

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

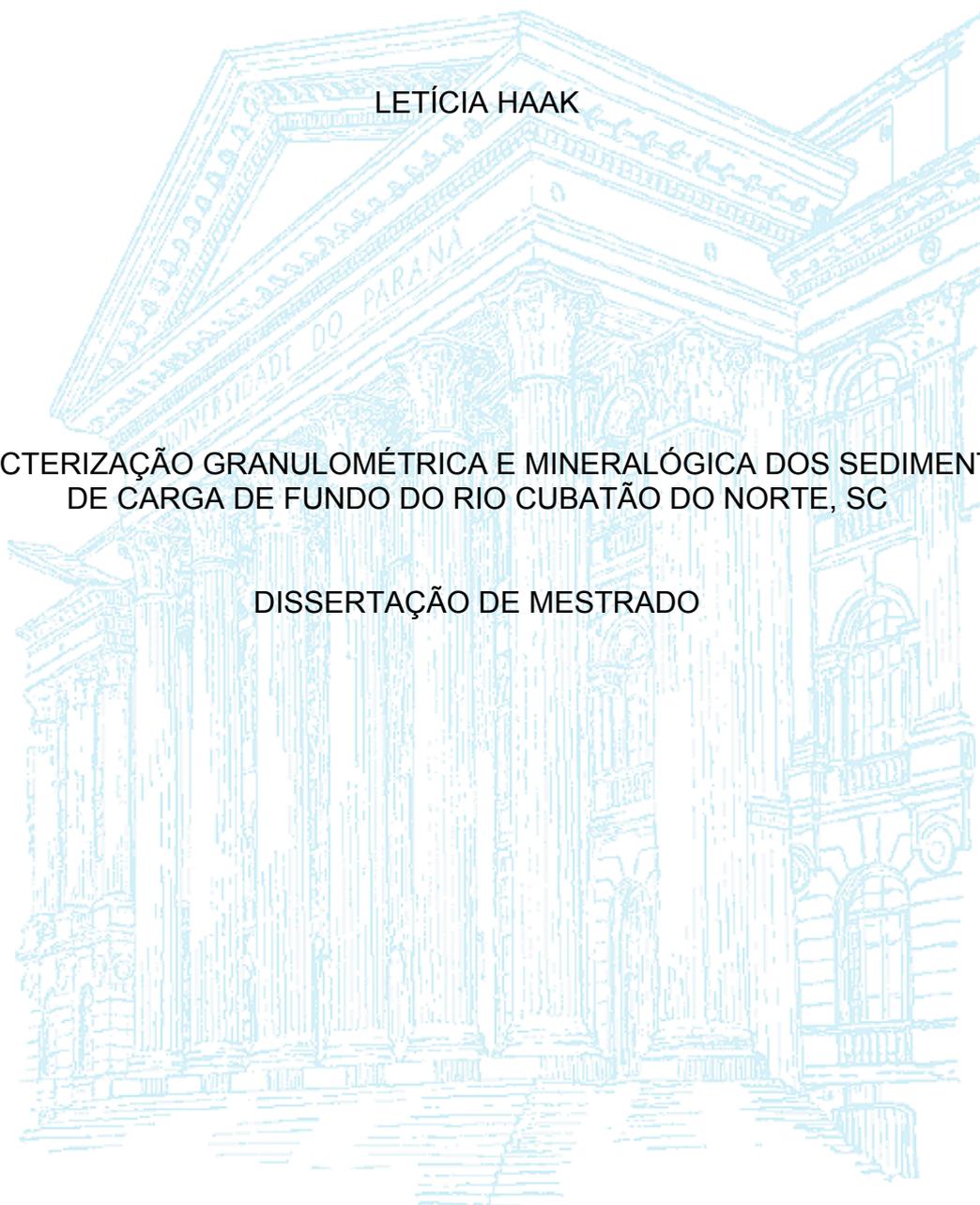
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

LETÍCIA HAAK

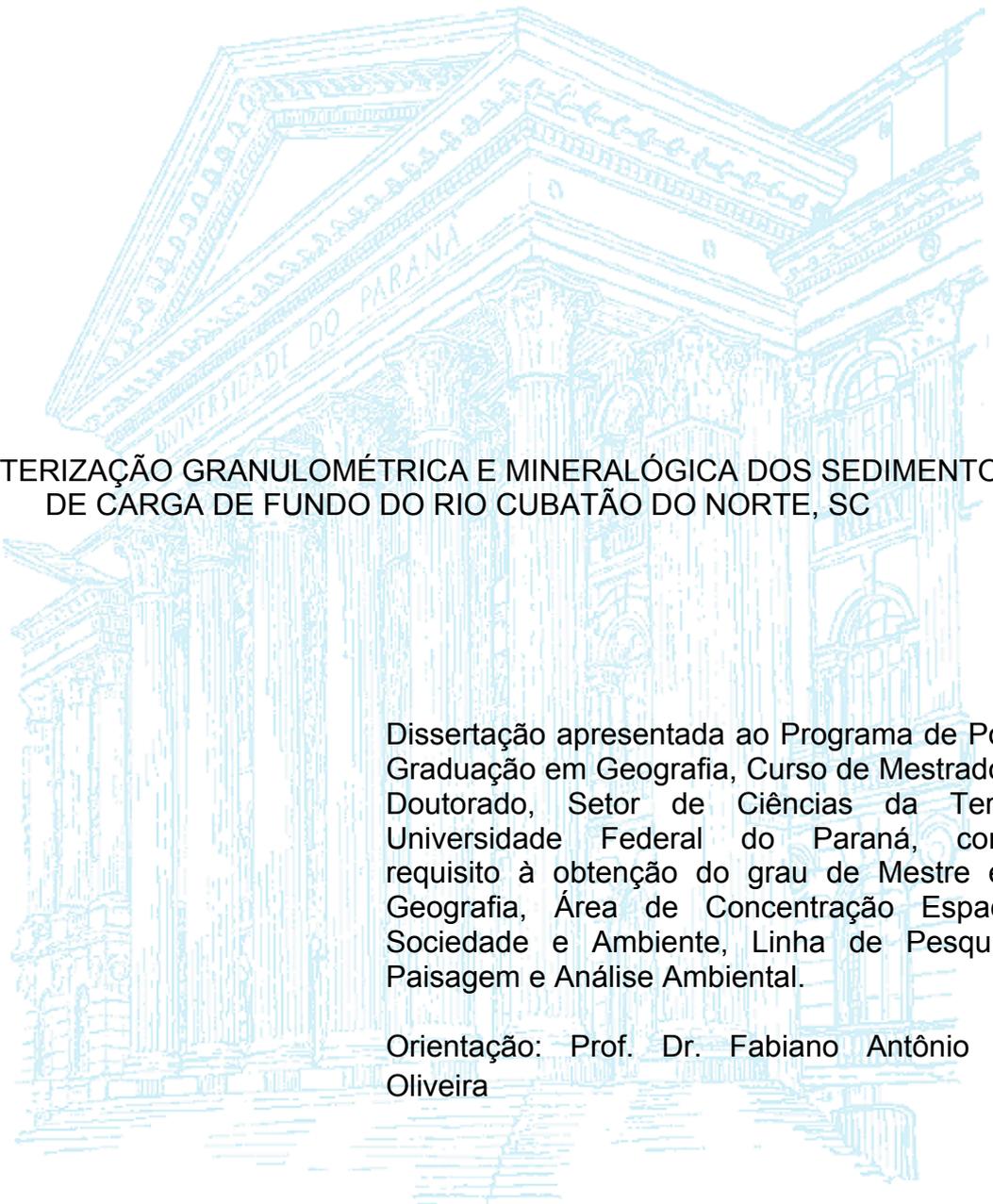
CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS
DE CARGA DE FUNDO DO RIO CUBATÃO DO NORTE, SC

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CURITIBA
2013



LETÍCIA HAAK



CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS
DE CARGA DE FUNDO DO RIO CUBATÃO DO NORTE, SC

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Curso de Mestrado e Doutorado, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito à obtenção do grau de Mestre em Geografia, Área de Concentração Espaço, Sociedade e Ambiente, Linha de Pesquisa Paisagem e Análise Ambiental.

Orientação: Prof. Dr. Fabiano Antônio de Oliveira

CURITIBA
2013



PARECER

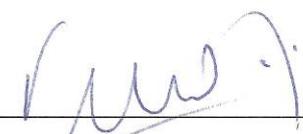
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Geografia reuniram-se para a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo (a) candidato (a) **LETÍCIA HAAK** intitulada "**CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS DE CARGA DE FUNDO DO RIO CUBATÃO DO NORTE, SC**", para obtenção do grau de Mestre em Geografia, do Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná Área de Concentração **Espaço, Sociedade e Ambiente**, Linha de Pesquisa **Paisagem e Análise Ambiental**

Após haver analisado o referido trabalho e arguido o (a) candidato (a), são de parecer pela aprovação da Dissertação.

Curitiba, 28 de março de 2013.

OBS: este documento tem a validade de 60 dias a contar desta data

Nome e Assinatura da Banca Examinadora:



Prof. Dr. Fabiano Antonio de Oliveira – Orientador



Prof. Dr. Edivaldo Lopes Thomaz (UNICENTRO)



Prof. Dr. Eduardo Vedor de Paula (UFPR)

AGRADECIMENTOS

Em especial ao meu pai, que foi um homem que se destacou pelo exemplo de simplicidade e humildade, plantando na minha infância esta semente de Geógrafa que só descobri após a sua ausência.

Agradeço a minha mãe Nelci e a minha tia Maria Nilvete que muito me apoiaram, principalmente nos momentos mais difíceis.

Ao professor Dr. Fabiano A. Oliveira por ter acreditado no meu potencial, pela sua atenção, paciência e amizade, e por muito contribuir para o meu crescimento profissional, é difícil encontrar palavras para expressar a minha admiração e gratidão.

Aos amigos Emília, Diego, Cintia e Jéssica que conheci na graduação e estarão sempre presentes em minha vida.

À Luciana, Yara, Flávio, Marcos e Felipe que me acompanharam durante o campo e foram essenciais para a realização deste estudo.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Geografia e aos secretários Luiz Zen e Adriana pela sua atenção e presteza sempre que solicitado.

Ao professor Dr. José Manoel dos Reis Neto e a todos os funcionários do LAMIR-UFPR (Laboratório de Análises Minerais e Rochas) que muito me auxiliaram nas análises laboratoriais, sendo fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Rafael, André e Emília que pacientemente me ajudaram todas as vezes que precisei.

À Daniela, Flávio, Fernando e Rafael que me acolheram em seus lares quando necessitei.

Aos professores Dr. Edivaldo Lopes Thomaz e Dr. Irani dos Santos pelas sugestões no exame de qualificação.

Ao Comitê Cubatão Joinville, à Comfloresta, EPAGRI, ao Instituto das Águas do Paraná e à Companhia Águas de Joinville pelo apoio nos momentos solicitados.

À CAPES pelo incentivo financeiro.

Às minhas amigas irmãs Michéle, Silvana, Cristiane, Leni, Tahiz, Vanessa e Leila pela torcida e estímulo.

Enfim, a todos que alguma forma ajudaram na realização deste trabalho.

RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte, com 492 km², é considerada uma das principais bacias hidrográficas da região nordeste de Santa Catarina e constitui o principal contribuinte hídrico do Complexo Estuarino da Baía da Babitonga. A bacia hidrográfica objeto do estudo abrange três ambientes distintos como o planalto, as escarpas da Serra do Mar e a planície costeira, o que implica em uma importante variação do relevo e de suas características internas. Dessa forma, os sedimentos presentes no leito do rio Cubatão e de seus principais afluentes diferem em relação às suas características granulométricas e mineralógicas. A pesquisa teve como objetivo principal caracterizar os sedimentos de fundo de tamanho inferior a grânulos presentes no leito do rio Cubatão do norte e em alguns de seus afluentes, por meio da análise de sua distribuição espacial e de suas características granulométricas e mineralógicas. Efetuou-se a coleta de amostras de sedimentos em 21 pontos de amostragem distribuídos segundo critérios que contemplassem as diferentes características físicas e ambientes existentes na bacia hidrográfica em estudo. Os resultados indicam que o tamanho das frações granulométricas dos sedimentos distribuídos ao longo do rio principal e seus principais afluentes não ocorrem de forma homogênea ao longo do percurso, e não há uma redução progressiva do tamanho dos grãos de montante para jusante. A variação topográfica e a diferença na velocidade do fluxo foram considerados os principais fatores para justificar esta discrepância. A fração de areia média foi encontrada em todos os pontos de amostragem, predominando em todo o percurso do rio e prevalecendo em áreas menos íngremes do planalto e da planície costeira. A fração de grânulos foi encontrada em ambientes com fluxo mais intenso e em áreas próximas a setores com significativo desnível topográfico. As frações de areia fina, silte e a argila foram menos frequentes e estão distribuídas de forma desigual ao longo da área de estudo. Foram identificados 18 minerais ao longo do percurso do rio Cubatão do norte. Os minerais que apresentaram maior incidência nos pontos amostrados foram o quartzo e a albita.

Palavras-chave: Granulometria. Composição Mineralógica. Rio Cubatão do Norte.

ABSTRACT

The 492 km² Cubatão do Norte watershed, considered one of the most important in northeastern Santa Catarina State, is the main hydric supplier of the Babitonga Bay Estuarine System. The watershed holds an important relief variation related to its three different environments: the plateau, the scarps of Serra do Mar and the coastal plain. This way, the sediments found in the Cubatão riverbed and its main tributaries may differ regarding granulometric and mineralogical characteristics. The research has as main objective to characterize bedload sediments of grain size gravel and smaller present at river Cubatão do Norte and some of its main tributaries through the analyses of their spatial distribution as well as their granulometric and mineralogical characteristics. Sediment samples were collected at 21 points distributed according to criteria that consider the different physical characteristics and environments within the studied watershed. Results indicate that sediment grain size along the main river and its sampled tributaries are not homogeneously distributed and there is no downstream progressive grain size decrease. Topographic variation and current speed differences were considered the main factors to justify this discrepancy. Medium sand was found at all sampled points along the river course and prevailing in less steep areas of the plateau and coastal plain. Gravel was found in environments of less intense water current and in areas close to expressive topographic fall. Fine sand, silt and clay occurrences were less frequent and are unevenly distributed along the studied area. A total of 18 minerals were identified along the river Cubatão do Norte. Quartz and albite were the most frequent minerals found at the sampled points.

Key-words: Grain Size. Mineralogical Composition. River Cubatão do Norte.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo	18
Figura 2: Modelo Digital do Terreno com sobreposição de imagem Landsat correspondente à área da pesquisa	19
Figura 3: Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte	21
Figura 4: Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte	24
Figura 5: Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte	25
Figura 6: Clinografia da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte	27
Figura 7: Serra do Mar vista a partir da linha de costa.....	27
Figura 8: Provável movimento de rotação das placas Sul-americana e Africana.....	28
Figura 9: Riftes desenvolvidos durante o colapso gravitacional.....	29
Figura 10: Tipos de Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte.....	30
Figura 11: Rede hidrográfica da área da pesquisa em modelo digital do terreno	32
Figura 12: Subbacias da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte.....	33
Figura 13: Perfil Longitudinal da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte	34
Figura 14: Classificação Climática de Köppen em Santa Catarina e na BHRCN.....	36
Figura 15: Distribuição da Temperatura Anual na BHRCN	37
Figura 16: Distribuição da Precipitação Anual em Santa Catarina e na BHRCN	38
Figura 17: Localização das Estações Pluviométricas Campo Alegre (1), Pirabeiraba (2) e Univille (3) no contexto da bacia hidrográfica do rio Cubatão do norte	39
Figura 18: Cobertura Vegetal na BHRCN	42
Figura 19: Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte.....	44
Figura 20: Gráfico assinalando as variações entre a velocidade média e o tamanho das partículas, conforme Hjulstrom, 1935	49
Figura 21: O sistema fluvial pode ser subdividido em três zonas com base em processos dominantes operacionais dentro de cada zona. Estes são os sedimentos	

produção zona, zona de transferência de sedimentos e zona de deposição de sedimentos	55
Figura 22: Pontos de coletas das amostras e divisão de setores conforme ambientes distintos	64
Figura 23: Perfil longitudinal do Rio Cubatão e a localização dos setores no perfil	65
Figuras 24: (a) Amostrador US-BMH-53, Carvalho (1994); (b) Amostrador US-BMH-53 modificado; (c) Depósitos de Sedimentos (<i>Patches</i>).....	66
Figura 25: (a) Secagem das amostras em temperatura ambiente, (b) quarteador tipo Jhones, (c) pesagem das peneiras em balança analítica, (d) peneiramento a úmido; (e) granulômetro a laser Cilas 1064	68
Figura 26: Moinho Excêntrico de Vibração, Panela de Carbetto	69
Figura 27: Porta Amostra de Alumínio, Difrátômetro de Raios X Philips PW 1830	69
Figura 28: Esquema para explicar a Lei de Bragg	71
Figura 29: Distribuição espacial das frações granulométricas dos sedimentos na BHRCN	74
Figura 30: Ponto de Amostragem 1 (Nascente do Rio Cubatão) e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	76
Figura 31: Ponto de Amostragem 2 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	76
Figura 32: Ponto de Amostragem 3 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	77
Figura 33: Perfil longitudinal do rio Cubatão do norte e a localização dos pontos de amostragem 1, 2 e 3	78
Figura 34: Ponto de Amostragem 4 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	79
Figura 35: Ponto de Amostragem 5 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	80
Figura 36: Perfil longitudinal do rio Campinas e a localização dos pontos de amostragem 4 e 5	81
Figura 37: Ponto de Amostragem 6 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	82

Figura 38: Ponto de Amostragem 7 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	82
Figura 39: Perfil longitudinal do rio Cubatão do norte e a localização dos pontos de amostragem 6 e 7	83
Figura 40: Ponto de Amostragem 8 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	85
Figura 41: Ponto de Amostragem 9 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	85
Figura 42: Ponto de Amostragem 10 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	87
Figura 43: Ponto de Amostragem 11 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	87
Figura 44: Ponto de Amostragem 12 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	88
Figura 45: Ponto de Amostragem 13 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	89
Figura 46 Perfil longitudinal do rio Cubatão do norte e a localização dos pontos de amostragem 8, 9, 11 e 13.....	90
Figura 47: Perfil longitudinal do rio Quiriri e a localização dos pontos de amostragem 10 e 12	91
Figura 48: Ponto de Amostragem 14 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	92
Figura 49: Ponto de Amostragem 15 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	93
Figura 50: Ponto de Amostragem 16 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	93
Figura 51: Ponto de Amostragem 17 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	94
Figura 52: Perfil longitudinal do rio Cubatão do norte e a localização dos pontos de amostragem 14 e 17	96
Figura 53: Perfil longitudinal do rio da Prata e a localização dos pontos de amostragem 15 e 16	96
Figura 54: Ponto de Amostragem 18 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	97

Figura 55: Ponto de Amostragem 19 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	97
Figura 56: Ponto de Amostragem 20 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	98
Figura 57: Ponto de Amostragem 21 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem.....	99
Figura 58: Perfil longitudinal do canal artificial do rio Cubatão do norte e a localização do ponto de amostragem 18.....	100
Figura 59: Perfil longitudinal do rio do Braço e a localização do ponto de amostragem 21	101
Figura 60: Perfil longitudinal do rio Cubatão do norte e a localização dos pontos de amostragem 19 e 20	101
Figura 61: Distribuição das ocorrências mineralógicas nos pontos amostrados com destaque para os minerais mais frequentes: quartzo (em amarelo) e albita (em vermelho)	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Síntese das principais características do Setor 1 – Alto Cubatão	78
Quadro 2: Síntese das principais características dos pontos 4 e 5 localizados no rio Campinas	80
Quadro 3: Síntese das principais características dos pontos 6 e 7 localizados no rio Cubatão do norte.....	83
Quadro 4: Síntese das principais características dos pontos 8 e 9 localizados no rio Cubatão do norte.....	86
Quadro 5: Síntese das principais características dos pontos 10 e 11 localizados nos rios Quiriri e Cubatão do norte	89
Quadro 6: Síntese das principais características dos pontos 12 e 13 localizados nos rios Quiriri e Cubatão do norte	90
Quadro 7: Síntese das principais características dos pontos 14 e 15 localizados nos rios Cubatão do norte e da Prata	95
Quadro 8: Síntese das principais características dos pontos 16 e 17 localizados nos rios da Prata e Cubatão do norte	95
Quadro 9: Síntese das principais características dos pontos 18 e 19 localizados no canal artificial e no canal natural do rio Cubatão do norte.....	99
Quadro 10: Síntese das principais características dos pontos 20 e 21 localizados nos rios Cubatão do norte e do Braço.....	100

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

TABELAS

Tabela 1: Domínios Morfoestruturais e Unidades Geomorfológicas da Região de Joinville	22
Tabela 2: Classificação do relevo conforme sua declividade	26
Tabela 3: Características da rede hidrográfica da BHRCN	33
Tabela 4: Classificação das frações granulométricas conforme Escala de Wentworth (1922) <i>apud</i> Suguio (1973).....	68
Tabela 5: Minerais presentes nos pontos de amostragem	103

GRÁFICOS

Gráfico 1: Precipitação Total Anual das Estações Campo Alegre, Pirabeiraba e Univille no período de 1996 a 2011. Fontes: Instituto das Águas do Paraná, ANA, UNIVILLE, 2013.	40
Gráfico 2: Precipitação média mensal das Estações Campo Alegre, Pirabeiraba e Univille no período de 1996 a 2011. Fontes: Instituto das Águas do Paraná, ANA, UNIVILLE, 2013.	41

SIGLAS UTILIZADAS NO TRABALHO

- ANA - Agência Nacional de Águas
- BHRCN - Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte
- CCJ - (Comitê Cubatão Joinville) - Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas do Rios Cubatão (Norte) e Cachoeira
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- UNIVILLE - Universidade da Região de Joinville

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO GERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUBATÃO DO NORTE, SC	18
2.1 LOCALIZAÇÃO	18
2.2 ASPECTOS DO MEIO FÍSICO	20
2.2.1 Aspectos Geológicos.....	20
2.2.2 Aspectos Geomorfológicos.....	22
2.2.2.1 Evolução da Serra do Mar e Instalação da Rede de Drenagem	27
2.2.3 Aspectos Pedológicos	30
2.2.4 Hidrografia.....	31
2.2.5 Aspectos Climáticos	35
2.2.5.1 Dados Pluviométricos.....	37
2.2.6 Cobertura Vegetal e Ocupação na BHRCN	41
3 DINÂMICA FLUVIAL E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS	45
3.1 TIPOS DE CARGAS NO TRANSPORTE FLUVIAL	49
3.2 CICLO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO	52
3.2.1 Distribuição Granulométrica no Leito dos Rios.....	56
4 MINERAIS	59
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	63
5.1 AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS DE FUNDO	63
5.2 ANÁLISES LABORATORIAIS	67
5.2.1 A Difração e a Lei de Bragg	69

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	73
6.1 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DOS SEDIMENTOS NO RIO CUBATÃO DO NORTE E SEUS PRINCIPAIS AFLUENTES	73
6.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM DISTRIBUÍDOS POR SETORES	75
6.2.1 Setor 1 – Alto Cubatão	75
6.2.2 Setor 2 – Planalto	79
6.2.3 Setor 3 – Sopé da Escarpa da Serra do Mar.....	84
6.2.4 Setor 4 – Transição entre o Sopé da Escarpa da Serra do Mar e a Planície Costeira.....	91
6.2.5 Setor 5 – Planície Costeira.....	96
6.3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS MINERAIS PRESENTES NOS SEDIMENTOS NO RIO CUBATÃO DO NORTE E SEUS PRINCIPAIS AFLUENTES	101
CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
REFERÊNCIAS	107
ANEXO	111

1 INTRODUÇÃO

A proposta de trabalho ora apresentada surgiu por ocasião da participação no projeto de pesquisa cujo principal objetivo é conhecer a dinâmica sedimentar fluvial do rio Cubatão, por meio de monitoramento de suas vazões e carga de sedimentos em suspensão. O estudo da dinâmica sedimentar fluvial frente à dinâmica hídrica e pluviométrica possibilitou questionamentos e inspirou a proposta do presente estudo.

Após análises referentes à quantificação de sedimentos em suspensão em quatro pontos de monitoramento, realizados em ambientes distintos na bacia hidrográfica do rio Cubatão, constatou-se que a produção de sedimentos não ocorre de forma contínua e apresenta diferentes concentrações em cada ponto monitorado, surgindo assim o questionamento sobre quais seriam as características granulométricas e mineralógicas desses sedimentos e como estariam distribuídos espacialmente ao longo do percurso do rio Cubatão do Norte.

A bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte, com 492 km², é considerada uma das principais bacias hidrográficas da região nordeste de Santa Catarina, com cerca de 75% de sua área inserida no município de Joinville e 25% no município de Garuva, constituindo o principal contribuinte hídrico do Complexo Estuarino da Baía da Babitonga. O rio Cubatão do Norte é um importante manancial hídrico de Joinville, sendo responsável por 70% do abastecimento público do município.

A bacia hidrográfica objeto do estudo abrange três ambientes distintos como o planalto, as escarpas da Serra do Mar e a planície costeira, o que implica em uma importante variação no relevo e de suas características internas. Dessa forma, os sedimentos presentes no leito do rio principal e de seus principais afluentes diferem em relação às suas características granulométricas e mineralógicas.

Devido à sua localização geográfica, a região onde se insere a bacia hidrográfica está sujeita à entrada de massas tropicais marítimas que, ao se encontrarem com a Serra do Mar, provocam uma precipitação do tipo orográfica, muitas vezes com grande intensidade, promovendo assim uma intensa movimentação de sedimentos ao longo da bacia.

Fatores como elevadas declividade e taxas de precipitações, tipos e uso do solo contribuem para o aumento dos processos erosivos e conseqüentemente o transporte de sedimentos.

Oliveira (2007) e Haak, Oliveira e Polzin (2010) realizaram estudos referentes à concentração de sedimentos em suspensão e vazão ao longo do percurso do rio Cubatão. Constatou-se que os picos de vazão e concentração de sedimentos em suspensão ocorrem preferencialmente associados a eventos pluviométricos. Foi observado que o fluxo da carga sedimentar em suspensão do rio Cubatão não ocorre de forma contínua e as vazões observadas apresentam variações associadas à sazonalidade dos eventos pluviométricos, com picos significativos e esporádicos, aos quais pode estar associado um maior volume de transporte de sedimentos.

As características granulométricas e mineralógicas dos sedimentos de fundo da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte eram até então desconhecidas.

A pesquisa tem como proposta conduzir um levantamento granulométrico e mineralógico dos sedimentos de tamanho inferior a grânulo, presentes ao longo do percurso do rio Cubatão do Norte e alguns de seus principais afluentes.

Foram realizadas coletas de sedimentos para análises granulométricas e mineralógicas em 21 pontos distribuídos ao longo do rio Cubatão do Norte e em alguns de seus afluentes. A distribuição dos pontos de amostragem procurou contemplar ambientes distintos na bacia hidrográfica, em especial ao longo do trajeto do rio Cubatão. Além do rio principal foram realizadas coletas em alguns afluentes como o rio Campinas, rio Quiriri, rio da Prata e rio do Braço. Neste caso a coleta foi realizada no rio principal antes da confluência, em seus afluentes e após a confluência.

O estudo ora apresentado será pautado em uma análise qualitativa dos sedimentos presentes nas amostras obtidas. Não foram efetuadas análises quantitativas e estatísticas dos sedimentos coletados. A análise qualitativa pretende classificar os sedimentos de fundo de tamanho inferior a grânulo ($< 4,0$ mm), apresentar as principais ocorrências de minerais e situá-los ao longo do percurso do rio.

O trabalho foi organizado em cinco partes principais: no início será apresentada uma descrição das características do meio físico da área da pesquisa. Posteriormente será exposto um breve resgate teórico. No capítulo seguinte serão

exibidos os procedimentos metodológicos, subdivididos em: amostragem de sedimentos de fundo e procedimentos laboratoriais. Logo em seguida, será realizada uma análise e discussão dos resultados, onde serão apresentados os resultados das frações granulométricas e mineralógicas encontrados em cada ponto de amostragem. Por fim, serão apresentadas as considerações finais.

1.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar os sedimentos de fundo de tamanho inferior a grânulos (< 4,0 mm) presentes no leito do rio Cubatão do Norte, e em alguns de seus afluentes, por meio da análise de sua distribuição espacial e de suas características granulométricas e mineralógicas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Espacializar os resultados obtidos nas análises granulométricas e mineralógicas dos sedimentos ao longo do perfil longitudinal do rio Cubatão do norte;
- Avaliar a distribuição espacial dos sedimentos a luz da compartimentação do relevo no entorno dos pontos de amostragem;

2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUBATÃO DO NORTE, SC

Neste capítulo serão apresentadas informações sobre localização geográfica e os aspectos do meio físico como os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, cobertura vegetal e uso da terra. Também serão discutidos os aspectos hidrográficos e a precipitação pluvial, bem como a localização das estações pluviométricas estudadas.

2.1 LOCALIZAÇÃO

Localizada na região nordeste do Estado de Santa Catarina a bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte (BHRCN) apresenta uma área de 492 km², e está situada entre as coordenadas geográficas 26°11'37" ao sul da linha do Equador; e entre 49°06'01" a oeste do meridiano de *Greenwich* (Figura 1).

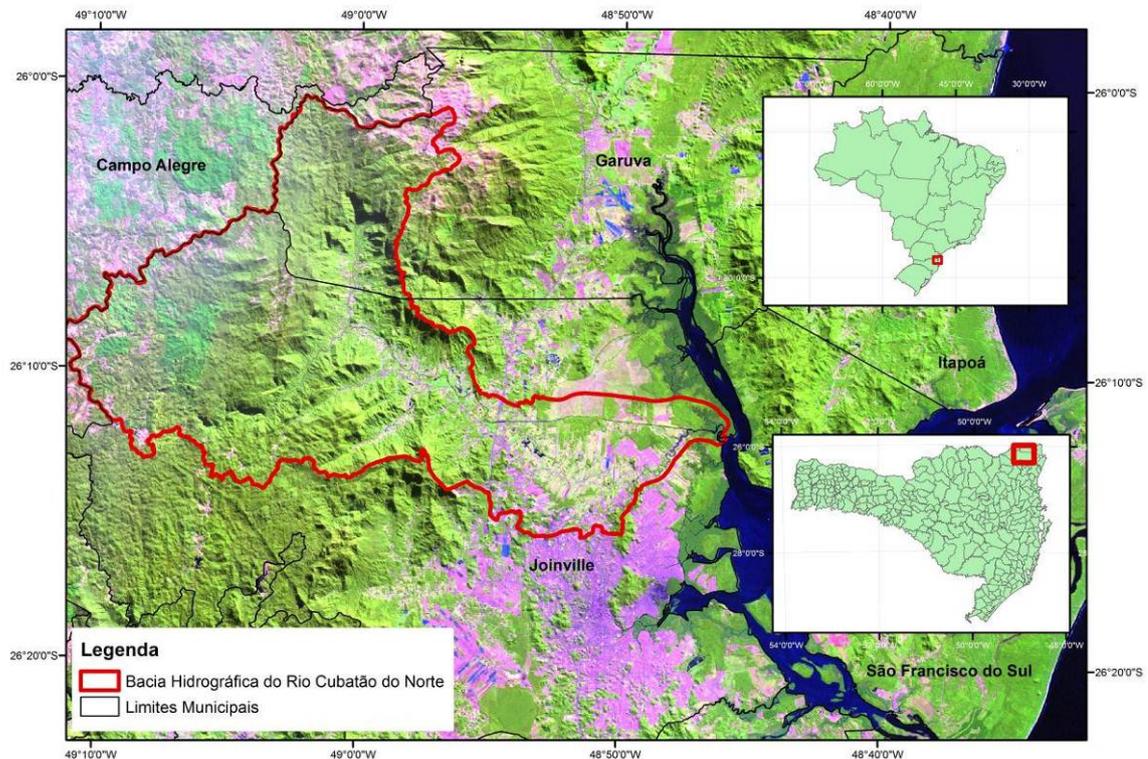


Figura 1: Localização da área de estudo.
Imagem Landsat ETM7 de 06/07/2007. Elaborado pela autora, 2013.

A nascente do rio Cubatão do norte está situada na Serra Queimada, a aproximadamente 1.180 metros de altitude, e a foz no estuário da baía da Babitonga. O canal principal do rio Cubatão do Norte possui 88 km de extensão.

A BHRCN apresenta uma amplitude altimétrica de 1.537 m e um perímetro de 192 km, além de contemplar três ambientes distintos: a Planície Costeira, as escarpas da Serra do Mar e o Planalto Atlântico (Figura 2).



Figura 2: Modelo Digital do Terreno com sobreposição de imagem Landsat correspondente a área da pesquisa. Elaborado por Fabiano A. Oliveira, 2009.

A área da bacia hidrográfica abrange diferentes ecossistemas, desde manguezais, restingas, floresta ombrófila densa, a florestas de araucária e campos de altitude.

2.2 ASPECTOS DO MEIO FÍSICO

2.2.1 Aspectos Geológicos

A geologia da região da BHRCN é composta por rochas do embasamento representadas por granitos peralcalinos, rochas sedimentares intercaladas com rochas vulcânicas, diques de diabásio e sedimentos quaternários (GONÇALVES, 1993). O embasamento é composto pelas rochas mais antigas da bacia, formadas no período Arqueano/Proterozóico cerca de 2.600 milhões de anos. É denominado de complexo granulítico de Santa Catarina, sendo formado por gnaisses hipertênicos quartzofeldspáticos (GONÇALVES *et. al.*, 2002).

Os granitos peralcalinos são provenientes de uma atividade magmática que se instalou no Proterozóico/Paleozóico cerca de 570 milhões de anos. “Intrudiram o embasamento na forma de grandes intrusões ígneas discordantes das estruturas dos gnaisses pré-existentes” GONÇALVES *et. al.* (2002 p. 52). Dois corpos ígneos ocorrem na região da BHRCN: o granito Morro Redondo com apenas sua porção sul dentro dos limites da bacia sendo o com maior extensão na área entre o Paraná e Santa Catarina, e o granito Dona Francisca que aflora na região da nascente do rio Cubatão sob a forma de blocos dispersos nas encostas, principalmente na Serra Queimada (Figura 3).

Várias deposições ocorreram no Proterozóico. Essas deposições ocorreram em pequenas depressões, os sedimentos passaram de grosseiros gradativamente para sedimentos finos sendo intercalados com derrames de basalto e explosões de riolitos, gerando tufos vulcânicos. Este material formou as bacias vulcano sedimentares de Campo Alegre e Joinville (GONÇALVES *et. al.*, 2002). Diques de diabásio intrudiram todas as rochas pré-existentes durante o Mesozóico.

Várias deposições de sedimentos grosseiros vêm ocorrendo desde o Pleistoceno, estas formam depósitos de tálus nas encostas da serra, e aluviões ao longo das planícies de inundações. Formações de colúvio na bacia são frequentes (GONÇALVES *et. al.*, 2002).

Os sedimentos recentes pertencem ao Cenozóico, principalmente ao Holoceno. No baixo curso do rio Cubatão ocorrem sedimentos flúvio-lagunares

argilo-arenosos cobertos por matéria orgânica, principalmente após a bifurcação canal novo e velho (GONÇALVES *et. al.*, 2002).

Próximo à foz do rio Cubatão ocorre a influência de marés e os sedimentos depositados são os sedimentos da baía formados de areias siltico-argilosas e sedimentos de mangues constituídos em depósitos argilo-arenosos, ambos ricos em matéria orgânica (GONÇALVES *et. al.*, 2002).

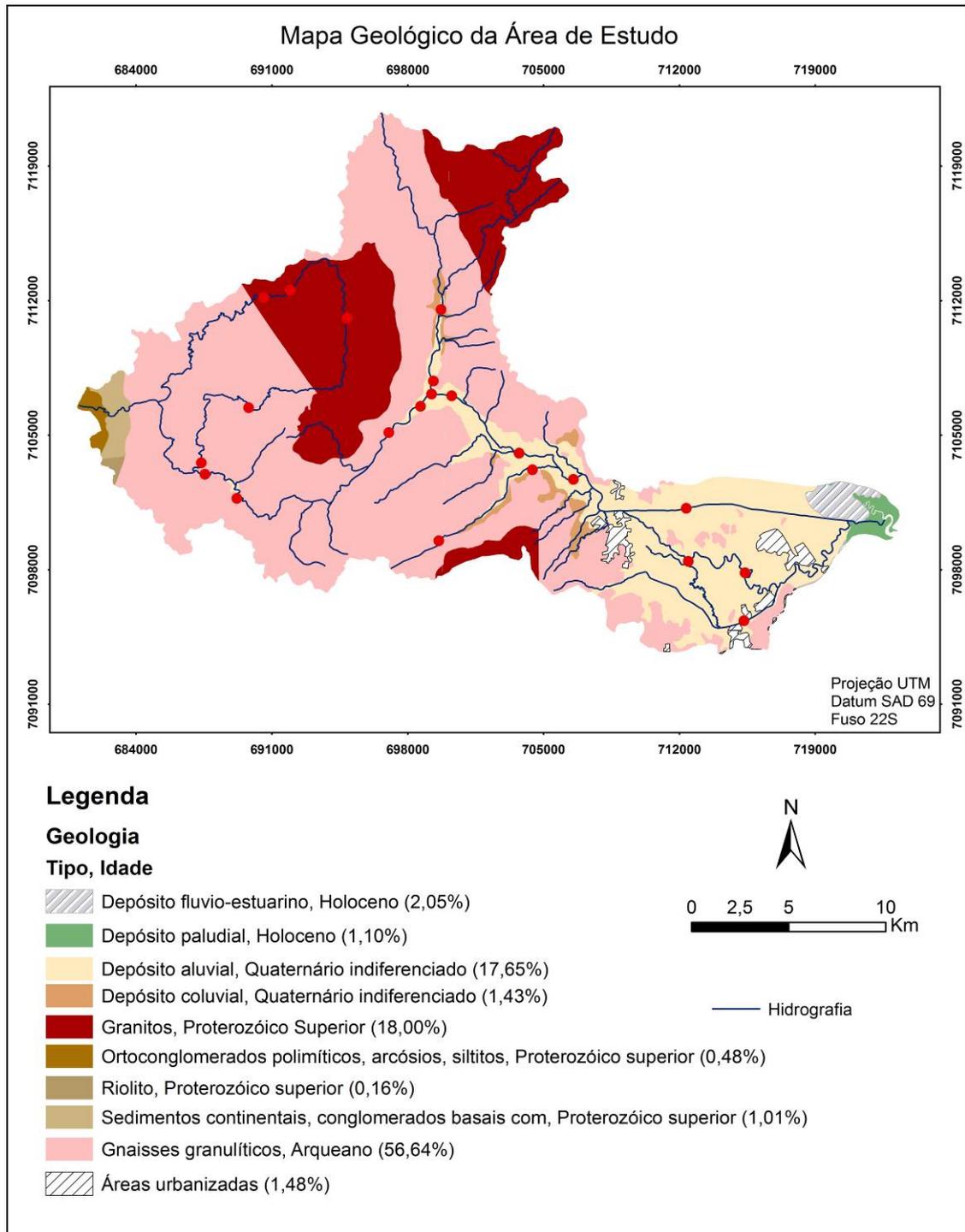


Figura 3: Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte.
Fonte: Gonçalves *et. al.*, 2002

2.2.2 Aspectos Geomorfológicos

Na BHRCN as unidades morfoestruturais estão divididas em quatro domínios: Depósitos Sedimentares Quaternários, Coberturas Molassóides e Vulcanitos Associados, Rochas Granitóides e Embasamento em Estilos Complexos.

