



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA

JEFERSON SENA DA COSTA

ESTUDO DE PROVENIÊNCIA E GRANULOMETRIA DOS SEDIMENTOS DOS
RIOS TOCANTINS E ITACAIÚNAS: CIDADE DE MARABÁ-PA.

MARABÁ

2017

JEFERSON SENA DA COSTA

**ESTUDO DE PROVENIÊNCIA E GRANULOMETRIA DOS SEDIMENTOS DOS
RIOS TOCANTINS E ITACAIÚNAS: CIDADE DE MARABÁ-PA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, em cumprimentos às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Emídio de Araújo Santos Júnior

MARABÁ

2017

JEFERSON SENA DA COSTA

**ESTUDO DE PROVENIÊNCIA E GRANULOMETRIA DOS SEDIMENTOS DOS
RIOS TOCANTINS E ITACAIÚNAS: CIDADE DE MARABÁ-PA.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Geologia da
Universidade Federal do Sul e Sudeste do
Pará, em cumprimentos às exigências
para obtenção do grau de Bacharel em
Geologia.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Antônio Emídio de Araújo Santos Júnior
(Orientador – UNIFESSPA)



Prof. Dr. Leonardo Brasil Felipe
(Membro - UNIFESSPA)



Prof. Msc. Aderson David de P. Lima
(Membro - UNIFESSPA)

Conceito: EXCELENTE

MARABÁ

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Biblioteca II da UNIFESSPA. CAMAR, Marabá, PA

Costa, Jeferson Sena da

Estudo de proveniência e granulometria dos sedimentos dos rios Tocantins e Itacaiúnas: cidade de Marabá-PA / Jeferson Sena da Costa; orientador, Antônio Emídio de Araújo Santos Júnior. — 2017.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Geociências e Engenharias, Faculdade de Geologia, Marabá, 2017-.

1. Sedimentos (Geologia) - Rio Itacaiúnas, Marabá (PA). 2. Sedimentos (Geologia) - Rio Tocantins, Marabá (PA). 3. Metais pesados. 4. Química da água. 5. Geoquímica. I. Santos Júnior, Antônio Emídio de Araújo, orient. II. Título.

CDD: 23. ed.: 551.304098115

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes. ”

(Marthin Luther King).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus que nos concede a vida, nos dá força, coragem e luz para enfrentar os desafios diários.

A minha família: meu pai, meus tios e tias, meus avós, meus irmãos, e em especial a minha mãe, que me deu todo o apoio do mundo para que eu concluísse o curso.

Ao meu companheiro, que esteve ao meu lado durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho, que compartilha comigo todos os sonhos para o futuro, que compreende minhas falhas, angústias, medos e me ajudou a vencer todos esses desafios, aliviando com palavras de incentivo e motivação nos momentos difíceis.

Ao meu orientador, Prof. Dr Antônio Emídio, pela orientação na elaboração desta monografia, compartilhando sua experiência profissional no decorrer de toda a graduação, bem como pelas discussões enriquecedoras que me motivaram a elaborar este trabalho.

A todos os professores: Valéria Pinheiro, Raimundo Nonato, Leonardo Felipe, Aderson Lima, Gilmara Feio, José de Arimatéia, pelos conhecimentos a mim transmitidos no decorrer do curso.

A Bettina e Jandessa que me cederam às amostras de sedimentos para confecção deste trabalho.

A todos os demais amigos e amigas que fiz ao longo da vida e do Curso, Renato Cantão, Romulo Lima, Giglianne Borges, João Paulo, Camila Danielle, Yuri Soares, Meyre James, Ozineide Carvalho, Kelly Cruz, Carlos Henrique, em especial à Rafaela Sousa, Marcelo Corrêa e Carlos Antônio, que foram mais que amigos e sim irmãos, pois me deram todo o apoio e incentivo para que eu conseguisse concretizar esta etapa da caminhada.

RESUMO

A região entre a confluência dos rios Tocantins e Itacaiunas, localizada em um trecho que compreende a cidade de Marabá, situada na região sudeste do estado do Pará, destaca-se por apresentar uma diversidade em sua dinâmica sedimentar fluvial. Estes dois rios são os principais da região, e conferem uma abundância de recursos hídricos. A partir da escassez de estudos sedimentológicos ao longo destes rios, esta pesquisa propôs identificar a proveniência através da descrição das assembleias de minerais pesados e realizar uma análise granulométrica dos sedimentos coletados ao longo dos rios Tocantins e Itacaiunas. Para a obtenção dos dados utilizou-se a amostragem, classificação e descrição de sedimentos de fundo dos referidos rios, em seguida realizou-se a caracterização da análise granulométrica e dos minerais pesados, estimando sua abundância relativa, distribuição e proveniência, correlacionando juntamente com as rochas fontes presentes na região. Os resultados da análise granulométrica evidenciaram uma variação sedimentar nos três perfis feitos ao longo dos rios. Os Perfis I e II localizados ao longo do rio Tocantins, apresentaram uma variação granulométrica de areia fina, média e grossa a muito grossa. Essa variação sugere transporte diferenciado dos sedimentos, provocado, provavelmente, por uma variação de energia do rio. No perfil longitudinal III, ao longo do rio Itacaiunas, houve pouca variação granulométrica, com predominância de sedimentos dos tamanhos areia grossa a muito grossa, indicando que neste trecho o rio possui uma elevada energia, com poucas variações de fluxo, o qual é capaz de transportar sedimentos desta granulometria. Várias espécies de minerais pesados foram identificadas neste estudo: Zircão, turmalina, rutilo, estauroлита, cianita, silimanita e granada. Com relação à proveniência dos perfis I e II, feitos ao longo do rio Tocantins, estes apresentaram uma assembleia mineralógica composta por zircão, turmalina, rutilo, estauroлита, cianita, silimanita e granada, mostrando uma diversidade de formas, grau de arredondamento, cores e texturas, o que sugere fontes e processos de ciclos sedimentares distintos para estes minerais como: rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, que são rochas pertencentes à região de estudo. A assembleia de minerais pesados identificada nos sedimentos coletados no perfil III, ao longo do rio Itacaiunas, possui uma baixa variação, sendo composta apenas por zircão, turmalina, estauroлита, cianita, silimanita e granada, indica uma proveniência do intemperismo somente de rochas metamórficas e sedimentares, referentes aos terrenos geológicos existentes na região de estudo. Para avaliar o grau de maturidade ao longo dos perfis analisados, utilizou-se os índices ZTR, o qual é a somatória das porcentagens de zircão, turmalina e rutilo, indicando que nos três perfis analisados possuem um alto grau de maturidade mineralógica mostrados nos índices ZTR calculados ao longo dos perfis. Além disso, a presença de grãos arredondados de zircão, rutilo e turmalina corroboram essa afirmação.

Palavras-chave: Análise granulométrica. Minerais pesados. Rios Tocantins e Itacaiunas.

ABSTRACT

The region between the confluence of the Tocantins and Itacaiunas rivers, located in a stretch that includes the city of Marabá, situated in the southeast region of the state of Pará, stands out for presenting a diversity in its sedimentary fluvial dynamics. These two rivers are the main in the region, which confer abundance of water resources. Starting from the scarcity of sedimentological studies along the rivers, the research intends to identify the provenance through the description of the assemblies of heavy minerals and perform a granulometric analysis of the sediments collected along the Tocantins and Itacaiunas rivers. To obtain the data was used the sampling, classification and description of the sediments of bottom these rivers, after was made the characterization of the granulometric analysis and heavy minerals, estimating their relative abundance, distribution and provenance, correlating jointly with the rocks sources presents in the region. The results of the granulometric analysis showed a sedimentary variation in the three profiles made along the rivers. Profiles I and II, located along the Tocantins River, presented a granulometric variation of fine, medium and coarse sand to very coarse sand. This variation suggests differentiated sediment transport, probably caused by a variation of the river's energy. In the longitudinal profile III, along the Itacaiunas river, there was little granulometric variation, with predominance of the sediments of of coarse sand to very coarse sand sizes, indicating that in this area the river has a high energy with few variations of flow, so that it is able to carry sediments of this granulometry. Various species of heavy minerals were identified in this study: zircon, tourmaline, rutile, staurolite, kyanite, sillimanite and garnet. With respect to the provenance of profiles I and II, along the Tocantins River, they presented a mineralogical assembly composed of zircon, tourmaline, rutile, staurolite, kyanite, sillimanite and garnet, showing a variety of shapes, degree of roundness, colors and textures, suggesting sources and processes of distinct sedimentary cycles for these minerals as igneous, sedimentary and metamorphic rocks, which are rocks belonging to the study region. The heavy mineral assembly identified in the sediments collected in profile III, along the Itacaiunas River, has a low variation, consisting only of zircon, tourmaline, staurolite, kyanite, sillimanite and garnet, indicating a provenance of weathering only of metamorphic and sedimentary rocks, referring to the geological terrains in the study region. To evaluate the degree of maturity along the analyzed profiles, the ZTR indexes were used, which is the sum of the percentages of zircon, tourmaline and rutile, indicating that in the three analyzed profiles they have a high degree of mineralogical maturity shown in the ZTR calculated along the profiles. In addition, the presence of round grains of zircon, rutile and tourmaline corroborate this claim.

Key words: Granulometric analysis. Heavy minerals. Tocantins and Itacaiunas rivers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de Localização e acesso.....	15
Figura 2 - Coleta de sedimentos de fundo dos rios Tocantins e Itacaiunas com amostrador van-ven (grab (A), sedimentos identificados e separados de acordo com o respectivo local de amostragem (B), coleta de sedimentos no rio Itacaiunas (C) coleta de sedimentos no rio Tocantins (D).	18
Figura 3 - Peneiramento padrão a seco, utilizando peneiras com diferentes diâmetros, acopladas a um agitador mecânico (A), separação de cada amostra peneirada para pesagem (B), divisão de cada fração obtida a partir do peneiramento (C), preparação das amostras para os para obtenção de minerais pesados (D) materiais utilizados para obtenção de minerais pesados (E) técnica de separação por gravidade, com o bromofórmio (gravidade específica de 2,89g/cm ³) como líquido denso (F).	20
Figura 4 - Mapa Geomorfológico de Marabá-PA.....	24
Figura 5 - Contexto geológico/geotectônico regional de parte da Amazônia Oriental (adaptado de HASUI et al., 1984 e HASUI e HARALYI, 1985 apud ALMEIDA et al. 2001).	26
Figura 6 - Mapa ilustrando a área de estudo, com seus respectivos perfis ao longo dos rios Tocantins e Itacaiunas.	35
Figura 7 - Gráficos do Perfil I.....	37
Figura 8 - Gráficos do Perfil II.....	40
Figura 9 - Gráficos do Perfil III.....	42
Figura 10 - Zircão prismático incolor (A), Zircão euédrico, prismático zonado (B), Zircão incolor bipiramidal(C), Zircão subédrico, castanho prismático com inclusão e zircão cinza, arredondado (D), Zircões arredondados (E), Turmalina Verde Prismática (F), Turmalina Verde Prismática (F), Turmalina marrom arredondada (G), Turmalina euédrica, Prismática com Zircão arredondado (H), Turmalina subédrica, amarela com prismas arredondados (I), Turmalina subédrica, Marrom angulosa (J), Rutilo prismático, circundado de zircões arredondados (K), Rutilo Arredondado e zircões arredondados (L), Rutilo subarredondado com zircões arredondados (M), Rutilo arredondado (N), rutilo anguloso com turmalina prismática e zircão arredondado (O), estaurolita angulosa com arestas afiadas (P), estaurolita angulosa com fraturas (Q), Cianita prismática (R), Cianita euédrica, prismática fraturada (s), zircões arredondados, turmalina prismática e rutilo anguloso (T).	47

Figura 11 - Zircão euédrico, prismático (A), Zircão subédrico prismáticos com inclusão (B), zircão euédrico incolor, prismático com inclusão, e zircões arredondados (C), zircões accinzentados arredondados (D), turmalina subédrica amarela (E), Turmalina euédrica verde prismática (F), turmalina marrom arredondada e zircão prismático (G), turmalina angulosa e zircões prismáticos (H), rutilo vermelho, prismático e zircões arredondados (I), rutilo e zircão prismáticos (J) Granada subarredondada fraturada (K), Granada subédrica arredondada e zircão prismático (L), Estaurolita amarela arredondada (M) estaurolita ângulosa com arestas pontiagudas (N), estaurolita arredondada fraturada (O), estaurolita subédrica, amarela angulosa (P) cianita subédrica, angulosa e estaurolita arredondada (Q) cianita, estaurolita e zircão arredondados (R), cianita incolor, prismática e turmalina verde prismática (s), silimanita incolor, subédrica, tabular (T).....50

Figura 12 - Zircão cinza subédricos, arredondado (A), Zircões cinza e castanho arredondados (B), zircões subédricos e anédricos arredondados (C), zircões accinzentados arredondados e turmalina marrom arredondada (D), turmalina verde, euédrica prismática (E), Turmalina euédrica marrom prismática (F), turmalina verde, subédrica ângulosa (G), turmalina prismática, estaurolita ângulosa e cianita (H), estaurolita angulosa com arestas pontiagudas (I), estaurolita subédrica, amarela, ângulosa (J) estaurolita e cianita angulosas (K), estaurolita e cianita arredondadas (L), cianita, incolor, prismática (M) cianita anédrica, ângulosa (N), Granada subarredondada (O), Granada subédrica, arredondada, com superfície rugosa (P) silimanita subédrica, angulosa (Q) cianita prismática (R), cianita e silimanita incolores, tabulares (s), cianita prismática e zircão arredondado (T).53

Figura 13 - Bloco diagrama ilustrando o perfil I, ao longo do rio Tocantins, mostrando seus respectivos ambientes de sedimentação, a dinâmica de transporte, variação granulométrica ao longo das amostras e a direção de fluxo das correntes fluviais (A) imagem ilustrando a área de estudo, com seus três perfis feitos ao longo dos rios (B).65

Figura 14 - Bloco diagrama ilustrando o perfil II, ao longo do rio Tocantins, e sua confluência com o rio Itacaiunas, mostrando seus respectivos ambientes de sedimentação, a dinâmica de transporte, variação granulométrica ao longo das amostras e a direção de fluxo das correntes fluviais (A) imagem ilustrando a área de estudo, com seus três perfis feitos ao longo dos rios (B).66

Figura 15 - Bloco diagrama ilustrando o perfil III, ao longo do rio Itacaiunas, e sua confluência com o rio Tocantins, mostrando seus respectivos ambientes de sedimentação, a dinâmica de transporte, variação granulométrica ao longo das amostras e a direção de fluxo das correntes fluviais (A) imagem ilustrando a área de estudo, com seus três perfis feitos ao longo dos rios (B).67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição percentual das classes granulométricas das amostras TOC - 10,11,12,13,14,15,16(Perfil I).	36
Tabela 2 - Distribuição percentual das classes granulométricas das amostras TOC – 17 A,17B,18,19,20,21,22,23 (Perfil II).	39
Tabela 3 - Distribuição percentual das classes granulométricas das amostras TOC – 24, 25, 26, 27, 28, 29 (Perfil III).	41
Tabela 4 - Ordem de estabilidade dos minerais pesados, segundo Pettijohn et al. (1973).	44
Tabela 5 - Percentuais relativos dos minerais pesados contidos nas amostras analisadas ao longo do perfil I, correspondente ao Rio Tocantins, a Montante da barra do Tucunaré. Zr= zircão; Tu= turmalina; Ru=rutilo; Es=estaurolita; Ci=cianita; Si=sillimanita;Ep=epidoto; Gr=granada.	46
Tabela 6 - Percentuais relativos dos minerais pesados contidos nas amostras analisadas ao longo do perfil II, correspondente ao Rio Tocantins, a jusante da barra do Tucunaré. Zr= zircão; Tu= turmalina; Ru=rutilo; Es=estaurolita; Ci=cianita; Si=sillimanita; Ep=epidoto; Gr=granada.	49
Tabela 7 - Percentuais relativos dos minerais pesados contidos nas amostras analisadas ao longo do perfil III, correspondente ao Rio Itacaiúnas. Zr= zircão; Tu= turmalina; Ru=rutilo; Es=estaurolita; Ci=cianita; Si=sillimanita; Ep=epidoto; Gr=granada.	52

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 APRESENTAÇÃO.....	14
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA	16
1.4 OBJETIVOS.....	16
1.4.1 Geral	16
1.4.2 Específicos	16
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	17
2.3 TRABALHOS DE LABORATÓRIO (ESTUDOS GRANULOMÉTRICOS E DE MINERAIS PESADOS)	18
2.3.1 Preparação das amostras	18
2.3.2 Peneiramento	19
2.3.3 Minerais Pesados	19
2.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO	20
3 ASPECTOS FÍSIOGRÁFICOS.....	21
3.1 CLIMA	21
3.2 HIDROGRAFIA	21
3.3 GEOMORFOLOGIA.....	22
3.3.1 Sistemas Denudacionais - SD	22
3.3.2 Sistemas Agradacionais - SA	23
3.3.3 Planícies e terraços fluviais	23
4 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	25
4.1 CRÁTON AMAZÔNICO	27
4.1.1 Província Transamazonas	27
4.2 CINTURÃO ARAGUAIA.....	28
4.3 BACIA DO PARNAÍBA.....	29

4.4 SISTEMA DE GRABEN DO MARAJÓ	31
4.4.1 Formação Ipixuna	32
4.4.2 Formação Barreiras	32
4.4.3 Sedimentos pós-barreiras	33
4.5 DEPÓSITOS ALUVIONARES.....	33
5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	34
5.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PERFIL TRANSVERSAL I, AO LONGO DO RIO TOCANTINS (MONTANTE DA BARRA DO TUCUNARÉ).....	36
5.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PERFIL TRANSVERSAL II, AO LONGO DO RIO TOCANTINS (JUSANTE DA BARRA DO TUCUNARÉ).....	38
5.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PERFIL LONGITUDINAL III, AO LONGO DO RIO ITACAIUNAS.....	41
6 MINERAIS PESADOS E ANÁLISE DE PROVENIÊNCIA	43
7 CARACTERIZAÇÃO DA ASSEMBLÉIA DE MINERAIS PESADOS	45
7.1 MINERAIS PESADOS AO LONGO DOS PERFIS.....	45
7.1.1 Perfil transversal I, ao longo do rio Tocantins (Montante da barra do tucunaré).....	46
7.1.2 Perfil transversal II (jusante da barra do tucunaré)	49
7.1.3 Perfil longitudinal III (ao longo do rio Itacaiúnas)	52
8 DISCUSSÃO	55
9 CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A confluência dos rios Tocantins e Itacaiúnas, aos arredores da cidade de Marabá, sudeste do Estado do Pará, está inserida em uma área de baixa altitude, entre planícies e terraços fluviais (FELIPE, 2012). Estes destacam-se como os principais rios da região, pertencentes a Região Hidrográfica Tocantins e Araguaia (RHTA), a mais extensa em área de drenagem no Brasil, e a segunda maior em área e vazão (ANA, 2009).

