tributários.

Em relação à distribuição de elementos de desconexão entre as diferentes tipologias de compartimentação fluvial, destacaram-se os canais parcialmente confinados e lateralmente não confinados. Destaca-se que nos vales lateralmente não confinados a desconectividade esteve presente entre as transferências longitudinal, lateral e vertical, enquanto que nos canais parcialmente confinados, as ligações que sofreram alterações foram as laterais e longitudinais devido à distribuição das formas deposicionais associadas e elementos antrópicos. Nos canais confinados, as ligações laterais e longitudinais demonstram haverem sido parcialmente rompidas, sendo maior a capacidade de ajuste.

No geral, diante do que foi explanado no presente trabalho considera-se notória a necessidade de estudos mais detalhados para a área em questão, viabilizando a criação de dados mais verticalizados no que diz respeito à região e ao tema abordado. O aprofundamento dessa abordagem se faz premente visto que há importantes lacunas de conhecimento nas questões relacionadas ao comportamento fluvial em terras secas.

REFERÊNCIAS

- AB’SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALMEIDA, F. F.; et al. **Review on granitic rocks of northeast South America**. IUGS/UNESCO. Symp., Recife 41p., 1967.
- ALMEIDA, J.D.M. et al. **Abastecimento público de água no Sertão de Alagoas e Pernambuco**. Recife: IV Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco, 2012.
- ALMEIDA, J. D. M.; CORREA, A. C. B. **Dinâmica dos sedimentos em bacia do semiárido: conectividade e a relação com a qualidade de água como suporte para a gestão de recursos hídricos local**. In: 18ª Jornada de Iniciação Científica – FACEPE: Recife, 2014.
- ALMEIDA, J. D. M.; CORREA, A. C. B.; SOUZA, J. O. P. (Des)Conectividade da Paisagem em Ambiente Semiárido: Bacia do Riacho Grande, Sertão Central Pernambucano. In: LISTO, F. L. R.; MÜTZENBERG, D. S.; TAVARES, B. A. C. **E-book do I Workshop de Geomorfologia e Geoarqueologia do Nordeste**. Vol. 1. Recife: GEQUA, 2016.
- ALMEIDA, J. D. M.; SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B. **Dinâmica e caracterização fluvial da bacia do Riacho Grande: abordagem da conectividade da paisagem**. Geo UERJ: Rio de Janeiro, n. 28, p. 308-331, 2016.
- ALVARENGA, R. S. **Arquitetura Estratigráfica e Arcabouço Estrutural dos Depósitos Fluviais Albianos da Base da Formação São Mateus no Norte da Bacia do Espírito Santo**. 2010, 114f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2010.
- ANTONELI, V.; THOMAZ, R. L. **Caracterização do Meio Físico da Bacia do Arroio Boa Vista – Guamiranga-PR**. Instituto de Geografia: Caminhos de Geografia, v. 8, n. 21, p. 46-58, 2007.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Bacias Hidrográficas: Rio Pajeú**. Disponível em <http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=20> Acesso em: Dez./2014.

ARAGAO, J. O. R. **O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil**. Bull. Inst. Fr. Études Andines, 27 (3), p. 839-844, 1998.

BARROS, A.C.M. et al. **Dinâmica dos sedimentos em bacia do Semiárido: conectividade e a relação com o escoamento superficial como suporte para a gestão dos recursos hídricos local**. Revista GEONORTE, Edição Especial 4, v. 10, n. 10, 2014.

BECKER, F. G. Aplicações de sistemas de informação geográfica em ecologia e manejo de bacias hidrográficas. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2008. p. 91-110.

BERTALANFFY, V. L. **Teoria geral dos Sistemas**. Petrópolis: Editora Vozes, 1973.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. São Paulo: Instituto de Geografia USP (Cadernos de Ciências da Terra, v. 13), 1972.

BIGARELLA, et al. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. 2 ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2007.

BIGARELLA, J. J.; SUGUIO, K.; BECKER, R. D. **Ambiente Fluvial**. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná, 1979.

BLANTON, P.; MARCUS, W. A. **Railroads, roads and lateral disconnection in the river landscapes of the continental United States**. Geomorphology, v. 112, p. 212-227, 2009.

BLUM, M. D.; TORNQVIST, T. E. **Fluvial responses to climate and sea-level changes: a review and look forward**. Sedimentology, v. 47, p.2-48, 2000.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física Brasileira**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 153-192.