Com base na metodologia adotada pelo IBGE as unidades geomorfológicas na Região de Joinville foram subdivididas conforme Tabela 1:

Tabela 1: Domínios Morfoestruturais e Unidades Geomorfológicas da Região de Joinville.

Domínios Morfoestruturais	Unidades Geomorfológicas
I. Depósitos Sedimentares Quaternários	Planícies Marinhas Planícies Rampas Colúvio-Aluviais
II. Bacias e Coberturas Sedimentares	Patamares e Platôs do Alto Rio Itajaí
III. Coberturas Molassóides e Vulcanitos Associados	Serranias do Alto e Médio Itajaí-Açu Morros e Colinas do Médio e Baixo Itajaí-Açu Planalto de São Bento do Sul
IV. Rochas Granitóides	Serras do Leste Catarinense Serra do Mar
V. Rochas Metavulcanosedimentares	Morrarias Costeira
VI. Embasamento em Estilos Complexos	Colinas Costeiras
	Serras Cristalinas Litorâneas

Fonte: IBGE, 2004b

Os depósitos sedimentares quaternários ocorrem por toda a fachada atlântica, sendo constituídos por planícies extensas e superfícies em forma de rampas, que se interiorizam pelos vales fluviais. São caracterizados pela alta suscetibilidade erosiva devido à sua composição areno-siltico-argilosa. As planícies marinhas compreendem todo o conjunto de formas de relevo associados aos sedimentos transportados e depositados pela ação das ondas, correntes e marés. Nas planícies aluviais ocorre um grande número de bacias hidrográficas da vertente atlântica de Santa Catarina. Nessa parte o rio Cubatão apresenta o canal com forma meandrante e anastomosado com terraços, ilhas fluviais e meandros abandonados. Os planos e rampas colúvio-aluviais se caracterizam como um ambiente de transição entre o marinho e o continental (GONÇALVES *et. al.*, 2002; FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA, 2002).

O domínio de coberturas molassóide e vulcanito associados “corresponde a uma sucessão de camadas e extratos sedimentares, com manifestações vulcânicas intercaladas, tendo sido ou não afetadas por um ligeiro metamorfismo” (FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA, 2002 p. 11). O relevo do planalto de São Bento do Sul é modelado em colinas com altimetria entre 850 e 950m. A dissecação do planalto é resultante dos processos erosivos comandados pelas águas de escoamento superficial sendo caracterizada como homogênea.

O domínio morfoestrutural de rochas granitóides corresponde a uma série de rochas graníticas fortemente diferenciadas e com grande resistência ao intemperismo. Este domínio engloba a unidade geomorfológica da Serra do Mar que se apresenta como um conjunto de cristas, picos, serra, montanhas e escarpas separadas por vales profundos em “V” com encostas com alta declividade. O condicionamento estrutural e complexidade tectônica deram origem a compartimentos que servem como divisores de drenagem para as bacias hidrográficas da vertente atlântica e para o interior (FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA, 2002).

O domínio morfoestrutural do embasamento em estilos complexos abrange uma área com uma superfície extremamente irregular correspondente a mais antiga porção da crosta terrestre do sul do país que compreende terrenos pré-cambrianos. As rochas caracterizam-se por um conjunto de minerais formados em condições metamórficas particulares que correspondem ao Complexo Luís Alves ou Complexo Granulítico de Santa Catarina. As unidades geomorfológicas correspondentes são as colinas costeiras e as serras cristalinas litorâneas. As colinas costeiras apresentam uma sucessão de morros e colinas de pequena amplitude altimétrica separadas por planos aluviais. As serras cristalinas litorâneas correspondem a uma área de relevo montanhoso e escarpado (Figura 4) (FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA, 2002).

A pluviosidade intensa deve-se à influência dos relevos montanhosos que barram os ventos úmidos provenientes do oceano, causam elevados índices de precipitação pluviométrica. Este fator, relacionado com o alto curso do rio Cubatão que apresenta talwegues encaixados, está relacionado a aspectos estruturais e forte gradiente vertical que determina um elevado potencial hidráulico na rede hidrográfica. Nessas áreas encontram-se diversas cicatrizes de deslizamentos

ocorridos em períodos de elevados índice pluviométrico (FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA, 2002).

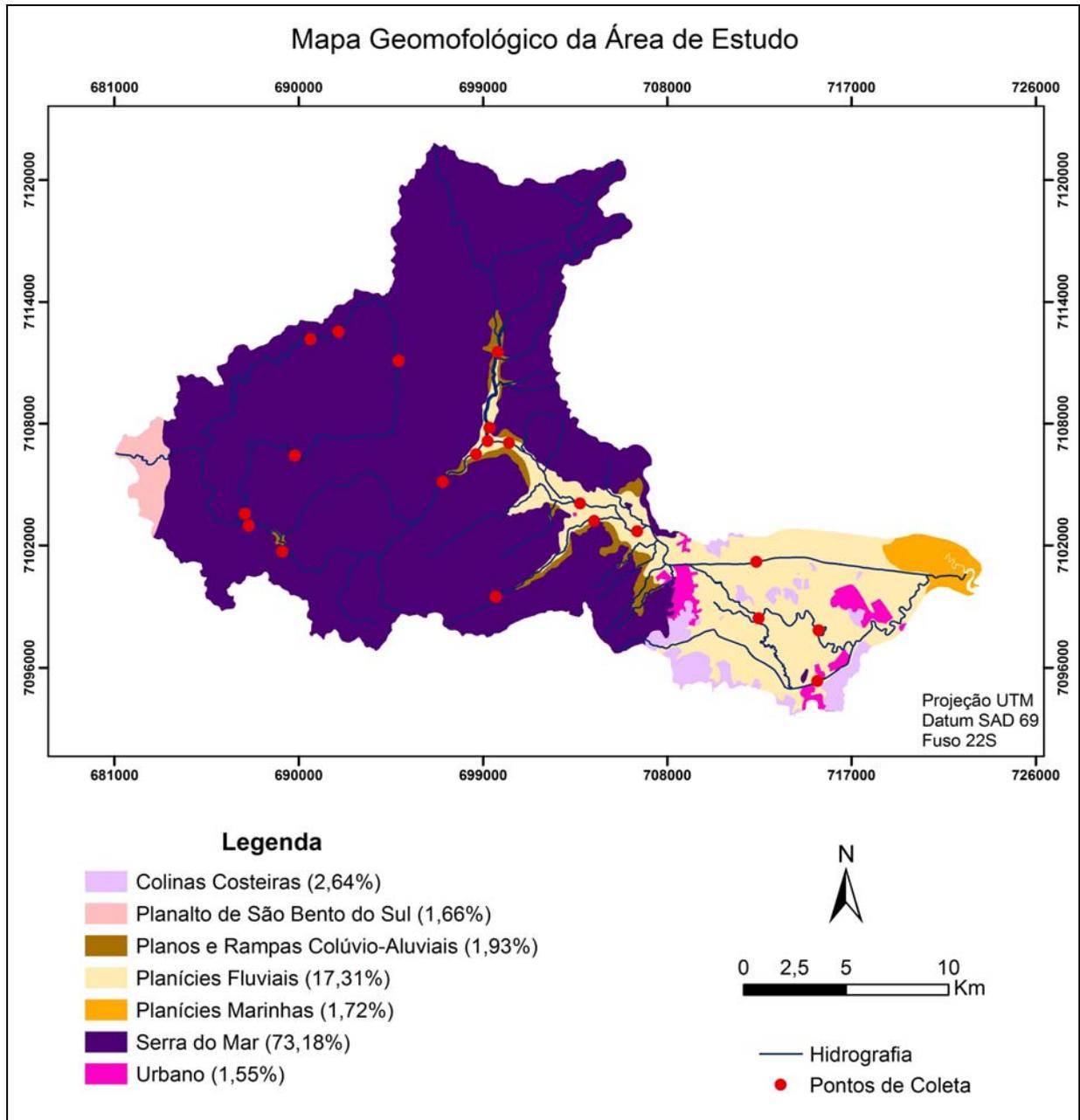


Figura 4: Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte.
Fonte: Oliveira, 2007.

Os diferentes domínios litológicos influenciam a dinâmica geomorfológica e a rede de drenagem (GONÇALVES *et. al.*, 2002).

Devido à sua localização geográfica, entre a planície costeira e o planalto, a BHRCN apresenta uma grande variação em seu gradiente altimétrico. Esta variação é importante para determinar o potencial erosivo de uma determinada área, pois

quanto maior a amplitude altimétrica, maiores e mais rápidos serão os processos erosivos.

Ao observar-se o mapa hipsométrico referente à área da BHRCN nota-se a presença de altitudes superiores a 1000 metros, estas situadas na Serra Queimada com 1.325 metros de altitude e na Serra Quiriri com 1.537 metros. As cotas entre 800 a 1000 metros encontram-se no planalto de São Bento do Sul. Já as cotas entre 400 a 1000 metros estão localizadas na Escarpa da Serra do Mar. Na transição entre a Serra do Mar e a Planície Costeira estão as cotas entre 400 a 100 metros. As cotas inferiores a 100 metros ilustram o ambiente de planície costeira (Figura 5).

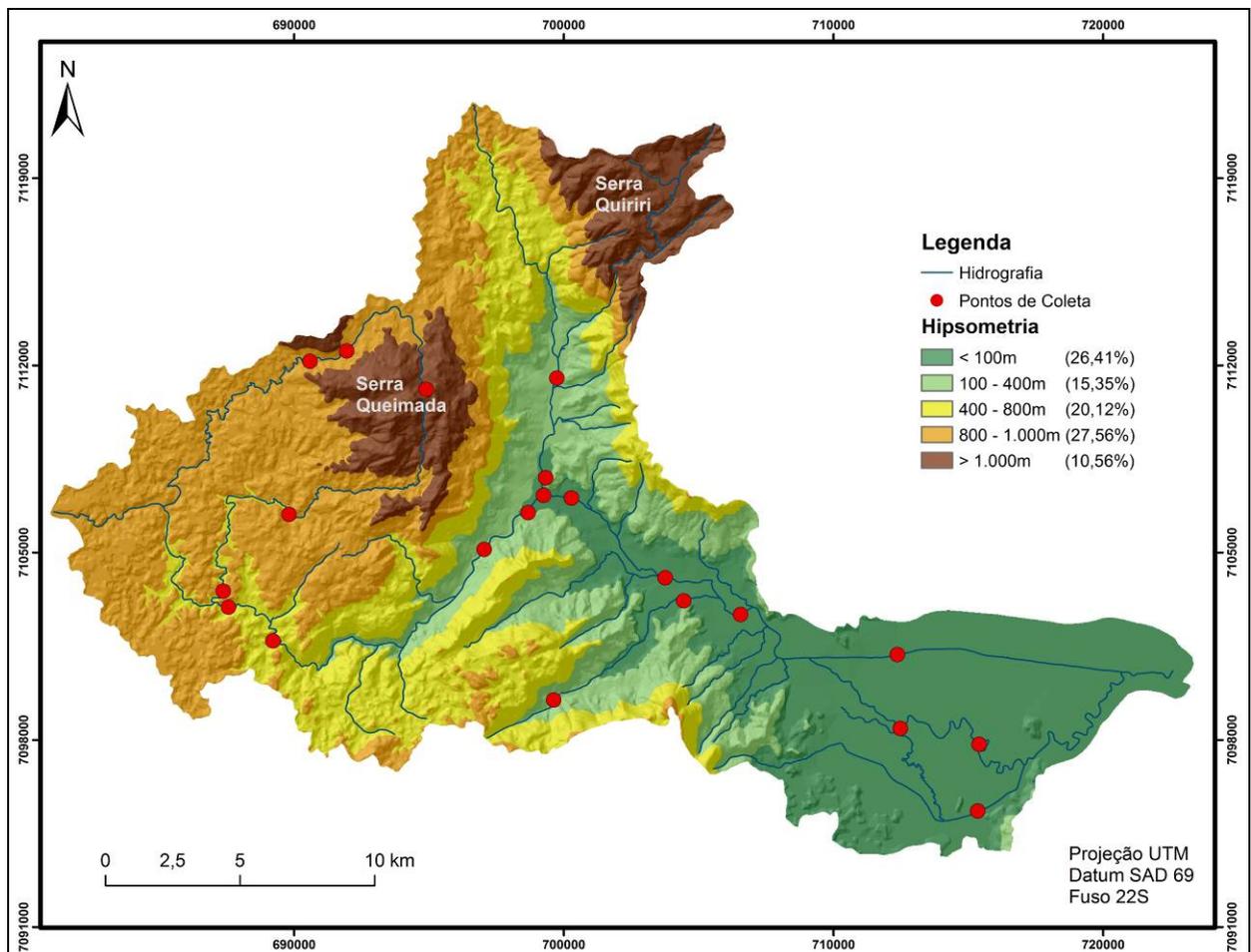


Figura 5: Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte. Elaborado pela autora, 2013 a partir de cartas topográficas IBGE, 1981.

A declividade na BHRCN também apresenta uma grande variação. Para o estabelecimento das classes clinográficas foi utilizada a classificação proposta por Lemos & Santos (1996 *apud* SILVA *et al.*, 2003). A síntese das classes de declividade propostas pelos autores está representada na Tabela 2:

Tabela 2: Classificação do relevo conforme sua declividade

Intervalo de % de declive	Nome atribuído	Caracterização
< 3	Plano	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.
3 - 8	Suave ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives suaves.
8 - 20	Ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives acentuados.
20 - 45	Forte ondulado	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros, com declives fortes.
45 - 75	Montanhoso	Superfície de topografia vigorosa com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituída por morros, montanhas e maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes.
> 75	Escarpado	Regiões ou áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo escarpamentos, tais como: aparado, itaimbé, frente de cuestras, falésia, flanco de serras alcantiladas e vertente de declives muito fortes de vales encaixados.

Fonte: Lemos & Santos (1996 *apud* SILVA, 2003).

Ao observar a carta de declividades da BHRCN (Figura 6) nota-se que as áreas que apresentam uma porcentagem inferior a 8% estão concentradas nas planícies costeiras e fluviais e, em menor proporção, nos trechos do planalto, nessas áreas o relevo é caracterizado como plano e suave ondulado. As declividades entre 8 a 45% predominam nas áreas elevadas da Serra do Mar, sendo classificadas como ondulado e forte ondulado. Nos trechos escarpados estão concentradas as declividades entre 20% e 45% e superiores a 75%, estes denominados de montanhoso e escarpado.

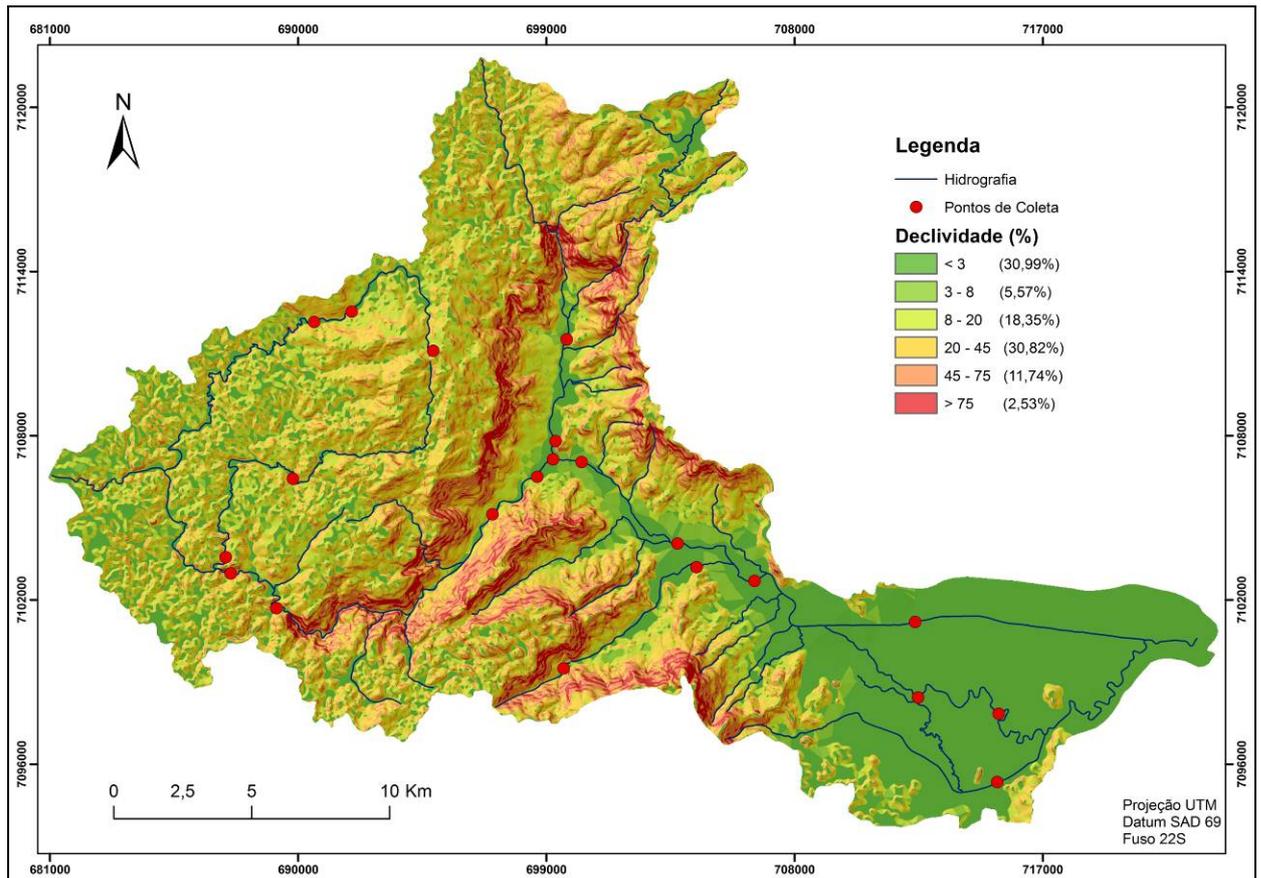


Figura 6: Clinografia da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte. Elaborado pela autora, 2013 a partir de cartas topográficas IBGE, 1981.

2.2.2.1 Evolução da Serra do Mar e Instalação da Rede de Drenagem

A Serra do Mar é um conjunto de escarpas recortadas da borda atlântica do continente sul-americano com cerca de 1000 km de extensão, que se estende do Rio de Janeiro ao norte de Santa Catarina, onde deixa de existir como unidade orográfica de borda escarpada de planalto (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998).



Figura 7: Serra do Mar vista a partir da linha de costa. Fonte: A autora, 2013.

Sua origem se deu com a ruptura do Gondwana, formando um extenso sistema de fraturas que se estendeu da Argentina até o Nordeste do Brasil. Estudos paleogeográficos concluíram que o processo de separação entre a América do Sul e a África ocorreu através de um movimento de rotação, cujo pólo estaria situado no nordeste brasileiro (Figura 8) (MACEDO, 1989).

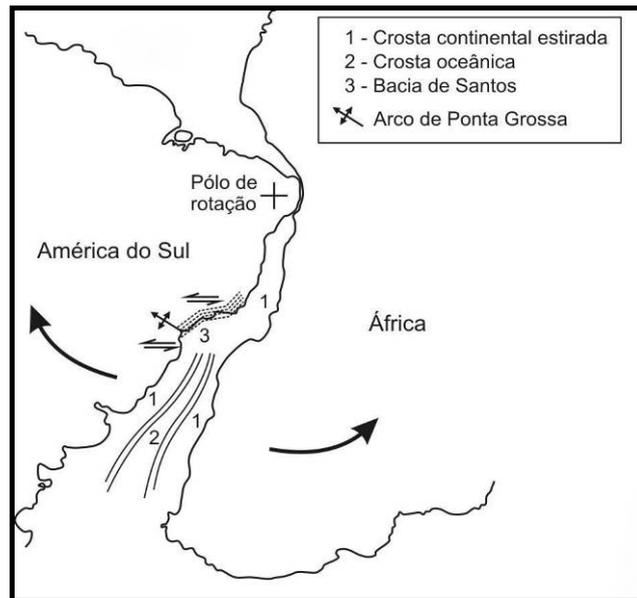


Figura 8: Provável movimento de rotação das placas Sul-americana e Africana.
 Fonte: adaptado de Macedo (1989).

Depois de cessado o rifteamento (134 – 114 Ma) iniciou-se um levantamento de natureza epirogênica da crosta continental em resposta à passagem da Placa Sul-Americana sobre uma anomalia térmica. Este soerguimento neocretáceo (89-65 Ma) foi caracteristicamente desprovido de tectonismo, e acompanhado de intenso magmatismo de natureza alcalina. Durante este período foi formado um megaplanalto de aproximadamente 300.000 km², denominado de Serra do Mar Cretácea, e se transformou na principal área fonte de sedimentos das bacias de Santos, Campos e Paraná. No limite entre o Cretáceo/Terciário ocorreu o final de seu soerguimento e nivelou-se uma superfície de aplainamento (Superfície de Japi) em torno de 2.000 m em relação ao nível do mar atual. Este grande volume de rocha soerguida possuía sua borda oriental adjacente às áreas subsidentes das bacias de Santos e Campos, tornando a situação isostaticamente instável, dessa forma após a cessação do soerguimento ocorreu um colapso gravitacional do megaplanalto em direção às áreas deprimidas (ZÁLAN & OLIVEIRA, 2005).

Durante o Cenozóico (58-20Ma) a superfície de aplainamento de Japi foi deformada por flexuras e grandes falhamentos. Ocorreram fendas na crosta continental e diversas áreas lineares afundaram formando corredores de grabens (rifes) paralelos à costa (Figura 9). Os remanescentes topográficos deste megaplanalto constituem hoje as partes altas da Serra do Mar (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998; ZÁLAN & OLIVEIRA, 2005).

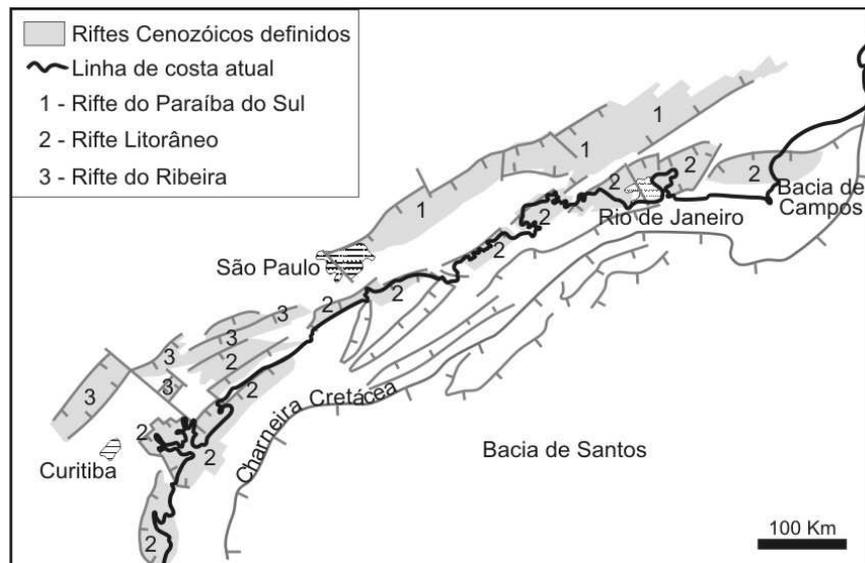


Figura 9: Riftes desenvolvidos durante o colapso gravitacional Cenozóico.
Fonte: Zalán & Oliveira (2005).

Ainda no Cenozóico os processos erosivos na serra por ação de rios, mares e movimentos de massa das vertentes ocasionou o recuo de aproximadamente 30 a 40 quilômetros, entalhando a Superfície de Japi e mais tarde as superfícies neogênicas. Este recuo erosivo das encostas da Serra do Mar só pode ser confirmado mediante estudos mais aprofundados sobre a tectônica e sedimentação cenozóica da plataforma continental (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998).

Para Almeida & Carneiro (1989) “as falhas antigas, são aproveitadas, pela água e pelos lentos processos de denudação associados, para desenvolver em profundidade as massas de solo e rocha decomposta que acabam sendo afetadas pela atividade erosiva incessante”. Dessa forma a ação erosiva durante o decorrer de três a quatro dezenas de milhões de anos fez as encostas da serra recuarem.

Atualmente a região da Serra do Mar é submetida a processos naturais de alta pluviosidade que envolve além de processos prolongados de chuvas como também eventos com chuvas intensas e bem concentradas em determinadas áreas. Esses eventos contribuem para processos erosivos que acabam remoldurando a

paisagem. O estudo ora efetuado vai caracterizar os sedimentos de fundo cuja produção está inserida no contexto da evolução geomorfológica natural da Serra do Mar.

2.2.3 Aspectos Pedológicos

Na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte os solos estão fortemente marcados pela diferenciação da geomorfologia que categoriza três ambientes distintos, os quais anteriormente foram apresentados.

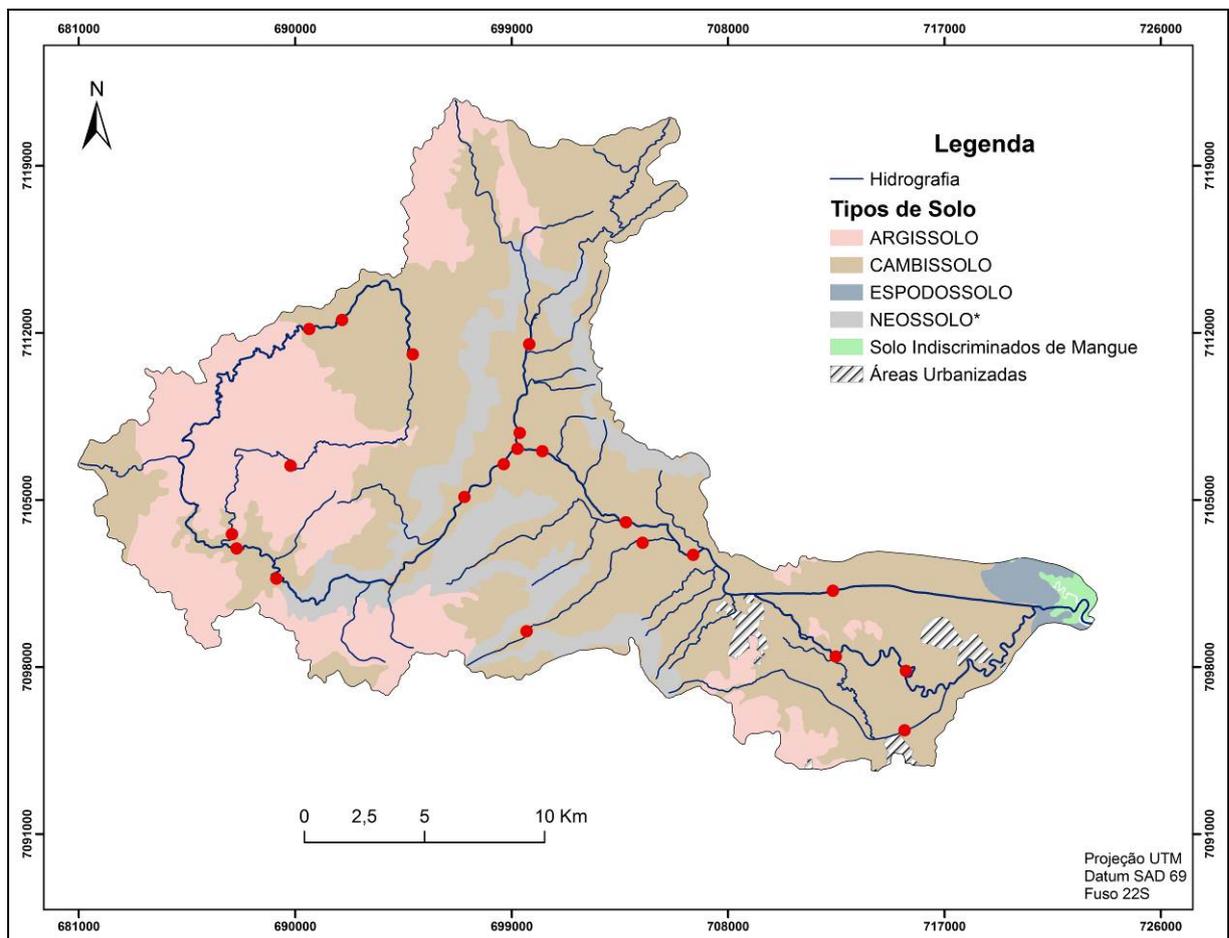


Figura 10: Tipos de Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte. * Sub Ordem Litólico
Elaborado pela autora, 2013. Fonte: IBGE, 2002.

Dos diversos tipos de solos encontrados na bacia (GONÇALVES *et. al.*, 2002; FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA, 2002), as classes em destaque são: cambissolo (predominante em toda a bacia), argissolo (ocorre no

alto curso do rio Cubatão do Norte, em altitudes superiores a 800 metros e em morros isolados na planície), neossolo litólico (encontrado na escarpa em declividades superiores a 45%), espodossolo (localizados próximos às calhas dos rios em planícies aluviais) e solos indiscriminados de mangue (próximo à foz do rio em áreas baixas) (Figura 10).

2.2.4 Hidrografia

Conforme a compartimentação hidrográfica proposta pela ANA, a área da pesquisa está inserida na Região Hidrográfica Atlântico Sul. A região se inicia ao norte, próximo à divisa dos estados de São Paulo e Paraná, e se estende até o arroio Chuí, ao sul, abrangendo porções dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Segundo a divisão hidrográfica do Estado de Santa Catarina, proposta pela antiga Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SANTA CATARINA/SDM, 1999), a área da pesquisa está inserida na Região Hidrográfica 6 - Baixada Norte Catarinense, que por sua vez está incluída nos contextos de macro compartimentação Vertentes do Atlântico e Bacias do Sudeste.

As nascentes do rio Cubatão estão localizadas na Serra Queimada com o padrão parcialmente radial. Na escarpa da Serra do Mar e seu entorno predomina o padrão paralelo, com alta densidade de drenagem, alto grau de integração, canais fluviais retilíneos e simétricos. Mais ao norte na Serra Quiriri ocorre o padrão dentrítico e na planície costeira o padrão é paralelo nas proximidades da Serra do Mar, passando a meandrante, com baixa densidade de drenagem, alto grau de integração e canais fluviais simétricos (OLIVEIRA, 2007). A bacia do rio Cubatão possui um número razoável de segmentos e ramificações devido aos seus condicionantes estruturais e à diversidade do relevo (Figura 11) (GONÇALVES *et al.*, 2002).

No baixo curso do rio Cubatão foi construído na década de 1950 um canal artificial de derivação com aproximadamente 14 km de extensão e 40 metros de largura, com o objetivo de desviar parte da água do rio para o canal e assim evitar as inundações que ocorriam na região de Pirabeiraba e Estrada da Ilha

(FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA, 2002). “Desta forma, a configuração da bacia hidrográfica do rio Cubatão em seu baixo curso foi alterada, passando a incorporar novas áreas de planície costeira” (OLIVEIRA, 2007 p. 58).

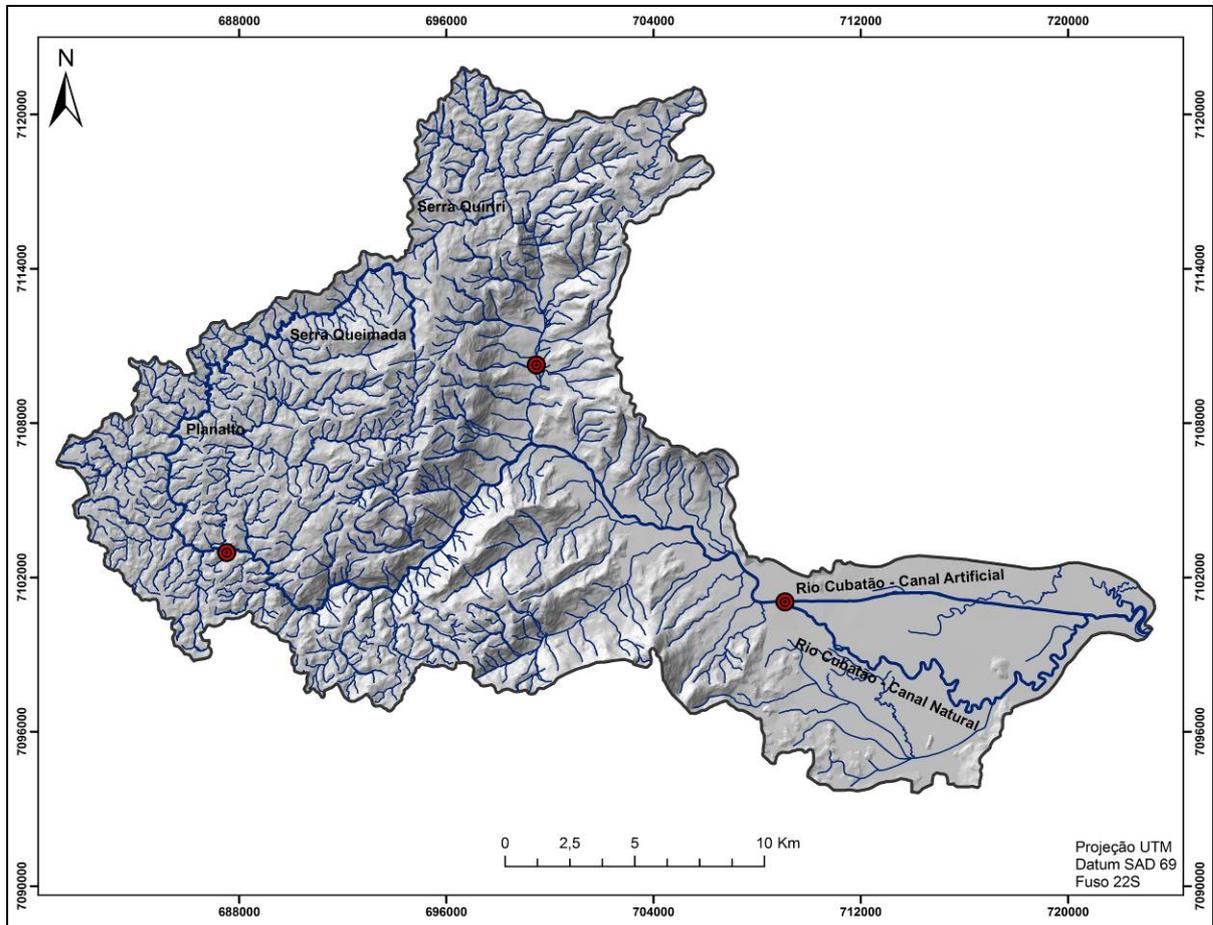


Figura 11: Rede hidrográfica da área da pesquisa em modelo digital do terreno, em destaque os pontos de monitoramento da vazão. Elaborado pela autora, 2013.

Em sua margem esquerda o rio Cubatão recebe contribuição dos seguintes tributários, considerados de maior vazão: Campinas, Vermelho, Rolando, Rio do Meio e Quiriri, sendo este o maior contribuinte. Na sua margem direita, recebe contribuição dos afluentes: Tigre, Jerônimo Coelho, Isaac, Prata, Fleith, Kundt, Lindo, Alandf, do Braço (Figura 12). A maioria dos afluentes possui nascentes na Serra do Mar, em cotas altimétricas acima de 700 m, as exceções são os rios Mississipe e do Braço, com suas nascentes situadas nas cotas de 250 m e 18 m respectivamente.

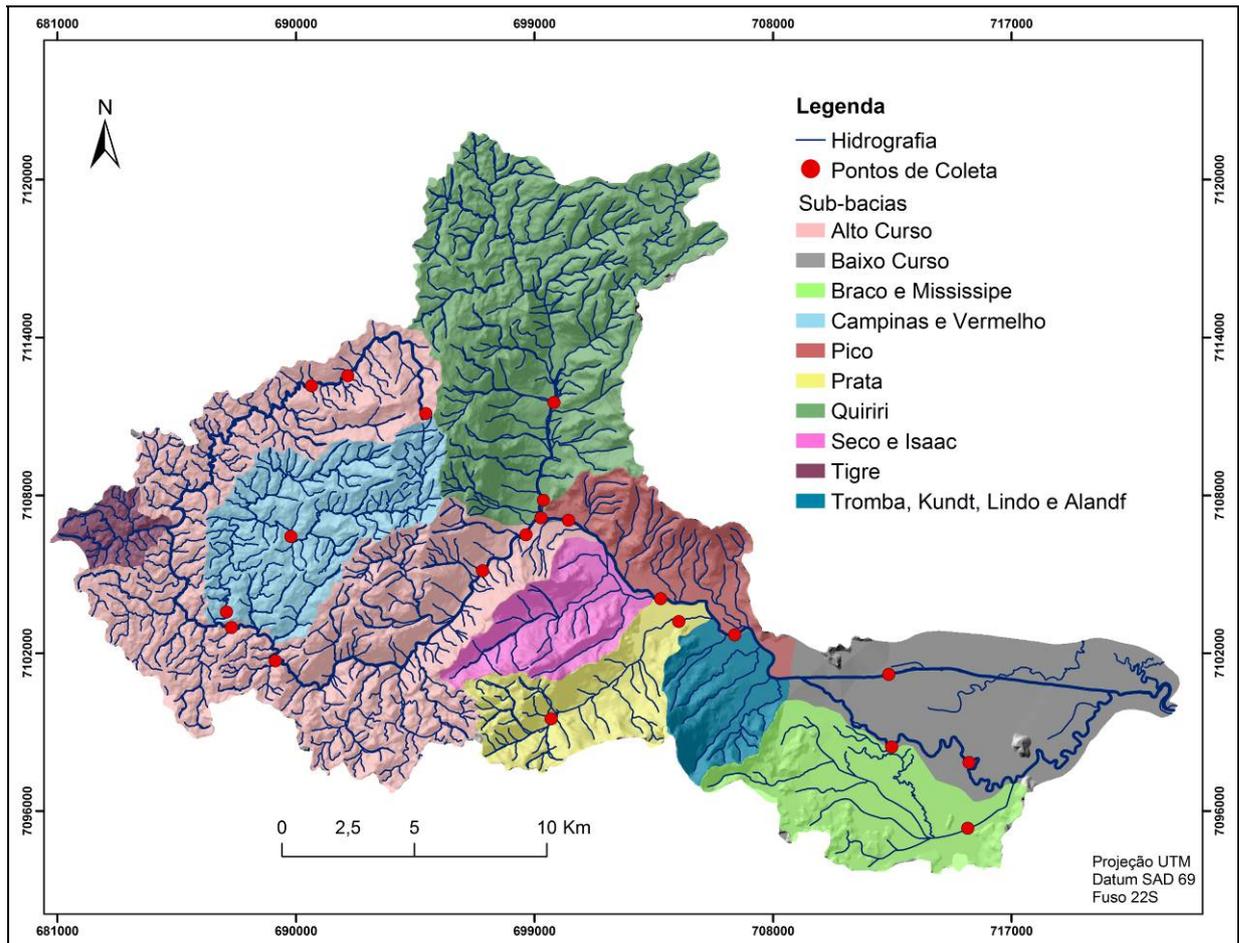


Figura 12: Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte.
Fonte: Comitê Cubatão Joinville, 2009.