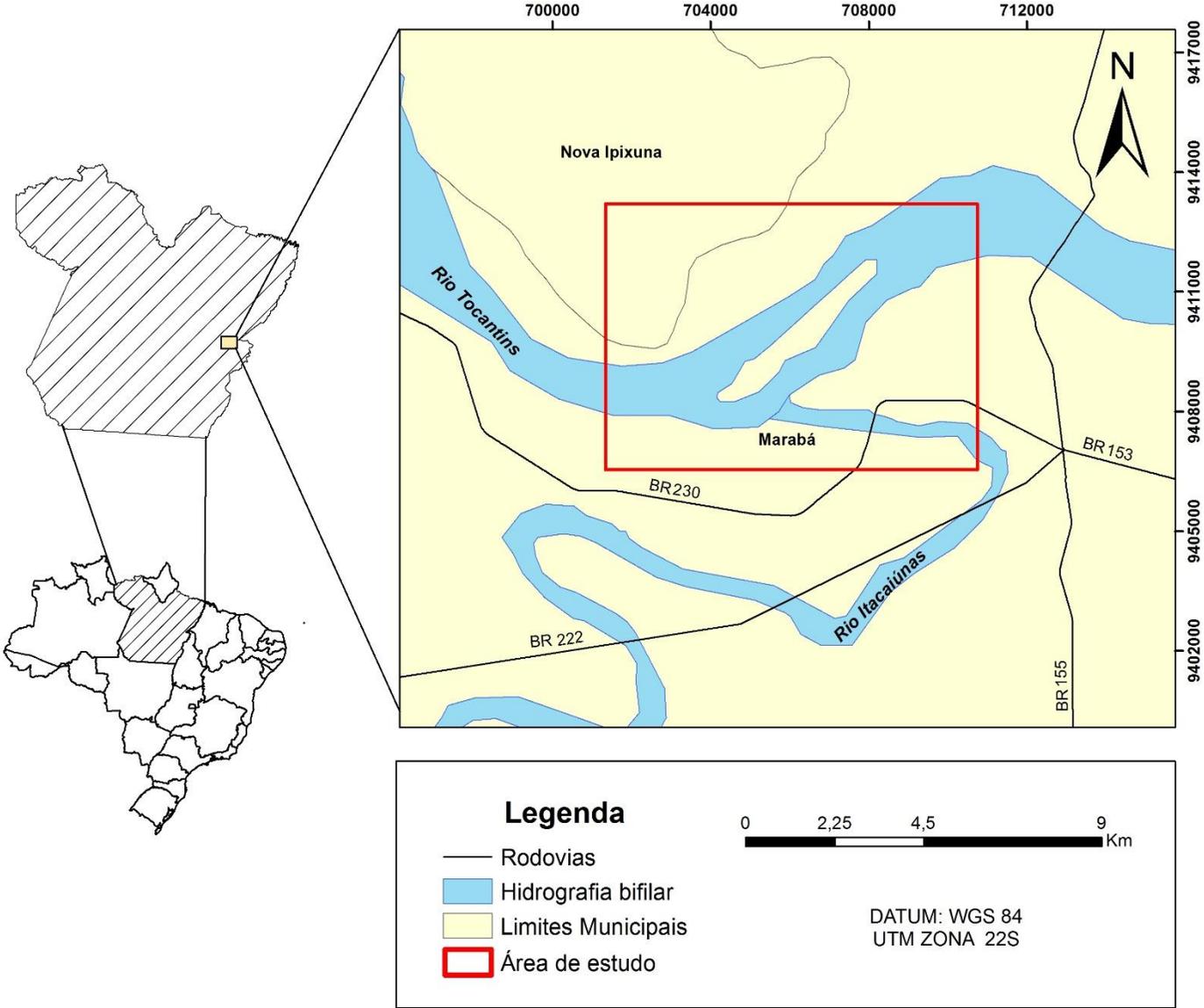
A dinâmica fluvial desenvolvida nesta região é ainda pouco conhecida. A presença de barra arenosa longitudinal de extensão quilométrica, a distribuição granulométrica de seus sedimentos e seus constituintes mineralógicos neste contexto são ainda pouco estudados. Foram realizadas análises granulométricas envolvendo quantificação das classes granulométricas contidas nos sedimentos arenosos coletados ao longo de três perfis feitos nos rios Tocantins e Itacaiunas, contendo representação numéricas percentuais e gráficas para auxílio no entendimento dos processos de transporte e deposição, bem como a distribuição da energia do fluxo no local de amostragem e em relação a área de estudo.

O presente trabalho caracterizou os sedimentos arenosos granulometricamente e assembleias de minerais pesados ao longo dos rios Tocantins e Itacaiunas, os quais permitiram avaliar a competência de transporte do sistema fluvial desenvolvido pelos rios próximos a cidade de Marabá, bem como sugerir prováveis áreas fontes dos sedimentos transportados.

1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo situa-se na Bacia hidrográfica do Rio Tocantins (Médio Tocantins), cidade de Marabá, sudeste do estado do Pará, Norte do Brasil (figura 01). Pode ser acessada pelas rodovias BR-230 e PA-150, por transporte aéreo ou ferrovia Norte-Sul concessionada à Vale S/A, a qual paralela à Hidrovia Tocantins-Araguaia (SRHMMA, 2006).

Figura 1- Mapa de Localização e acesso.



1.3 JUSTIFICATIVA

A carência de estudos sedimentológicos ao longo da calha dos rios Tocantins e Itacaiunas, envolvendo análise granulométrica e os tipos e abundância de minerais pesados dos rios nos arredores da cidade de Marabá, representam uma oportunidade de discutir os processos hidrodinâmicos fluviais da região, com a finalidade de analisar competência de transporte de sedimentos e propor áreas-fontes dos sedimentos transportados.

A pesquisa pioneira assume grande importância no viés científico como linha de pesquisas do curso de bacharelado em Geologia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, pois apresenta uma oportunidade de compreender a dinâmica sedimentar dos sistemas fluviais existentes na região.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Geral

Analisar as associações de minerais pesados e, caracterizar granulometricamente os sedimentos coletados ao longo dos rios Tocantins e Itacaiunas a fim de compreender a competência de transporte dos sedimentos antes e depois da confluência dos rios, e inferir suas possíveis fontes.

1.4.2 Específicos

- a) Representar numericamente e graficamente as classes granulométricas dos sedimentos arenosos para auxiliar no entendimento dos processos de transporte e deposição em cada trecho coletado.
- b) Caracterizar a distribuição espacial de associações de minerais pesados e suas propriedades mineralógicas, e texturais de arredondamento ao longo dos rios Tocantins e Itacaiunas, a fim de abordar prováveis áreas fontes destes sedimentos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

As etapas iniciais deste trabalho envolveram levantamento bibliográfico referente aos principais domínios geológicos na área de estudo, além da consulta à literatura relacionada à geomorfologia e clima, visando obter informações disponíveis relacionados ao conhecimento do contexto geológico-sedimentológico.

2.2 FASE DE CAMPO

Esta etapa foi realizada pelas discentes Bettina Bozi e Jandessa de Jesus do curso de geologia da Universidade Federal do sul e sudeste do Pará, no qual envolveu a amostragem de sedimentos de fundo dos rios Tocantins e Itacaiunas nas proximidades da cidade de Marabá-PA. Foram realizados trabalhos de campo durante o período de 24 a 28 de novembro de 2016, em que foram coletadas 20 amostras, ao quais posteriormente foram cedidas pelas discentes para confecção deste trabalho. Os sedimentos foram coletados em três perfis, sendo:

- 06 amostras ao longo de um perfil transversal, em um trecho do rio Tocantins (Montante da Barra do Tucunaré-);
- 08 amostras ao longo de um perfil transversal, em um trecho do rio Tocantins (Jusante da barra do tucunaré), próximo a confluência com o rio Itacaiunas; e
- 06 amostras ao longo de um perfil longitudinal, em um trecho do rio Itacaiunas.

O posicionamento das amostras foi obtido utilizando-se GPS (Global Positioning System), marca Garmin. As amostras foram coletadas com amostrador van-ven (grab) e identificadas de acordo com o respectivo local de amostragem (Figura 02).

Figura 82 - Coleta de sedimentos de fundo dos rios Tocantins e Itacaiunas com amostrador van-ven (grab) (A), sedimentos identificados e separados de acordo com o respectivo local de amostragem (B), coleta de sedimentos no rio Itacaiunas (C) e coleta de sedimentos no rio Tocantins (D).



Fonte: Bettina e Jandessa

2.3 TRABALHOS DE LABORATÓRIO (ESTUDOS GRANULOMÉTRICOS E DE MINERAIS PESADOS)

2.3.1 Preparação das amostras

As amostras de sedimentos passaram por uma secagem prévia a 100C⁰ em estufa (Nova Instruments NI 15 12), visando à eliminação da umidade.

2.3.2 Peneiramento

As amostras foram submetidas ao peneiramento padrão a seco, utilizando-se peneiras com diferentes diâmetros (2,0; 1,0; 0,5; 0,125 e 0,0625mm), acopladas a um agitador mecânico, por um período de 10 minutos para cada amostra. Neste procedimento utilizou-se o peso inicial de 100g para cada amostra a ser peneirada (figura 03). Cada fração obtida a partir do peneiramento foi pesada, e os dados foram utilizados para os estudos granulométricos.

Os diâmetros médios das frações granulométricas das amostras foram analisados através da escala de Wentworth, e posteriormente agrupados segundo os perfis divididos em:

- Perfil transversal I, ao longo do rio Tocantins (Montante da Barra do Tucunaré-);
- Perfil transversal II, ao longo do rio Tocantins (Jusante da Barra do Tucunaré);
- Perfil longitudinal III, ao longo do rio Itacaiunas.

2.3.3 Retirada de minerais Pesados

A retirada de minerais pesados foi realizada por gravidade através da imersão de sedimentos da fração areia muito fina (0,125 – 0,0625mm) em bromofórmio (gravidade específica de 2,89g/cm³) (figura 03).

Foram confeccionadas lâminas delgadas de minerais pesados, montadas com o Bálsamo do Canadá.

Utilizou-se o ATLAS DE MINERAIS PESADOS para a identificação dos minerais sob microscópio ótico (MANGE & MAURER, 1992). As propriedades diagnósticas utilizadas foram: forma, cor, pleocroísmo, clivagem, inclusões, alteração, zoneamento, entre outros.

A contagem dos grãos foi realizada através da contagem em linhas (GALEHOUSE, 1969). Nesta técnica, a lâmina é movida por meio de um passo mecânico ao longo de linhas transversais e os grãos que interceptam o cruzamento são identificados e contados. Foram contados um mínimo de 300 grãos de minerais transparentes (não opacos) por lâmina, totalizando 1947,4 (tabelas 01, 02 e 03). Os resultados quantitativos obtidos sob a forma de dados em número de frequência são representados em termos percentuais e normalizados a 100%. A abundância do

mineral individual é expressa em porcentagem numérica e sob forma de tabelas e gráficos. As amostras foram analisadas através do microscópio ótico AxiosKop 40.

Figura 3-Peneiramento padrão a seco, utilizando peneiras com diferentes diâmetros, acopladas a um agitador mecânico (A), separação de cada amostra peneirada para pesagem (B), divisão de cada fração obtida a partir do peneiramento (C), preparação das amostras para os para obtenção de minerais pesados (D) materiais utilizados para obtenção de minerais pesados (E) técnica de separação por gravidade, com o bromofórmio (gravidade específica de 2,89g/cm³) como líquido denso (F).



Fonte: Autor

2.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Foi utilizado o *software* EXCEL para calcular a porcentagem granulométrica. Posteriormente os dados foram integrados e transformados em gráficos.

3 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

3.1 CLIMA

De acordo com os dados recentes do INMET (KOTTTEK, 2006), houve um registro de precipitação média anual na ordem de 2.000mm. Sendo assim, tem-se o período de inverno com chuvas que vai de janeiro a maio, com as mais elevadas precipitações em março e abril, e o período de estiagem que vai de julho a setembro, com precipitações inferiores a 50 mm, com temperatura média de 26° C. Estes constituem os dois períodos climáticos marcantes da região.

3.2 HIDROGRAFIA

A área de estudo está situada em uma área de baixa altitude, na confluência de dois rios, Tocantins e Itacaiunas, que são os principais da região. Além das bacias relativas a estes rios, a região está inserida nas bacias dos rios Araguaia, Aquiri, Tapirape, Cinzento, Preto, Parauapebas, Vermelho, Taurizinho, Sororó, São Martinho, Jacundá e seus afluentes (RAIOL, 2010).

O Rio Itacaiunas destaca-se por cobrir uma área extensa, em torno de 5.383,4 km², cujo percurso possui diversas cachoeiras, constituindo obstáculo para a navegação. Este rio destaca-se por abranger toda a área municipal da cidade de Marabá, além de outros municípios como Parauapebas, Curionópolis e Eldorado dos Carajás (RAIOL, 2010).

O rio Tocantins nasce no Planalto de Goiás, a cerca de 1000m de altitude, sendo formado pelos rios das Almas e Maranhão, possuindo extensão de aproximadamente 1.960km, percorrendo 2.400 quilômetros até desaguar na Baía de Marajó, próximo a Belém-PA. Na região de Marabá-Pará, onde está inserida a área de estudo, o rio Tocantins percorre apenas um trecho de 50 km (SRHMMA, 2006).

O principal tributário do rio Tocantins é o rio Araguaia, que compreende 2.600km de extensão. O rio Araguaia possui, na área de estudo, um curso orientado aproximadamente segundo as direções N-S e WNW-ESE, até a sua confluência com o rio Tocantins, na região conhecida como Bico do Papagaio. Ao longo da margem direita do rio Tocantins encontram-se os rios Bagagem, Tocantinzinho, Paranã, dos

Sonos, Manoel Alves Grande e Farinha; na margem esquerda, os rios Santa Teresa e Itacaiunas (SRHMMA, 2006).

3.3 GEOMORFOLOGIA

De acordo com o mapeamento geológico elaborado pelos autores Felipe e Morales (2012), feito na região de Marabá-PA, foi possível compreender a geomorfologia da região em estudo. Os autores utilizaram uma classificação baseada no Mapeamento Geomorfológico do Estado de Goiás, desenvolvido por Latrubesse (2006). Portanto, através da avaliação e utilização de imagens de radar, foi possível realizar uma análise geomorfológica da região, determinando nove sistemas agrupados em: Sistema Denudacionais e Sistema Agradacionais (FELIPE & MORALES, 2012).

3.3.1 Sistemas Denudacionais - SD

Foi possível subdividir os Sistemas Denudacionais em dois níveis: fraco (ou não aparente) controle estrutural e forte controle estrutural.

O Sistema Denudacional com fraco (ou não aparente) controle estrutural foi subdividido em:

- Dissecado (Diss), (divididos em Morros e Colinas – SDfr Diss) neste sistema predomina uma erosão linear, constituída por por morros e colinas (FELIPE & MORALES, 2012).
- Aplainado (Ap), (superfícies locais – SDfr ap). Este sistema caracteriza-se por feições localizadas planares, formando pedimentos, superfícies de aplainamento, de inclinação suave, capeada por material detrítico descontínuo sobre a rocha, não apresentando dissecação marcada ou deposição excessiva (FELIPE & MORALES, 2012). (Figura 04).

Os Sistemas Denudacionais com forte controle estrutural são caracterizados por uma estrutural bem desenvolvida, como: blocos falhados ou basculados, estratos dobrados, gerados por corpos intrusivos, e outros. Este sistema foi subdividido em dois grupos: Estruturas Dômicas (Dom) ou Pseudo-dômicas e, por fim, Morros e Colinas (SDfo MC) (FELIPE & MORALES, 2012).

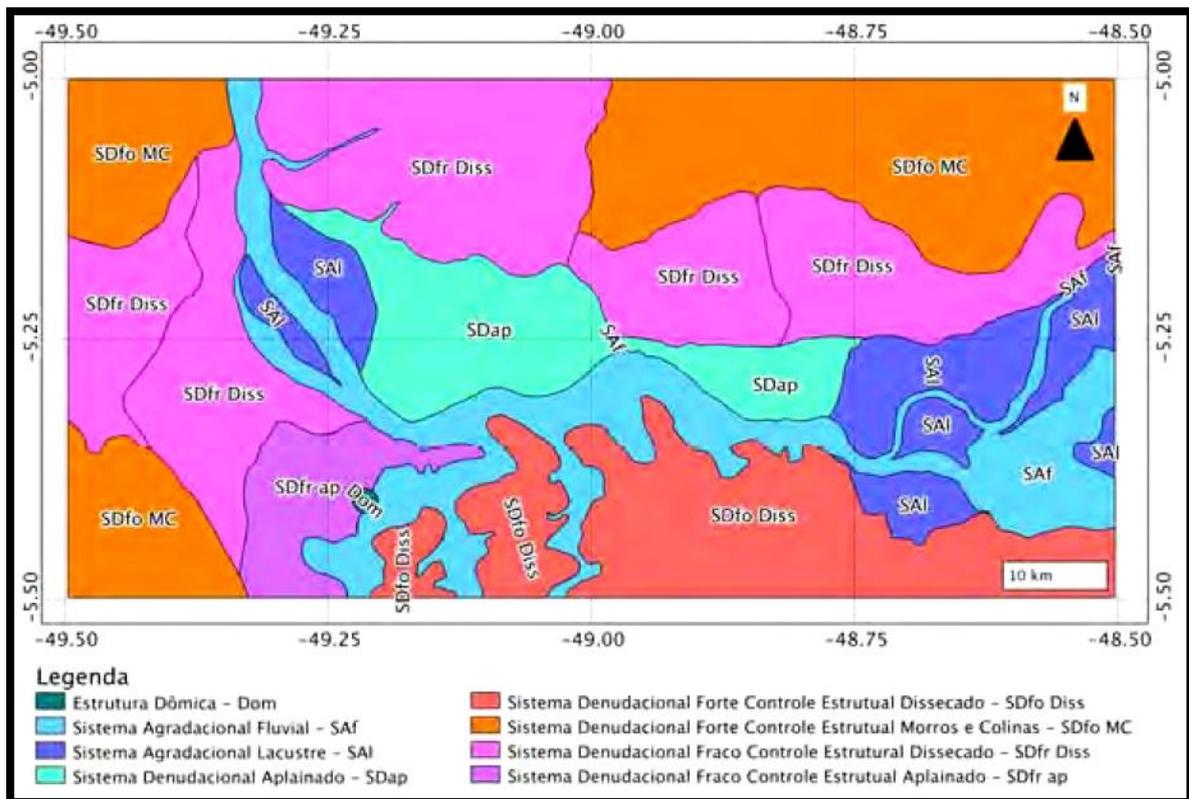
3.3.2 Sistemas Agradacionais - SA

A classificação dos Sistemas Agradacionais para a região de estudo, foi subdividida em geformas fluviais - SAf e lacustres - SAl (Figura 04). Este sistema é uma feição importante, pois grande parte encontra-se inserida na área de estudo, estas feições revelam o estágio de sedimentação com referência ao material em suspensão. Os principais rios da região, que são representados pelos rios Tocantins, Araguaia e Itacaiunas, no qual apresentam canais largos, apresentam um padrão que deve ser analisado em drenagens de ordem elevada. As feições que os rios apresentam, em planta, podem ser caracterizadas como retilínea, anastomosada, entrelaçada e meândrica, além dos tipos intermediários. (FELIPE & MORALES, 2012).

3.3.3 Planícies e terraços fluviais

A área de estudo encontra-se inserida também em áreas planas resultantes de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais caracterizadas como Planícies Fluviais. Os Terraços Fluviais também estão presentes na região, os quais são acumulações de forma plana, levemente inclinada, apresentando ruptura de declive em relação ao leito do rio e às várzeas recentes situadas em nível inferior, entalhada devido as mudanças de condições de escoamento e conseqüente retomada de erosão. Estas feições de planícies e terraços fluviais foram reconhecidas nas imagens SAR, nas proximidades da área de estudo, mais precisamente à margem direita do Rio Tocantins, no qual possui uma maior quantidade de terraços. Uma parte da área urbana mais antiga da cidade de Marabá foi construída em um terraço, por isso está sujeita a inundações anuais e constantes (FELIPE & MORALES, 2012).

Figura 4- Mapa Geomorfológico de Marabá-PA.