BRACKEN, L. J.; et al. Sediment connectivity: a framework for understanding sediment transfer at multiples scales. *Earth Surf. Process. Landforms*, 40, pp. 177-188, 2015.

BRIERLEY, G. et al. **Post-European changes to the fluvial geomorphology of Bega catchment, Australia: implications for river ecology.** *Freshwater Biology*, v. 41, p. 839-848, 1999.

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

BRIERLEY, G. FRYIRS, K. **Geomorphology and River Management: applications of the River Styles framework.** Blackwell Publishing, 2005, 398p.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; JAIN, V. **Landscape connectivity: the geographic basis of geomorphic applications.** *Area* (2006) 38.2, 165-174.

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.

BRUNSDEN, D.; THORNES, J. B. Landscape Sensitivity and Change. *Transactions of the Institute of British Geographers*, New Series, v. 14, n. 4, pp. 463-484, 1979.

BURTE, J. D. P.; COUDRAIN, A.; MARLET, S. **Use of water from small alluvial aquifers for irrigation in semi-arid regions.** *Rev. Ciência Agronômica*, v. 42, n. 3, p. 635-643, 2011.

CAMPOS, H. L. Gestão de bacia hidrográfica: pressupostos básicos. In: SÁ, A. J.; CORRÊA, A. C. B. **Regionalização e análise regional: perspectivas e abordagens contemporâneas.** Recife: Editora Universitária, 2006. p. 91-111.

CARVALHO, R.R.; et al. **Origem e Proveniência das Sequência Siliciclástica Inferior da Bacia do Jatobá.** *Estudos Geológicos*, v. 20, n. 2, p. 113-127, 2010.

CHARLTON, R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology.** British Library, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial.** São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1981.

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

CIRILO, J. A. **Políticas públicas e recursos hídricos para o semi-árido.** *Estudos Avançados*, 22 (63), 2008.

COLLINSON, J. D. **Alluvial Sediments**. In: READING, H. G. Sedimentary Environments: processes, facies and stratigraphy. Blackwell Publishing, 3 Ed., 1996.

CORREA, A. C. B. et al. **Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema**. Revista do Instituto Geológico, v. 31, p. 35-52, 2010.

CORRÊA, A. C. B. **Antropogênese e morfogênese sob a ação de eventos climáticos de alta magnitude no semiárido pernambucano: o caso da bacia do riacho Salgado**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 12, n. 3, 2011.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de conceitos e bases**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

CPRM. **Programa de Água Subterrânea para a Região Nordeste – Projeto de Avaliação Hidrogeológica das Bacias Interiores: Estudo Hidrogeológico da Bacia de Fátima, PE**. Serviço Geológico do Brasil: Recife, 2000.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Programas levantamentos geológicos do Brasil: Serra Talhada, Folha SB. 24-Z-C. Estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará. Escala 1:250.000**. Brasília: CPRM, 2001.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Flores, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005a.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Calumbi, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005b.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Serra Talhada, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005c.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO:**

HIDROGEOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO JATOBÁ: SISTEMA AQUÍFERO TACARATU/INAJÁ, 2007.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade de Pernambuco**. Programa de levantamento geológico do Brasil: levantamento da geodiversidade. Recife, 2014.

DEMEK, J. **Manual of Detailed Geomorphological Mapping**. Praga: Academia, 520p., 1972.

DOLLAR, E. S. J. Fluvial Geomorphology. *Progress in Physical Geography*, 28 (3), pp. 405-450, 2004.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

DNPM – Departamento Nacional de Pesquisas Minerais. **Sistema de Informações Geográficas da Mineração**. Disponível em < <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>> Acesso em 2016.

EMBRAPA. **Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2006.

EMBRAPA. **Árvore do Conhecimento – Solos Tropicais: Planossolos Nátricos**.

Disponível em

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn362j9y02wx5ok0liq1mqwdznm9.html> Acesso em Dez./2014.

EMBRAPA. **Árvore do Conhecimento – Solos Tropicais: Luvisolos Crômicos**. Disponível em

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xhm02wx5ok0liq1mqv181o7y.html> Acesso em Dez./2014.

FAO. **Planning for Sustainable Use of Land Resources: towards a new approach**. Rome: Italy, 1995.

FAO. **Land Cover Classification System: classification concepts and user manual**. Rome, 2005

FOLK, R. L. & WARD, W. Bazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, v. 27, p.3-26, 1957.

FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. J. **Geomorphologic Analysis of River Systems: an approach to reading the landscape**. Blackwell Publishing LTD, 1ª Ed., 2013.