De acordo com a resolução CONAMA nº 357 as águas no rio Cubatão são classificadas como classe 1 desde a sua nascente até o ponto de captação de água para a rede pública e a partir deste local até a sua foz foi enquadrado como classe 3 (ANSELMO *et al.*, 2008). A bacia do rio do Braço localizada no baixo curso recebe grande parte da carga de efluentes originados no distrito industrial de Joinville, sendo o afluente mais impactado em toda a área da pesquisa.

As principais características físicas da BHRCN são apresentadas na Tabela 3:

Tabela 3: Características da rede hidrográfica da BHRCN.

Área (A): 492 km ²
Perímetro (km): 192 km
Raio (R): 12,51
Tipo de rio: subsequente - canal principal
Padrão de drenagem: dentrítico, paralelo, radial
Hierarquia fluvial: até 5 ^a ordem*
Relação de bifurcação (Rb): 4,1

Densidade de drenagens (Dd): 1,09 km/km ²
Coefficiente de compacidade (lg): 2,44
Índice de conformação (lf): 0,28
Coefficiente de manutenção (Cm): 917,41 m ²
Comprimento do rio principal: 88 km
Comprimento do canal novo: 14 km
Comprimento da bacia: 42 km
Altitude máxima: 1537 m
Altitude mínima: nível do mar
Amplitude altimétrica (Hm): 1537 m
* segundo STRAHLER (1952) apud CRISTOFOLETTI (1980), na escala 1:50.000

Adaptado de: (GONÇALVES *et. al.*, 2002).

A amplitude topográfica do rio Cubatão sofre uma grande variação, comportando três ambientes distintos, planalto, escarpa da serra e planície, o perfil longitudinal apresenta um patamar topográfico entre as cotas 700 e 800 m e uma brusca mudança de declividade entre as cotas 700 e 100 m (Figura 13) (OLIVEIRA, 2007).

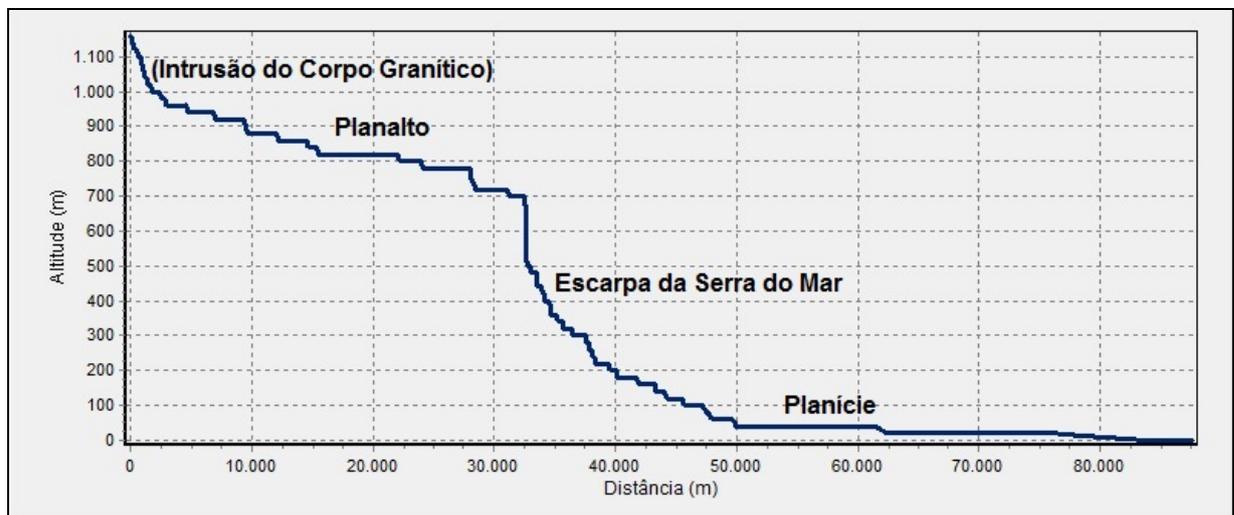


Figura 13: Perfil Longitudinal da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte.
Elaborado pela autora, 2013.

Em épocas de altos índices de pluviosidade ocorrem cheias nas áreas mais baixas da bacia. Os canais vindos das partes elevadas ganham volume e descem nas escarpas da serra com muita força, aumentando o volume do canal principal e alagando a planície de inundação do rio (GONÇALVES *et al.*, 2002).

Estudos realizados por Haak, Oliveira e Polzin (2010) demonstram uma variação da vazão ao longo do percurso do rio Cubatão do Norte. Entre 2009 a 2011 foram monitorados três pontos em ambientes distintos (Figura 15).

O primeiro ponto localiza-se nas partes mais elevadas da bacia hidrográfica no planalto atlântico. O período de monitoramento mensal ocorreu entre abril de 2009 a dezembro de 2010. A média da vazão encontrada foi de $4,15 \text{ m}^3/\text{s}$. Sendo a menor vazão registrada em junho de 2009 com $1,97 \text{ m}^3/\text{s}$ e a maior em maio de 2010 com $6,86 \text{ m}^3/\text{s}$.

O segundo ponto monitorado está situado no rio Quiriri, principal afluente do rio Cubatão, em área próxima as escarpas da Serra do Mar. O período de monitoramento mensal ocorreu entre abril de 2009 a janeiro de 2011. A média da vazão encontrada foi de $4,15 \text{ m}^3/\text{s}$. Sendo a menor vazão registrada em junho de 2009 com $1,24 \text{ m}^3/\text{s}$ e a maior em janeiro de 2010 com $10,66 \text{ m}^3/\text{s}$.

No terceiro ponto, já em ambiente de planície costeira, o monitoramento ocorreu quinzenalmente. O período de monitoramento ocorreu entre abril de 2009 a março de 2011. A média da vazão encontrada foi de $20,01 \text{ m}^3/\text{s}$. Sendo a menor vazão registrada em junho de 2009 com $3,71 \text{ m}^3/\text{s}$ e a maior em janeiro de 2010 com $61,84 \text{ m}^3/\text{s}$. Neste ponto o rio Cubatão recebe contribuição de inúmeros tributários e a variação da vazão está relacionada com a grande ocorrência de precipitação orográfica que contribui de forma considerável para esta variação. Eventos de grande magnitude também são frequentes na BHRCN, como o registrado dia 23/01/2010 onde a vazão medida foi de $414,92 \text{ m}^3/\text{s}$.

As vazões observadas nos rios Cubatão e Quiriri apresentam sazonalidade associada à sazonalidade dos eventos pluviométricos, com picos significativos e esporádicos, aos quais pode estar associado ao maior volume de transporte de sedimentos.

2.2.5 Aspectos Climáticos

Segundo a classificação de Köppen o clima da região pode ser classificado como clima temperado (Cfb) “mesotérmico úmido e verão ameno” no planalto e como clima subtropical (Cfa) “mesotérmico úmido e verão quente” nas demais áreas

da BHRCN. Tendo a Serra do Mar como um ambiente de transição entre as tipologias apresentadas (Figura 14) (EPAGRI, 2002).

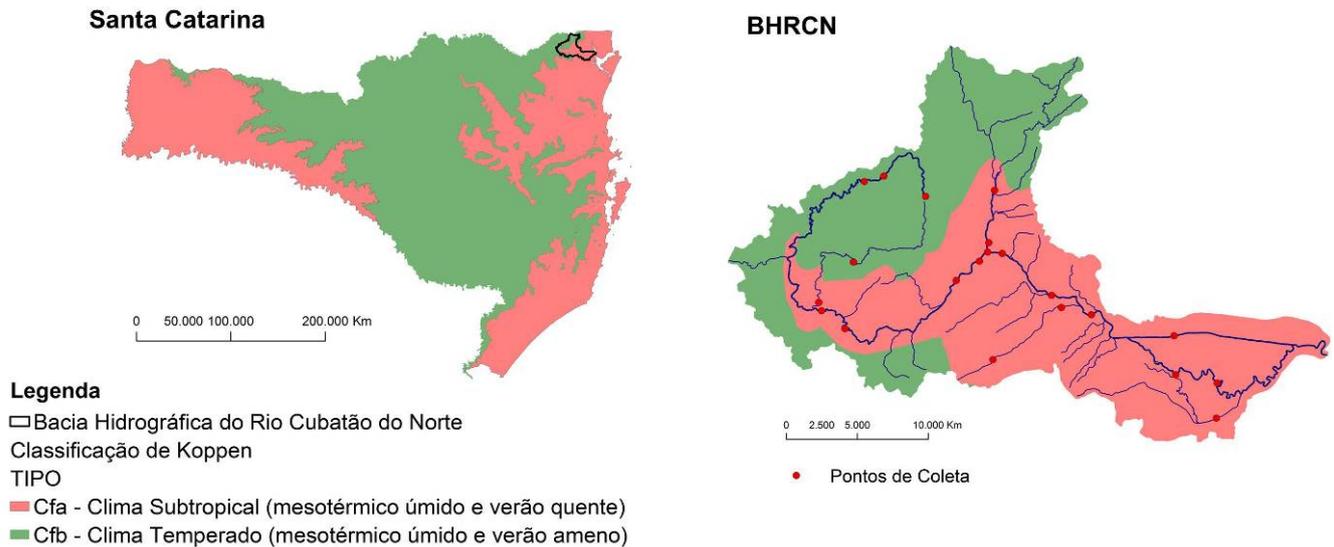


Figura 14: Classificação Climática de Köppen em Santa Catarina e na BHRCN.
Fonte: EPAGRI, 2002.

No verão há predominância de massas de ar tropicais como a Massa Tropical Continental (mTc), a Massa Tropical Atlântica (mTa), e eventualmente ocorre a presença da Massa Equatorial Continental (mEc). A Massa Equatorial Continental (mEc) é originária da planície amazônica e provoca elevados valores de temperatura e umidade. A Massa Tropical Atlântica (mTa) provoca chuvas com intensidade menores de acordo com o teor de umidade presente nesta massa e a Massa Tropical Continental (mTc) reduz a pluviosidade provocando dias de tempo quente e seco. No inverno as massas tropicais são empurradas para o centro e norte do país provocando queda na temperatura e pluviosidade. (FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA, 2002).

Tanto a umidade como a temperatura são maiores nas áreas mais baixas da BHRCN, e menores nas áreas de planalto que apresentam as cotas mais elevadas. A média anual da temperatura na BHRC varia de 13 a 20°C (Figura 15) e a média anual da umidade relativa varia de 82 a 84% no planalto e 84 a 86% na planície (EPAGRI, 2002).

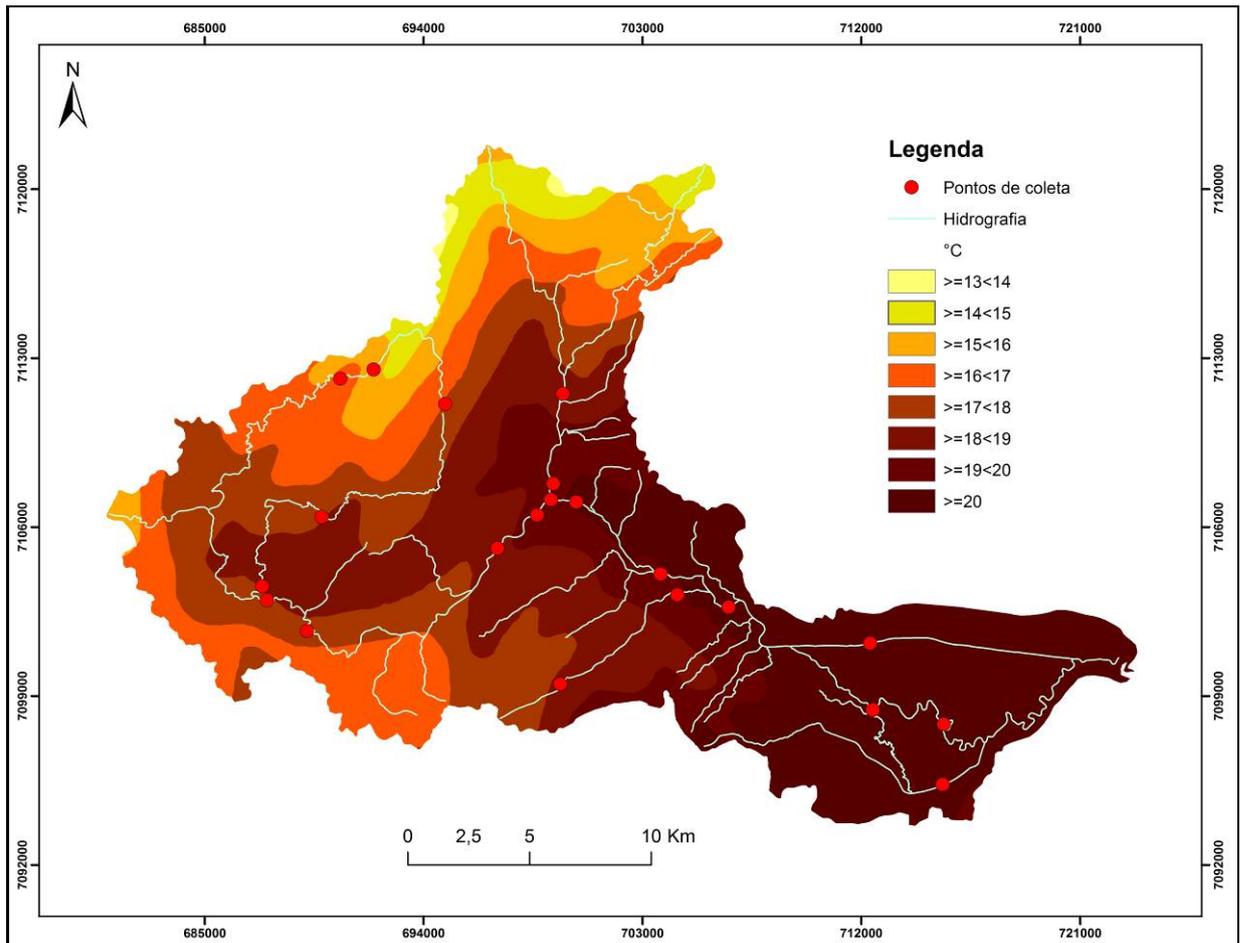


Figura 15: Distribuição da Temperatura Anual na BHRCN.
Fonte: EPAGRI, 2002.

2.2.5.1 Dados Pluviométricos

O índice pluviométrico na BHRCN sofre variação devido à sua localização geográfica e extensão. O mapa elaborado pela EPAGRI (2002) apresenta a distribuição das precipitações ao longo do estado de Santa Catarina e da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte. Observa-se que os maiores índices pluviométricos na BHRCN são constatados na região próxima à escarpa da Serra do Mar, cuja média de precipitação anual varia entre 2.300 a 2.700 mm. Na região do Planalto de São Bento do Sul os índices são menores em relação às demais áreas da bacia hidrográfica, apresentando índices pluviométricos entre 1.500 a 1.900 mm. Na planície costeira e no planalto, em áreas próximas a borda da escarpa da Serra

do Mar são identificados valores anuais de precipitação entre 2.100 e 2.300 mm (Figura 16).

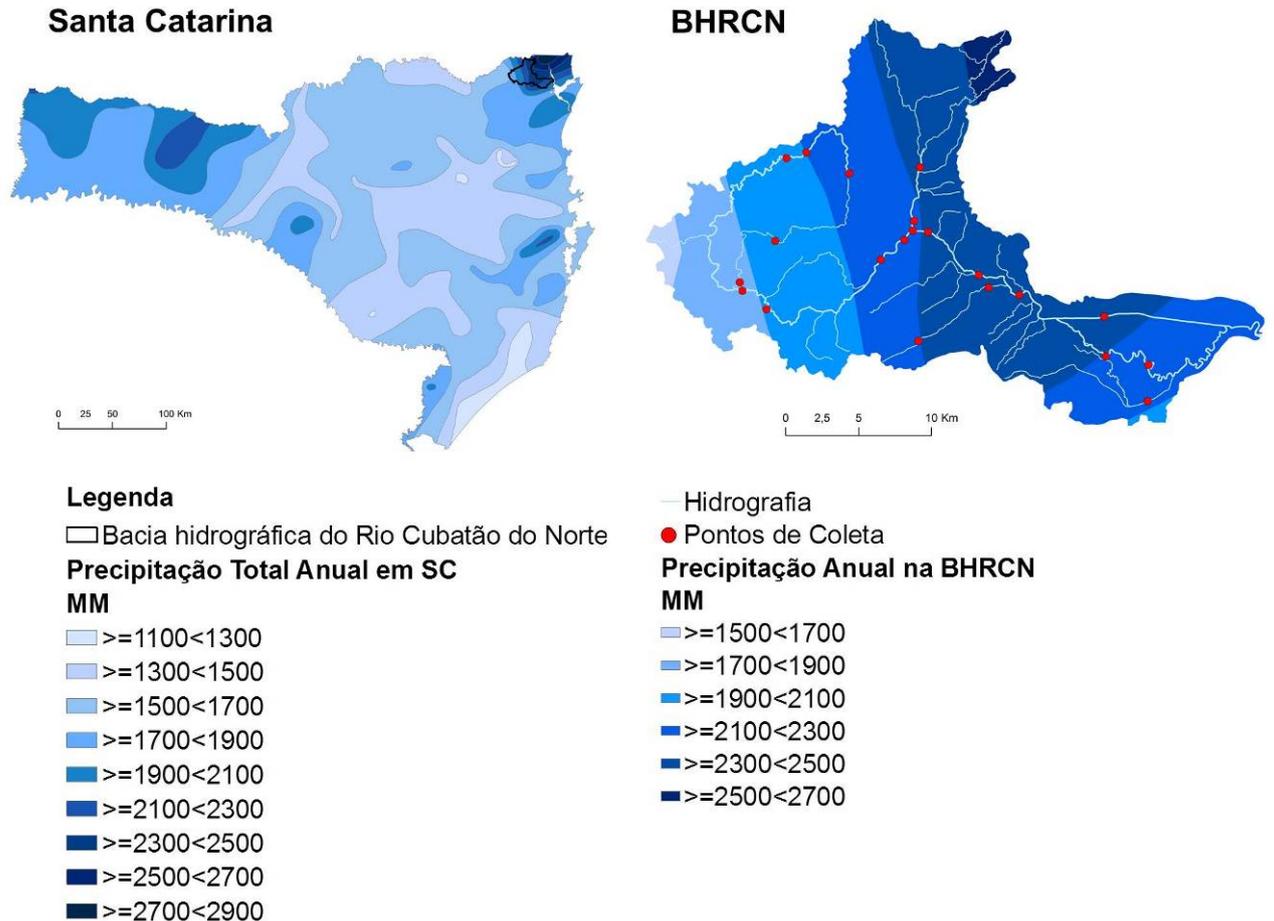


Figura 16: Distribuição da Precipitação Anual em Santa Catarina e na BHRCN.
Fonte: EPAGRI, 2002.

Em um levantamento realizado com a soma anual e média mensal de dados de precipitação, em três estações localizadas em ambientes distintos na bacia hidrográfica, constatou-se a ocorrência de uma variação entre os dados obtidos nas estações e uma sazonalidade nos resultados encontrados.

Para a Estação 1, denominada de Campo Alegre e localizada no planalto de São Bento do Sul, a uma altitude de 880 metros, foram usados os dados de precipitação disponibilizados pelo Instituto das Águas do Paraná. Para a Estação 2, chamada de Pirabeiraba, a 40 metros de altitude, utilizou-se os dados obtidos da Estação 2648033 através do site *Hidroweb* da Agência Nacional de Águas (ANA). A Estação 3, denominada Univille, está localizada em ambiente de planície costeira, a

20 metros de altitude, e foram utilizados os dados fornecidos pela estação meteorológica da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE (Figura 17).

Em ambas as estações os dados trabalhados foram de precipitação diária durante o período de janeiro de 1996 a dezembro de 2011. A estação Campo Alegre apresentou falhas no ano de 2006 e no mês de dezembro de 2010. Outra estação que apresentou falhas foi a estação Pirabeiraba durante os anos de 2005, 2007 e 2008. Para a elaboração do gráfico 1 referente ao comparativo do total anual de precipitação entre as estações esses anos não foram considerados. Para o gráfico 2 representando a precipitação média mensal foram utilizados somente os meses onde não ocorreram falhas nas leituras das estações, gerando assim uma média com os dados mensais contínuos.

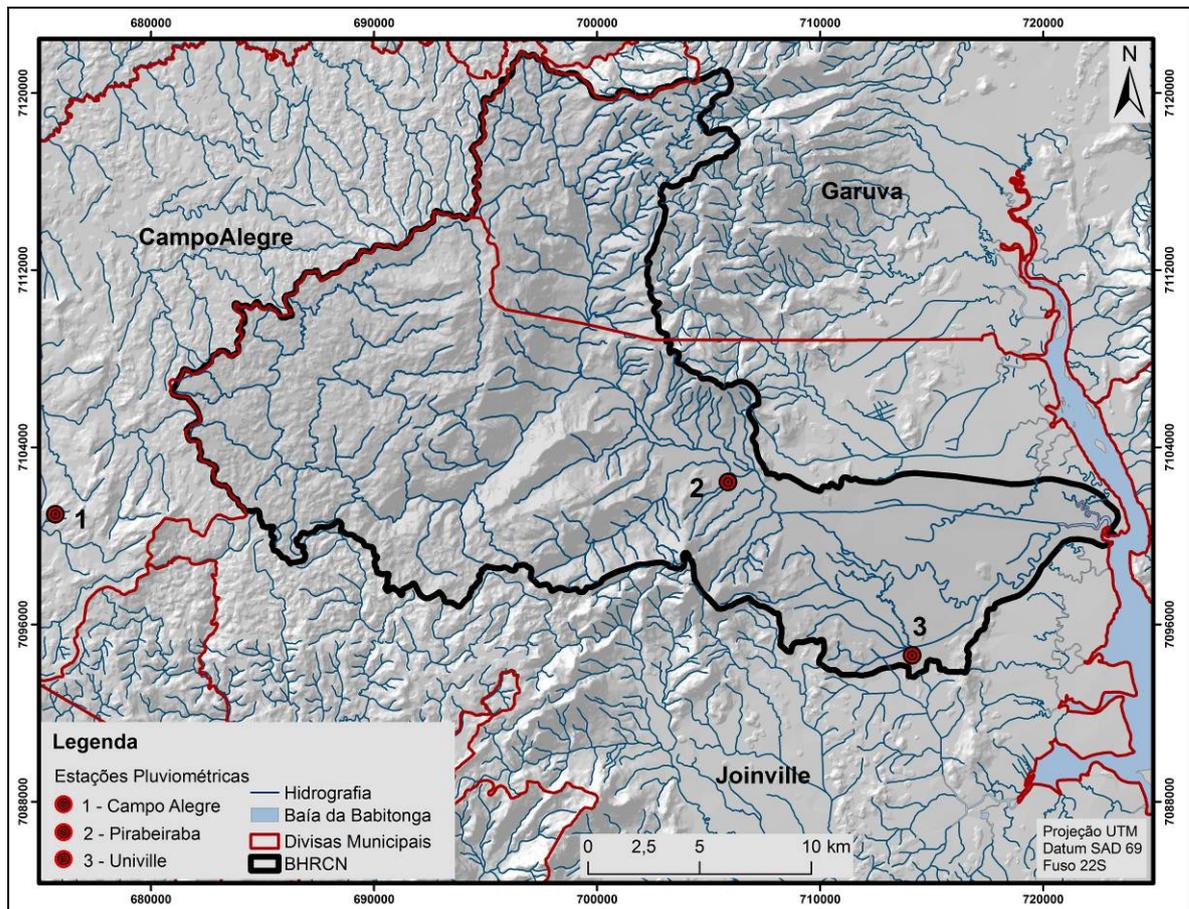


Figura 17: Localização das Estações Pluviométricas Campo Alegre (1), Pirabeiraba (2) e Univille (3) no contexto da bacia hidrográfica do rio Cubatão do norte. Elaborado pela autora, 2013.

Os resultados, referentes à soma total de precipitação anual entre as três estações, demonstram uma variação da ocorrência de precipitação ao longo dos anos durante o período analisado. Na estação Campo Alegre o maior índice

pluviométrico encontrado ocorreu no ano de 1998 com 2.147,1 mm e o menor em 2003 com 1.201,1 mm. Na estação Pirabeiraba o maior índice pluviométrico foi no ano de 2010 com 3.417,7 mm e o menor em 2006 com 1.918,3 mm. Esta estação embora situada no sopé da serra, na realidade não representa o acréscimo pluviométrico decorrente da influência orográfica. Já na estação Univille o maior índice pluviométrico foi durante o ano de 1998 com 3.348,5 mm e o menor em 2003 com 1.619,9 mm (Gráfico 1).

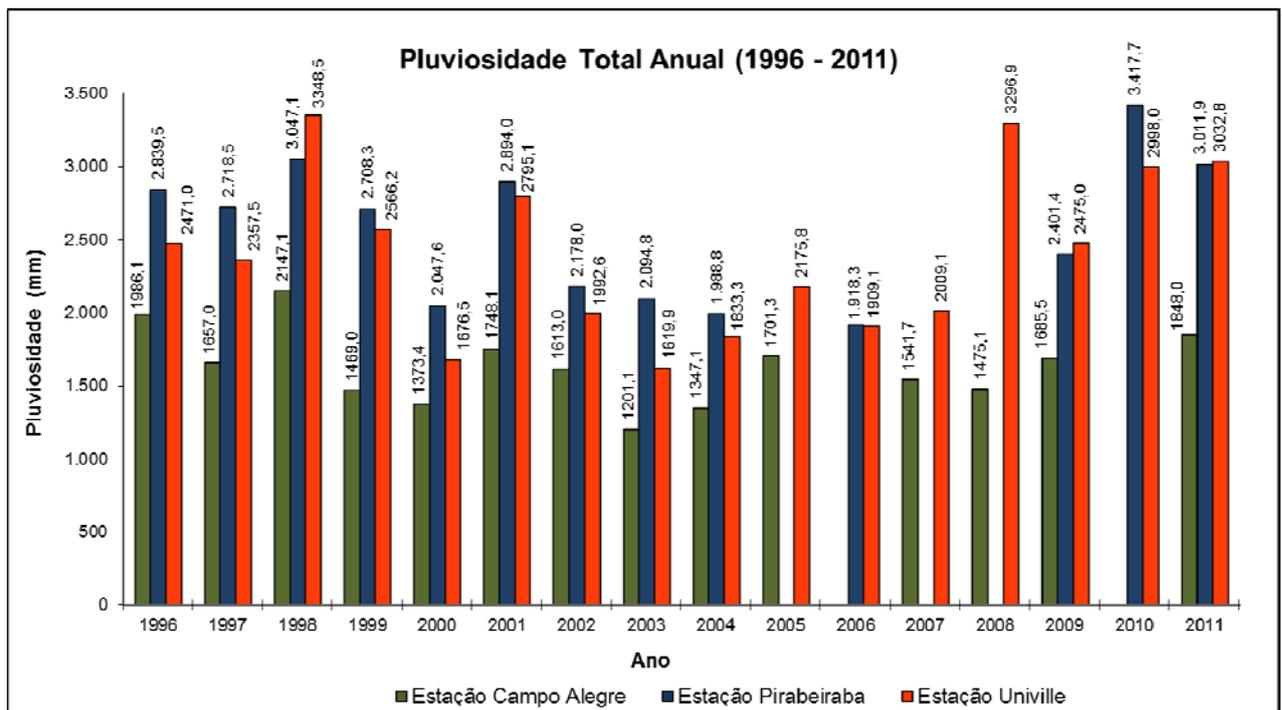


Gráfico 1: Precipitação Total Anual das Estações Campo Alegre, Pirabeiraba e Univille no período de 1996 a 2011. Fontes: Instituto das Águas do Paraná, ANA, UNIVILLE, 2013.

O gráfico 2 apresenta o comparativo da precipitação média mensal entre as estações, é possível observar que as precipitações mais intensas ocorrem entre os meses de setembro a março, períodos correspondentes às estações Primavera e Verão. Durante os meses de janeiro, fevereiro e março a maioria das precipitações são de grande intensidade e com curta duração, nesses meses também há uma diferença maior entre as estações.

Durante os meses de abril a setembro, portanto do Outono ao Inverno, o índice pluviométrico é menor. O mês de maio apresentou o menor índice pluviométrico durante o ano.

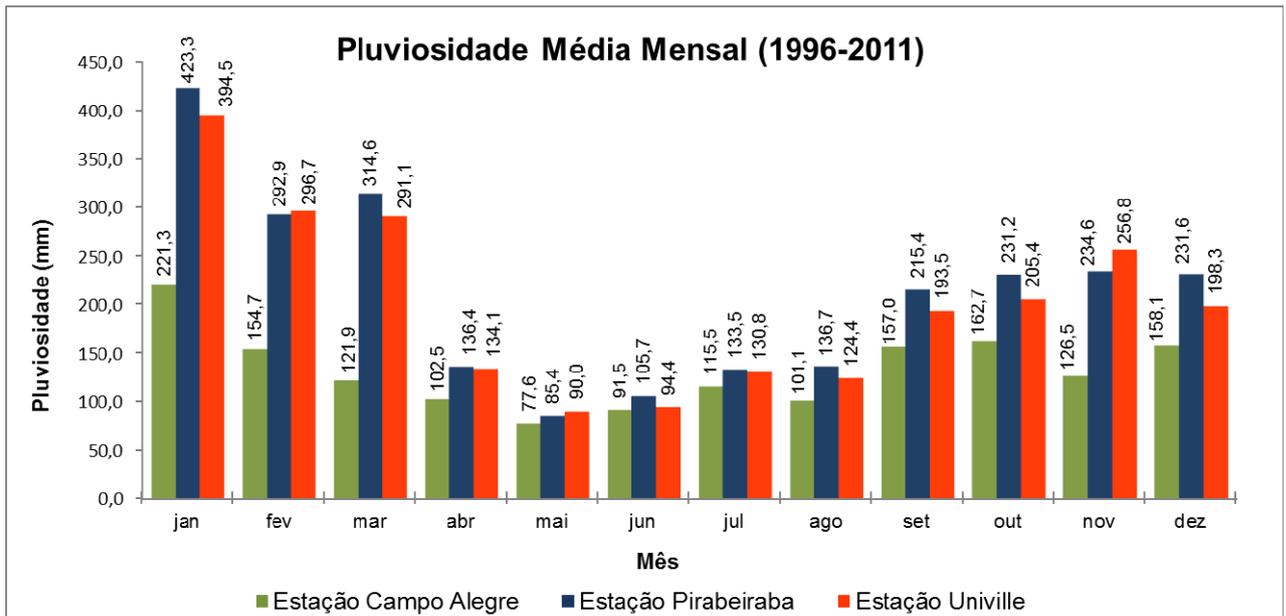


Gráfico 2: Precipitação média mensal das Estações Campo Alegre, Pirabeiraba e Univille no período de 1996 a 2011. Fontes: Instituto das Águas do Paraná, ANA, UNIVILLE, 2013.

A maior média mensal de precipitação entre as três estações foi registrada no mês de janeiro na estação Pirabeiraba e a menor média mensal ocorreu no mês de maio na estação Campo Alegre.

2.2.6 Cobertura Vegetal e Ocupação na BHRCN

O Estado de Santa Catarina está totalmente inserido no Domínio Mata Atlântica, incluindo diversas fisionomias florestais e ecossistemas associados. As tipologias florestais catarinenses recebem as denominações de Floresta Ombrófila Densa, que ocorre no litoral e estende-se até a Serra Geral, do Mar e do Espigão, Floresta Ombrófila Mista, que ocorre no planalto e se caracteriza pela presença da *Araucaria angustifolia* e Floresta Estacional Decidual, caracterizada por espécies caducifólias, com ocorrência predominante no oeste catarinense (IBGE, 1992). Dentre as tipologias florestais, a Floresta Ombrófila Densa é a que apresenta uma maior diversificação na composição florística.

A vegetação da região da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte pode ser classificada, de uma forma geral, como Floresta Ombrófila Densa, parte integrante da Zona de Domínio da Mata Atlântica (Figura 18).

O termo ombrófila significa “amiga das chuvas” e tem origem grega, esse tipo de floresta ocorre em regiões sujeitas a altas precipitações e elevada temperatura média. O termo densa se refere à grande concentração de espécies vegetais encontradas por unidade de área (FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA, 2002).

Segundo divisão realizada pelo IBGE (1992) as formações florestais compreendidas pela Floresta Ombrófila Densa são as seguintes:

- Formação aluvial: homogêneas ao longo dos terraços aluviais ribeirinhos e sem variação topográfica;
- Formação das terras baixas: entre 5 e 30 metros de altura;
- Formação sub-montana: encostas dos planaltos e/ou serras a partir de 30 a 400 metros;
- Formação montana: situada nos planaltos ou serras a partir de 400 até 1000 metros;
- Formação alto-montana: acima dos limites da formação montana.

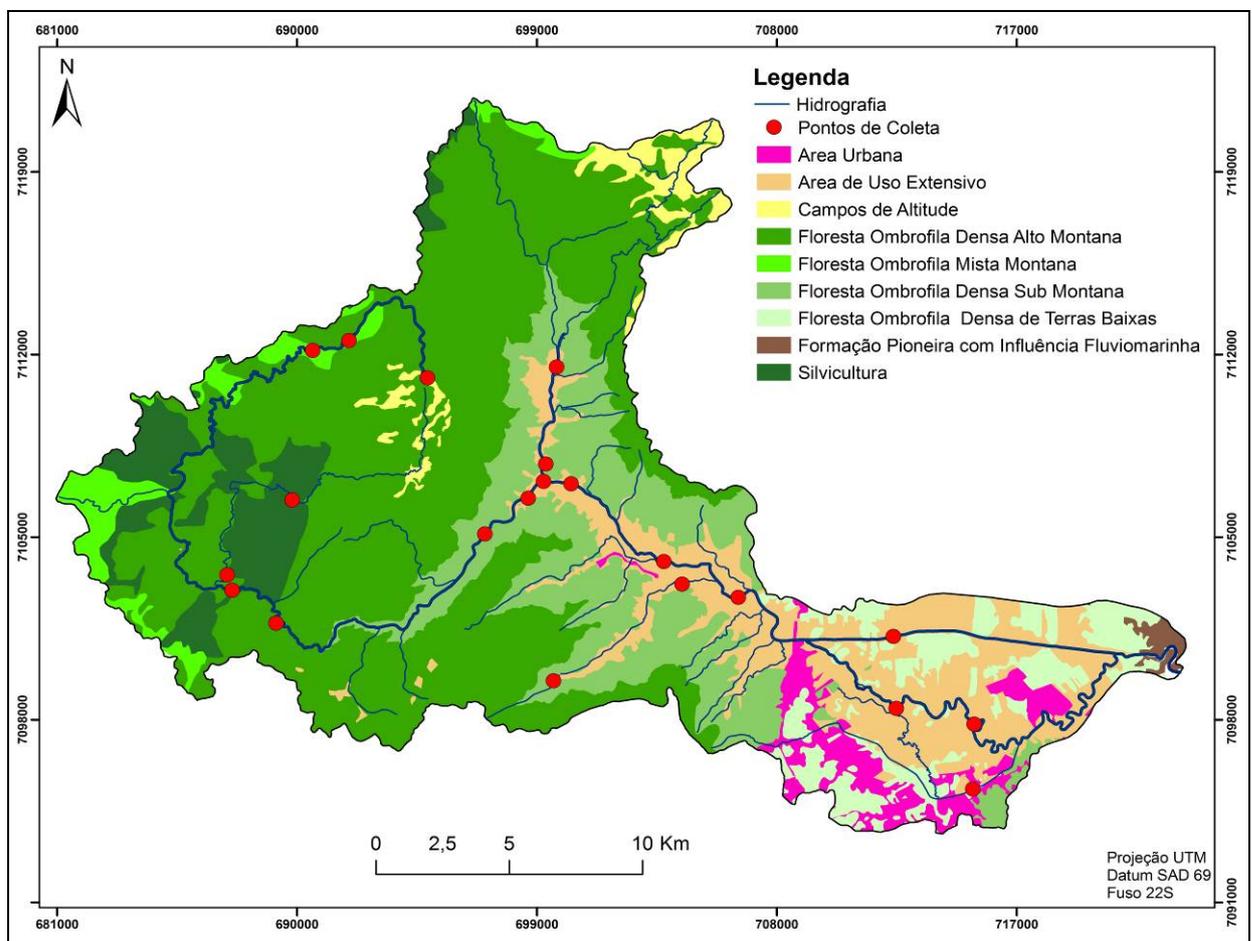


Figura 18: Cobertura Vegetal na BHRCN. Fonte: CCJ, 2009.

A ocupação humana da área da BHRCN é antiga. Primeiramente foi habitada por sambaquianos e em seguida por indígenas guarani e carijós. A partir de 1851 a região passa a ser ocupada por europeus, principalmente alemães, suíços e noruegueses (OLIVEIRA, 2007).

A então denominada Colônia Dona Francisca, que tinha como sede a localidade de *Schroedersort* (Joinville, após 1852), demandava grandes quantidades de materiais para a sua expansão, principalmente madeira, muito abundante em toda a região. O fracasso da colônia como área de produção agrícola permitiu o desenvolvimento de outras potencialidades, como atividades industriais e comerciais. Já em 1852 foi aberta a primeira picada em direção ao norte, através de densas florestas, com o objetivo de atingir a Estrada Três Barras, que ligava o litoral com Curitiba. Em 1877 já circulavam pela ainda em construção Estrada Dona Francisca veículos puxados a cavalo, os *Sãobentowagen*. A estrada fora aberta também através de florestas fechadas e percorre todo o vale do rio Cubatão, ligando Joinville às cidades de Campo Alegre, São Bento do Sul e Rio Negro, no planalto, de onde eram trazidas principalmente madeira e erva-mate (OLIVEIRA, 2007 p. 74 - 75).

A ocupação no vale do rio Cubatão se deu devido à abertura de ambos os caminhos. As principais atividades desenvolvidas foram à extração de madeira e a agricultura.