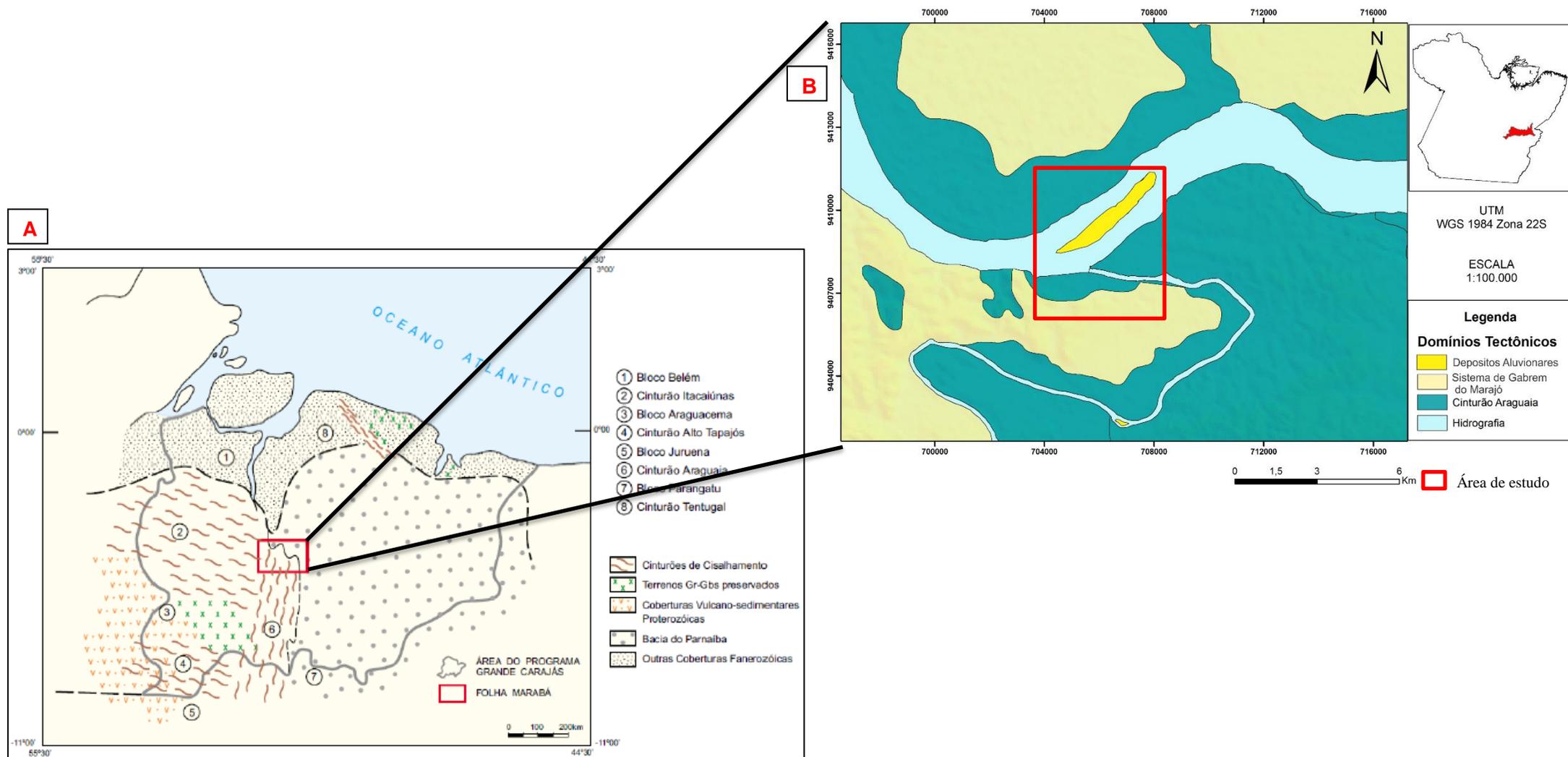


Fonte: Felipe e Morales (2012).

4 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A descrição da geologia regional para a região estudada baseia-se na identificação das principais províncias geotectônicas que compõem a Folha Marabá (SB.22-X-D), na qual está inserida a área de estudo (figura 05). De acordo com Felipe (2012); Sousa & Santos (2012) e o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2008), compreendendo seu quadro geológico tem-se: I- Cráton Amazônico-Província Transamazonas (Domínio Bacajá), representa a porção mais antiga localizada a oeste da área, II- Província Tocantins-Cinturão Araguaia (Formação Couto Magalhães), esta aflora em algumas porções a sudeste e no centro sul da área, III- Bacia do Parnaíba, aflorante na porção leste da área, IV- Sistema de Gráben do Marajó - Sub-bacia de Mocajuba (Formações: Itapecuru, Ipixuna e Grupo Barreiras), aflorantes na porção norte e nordeste da área.

Figura 5 - Contexto geológico/geotectônico regional de parte da Amazônia Oriental (adaptado de HASUI et al., 1984 e HASUI e HARALYI, 1985 apud ALMEIDA et al. 2001) (A) Mapa das províncias Geotectônicas da área de estudo (B).



4.1 CRÁTÓN AMAZÔNICO

O Cráton Amazônico destaca-se dentre as unidades geotectônicas do Pré-cambriano, e da Plataforma Sul-americana pela sua dimensão (cerca de 4.500.000 km²). Trata-se de uma placa litosférica continental constituída de um núcleo arqueano circundado por faixas orogênicas paleo- a mesoproterozóicas, tendo sido esse conjunto estabilizado cerca de 1,0 Ga atrás e atuado como antepaís das faixas orogênicas brasileiras da Província Tocantins (ALMEIDA et al., 1976, 1981, 2000; CORDANI & BRITO NEVES, 1982; BRITO NEVES & CORDANI, 1991; CORDANI et al., 2000; SCHOBENHAUS & BRITO NEVES, 2003).

Diversos modelos já foram propostos para a evolução e compartimentação tectônica do Cráton Amazônico, neste trabalho, foi adotada a proposta de Santos (2003), que divide o Cráton em sete províncias: Carajás (3000 – 2500 Ma), Transamazonas (2260 – 1990 Ma), Tapajós – Parima (2030 – 1860 Ma), Amazônia – Central (1900 – 1860 Ma), Rondônia – Juruena (1850 – 1540 Ma), Rio Negro (1820 – 1520 Ma) e Sunsás (1450 – 1000 Ma).

4.1.1 Província Transamazonas

Nas proximidades da área de estudo destaca-se a Província Transamazonas, que apresenta uma ampla distribuição ao longo das porções norte e nordeste do Cráton Amazônico. Esta província é subdividida em: Bloco Amapá, Domínio Bacajá, os Domínios Carecuru e Paru, localizados no sudeste do Escudo das Guianas e o Domínio Santana do Araguaia, localizado no sudeste do Escudo Brasil Central (SANTOS, 2003; VASQUEZ et al., 2008a). Sua evolução está relacionada às orogêneses do Ciclo Transamazônico (2.2 – 1.95 Ga), consistindo de domínios de crosta juvenil paleoproterozóica e de blocos arqueanos retrabalhados no Paleoproterozóico (TEIXEIRA et al., 1989; TASSINARI, 1996; TASSINARI & MACAMBIRA, 1999, 2004; TASSINARI et al., 2000). Para a região de pesquisa afloram somente rochas do Domínio Bacajá.

4.1.1.1 Domínio Bacajá

A oeste da região em estudo compreende rochas do Domínio Bacajá, no qual está inserido na Província Transamazonas. Este domínio é formado por associações tectônicas de fragmentos arqueanos e siderianos retrabalhados durante o Ciclo Transamazônico, granitóides de arcos magmáticos riacianos, granitóides e

charnockitos relacionados ao clímax e estágios posteriores da colisão continental riaciana, e pode ser considerado um orógeno colisional (VASQUEZ ET AL., 2008a).

No Domínio Bacajá as rochas granulíticas estão incluídas nas unidades metassedimentares Paragneisse Ipiaçava e Granulito Novolândia; os ortoderivados pertencem ao: Ortogranulito Máfico Rio Preto, complexos Cajazeiras e Aruanã. Estas unidades de alto grau foram agrupadas na associação Granulítica Arqueana-Paleoproterozóica. Os ortognaisses de fácies anfibolito, com diferentes graus de migmatização do Ortogneisse Pacajá, Ortogneisse Uruará e Metatonalito Rio Bacajá foram reunidos na Associação Granito-Gnáissico-Migmatítica Arqueana-Paleoproterozóica. As sequências metavulcano-sedimentares do Domínio Bacajá, Grupo Vila União, Sequência Três Palmeiras e Rochas Supracrustais 1, foram incluídas na unidade Greenstone Belts Arqueano-Paleoproterozóicos (VASQUEZ et al., 2008a).

4.2 CINTURÃO ARAGUAIA

O Cinturão Araguaia é uma unidade de grande relevância geotectônica do Neoproterozoico, que compõe o setor central e setentrional da Província Tocantins. É uma faixa alongada na direção N-S, com aproximadamente 1.200 km e largura de até 100 km. Posiciona-se à borda oriental do Cráton Amazônico, situado no leste-sudeste do estado do Pará e oeste do estado de Tocantins. Segundo Gorayeb et al. (2008) o Cinturão Araguaia exibe uma extensa sucessão de rochas metassedimentares, com predomínio de rochas metapelíticas e metapsamíticas, com menores contribuições de rochas carbonáticas (mármore e metacalcários) e magmáticas (metabasaltos, metagabros, metaperidotitos e corpos graníticos), que se distribuem ao longo da faixa.

Modelos evolutivos propostos para o Cinturão Araguaia sugerem que este representa um importante segmento crustal da sucessão de repetidos eventos orogênicos que resultaram na grande colagem do supercontinente Gondwana no final do Neoproterozoico (UNRUG, 1996). Segundo Abreu (1978) e Gorayeb et al. (2008) a instalação do cinturão Araguaia ocorreu em uma bacia formada por rifteamento restrito (sem formação expressiva de crosta oceânica) de crosta

continental arqueana e paleoproterozoica, seguido pela inversão tectônica da bacia, acompanhada de transporte de massa crustal de SE para NW.

A faixa pode ser dividida em dois grandes domínios: Domínio interno que envolve os terrenos atribuídos ao embasamento (Complexo Colméia), contendo estruturas antiformais de duplo caimento (antiformes de Xambioá, Lontra, Grotá Rica, Cantão, Cocalândia e Colméia), além de supracrustais pertencentes ao Grupo Estrondo (formação morro do campo e formação Xambioá). Esse grupo é composto por gnaisses, quartzitos e xistos, cujo metamorfismo atinge a fácies anfíbolito. O Domínio externo é constituído por supracrustais de baixo grau metamórfico como filitos que estão inseridas no Grupo Tocantins (formação Couto Magalhães). O elemento estrutural mais expressivo é a foliação que, dependendo da natureza das litologias e da intensidade da deformação, é expressa por: xistosidade, foliação milonítica (GORAYEB et al., 2008).

No contexto da região estudada ocorrem rochas do Grupo Tocantins, representado pelas formações: Pequizeiro, constituída por quartzo-clorita xistos abundante, clorita xistos e corpos de metabasitos; e Couto Magalhães, que são constituída por ardósias, filitos pelíticos, filitos grafitosos, meta-arcosios, metassiltitos, meta-argilitos e lentes de quartzitos (ABREU, 1978; GORAYEB, 1981).

De acordo com Felipe (2012), na folha Marabá (SB.22-X-D), mais precisamente na área urbana da cidade de Marabá, na qual está inserida a região estudada, afloram rochas da Formação Couto Magalhães. Afloramentos de rochas metamórficas de baixo grau, composto por biotita-muscovita xisto, fino, laminado, com estruturas de faturamento bem marcadas e acamamento possuindo baixo mergulho, foram descritos, na margem esquerda do Rio Tocantins, próximo à ponte rodoferroviária.

4.3 BACIA DO PARNAÍBA

A bacia do Parnaíba localiza-se na região Nordeste do Brasil e abrange uma área de aproximadamente 600.000 km², esta é uma bacia do tipo interior cratônica, composta por sucessões sedimentares, no qual seu depocentro mede mais de 3 km de espessura. A bacia do Parnaíba limitasse geologicamente a norte pelo arco

Ferrer-urbano Santos, dividindo as bacias de São Luís e Barreirinhas, na margem continental; a sul, seu limite encontra-se no arco do Médio São Francisco, separando-a da bacia Sanfranciscana; e a nordeste, pelo arco de Tocantins, que a separa da bacia de Marajó (MENDES & BORGHI, 2005).

Segundo Vaz et al. (2007) e Góes (1995), a bacia do Parnaíba foi designado em Província Parnaíba consistindo em quatro sítios deposicionais separados por discordâncias, e assim é dividida em quatro bacias: (1) Bacia do Parnaíba propriamente dita, (2) Bacia de Alpercatas, (3) Bacia do Grajaú e (4) Bacia do Espigão-Mestre.

O desenvolvimento tectono-sedimentar da Bacia do Parnaíba é atribuído à estruturação precursora relacionada aos pulsos terminais do Ciclo Brasileiro (cerca de 500Ma), resultando na formação de grábens distribuídos por toda a bacia, com orientação dos eixos de nordeste a norte. A influência desta tectônica no desenvolvimento da sedimentação pós-ordoviciano marcou pronunciadamente as primeiras fases deposicionais na bacia (GÓES & FEIJÓ, 1994).

A evolução e deposição de suas unidades geológicas deram-se tanto no Paleozóico quanto no Mesozóico, através da implantação de um regime distensivo controlado pela estruturação antiga de seu embasamento. No Paleozóico, o referido regime extensional teve o eixo de estiramento máximo orientado segundo a direção NW-SE, enquanto no Mesozóico tal eixo orientou-se segundo a direção NE-SW.

Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2008), e baseado também nos trabalhos dos autores Almeida et al (2001), foram estudadas e cartografadas várias unidades estratigráficas pertencentes a borda oeste da Bacia do Parnaíba na Folha Marabá (SB.22-X-D), na qual está inserida a área de estudo. Estas unidades são representadas pelas formações Pimenteiras, Poti, Piauí, Pedra de Fogo e Motuca (Paleozoico), com sedimentação a partir de depósitos de frente deltaica, fluvial e lacustre, e planície de maré. Além de unidades Mesozóicas compreendendo as formações Sambaíba, Mosquito, Pastos Bons, Corda, Sardinha, Codó e Itapecuru, com depósitos continentais (fluviais e eólicos), marinho (planície de maré) e de magma básico (extrusão e intrusão fissural).

4.4 SISTEMA DE GRABEN DO MARAJÓ

O Sistema de Graben do Marajó é um sistema extensional de rift formado por um conjunto de estruturas de falhas orientadas para NW-SE e NE-SW, e também falhas que foram reativadas a partir de estruturas antigas do embasamento pré-cambriano e cretáceo direcionadas para E-W a ENE-WSW e NE-SW, originadas durante a abertura do oceano Atlântico Equatorial no Eocretáceo. (AZEVEDO, 1991; VILLEGAS, 1994; COSTA & HASUI, 1997). Este sistema de graben consiste em quatro principais sub-bacias (Mexiana ao norte, Limoeiro, no centro, e Cametá e Mocajuba, no sul), localizadas ao norte do estado do Pará, abrangendo uma área de aproximadamente 180.000 Km². (LIMA, 1987; SZATMARI et al., 1987; AZEVEDO, 1991; GALVÃO, 1991; VILLEGAS, 1994; GÓES & ROSSETTI, 2001; COSTA et al., 1996a, b; 2002; SCHOBENHAUS & NEVES, 2003; SILVA et al., 2003; SOARES JR., 2007; SOARES JR. et al., 2008).

Através de investigações geológicas e geofísicas realizadas no sistema de Gráben do Marajó pelos pesquisadores (REZENDE & FERRADAES, 1971; SCHALLER et al., 1971; CARVAJAL et al., 1989), PETROBRAS, pode-se entender a natureza das principais características estruturais da bacia, definindo, em planta, uma geometria alongada, seguindo a direção NW-SE, com seus limites: a Norte- Foz do Rio Amazonas, Sul- Cinturão Araguaia, oeste- arcos Gurupá e a Leste- Tocantins (COSTA et al., 2002; SOARES JR., 2007; SOARES JR. et al., 2008; VASQUEZ et al., 2008)

Os depósitos de superfície pertencentes à sub bacia de Mocajuba no qual está inserida a área de estudo, encontram-se dispostos na porção sul do Gráben do Marajó. Esta sub bacia está limitada a norte com a sub-bacia limoeiro, a sul e a oeste com o cinturão Araguaia, e a leste com a sub- bacia de Cametá (VILLEGAS, 1994; SANTOS JR., 2002; VASQUEZ et al., 2008). Seu preenchimento sedimentar é definido em superfície pelas formações: Itapecuru (Albo-Cenomaniano, Ipixuna (Cretáceo Superior/Terciário Inferior), Barreiras (Mioceno), sedimentos Pós Barreira (Plio-Pleistoceno) e coberturas holocênicas (VILLEGAS, 1994; SANTOS JR., 2002; VASQUEZ et al., 2008).

Segundo os mapeamentos recentes realizados por Felipe (2012), Souza & Santos Jr. (2012), foram encontrados depósitos sedimentares a norte e nordeste da

região estudada, os quais correspondem as sequencias Miocênicas da borda sul da sub-bacia de Mocajuba. As unidades características, juntamente com seus litotipos e seus respectivos ambientes de sedimentação são:

4.4.1 Formação Ipixuna

Ipixuna (Cretáceo Superior/Terciário Inferior). Esta formação é caracterizada por conglomerados maciços, arenitos estratificados e argilitos laminados, caulínicos, oriundos de um sistema flúvio-estuarino (GÓES, 1981; NASCIMENTO & GÓES, 2005; SANTOS Jr., 2002; 2006; SANTOS Jr. & ROSSETTI, 2003; 2004; 2006; VASQUEZ et al., 2008);

De acordo com Felipe (2012), a Formação Ipixuna encontra-se na região estudada, mais precisamente na rodovia BR-230 (Transamazônica), a cerca de 30 km de Marabá, em direção à Itupiranga, esta unidade aflora sob a ponte do Rio Vermelho (afluente da margem esquerda do Rio Tocantins), cujos litotipos foram descritos por um único afloramento, onde na base encontra-se arenito grosso, acinzentado, com Clástos esbranquiçados (caulinizados), seguido de uma camada de argilito cinza maciço (caulim), e no topo observa-se um arenito grosso acinzentado, mal selecionado, com matriz argilosa. É possível reconhecer o contato abrupto discordante com a Formação Barreiras.

4.4.2 Formação Barreiras

A Formação Barreiras é representada por argilitos maciços/laminados, siltitos maciços/laminados, arenitos quartzosos com estratificação cruzada acanalada/tabular, bandamentos de maré, superfícies de reativação com recobrimentos argilosos e conglomerados, oriundos de sistema flúvioestuarino (SANTOS JR., 2002; 2006; ROSSETTI & SANTOS JR., 2004; NASCIMENTO & GÓES, 2005; ROSSETTI, 2006; SOUZA & SANTOS JR., 2010)

Os autores Felipe (2012) e Sousa & Santos Jr. (2012), revelam, através de estudos realizados, que os depósitos sedimentares da Formação Barreiras afloram em cortes de estrada na rodovia Transamazônica (Br-230), próximo a cidade de Marabá, estes depósitos são compostos por rochas sedimentares pouco consolidadas, constituídas por argila de coloração variada, associada a camadas arenosas e níveis sílticos ou conglomeráticos. No trecho da BR-230, que vai de

Marabá até Itupiranga, esses depósitos encontram-se amplamente falhados, onde os planos de falhas normais apresentam rejeitos de até 10 metros. Tais sequências formam tabuleiros que se destacam no relevo.