FRYIRS, K. A. **(Dis)Connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at sediment delivery problem**. *Earth Surface Process and Landforms*, 38, p. 30-46, 2013.

FRYIRS, K. A.; et al. **Buffers, barriers and blankets: the (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades**. *Catena*, v. 70, p. 49-67, 2007a.

FRYIRS, K. A. et al. **Catchment-scale (dis)connectivity in sediment flux in the upper Hunter catchment, New South Wales, Australia**. *Geomorphology*, v. 89, p. 297-316, 2007b.

FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. **Geomorphologic Analysis of River Systems: an approach to reading the landscape**. Wiley Blackwell, 345p., 2013.

GALE, S. J. & HOARE, P. G. **Quaternary sediments: petrographic methods for the study of lithified rocks**. Londres: Bethaven Press, 1991.

GOMES, R. D.; ESPINDOLA, C. R. **Interdisciplinaridade sistêmica e estudos geográficos ambientais**. Ed. UFPR: Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 16, p. 95-114, 2007.

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

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

GRAF, W. L. Science, Public Policy and Western American Rivers. *Transactions of the Institute of British Geographers*, New Series, Vol. 17, No. 1, pp. 5-19, 1992.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 225-256.

HINGEL, R. de L. **Sedimentação Fluvial Quaternária na Bacia do Rio Macaé (RJ): análise morfoestratigráfica de terraços fluviais**. 2012. 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2012.

LIMA, L. C. M. L. et al. **Análise estrutural e metamórfica da região de Sucuru (Paraíba): implicações sobre a evolução do Terreno Alto Moxotó, Província da Borborema**. São Paulo: Geologia USP, série científica, vol. 12, n. 03, 2012.

LIMA, R. N. S.; MARÇAL, M. S. **Avaliação da condição geomorfológica da bacia do Rio Macaé – RJ a partir da metodologia de classificação de Estilos Fluviais**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 14, n. 2, 2013.

LIMA, F. J.; et al. **Mapeamento Geomorfológico em Escala de semi-detalle e a Flexibilização de Manuais de Mapeamento: breves considerações a partir de um estudo de caso – setor subúmido do Planalto Sedimentar do Araripe/CE/Brasil**. Rio de Janeiro: Ensaios de Geografia, v. 3, n. 6, 2015.

LIMBERGUER, L. **Abordagem sistêmica e complexidade na Geografia**. Geografia, v. 15, n. 2, 2006.

MACIEL, C.; PONTES, E. T. **Seca e Convivência com o Semiárido: adaptação ao meio e patrimonialização da Caatinga no Nordeste Brasileiro**. 1ª Ed., Rio de Janeiro: Ed. Consequência, 2015.

MARQUES NETO, R. **A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de interação**. Geografia: Universidade Estadual de Londrina, v. 17, n. 2, 2008.

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

MME – Ministério de Minas e Energia. **Relatório Técnico: análise das informações sobre os recursos hídricos subterrâneos no país**. Junho, 2009.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. **Dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro**. Rev. Bras. Meteor., v. 17, n. 1, p.1-10, 2002.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. **Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 10, n. 1, p. 30-37, 2006.

MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A. Dinâmica hidro-salina em aquífero aluvial utilizado para a agricultura irrigada familiar em região semiárida. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 85-92, 2003.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto/Geosp (Novas Abordagens, v. 3), 2000.

MORIN, E. **O método: a natureza da natureza.** Tradução de Maria Gabriela Bragança, Mira-Sintra/Europa-América Ltda, 1997.

MORIN, E. **O Problema epistemológico da complexidade.** 3ª ed. Lisboa: Publicações Europa-América, 2002.

PEJRUP, M. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: BOER, P. L.; VAN GELDER, A.; NIO, D. D. (eds.). **Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies.** Reidel: Dordrecht, 1988, p.289-300.

PHILLIPS, J. D. **Nonlinear dynamical systems in geomorphology: revolution or evolution?** *Geomorphology*, v. 5, p. 219-229, 1992.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de Bacia Hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações.** Ilhéus: Editus, 2008. p. 17-35.

RAMOS, R. R. C. **Sistemas Fluviais Terciários da Bacia de Resende, Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Análise de Fácies e Revisão Estratigráfica.** 2003, 221f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2003.

RODRIGUES, S. C. E.; BRITO, J. L. S. **Mapeamento geomorfológico de detalhe - uma proposta de associação entre o mapeamento tradicional e as novas técnicas em geoprocessamento.** *Caminhos de Geografia* 1(1): 1-6. 2000., v. 1(1), p. 1-6, 2000.