Atualmente o trecho correspondente à Serra do Mar apresenta densa cobertura vegetal, os manguezais presentes na linha de costa também estão preservados. As áreas planas são ocupadas por atividades agrícolas, como o cultivo de banana, mandioca e cana-de-açúcar, e por pastagens. No planalto há ocorrência do cultivo de *Pinus*.

No baixo curso do leito natural do rio Cubatão estão localizadas as áreas urbanizadas. Na bacia do rio do Braço, principal afluente do baixo curso do rio Cubatão, está localizado o Distrito Industrial de Joinville, este atribui forte carga poluidora ao rio (OLIVEIRA, 2007).

Outros usos além dos citados acima também estão presentes na BHRCN, entre estes podemos destacar: mineração, piscicultura, áreas de proteção ambiental (APAs), rodovias, barragens, canal de derivação, polduto que transporta combustíveis, estação de captação de água, redes de transmissão de energia, aeroporto, aterro sanitário, núcleos habitacionais rurais, vilas e bairros urbanos, escolas e áreas de comércio (ZANOTELLI, 2009).

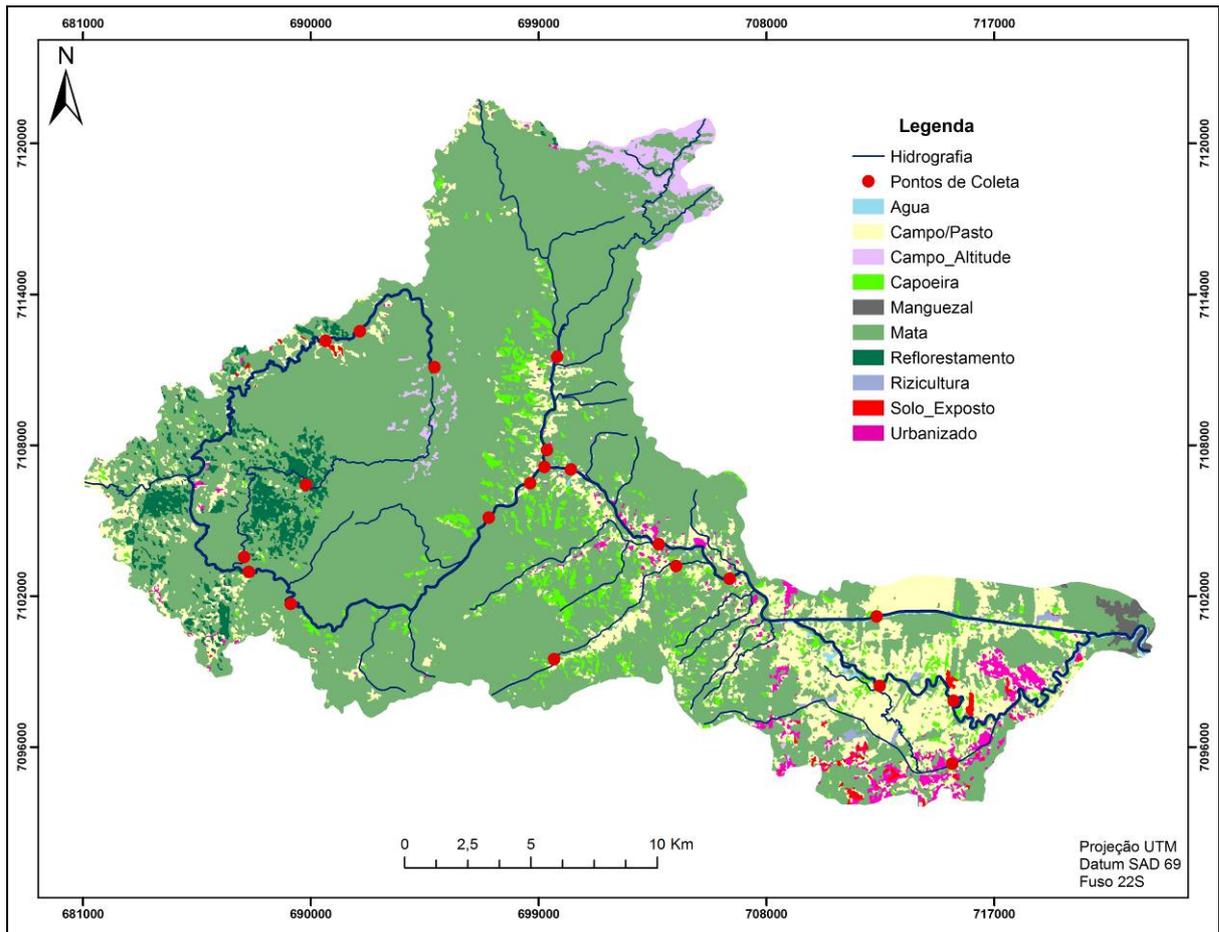


Figura 19: Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte.
Elaborado por: Celso V. Vieira e Fabiano A. Oliveira, 2005. Adaptado pela autora, 2013

3 DINÂMICA FLUVIAL E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

Vários estudos como os efetuados por Owens *et al.* (2010), Slaymaker (2010), Yuill *et al.* (2010), Verdú *et al.* (2005), Hudson *et al.*(2008), Snelder *et al.*(2011), Emmett (2010), Tena *et al.*(2011), Singh *et al.*(2007) e Mao e Surian (2010) tentam esclarecer a dinâmica sedimentar específica de cada bacia hidrográfica estudada. Estes estudos fornecem informações sobre a especificidade de cada curso d'água e como suas características podem estar mudando devido a forças naturais ou antrópicas (HARDY, 2006).

Os rios transportam os produtos de intemperismo, podendo em alguns pontos armazenar os sedimentos, mas em sua maioria o destino final são os oceanos. Para uma paisagem, um equilíbrio é alcançado quando as taxas de distribuição de sedimentos entre as fontes e o escoamento são constantes. No caso de um canal de rio, a quantidade de água e sedimentos movidos através de uma paisagem é equilibrada pela energia disponível, de tal forma que uma alteração em qualquer um dos dois gera ajustes no equilíbrio dinâmico do rio. A alteração das condições ambientais, muitas vezes resulta numa resposta. No caso de um canal de rio, isto pode manifestar-se sob a forma de assoreamento do canal ou degradação, em que os sedimentos são ou depositados ou transportados em resposta a alterações na disposição e fornecimento de energia aos sedimentos (OWENS, *et al* 2010).

As alterações em uma paisagem são naturais e antrópicas. Em termos de paisagens, temos a tendência de pensar em um "distúrbio" como um evento que é bastante extremo e produz uma resposta da taxa ou do tipo de processos que ocorrem na paisagem. Exemplos de distúrbios naturais incluem terremotos, atividades vulcânicas e incêndios florestais. Exemplos de perturbações antrópicas incluem o desmatamento intensivo, agricultura, urbanização construção de barragens e atividades de mineração. Tipicamente, em sistemas naturais, os tipos de "respostas" a esses eventos incluem aumento das taxas de mobilização dos sedimentos (ou seja, a erosão dos solos, movimentos de massa), transportes (isto é, entrega de e para dentro de sistemas de canais de rio) e deposição (por exemplo, em várzeas, lagos, estuários) (OWENS, *et al* 2010).

As paisagens são moldadas por processos que produzem, transportam e depositam misturas de partículas. Informações sobre como os sedimentos foram produzidos e modificados é codificado em distribuições de tamanho de grão, que evoluem após a produção de sedimentos através da mistura de diferentes fontes, redução de tamanho por ataque físico e químico, e triagem durante o transporte e deposição. As compreensões de como as distribuições de tamanho evoluem, é central para os problemas em sistemas fluviais, eólicos, costeiros e sistemas submarinos. Embora os aspectos hidrodinâmicos da erosão e transporte de sedimentos sejam bem compreendidas, a erodibilidade do sedimento mostrou-se mais coesa e difícil de resolver e prever. Erodibilidade é a propensão para o sedimento ser corroído e está representada tipicamente como um limite de erosão ou taxa de erosão. Sendo um atributo do sedimento em si, encontra-se dependente das propriedades dos sedimentos que ditam as forças de resistência, como o atrito, coesão e aderência (GRABOWSKI; *et al*, 2011).

A estabilidade do sedimento de fundo em um ambiente aquático é dependente do equilíbrio entre as forças hidrodinâmicas que causam erosão e as forças dentro do sedimento que resistem a ela. As forças erosivas incluem forças de fluidos transmissíveis, tais como o cisalhamento, que são dependentes de características do fluxo da água e tensões sólidas de partículas que se deslocam ao longo do leito (GRABOWSKI; *et al*, 2011).

A erodibilidade de sedimentos é controlada pela interação de diversas propriedades de sedimentos e processos chave, incluindo: a) processos físicos: granulometria, densidade do solo, do conteúdo da água e temperatura; b) processos geoquímicos: mineralogia, salinidade, pH e concentração de metais; c) processos biológicos: bioturbação, estruturas biogênicas, entre outros.

A variação das propriedades dos sedimentos está relacionada com as variações espaciais e temporais. As propriedades dos sedimentos têm o potencial para influenciar a erodibilidade dos sedimentos nos ambientes deposicionais. As características de cada ambiente podem contribuir para a erodibilidade ou não (GRABOWSKI; *et al*, 2011).

Os rios são os principais responsáveis pelo processo de transferência de sedimentos do continente para o mar. De acordo com Dias (2004) estima-se que anualmente os rios introduzam nos oceanos aproximadamente 18,3 bilhões de

toneladas de sedimentos. Isto é, cerca de 86% do total das partículas terrígenas que chegam aos oceanos todos os anos, chegam através dos rios.

Segundo Christofolletti (1981, p. 1) “O escoamento nos canais fluviais apresenta diversas características dinâmicas, que se tornam responsáveis pelas qualidades atribuídas aos processos fluviais”. Para a compreensão dessas características dinâmicas é necessário apresentar algumas noções sobre os processos fluviais.

Inicialmente é importante destacar as duas forças externas principais que atuam em canais abertos: a força da gravidade e a força de cisalhamento. A força da gravidade atua verticalmente e possibilita o escoamento das águas das partes mais altas para as mais baixas. Já a força de cisalhamento (*shearing stress*) ocorre devido à fricção exercida pelas superfícies delimitantes do canal no escoamento do fluido promovendo retardamento, cuja direção é contrária à do fluxo (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Outro fator importante a ser estudado em canais abertos são os tipos de fluxos. Estes podem ser: laminar e turbulento; uniforme e não uniforme; estável e instável. O fluxo laminar não é tão comum de ser encontrado na natureza, pois “ocorre quando a água escoar ao longo do canal reto, suave, a baixas declividades, fluindo em camadas paralelas acomodadas umas sobre as outras” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p.2). O fluxo turbulento apresenta movimentos caóticos, heterogêneos, com muitas correntes secundárias contrárias ao fluxo principal. Nesse tipo de fluxo a dissipação de energia se eleva devido à constante troca de massas de fluidos entre zonas vizinhas de fluxo.

De acordo com Christofolletti (1981) os fatores que afetam a velocidade do fluido são a viscosidade e a densidade do fluido, a profundidade da água e a rugosidade da superfície do canal. Esses fatores permitem que o fluxo laminar se torne turbulento.

As duas forças que atuam de forma paralela no escoamento em canais abertos são: a força de peso da água e a força de cisalhamento. Em um rio a distribuição das velocidades varia de um lugar para outro em todos os sentidos: vertical, transversal e longitudinal.

As características dos tipos de canais diferem de acordo com os ambientes. Os canais em planícies em sua maioria são: limpos, retos ou sinuosos, sem depressões profundas; ou com algumas depressões e soleiras; e nos trechos mais

lentos apresentam vegetação aquática e depressões profundas. Os canais em ambientes de montanhas em sua maioria distinguem-se entre leito com pedregulhos, cascalhos e poucos matacões; e leito com cascalho e grandes matacões. As planícies de inundação geralmente são áreas com pastagem, gramíneas, cultivadas e em alguns casos com vegetação média a densa (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A turbulência e a velocidade do fluxo estão relacionadas ao transporte, erosão ou deposição dos sedimentos. Durante o percurso de um curso d'água, da nascente até a foz, ocorre um gasto contínuo de energia ao longo do canal. “Diversos elementos causam resistência ao fluxo e promovem a perda de energia, destacando-se a rugosidade da superfície limitante e áreas discretas de dissipação de energia nas curvas, junções ou protuberâncias” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p.13).

Para uma partícula movimentar-se há a necessidade de uma força maior do que a força exercida pela componente normal do peso imerso. A força de cisalhamento é a força necessária para carregar uma partícula, e a velocidade de erosão é a velocidade na qual essa força atua sobre determinada declividade. A velocidade do fluxo é mais importante para carregar partículas maiores, enquanto a força de cisalhamento é decisiva para iniciar o movimento de pequenas partículas (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Quando a partícula é movimentada, há soerguimento em relação à superfície do leito e ela se incorpora ao fluxo do fluido. A movimentação das partículas através da saltação ocorre quando a força de soerguimento diminui lentamente e se não houver força de turbulência suficiente para mantê-las suspensas e integradas no fluxo as partículas tendem a se depositar, podendo ser novamente movimentadas. Já o transporte em suspensão ocorre quando as forças de turbulência mantêm e conservam partículas acima da superfície do leito (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O trabalho publicado por Hjulstrom em 1935 (*apud* CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 16) apresenta as velocidades de fluxo necessárias para movimentar os sedimentos e estabelece uma relação entre o tamanho das partículas e a velocidade média de fluxo (Figura 20).

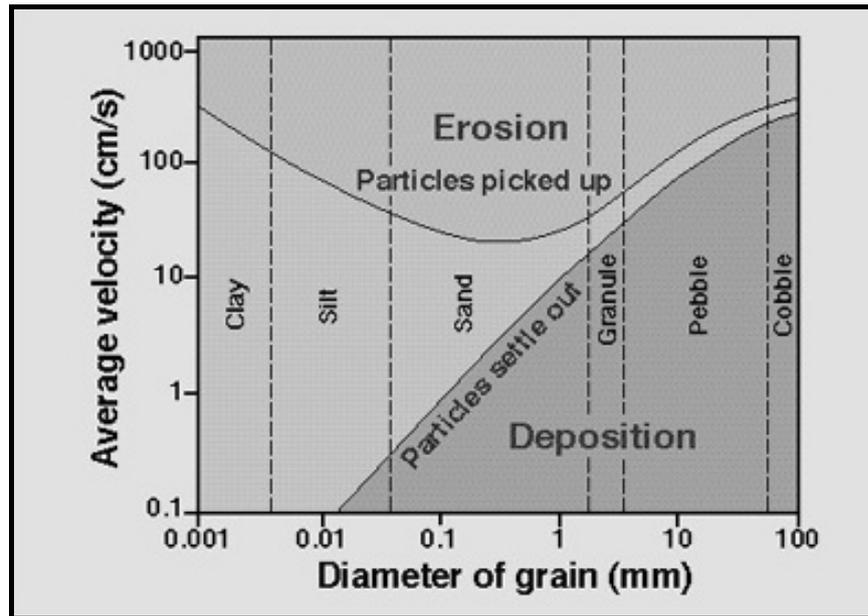


Figura 20: Gráfico assinalando as variações entre a velocidade média e o tamanho das partículas, conforme Hjulstrom, 1935. Fonte: <http://funnel.sfsu.edu/courses/geol460/sedstruct.html>

Levando em conta que as partículas de tamanhos iguais, mas com densidades diferentes, requerem velocidades e forças diferentes para serem movimentadas ou depositadas Morisawa 1968 (*apud* CHRISTOFOLETTI, 1981) assinala dois aspectos importantes:

a) As areias são erodidas mais facilmente, enquanto silte, argila e cascalho são mais resistentes. Os grãos mais finos são resistentes em virtude das forças coesivas de ajustagem e da fraca rugosidade do leito.

b) Desde que o silte e a argila sejam movimentados, essas partículas podem ser transportadas sobre velocidades muito baixas.

Christofoletti (1981) destaca que a velocidade de deposição depende do tamanho e da densidade da partícula, porque a gravidade, viscosidade e densidade da água são constantes para um determinado tempo num lugar do canal.

3.1 TIPOS DE CARGAS NO TRANSPORTE FLUVIAL

O transporte fluvial envolve três tipos distintos de cargas: dissolvida, dos sedimentos em suspensão e a carga do leito. O transporte de cada carga está relacionado com as características do fluxo, sendo importante para determinar as

formas topográficas do leito nos canais aluviais. A carga total dos sedimentos é composta por materiais fornecidos por processos químicos, processos pluviais e movimentos de massa do regolito.

A carga dissolvida é constituída pelos produtos do intemperismo que são transportados em solução química. A quantidade de matéria em solução resulta da contribuição da água subterrânea e do escoamento superficial, variando no tempo e no espaço. Em épocas chuvosas ocorre à redução da concentração de sais dissolvidos por unidade de volume, e em épocas mais secas ocorre o contrário. A deposição desse material só se processa quando houver a saturação como, por exemplo, a evaporação. A composição química das águas fluviais varia conforme a litologia, vegetação e utilização da bacia hidrográfica. A composição litológica influencia controlando os materiais químicos originados através da meteorização, e a qualidade da água nos pequenos cursos fluviais reflete a distribuição espacial dos diversos tipos de rochas. Os principais elementos transportados em solução são: cálcio, sílica, ferro, potássio, sódio, magnésio e cloro. Devido às variações espaciais dos fatores controlantes, os afluentes possuem concentrações diferentes de sólidos dissolvidos (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A carga em suspensão é composta por partículas de granulometria reduzida como o silte e a argila, sendo mantida em suspensão pela ação da turbulência do fluido. A quantidade de material em suspensão por unidade de volume de fluido sofre variação de acordo com a profundidade e o débito (CHRISTOFOLETTI, 1981).

As partículas em suspensão estão suportadas pelas componentes verticais do fluxo turbulento, enquanto estão sendo transportadas pelas componentes horizontais dessas velocidades, sendo pequenas suficientemente para permanecerem em suspensão, subindo e descendo na corrente acima do leito (CARVALHO, 1994 p. 56).

São necessárias forças relativamente altas para iniciar a movimentação de partículas de granulometria relativamente finas, já o transporte dos sedimentos suspensos necessita de forças de fraca intensidade. A carga em suspensão é carregada quase na mesma velocidade da água e quando a turbulência, ao atingir seu limite crítico, não tiver mais condições para manter as partículas em suspensão, elas se precipitam. Geralmente a deposição da carga em suspensão ocorre em trechos de águas muito calmas e lagos (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A carga de material em suspensão constitui uma parcela significativa na denudação continental. Em períodos de intensa precipitação a quantidade de carga sólida pode representar uma média de 70 a 90% do total de um ano hidrológico (CARVALHO, 2000), podendo chegar a 99% de toda a carga sólida transportada de um rio em eventos de maior pluviosidade (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A contribuição proporcional da carga em suspensão para o total da carga detrítica transportada é variável em cada bacia hidrográfica. A carga do leito geralmente é menor que 10% da carga em suspensão (CHRISTOFOLETTI, 1981).

De acordo com Christofolletti (1981, p. 35) “a distinção entre a carga em suspensão e a carga do leito está relacionada principalmente ao mecanismo de transporte do que ao tamanho da partícula”.

A carga do leito do rio é formada por partículas de granulometria maior como as areias e o cascalho. Seu transporte geralmente ocorre por saltação, deslizamento ou rolamento na superfície do leito. “Devido ao volume e à densidade das partículas, a carga do leito é muito mais lenta que a do fluxo, porque as partículas podem se deslocar de modo intermitente (CHRISTOFOLETTI, 1981 p. 29)”.

De acordo com Christofolletti (1981 p.29) a saltação ocorre quando “as partículas são soerguidas do leito em ângulo acentuado, aceleradas pela jusante, pelo fluxo e, então, rebaixadas em direção do leito em declividade decrescente muito mais suave”. O deslizamento é o processo, executado pelos fragmentos rochosos, de arrastar-se ao longo do leito sob a força do fluxo. E o rolamento é o processo onde os blocos e fragmentos vão girando para a jusante, mantendo sempre o contato com a superfície do leito.

As características dos sedimentos presentes na carga do leito são determinadas pelo material transportado de montante. Dessa forma, essas características podem fornecer informações da origem dos sedimentos presentes em cada ponto do leito fluvial e de algum modo apresentar subsídios para algumas informações sobre os processos que envolvem os sedimentos presentes em determinado local.

Diante do exposto acima Christofolletti (1981, p.17) ressalta que, em qualquer das fases: erosão, transporte e sedimentação, “a dinâmica do escoamento fluvial fornece informações básicas para a compreensão das forças atuantes no funcionamento do processo morfogenético fluvial”.

3.2 CICLO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO

Paralelamente ao ciclo hidrológico, existe outro ciclo, aberto, vinculado e dependente do ciclo hidrológico, que envolve o deslocamento, o transporte e o depósito de partículas sólidas presentes na superfície da bacia hidrográfica, este chamado de ciclo hidrossedimentológico, apesar das moléculas de água, os sedimentos não terão como voltar ao meio de onde provêm (TUCCI, 1993).

Assim como é possível distinguir os principais fenômenos que compõem o ciclo hidrológico (interceptação, evaporação, infiltração, etc.), é também possível identificar os processos que regem o deslocamento de partículas sólidas, que em conjunto constituem o ciclo hidrossedimentológico. Esses processos são desagregação, separação ou erosão, transporte, decantação (ou sedimentação), depósito e consolidação (TUCCI, 1993 p. 916).

Com o aumento da população e a necessidade de aumento da demanda por infraestrutura, alimentos e produtos derivados do solo e da água, o uso dos recursos hídricos deve ser repensado. Os problemas causados pela deposição de sedimentos são vários. Na concepção de Carvalho (2000), “o sedimento é vital no que tange à conservação, desenvolvimento e utilização do solo e dos recursos hídricos”.

A compreensão da origem, transporte e deposição dos sedimentos em um leito fluvial fornece subsídios para a compreensão dos processos ativos do tempo geológico e têm auxiliado na modelagem do relevo do nosso mundo atual (CARVALHO, 2000).

A produção de sedimentos é um fenômeno natural. Kobiyama *et al.* (2009 p. 2) expressa que:

As planícies de inundação nas quais a maioria da população mundial vive são formadas por tal produção ao longo do tempo geomorfológico. Isto significa que o desenvolvimento das sociedades não poderia acontecer sem produção de sedimentos. Portanto, precisa-se conviver com tal produção. Os sedimentos carregam nutrientes que fertilizam terras e, dependendo de sua concentração, transportam microrganismos ou matéria orgânica ocasionando melhora na fauna fluvial. Assim, possuem efeitos benéficos. Entretanto, o transporte de sedimentos pode causar, pelas partículas em suspensão, a degradação da qualidade da água para os usos humanos; além de impedir a penetração da luz e calor, reduzindo a atividade fotossíntese essencial à salubridade dos corpos de água e modificando a vida aquática. Ainda, o sedimento do leito eleva seu nível, prejudicando a navegação e provocando enchentes locais mais frequentemente. Como a sociedade está inserida no ecossistema de produção de sedimentos, o desequilíbrio desse sistema traz desastres.

Ao longo do tempo os processos em ação no ciclo hidrossedimentológico moldam as feições das bacias hidrográficas, dando-lhes as seguintes formas: perfis longitudinais dos cursos d'água e dos interflúvios mais suaves que originalmente; rede de drenagem mais densa e entalhada na parte superior da bacia do que na inferior; e leitos que vão alargando de montante para jusante (TUCCI, 1993).

A formação dos sedimentos, o seu transporte e sua deposição, são complexos, entretanto podemos destacar a interação dos fatores tectônicos, meteorológicos e hidráulicos, como os mais importantes para compreensão do ciclo sedimentar. O relevo, clima, vegetação e litologias são as principais variáveis condicionantes da erosão em uma bacia hidrográfica.

Parte das partículas provenientes da decomposição de uma rocha bem como da porção dissolvidas são arrastadas pelas águas das chuvas pelos rios até os oceanos. Com isso os sedimentos podem ser depositados gradualmente por um determinado tempo em bacias hidrográficas (CARVALHO, 2000).

A deposição, bem como o transporte sedimentar, são governados basicamente pela relação velocidade de assentamento de partículas e movimento de fluido. A massa, volume e forma de um determinado grão e o nível de energia presentes no mesmo determinam o estado de estar em transporte ou em repouso (depositado). Em regime de baixas velocidades as partículas mais grossas, como pedregulho, deixam de se mover, aumentando a quantidade de material de areias em movimento (CARVALHO, 2000; CHRISTOFOLETTI, 1981).

Partículas de sedimentos são depositadas quando há redução na competência e capacidade do fluxo. O processo em si ocorre em uma escala muito pequena e envolve os grãos individuais. A deposição de sedimentos em suspensão ocorre quando a velocidade de queda prevalece sobre a difusão turbulenta. Uma vez que a velocidade de queda está intimamente relacionada ao tamanho da partícula, o mais grosseiro dos sedimentos tende a ser depositado em primeiro lugar (CHARLTON, 2008).

A deposição da carga de leito ocorre quando a tensão de cisalhamento leito cai abaixo da tensão crítica de cisalhamento (parâmetro de Shields) necessária para o transporte de partículas de um determinado tamanho (CHARLTON, 2008).

Há um número de circunstâncias diferentes que levam à deposição. Estes incluem: reduções na descarga fluvial ao longo dos rios; diminuições na inclinação que podem ser localizadas, ou envolvem uma redução gradual ao longo de um

comprimento de canal e causam uma redução na velocidade média do escoamento e energia do rio; o aumento da área transversal faz com que a resistência ao fluxo aumente porque não há mais contato entre o fluxo e o limite do canal; o aumento da resistência das margens muitas vezes associados com a vegetação. Quando os fluxos ocorrem fora da calha sua velocidade é reduzida pela rugosidade da superfície, aumentada no ambiente de várzea, levando à deposição de sedimentos em suspensão nas áreas próximas as margens dos rios (CHARLTON, 2008).

Os sedimentos muitas vezes se acumulam na retaguarda de obstáculos. Estes incluem rochas, afloramentos de rocha ou ilhas, restos madeira e estruturas feitas pelo homem, tais como pilares de pontes, barragens e estruturas de controle de fluxo (CHARLTON, 2008).

O comportamento dos sedimentos em uma bacia hidrográfica é muito variável, desde as partes altas até a planície. Esta variação depende das rochas e solos, da cobertura vegetal, das declividades, do regime das chuvas, entre outros fatores. A compreensão do processo erosivo-sedimentológico é complexa, pois envolve vários fatores de ordem física, meteorológica e antrópica, esta última formada por fatores educacionais e socioeconômicos (CARVALHO, 1994; CHARLTON, 2008).

A carga sedimentar em um curso d'água é originada da erosão da bacia e da erosão do próprio leito e margens fluviais. As partículas de granulometria reduzida (silte e argila) constituem a carga de sedimentos em suspensão e são carregados na mesma velocidade em que o fluxo d'água. As partículas de granulometria maior, como areia e cascalhos, são roladas, deslizadas e saltam ao longo do leito dos rios, e se depositam formando a carga de fundo, movimentando-se geralmente em momentos em que a velocidade da corrente se intensifica.

A sedimentação fluvial inclui processos de remoção, transporte e deposição de partículas do regolito, envolvendo toda a dinâmica da bacia de drenagem. Toda bacia fluvial é responsável pelo fornecimento detrítico aos cursos de água que, em conjunto, torna-se o fenômeno natural de maior ocorrência na esculturação da rede de canais e das paisagens encontradas na superfície terrestre. Em virtude da sua atuação, o ambiente de sedimentação fluvial é importante para elucidar e interpretar a evolução histórica de paisagens na escala geológica. O conhecimento minucioso das condições de produção, remoção, transporte e deposição dos sedimentos é extremamente importante, porque se refletem nas características das camadas sedimentares que funcionam como *sedimentos correlativos* e vestígios das condições morfoclimáticas imperantes nas áreas continentais (CHRISTOFOLETTI, 1981 p. 19).

Os depósitos fluviais podem ser classificados como depósitos de canal e depósitos de planície de inundação, essa classificação se dá em função do local que ocorrem. Os depósitos de canal se classificam em transitórios (acumulações deixadas no leito fluvial entre dois episódios sucessivos de variação da vazão), intermitentes (por requererem maior competência fluvial seu movimento é esporádico) e depósitos de preenchimento (encontrados em canais inativos) (FLORENZANO, 2008).

Um sistema fluvial pode ser dividido em três zonas em relação à produção, transporte e deposição dos sedimentos. A primeira se refere à Zona de Produção de sedimentos. Esta se localiza em regiões de cabeceiras onde a maioria dos sedimentos são produzidos através de processos erosivos. Estes sedimentos são removidos para a segunda zona, denominada de Zona de Transferência de sedimentos, nesta zona os sedimentos, em sua maioria, são removidos através de ligações entre as encostas e os canais. À medida que o rio se aproxima do oceano ocorre uma queda em seu gradiente e conseqüentemente uma redução de sua energia, promovendo uma deposição maior dos sedimentos, esta zona é conhecida como Zona de Deposição (Figura 21) (CHARLTON, 2008).

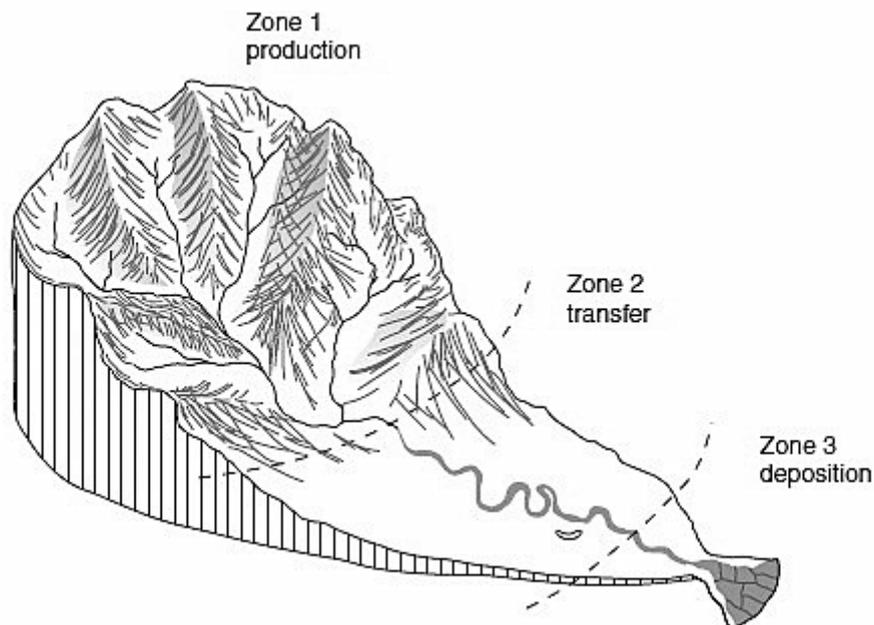


Figura 21: O sistema fluvial pode ser subdividido em três zonas com base em processos dominantes operacionais dentro de cada zona. Estes são os sedimentos produção zona, zona de transferência de sedimentos e zona de deposição de sedimentos. Adaptado de Schumm (1977) *apud* Charlton (2008).

A maior parte da deposição de sedimentos em uma área de drenagem ocorre na zona de transferência e na zona de deposição do sistema fluvial, onde ocorre um declínio no gradiente e disponibilidade de energia. A larga escala de deposição leva ao desenvolvimento de formas de relevo característico, incluindo planícies aluviais, leques aluviais e deltas. As barras de canais representam em menor escala características deposicionais. Elas são comumente encontradas no interior das curvas dos meandros, ao longo das bordas de canais, e onde tributários entram no canal principal (CHARLTON, 2008).

3.2.1 Distribuição Granulométrica no Leito dos Rios

A distribuição granulométrica presente nos cursos de água de uma bacia hidrográfica sofre modificação na medida em que os sedimentos são transportados da montante para jusante. Nas cabeceiras são encontrados sedimentos de tamanhos maiores e à medida que estes sedimentos são transportados, parte se fraciona transformando-se em sedimentos de granulometria menor e outra parte se deposita no leito do canal. Esta diminuição progressiva no tamanho das partículas de montante para jusante pode ser modificada quando ocorre a entrada de tributários carregando materiais detríticos diferentes, quanto à composição granulometria ou mineralógica, dos sedimentos providos de montante (CARVALHO, 1994; CHRISTOFOLETTI, 1981).

Há uma grande variedade granulométrica na carga detrítica transportada pelos cursos de água. Geralmente as argilas e siltes estão presentes nos materiais carregados em suspensão. Quando a velocidade do fluxo é maior ocorre o transporte de areias, que na maioria das vezes ficam sujeitas à estocagem temporária no canal fluvial. Em eventos de elevada magnitude os detritos de granulometria mais grosseira, cascalhos e fragmentos maiores são transportados de forma mais lenta, fato que ocorre com pouca frequência (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Estudos efetuados no rio Ebro, na região nordeste da península Ibérica, concluem que o tamanho do grão dos sedimentos do leito daquele rio varia substancialmente no tempo e a variabilidade espacial é controlada pela magnitude das inundações (VERICAT *et al.*, 2006).

Análises granulométricas realizadas na bacia hidrográfica do alto São João, RJ possibilitaram a conclusão de que há um grande fornecimento de material proveniente das vertentes daquela bacia hidrográfica. Foi identificado que os sedimentos com granulometria maior estão situados na parte superior da bacia e os sedimentos mais finos próximos à jusante (PIMENTA; *et al.*, 2011).

Estudos efetuados em rios de grande porte, como por exemplo, no rio Ganges, demonstram que os sedimentos são uma mistura complexa de partículas de cascalho, areia, silte e argila oriundas da parte norte do subcontinente indiano, do cinturão orogênico do Himalaia e da planície aluvial do Ganges que interagem com o clima de monções e apresentam diferentes características espaciais e temporais. Ocorrem variações das frações do tamanho do grão dos sedimentos de fundo. Na parte superior do rio Ganges ocorre um decréscimo seguido de aumento da areia média e areia muito fina, apontando um transporte seletivo de sedimentos. A fração de sedimentos grossos no segmento médio do rio indica entradas de sedimentos por tributários da região norte do cráton indiano. Variações das frações do tamanho do grão dos sedimentos em suspensão, a fração silte de modo geral, aumenta em direção à região do delta (SINGH *et al.*, 2007). Acredita-se que tal situação possa ocorrer, de modo análogo, em uma bacia de menor porte como a bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte.

Em um estudo sobre a mobilidade dos sedimentos de fundo realizado no rio Tagliamento (nordeste da Itália), onde várias porções do leito foram pintadas no verão de 2006 para adquirir informações sobre a mobilidade dos sedimentos, conclui-se que quanto maior magnitude da inundação, maior será o efeito de transporte de sedimentos. Com o objetivo de realizar uma análise detalhada da mobilidade de sedimentos, centrando-se em particular na condição de transporte parcial que tem sido raramente investigada com dados de campo recolhidos, constatou-se que os canais principal e secundário apresentaram um maior efeito (remoção de cascalho completo), mesmo com uma enchente com muito baixo intervalo de recorrência (MAO e SURIAN, 2010).

Pesquisa feita por Batalla *et al.* (2010) no na bacia do rio Ebro, NE da Península Ibérica, analisa as relações entre as condições hidráulicas e a granulometria do sedimento de fundo em um rio de cascalho durante os estágios iniciais de eventos de fluxo quando as taxas de transporte são muito baixos. Os resultados sugerem duas fases de transporte do material de leito a partir de *patches*

(sedimentos acumulados de fina textura localizados atrás de obstáculos, como matacões e troncos, no leito do rio): uma inicial dominada por areia (isto é, em geral de transporte), seguido por outra contida por cascalho fino (isto é, o transporte seletivo). Uma vez que o material do leito começa a agitar, as partículas de areia movem para a jusante independentemente da sua dimensão relativa, quando a areia do *patch* é totalmente mobilizada, o cascalho começa a agitar e, eventualmente, é transportado, mostrando um comportamento nitidamente de arrastamento seletivo. A mobilidade igual para os sedimentos no leito do rio podem ocorrer quando outras partes do leito do rio tornam-se progressivamente instáveis e ativas, para que todo o material de leito local participe no transporte.

Em levantamento realizado por Almeida *et al.* (2006) no Ribeirão Palmito localizado em Três Lagoas (MS) os resultados revelaram que, as características e distribuição de carga sedimentar do leito do Ribeirão Palmito devem-se ao gradiente hidráulico e a velocidade do escoamento nas seções. Nesse estudo foram realizadas quatro seções transversais distintas ao longo do rio principal, duas na montante e duas na jusante da bacia. A análise de carga do leito do canal foi realizada através de análises granulométricas dos sedimentos de leito por peneiramento. Avaliou-se a velocidade do fluxo e batimetria do canal fluvial por meio de medidas fluviométricas no Ribeirão. O Ribeirão apresenta formas de padrões meandrantés e velocidade de fluxo baixa quando comparada a trechos do Rio Paraná, onde deságua. Há predominância de areia grossa quanto às partículas de fundo, no entanto, na seção 4 houve um aporte de areia média e fina no período de março de 2006.

4 MINERAIS

Existem 92 elementos químicos estáveis que podem isoladamente constituir um mineral ou associar a outros formando outros minerais. Esses elementos não se encontram distribuídos homoganeamente na crosta terrestre, predominam o oxigênio (46,6%) e o silício (27,72%). Outros elementos como alumínio (8,13%), ferro (5%), cálcio (3,63%), magnésio (2,09%), potássio (2,59%), sódio (2,83%) e titânio (0,44%) também apresentam grande importância na formação da crosta terrestre. Alguns minerais são geograficamente abundantes, em termos econômicos, tais como, ferro, quartzo, sílica, e calcário, e podem ser encontrados na maioria dos países. Outros estão concentrados em poucos lugares, como alguns metais secundários (tântalo e vanádio) e minerais industriais (boratos e rochas fosfáticas) (MENEZES, 2012).

O mineral é constituído por um elemento ou composto químico formado por dois ou mais elementos, alguns com composição química mais simples e outra composição mais complexa. Os minerais apresentam composição química definida, onde elementos químicos específicos ocorrem em proporções equilibradas (NEVES, 2003).

Os minerais podem ser identificados de muitas maneiras, cada classificação atende um determinado fim. As duas formas mais comuns são: a primeira conforme suas propriedades físicas e a segunda de acordo com suas propriedades químicas.

As principais propriedades físicas para a identificação dos minerais são: dureza, densidade relativa, traço ou risco, clivagem, fratura, tenacidade, flexibilidade, fusibilidade, brilho, cor, diafanidade, magnetismo, iridescência, embaçamento e luminescência (MENEZES, 2012).

Outra forma de classificar os minerais é pelas suas classes químicas. A composição química é a base para a classificação dos minerais. Nessa classificação os minerais são divididos em classes dependentes do ânion ou grupo aniônico dominante. Nesse tipo de classificação dos minerais existem sete principais grupos: Elementos nativos, haletos, sulfetos, carbonatos, sulfatos, óxidos e silicatos. Existem também diversos grupos menores, que incluem os sulfosais, nitratos, boratos, tungstos e molibdatos e também os fosfatos, arsenatos e vanadatos (MENEZES, 2012).