Pode-se revelar a ocorrência de ambientes sedimentares inseridos dentro do contexto deposicional proximal da Formação Barreiras, representados por depósitos siliciclásticos de canal fluvial meandrante influenciado por maré, e ambiente de canal fluvial entrelaçado (SOUSA & SANTOS JR., 2012). Ao longo do rio Tocantins e os seus afluentes, principalmente o rio Itacaiúnas, os depósitos miocênicos recobrem as rochas mais antigas e estão em contato direto com os aluviões quaternários dos rios. (FELIPE, 2012).

4.4.3 Sedimentos pós-barreiras

Na área em estudo, foram reconhecidos depósitos de estratos oxidados, de coloração vermelha clara a amarela, dispostos discordantemente sobre os estratos da Formação Barreiras. Observou-se também, lateritos formando crosta rígida nos morros de topo plano, bem como perturbados por falhas ou basculados. Essa unidade ainda é pouco estudada. Estes depósitos ocorrem formando uma capa sobre as coberturas miocênicas da Formação Barreiras. Esta superfície é caracterizada por padrão erosivo/laterítico, com aspecto geralmente colunar caracterizando os depósitos plio-pleistocênicos dos Sedimentos Pós-Barreiras. (FELIPE, 2012; SOUSA & SANTOS JR., 2012).

4.5 DEPÓSITOS ALUVIONARES

A região de estudo possui áreas extensas que são recobertas por depósitos sedimentares recentes, com origem fluvio-lacustre. Esses depósitos são extensos e constituem terraços aluvionares, alúvios e colúvios. É possível observar nas margens dos rios Itacaiúnas, Tocantins e Araguaia e de vários afluentes desses rios, terraços e aluviões, compostos principalmente de areia, cascalho e argila (FELIPE, 2012).

Segundo Mapeamento do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2008), foram realizadas análises litológicas e das feições morfológicas, individualizadas em vários tipos de depósitos aluvionares: Depósitos de barras em pontal ou em meandros: são

constituídos de areia fina a média, no lado interno dos canais meandrantos e silto-argilosas nas partes mais elevadas, evidenciando a diminuição principal. São constituídos de areia fina, silte e argila; Depósitos residuais de canal: constituídos de areia grossa, de espessura reduzida, ocorrendo sob a forma lenticular e descontínua nas partes mais profundas do canal. A sua forma de leito é normalmente mega ripples de crista sinuosa; Depósitos de planícies de inundação: formados durante o período de cheias, devido à precipitação de material em suspensão, são constituídos predominantemente de argila; Depósitos de lagos: material oriundo da precipitação do material em suspensão nos lagos, são constituídos de argila de cor cinza plástica, contendo matéria orgânica e laminação planoparalela e Depósitos de conglomerados: constituídos por seixos centimétricos de quartzo, quartzito, fragmentos de calcário, argila e blocos de lateritos, apresentando arca-bouço aberto, suportado por uma matriz areno-argilosa. Foram depositados provavelmente em porção proximal de leques aluviais.

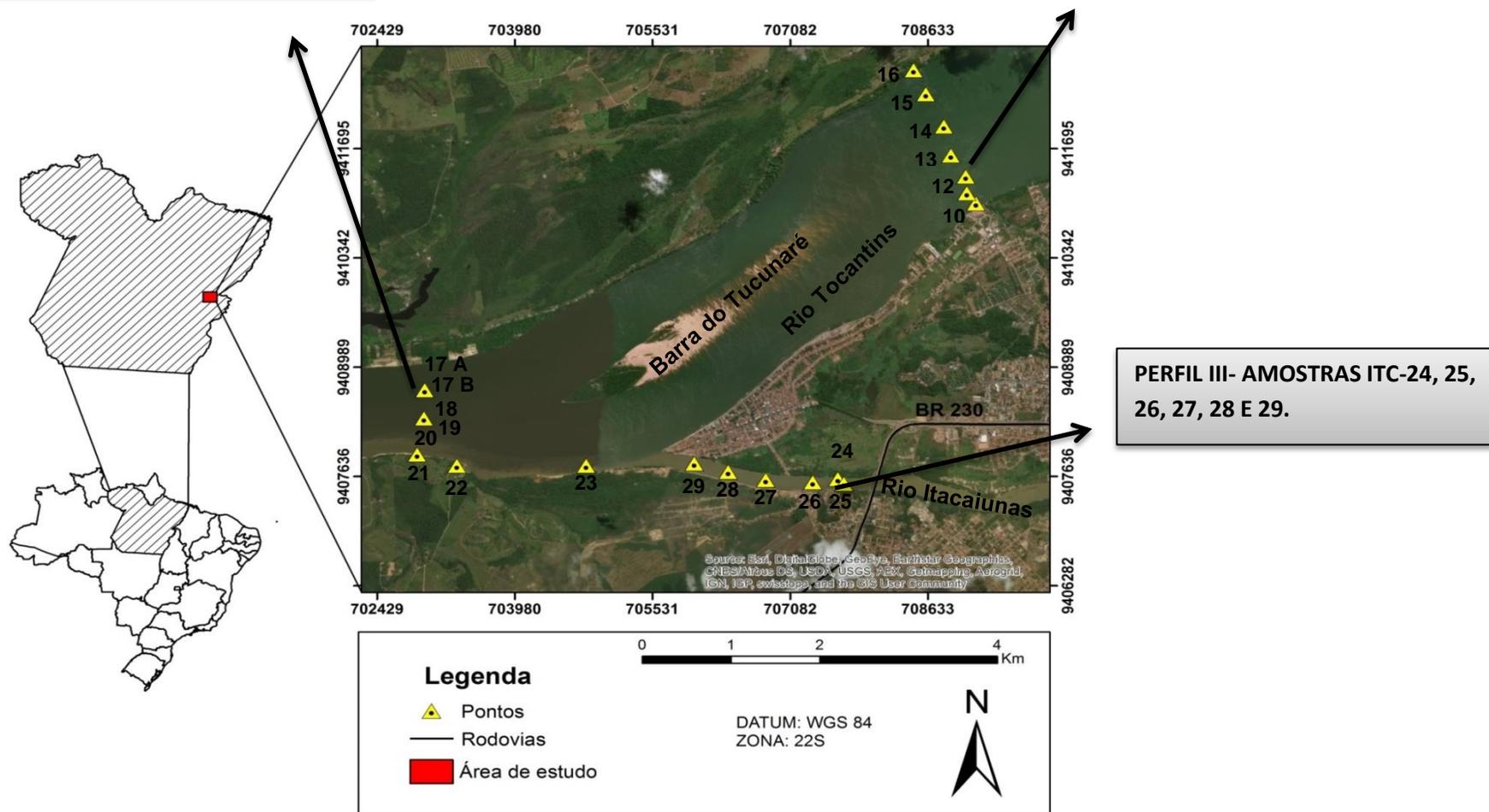
5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica foi realizada com base nos sedimentos coletados na área de estudo, totalizando 20 amostras, que foram retiradas ao longo de três perfis feitos nos rios Tocantins e Itacaiúnas, sendo: perfil transversal I, ao longo do rio Tocantins (Montante da Barra do Tucunaré-); perfil transversal II, ao longo do rio Tocantins (Jusante da Barra do Tucunaré), e Perfil longitudinal III, ao longo do rio Itacaiunas (figura 06). Os sedimentos apresentaram uma grande diversidade granulométrica, desde seixos, grânulos, areia muito grossa a areia muito fina, siltes e argila. A análise granulométrica detalhada apresentando resultados de distribuição granulométrica estão sumarizados nas tabelas 01, 02 e 03, e gráficos da figura 07, 08 e 09

Figura 6-Mapa ilustrando a área de estudo, com seus respectivos perfis ao longo dos rios Tocantins e Itacaiunas.

PERFIL II- AMOSTRAS: TOC-17 A, 17 B, 18, 19, 20, 21, 22, E 23.

PERFIL I- AMOSTRAS: TOC-10, 12, 13, 14, 15 E 16.



Fonte: Autor

5.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PERFIL TRANSVERSAL I, AO LONGO DO RIO TOCANTINS (MONTANTE DA BARRA DO TUCUNARÉ)

A classificação granulométrica dos sedimentos neste trecho do rio Tocantins mostrou, ao longo do perfil realizado, materiais de granulometria variando entre os tamanhos: areia fina, média, grossa e grossa a muito grossa. A tabela 01 apresenta as características granulométricas deste perfil do rio.

Os sedimentos coletados ao longo do perfil transversal I localiza-se mais precisamente em um trecho do rio Tocantins, a montante da barra do tucunaré, e são representados pelas amostras (TOC-10, 11, 12, 13, 14, 15,16) (figura 06).

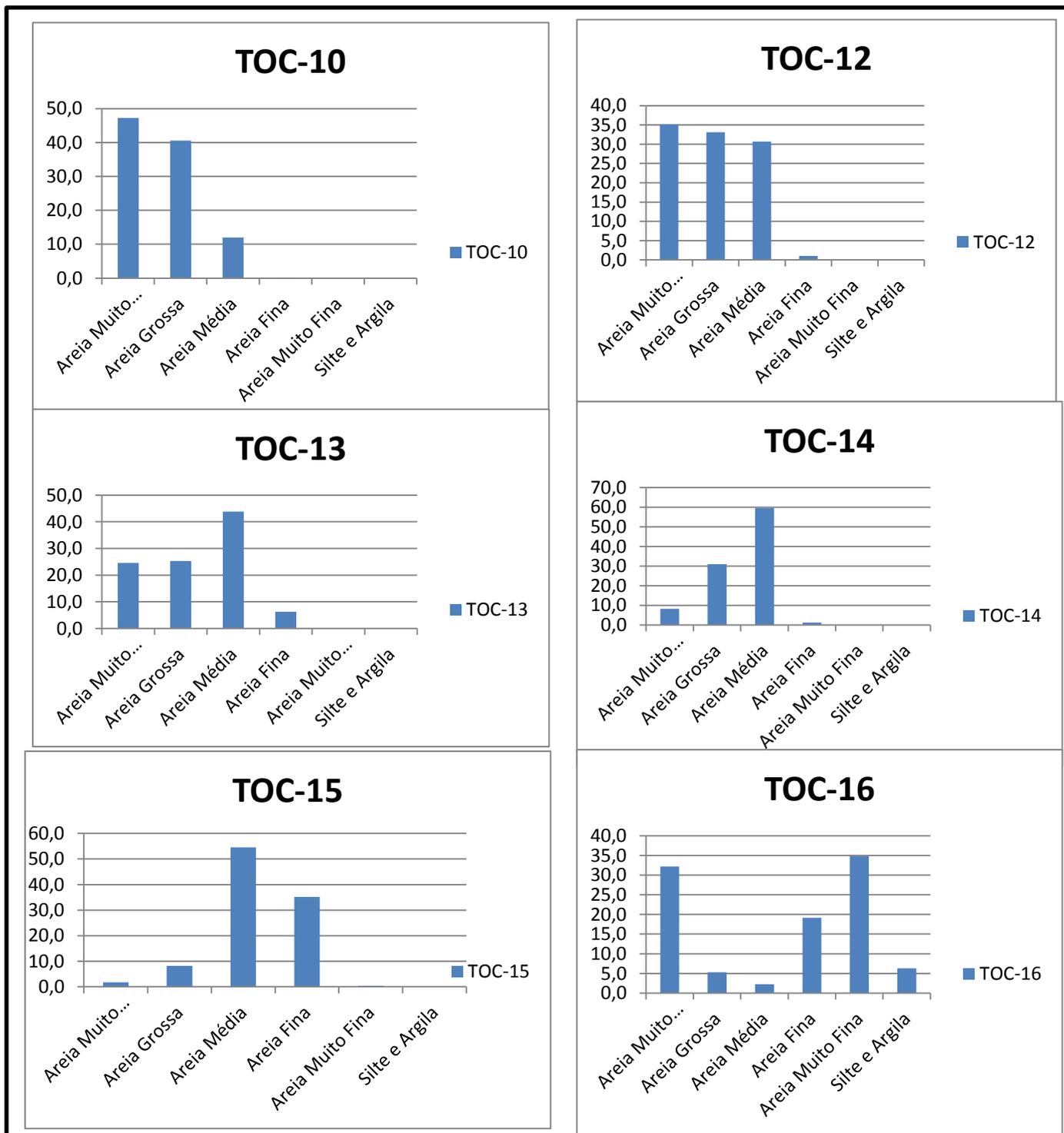
No perímetro inicial deste perfil, localizado no setor de transição entre a margem esquerda do rio e o centro do canal, nos pontos TOC-10 e 12, a granulometria predominante variou entre o tamanho areia grossa (33,1% - 40,6%), e areia muito grossa (35,2% - 47,3%). No ponto 11 não houve êxito na amostragem do sedimento de fundo, pois se tratava de um lajedo e rochas metamórficas. Em direção à margem direita do canal, nos pontos TOC-13,14 e 15, nota-se uma diminuição da granulometria, passando de areia grossa a muito grossa, para areia média (43,8% - 59,55%). A partir do ponto 15 nota-se uma pequena diminuição da granulometria, sendo esta amostra como predominância areia média (54,5%), porém com níveis de areia fina (35,1%). No ponto TOC - 16 houve uma mudança significativa na granulometria, com sedimentos variando em areia muito grossa (32,2%), e areia fina a muito fina (34,8%).

Os gráficos da figura 07 apresentam as análises granulométricas das amostras coletadas ao longo do perfil I. Portanto, considera-se que a média das amostras deste perfil obtiveram a classe predominante de areia média, dispostas nas amostras TOC-13,14 e 15 com seus diâmetros das frações variando de 0,500 - 0,250mm, seguindo a escala de Wentworth para diâmetro das partículas.

Tabela 1 - Distribuição percentual das classes granulométricas das Amostras TOC - 10,11,12,13,14,15,16(Perfil I).

FAIXA GRANULOMÉTRICA	Pontos Amostrados					
	TOC-10	TOC-12	TOC-13	TOC-14	TOC-15	TOC-16
Areia muito Grossa	47,3	35,2	24,6	8,3	1,8	32,2
Areia Grossa	40,6	33,1	25,3	31,0	8,2	5,3
Areia Média	12,0	30,7	43,8	59,5	54,5	2,3
Areia Fina	0,1	1,0	6,3	1,2	35,1	19,1
Areia Muito Fina	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	34,8
Silte e Argila	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3

Figura 07-Gráficos da distribuição percentual das classes granulométricas das amostras coletadas no perfil I, ao longo do rio Tocantins (a montante da barra do tucunaré)



Fonte: Autor

5.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PERFIL TRANSVERSAL II, AO LONGO DO RIO TOCANTINS (JUSANTE DA BARRA DO TUCUNARÉ)

Os sedimentos coletados ao longo do perfil transversal II, estão localizados em um trecho do rio Tocantins, a jusante da barra do tucunaré, e são representados pelas amostras (TOC-17-A, 17-B, 18,19, 20, 21, 22,23). Este perfil encontra-se próximo à confluência com o rio Itacaiunas apresentando também variação granulométrica (Figura 06).

A classificação granulométrica neste trecho do rio Tocantins mostrou, ao longo do perfil realizado, materiais de granulometria também, variando entre os tamanhos de areia fina, média, grossa e muito grossa. A Tabela 02 apresenta as características granulométricas deste perfil do rio.

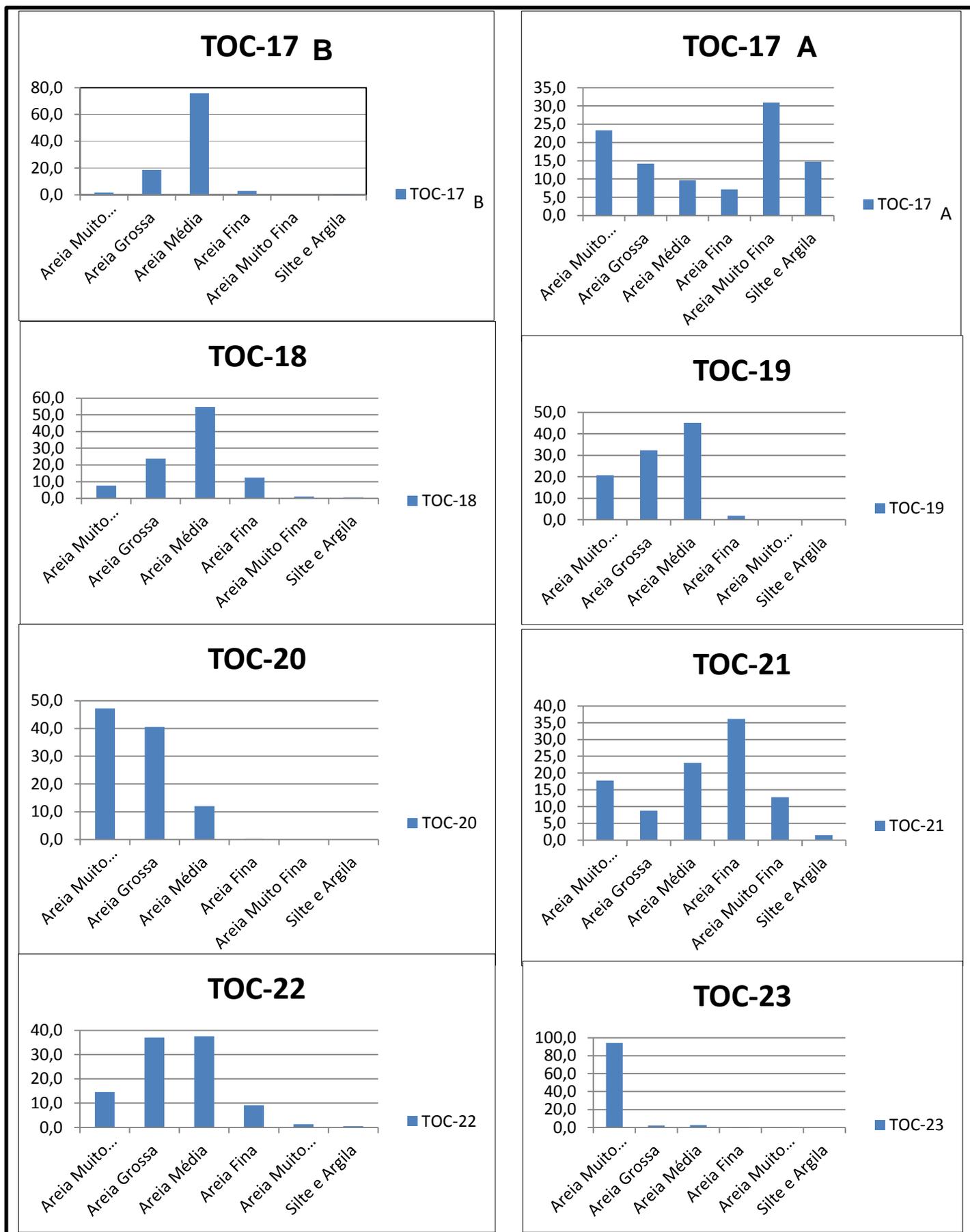
No perímetro inicial deste perfil, localizado no setor de transição entre a margem direita do rio e a barra arenosa longitudinal (barra do tucunaré), no ponto TOC-17-A, a granulometria variou entre o tamanho areia muito grossa (32,3%), e areia muito fina (30,9%). A partir do ponto TOC-17-A, até a barra longitudinal (barra do tucunaré), as amostras TOC 17 B, 18 e 19, apontaram uma composição essencialmente arenosa, com predominância de areia média (37,5 a 75,9 %). Prosseguindo o perfil, no perímetro ente a barra arenosa longitudinal (barra do tucunaré) e a margem esquerda do rio, próximo a foz do rio Itacaiunas, nos pontos TOC – 20,21, 22 e 23 houve uma mudança significativa na granulometria dos sedimentos, variando de areia média, grossa a muito grossa (94,3 – 47,3). Já no ponto TOC - 21 houve uma mudança significativa na granulometria, com sedimentos variando em areia muito grossa (32,2%), e areia fina a muito fina (34,8%).