RODRIGUES, C. **A teoria geossistêmica e a sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais.** Revista do Departamento de Geografia – USP, v. 14, p. 69-77, 2001.

SAMPAIO, M. A. F. **Petrologia, Geoquímica e Evolução Crustal do Complexo Granítico Esperança, Terreno Alto Pajeú, Domínio da Zona Transversal, Província da Borborema, Nordeste Brasileiro.** Tese (Doutorado): UFPE – Programa de pós-graduação em geociências, 258f., 2005.

SANTOS, E. J. **Síntese da geologia do pré-cambriano da Folha Arcoverde – Nordeste do Brasil.** Recife: SUDENE, 33p. 1971.

SANTOS, K. L. et al. **Variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, p. 828-835, 2012.

SARAIVA, F. **Considerações acerca da pesquisa em geografia física aplicada ao planejamento ambiental a partir da perspectiva sistêmica.** Editora UFPR: RA'EGA, n. 9, p. 83-98, 2005.

SCHERER, C. M. S. Ambientes Fluviais. In: SILVA, A. J. C. L. P. et al. **Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil.** São Paulo: Beca-BALL Edições, 2008.

SCHUMM, S. A. **The Fluvial System.** New Jersey: The Blackburn Press, 1977.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 24, p. 151-158, 1954.

SIAL, A. N. Litogeoquímica de elementos terras raras na caracterização de granitoides no espaço Cachoeirinha, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro: *Anais...*, Rio de Janeiro, SBG, pp. 2697-2709, 1984.

SILVA FILHO, A. F. et al. **Petrology of Terra Nova pluton, Brazil, and associated ultrapotassic dykes.** Rev. Brasil. Geoc., v. 17 (4), p. 481-487, 1987.

SILVA FILHO, A. F.; GUIMARÃES, I. P. **Geologia das rochas ultrapotássicas da região de Salgueiro, PE.** Anais 36º Congr. Bras. Geol., p. 1752-1763, 1990.

SILVA JÚNIOR, J. M. F. **Um regime rúptil, pós-Siluro-Devoniano no Domínio da Zona Transversal, Província Borborema-Nordeste do Brasil.** Dissertação (Mestrado): UFOP – Departamento de Geologia, Ouro Preto, 156f., 1997.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas.** São Paulo: Instituto de Geografia – USP (Métodos em Questão, v. 16), 1977.

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. **Modelos de Evolução da Dinâmica Fluvial em Ambiente Semiárido – Bacia do Riacho do Saco, Serra Talhada, Pernambuco.** Tese (Doutorado): Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2014.

SOUZA, J. O. P.; CORREA, A. C. B. **Sistema Fluvial e Planejamento Local no Semiárido.** Mercator: Fortaleza, v. 11, n. 24, p. 149-168, 2012a.

SOUZA, J. O. P.; CORREA, A. C. B. **Conectividade e área de captação efetiva de um sistema fluvial semiárido: bacia do riacho Mulungu, Belém de São Francisco-PE.** Sociedade e Natureza, Uberlândia, ano 24, n. 2, 319-332, mai/ago, 2012b.

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, E. B.; NOBRE, P. **Uma revisão sobre o Dipolo no Atlântico Tropical.** Rev. Brasil. Meteor., v. 13, n. 1, p. 31-44, 1998.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** São Paulo: Edgar Blücher, 2003.

TAVARES, B. A. C. **Evolução Morfotectônica dos Pedimentos Embutidos do Planalto da Borborema.** Tese (Doutorado): UFPE – Programa de pós-graduação em geografia, 251f., 2015.

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

THOMSON, J. R.; TAYLOR, M. P.; BRIERLEY, G. **Are River Styles ecologically meaningful? A test of the ecological significance of geomorphic river characterization scheme.** Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 14, p. 25-48, 2004.

THORNES, J. B.; BRUNSDEN, D. **Geomorphology & Time.** London: Methuen & Co, 1977.

THORNDYCRAFT, V. R.; BENITO, G. GREGORY, K. J. Fluvial Geomorphology: a perspective on current status and methods. *Geomorphology*, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da Universidade: BRH: EDUSP, 1993.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. **Abordagem sistêmica e Geografia.** Geografia, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, 2003.

VITTE, A. C. **O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física.** Mercator – Revista de Geografia da UFC, ano 06, n. 1, 2007.