A seguir serão apresentados os principais minerais encontrados na área de estudo agrupados conforme suas classes químicas, de acordo com a descrição feita por Branco (2008):

a) Quartzo – Óxido de Silício (SiO_2) – grupo dos Silicatos – É o mais comum de todos os minerais e ocorre em abundância tanto nas rochas ígneas (principalmente graníticas), quanto nas sedimentares e metamórficas, constituindo 12% da crosta terrestre. É o principal constituinte dos quartzitos e da maioria das areias e arenitos. Se cristaliza em mais de cem formas diferentes e se apresenta tanto incolor como cor rosa, verde, azul, cinza, violeta, amarelo, vermelho o branco. Além de ser utilizado como gema e em objetos ornamentais, tem largo emprego em eletrônica, óptica, cerâmica, vidros, abrasivos e instrumentos científicos.

b) Albita – Aluminossilicato de Sódio ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) – grupo dos Silicatos - Pertence ao grupo dos Feldspatos, subgrupo dos plagioclásios. É um mineral incolor ou branco-leitoso, podendo ser às vezes esverdeado, amarelado ou vermelho escuro. Ocorre em todos os três grandes grupos de rochas. É usado em cerâmica e como gema.

c) Microclínio – Aluminossilicato de Potássio (KAlSi_3O_8) – grupo dos Silicatos - Pertence ao grupo dos Feldspatos alcalinos. O microclínio é comum em rochas graníticas e pegmatitos. Suas variações não gemológicas são úteis na fabricação de cerâmica e vidro. Forma cristais de cor branca, rosa, cinza-clara, amarelo-clara, verde ou vermelho. Os cristais podem atingir grandes dimensões.

d) Sanidina – ($\text{K,NaAlSi}_3\text{O}_8$) – grupo dos Silicatos - Feldspato potássico-sódico com arranjo desordenado dos átomos de Alumínio e Silício. Comum em rochas vulcânicas, é usado como gema e pedra ornamental.

e) Manganocummingtonite – $\text{Mn}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ - grupo dos Silicatos - Silicato básico de manganês e magnésio do grupo dos anfibólios.

f) Ortoclásio – Aluminossilicato de Potássio (KAlSi_3O_8) – grupo dos Silicatos - Pertence ao grupo dos Feldspatos alcalinos. É um mineral muito comum, encontrado em granitos, rochas ígneas ácidas em geral e xistos. Tem cor variável podendo ser incolor, amarelo-claro, rosa, traço branco, branco vítreo ou porcelânico, quando se apresenta na cor amarelo e translúcido é usado como gema. Importante na fabricação de vidro, cerâmica e porcelana.

g) Anorthoclásio – Silicato de Sódio e Alumínio com Potássio ((NaK)AlSi₃O₈)
- grupo dos Silicatos – Pertence ao grupo dos Feldspatos. Ocorre em lavas levemente alcalinas e tem cor branca, amarelo-clara, vermelha ou verde.

h) Gipsita – Sulfato hidratado de Cálcio (CaSO₄·2H₂O) – grupo dos Sulfatos - É o mais comum dos sulfatos e ocorre em evaporitos ou interestratificados como folhelho, calcário ou rochas argilosas. Também presente em Meteoritos. Este mineral é usado principalmente na fabricação de cimento, sendo útil também na fabricação de ácido sulfúrico, cerveja, gesso, giz, vidro, esmaltes, na metalurgia, como corretivo de solo, desidratantes e em moldes para fundição e aglutinantes. Geralmente é incolor ou branco, transparente e muito solúvel em água.

i) Mgrite-synthetic – Selenoarseneto de Cobre com Ferro ((Cu,Fe)₃AsSe₃) – grupo dos Sulfatos - Ocorre em veias hidrotermais e apresenta a cor cinza em luz refletida.

j) Qilianshanita - Borato-carbonato hidratado de sódio (NaHCO₃·H₃BO₃) – grupo dos Carbonatos - Descoberto nas montanhas *Qilian* na China.

k) Ankerita – Ca(Fe,Mg,Mn) (CO₃)₂ – grupo dos Carbonatos - Carbonato de cálcio ferro com magnésio e manganês. É solúvel em HCl e se apresenta nas cores branca, cinza ou avermelhada. Muito usada para a obtenção de Ferro.

l) Wyartita – Ca₃U(UO₂)₆(CO₃)(OH)7H₂O – grupo dos Carbonatos - Carbonato básico hidratado de urânio e cálcio. Cor preto-violeta.

m) Hematita – Óxido de Ferro (α-Fe₂O₃) – grupo dos Óxidos - A Hematita é o principal minério de ferro, sendo usada em pigmentos, material para polimento e como gema. É encontrada em rochas ígneas, metamórficas e sedimentares.

n) Rutílio - Óxido de Titânio (TiO₂) – grupo dos Óxidos - Ocorre em rochas ígneas ácidas, metamórficas, areias de praia e meteoritos. Forma cristais prismáticos vermelhos, marrons, amarelos, violeta, esverdeados, azulados ou pretos, raramente verde-grama. É usado como fonte de titânio, em cerâmica, corantes e como gema.

o) Squawcreekita - Óxido hidratado de ferro (Fe₉Sb₉WO₃₆·9H₂O) – grupo dos Óxidos - ocorre em riolitos.

p) Pirocloro – Niobato de Cálcio com Sódio ((CaNa)₂Nb₂O₆F) – grupo dos Óxidos - Ocorre na forma de cubos ou octaedros nas cores amarelo-claro, avermelhado, preto ou marrom. Às vezes é muito radioativo. Ocorre em rochas

alcalinas, pegmatitos, graníticos e carbonatitos. É fonte de nióbio, tântalo e urânio. Raramente usado como gema.

q) Magnetita – Óxido de Ferro (Fe_3O_4) – grupo dos Óxidos - É um dos três principais minerais- minério de ferro. É um mineral muito comum e ocorre em rochas ígneas de todos os tipos, em placeres, areias, e como lentes em rochas metamórficas. Também em meteoritos. A magnetita é preta, opaca, frágil e fortemente magnética.

r) Konickita – Fosfato Hidratado de Ferro ($\text{FePO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) - grupo dos Fosfatos - Apresenta aspecto amarelado, transparente com branco vítreo.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para a elaboração deste estudo. Primeiramente serão apresentados os locais de coleta e a técnica utilizada para a obtenção das amostras e em seguida os métodos utilizados nas análises laboratoriais.

5.1 AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS DE FUNDO

Os pontos de coleta foram definidos seguindo critérios de acessibilidade, configuração do leito fluvial e compartimentação do relevo. Foram definidos 21 pontos de amostragem distribuídos no leito principal e em alguns de seus afluentes (Figura 12). Suguio (1973, p. 19) considera que “um conjunto linear de amostras deve fornecer as mudanças nas características dos sedimentos, rio abaixo”. Dessa forma os pontos de coleta foram distribuídos em diferentes setores do rio principal e em alguns de seus afluentes a fim de abranger os diferentes ambientes da bacia hidrográfica.

A coleta das amostras foi realizada entre os dias 04, 05 e 06 de setembro de 2011. Muitas foram as dificuldades para a realização da coleta, sendo a principal o acesso ao leito do rio. Em geral a proximidade do rio situava-se em propriedades particulares e em locais de difícil acesso o que impediu a realização de algumas coletas pré-estabelecidas. Deste modo, muitas vezes nos locais onde era possível o acesso ao rio, a dificuldade esteve em conseguir material de leito suficiente para efetuar as análises.

Os pontos de amostragem foram distribuídos segundo critérios que contemplassem as diferentes características físicas e os diferentes ambientes existentes na bacia hidrográfica em estudo. Assim, os 21 pontos de amostragem foram dispersos por toda a bacia hidrográfica com o objetivo de abranger a sua totalidade. Para isso foi fundamental coletar amostras em alguns dos afluentes do rio Cubatão como o rio Campinas, rio Quiriri, rio da Prata e rio do Braço. Neste caso a

coleta foi realizada no rio principal antes da confluência com estes afluentes, em seus afluentes e após a confluência (Figura 22).

Estes pontos foram divididos em setores conforme o ambiente a que pertencem, que por sua vez estão relacionados à compartimentação do relevo. O setor 1 está situado próximo a cabeceira do rio Cubatão em seu alto curso. O setor 2 localiza-se no planalto, nas montanhas próximas a escarpa da Serra do Mar. O setor 3 está no sopé da escarpa da serra do mar. O setor 4 em ambiente de transição entre o sopé da serra do mar e a planície costeira. O setor 5 em ambiente de planície costeira nas áreas baixas da bacia hidrográfica (Figura 23). Cada ponto de amostragem foi registrado em receptor GPS (*Global Positioning System*).

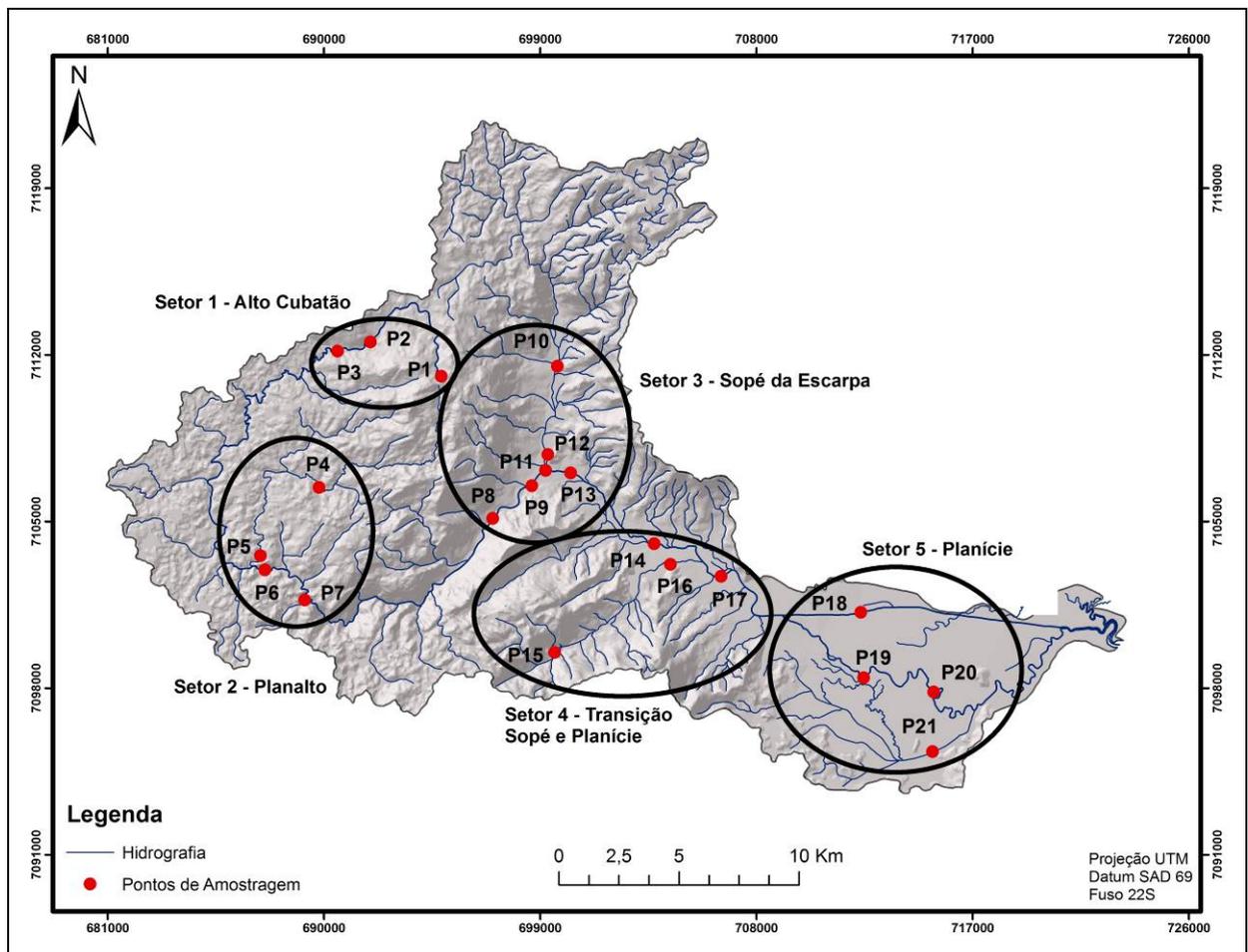


Figura 22: Pontos de coletas das amostras e divisão de setores conforme ambientes distintos. Elaborado pela autora, 2013.

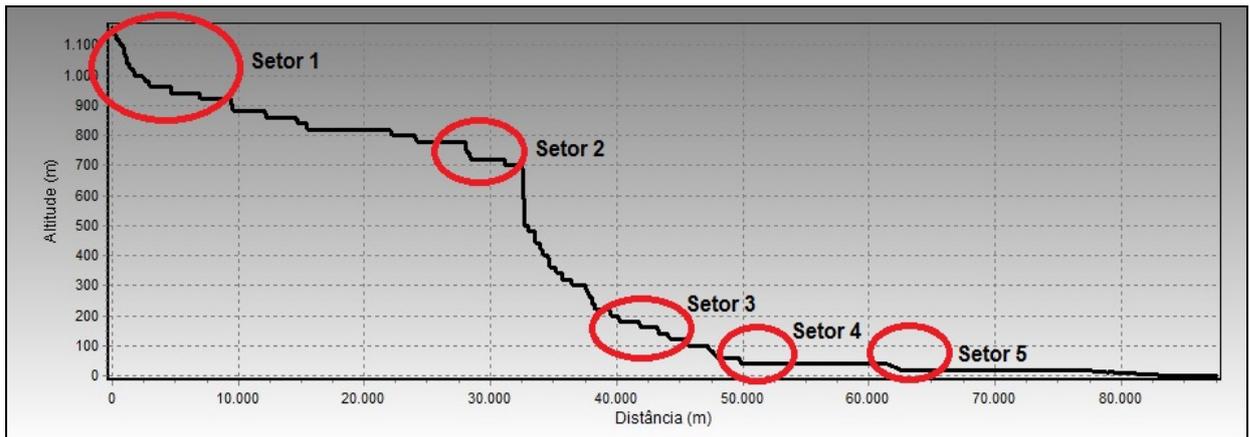


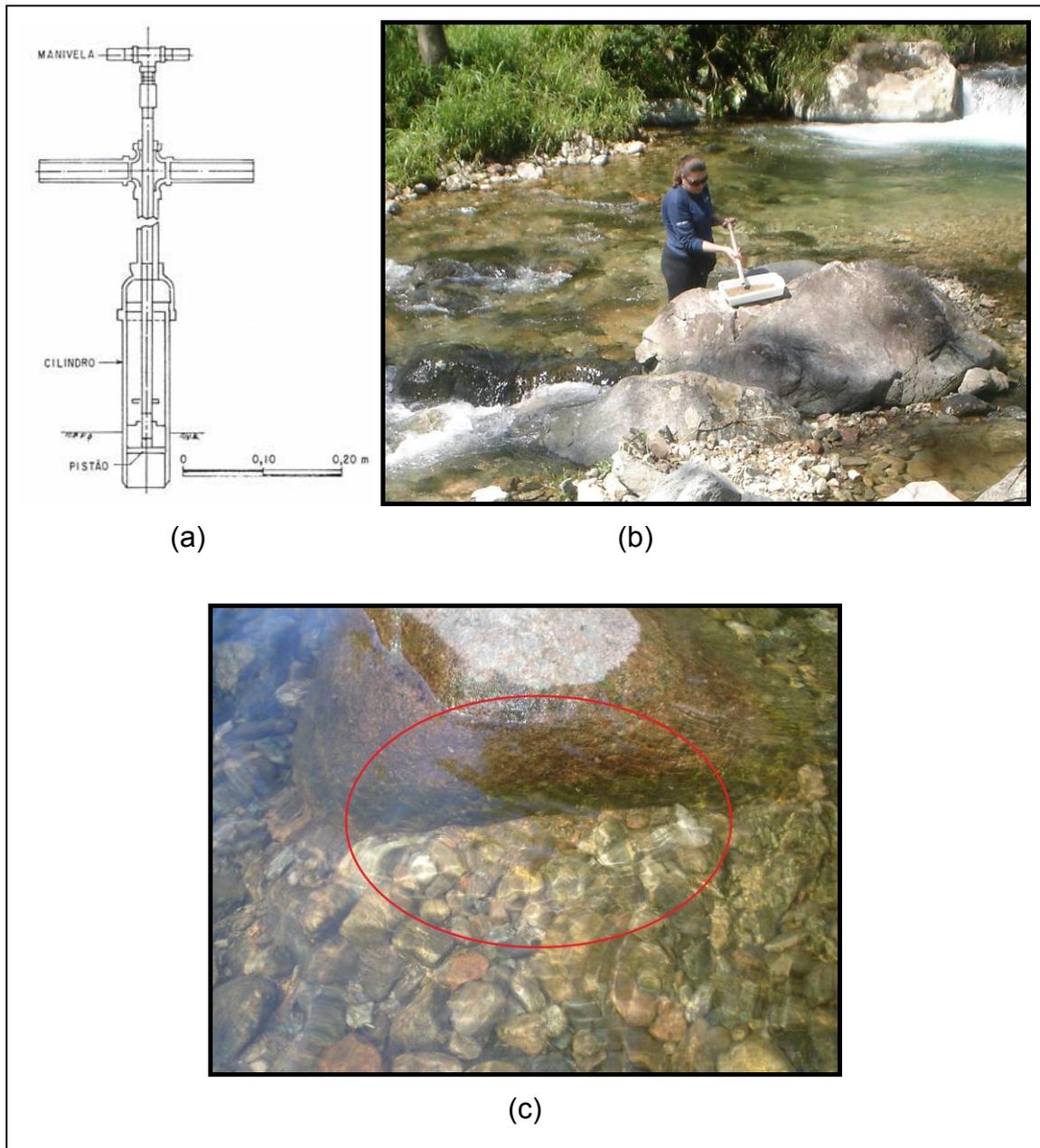
Figura 23: Perfil longitudinal do Rio Cubatão e a localização dos setores no perfil.
Elaborado pela autora, 2013.

Para a caracterização da granulometria e mineralogia a coleta de material do leito foi feita em locais rasos, sendo realizada com um amostrador US-BMH-53 modificado, tipo pistão manual de penetração vertical, construído em PVC.

O amostrador US-BMH-53, é um equipamento do tipo "*piston-core*" para uso manual em baixas profundidades (Figuras 24a e 24b). Consiste em uma peça contendo um pistão que é pressionado no leito do rio para coletar a amostra pela pressão de uma manivela no topo da peça. Quando o cilindro é pressionado no leito, o pistão se retrai e retém a amostra por meio de vácuo parcial. O pistão é usado também para ejetar a amostra (CARVALHO, 2000).

As coletas foram realizadas em vários pontos no leito do rio, foram coletadas pequenas quantidades de amostras em cada ponto que no final cada coleta foi o resultado de composição de subamostras.

Os depósitos em sua maioria estavam localizados atrás de obstáculos no leito do rio, como matacões e troncos. Batalla *et al.* (2010) utilizam o termo *Patch* para se referir aos sedimentos acumulados de textura fina localizados atrás desses obstáculos no leito do rio (Figura 24c). *Patches* são as principais fontes de sedimentos transportados durante as fases iniciais de eventos de fluxo pequenos e frequentes chegando a cobrir entre 10% a 20% da superfície do leito em alguns casos.



Figuras 24: (a) Amostrador US-BMH-53, Carvalho (1994); (b) Amostrador US-BMH-53 modificado; (c) Depósitos de Sedimentos (*Patches*). Fonte: A Autora, 2013.

Não foi possível efetuar a coleta das amostras de sedimentos em locais profundos devido à dificuldade de acesso e profundidade do leito. Foram realizadas algumas tentativas nas margens, mas estas amostras foram descartadas, pois o material coletado apresentava características muito semelhantes aos sedimentos das margens do rio, colocando em dúvida se estes sedimentos estavam ali devido ao transporte fluvial ou à erosão marginal.

Foram coletadas amostras em torno de 1 kg de peso, segundo Suguio (1973) esta é a quantidade ideal para a realização de todas as análises em

laboratório quanto à sua natureza e composição, além de um possível arquivamento de uma quantidade apreciável de material para referência.

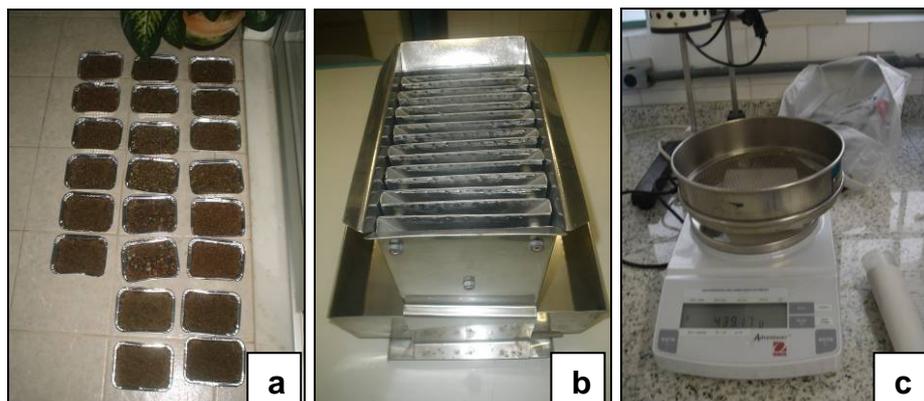
5.2 ANÁLISES LABORATORIAIS

Todas as análises laboratoriais foram realizadas no LAMIR - Laboratório de Análises de Minerais e Rochas do Departamento de Geologia, da Universidade Federal do Paraná.

As amostras foram inicialmente secas em temperatura ambiente por 30 dias e depois em estufa por 2 horas a 50°C (Figura 25a). Em seguida as amostras foram quarteadas com o método de quarteamento Jhones até a obtenção de 200, 30 e 10 gramas (Figura 25b).

Para o peneiramento úmido, foram utilizadas 200 gramas da amostra. Foram utilizadas as malhas 8, 14, 42 e 80 (Tyler/Mesh), que correspondem às aberturas 2,36; 1,18; 0,355 e 0,180 mm. Para o peneiramento a úmido, foi efetuada a passagem da água corrente pelas peneiras, repetindo várias vezes, em seguida as amostras foram secas em estufa até 70°C por 15 horas (Figura 25d). Para a obtenção do peso das amostras foi registrado o peso da peneira antes e após o peneiramento (Figura 25c).

As amostras inferiores a 0,180 mm foram analisadas no granulômetro a laser Cilas 1064 (Figura 25e). Com outra alíquota quarteada, 10 gramas, a amostra foi colocada em uma peneira 80 Tyler/Mesh sendo peneirada com água destilada, em seguida o material que ultrapassou a malha foi analisado no granulômetro.



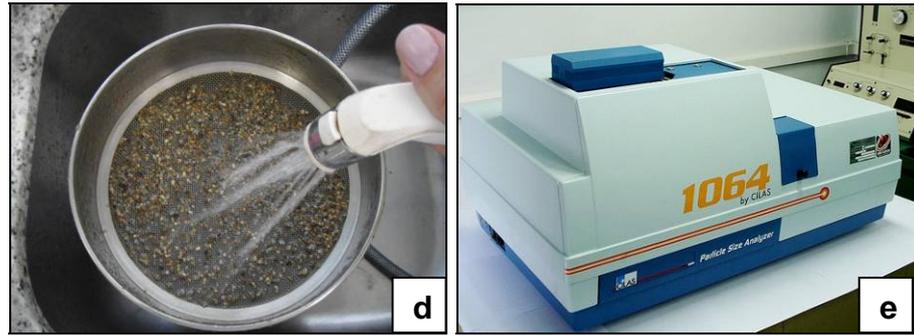


Figura 25: (a) Secagem das amostras em temperatura ambiente, (b) quarteador tipo Jhones, (c) pesagem das peneiras em balança analítica, (d) peneiramento a úmido; (e) granulômetro a laser Cilas 1064. Fonte: A Autora, 2012.

Os dados levantados quanto à granulometria foram utilizados para realizar a classificação (Tabela 4) segundo a escala de Wentworth (1922) *apud* Suguio (1973). As frações foram classificadas em grânulo, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, silte grosso, silte médio, silte fino, silte muito fino e argila. Os resultados foram transferidos para planilha “Excel” para representação gráfica e depois de transferidos para o software ArcGIS 9.3 para espacialização dos resultados.

Tabela 4: Classificação das frações granulométricas conforme Escala de Wentworth (1922) *apud* Suguio (1973).

Escala de Wentworth		
Intervalo granulométrico (mm)	Nome	ABERTURA (mm)
4,0 a 2,0	Grânulo	2,360
2,0 a 1,0	Areia muito grossa	1,180
0,500 a 0,250	Areia média	0,355
0,250 a 0,125	Areia fina	0,180
		0,090
0,125 a 0,062	Areia muito fina	0,063
		0,044
0,062 a 0,031	Silte grosso	0,036
		0,028
0,031 a 0,016	Silte médio	0,020
		0,010
0,016 a 0,008	Silte fino	0,010
0,008 a 0,004	Silte muito fino	0,006
<0,004	Argila	0,003
		0,001
		< 0,001

Peneiramento Úmido
Passagem de água corrente pelas peneiras
Estufa ⇒ 15 horas ⇒ 70°C

Granulômetro a Laser
Granulômetro a laser
Cilas 1064

Adaptado pela Autora, 2013.

Para as análises mineralógicas primeiramente foram pulverizadas 30 gramas das amostras em Moinho excêntrico de vibração, em uma panela de carbetto (Figura 26).

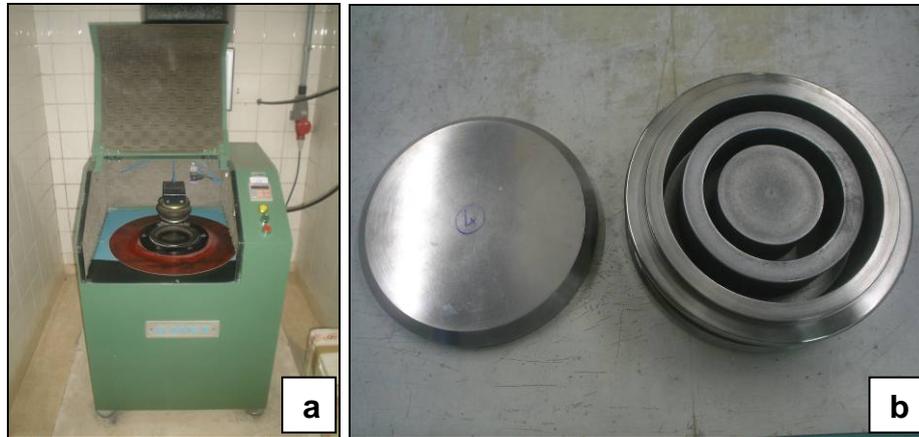


Figura 26: Moinho Excêntrico de Vibração, Panela de Carbetto. Fonte: A Autora, 2012.

Após sua moagem as amostras foram prensadas em porta amostra de alumínio e em seguida analisadas no Difratorômetro de Raios X Philips PW 1830 (Figura 27).

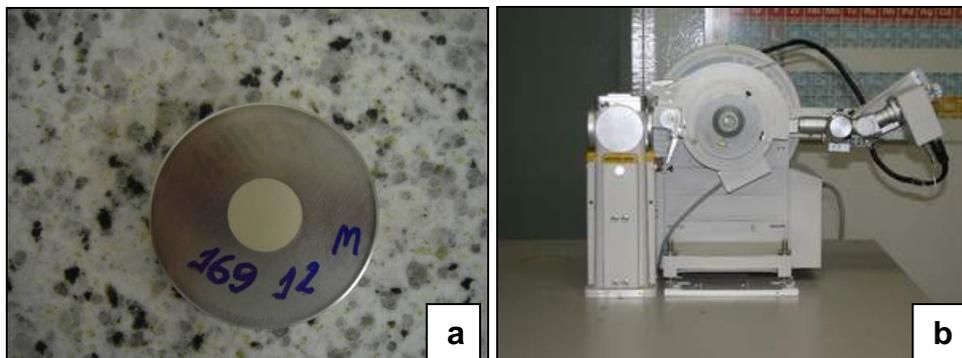


Figura 27: Porta Amostra de Alumínio, Difratorômetro de Raios X Philips PW 1830. Fonte: A Autora, 2012.

5.2.1 A Difração e a Lei de Bragg

Um dos métodos mais utilizados para a identificação dos minerais é o método de análise por difração de RX.

Os raios X possuem um caráter físico que a luz, mas seu comprimento de onda varia entre 10^{-11} a 10^{-8} m. Sendo a distância entre as partículas

fundamentais nas estruturas dos cristais da ordem de $0,1 \cdot 10^{-9}$ m ($= 1 \text{ \AA}$), na prática da análise estrutural dos cristais, utiliza-se uma radiação de comprimento de onda análogo. Ao atravessarem o cristal, os raios X provocam fenômeno denominado *difração*, base dos estudos para resolver estruturas dos cristais (MAREK, 2007. p. 97).

Segundo Marek (2007, p. 97) “na interação dos raios X com os átomos, os elétrons nas órbitas atômicas vibram com a mesma frequência dos raios X”. Quando estão vibrando os elétrons se tornam fonte de uma emissão secundária de raio X, e esta se propaga em todas as direções. Devido ao efeito da interferência dessas ondulações parciais, sob certas condições, a radiação dispersa é intensificada em algumas direções e interrompidas em outras. Esse fenômeno é denominado de difração e os raios da emissão intensificada são chamados de máximos de interferência construtiva.

Para ocorrer máximos de interferência construtiva dos raios X, na estrutura tridimensional periódica, são necessário que sejam cumpridas algumas condições geométricas entre a radiação incidente e a orientação da estrutura do cristal (MAREK, 2007). Essas condições podem ser expressas pela equação de Bragg.

A condição para que ocorra a difração é dada pela lei de Bragg, representada na equação:

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

Onde: d é a distância entre os planos, medida em \AA ; θ é o ângulo de difração; n é o número inteiro (ordem de interferência, ou melhor, difração); e λ é o comprimento de onda do raio X, medido em \AA .

Esta equação descreve a difração como reflexão de raios X sobre planos estruturais de um cristal.

Suponha-se um feixe de raios paralelos com o comprimento de onda λ , incide sobre um ângulo θ no arranjo de planos reticulares afastados entre si pela distância de valor d . A radiação incidente se “reflete” no arranjo de planos sob um mesmo ângulo θ . A formação de um feixe difratando ocorre na exata condição em que o raio refletido em um dos planos se atrasa em relação ao raio plano vizinho de um múltiplo inteiro do seu comprimento de onda λ . Isso se cumpre quando a Equação de Bragg se aplica (MAREK 2007, p. 98).

A Figura a seguir demonstra a difração da radiação num arranjo de planos reticulares de um cristal como a reflexão de um conjunto de espelhos paralelos (Figura 28):

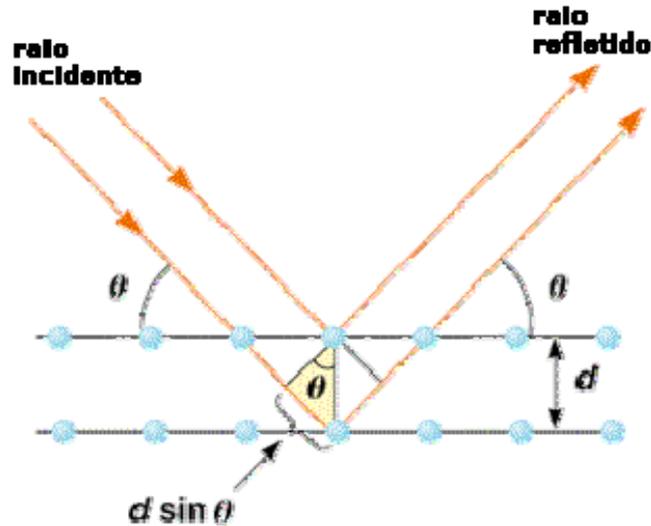


Figura 28: Esquema para explicar a Lei de Bragg.
Fonte: <http://wiki.stoa.usp.br/Usu%C3%A1rio:Clovisdsn>, 2013

Como se observa na Figura 28 a formação do feixe difratado só ocorre quando a equação de Bragg é cumprida.

Para o estudo difratométrico dos cristais, é comum o uso da radiação monocromática, de modo que λ é constante. As distâncias interplanares d nas estruturas dos cristais também são constantes. Quando o cristal gira, a difração ocorre em cada um dos arranjos de planos estruturais sob o ângulo respectivo θ . Conhecendo-se esse ângulo, facilmente se calcula com a equação de Bragg a distância interplanar respectivo dos planos (MAREK 2007, p. 98).

A técnica de difração brevemente descrita aqui, utiliza os raios X como fonte de radiação para as análises, porém, a origem e produção dos raios X não serão abordadas.

Para identificação dos picos de difração dos dados obtidos através do difratômetro de Raio X para as amostras consultou-se os três picos mais intensos do DRX através de um software específico para o refinamento dos dados coletados. Em alguns casos foi considerado o quarto pico mais intenso de DRX devido à importância do mineral ou sua localização na bacia hidrográfica.

Como se trata de uma análise qualitativa não foi levado em consideração a diferença entre a intensidade dos picos de DRX para as diferentes amostras.

Apenas verificou-se a presença ou ausência de determinado pico característico. Foram identificados ao todo, por meio dos picos de DRX mais intensos 18 minerais.

Em seguida os resultados foram transferidos para planilha “Excel” para representação gráfica e depois de transferidos para o software ArcGIS 9.3 para espacialização dos resultados.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DOS SEDIMENTOS NO RIO CUBATÃO DO NORTE E SEUS PRINCIPAIS AFLUENTES

Os resultados indicam que o tamanho dos grãos não ocorre de forma homogênea ao longo do percurso do rio Cubatão do Norte e seus principais afluentes.

Autores como Carvalho (1994) e Christofolletti (1981) observam que ao longo do canal de um rio o tamanho das partículas de montante para jusante tende a diminuir, e essa diminuição progressiva no tamanho das partículas pode ser modificada quando ocorre a entrada de tributários, carregando materiais detríticos com granulometria diferentes quanto à composição dos sedimentos providos de montante.

A espacialização dos resultados das frações granulométricas analisadas (Figura 29) demonstrou que no rio Cubatão do Norte não ocorre a diminuição progressiva de montante para jusante.

O principal fator dessa discrepância entre os tamanhos dos grãos é a grande alteração topográfica encontrada ao longo da extensão do rio Cubatão. Essa variação na topografia conseqüentemente altera a velocidade do fluxo do rio, aumentando ou diminuindo sua competência.

A maior incidência de sedimentos com tamanhos referentes a grânulos ocorre em ambientes onde a velocidade do fluxo é maior e próximo a setores com significativo desnível topográfico, o que possibilita a movimentação desses grãos de frações maiores.

As frações de areia grossa e areia média são encontradas em todos os pontos, a fração predominante nos pontos de amostragem é a fração de areia média. Esta prevalece em áreas menos íngremes do planalto e planície costeira.

As frações de areia fina, silte e argila apresentam uma menor ocorrência, e estão distribuídas de forma desigual ao longo da área de estudo.

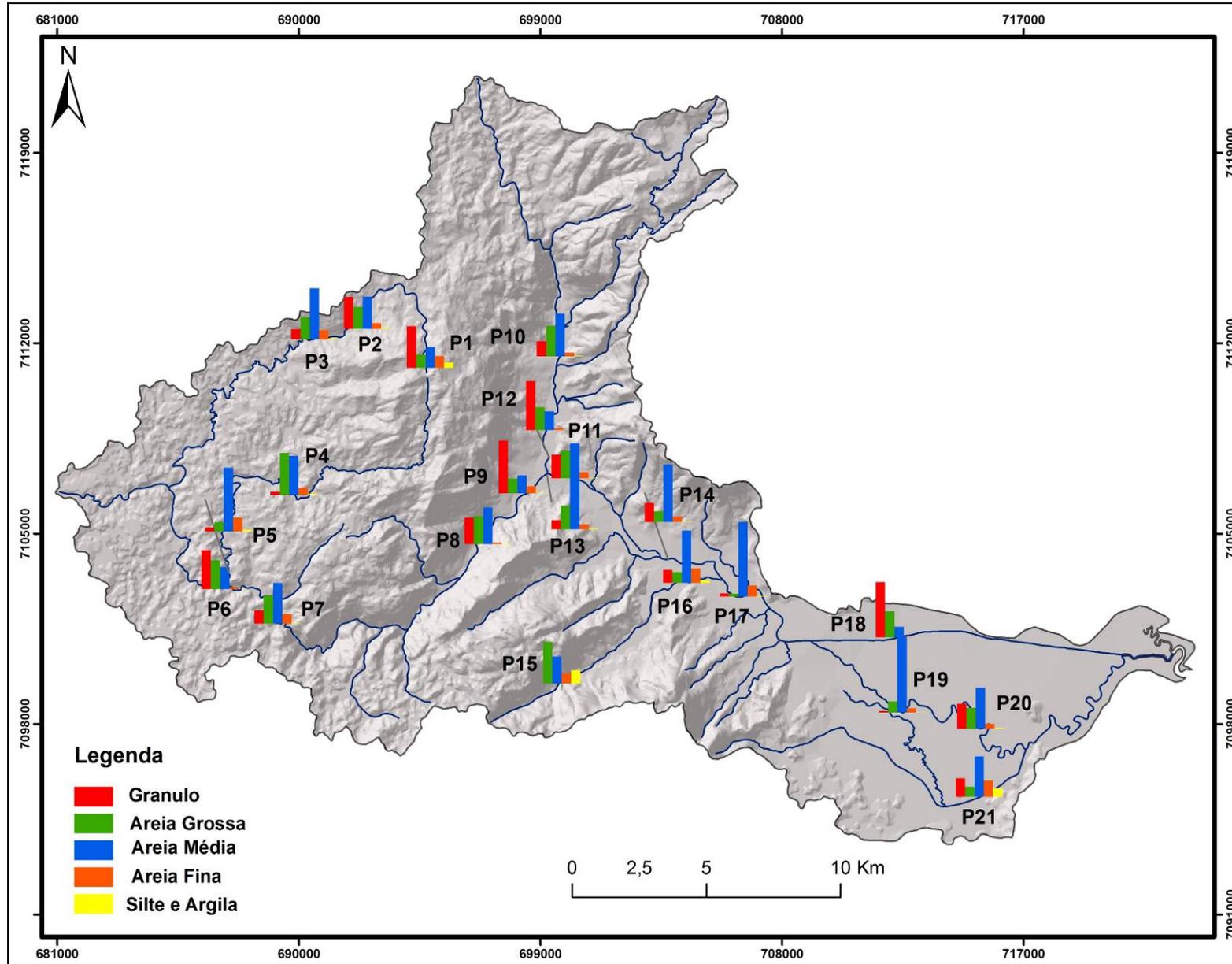


Figura 29: Distribuição espacial das frações granulométricas dos sedimentos na BHRCN. Elaborado pela autora, 2013.