Os gráficos da figura 08, referem-se à análise granulométrica das amostras coletadas ao longo do perfil II. Portanto considera-se que as médias das amostras deste perfil obtiveram a classe predominante de areia média, com seus diâmetros das frações variando de 0,50 - a 0.25mm, seguindo a escala de Wentworth para diâmetro das partículas.

Tabela 2- Distribuição percentual das classes granulométricas das Amostras TOC – 17 A, 17B, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (Perfil II).

PONTOS DE AMOSTRAGEM								
FAIXA GRANULOMÉTRICA	TOC-17A	TOC-17B	TOC-18	TOC-19	TOC-20	TOC-21	TOC-22	TOC-23
Areia Muito Grossa	23,3	1,8	7,6	20,8	47,3	17,7	14,6	94,3
Areia Grossa	14,2	18,6	23,8	32,3	40,6	8,8	37,0	2,3
Areia Média	9,6	75,9	54,5	45,0	12,0	23,0	37,5	2,5
Areia Fina	7,1	2,9	12,4	1,8	0,1	36,2	9,1	0,8
Areia Muito Fina	30,9	0,3	1,1	0,0	0,1	12,8	1,3	0,0
Silte e Argila	14,7	0,5	0,5	0,0	0,0	1,5	0,5	0,0

Figura 08-Gráficos da distribuição percentual das classes granulométricas das amostras coletadas no perfil II, ao longo do rio Tocantins (a jusante da barra do tucunaré)



5.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PERFIL LONGITUDINAL III, AO LONGO DO RIO ITACAIUNAS

Os sedimentos coletados ao longo do perfil longitudinal III são provenientes de um trecho do rio Itacaiunas, representado pelas amostras (TOC-24, 25, 26, 27, 28, 29). O perfil tem um perímetro que vai desde próximo a uma ponte sobre o rio até a sua foz com o rio Tocantins (Figura 06).

O perfil III apresenta características bem distintas ao perfil I e II, pois não há uma baixa variação granulométrica (Tabela 03). No seu perímetro inicial, localizado no setor de transição entre a margem esquerda do rio e o centro do canal, nos pontos 24 e 25 (Figura09), a granulometria predominante variou entre os tamanhos de areia grossa (75,2%) e areia fina (43,4%). Dando prosseguimento ao perfil com os pontos TOC – 26, 27, 28 e 29. A granulometria varia entre areia muito grossa (41%) amostra TOC – 26, e por fim com granulometria predominante de areia grossa a média (37, 4% - 46,4%) nas amostras TCO- 27, 28 e 29.

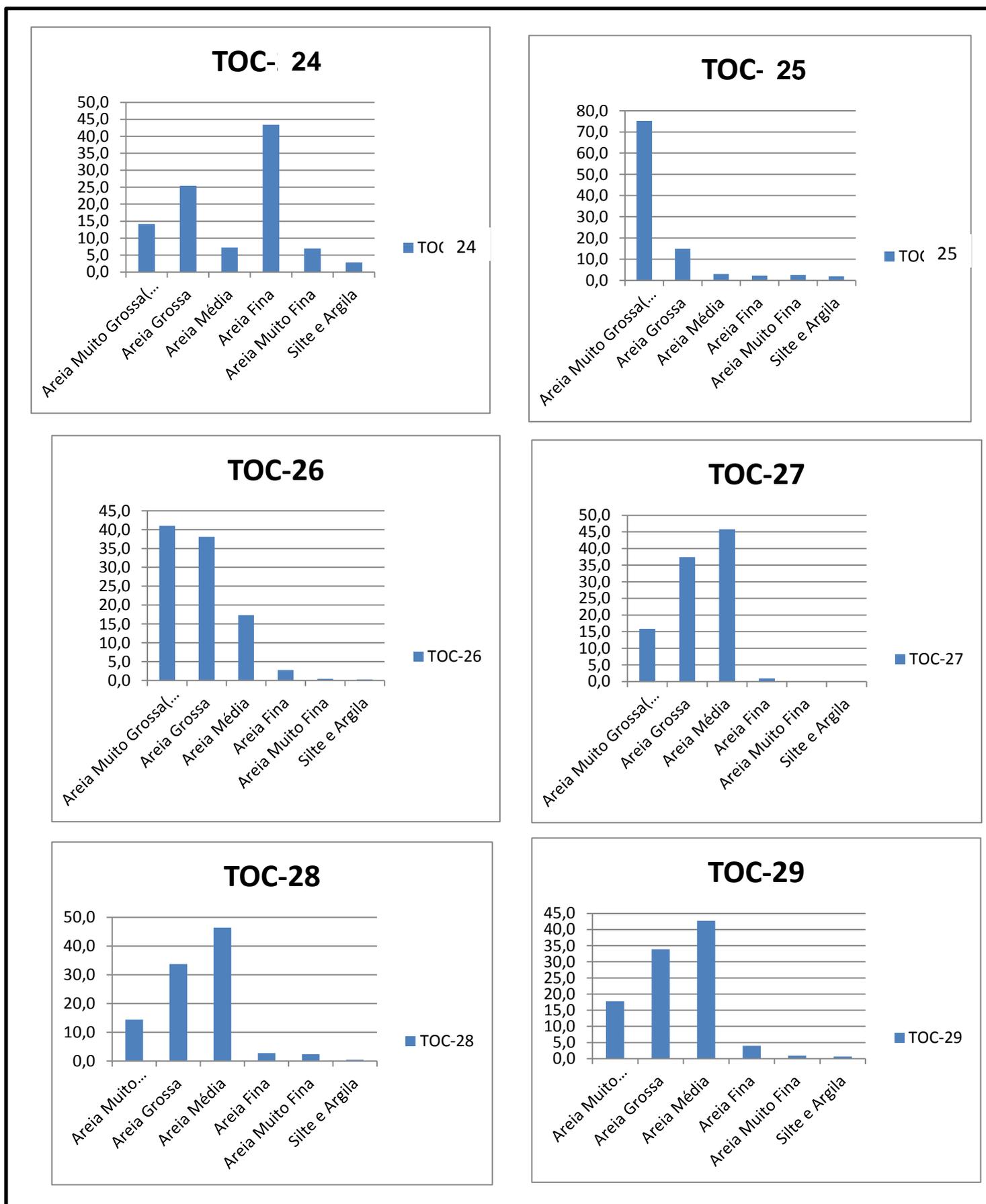
Portanto neste perfil as amostras obtiveram em sua análise granulométrica a predominância de sedimentos de granulação grossa com (30,6%) no total, ilustrado nos gráficos da figura 09, com diâmetros médios das frações de 0.1 a 0.50 mm, seguindo a escala de Wentworth para diâmetro das partículas.

Contudo, havendo pouca variação na granulometria dos sedimentos entre as amostras coletadas neste perfil.

Tabela 3- Distribuição percentual das classes granulométricas das Amostras TOC – 24, 25, 26, 27, 28, 29 (Perfil III).

PONTOS AMOSTRADOS						
FAIXA GRANULOMÉTRICA	TOC-24	TOC-25	TOC-26	TOC-27	TOC-28	TOC-29
Areia muito Grossa (Granulos e seixos)	14,1	75,2	41,0	15,9	14,4	17,8
Areia Grossa	25,4	14,9	38,1	37,4	33,7	33,9
Areia Média	7,2	3,1	17,4	45,8	46,4	42,7
Areia Fina	43,4	2,2	2,8	1,0	2,7	4,0
Areia Muito Fina	7,0	2,6	0,5	0,0	2,4	0,9
Silte e Argila	2,9	1,6	0,3	0,0	0,4	0,7

Figura 09- Gráficos da distribuição percentual das classes granulométricas das amostras coletadas no perfil III, ao longo do rio Itacaiunas (perfil longitudinal feito ao longo do rio Itacaiunas).



6 MINERAIS PESADOS E ANÁLISE DE PROVENIÊNCIA

O estudo de minerais pesados tem por finalidade reconstruir e interpretar a história dos minerais, desde a sua erosão inicial da rocha fonte, até seu transporte, reciclagem, modificação da composição original, até sua deposição e diagênese. Esses estudos se iniciaram no século XIX com pesquisas de minerais pesados de areias, analisadas ao microscópio ótico. O primeiro estudo de proveniência foi feito em minerais de zircão e titanita, oriundos de rochas sedimentares, cujo objetivo era determinar a rocha fonte de minerais individuais ou sua variedade, baseados nas assembléias de minerais acessórios de rochas ígneas e metamórficas. O primeiro estudo foi publicado em 1884 por Thürach (WELTJE & EYNATTEN, 2004).

Os minerais pesados possuem densidade maior que $2,8\text{g/cm}^3$, portanto, para que haja uma análise precisa e eficiente destes, se faz necessária a utilização de várias ferramentas para a determinação de sua proveniência, pois os minerais são componentes principais das rochas Ígneas, sedimentares e metamórficas, podendo cada um, representar uma paragênese específica, como exemplo a estauroлита e a cianita, que são comumente encontradas em rochas metapelíticas (MANGE & MAURER, 1992; MANGE-RAJETZKY, 1995; LIHOU & MANGER-RAJETZEKY, 1996; MORTON & HALLSWORTH, 1999).

As rochas e seus sedimentos são submetidos todo tempo a diversos processos complexos, envolvendo o intemperismo, erosão, transporte, deposição e soterramento nos ambientes deposicionais, os quais são registrados no decorrer do tempo geológico. Estes processos influenciam na composição final dos sedimentos, desde suas áreas-fonte até os sítios deposicionais. É de fundamental importância que se obtenha o conhecimento dos tipos de processos e suas ações na composição final dos sedimentos (JOHNSSON et al., 1991; JOHNSSON, 1993; MORTON & HALLSWORTH, 1999), pois através destes conhecimentos, poderá avaliar o grau de modificação e identificar a proveniência nos diferentes terrenos geológicos.

Uma das ferramentas amplamente utilizada para análise de proveniência é o estudo sobre a estabilidade relativa dos minerais pesados, no qual dividem em grupos os minerais em: muito instáveis, instáveis, moderadamente estáveis, estáveis

e ultraestáveis (PETTIJOHN et al., 1973; WELTJE et al., 2004) (tabela 04). Esta classificação pode ser baseada na suscetibilidade que os minerais apresentam aos processos intempéricos e outras condicionantes, tais como: tipo de intemperismo na área fonte, razão entre as velocidades de erosão e de intemperismo, características específicas do meio de transporte, e a permanência dos minerais sob condições químicas adversas nos sítios deposicionais, separação hidráulica, impactos e esforços físicos, entre outras condicionantes.

Tabela 4-Ordem de estabilidade dos minerais pesados, segundo Pettijohn et al. (1973).

Estabilidade	Minerais
Muito instáveis	Olivina
Instáveis	Hornblenda
	Actinolita
	Augita
	Diópsidio
	Hiperstenio
	Andalusita
Moderadamente estáveis	Epídoto
	Cianita
	Granada (rica em ferro)
	Silimanita
	Esfeno
	Zoisita
Estáveis	Apatita
	Granada (pobre em ferro)
	Estaurolita
	Monazita
Ultra-estáveis	Rútilo
	Zircão
	Turmalina
	Anatásio

7 CARACTERIZAÇÃO DA ASSEMBLÉIA DE MINERAIS PESADOS

Neste capítulo será abordado o estudo de proveniência, através da técnica de análise microscópica dos minerais pesados oriundos dos sedimentos coletados na área de estudo, correspondente aos três perfis realizados ao longo dos rios Tocantins e Itacaiúnas. Foram identificados, descritos e quantificados 1947,4 grãos de minerais pesados referentes às frações 0.125-0.063mm de 20 amostras coletadas, nas quais foram agrupadas segundo os seus respectivos perfis divididos em: perfil transversal I, ao longo do rio Tocantins (Montante da Barra do Tucunaré-); perfil transversal II, ao longo do rio Tocantins (Jusante da Barra do Tucunaré), e Perfil longitudinal III, ao longo do rio Itacaiúnas. Os dados gerados apresentam-se em forma de percentuais relativos nas tabelas 05, 06 e 07, ilustrando a assembleia de minerais pesados das amostras analisadas em cada perfil.

7.1 MINERAIS PESADOS AO LONGO DOS PERFIS

Foi reconhecida nos três perfis realizados ao longo dos rios Tocantins e Itacaiunas uma assembléia de minerais pesados composta por zircão, turmalina, rutilo, estaurolita, cianita, silimanita, granada e epidôto. Os minerais estão ilustrados nas tabelas 05, 06, 07 e figuras 10, 11, e 12. Estes possuem uma diversidade de formas, grau de arredondamento, estrutura, textura e cores, sugerindo fontes distintas.

Para avaliar o grau de maturidade ao longo dos perfis analisados, utilizou-se os índices ZTR (HUBERT, 1962), o qual é a somatória das porcentagens de zircão, turmalina e rutilo. O índice ZTR nestes perfis varia de 29,5 a 100 %.

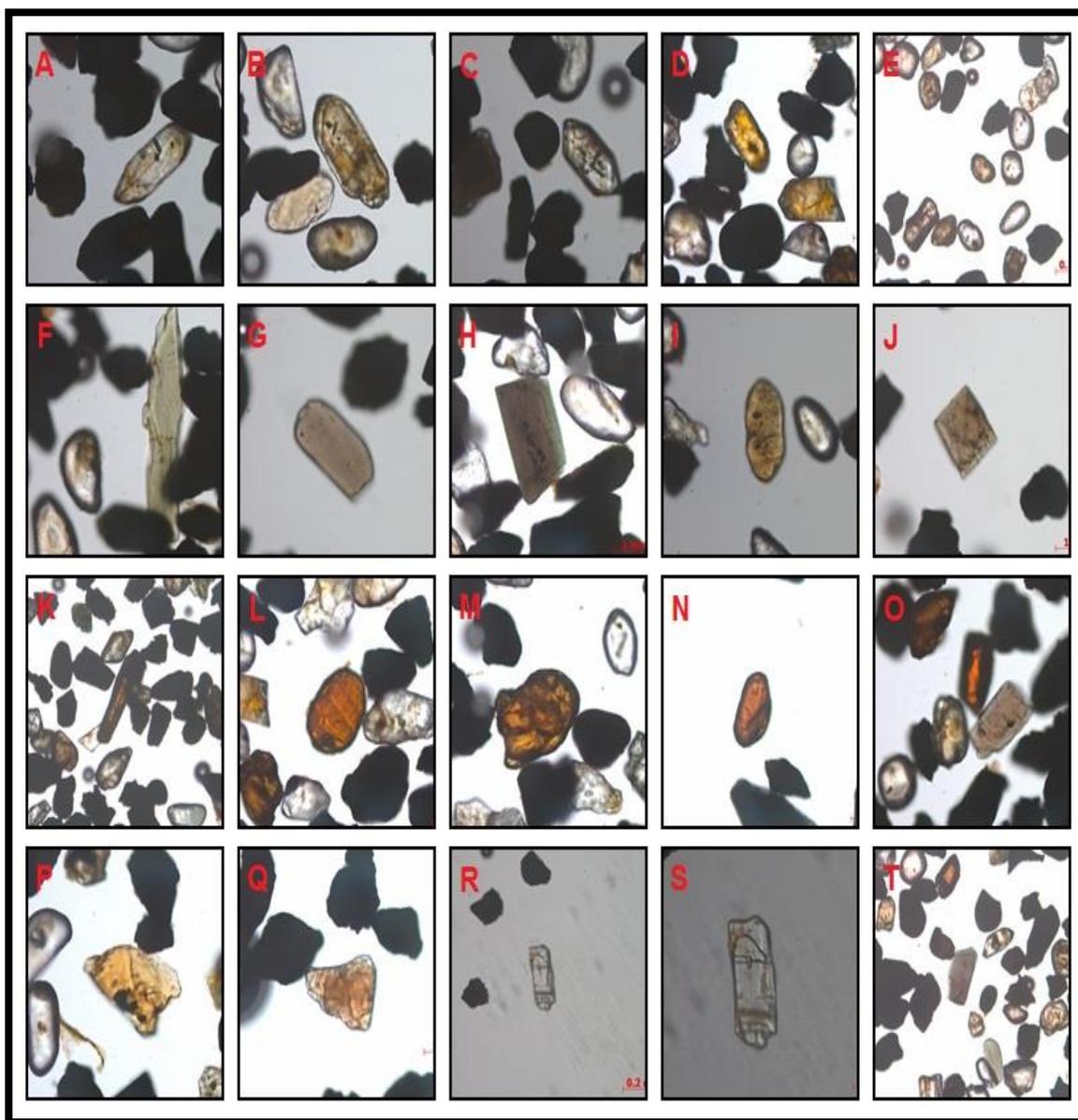
7.1.1 Perfil transversal I, ao longo do rio Tocantins (Montante da barra do tucunaré)

Nas amostras coletadas ao longo do perfil transversal I, correspondente ao rio Tocantins, observou-se que a assembleia de minerais pesados mais representativa é: zircão, turmalina, rutilo e estauroлита, e com menos representatividade os minerais: cianita e epidoto (Tabela 05, figura 10).

Tabela 5 - Percentuais relativos dos minerais pesados contidos nas amostras analisadas ao longo do perfil I, correspondente ao Rio Tocantins, a Montante da barra do Tucunaré. Zr= zircão; Tu= turmalina; Ru=rutilo; Es=estauroлита; Ci=cianita; Si=sillimanita; Ep=epidoto; Gr=granada. Índice ZTR: *somatória das porcentagens de zircão, turmalina e rutilo.*

Amostra	Zr	Tu	Ru	ES	Ci	Si	Gra	Ep	Total	ZTR
TCO-10	63,3	29,7	3,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,7	100,0	96,0
TCO-12	10,3	17,1	2,1	10,3	10,3	0,0	0,0	2,1	52,1	29,5
TCO-13	78,3	14,3	2,7	3,7	0,0	0,0	0,0	1,0	100,0	95,3
TCO-14	27,3	57,3	1,7	11,0	0,0	0,0	0,0	1,0	98,3	86,3
TCO-15	84,0	10,0	1,7	1,7	0,0	0,0	0,0	1,0	98,3	95,7
TCO-16	69,6	24,0	1,3	2,9	0,0	0,0	0,0	1,0	98,7	94,9

Figura 10 - zircão prismático incolor (A), Zircão euédrico, prismático zonado (B), Zircão incolor bipiramidal(C), Zircão subédrico, castanho prismático com inclusão e zircão cinza, arredondado (D), Zircões arredondados (E), Turmalina Verde Prismática (F), Turmalina Verde Prismática (F), Turmalina marrom arredondada (G), Turmalina euédrica, Prismática com Zircão arredondado (H), Turmalina subédrica, amarela com prismas arredondados (I), Turmalina subédrica, Marrom angulosa (J), Rutilo prismático, circundado de zircões arredondados (K), Rutilo Arredondado e zircões arredondados (L), Rutilo subarredondado com zircões arredondados (M), Rutilo arredondado (N), rutilo anguloso com turmalina prismática e zircão arredondado (O), estaurólita angulosa com arestas afiadas (P), estaurólita angulosa com fraturas (Q), Cianita prismática (R), Cianita euédrica, prismática fraturada (s), zircões arredondados, turmalina prismática e rutilo anguloso (T).



Fonte: Autor

Zircão: Há uma grande porcentagem deste mineral ao longo do perfil I, variando de 10,3 a 84,0%. Os grãos de zircão apresentam uma diversidade morfológica, em sua maioria variando de euédrico a subédrico, incolor, contendo prismas curtos, bipiramidais, por vez com arestas arredondadas, alguns grãos euédricos incolores, prismáticos, encontram-se zonados, fraturados e contendo inclusões. Os grãos de cor levemente acinzentado e castanho são subédricos a anédricos, bem arredondados. É muito comum a presença de grãos de zircões bem arredondados, com forma esférica e outros alongados em forma de elipse.