A distribuição do tamanho dos grãos sugere a existência de uma corrente forte e constante, permitindo que areia média supere obstáculos como a alta ocorrência de blocos, seixos e cascalhos sobre o leito do rio, enquanto os grãos com frações maiores são transportados em eventos episódicos de fortes fluxos hídricos.

Não foram realizadas coletas em locais profundos do leito do rio, geralmente nesses locais a velocidade da corrente diminui favorecendo o depósito de sedimentos de frações finas.

A seguir serão apresentadas as principais características de cada ponto de amostragem, bem como seus resultados. Os pontos de amostragem foram divididos em cinco setores conforme o ambiente a que pertencem, que por sua vez estão relacionados à compartimentação do relevo (Figura 22).

6.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM DISTRIBUÍDOS POR SETORES

6.2.1 Setor 1 – Alto Cubatão

Este setor está situado nas cabeceiras do rio Cubatão do Norte, nele estão localizados os pontos 1, 2 e 3.

O ponto 1 corresponde à nascente do rio Cubatão do norte, localizada na Serra Queimada a uma altitude de aproximadamente 1.180 metros. Seu acesso é difícil e em propriedade particular, o que torna a área ao seu entorno bem preservada. A nascente se encontra em uma encosta íngreme com pouca vegetação no entorno, com apenas algumas briófitas e plantas de pequeno porte. Essa configuração favorece os processos erosivos, assim os resultados obtidos na amostra coletada pode ter sofrido interferência desses processos.

Nesse ponto as frações granulométricas encontradas foram 44,73% de grânulos, 22,57% de areia média, 14,31% de areia muito grossa, 12,63% de areia fina e muito fina e 4,92% de silte e 0,85% de argila (Figura 30).

Os minerais encontrados foram o quartzo, gipsita e hematita.

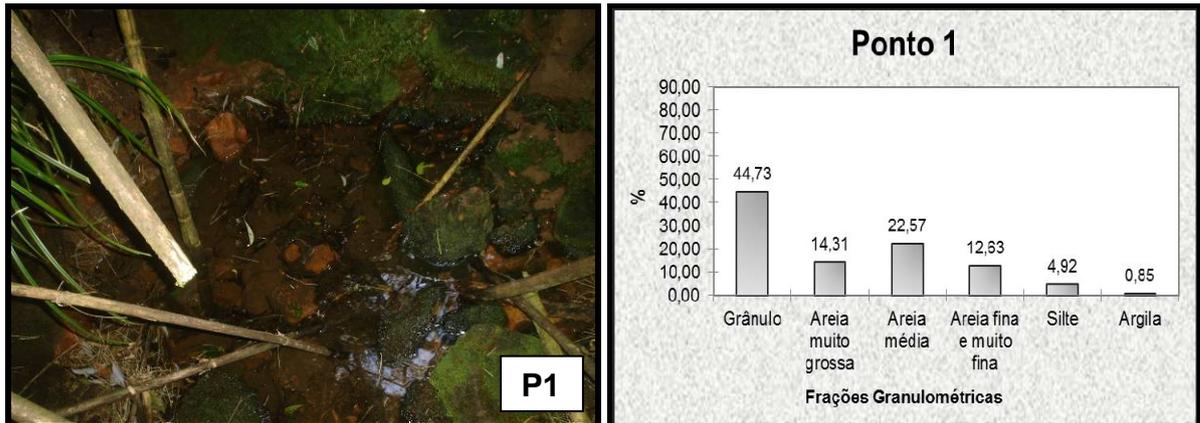


Figura 30: Ponto de Amostragem 1 (Nascente do Rio Cubatão) e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A Autora, 2013.

O ponto 2 se encontra em uma área com menor declividade do que a região do ponto 1. Neste ponto a vazão do rio é muito maior do que a encontrada no ponto anterior, pois o rio Cubatão do Norte recebe pequenas contribuições de alguns tributários. O leito é coberto por blocos rochosos, a vegetação no entorno é preservada e o fluxo é lento. As frações granulométricas encontradas nesse ponto foram: 34,75% de areia média, 34,41% de grânulo, 23,61% de areia muito grossa, 6,29% de areia fina e muito fina, 0,69% de silte e 0,26% de argila (Figura 31). A presença dos grãos com frações granulométricas maiores se justifica por este ser o primeiro ponto localizado após as áreas com forte declive posterior a nascente, assim esses sedimentos se depositam neste patamar, podendo ser removidos em momentos de eventos extremos com altos índices de pluviosidade e vazão. Os minerais encontrados foram o quartzo, a gipsita, o microclínio e a albita.

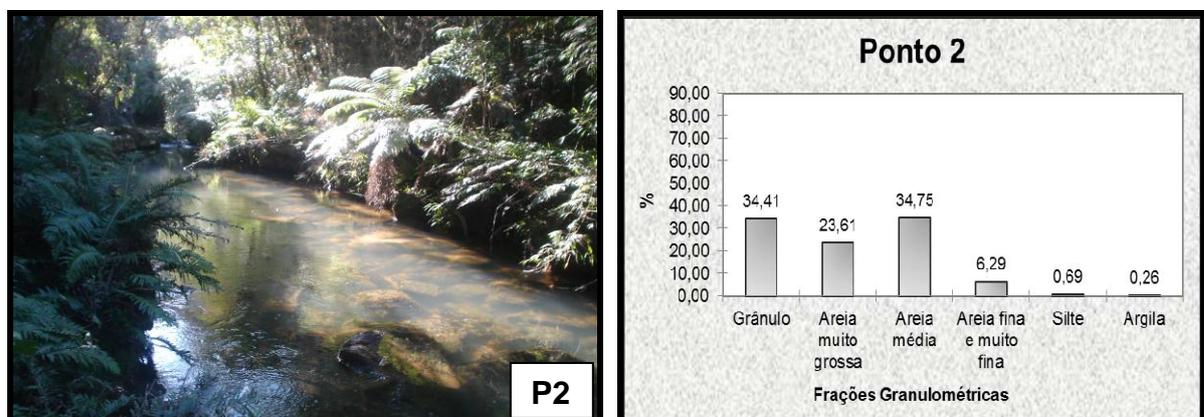


Figura 31: Ponto de Amostragem 2 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A Autora, 2013.

O terceiro ponto de amostragem localiza-se em uma área próxima a campo/pastagem, tendo seu entorno menos preservado do que os anteriores. É uma área de remanso, com fluxo lento. Ambiente propício para o depósito de grãos muito finos, o que não ocorre. As frações granulométricas encontradas são: areia média 54,99%, areia muito grossa 23,78%, grânulo 10,89%, areia fina e muito fina 9,53%, silte 0,55% e argila 0,27% (Figura 32). Observa-se que em relação ao demais pontos de amostragem citados acima ocorreu uma diminuição na incidência de frações do tamanho de grânulos e aumento na fração areia média.

Com a diminuição da declividade e redução do fluxo do rio a redução do transporte de frações maiores tende a acontecer, a ocupação ao entorno dessa região também contribui para o aumento dessa fração.

Os minerais encontrados foram o quartzo, o rutílio e a qilianshanita.

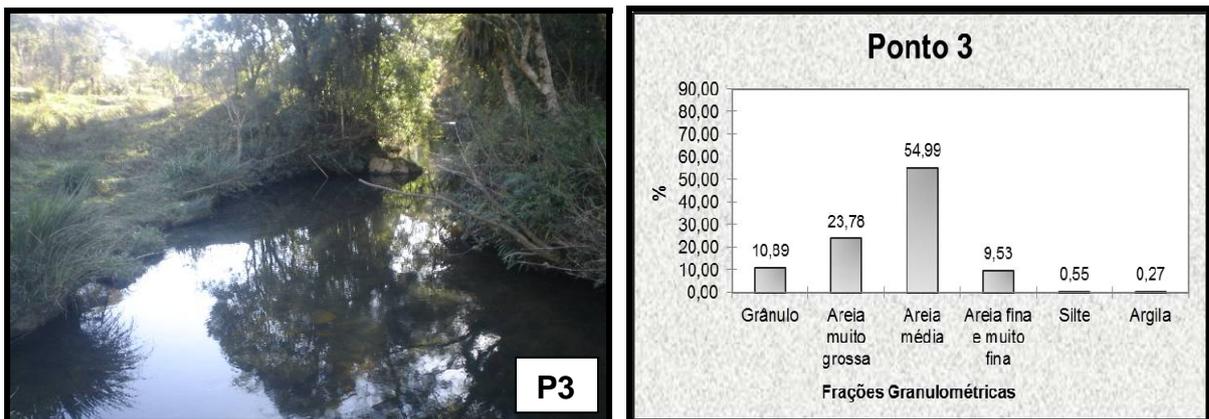


Figura 32: Ponto de Amostragem 3 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A Autora, 2013.

Este setor se encontra na partes mais elevadas do rio Cubatão do Norte. Suas altitudes variam entre 1.180 a 800 metros. A precipitação varia entre 1.900 a 2.100 mm (Figura 16).

A geologia é marcada pela intrusão do corpo granítico com idade do proterozóico superior. No entorno desse setor registra-se a ocorrência de Cambissolo Háplico alumínico e a vegetação é caracterizada como Floresta Ombrofila Densa Alto Montana no ponto 1 e Floresta Ombrofila Mista Montana nos demais pontos. O uso da terra neste setor é marcado pela mata preservada e atividades agrícolas, principalmente a pecuária (Quadro 1).

Quadro 1 - Síntese das principais características do Setor 1 – Alto Cubatão

Características	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Geologia (Tipo, Idade)	Granitos , Proterozóico Superior	Granitos , Proterozóico Superior	Granitos , Proterozóico Superior
Domínio Morfoestrutural	Rochas Granitóides	Rochas Granitóides	Rochas Granitóides
Unidade Geomorfológica	Serra do Mar	Serra do Mar	Serra do Mar
Solos	Cambissolo Háptico Aluminico	Cambissolo Háptico Aluminico	Cambissolo Háptico Aluminico
Vegetação	Floresta Ombrofila Densa Alto Montana	Floresta Ombrofila Mista Montana	Floresta Ombrofila Mista Montana
Uso da Terra	Mata	Mata	Campo/Pasto
Minerais	Quartzo, Gipsita, Hematita	Quartzo, Gipsita, Microclinio,Albita	Quartzo, Rutilo, Qilianshanita
Grânulo %	44,73	34,41	10,89
Areia Muito Grossa %	14,31	23,61	23,78
Areia média %	22,57	34,75	54,99
Areia Fina e muito fina%	12,63	6,29	9,53
Silte e Argila %	5,77	0,95	0,82
Declividade % *	8 - 20	< 3	< 3
Altitude (metros)	1.170	940	920

* declividade das vertentes no entorno do ponto analisado. Elaborado pela autora, 2013.

Fazendo um comparativo entre as frações granulométricas encontradas nos três pontos de amostragem situados nesse setor verifica-se uma redução das frações do tamanho referente a grânulos dos pontos 1 e 2 em relação ao ponto 3. Nos três pontos de amostragem a porcentagem encontrada referente à fração de areia média é significativa (Quadro 1).

Os resultados indicam que à medida que a declividade diminui a redução do tamanhos dos grãos também ocorre. Essa redução de declividade pode ser observada na Figura 33 onde é apresentado o perfil longitudinal do rio Cubatão do Norte e a localização dos pontos de amostragem nesse setor.

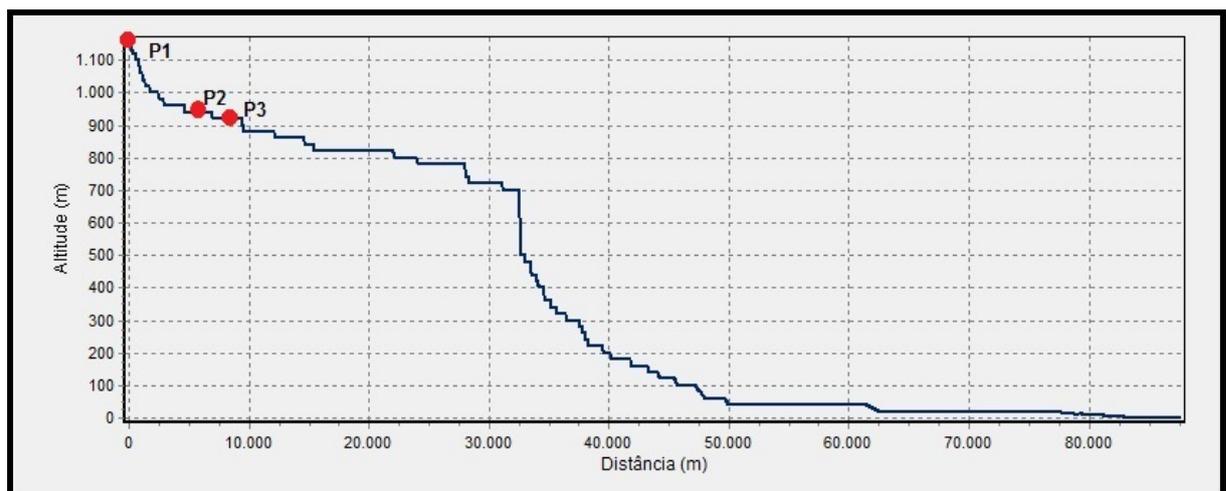


Figura 33: Perfil longitudinal do rio Cubatão do norte e a localização dos pontos de amostragem 1, 2 e 3. Elaborado pela autora, 2013.

Em relação aos minerais encontrados nesses três pontos de amostragem constatou-se a presença de quartzo em todos os pontos. A gipsita foi encontrada nos pontos 1 e 2, já no ponto 3 verificou-se a ocorrência de rutilo e qilianshanita.

6.2.2 Setor 2 – Planalto

Este setor está situado no planalto de São Bento do Sul e em áreas próximas à borda da escarpa da Serra do Mar. Diferente do setor anterior, que está localizado na intrusão do corpo granítico, este setor encontra-se na formação de gnaisses ganulíticos do período Arqueano (Figura 3). Os índices pluviométricos neste setor variam de 1.700 a 2.100 mm (Figura 16) e os pontos de amostragem estão entre as cotas de 700 a 800 metros (Figura 5).

O rio Campinas é um dos principais tributários do rio Cubatão do Norte no planalto. Os pontos de amostragem 4 e 5 situam-se nesse rio. A região é dividida pelas matas preservadas pertencentes à Floresta Ombrófila Densa Alto Montana e a áreas de reflorestamento. Os solos nos dois pontos de amostragem são distintos: no entorno do ponto 4 encontra-se o tipo de solo denominado de Argissolo Amarelo Distrófico e no ponto 5 o Cambissolo Háplico Alumínico (Quadro 2).

Entre as frações granulométricas encontradas no ponto 4, predominam as do tipo areia muito grossa 45,29% e areia média 42,30%, em seguida são observadas as frações de areia fina e muito fina 7,77 %, grânulo 3,47%, silte 0,79% e argila 0,39% (Figura 34).

A área ao entorno do ponto 4 constitui uma mistura de mata preservada, silvicultura e área desmatada. As frações granulométricas encontradas neste ponto podem ter sido transportadas das áreas próximas até o leito do rio.

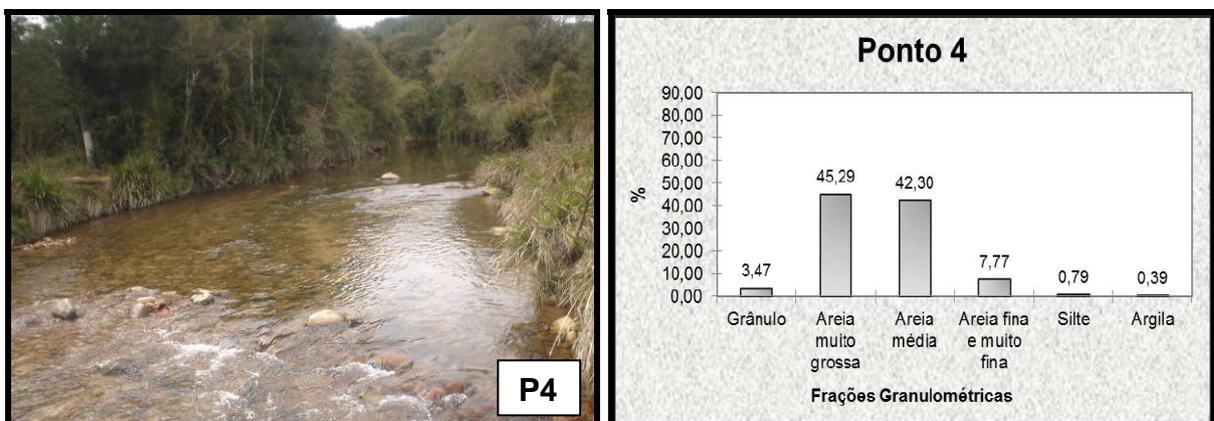


Figura 34: Ponto de Amostragem 4 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A Autora, 2013.

O ponto 5 encontra-se em um ambiente um pouco diferente do ponto anterior. O fluxo é mais lento e ocorre uma redução de seixos, cascalhos e blocos no leito do rio, predominando a areia. Os resultados das frações granulométricas apresentados na Figura 35 confirmam esta realidade. A fração granulométrica predominante é a fração de areia média com 68,76%, seguida por areia fina e muito fina com 14,87%, areia muito grossa 10,20%, grânulo 4,21%, silte 1,42 % e argila 0,55%.

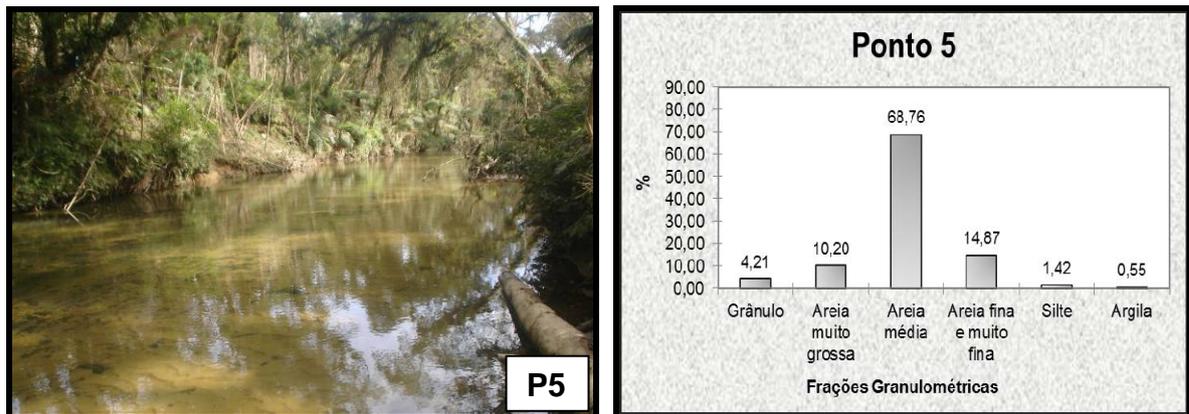


Figura 35: Ponto de Amostragem 5 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A Autora, 2013.

Os principais minerais encontrados nesses pontos (4 e 5) são o quartzo e o rutilio, ambos característicos da formação geológica em que se situam (Quadro 2).

Quadro 2 - Síntese das principais características dos pontos 4 e 5 localizados no rio Campinas

Características	Ponto 4	Ponto 5
Geologia (Tipo, Idade)	Gnaisses Granulíticos, Arqueano	Gnaisses Granulíticos, Arqueano
Domínio Morfoestrutural	Embasamento em Estilos Complexos	Embasamento em Estilos Complexos
Unidade Geomorfológica	Serras Cristalinas Litorâneas	Serras Cristalinas Litorâneas
Solos	Argissolo Amarelo Distrófico	Cambissolo Hápico Alumínico
Vegetação	Silvicultura	Floresta Ombrófila Densa Alto Montana
Uso da Terra	Reflorestamento	Mata
Minerais	Quartzo, Rutilio, Magnetita	Quartzo, Rutilio, Squawcreekita
Grânulo %	3,47	4,21
Areia Muito Grossa %	45,29	10,2
Areia média %	42,3	68,76
Areia Fina e muito fina%	7,77	14,87
Silte e Argila %	1,18	1,97
Declividade %	< 3	< 3
Altitude (metros)	800	780

Elaborado pela autora, 2013.

Analisando o perfil longitudinal do rio Campinas e a localização dos pontos 4 e 5, apresentado na Figura 36, pode-se observar que ambos os pontos estão

situados em ambiente plano, sendo o ponto 4 localizado após um declive acentuado, dessa forma as frações de areia encontradas em ambos os pontos podem estar relacionadas a ambientes de deposição onde há redução da declividade e do fluxo do rio.

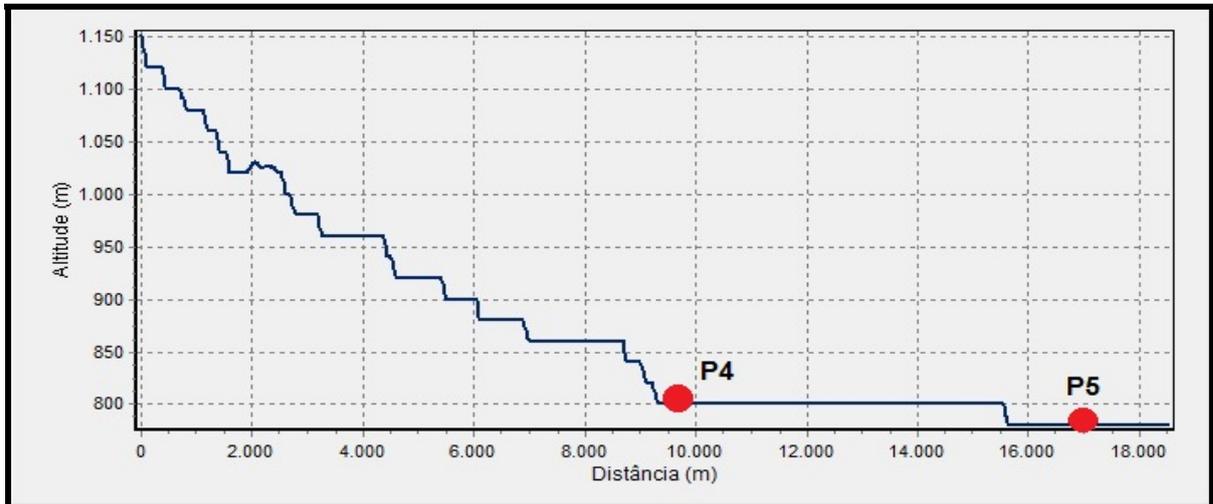


Figura 36: Perfil longitudinal do rio Campinas e a localização dos pontos de amostragem 4 e 5. Elaborado pela autora, 2013.

Os pontos de amostragem 6 e 7 encontram-se no rio Cubatão do Norte e em ambiente próximo à borda das escarpas da Serra do Mar.

O ponto 6 está localizado após um salto de 40 metros, conhecido como Salto 2. As frações de tamanho referente a grânulo 41,94%, areia grossa 31,45% e areia média 23,97% predominam. Neste ponto a velocidade de fluxo é intensa e as margens são preservadas, no entorno há a presença de silvicultura. Os grãos com frações menores como areia fina e muito fina 2,26%, silte 0,26% e argila 0,12% correspondem a menos de 3% do total das frações encontradas (Figura 37). O leito do rio neste ponto é caracterizado por predomínio de pequenos blocos, cascalhos e seixos.

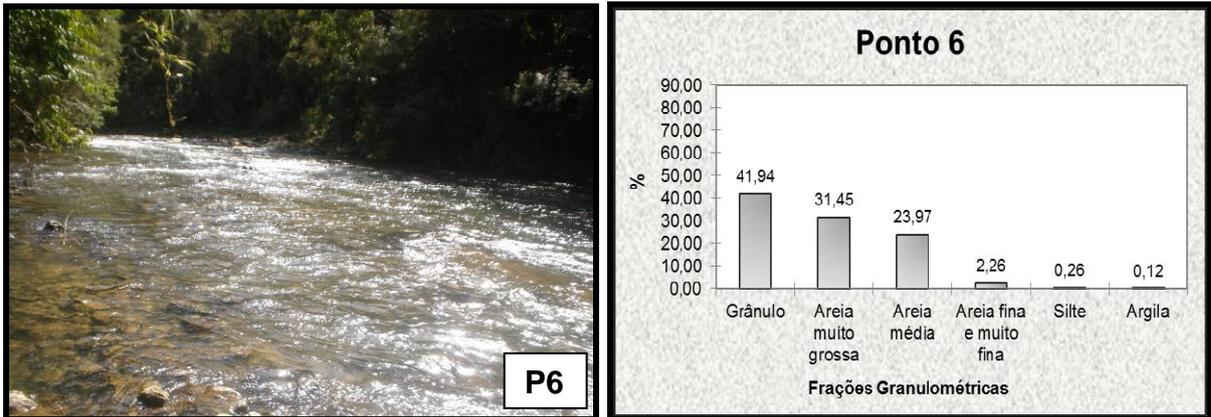


Figura 37: Ponto de Amostragem 6 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A Autora, 2013.

Localizado após um remanso o ponto 7 apresenta um fluxo intenso, com velocidade de corrente forte estando muito próximo à borda da escarpa da Serra do Mar. A coleta neste ponto de amostragem foi difícil devido à correnteza. Para obter o material suficiente para as análises laboratoriais foram feitas várias tentativas. Nos resultados foram constatados o predomínio de frações granulométricas correspondentes a areia média 44,04%, seguida de frações de areia muito grossa 30,63%, grânulo 14,28%, areia fina e muito fina 10,39%, silte 0,49% e argila 0,17% (Figura 38).

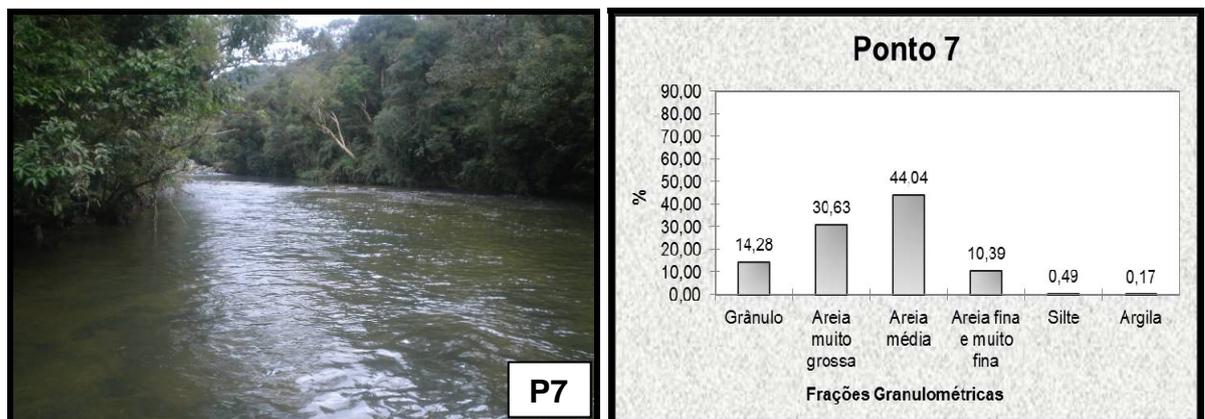


Figura 38: Ponto de Amostragem 7 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A Autora, 2013.

Quadro 3 - Síntese das principais características dos pontos 6 e 7 localizados no rio Cubatão do norte

Características	Ponto 6	Ponto 7
Geologia (Tipo, Idade)	Gnaisses Granulíticos, Arqueano	Gnaisses Granulíticos, Arqueano
Domínio Morfoestrutural	Embasamento em Estilos Complexos	Embasamento em Estilos Complexos
Unidade Geomorfológica	Serras Cristalinas Litorâneas	Serras Cristalinas Litorâneas
Solos	Cambissolo Hápico Alumínico	Cambissolo Hápico Alumínico
Vegetação	Floresta Ombrófila Densa Alto Montana	Floresta Ombrófila Densa Alto Montana
Uso da Terra	Reflorestamento	Mata
Minerais	Quartzo, Albita, Ankerita	Quartzo, Mgriite-synthetic, Pirocloro
Grânulo %	41,94	14,28
Areia Muito Grossa %	31,45	30,63
Areia média %	23,97	44,04
Areia Fina e muito fina%	2,26	10,39
Silte e Argila %	0,38	0,66
Declividade %	8 - 20	8 - 20
Altitude (metros)	720	700

Elaborado pela autora, 2013.

Apesar de estarem localizados em áreas próximas, além do quartzo, que é encontrado em todas as amostras, não foram encontrados demais minerais semelhantes entre os pontos 6 e 7 (Quadro 3).

A maior incidência de frações granulométricas com grãos do tamanho referentes a grânulo, areia muito grossa e areia média se deve a localização dos pontos 6 e 7, estando próximos à borda da escapa da Serra do Mar. Nesses pontos o leito do rio apresenta um declive acentuado aumentando a velocidade do fluxo e assim ocasionando o transporte de grãos com tamanhos maiores (Figura 39).

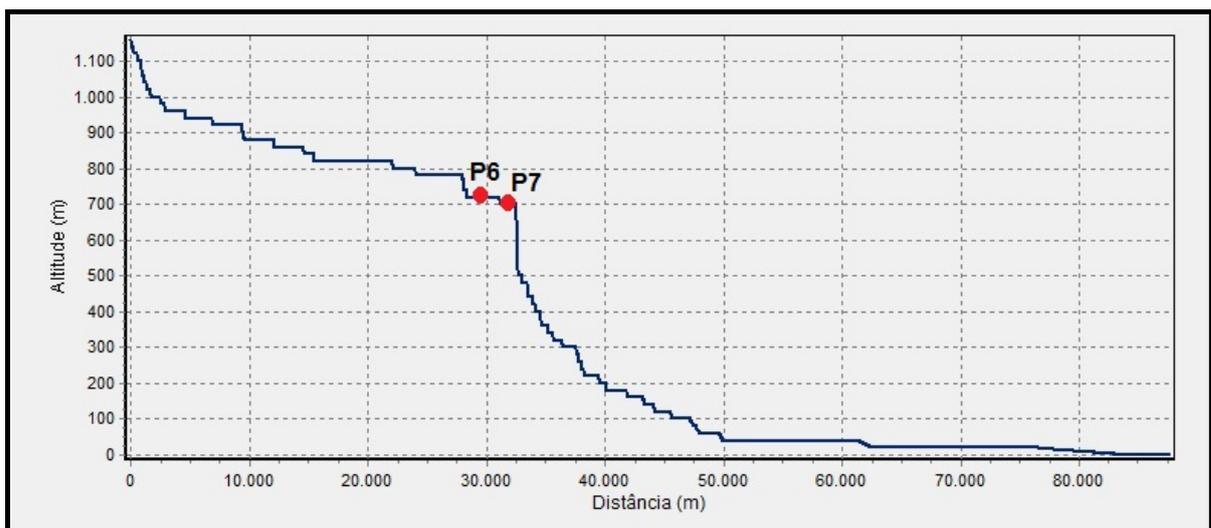


Figura 39: Perfil longitudinal do rio Cubatão do norte e a localização dos pontos de amostragem 6 e 7. Elaborado pela autora, 2013.

6.2.3 Setor 3 – Sopé da Escarpa da Serra do Mar

Este setor se encontra em uma região caracterizada pelos altos índices pluviométricos e grande discrepância no gradiente topográfico. Os índices pluviométricos neste setor variam de 2.100 a 2.500 mm (Figura 16) e os pontos de amostragem localizam-se entre as cotas de 300 a 100 metros.

Neste setor os pontos de amostragem encontram-se no rio Cubatão do norte e seu principal afluente, o rio Quiriri.

O ponto 8 está situado na formação geológica do tipo gnaisses granulíticos do período Arqueano. Os demais pontos (9, 10, 11, 12 e 13) encontram-se na formação de depósito aluvial do período quaternário indiferenciado. O tipo de solo predominante nesses pontos é o Cambissolo Flúvico Tb distrófico (Quadros 4, 5 e 6).

A vegetação no entorno do ponto 8 é constituída pela Floresta Ombrófila Densa Sub Montana, sendo bem preservada devido ao difícil acesso. No leito do rio observa-se uma grande presença de matacões, que geralmente são transportados em eventos extremos. Seixos e cascalhos também são comuns neste ponto de amostragem.

A coleta dos sedimentos neste ponto ocorreu em pequenos depósitos situados na retaguarda dos blocos maiores. A velocidade do fluxo é intensa, o que contribui para o transporte de sedimentos de frações maiores. Ao se analisar as frações granulométricas da amostragem do ponto 8 confirmou-se a presença de grãos com tamanhos maiores. O predomínio é de areia média com 39,42%, seguindo de areia muito grossa 30,11% e grânulos 28,41. As frações de areia fina e muito fina, silte e argila, juntas representam 2,08% do total da amostra (Figura 40).

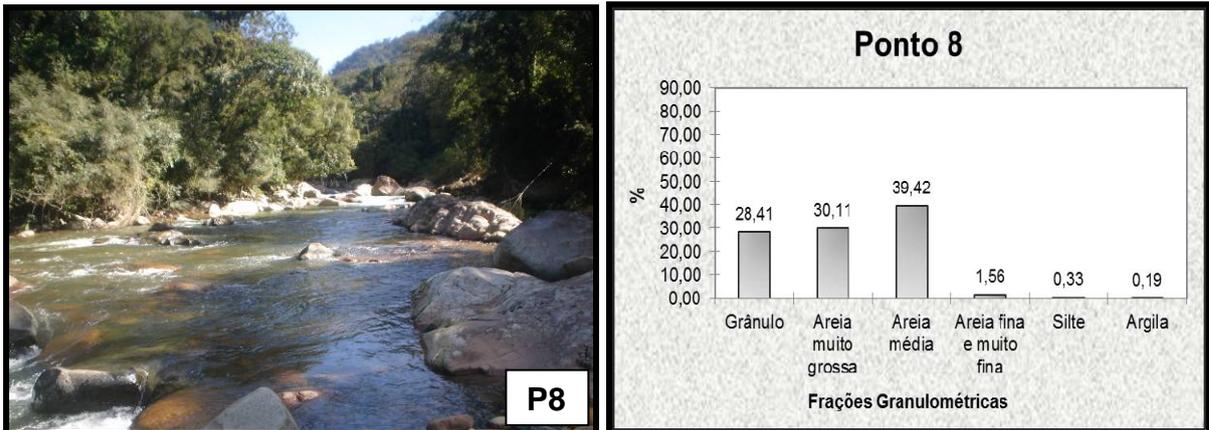


Figura 40: Ponto de Amostragem 8 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A Autora, 2013.

Localizado próximo ao ponto de amostragem anterior, o ponto 9 se difere em suas características geológicas, estando na formação do tipo depósito aluvial do período quaternário indiferenciado. A área ao seu entorno foi modificada pela ação antrópica. Atividades como a mineração no leito do rio eram comuns em décadas anteriores. Hoje este ponto de amostragem não sofre mais esse tipo de interferência, mas está localizado entre duas estradas e próximo à áreas com atividades agrícolas.

A fração granulométrica predominante no ponto de amostragem 9 é de 56,88% de grânulos, as frações de areia correspondem a 19,30% de areia média, 15,86% de areia muito grossa, 7,59% de areia fina , silte e argila juntos representam 0,37% (Figura 41).

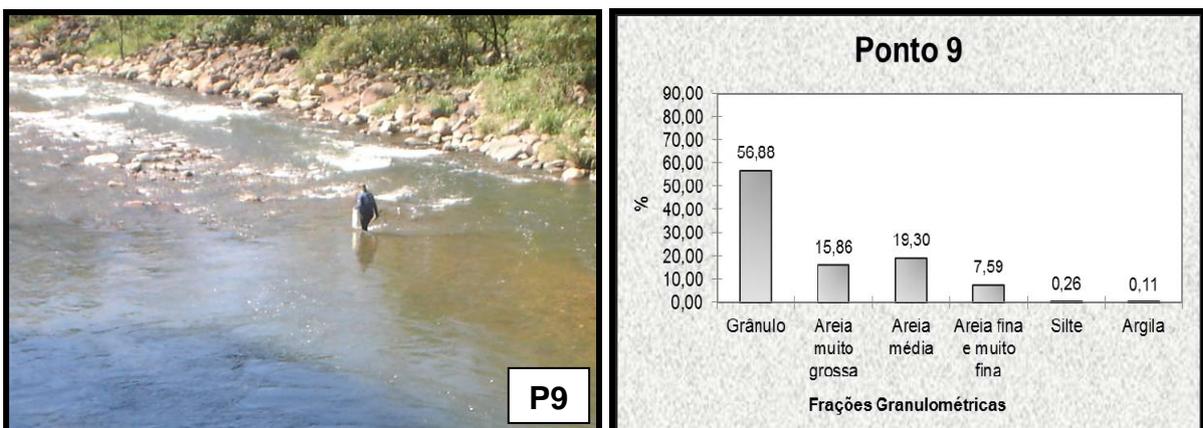


Figura 41: Ponto de Amostragem 9 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A Autora, 2013.

Os pontos 8 e 9 se diferem em algumas características como a geologia, geomorfologia e vegetação. Mas as principais características para o transporte de

sedimentos de frações maiores são similares nesses dois pontos de amostragem. Situados em ambiente com declividade acentuada e um fluxo turbulento os resultados com predomínio de grânulos e frações de areia maiores se justificam devido a esses dois fatores.

Quanto a mineralogia desses dois pontos, foram encontrados três minerais semelhantes: o quartzo, a albita e a sanidina.

Quadro 4 - Síntese das principais características dos pontos 8 e 9 localizados no rio Cubatão do Norte

Características	Ponto 8	Ponto 9
Geologia (Tipo, Idade)	Gnaisses Granulíticos, Arqueano	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado
Domínio Morfoestrutural	Embasamento em Estilos Complexos	Depósitos Sedimentares Quaternários
Unidade Geomorfológica	Serras Cristalinas Litorâneas	Planícies Fluviais
Solos	Cambissolo Háptico TB distrófico	Cambissolo Fluvico Tb distrófico
Vegetação	Floresta Ombrofila Densa Sub Montana	Area de Uso Extensivo
Uso da Terra	Capoeira	Campo/Pasto
Minerais	Quartzo, Albita, Sanidina	Quartzo, Albita, Sanidina, Konickita
Grânulo %	28,41	56,88
Areia Muito Grossa %	30,11	15,86
Areia média %	39,42	19,30
Areia Fina e muito fina%	1,56	7,59
Silte e Argila %	0,52	0,37
Declividade %	8 - 20	8 - 20
Altitude (metros)	140	100

Elaborado pela autora, 2013.

Situado no rio Quiriri, principal afluente do rio Cubatão do Norte, o ponto 10 apresenta um leito com variações entre seixos e blocos um pouco maiores. A velocidade da corrente é menor do que a encontrada no rio Cubatão, este ponto fica após um declive acentuado. Nas frações granulométricas desse ponto de amostragem ocorre o predomínio das frações areia média 46,06%, areia muito grossa 33,08% e grânulo 16,34%. As frações de areia fina e muito fina 3,90%, silte 0,45% e argila 0,17% são encontradas em proporções menores (Figura 42). A vegetação no seu entorno é bem preservada e com pouca interferência antrópica.

Os minerais encontrados nesse ponto foram: o quartzo, a albita, o ortoclásio, e o manganocummingtonite.

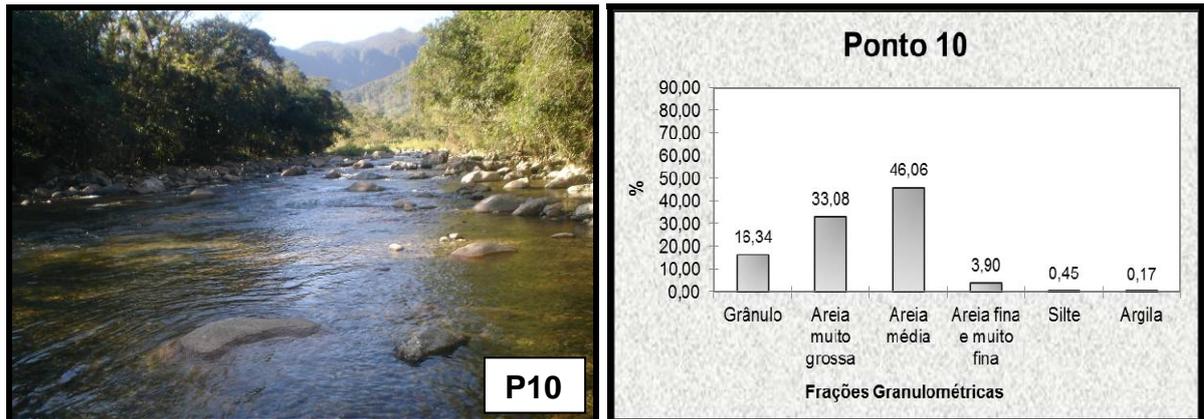


Figura 42: Ponto de Amostragem 10 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A Autora, 2013.

O ponto 11 está localizado no rio Cubatão do norte um pouco antes de sua confluência com o rio Quiriri. Como no ponto 9 esta região também foi modificada por atividades recorrentes a mineração em décadas anteriores. A declividade neste ponto é acentuada e o fluxo é intenso. A vegetação no entorno é caracterizada por mata na margem e atividades agrícolas em suas proximidades.

As frações granulométricas encontradas foram: 58,47% de areia média, 25,38% de areia muito grossa, 9,83% de grânulos, 5,53% de areia fina, 0,56% de silte e 0,23% de argila (Figura 43). Não foi possível realizar a coleta dos sedimentos em todo o leito devido à forte correnteza. Dessa forma a coleta de sedimentos foi realizada em áreas próximas às margens onde a velocidade do fluxo era menor. Este fator justifica a redução na quantidade de grânulos e o aumento da fração areia média do ponto de amostragem.

Os minerais encontrados neste ponto foram: o quartzo, a albita, o ortoclásio, e a ankerita.

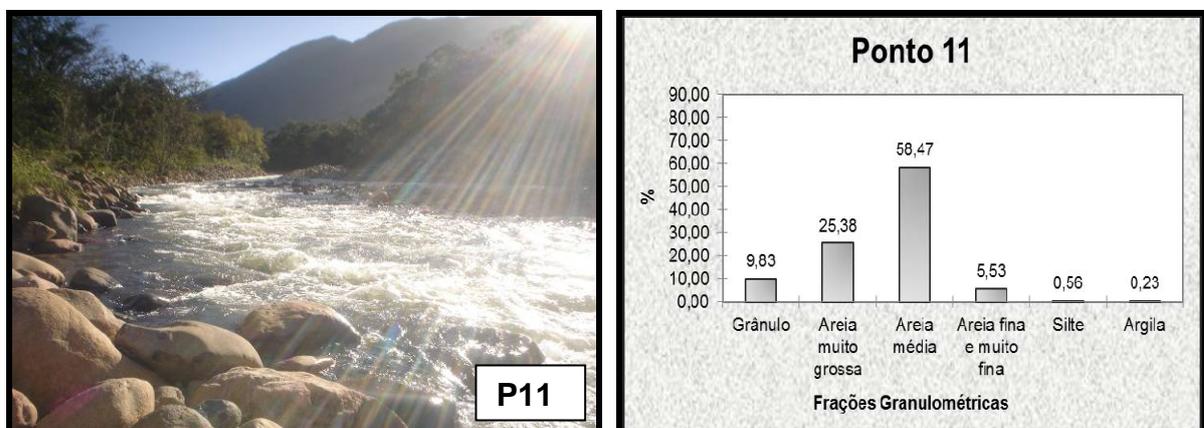


Figura 43: Ponto de Amostragem 11 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A Autora, 2013.

Ao contrário do ponto 10, o ambiente onde está situado o ponto 12 não é um ambiente preservado. Ambos os pontos estão localizados no rio Quiriri, mas o ponto 12 está em uma região onde recentemente um deslizamento acabou invadindo o leito do rio, seis meses antes da realização das coletas para esse estudo. Neste ponto a fração granulométrica de grânulos é de 52,78%, seguida por areia muito grossa 24,63%, areia média 20,06%, areia fina e muito fina 2,18%, silte 0,25% e argila 0,12% (Figura 44).

Os minerais do ponto 12 foram semelhantes aos minerais encontrados no ponto 10, ambos situados no rio Quiriri. Observa-se a ocorrência de quartzo, albita, e manganocummingtonite nos dois pontos.

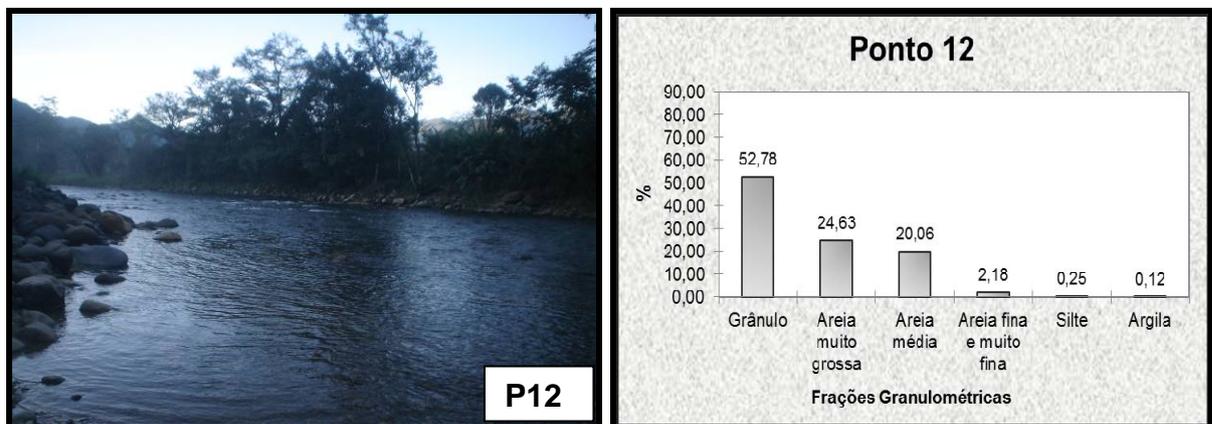


Figura 44: Ponto de Amostragem 12 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A autora, 2013.

Após a confluência dos rios Cubatão do norte e Quiriri, localiza-se o ponto 13. Em ambiente pouco preservado, tendo atividades agrícolas em seu entorno, o rio neste local é caracterizado por um fluxo turbulento e o seu leito é composto por cascalhos e pequenos blocos. As principais frações granulométricas encontradas nesse ponto são areia média 37,81% de areia média, 29,75 % de areia muito grossa e 25,38% de grânulos. Foram constatadas menores quantidades de areia fina e muito fina 6,40%, silte 0,46% e argila 0,21% (Figura 45).

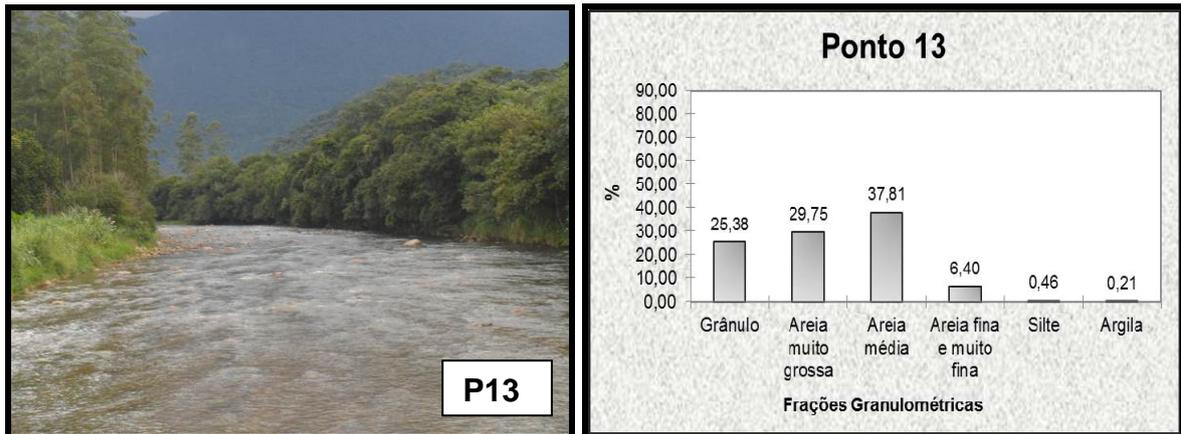


Figura 45: Ponto de Amostragem 13 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A autora, 2013.

Os pontos 10, 11, 12 e 13 apresentam as características geológicas, geomorfológicas e pedológicas semelhantes, mesmo estando localizados em rios diferentes seus ambientes são próximos (Quadros 5 e 6). Nos pontos 10, 12 e 13 a principal fração granulométrica encontrada foi a de areia média.

Quadro 5 - Síntese das principais características dos pontos 10 e 11 localizados nos rios Quiriri e Cubatão do norte

Características	Ponto 10	Ponto 11
Geologia (Tipo, Idade)	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado
Domínio Morfoestrutural	Depósitos Sedimentares Quaternários	Depósitos Sedimentares Quaternários
Unidade Geomorfológica	Planícies Fluviais	Planícies Fluviais
Solos	Cambissolo Fluvico Tb distrófico	Cambissolo Fluvico Tb distrófico
Vegetação	Area de Uso Extensivo	Area de Uso Extensivo
Uso da Terra	Mata	Mata
Minerais	Quartzo, Albita, Ortoclásio, Manganocummingtonite	Quartzo, Albita, Ortoclásio, Ankerita
Grânulo %	16,34	9,83
Areia Muito Grossa %	33,08	25,38
Areia média %	46,06	58,47
Areia Fina e muito fina%	3,90	5,53
Silte e Argila %	0,63	0,80
Declividade %	< 3	< 3
Altitude (metros)	140	100

Elaborado pela autora, 2013.

Quadro 6 - Síntese das principais características dos pontos 12 e 13 localizados nos rios Quiriri e Cubatão do norte

Características	Ponto 12	Ponto 13
Geologia (Tipo, Idade)	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado
Domínio Morfoestrutural	Depósitos Sedimentares Quaternários	Depósitos Sedimentares Quaternários
Unidade Geomorfológica	Planícies Fluviais	Planícies Fluviais
Solos	Cambissolo Fluvico Tb distrófico	Cambissolo Fluvico Tb distrófico
Vegetação	Area de Uso Extensivo	Area de Uso Extensivo
Uso da Terra	Mata	Campo/Pasto
Minerais	Quartzo, Albita, Manganocummingtonite	Quartzo, Albita, Sanidina
Grânulo %	52,78	25,38
Areia Muito Grossa %	24,63	29,75
Areia média %	20,06	37,81
Areia Fina e muito fina %	2,18	6,40
Silte e Argila %	0,36	0,67
Declividade %	< 3	< 3
Altitude (metros)	100	60

Elaborado pela autora, 2013.

Observando a localização dos pontos deste setor nos perfis longitudinais dos rios Cubatão do Norte e rio Quiriri (Figuras 46 e 47), mais uma vez é comprovado que as frações granulométricas encontradas são consequência da declividade e da velocidade do fluxo nos locais de amostragem.

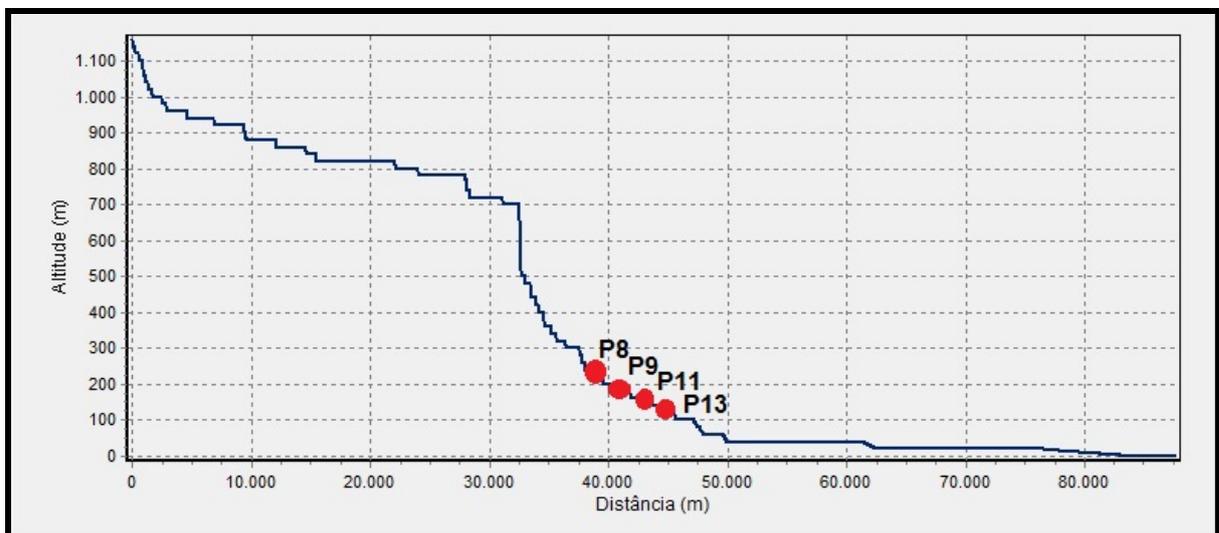


Figura 46: Perfil longitudinal do rio Cubatão do norte e a localização dos pontos de amostragem 8, 9, 11 e 13. Elaborado pela autora, 2013.

Em todos os pontos amostrados neste setor foi identificada a presença dos minerais quartzo e albita.

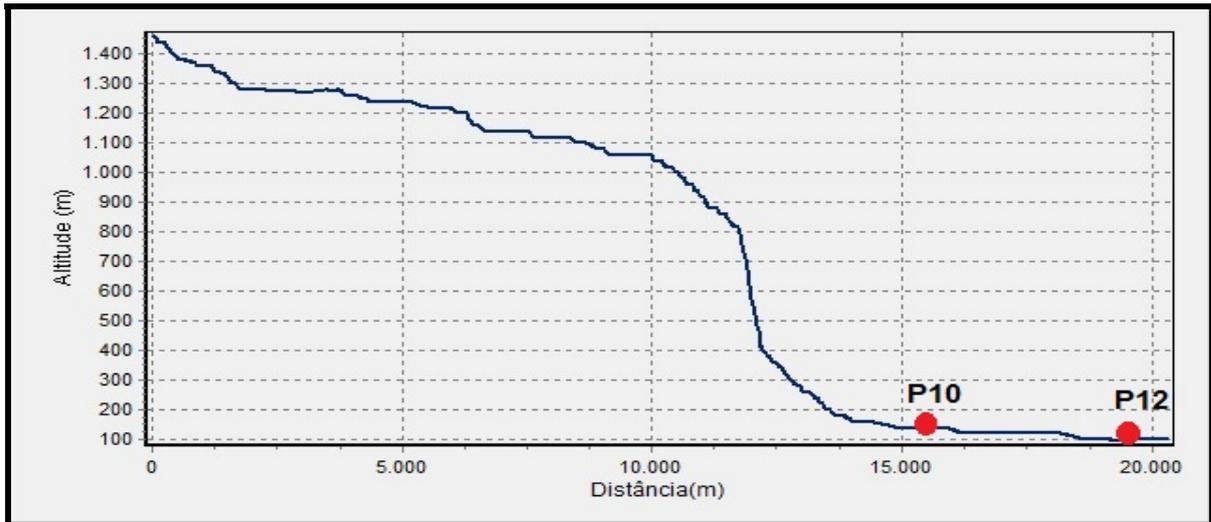


Figura 47: Perfil longitudinal do rio Quiriri e a localização dos pontos de amostragem 10 e 12. Elaborado pela autora, 2013.

6.2.4 Setor 4 – Transição entre o Sopé da Escarpa da Serra do Mar e a Planície Costeira

Este setor como o próprio nome diz está situado em uma área de transição entre o Sopé da Escarpa da Serra do Mar e a Planície Costeira. Foram realizadas coletadas de sedimentos em 4 pontos deste setor. O primeiro ponto (P14) está situado no rio Cubatão do Norte antes da confluência com o rio da Prata. Os pontos 15 e 16 encontram-se no rio da Prata importante afluente do rio Cubatão do norte. E por último tem-se o ponto 17 localizado após a confluência dos rios Cubatão e da Prata.

O Ponto 14 localizado no rio Cubatão do Norte, apresenta muitos seixos e cascalhos em seu leito. O fluxo é turbulento e a correnteza forte. As frações encontradas nesse ponto foram: areia média 61,82%, grânulo 20,53%, areia muito grossa 11,43%, areia fina e muito fina 5,71%, silte 0,34% e argila 0,17% (Figura 48).

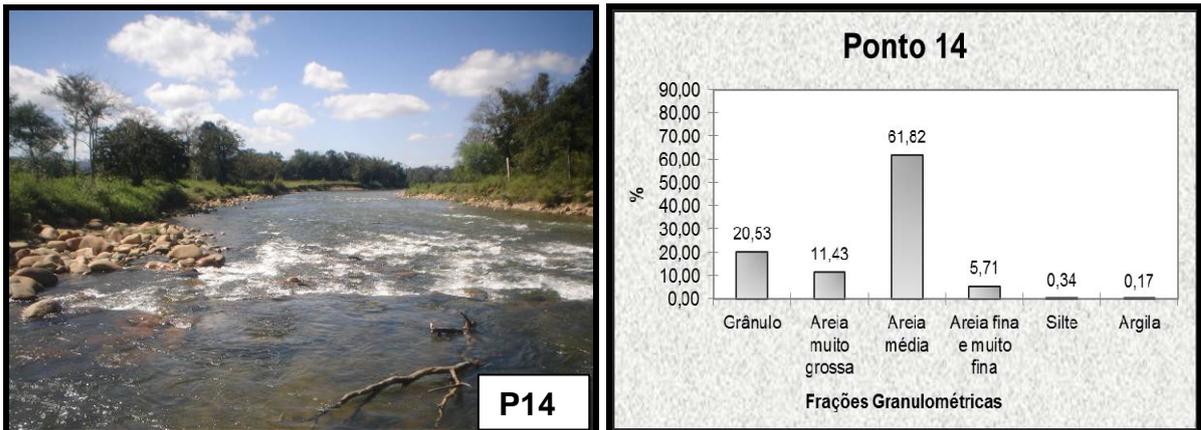


Figura 48: Ponto de Amostragem 14 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A autora, 2013.

Os pontos 15 e 16 estão situados no rio da Prata, afluente do rio Cubatão do Norte. No ponto 15 foi identificada a maior incidência de frações granulométricas correspondente a silte 9,80% e argila 4,74% em relação a todos os demais pontos de amostragem. A presença de grânulo 0,05% neste ponto foi muito pequena. Predominam as frações de areia tendo 45,45% de areia grossa, 29,24% de areia média e 11,04% de areia fina e muito fina. O leito neste ponto é caracterizado por sedimentos de diversos tamanhos, desde blocos até a menor fração (Figura 49).

Esta área fica localizada após uma propriedade particular utilizada para recreação, é comum às pessoas acamparem e tomar banho de rio nesta propriedade. Este pode ser um dos fatores de se encontrar uma fração maior de silte e argila. As atividades humanas podem de alguma forma contribuir para o deslocamento desses sedimentos presentes no entorno do leito do rio. Outro fator é o fato da vazão no rio da Prata ser menor que a vazão encontrada no rio Cubatão. Um fluxo menor contribui para o aumento das áreas deposicionais em um leito de rio. Ao se analisar a imagem deste ponto (Figura 49) nota-se que existem pequenos patamares ao longo do curso do rio, as coletas foram realizadas em vários pontos neste local e em patamares diferentes, portanto a presença dos sedimentos com frações menores possivelmente estariam depositadas nesses ambientes.

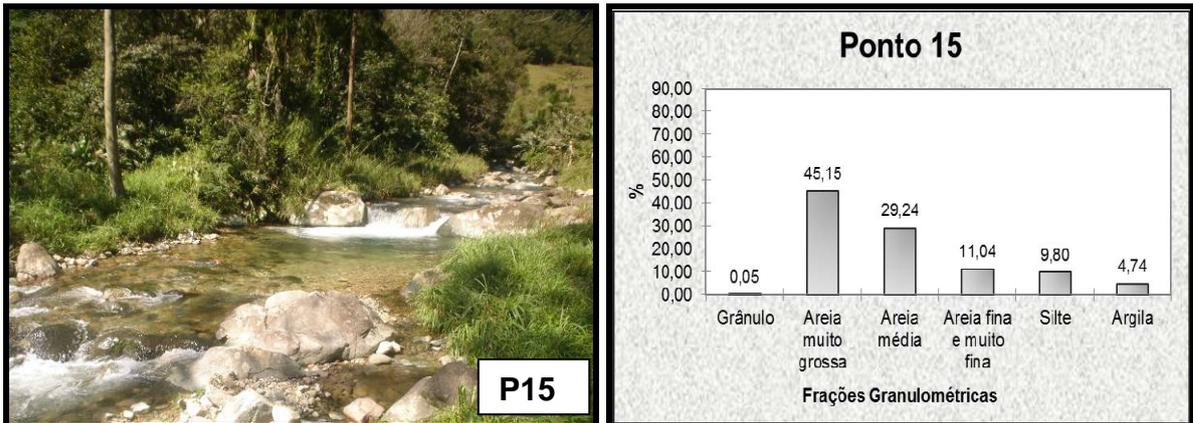


Figura 49: Ponto de Amostragem 15 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A autora, 2013.

O ponto 16 fica próximo à confluência do rio da Prata com o rio Cubatão. Mesmo estando localizado no mesmo rio que o ponto 15 as características do leito são bem diferentes. Não há uma variedade em relação aos tamanhos dos sedimentos presentes no leito, ocorre o predomínio de seixos. As frações encontradas nesse ponto foram: areia média 56,17%, areia fina e muito fina 15,68%, grânulo 13,93%, areia muito grossa 11,59%, silte 0,43% e argila 0,73%. Seu entorno é caracterizado por atividades agrícolas (Figura 50).

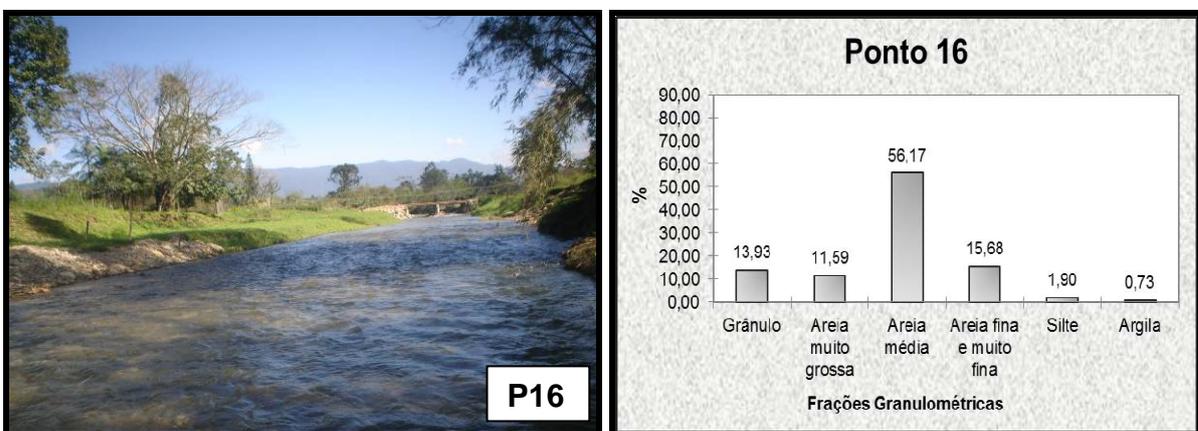


Figura 50: Ponto de Amostragem 16 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A autora, 2013.

Localizado após a confluência dos rios Cubatão e da Prata, a fração granulométrica predominante no ponto 17 é a areia média com 80,69%. As outras frações encontradas foram areia fina e muito fina 11,94%, grânulo 3,60%, areia muito grossa 3,17%, silte 0,43 e argila 0,18%. Este ponto está localizado após a estação de captação de água do rio Cubatão. A presença de areia média pode estar relacionada ao intenso uso agrícola desta região e pelo fato de que a partir deste

local a variação topográfica vai reduzindo, contribuindo assim para os sedimentos depositarem-se neste ponto (Figura 51).

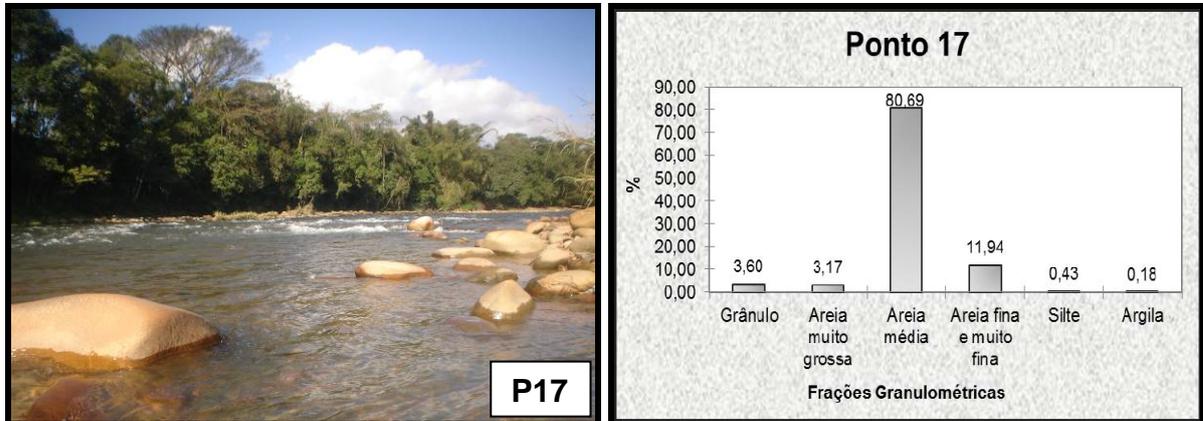


Figura 51: Ponto de Amostragem 17 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A autora, 2013.

As características geológicas, geomorfológicas e pedológicas do ponto 15 se diferem das características encontradas nos pontos 14, 16 e 17 (Quadros 7 e 8).

A geologia no ponto 15 é determinada pela intrusão do corpo granítico com idade do proterozóico superior. Neste ponto registra-se a ocorrência do Cambissolo Háplico Tb distrófico e a vegetação é caracterizada como Floresta Ombrofila Densa Sub Montana. Os demais pontos (14, 16 e 17) são análogos em relação à suas características. A formação geológica é caracterizada por depósitos aluviais do quaternário indiferenciado, e a ocorrência de solo no entorno desses pontos é o Cambissolo Fluvico Tb distrófico (Quadros 7 e 8). Áreas próximas a esses pontos sofrem interferência antrópica, a vegetação altera entre margens com vestígios de mata e uso agrícola. A precipitação nesse setor varia entre 2.300 a 2.500 mm (Figura 16), e as cotas altimétricas estão entre 200 a 50 metros.

Os minerais encontrados nos pontos 15, 16 e 17 foram a albita e o wyartita. Fazendo um comparativo entre todos os minerais encontrados nos 21 pontos de amostragem, a presença do mineral wyartita só ocorreu nos dois pontos do rio da Prata e no ponto após a sua confluência com o rio Cubatão do Norte (Quadros 7 e 8).

Quadro 7 - Síntese das principais características dos pontos 14 e 15 localizados nos rios Cubatão do norte e da Prata

Características	Ponto 14	Ponto 15
Geologia (Tipo, Idade)	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado	Granito , Proterozóico Superior
Domínio Morfoestrutural	Depósitos Sedimentares Quaternários	Embasamento em Estilos Complexos
Unidade Geomorfológica	Planícies Fluviais	Serras Cristalinas Litorâneas
Solos	Cambissolo Fluvico Tb distrófico	Cambissolo Háplico Tb distrófico
Vegetação	Area de Uso Extensivo	Floresta Ombrofila Densa Sub Montana
Uso da Terra	Mata	Mata
Minerais	Quartzo, Albita, Konickita	Quartzo, Albita, Wyartite
Grânulo %	20,53	0,05
Areia Muito Grossa %	11,43	45,15
Areia média %	61,82	29,24
Areia Fina e muito fina%	5,71	11,04
Silte e Argila %	0,51	14,53
Declividade %	< 3	20 - 45
Altitude (metros)	40	200

Elaborado pela autora, 2013.

Quadro 8 - Síntese das principais características dos pontos 16 e 17 localizados nos rios da Prata e Cubatão do norte

Características	Ponto 16	Ponto 17
Geologia (Tipo, Idade)	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado
Domínio Morfoestrutural	Depósitos Sedimentares Quaternários	Depósitos Sedimentares Quaternários
Unidade Geomorfológica	Planícies Fluviais	Planícies Fluviais
Solos	Cambissolo Fluvico Tb distrófico	Cambissolo Fluvico Tb distrófico
Vegetação	Area de Uso Extensivo	Area de Uso Extensivo
Uso da Terra	Campo/Pasto	Mata
Minerais	Quartzo, Albita, Wyartite	Quartzo, Rutílio, Wyartite
Grânulo %	13,93	3,60
Areia Muito Grossa %	11,59	3,17
Areia média %	56,17	80,69
Areia Fina e muito fina%	15,68	11,94
Silte e Argila %	2,64	0,60
Declividade %	< 3	< 3
Altitude (metros)	60	40

Elaborado pela autora, 2013

A comparação entre as frações granulométricas e a distribuição dos pontos de amostragem ao longo do perfil longitudinal deste setor (Figuras 52 e 53) apresenta uma homogeneidade do tamanho dos sedimentos nos pontos 16 e 17, situados em áreas mais planas, predominando aa fração de areia média. Já nos pontos 14 e 15 os tamanho dos grãos apresentou-se de forma mais heterogenea, isso de deve a declividade e o fluxo mais turbulentos em alguns casos, como a ocupação em seu entorno.

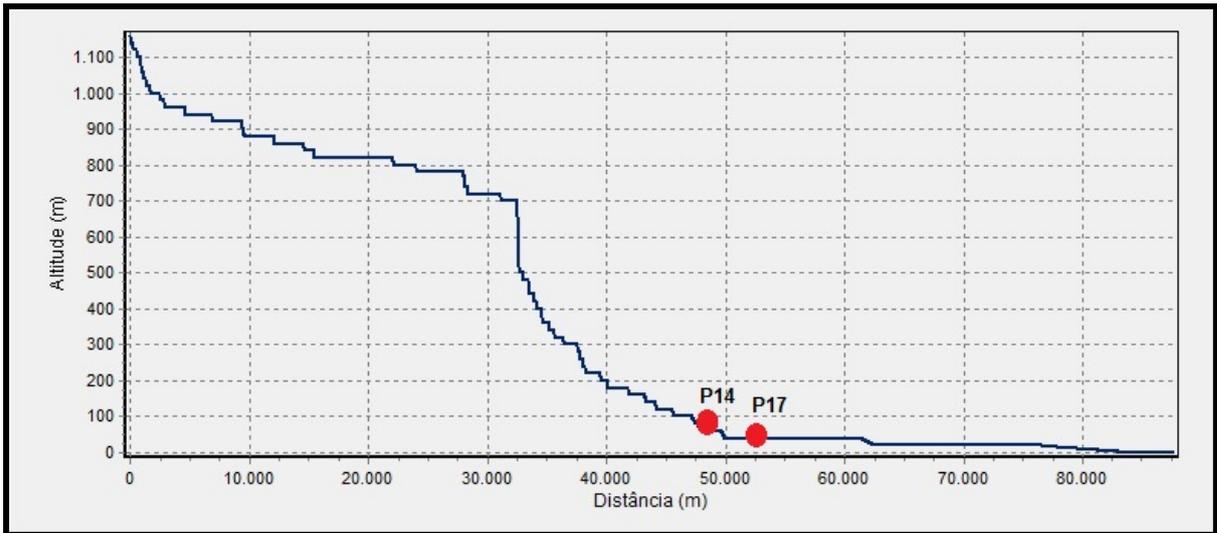


Figura 52: Perfil longitudinal do rio Cubatão do norte e a localização dos pontos de amostragem 14 e 17. Elaborado pela autora, 2013.

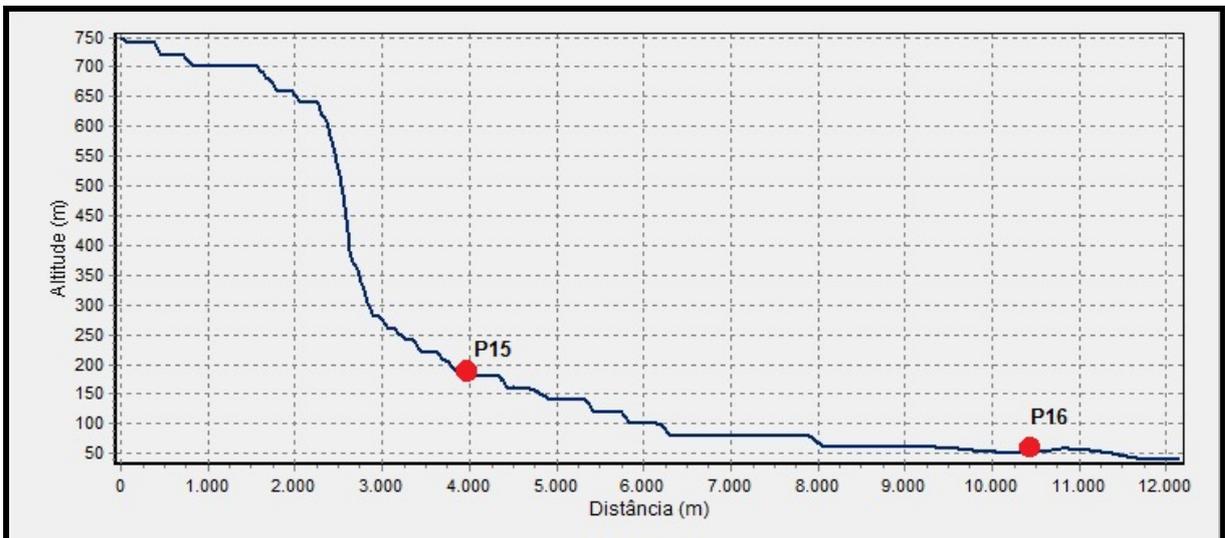


Figura 53: Perfil longitudinal do rio da Prata e a localização dos pontos de amostragem 15 e 16. Elaborado pela autora, 2013.

6.2.5 Setor 5 – Planície Costeira

Este setor envolve três cursos de água distintos. O canal natural do rio Cubatão, o canal Artificial do rio Cubatão e o rio do Braço.

Para evitar as inundações que ocorriam na região de Pirabeiraba e Estrada da Ilha situadas no baixo curso do rio Cubatão, na década de 1950 foi construído um canal artificial de derivação tendo como objetivo desviar parte da água do rio para o canal (Figura 11). O ponto 18 localiza-se nesse canal artificial. As frações

granulométricas encontradas neste ponto foram 59,68% de grânulo, 28,25% de areia muito grossa, 11,32% de areia média, 0,49% de areia fina e muito fina, 0,17% de silte e 0,08% de argila (Figura 54). Em seu entorno existem estradas, atividades agrícolas e moradias. Situado depois da barragem que divide o curso do rio Cubatão entre o canal natural e o canal artificial, esta barragem forma uma barreira que impede a passagem de grãos de areia, sendo estes depositados antes da mesma.

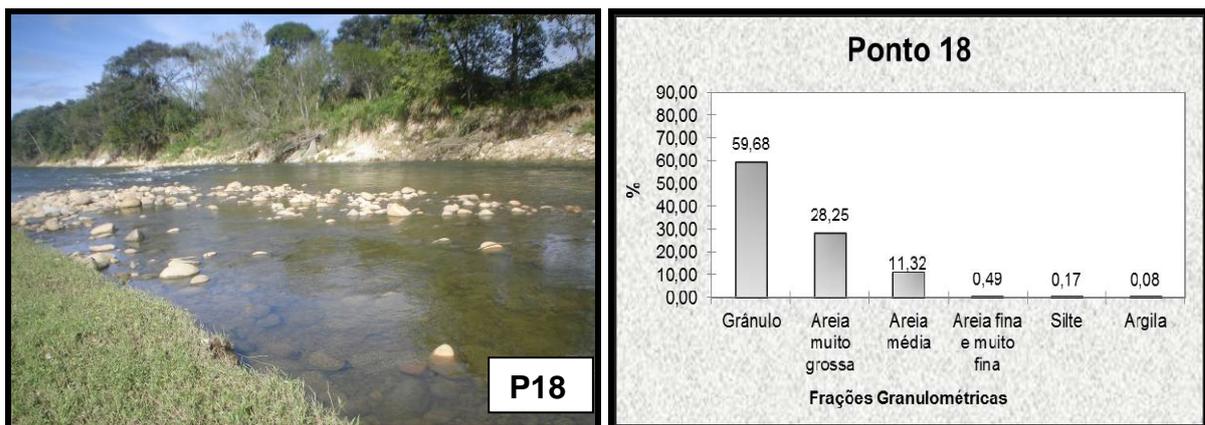


Figura 54: Ponto de Amostragem 18 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A autora, 2013.

Os pontos 19 e 20 estão situados no canal natural do rio Cubatão do Norte. Nesses pontos a fração granulométrica com maior incidência foi a de areia média.

No ponto 19 o curso natural do rio Cubatão do Norte é típico de um ambiente de planície costeira, com canal meandrante e um fluxo mais lento. Este ambiente é propício para a deposição de sedimentos. A frações granulométricas encontradas neste ponto foram: areia média 81,59%, areia muito grossa 11,87%, areia fina e muito fina 4,64%, grânulo 1,54%, silte 0,26% e argila 0,10% (Figura 55).