Turmalina: Está presente em todas as amostras deste perfil, possui frequência de ocorrência variando de 10,0 a 57,3 %. Os grãos de turmalina possuem três variações de cores: verde, amarelo e marrom, com pleocroísmo forte característico. Sua forma, assim como sua cor, também varia de grãos subédricos a anédricos, arredondados, mais proeminentes nas turmalinas de cor amarela e marrom. Os grãos subédricos, com prismas e bordas arredondadas, são frequentes nas turmalinas de cor verde. Raramente encontram-se grãos de turmalina com clivagem, fraturas e inclusões minerais.

Rutilo: Este mineral ocorre em poucas quantidades neste perfil, variando de 1,3 a 3,0 %. Os grãos de rutilo são em sua maioria de cor vermelha, anédricos a subédricos, bem arredondados, contendo bordas fraturadas. Algum grão de cor vermelha, raramente prismáticos, subédricos a anédricos, de bordas arredondadas, contendo fraturas.

Estaurolita: este mineral possui frequência de ocorrência variando de 1,7 a 11,0% neste perfil. Os grãos de estaurolita encontram-se subédricos a anédricos, subarredondados de cor amarelo castanho, com bordas corroídas e arestas pontiagudas. Observa-se também a ocorrência de minerais de cor amarela, anédricos, angulosos e fragmentados.

Cianita: A cianita encontra-se em forma de grãos euédricos a subédricos, incolores, com hábito tabular apresentam-se com baixa porcentagem no perfil, onde variam de 10%.

Epidôto: O Epidôto ocorre como grãos anédricos, incolores, arredondados, variando de 0,7 a 2,1%.

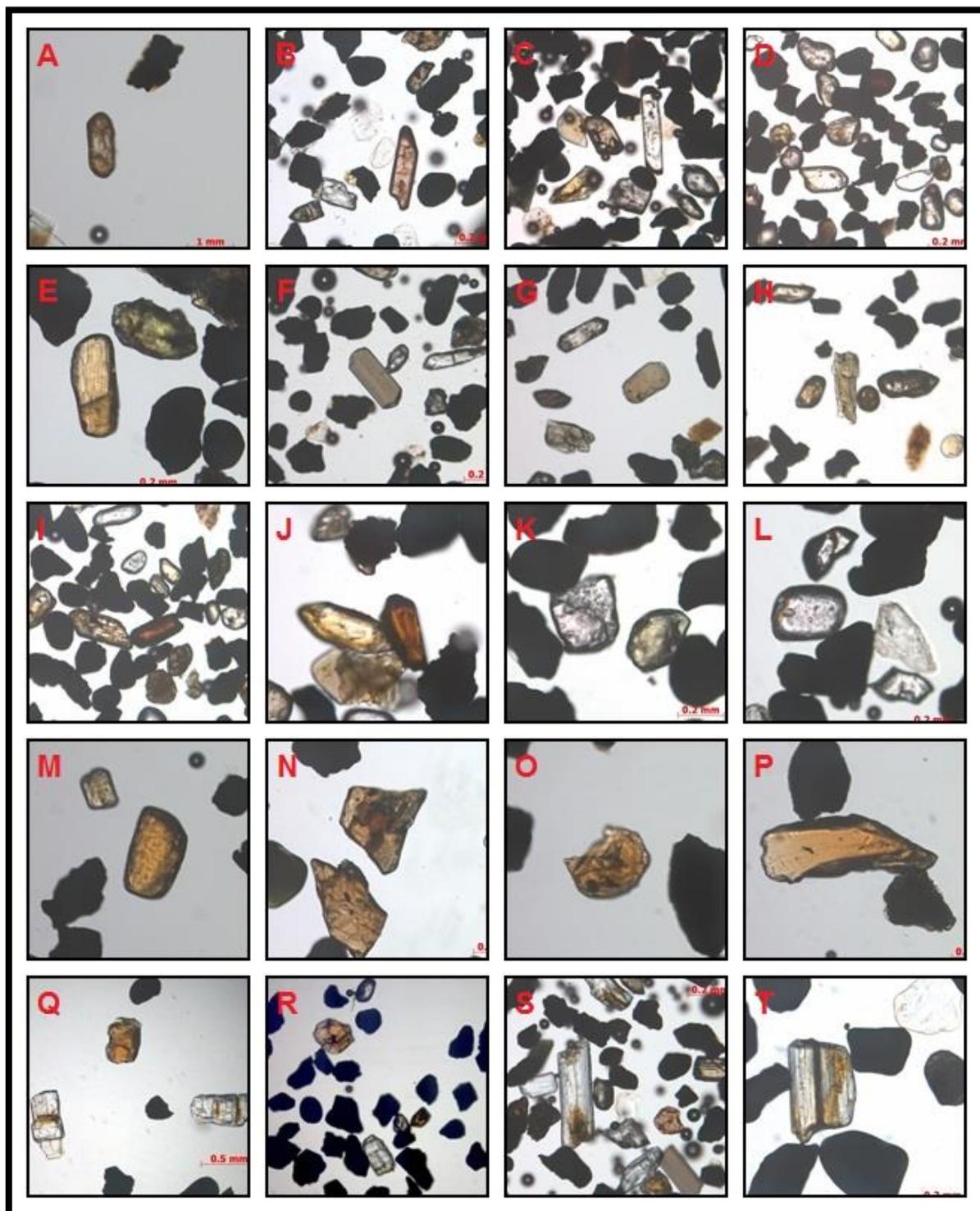
7.1.2 Perfil transversal II, ao longo do rio Tocantins (jusante da barra do tucunaré)

Para o perfil transversal II, correspondente também ao rio Tocantins, a jusante da barra do tucunaré, a assembleia de minerais pesados foi mais diversificada, sendo composta por: zircão, turmalina, estauroлита, Cianita, Silimanita e granada. Com menos representatividade os minerais rutilo e epidoto. (Tabela 06, figura 11).

Tabela 6 - Percentuais relativos dos minerais pesados contidos nas amostras analisadas ao longo do perfil II, correspondente ao Rio Tocantins, a jusante da barra do Tucunaré. Zr= zircão; Tu= turmalina; Ru=rutilo; Es=estauroлита; Ci=cianita; Si=sillimanita; Ep=epidoto; Gr=granada, Índice ZTR: *somatória das porcentagens de zircão, turmalina e rutilo.*

Amostra	Z	Tur	R	Est	Ci	sil	Gra	Ep	Total	ZTR
TCO-17 A	18,2	58,6	3,6	5,5	5,5	5,0	0,0	3,6	100,0	80,4
TCO-17 B	34,5	65,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
TCO-18	57,0	20,8	2,9	6,7	3,5	4,0	5,0	0,0	100,0	80,7
TCO-19	2,6	48,1	0,0	17,3	16,5	4,3	11,3	0,0	100,0	50,6
TCO-20	40,9	51,0	1,7	2,3	1,0	0,0	4,0	0,0	100,9	93,6
TCO-21	44,1	38,8	0,0	5,8	4,3	7,0	0,0	0,0	100,0	82,9
TCO-22	39,1	51,3	0,6	1,6	7,4	0,0	0,0	0,0	100,0	91,0
TCO-23	46,7	31,9	3,0	4,0	5,7	2,7	6,0	0,0	100,0	81,6

Figura 11-Zircão euédrico, prismático (A), Zircão subédrico prismáticos com inclusão (B), zircão euédrico incolor, prismático com inclusão, e zircões arredondados (C), zircões acinzentados arredondados (D), turmalina subédrica amarela (E), Turmalina euédrica verde prismática (F), turmalina marrom arredondada e zircão prismático (G), turmalina angulosa e zircões prismáticos (H), rutilo vermelho, prismático e zircões arredondados (I), rutilo e zircão prismáticos (J) Granada subarredondada fraturada (K), Granada subédrica arredondada e zircão prismático (L), Estauroлита amarela arredondada (M) estauroлита ângulosa com arestas pontiagudas (N), estauroлита arredondada fraturada (O), estauroлита subédrica, amarela angulosa (P) cianita subédrica, angulosa e estauroлита arredondada (Q) cianita, estauroлита e zircão arredondados (R), cianita incolor, prismática e turmalina verde prismática (s), silimanita incolor, subédrica, tabular (T).



Fonte: Autor

Zircão: Há uma diminuição da porcentagem deste mineral, se comparado ao perfil anterior (perfil I), onde varia de 2,6 a 57,0% ao longo do perfil. Nestas amostras os grãos de zircão apresentam também uma diversidade morfológica, com maioria variando de euédrico a subédrico, incolor, contendo prismas curtos, com arestas arredondadas. Alguns grãos euédricos incolores, prismáticos, encontram-se zonados, fraturados e contendo inclusões. Os grãos de cor cinza são subédricos a anédricos, bem arredondados. É muito comum a presença de grãos de zircões bem arredondados, de cor castanha, com forma esférica e outros grãos euédricos, angulosos de cor cinza com prismas preservados, podendo na maioria das vezes ocorrer pequenos fragmentos de zircões angulosos.

Turmalina: apresenta-se nas amostras deste perfil, com frequência de ocorrência variando de 20,8 a 65%. Nota-se, neste perfil, que os grãos de turmalina possuem também três variações de cores: verde, amarelo e marrom, com pleocroísmo forte. Sua forma, assim como sua cor, também varia de grãos subédricos a anédricos, arredondados, mais proeminentes nas turmalinas de cor amarela e marrom. Os grãos subédricos, com bordas arredondadas são frequentes nas turmalinas de cor verde, até cristais euédricos com prismas perfeitos também são comuns neste tipo de mineral. Raramente encontram-se grãos de turmalina com clivagem, fraturas e inclusões minerais.

Rutilo: Este mineral ocorre em poucas quantidades neste perfil, variando de 0,6 a 3,6 %. Os grãos de rutilo são, em sua maioria, de cor vermelha, anédricos a subédricos, bem arredondados, contendo bordas fraturadas. Nestas amostras foi possível identificar também grãos prismáticos de cor vermelha, subédricos, de bordas arredondadas, contendo fraturas.

Estaurolita: este mineral possui frequência de ocorrência variando de 1,6 a 17,3% neste perfil. Os grãos de estaurolita encontram-se subédricos a anédricos, subarredondados a angulosos, de cor amarelo castanho, com bordas corroídas e arestas pontiagudas. Observa-se também a ocorrência de minerais de cor amarela, anédricos, angulosos e fragmentados.

Cianita: Nota-se o aparecimento deste mineral no perfil II, com frequência de ocorrência variando de 1,0 a 16,5. Observa-se nestas amostras uma variação de grãos de cianita com habito prismático tabular, euédrico a subédrico, incolor, alguns

minerais fraturados, que raramente apresentam clivagem, como também grãos anédricos a subédricos, subarredondados a arredondados, incolores.

Silimanita: Nota-se também o aparecimento deste mineral ao longo do perfil II, com frequência variando de 2,7 a 7,0%. Os minerais de silimanita apresentam-se com habito tabular, subédricos, subarredondados a angulos, incolores e com alto relevo e birrefringência também elevada. Alguns grãos apresentam-se com hábito prismático, subarredondados e clivagem.

Granada: Este mineral também aparece no perfil II com a frequência variando de 4,0 a 11,3%. Os grãos de granada variam de incolores a acinzentados, euédricos a subédricos, com forma subarredondada e arredondada, em geral fraturadas e com aspecto superficial rugoso.

Traços: Os grãos de epidoto apresentam-se com baixa porcentagem no perfil, com 3,6%. Ocorre como grãos anédricos a subédricos, incolores, subarredondados.

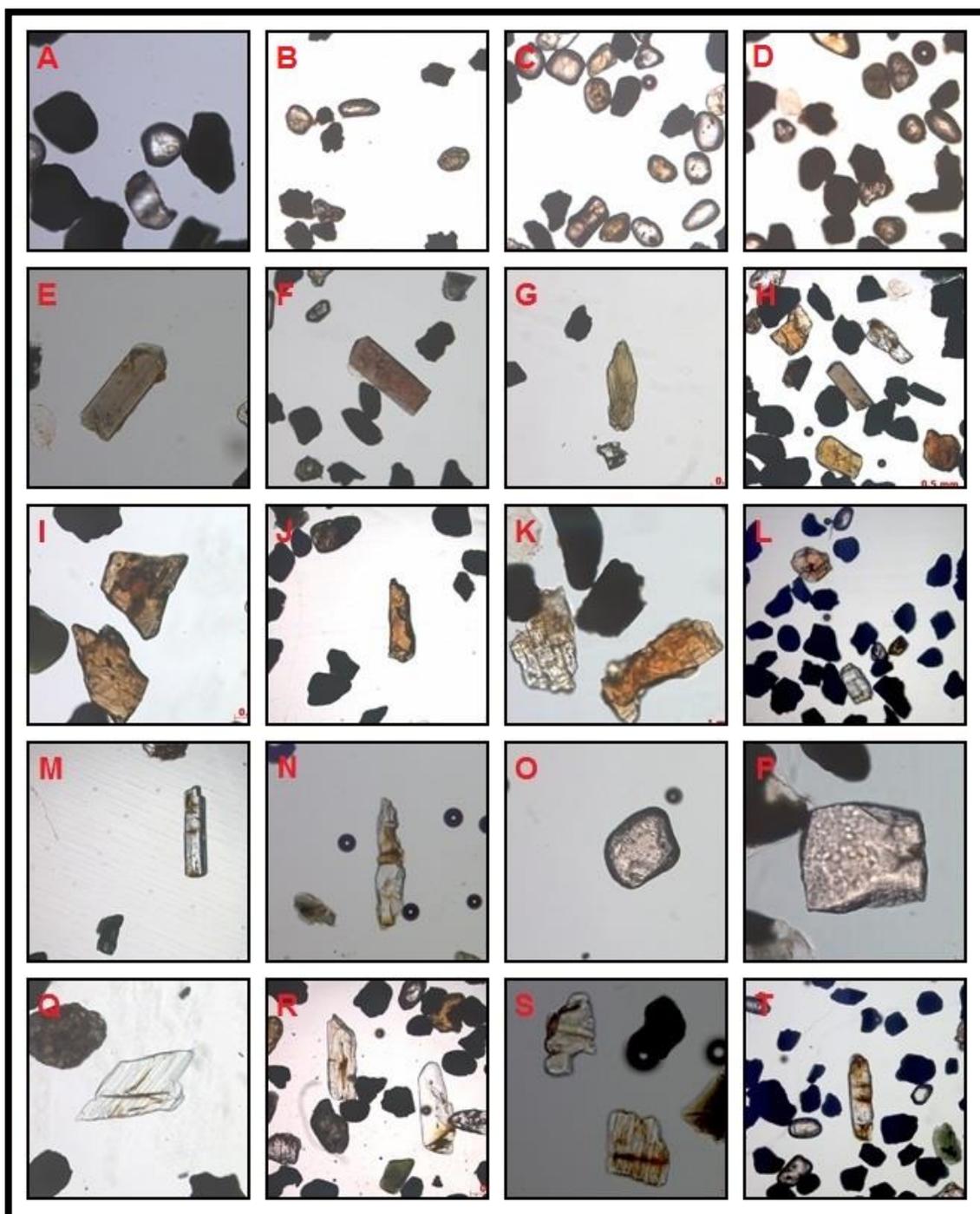
7.1.3 Perfil longitudinal III, ao longo do rio Itacaiúnas

Para o perfil longitudinal III, correspondente ao rio Itacaiunas, observou-se que a assembleia de minerais pesados mais representativa é: zircão, turmalina, estauroлита, cianita, silimanita e granada. E com mineral traço rutilo (Tabela 07, figura 12).

Tabela 7- Percentuais relativos dos minerais pesados contidos nas amostras analisadas ao longo do perfil III, correspondente ao Rio Itacaiúnas. Zr= zircão; Tu= turmalina; Ru=rutilo; Es=estauroлита; Ci=cianita; Si=sillimanita; Ep=epidoto; Gr=granada, Índice ZTR: *somatória das porcentagens de zircão, turmalina e rutilo.*

Amostra	z	Tur	R	Est	Ci	Sil	Gra	Ep	Total	ZTR
ITC-24	47,4	22,4	2,0	13,6	8,9	5,0	1,2	0,0	100,6	71,8
ITC-25	36,5	22,6	0,0	10,0	17,3	10,0	4,0	0,0	100,4	59,1
ITC-26	23,6	47,3	0,0	11,7	12,4	2,8	3,0	0,0	100,8	70,9
ITC-27	5,6	40,0	0,0	20,0	16,0	14,0	5,0	0,0	100,6	45,6
ITC-28	27,3	35,5	0,0	4,5	22,7	5,0	5,0	0,0	100,0	62,8
ITC-29	13,5	47,6	0,0	5,0	13,5	12,7	5,0	0,0	97,3	61,1

Figura 12-Zircão cinza subédrico, arredondado (A), Zircões cinza e castanho arredondados (B), zircões subédricos a anédricos arredondados (C), zircões accinzentados arredondados e turmalina marrom arredondada (D), turmalina verde, euédrica prismática (E), Turmalina euédrica marrom prismática (F), turmalina verde, subédrica ângulosa (G), turmalina prismática, estauroлита ângulosa e cianita (H), estauroлита angulosa com arestas pontiagudas (I), estauroлита subédrica, amarela, ângulosa (J) estauroлита e cianita angulosas (K), estauroлита e cianita arredondadas (L), cianita, incolor, prismática (M) cianita anédrica, ângulosa (N), Granada subarredondada (O), Granada subédrica, arredondada, com superfície rugosa (P) silimanita subédrica, angulosa (Q) cianita prismática (R), cianita e silimanita incolores, tabulares (s), cianita prismática e zircão arredondado (T).



Fonte: Autor

Zircão: Este mineral apresenta-se com frequência de ocorrência variando de 5,6 a 61,8%. Nestas amostras os zircões apresentam uma predominância de grãos, cinzas a castanhos, euédricos, subédricos a anédricos, bem arredondados.

Turmalina: Este mineral possui frequência de ocorrência variando de 22,4 a 66,8%. Nestas amostras ao longo do perfil analisado, os grãos de turmalina possuem apenas duas variações de cores: verde e marrom, com pleocroísmo forte característico. Os grãos euédricos, de cor verde, angulosos, com prismas perfeitos são os mais abundantes nestas amostras. São raros os grãos subédricos a anédricos, arredondados, mais proeminentes nas turmalinas de cor marrom.

Estaurolita: este mineral possui frequência de ocorrência variando de 1,6 a 6,0 % nas amostras deste perfil. Os grãos de estaurolita são predominantemente subédricos a anédricos, angulosos, de cor amarela, com bordas corroídas e arestas pontiagudas.

Cianita: Nota-se o aumento da porcentagem deste mineral no perfil III, com relação aos dos últimos perfis analisados, com frequência de ocorrência variando de 7,3 a 22,7%. Observa-se nestas amostras a predominância de grãos de cianita com hábito prismático tabular, euédrico a subédrico, angulosos, incolores, alguns minerais raramente apresentam clivagem e fraturas.

Silimanita: Nota-se também o aparecimento deste mineral ao longo do perfil III, com frequência variando de 2,7 a 4,0%. Os grãos de silimanita apresentam-se com predominância de hábito tabular, subédricos, subarredondados a angulosos, incolores e com alto relevo e birrefringência também elevada. Alguns grãos raramente apresentam-se com hábito tabular, subarredondados e fraturados.

Granada: Este mineral também aparece no perfil III com a frequência variando de 0,7 a 5,0%. Os grãos de granada predominante nestas amostras são acinzentados, euédricos a subédricos com forma subarredondada, em geral fraturadas e com aspecto superficial rugoso.

Traços: Os grãos de rutilo apresentam-se com baixa porcentagem no perfil, com 2,0%. Ocorrem como grãos anédricos a subédricos, castanhos, angulosos.

8 DISCUSSÃO

Neste capítulo são discutidos como dados granulométricos e mineralógicos obtidos dos sedimentos coletados nos perfis ao longo dos rios Tocantins e Itacaiunas se relacionam entre si. Também é apresentado como as análises estatísticas dos dados granulométricos e mineralógicos se correlacionam entre os dados sedimentológicos dos ambientes e as suas possíveis fontes.

Os Rios Tocantins e Itacaiúnas, na Região de Marabá (PA), destacam-se pelos seus ecossistemas fluviais diversificados, possuindo uma dinâmica sedimentar própria. Na área de estudo, o rio Tocantins, tem como um dos principais tributários o rio Itacaiunas. Estes rios possuem cursos distintos, porém, drenam áreas geológicas parecidas, havendo algumas diferenças na proveniência e grau de retrabalhamento de suas areias. Ao analisar sua geomorfologia, estes rios apresentam estilos sinuosos característicos de um sistema fluvial meandrante, apresentando dois períodos distintos (inundações periódicas e de estiagem) que, associado a dinâmica fluvial, alterna os processos de erosão, transporte e deposição de forma perceptível, gerando uma dinâmica sedimentar própria. Estes processos podem estar associados com um regime climático típico da região, que contribuem para mudanças no regime hidrológico particular destes rios, refletindo, nas mudanças de suas paisagens naturais.

Ao fazer uma análise granulométrica do perfil longitudinal I, correspondente ao rio Tocantins (a montante da barra do Tucunaré), observou-se uma variação granulométrica lateral ao longo do perfil, onde no setor entre a margem esquerda e o centro do rio há uma predominância de areia grossa a muito grossa (35,2% - 47,3%), nas amostras TCO-10,12 (figura 13). Esse fato deve-se provavelmente ao aumento da velocidade de fluxo do canal fluvial neste trecho do rio, no qual possibilitou o transporte de sedimentos de granulometria grossa a muito grossa, portanto, aumentando a competência de transporte do rio. Neste trecho, o canal fluvial principal encontra-se instalado a esquerda devido a barreira natural de sedimentos formada ao lado direito do rio (barra do Tucunaré), fazendo com que haja um desvio de seu curso (figura 13).

Nas amostras TOC- 13, 14, 15 e 16, localizadas entre o centro do canal e a margem direita do rio Tocantins, nota-se uma diminuição no diâmetro das amostras,

com predominância de areia média (43,8 % -59,5 %), (Figura 13). Estes dados mostram uma perda da capacidade de transporte, provocada pela diminuição da velocidade de fluxo neste perímetro do canal, gerando a deposição de sedimentos com granulometria média, ocasionada pela diminuição da competência do rio. A amostra TOC- 16, localizada na margem direita do rio, (figura 13), mostra uma variação granulométrica, composta por areia grossa a muito grossa, e fina a muito fina. Essa variação granulométrica sugere transporte diferenciado dos sedimentos grossos provenientes de fundo de canal e finos provenientes de margem de canal, indicando que neste local há uma variação de energia, provavelmente provocada pela sazonalidade do rio, onde nos períodos de cheia aumenta o fluxo de energia, depositando areia grossa a muito grossa e nos períodos de seca a energia de fluxo diminui, depositando sedimentos com granulometria fina a muito fina, sendo assim, neste trecho o rio é capaz de transportar fontes distintas, ocasionando a deposição diversificada de sedimentos.

Portanto, neste trecho do rio Tocantins, ao longo do Perfil transversal I, entre as amostras TCO-13, 14,15 e 16 houve um acúmulo de sedimentos da fração areia média, que pode ter sido provocado, também, pela constante movimentação lateral das correntes fluviais, promovendo a ação combinada de erosão e deposição nas curvas do rio (meandros), contribuindo para a formação de depósitos de barras arenosas, formando uma barra Longitudinal, comumente denominada de Barra do Tucunaré (figura 13).

Outro fator que pode corroborar para a formação da barra arenosa neste setor do rio é o exercício de diferentes níveis de energia e transporte (tanto alta energia em períodos de cheia, quanto baixa energia em períodos de seca). Esta mudança de energia e fluxo pode ser provocada pelas variações dos níveis de precipitação pluviométrica, ocasionando o aporte de água que escoar superficialmente carregando sedimentos e abastecendo o rio. Portanto, de acordo com Christofolletti (1981), essa variação de energia pode ser atribuída aos períodos de cheia, no qual a energia do escoamento aumenta com o maior volume de água, aumentando também o potencial para o transporte de sedimentos de maior diâmetro. Sendo assim, quando a vazão e a velocidade do fluxo diminuem, os sedimentos são depositados no leito e nas margens do rio, formando barras arenosas.

A assembleia de minerais pesados identificada nos sedimentos coletados ao longo do perfil I, correspondente ao rio Tocantins (montante da barra do Tucunaré), é composta por zircão, turmalina, rutilo, estaurolita, cianita e como mineral traço epidôto. Em sua maioria, apresentam-se como grãos subédricos a anédricos e por vez euédricos, variando de arredondados, subarredondados a angulosos. Portanto, apresentando uma diversidade de formas, grau de arredondamento, cores e texturas o que sugere fontes e processos de ciclos sedimentares distintos para estes minerais, essas informações corroboram com a análise granulométrica, o qual mostrou também uma variação ao longo deste perfil.

O zircão com predominância de grãos incolores a levemente acinzentado são subédricos a anédricos, arredondados, sugere fonte tanto sedimentar quanto metamórfica. Enquanto que a presença de grãos de zircões euédricos a subédricos, incolores, prismáticos, zonados, contendo inclusões, indicam fontes ígneas (MANGE & MAURER, 1992).

Os grãos de turmalina possuem três variações de cores: Verde, amarelo e marrom, com pleocroísmo forte característico. Sua forma assim como a sua cor também varia, de grãos subédricos a anédricos, arredondados, mais proeminentes nas turmalinas de cor amarela e marrom. Os grãos de turmalina com cores e formas variadas indicam diferentes tipos de rochas fontes e podem ocorrer em rochas graníticas, pegmatitos, xistos, gnaisses e filitos (MANGE & MAURER, 1992). Portanto podendo ser proveniente tanto das rochas ígneas quanto de rochas metamórficas.

Os grãos de rutilo são em sua maioria de cor vermelha, anédricos a subédricos, bem arredondados, contendo bordas fraturadas. Algum grão de cor vermelha, raramente prismáticos, subédricos a anédricos, de bordas arredondadas, contendo fraturas. O rutilo, por sua vez, pode ocorrer em rochas metamórficas tais como: xistos, gnaisses e anfíbolitos e rochas ígneas tais como pegmatitos (MANGE & MAURER, 1992).

Os grãos de estaurolita encontram-se subédricos a anédricos, subarredondados a arredondados de cor amarelo castanho, com bordas corroídas e arestas pontiagudas. Observa-se, também, a ocorrência de minerais de cor amarela, anédricos, angulosos e fragmentados. A cianita apresenta-se como poucas quantidades neste perfil, encontra-se em forma de grãos subédricos a anédricos,

incolores, com hábito tabular, subarredondados a angulosos. Tanto a estaurolita quanto a cianita, sugerem fontes metamórficas.

A heterogeneidade da assembleia de minerais pesados do perfil I, ao longo do rio Tocantins, apresenta-se com uma diversidade de formas, grau de arredondamento, cores e texturas, o que sugere fontes e processos de ciclos sedimentares distintos para estes minerais. A assembleia formada por Zircão, Turmalina, Rutilo, Estauroлита e Cianita passaram por diversos transportes, ou sofreram vários ciclos sedimentares até se depositarem no sistema fluvial. De certa forma, isto indica que o rio Tocantins na sua porção ao longo do Perfil transversal I é composta por sedimentos provenientes do intemperismo de rochas fontes variadas como: rochas ígneas, sedimentares e metamórficas referentes ao Cráton Amazônico, Cinturão Araguaia e das bacias sedimentares circundantes na região (Bacia do Parnaíba e sub-bacia de Mocajuba- sistema de Graben do Marajó), que são terrenos geológicos inseridos na área de estudo.

Para avaliar o grau de maturidade ao longo dos perfis analisados, utilizou-se os índices ZTR (HUBERT, 1962), o qual é a somatória das porcentagens de zircão, turmalina e rutilo.

O perfil I possui um grau de maturidade alto, com índice ZTR variando de 86,3 a 96%, possuindo no geral uma assembleia mineralógica, matura corroborado pela presença de grãos arredondados de Zircão, Turmalina e Rutilo. Estes dados sugerem um aumento do transporte e por consequência um maior retrabalhamento dos sedimentos, inferindo um transporte de longas distâncias, no qual retrabalhou esses minerais pesados, eliminando os minerais instáveis, os moderadamente estáveis e os estáveis, restando como porcentagem maior os minerais ultraestáveis, zircão, turmalina e rutilo. Porém, nota-se uma mistura de duas fontes: uma assembléia ZTR (zircão, turmalina, rutilo), com grau de arredondamento alto, misturada a grãos angulosos de estauroлита e cianita, mostrando variação de transporte e deposição ao longo deste trecho do rio.

Observou-se uma anomalia no índice de ZTR na amostra TOC-12 de (29,5%), configurando uma diminuição no índice de maturidade mineralógica. Neste ponto houve uma diminuição de minerais ultraestáveis (Zircão. Turmalina e Rutilo), e um acréscimo de minerais estáveis e moderadamente estáveis (estauroлита e cianita), sendo estes dois últimos minerais provenientes de rochas metamórficas, portanto,

pode-se propor que provavelmente neste ponto do rio, as correntes fluviais passam por um substrato de rochas metamórficas, corroborada pelo acréscimo de minerais metamórficos presentes nesta amostra.

Ao fazer uma análise granulométrica do perfil longitudinal II, correspondente também ao rio Tocantins (a jusante da barra do tucunaré), observou-se que há uma variação granulométrica lateral ao longo do perfil onde, no setor entre a margem direita e a barra longitudinal (barra do tucunaré), amostra: TOC-17A (Figura 14), Nota-se uma variação granulométrica, composta por areia fina a muito fina (23,3%) e grossa a muito grossa (30,9%), sugerindo um transporte diferenciado dos sedimentos grossos provenientes de fundo de canal e finos provenientes de margem de canal, esta variação granulométrica pode ser oriunda de uma constante mudança de energia neste trecho do rio, possivelmente provocada pela sazonalidade do rio, onde nos períodos de cheia aumenta o fluxo de energia, depositando areia grossa a muito grossa e nos períodos de seca a energia de fluxo diminui, contribuindo para deposição de sedimentos com granulometria fina a muito fina, mostrando uma oscilação de energia neste trecho do rio, o qual é capaz de transportar fontes distintas, ocasionando a deposição diversificada de sedimentos. Prosseguindo o perfil no perímetro entre a margem direita do rio e a barra longitudinal (barra do tucunaré), houve uma mudança na granulometria, as amostras TOC 17 B, 18 e 19, apontaram uma composição essencialmente arenosa, com predominância de areia média (37,5 a 75,9 %). Esta se deve, provavelmente à grande densidade da barra arenosa longitudinal (barra do Tunucaré), que se instalou neste trecho do rio, exercendo um papel de barragem natural, proporcionando a diminuição da velocidade de fluxo no rio neste perímetro, diminuindo sua competência de transporte, gerando a deposição de sedimentos com granulometria média, e com isso, desviando o centro do canal para a esquerda. (Figura 14).

As análises granulométricas realizadas nas amostras TOC- 20, 21, 22 e 23 localizadas entre o centro do canal e a margem esquerda do rio Tocantins, próximo à confluência com rio Itacaiunas, nota-se uma variação granulométrica lateral ao longo deste trecho do perfil, cuja classificação varia de areia média e grossa a muito grossa (47,3 % - 94,3 %), (Figura 14). Tal fato deve-se provavelmente ao aumento da velocidade de fluxo do canal fluvial neste trecho do perfil, no qual possibilitou a

instalação do canal principal. É possível observar também que neste trecho do perfil II o canal fluvial principal encontra-se instalado a esquerda devido à barreira natural de sedimentos formada ao lado direito do rio (barra do Tucunaré), (figura 14). Outro fator importante observado é a proximidade desta região com a desembocadura do rio Itacaiunas, no qual transporta uma grande quantidade de sedimentos para este setor do rio Tocantins, contribuindo para a deposição de sedimentos com granulometria variada (Figura 14). A amostra TOC-21 encontra-se disposta ao longo da margem esquerda do rio Tocantins, e, portanto, foi possível observar esta variação granulométrica, no qual é composta por areia fina a muito fina (34,8%) e grossa a muito grossa (32,2%), sugerindo um transporte diferenciado dos sedimentos grossos provenientes de fundo de canal e finos provenientes de margem de canal, indicando fluxo de transporte e rotas também distintas. Esta variação pode ser corroborada pela proximidade da zona de confluência do rio Tocantins e Itacaiunas, que proporciona uma deposição diversificada de sedimentos neste trecho do rio.

Quanto às possíveis rochas fontes dos minerais encontrados nas assembleias do perfil II, pode-se inferir uma assembleia diversificada onde além dos grãos de zircão, turmalina, rutilo e estauroлита, encontrados nas amostras deste perfil, nota-se também o aparecimento de silimanita, cianita e granada, que são assembléias mineralógicas típicas de rochas metamórficas, que ocorrem na geologia local.

A assembléia formada por Estauroлита, Cianita, Silimanita e Granada, encontradas nas amostras do perfil II, ao longo do rio Tocantins, possuem formas euédricas a subédricas, prismáticas, subarredondadas a angulosas, indicando um curto trajeto ou um primeiro ciclo sedimentar desses minerais. O fato de a granada ser um mineral metaestável, susceptível à dissolução química em ambientes superficiais, sua presença neste perímetro do rio corrobora também para uma proximidade com a área fonte rica neste mineral.

Um fator importante observado é a proximidade desta região com a desembocadura do rio Itacaiunas, no qual transporta uma grande quantidade de sedimentos para este setor do rio Tocantins, contribuindo para a deposição de sedimentos de granulometria variada. Após a entrada do rio Itacaiunas, ocorre um aumento significativo de minerais metamórficos, cuja paragênese é formada por

Estaurolita, Cianita, Silimanita e Granada, configurando uma possível fonte de contribuição metamórfica oriundas do rio Itacaiunas.

A assembléia formada por zircão, turmalina e rutilo, que são encontradas também nas amostras do perfil II ao longo do rio Tocantins, apresenta-se com uma diversidade de formas, grau de arredondamento, cores e texturas o que sugere fontes e processos de ciclos sedimentares distintos para estes minerais, indicando, também, que estes passaram por longos e curtos transportes, até se depositarem no sistema fluvial. De certa forma, isto indica que estes minerais são provenientes do intemperismo de rochas fontes variadas como: rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. (MANGE & MAURER, 1992). No caso deste perfil analisado, estes minerais ocorrem tanto arredondados-subarredondados e angulosos-subangulosos, sugerindo retrabalhamento a longas e curtas distâncias, respectivamente.

A heterogeneidade da assembléia de minerais pesados encontradas nas amostras do perfil II ao longo do rio Tocantins, sugere diferentes rochas fontes. Os grãos arredondados-subarredondados de minerais pesados podem indicar áreas fontes distantes do sistema deposicional fluvial. Porém, a ocorrência de minerais pesados prismáticos de mesma assembleia sugere que estes sedimentos foram transportados por curtas distâncias, o que mostra uma assembleia de minerais pesados mais diversificada, havendo, portanto, uma mistura de fontes, pois este perfil localiza-se na confluência do rio Tocantins com o Itacaiunas. De certa forma, isto indica que estes minerais são provenientes do intemperismo de rochas fontes variadas como: rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, referentes ao Cráton Amazônico, Cinturão Araguaia e das bacias sedimentares circundantes na região (Bacia do Parnaíba e sub-bacia de Mocajuba), que são terrenos geológicos inseridos na região de estudo.

O perfil II também possui um alto grau de maturidade mineralógica, com índice ZTR variando de 82,9 a 100,%, indicando uma assembleia mineralógica madura. A presença de grãos arredondados de Zircão, Turmalina e Rutilo, confirmam sua maturidade, indicando que esses minerais possuem uma resistência tanto ao intemperismo químico quanto à abrasão, causada pelo transporte fluvial destes minerais, no qual possivelmente sobreviveram a múltiplas reciclagens. Porém, nota-se uma mistura de fontes: uma assembleia ZTR (zircão, turmalina e rutilo), com grau de arredondamento alto, misturada a grãos angulosos também de

zircão, turmalina, rutilo, estaurolita, cianita, silimanita e granada, mostrando variação de transporte e deposição ao longo deste trecho do rio.

Observou-se uma anomalia no índice de ZTR na amostra TOC-19 de (50,6%), configurando uma diminuição no índice de maturidade mineralógica. Neste ponto houve uma diminuição de minerais ultraestáveis (Zircão, Turmalina e Rutilo), e um acréscimo de minerais estáveis e moderadamente estáveis (estaurolita, cianita, silimanita e granada), sendo estes últimos minerais provenientes de rochas metamórficas, isto se deve provavelmente a proximidade desta região com a desembocadura do rio Itacaiunas, no qual transporta uma grande quantidade de sedimentos possivelmente de origem metamórfica, para este setor do rio Tocantins, contribuindo para a deposição de assembleias mineralógicas diversificadas. Estes dados corroboram com as variações granulométricas presentes neste perfil.

De acordo com a análise granulométrica do perfil longitudinal III, localizado ao longo do rio Itacaiunas, pode-se observar pouca variação granulométrica nas amostras analisadas, com predominância de areia grossa, muito grossa em praticamente todas as amostras.

No perímetro inicial do perfil, localizado na margem esquerda do rio Itacaiunas, a amostra ITC-24, indica que neste trecho do rio houve uma oscilação da granulometria, podendo inferir um transporte diferenciado dos sedimentos grossos provenientes de fundo de canal e finos provenientes de margem de canal, indicando fluxo de transporte e fontes também distintas (figura 15).

As amostras ITC- 25, 26, 27, 28, e 29 encontram-se dispostas no centro do canal, ao longo do perfil longitudinal, até próximo à desembocadura com o rio Tocantins, nota-se nestas amostras uma baixa variação granulométrica, composta por areia média a grossa muito grossa, com predominância de areia grossa a muito grossa (72,2 %). Este setor do rio é definido como um canal fluvial que desemboca para o canal mais largo que é rio Tocantins, fazendo com que a vazão neste trecho aumente a velocidade da corrente e a competência do rio, havendo um acréscimo de energia para o transporte, contribuindo para a deposição de sedimentos grossos a muito grossos (Figura 15).

A assembléia de minerais pesados identificada nos sedimentos coletados ao longo do perfil III, correspondente ao rio Itacaiunas, é composta por zircão, turmalina, estaurolita, cianita, silimanita, granada.

A assembleia formada por Turmalina, Estauroлита, Cianita, Silimanita e Granada, encontrada nas amostras do perfil III, ao longo do rio Itacaiunas, indicam uma paragênese metamórfica. Esses minerais possuem formas euédricas a subédricas, prismáticas, subarredondadas a angulosa, podendo propor um curto trajeto ou um primeiro ciclo sedimentar, corroborando para hipótese de uma proximidade com a rocha fonte.