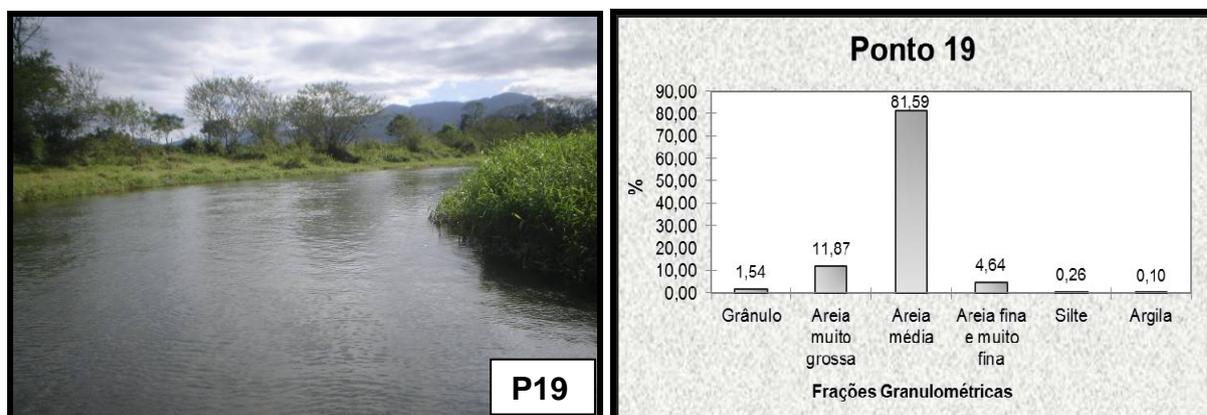


Figura 55: Ponto de Amostragem 19 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A autora, 2013.

No ponto 20 as frações granulométricas encontradas foram: areia média 44,09%, grânulo 27,14%, areia muito grossa 22,55%, areia fina e muito fina 5,20%, silte 0,72%, argila 0,30% (Figura 56). Situado no canal natural do rio Cubatão do norte o entorno deste ponto é ocupado por indústrias, estradas, agricultura e moradias. Seu leito é alterado, sendo utilizado para diversos usos. Verifica-se uma leve inclinação e um fluxo turbulento o que justifica o aumento de algumas frações como grânulo e areia muito grossa em relação ao ponto 19.

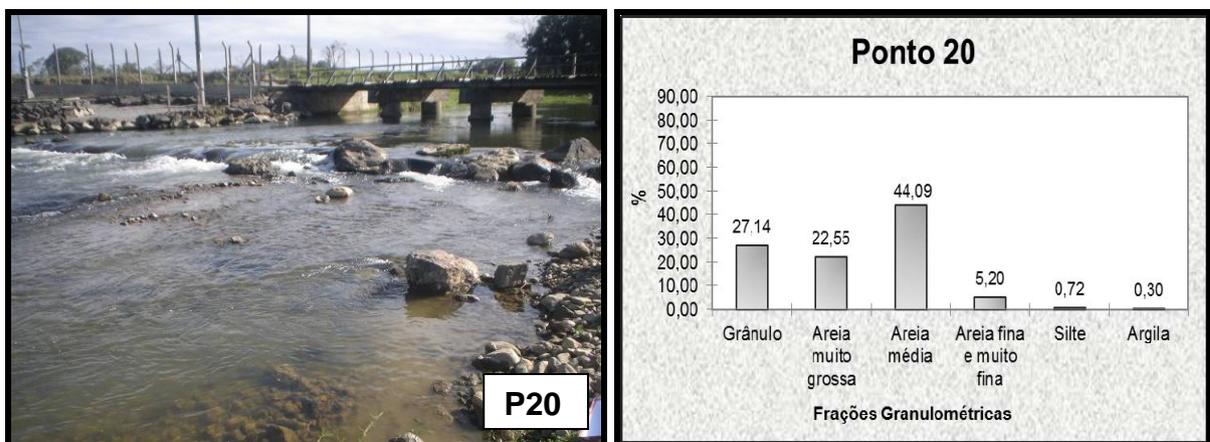


Figura 56: Ponto de Amostragem 20 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A autora, 2013.

O rio do braço localizado no distrito industrial de Joinville recebe grande parte da carga de efluentes originados nas indústrias da região. Neste contexto está o ponto 21, em um ambiente onde as atividades humanas descaracterizam as condições naturais do rio. As frações granulométricas encontradas são: areia média 43,32%, grânulo 19,67%, areia fina e muito fina 17,46%, areia muito grossa 10,57%, silte 5,04% e argila 3,85% (Figura 57). O fluxo é lento e a vegetação no entorno é formada por gramíneas. A redução do fluxo, as margens pouco preservadas e os efluentes lançados no rio contribuem para o pequeno aumento de grãos com frações menores como areia fina e muito fina, silte e argila.

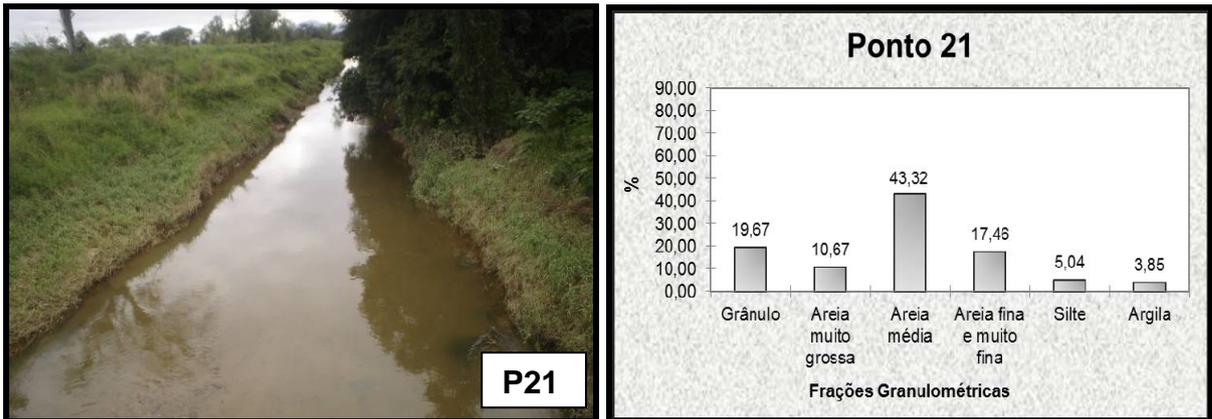


Figura 57: Ponto de Amostragem 21 e os resultados da frações granulométricas correspondente a este ponto de amostragem. Fonte: A autora, 2013.

Este setor está situado em ambiente de planície costeira, sua formação geológica é constituída por depósitos aluviais do período quaternário indiferenciado. O solo predominante no entorno é o Cambissolo Flúvico Tb distrófico. Este é o setor onde ocorre uma maior ocupação na bacia hidrográfica. As principais atividades no entorno dos pontos de amostragem são as atividades agrícolas (Quadros 9 e 10).

Os principais minerais encontrados nos quatro pontos de amostragem deste setor são o quartzo e a albita.

Quadro 9 - Síntese das principais características dos pontos 18 e 19 localizados no canal artificial e no canal natural do rio Cubatão do norte

Características	Ponto 18	Ponto 19
Geologia (Tipo, Idade)	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado
Domínio Morfoestrutural	Depósitos Sedimentares Quaternários	Depósitos Sedimentares Quaternários
Unidade Geomorfológica	Planícies Fluviais	Planícies Fluviais
Solos	Cambissolo Flúvico Tb distrófico gleico	Cambissolo Flúvico Tb distrófico
Vegetação	Area de Uso Extensivo	Area de Uso Extensivo
Uso da Terra	Campo/Pasto	Campo/Pasto
Minerais	Quartzo, Albita, Microclínio	Quartzo, Albita, Pirocloro
Grânulo %	59,68	1,54
Areia Muito Grossa %	28,25	11,87
Areia média %	11,32	81,59
Areia Fina e muito fina%	0,49	4,64
Silte e Argila %	0,25	0,36
Declividade %	< 3	< 3
Altitude (metros)	20	20

Elaborado pela autora, 2013.

Quadro 10 - Síntese das principais características dos pontos 20 e 21 localizados nos rios Cubatão do norte e do Braço

Características	Ponto 20	Ponto 21
Geologia (Tipo, Idade)	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado	Depósito Aluvial, Quaternário Indiferenciado
Domínio Morfoestrutural	Depósitos Sedimentares Quaternários	Depósitos Sedimentares Quaternários
Unidade Geomorfológica	Planícies Fluviais	Planícies Fluviais
Solos	Cambissolo Fluvico Tb distrófico	Cambissolo Fluvico Tb distrófico
Vegetação	Area de Uso Extensivo	Area Urbana
Uso da Terra	Campo/Pasto	Urbanizado
Minerais	Quartzo, Albita, Anorthoclásio	Quartzo, Albita, Ortoclásio
Grânulo %	27,14	19,67
Areia Muito Grossa %	22,55	10,67
Areia média %	44,09	43,32
Areia Fina e muito fina%	5,20	17,46
Silte e Argila %	1,03	8,89
Declividade %	< 3	< 3
Altitude (metros)	20	20

Elaborado pela autora, 2013.

Ao relacionar a localização dos pontos deste setor nos perfis longitudinais dos rios Cubatão do Norte (canal natural e artificial) e rio do Braço (Figuras 58, 59 e 60) com as frações granulométricas encontradas em cada ponto de amostragem, constatou-se que as frações maiores estão nos pontos onde a velocidade do fluxo é maior e principalmente onde ocorre uma maior interferência antrópica.

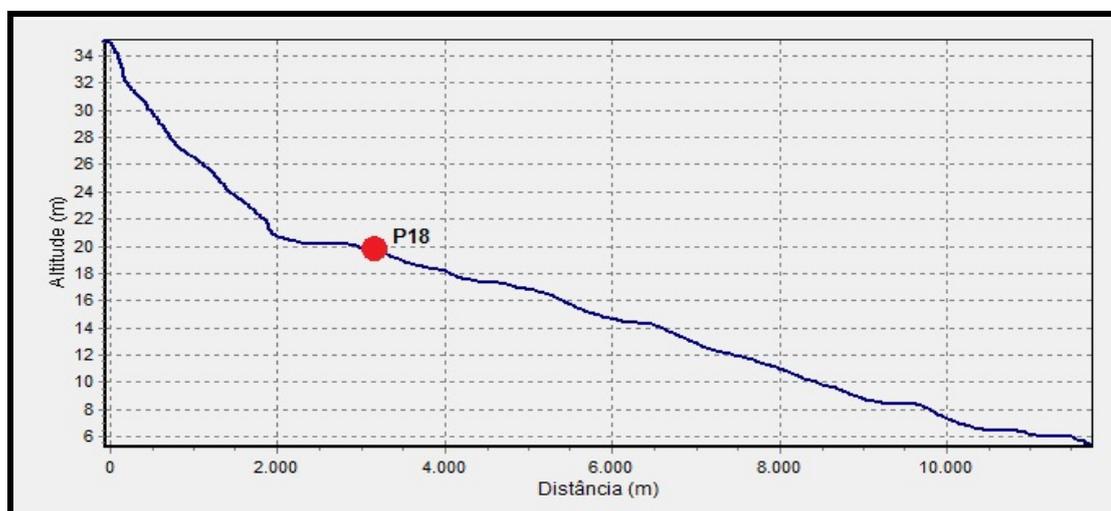


Figura 58: Perfil longitudinal do canal artificial do rio Cubatão do norte e a localização do ponto de amostragem 18. Elaborado pela autora, 2013.

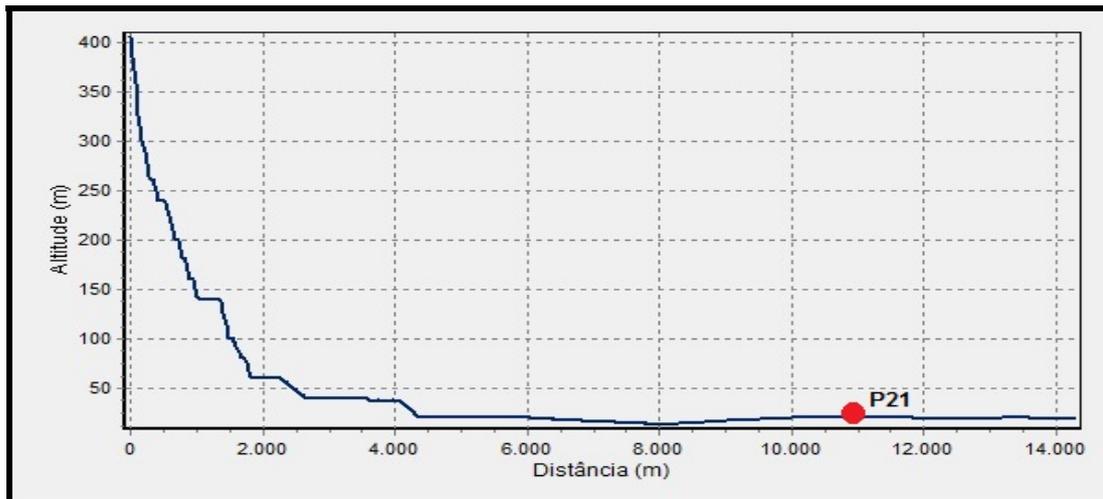


Figura 59: Perfil longitudinal do rio do Braço e a localização do ponto de amostragem 21. Elaborado pela autora, 2013.

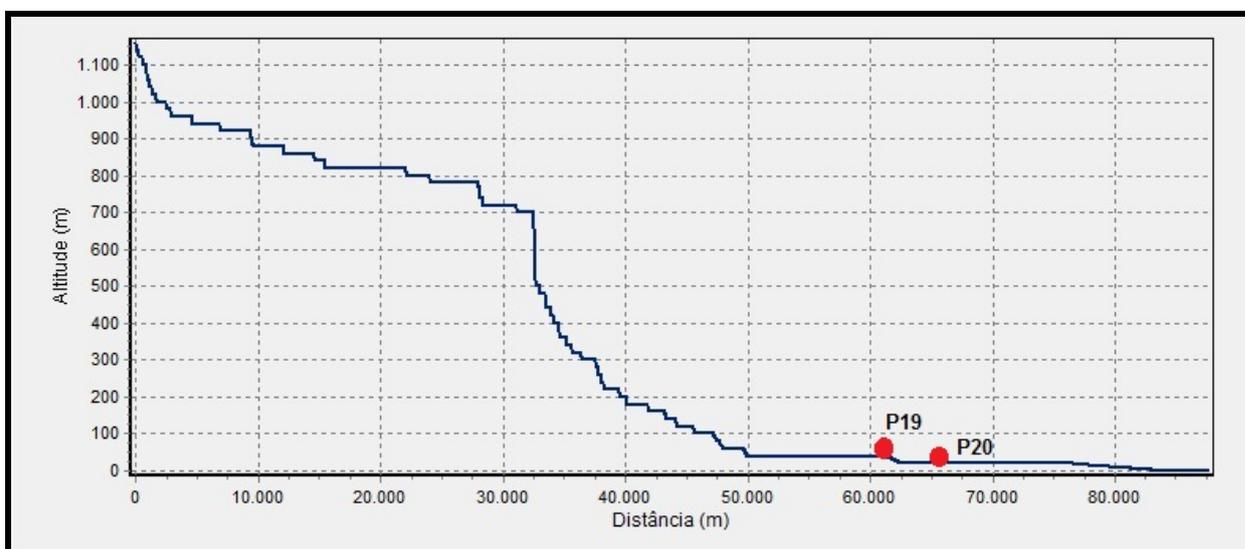


Figura 60: Perfil longitudinal do rio Cubatão do norte e a localização dos pontos de amostragem 19 e 20. Elaborado pela autora, 2013.

6.3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS MINERAIS PRESENTES NOS SEDIMENTOS NO RIO CUBATÃO DO NORTE E SEUS PRINCIPAIS AFLUENTES

A espacialização dos resultados dos minerais no percurso do rio Cubatão do norte e seus principais afluentes demonstrou o predomínio do mineral quartzo com 100% de ocorrência nos pontos de amostragem. O segundo mineral mais presente nas amostras foi a albita com 76% (Figura 61).

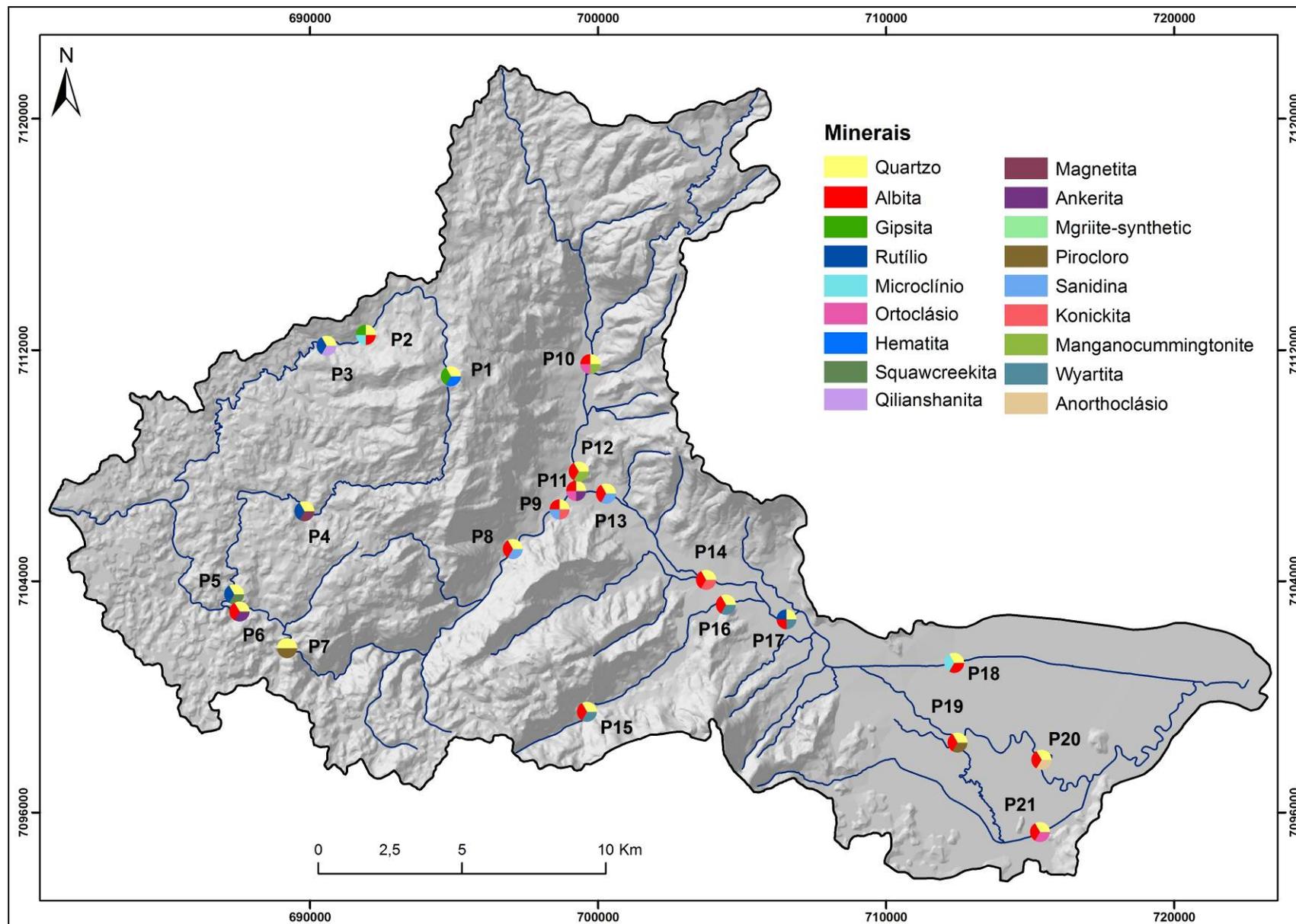


Figura 61: Distribuição das ocorrências mineralógicas nos pontos amostrados com destaque para os minerais mais frequentes: quartzo (em amarelo) e albita (em vermelho).

A Tabela 5 apresenta os minerais detectados nos picos mais intensos obtidos através do difratômetro de Raio X em cada ponto de amostragem:

Tabela 5: Minerais presentes nos pontos de amostragem

Ponto	Minerais			
P1	Quartzo	Gipsita	Hematita	
P2	Quartzo	Gipsita	Microclínio	Albita
P3	Quartzo	Rutílio	Qilianshanita	
P4	Quartzo	Rutílio	Magnetita	
P5	Quartzo	Rutílio	Squawcreekita	
P6	Quartzo	Albita	Ankerita	
P7	Quartzo	Mgriite-synthetic	Pirocloro	
P8	Quartzo	Albita	Sanidina	
P9	Quartzo	Albita	Sanidina	Konickita
P10	Quartzo	Albita	Ortoclásio	Manganocummingtonite
P11	Quartzo	Albita	Ortoclásio	Ankerita
P12	Quartzo	Albita	Manganocummingtonite	
P13	Quartzo	Albita	Sanidina	
P14	Quartzo	Albita	Konickita	
P15	Quartzo	Albita	Wyartita	
P16	Quartzo	Albita	Wyartita	
P17	Quartzo	Albita	Rutílio	Wyartita
P18	Quartzo	Albita	Microclínio	
P19	Quartzo	Albita	Pirocloro	
P10	Quartzo	Albita	Anorthoclásio	
P21	Quartzo	Albita	Ortoclásio	

Fonte: A autora, 2013.

Os minerais encontrados nos pontos de amostragem são resultantes da constituição geológica da área de estudo, sendo formada principalmente por granito, gnaisse, ortoconglomerados, riolitos e depósitos sedimentares holocênicos.

A mistura dos minerais encontrados está relacionada a grandes eventos pluviométricos que transportam os sedimentos para diversos pontos distintos ao longo do curso do rio.

O quartzo foi o mineral presente em todos os pontos de amostragem, sendo um dos minerais mais abundantes em todo o planeta.

O mineral albita, apesar de estar presente nos pontos 2 e 6, ocorre com maior incidência em todos os pontos a partir das cotas inferiores a 300 metros.

Os minerais gipsita, hematita e qilianshanita estão presentes apenas no setor 1, localizado nas cotas mais altas da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte.

Nos pontos de monitoramento localizados no planalto ocorre o predomínio do mineral rutilio, e os minerais magnetita, squawcreekita e mgriite-synthetic são encontrados apenas no planalto em pontos próximos ao sopé da Serra do Mar, entre as cotas 800 a 700 metros. O mineral sanidina ocorre somente entre as cotas 300 a 100 metros.

No rio Quiriri é encontrado o mineral manganocummingtonite, enquanto que o mineral wyartita foi identificado somente no rio da Prata e após sua confluência com o rio Cubatão do Norte. Nos demais pontos ao longo do percurso do rio Cubatão do Norte esses minerais não foram localizados, dessa forma supõe-se que esses minerais estão situados apenas nesses tributários.

No setor 5 além dos minerais quartzo e albita, foram identificados os minerais microclínio, pirocloro, anorthoclase e ortoclásio. Estes minerais são os tipos mais comuns encontrados na natureza.

Os minerais identificados nos sedimentos situados ao longo do rio Cubatão do norte estão distribuídos de forma heterogênea, mas alguns minerais apresentam similaridades em algumas altitudes.

Para um detalhamento das áreas fontes dos minerais é necessário um estudo mais aprofundado das formações geológicas e constituições rochosas dos ambientes no entorno da bacia hidrográfica, neste estudo foi efetuada apenas a caracterização dos minerais presentes nas amostras coletadas e sua distribuição espacial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com uma área total de 492 km² a bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte está localizada na região nordeste de Santa Catarina e comporta três ambientes distintos: a planície costeira, as escarpas da Serra do Mar e o planalto atlântico. Os pontos de amostragem foram distribuídos ao longo do trajeto do rio e situados em ambientes distintos da bacia hidrográfica a fim de identificar as variações das frações granulométricas de tamanho inferior a grânulo e da composição mineralógica dos sedimentos presentes na área de estudo.

O conhecimento aprofundado de uma determinada área serve de suporte para o uso racional dos bens disponíveis, direcionando a sua ocupação para fins adequados, mantendo a qualidade do ambiente. Tais análises abrem um leque de diversas outras questões quanto aos estudos realizados nesta importante área de Joinville, pois as águas do rio Cubatão do Norte correspondem a 70% do abastecimento público do município.

O presente estudo permitiu identificar as frações granulométricas de tamanho inferior a grânulo e a composição mineralógica em 21 pontos de amostragem distribuídos ao longo do percurso do rio Cubatão do Norte e em alguns de seus principais afluentes.

Os resultados das frações granulométricas indicam que o tamanho dos grãos distribuídos ao longo do rio principal, e seus principais afluentes, não ocorre de forma homogênea ao longo do percurso, e não há uma redução progressiva do tamanho dos grãos de montante para jusante. A variação topográfica e a diferença na velocidade do fluxo foram considerados os principais fatores para justificar esta disparidade.

A fração de areia média foi encontrada em todos os pontos de amostragem, predominando em grande parte do percurso do rio e prevalecendo em áreas menos íngremes do planalto e da planície costeira. A fração de grânulos foi encontrada em ambientes com fluxo mais intenso e em áreas próximas a setores com significativo desnível topográfico. As frações de areia fina, silte e a argila foram menos frequentes e estão distribuídas de forma desigual ao longo da área de estudo.

Os dois minerais com maior incidência nos pontos de amostragem foram o quartzo e a albita. Ao longo do percurso do rio Cubatão do Norte foram identificados

18 minerais, muitos deles em pontos isolados ou em ambientes próximos evidenciando características isoladas em determinados setores. Estes minerais estão distribuídos de forma heterogênea, mas alguns minerais apresentam similaridades em algumas altitudes.

Para um conhecimento mais preciso das características dos sedimentos presentes ao longo do trajeto do rio Cubatão do Norte é necessário um estudo mais aprofundado e um maior detalhamento das características físicas presentes no entorno dos pontos amostrados.

Com base nos resultados atingidos por este trabalho, podem-se fazer as seguintes recomendações para pesquisas futuras:

- Adaptar o método de amostragem para locais onde o rio Cubatão do Norte apresenta maior profundidade, obtendo assim uma melhor compreensão das características dos sedimentos nesses ambientes;

- Diante da significativa variabilidade pluviométrica identificada para a bacia em análise realizar coletas em diversos períodos como verão e inverno, a fim de identificar se há uma variação dos sedimentos no leito fluvial entre o fim de um período seco e outro de cheias.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, 28, n. 2: 135-150, 1998.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - **Hidroweb: Dados Hidrológicos**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/> Acesso em 02/2013.
- ALMEIDA, B. T.; NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. CARACTERIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE CARGA SEDIMENTAR DO LEITO DO RIBEIRÃO PALMITO EM TRÊS LAGOAS (MS). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2006, Goiânia. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia: UGB, 2006. p. 1 - 12.
- BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 29 out. 2010.
- BATALLA, R. J.; VERICAT, D.; GIBBINS C. N.; Garcia C. Incipient Bed-Material Motion in a Gravel-Bed River: Field Observations and Measurements. **U.s. Geological Survey Scientific Investigations Report**, n. 5091, p.1-15, 2010.
- BRANCO, P. M. **Dicionário de Mineralogia e Gemologia**. São Paulo: Oficina Dos Textos, 2008. 608 p.
- CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática**. CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, Rio de Janeiro, RJ, 1994.
- CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JR., N.O; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de Práticas Sedimentométricas**. Brasília, Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000.
- CCJ – COMITÊ DE GERENCIAMENTO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS CUBATÃO (NORTE) E CACHOEIRA (Comp.). **Caracterização - Aspectos Físicos**. Disponível em: http://www.cubataojoinville.org.br/caract_asp_fisicos.php. Acesso em: 12/2009.
- CHARLTON, R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**. New York: Routledge, 2008. 234 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo, Edgard Blucher, 1981.
- DIAS, J. A. **A Análise Sedimentar e o Conhecimentos dos Sistemas Marinheiros**. Faro: Universidade do Algarve, 2004. 84 p.
- EMMETT W. W. **Observations of bedload Behavior in Rivers and their Implications for Indirect Methods of bedload Measurement**. Geological Survey Scientific Investigations Report. 2010-5091. P. 159-170,2010.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A. – EPAGRI. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 2002. CD-ROM.

FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias**. São Paulo-SP. Oficina de Textos, 2008.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA; KNIE, J. L. W. **Atlas ambiental da região de Joinville**: complexo hídrico da Baía da Babitonga. Joinville, SC: FATMA/GTZ, 2002.

GONÇALVES, M. L.; CARVALHO, R. J.; BARBOSA, A.; VOLTZ, R. Descrição dos aspectos fisiográficos da bacia do rio Cubatão, região nordeste de Santa Catarina. *Revista Saúde e Ambiente*. v.3, n.2, 2002. p.49-59.

GONÇALVES, M. L. **Geologia para planejamento de uso e ocupação territorial do município de Joinville**. São Paulo, Tese de Doutorado, 1993

GRABOWSKI, R. C.; DROPO, I. G.; WHARTON, G. Erodibility of cohesive sediment: The importance of sediment properties. **Earth-science Reviews**, n. 105, p.101-120, 2011.

HUDSON P.F.; BUTZER K. W.; BEACH T. **Fluvial deposits and environmental history: Synthesis**. *Geomorphology*. Vol 72. P. 73-93. 2005.

HAAK, L.; OLIVEIRA, F. A.; POLZIN, Marcos A.. ESTUDO DE DINÂMICA SEDIMENTAR FLUVIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUBATÃO DO NORTE – SC. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 2010, Porto Alegre. **Anais do XVI Encontro Nacional de Geógrafos**. Porto Alegre: Ufrgs, 2010. p. 01 - 10. Disponível em: <www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=258>. Acesso em: 31 jul. 2010.

HARDY, R. J.. Fluvial Geomorphology. **Progress In Physical Geography**, Durham, UK, v. 4, n. 30, p.553-557, 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, IBGE, 1992. 92p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS. Mapa geológico (Folha SG-22-Z-B). Rio de Janeiro, IBGE. (escala 1:250.000) (2004a).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS. Mapa geomorfológico (Folha SG-22-Z-B). Rio de Janeiro, IBGE. (escala 1:250.000) (2004b).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS. Reconhecimento de Solos (Folha SG-22-Z-B-II e SG-22-Z-D-V). Florianópolis, IBGE. (escala 1:100.000) (2002).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS. Folhas Garuva (SG-22-Z-B-II-1), Joinville (SG-22-Z-B-II-3), Jaraguá do Sul (SG-22-Z-B-I-4) e São Miguel (SG-22-Z-B-I-2). Rio de Janeiro. IBGE. (escala 1:50.000) (1981).

Instituto das Águas do Paraná. **Dados da estação meteorológica.** 2013.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; MENEHINI, P. Influencia do deslizamento em turbidez e sólidos totais na água do rio: estudo de caso da bacia do rio Cubatão do Norte, Santa Catarina. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Campo Grande, p.1-12, 2009.

MACEDO, J.M. Evolução tectônica da Bacia de Santos e áreas continentais adjacentes. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, 3(3): 159-173, 1989.

MAO, L.; SURIAN, N. Observations on sediment mobility in a large gravel-bed river. **Geomorphology**, n. 114, p.326-337, 2010.

MAREK, C.I. **Mineralogia para Principiantes, Cristalografia.** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2007. 232 p.

MENEZES, S.O. **Minerais comuns e de importância econômica: um manual fácil.** 2. ed. São Paulo: Oficina Dos Textos, 2012. 128 p.

NEVES, P. C. P. D.; SHENATO, Flávia; BACHI, Flávio Antonio. **Introdução à mineralogia prática.** Canoas: Ulbra, 2003. 256 p.

NICOLODI, E. G.; OLIVEIRA, F. A. Mapeamento geomorfológico da região nordeste de Santa Catarina. **Caderno de iniciação à pesquisa.** Joinville, SC, v.11, p. 111-115, 2009.

OWENS, P.; PETTICREW, E.; PERK, M.. **Sediment response to catchment disturbances.** Journal of Soils and Sediments, Vol.10 (4), p.591-596, 2010.

OLIVEIRA, F. A. de. **Estudo do aporte sedimentar em suspensão na Baía da Babitonga sob a ótica da Geomorfologia.** 320 f. Tese (Doutor) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PIMENTA, M. L. F.; CASTRO, P. I.; VICENS, R. S. Caracterização Sedimentológica dos canais fluviais da Bacia Hidrográfica do alto São João– RJ. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, Dourados-MS, n. , p.01-11, 2011.

SNELDER T. H.; LAMOUREUX N.; PELLA H.. **Empirical modelling of large patterns in rivers bed surface grain size.** Geomorphology. Vol 127. P. 189-197. 2011.

SLAYMAKER, O.. **Drivers of mountain landscape change during the twenty-first century.** Journal of Soil Sediments. Vol 10. P. 597-610 ,2010.

SANTA CATARINA. SDS – SIRHESC. **Diagnóstico Geral das Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina**. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/sirhsc/biblioteca_visualizar_arquivos.jsp?idEmpresa=1&idPasta=111>. Acesso em: 11 outubro 2010.

SILVA, A.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos, SP: Editora Rima, 2003

SINGH, M.; SING, I. B.; MULLER, G.. Sediment characteristics and transportation dynamics of the Ganga River. **Geomorphology**, n. 86, p.144-175, 2007.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1973.

TENA A.; BATALLA R.J.; VERICAT. D.; LÓPEZ-TARAZÓN J.A. **Suspended Sediment Dynamics in a large regulated river over a 10-year period**. *Geomorphology*. Vol 125. P. 73-84. 2011.

TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. ABRH – associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 1993

UNIVILLE - Universidade as Região de Joinville. **Dados da estação meteorológica**. 2013.

VERDÚ, J. M.; BATALLA, R. J.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A. **High-resolution grain-size characterisation of gravel, bars using imagery analysis and geostatistics**. *Geomorphology*. Vol 72. P. 73-93. 2005

VERICAT, D.; BATALLA, R. J.; GARCIA, C.. Transporte de Fondo Y Dinámica Sedimentaria en un rio altamente regulado: El Bajo Ebro (NE Península Ibérica). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n. 2, p.39-49, 2006.

YUILL B.; NICHOLS M.; YAGER E. **Coarse bed material patch evolution in low-order, ephemeral channels**. *Catena*. Vol 81. P. 126- 136, 2010.

ZALÁN, P.V.; OLIVEIRA, J.A.B. Origem e evolução estrutural do sistema de rifte Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, 13 (2): 269-300, 2005.

ZANOTELLI, C. T.; HOMRICH, A. P. M.; OLIVEIRA, F. A. **Conhecendo a bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Norte**. Joinville, SC: UNIVILLE, 2009.

ANEXO – Frações Granulométricas encontradas nos Pontos de Amostragem

Escala de Wentworth			Ponto de Coleta										
Intervalo granulométrico (mm)	Nome	ABERTURA (mm)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11
4,0 a 2,0	Grânulo	2,360	44,73	34,41	10,89	3,47	4,21	41,94	14,28	28,41	56,88	16,34	9,83
2,0 a 1,0	Areia muito grossa	1,180	14,31	23,61	23,78	45,29	10,20	31,45	30,63	30,11	15,86	33,08	25,38
0,500 a 0,250	Areia média	0,355	22,57	34,75	54,99	42,30	68,76	23,97	44,04	39,42	19,30	46,06	58,47
0,250 a 0,125	Areia fina	0,180	7,87	5,36	7,78	7,29	14,71	1,90	8,40	1,44	6,70	3,27	5,15
0,125 a 0,062	Areia muito fina	0,090	2,72	0,69	1,56	0,32	0,01	0,28	1,72	0,03	0,76	0,47	0,24
		0,063	2,04	0,23	0,19	0,16	0,15	0,09	0,27	0,08	0,14	0,17	0,14
0,062 a 0,031	Silte grosso	0,044	1,90	0,19	0,15	0,19	0,37	0,07	0,16	0,08	0,09	0,13	0,14
		0,036	0,69	0,08	0,06	0,08	0,15	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,06
0,031 a 0,016	Silte médio	0,028	0,76	0,10	0,07	0,11	0,18	0,03	0,06	0,04	0,03	0,06	0,08
		0,020	0,63	0,10	0,07	0,12	0,22	0,03	0,06	0,05	0,03	0,06	0,08
0,016 a 0,008	Silte fino	0,010	0,65	0,14	0,11	0,17	0,31	0,06	0,09	0,07	0,04	0,09	0,12
0,008 a 0,004	Silte muito fino	0,006	0,29	0,08	0,08	0,12	0,19	0,04	0,06	0,06	0,03	0,06	0,08
<0,004	Argila	0,003	0,32	0,10	0,10	0,15	0,22	0,05	0,07	0,08	0,04	0,07	0,09
		0,001	0,38	0,10	0,10	0,15	0,20	0,04	0,07	0,08	0,04	0,06	0,09
		< 0,001	0,15	0,05	0,06	0,09	0,12	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,05

Intervalo granulométrico (mm)	Nome	ABERTURA (mm)	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14	Ponto 15	Ponto 16	Ponto 17	Ponto 18	Ponto 19	Ponto 20	Ponto 21
4,0 a 2,0	Grânulo	2,360	52,78	25,38	20,53	0,05	13,93	3,60	59,68	1,54	27,14	19,67
2,0 a 1,0	Areia muito grossa	1,180	24,63	29,75	11,43	45,15	11,59	3,17	28,25	11,87	22,55	10,67
0,500 a 0,250	Areia média	0,355	20,06	37,81	61,82	29,24	56,17	80,69	11,32	81,59	44,09	43,32
0,250 a 0,125	Areia fina	0,180	1,83	5,36	5,29	2,80	12,87	11,58	0,26	4,19	4,79	17,46
0,125 a 0,062	Areia muito fina	0,090	0,26	0,88	0,32	5,67	1,99	0,24	0,18	0,36	0,24	0,00
		0,063	0,09	0,16	0,10	2,56	0,82	0,12	0,06	0,10	0,17	0,00
0,062 a 0,031	Silte grosso	0,044	0,07	0,12	0,09	2,44	0,61	0,11	0,05	0,08	0,19	0,01
		0,036	0,03	0,05	0,04	1,01	0,22	0,05	0,02	0,03	0,08	0,09
0,031 a 0,016	Silte médio	0,028	0,03	0,06	0,04	1,32	0,27	0,06	0,02	0,04	0,10	0,43
		0,020	0,03	0,06	0,05	1,42	0,26	0,06	0,02	0,04	0,10	0,87
0,016 a 0,008	Silte fino	0,010	0,05	0,10	0,07	2,12	0,32	0,09	0,04	0,05	0,15	2,18
0,008 a 0,004	Silte muito fino	0,006	0,04	0,07	0,05	1,49	0,22	0,06	0,03	0,03	0,10	1,45
<0,004	Argila	0,003	0,05	0,08	0,06	1,89	0,29	0,07	0,04	0,04	0,13	1,60
		0,001	0,05	0,08	0,06	1,75	0,28	0,07	0,03	0,04	0,12	1,55
		< 0,001	0,02	0,05	0,04	1,10	0,17	0,03	0,02	0,02	0,06	0,71