A maioria dos grãos de zircão encontrados nas amostras do perfil III, ao longo do rio Itacaiunas, apresenta formas arredondadas. Como o zircão é bastante resistente aos processos químicos e físicos que atuam sobre a superfície terrestre, podendo sobreviver a vários ciclos sedimentares (MORTON, 1995), sua forma arredondada atribui a uma proveniência sedimentar ou metassedimentar, sendo que o zircão, na maioria dos arenitos, apresenta-se como grãos arredondados, enquanto que os grãos euédricos ocorrem em baixa porcentagem. (MANGE & MAURER, 1992). O grande volume de zircão arredondado nos sedimentos do rio Itacaiunas, infere contribuições de áreas sedimentares para esses sedimentos, podendo ser associada as Bacias sedimentares que circundam a região de estudo.

A baixa variação da assembléia de minerais pesados encontradas nas amostras do perfil III ao longo do rio Itacaiunas, sugere pouca variação na proveniência de suas rochas fontes. A ocorrência de minerais pesados prismáticos de mesma assembleia sugere que estes sedimentos foram transportados por curtas distâncias, o que mostra uma assembleia de minerais pesados menos diversificada, havendo, portanto, pouca mistura de fontes. De certa forma, isto indica que estes minerais são provenientes do intemperismo somente de rochas metamórficas, referentes ao Cinturão Araguaia e das bacias sedimentares circundantes na região (Bacia do Parnaíba e sub-bacia de Mocajuba-Sistema de Graben do Marajó), que são terrenos geológicos existentes na região de estudo.

O perfil III também possui um alto grau de maturidade mineralógica, com índice ZTR variando de 45,6 a 71,8%, indicando uma assembleia mineralógica madura. Contudo, se comparado aos dois últimos perfis feitos no rio Tocantins, sua maturidade mineralógica encontra-se moderada. A presença de grãos arredondados de Zircão pode confirmar sua maturidade, demonstrada pela resistência tanto ao intemperismo químico quanto à abrasão, causada pelo transporte fluvial deste mineral, no qual possivelmente sobreviveu a múltiplas reciclagens. Porém, neste

perfil, nota-se um acréscimo de minerais estáveis e moderadamente estáveis (estauroлита, cianita, silimanita e granada), sendo estes últimos minerais provenientes de rochas metamórficas, corroborando a hipótese de que as correntes fluviais do rio Itacaiunas neste perímetro do perfil, passam provavelmente por um substrato de rochas metamórficas, corroborada pelo acréscimo de minerais metamórficos presentes nas amostras deste perfil.

Figura 13 - Bloco diagrama ilustrando o perfil I, ao longo do rio Tocantins, mostrando seus respectivos ambientes de sedimentação, a dinâmica de transporte, variação granulométrica ao longo das amostras e a direção de fluxo das correntes fluviais (A) imagem ilustrando a área de estudo, com seus três perfis feitos ao longo dos rios (B).

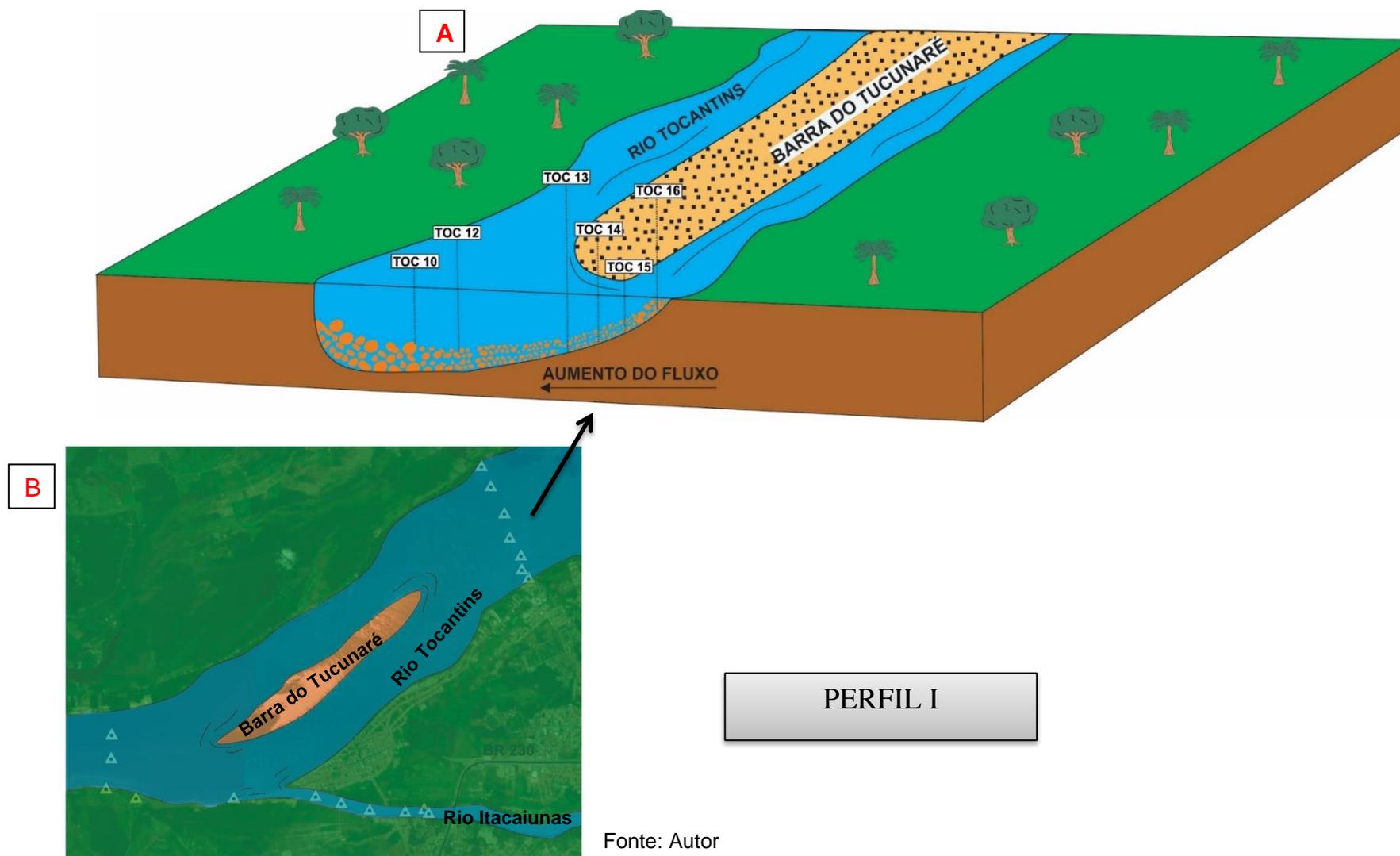


Figura 14 - Bloco diagrama ilustrando o perfil II, ao longo do rio Tocantins, e sua confluência com o rio Itacaiunas, mostrando seus respectivos ambientes de sedimentação, a dinâmica de transporte, variação granulométrica ao longo das amostras e a direção de fluxo das correntes fluviais (A) imagem ilustrando a área de estudo, com seus três perfis feitos ao longo dos rios (B).

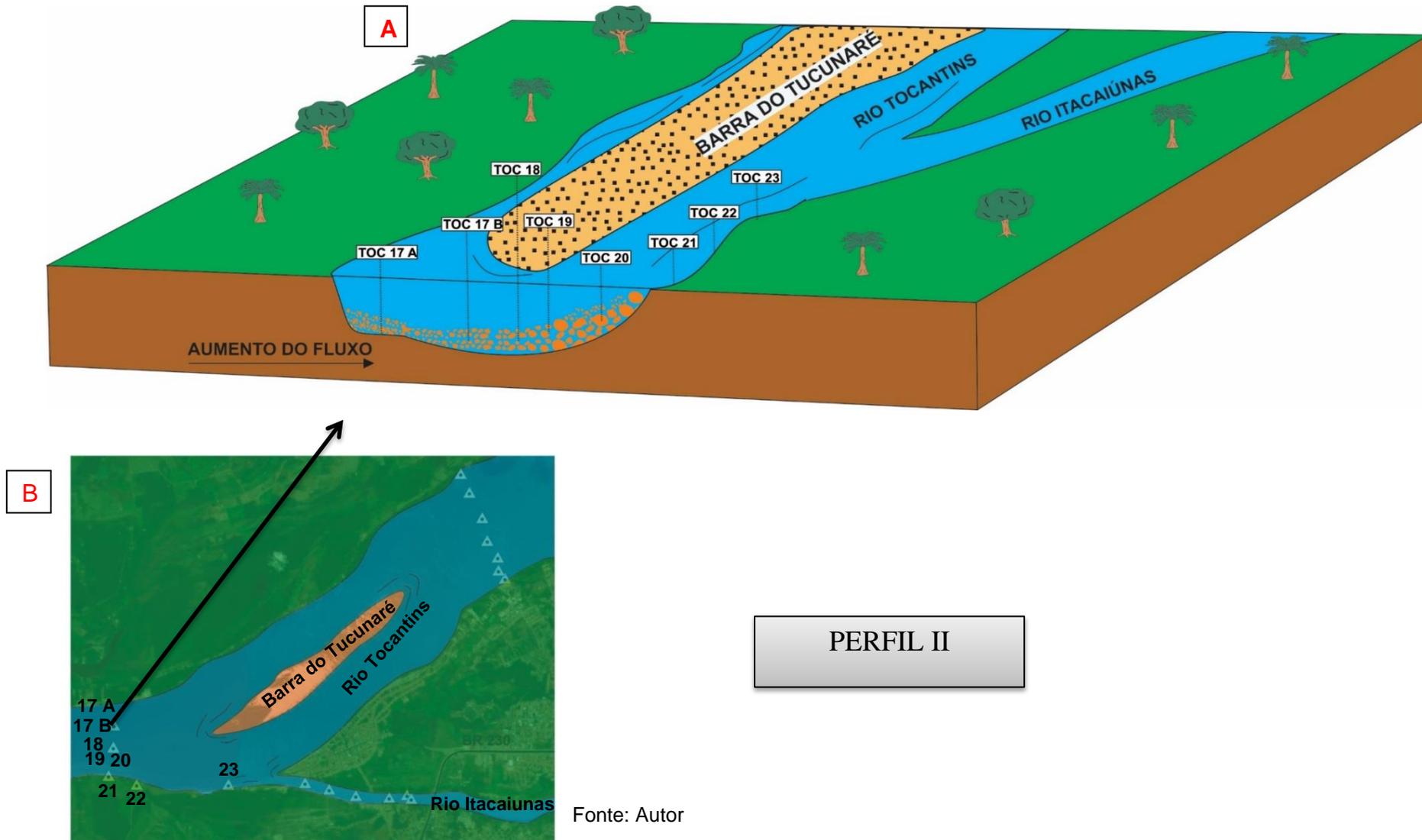
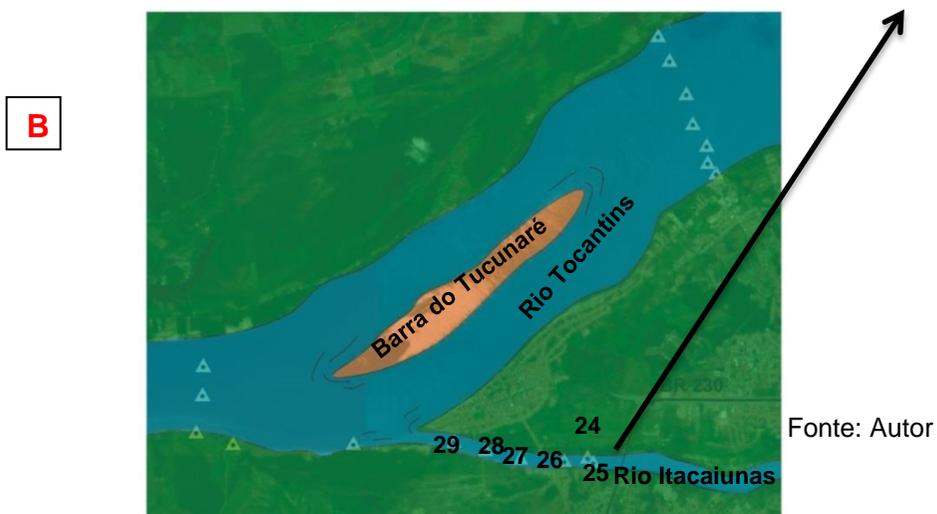
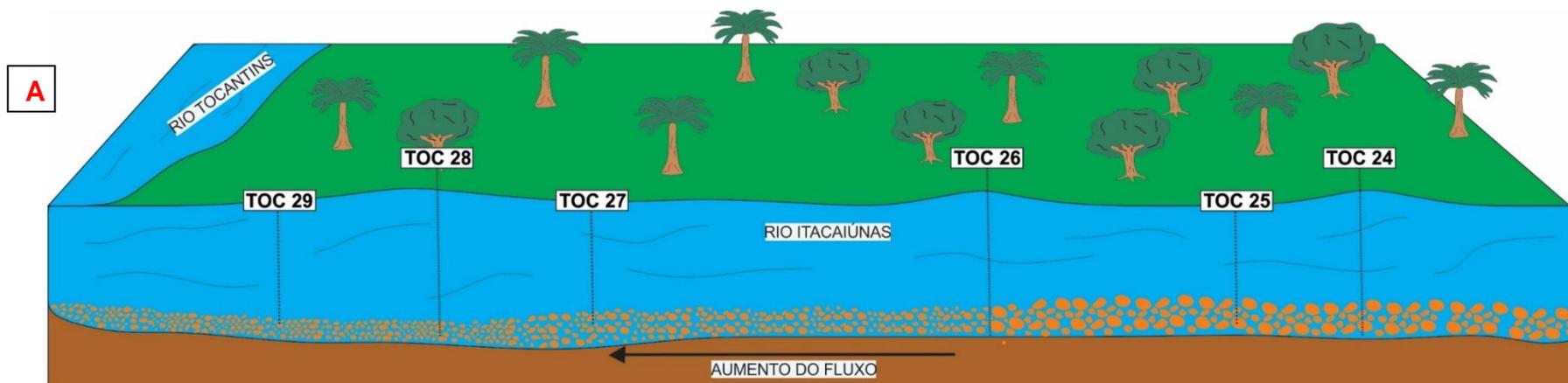


Figura 15 - Bloco diagrama ilustrando o perfil III, ao longo do rio Itacaiunas, e sua confluência com o rio Tocantins, mostrando seus respectivos ambientes de sedimentação, a dinâmica de transporte, variação granulométrica ao longo das amostras e a direção de fluxo das correntes fluviais (A) imagem ilustrando a área de estudo, com seus três perfis feitos ao longo dos rios (B).



PERFIL III

Fonte: Autor

9 CONCLUSÕES

A caracterização granulométrica e análise de minerais pesados dos sedimentos dos rios Tocantins e Itacaiúnas nos arredores da cidade de Marabá permitiram concluir que:

1 - Nos perfis I e II, ao longo do Rio Tocantins, a montante e Jusante da Barra do Tucunaré, respectivamente, contém as classes granulométricas variando desde areia fina a muito grossa, demonstrando variação de energia transversal das correntes fluviais. A assembleia de minerais pesados é composta essencialmente por zircão, turmalina, rutilo, estauroлита e cianita, sendo os minerais de silimanita e granada restritos ao perfil II. A diversidade de formas, grau de arredondamento, cores e texturas dos minerais pesados sugerem rochas fontes provenientes de rochas ígneas (Craton Amazônico), metamórficas (cinturão Araguaia) e Bacias Sedimentares que afloram ao redor da área de estudo (Bacia do Parnaíba e Sub-bacia de Mocajuba).

2 - O perfil III, ao longo do rio Itacaiunas, houve a predominância de sedimentos com granulometria grossa a muito grossa, indicando elevada energia de fluxo. A assembléia de minerais pesados é composta apenas por zircão, turmalina, estauroлита, cianita, silimanita e granada. A elevada ocorrência de minerais pesados angulosos/subangulosos ou prismáticos indicam proximidade de rocha fonte provenientes de rochas metamórficas do Cinturão Araguaia e, secundariamente, relacionadas a rochas de bacias sedimentares circundantes conhecidas como Bacia do Parnaíba e sub-bacia de Mocajuba-Sistema de Grabem do Marajós.

3 – A maturidade mineralógica por índice ZTR indica que os sedimentos do perfil I apresentam a maior maturidade mineralógica, seguido dos perfis II e III.

REFERÊNCIAS

ABREU, F. A. M. O Supergrupo Baixo Araguaia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Recife, 1978. Anais... Recife: SBG, v. 2, p. 539-545, 1978.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A navegação interior e sua interface com o setor de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins e Araguaia: **Relatório Síntese**. Brasília, p. 256, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Bacia do Tocantins-Araguaia**: Plano Nacional de Integração Hidroviária: Relatório Executivo, 2013.

ALMEIDA, F.F.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Science Review*, 17: 1-19. 1981.

ALMEIDA, H.G. *et al.* (Org.) Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Marabá – Folha SB.22-X-D, Estado do Pará, Maranhão e Tocantins. Escala 1:250.000 / Organizado por Herbert Georges de Almeida, Paulo Augusto da Costa Marinho e Ruy Célio Martins – Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001.

AZEVEDO R. P. Tectonic evolution of Brazilian Equatorial Continental Margin Basins. Tese de Doutorado, University of London, London, 412 p, 1991.

BRITO NEVES, B.B. & CORDANI, U.G. Tectonic evolution of South América during Late Proterozoic. *Precambrian Research*, 53: 23-40, 1991.

CARVAJAL, D., DORMAN, J T., KENCK, A. R., KEY, C. F., MILLER C. J., SPECHT, T.D. Final report of the third exploration phase, Marajó. Texaco/Canada Report, Belém, 61p, 1989.

CHRISTOFOLLETTI, A. Geomorfologia fluvial. Edgar Blucher. São Paulo, 1981.

CORDANI, U.G. & BRITO NEVES, B.B. 1982. The geologic evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic. *Revista Brasileira de Geociências*, 12:78-88.

CORDANI, U.G.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M.A.S. 2000. Crustal evolution of the South América Platform. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; FILHO, A.T.; CAMPOS, D.A. (eds.) *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro. p.19-40.

COSTA, J. B. S. et al. Tectonics and paleogeography of the Marajó Basin, northern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 74 (3): 519-531. Brasil, 2002.

COSTA, J. B. S. et al. Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. *Geonomos* 4: 23-44. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

COSTA J.B.S. & HASUI Y. Evolução geológica da Amazônia. In: Costa M.L & Angélica R.S. (eds.) *Contribuições à Geologia da Amazônia*. SBG, Belém, p. 15-19, 1997.

CPRM; Serviço Geológico do Brasil, 2008.

FELIPE, L. B. **Geologia, Geomorfologia e Morfotectônica da Região de Marabá – PA**. 2012. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, São Paulo.

FELIPE, L. B.; MORALES, N. Mapeamento geomorfológico da região de Marabá-PA. In: FELIPE, L. B. **Geologia, geomorfologia e morfotectônica da região de Marabá-PA**. 2012. 158 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) – Campus de Rio Claro, Rio Claro, São Paulo, 2012.

GALEHOUSE, J. S. Counting grain mounts: number percentage vs number frequency *Journal of Sedimentary Petrology*, Lawrence, v. 39, n. 1-2, p. 812-815, 1969.

GALVÃO M.V.G. Evolução Termodinâmica da Bacia do Marajó, Estado do Pará, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de Ouro Preto, 193p, 1991.

GODOY, P. R. C.; VIEIRA, A. P. **Hidroios Interiores**: o estado das águas no Brasil. Brasília: ANEEL, 1999.

GÓES, A. M. A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da bacia do Parnaíba. Tese (Doutorado em Geociências) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo: 1995.

GÓES, A. M. Estudo sedimentológico dos sedimentos Barreiras, Ipixuna e Itapecuru, no Nordeste do Pará e Nordeste do Maranhão: 1-55. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém, 1981.

GÓES, A. M. O.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 57-68, jan./mar. 1994.

GÓES, A. M. & ROSSETTI, D. F.; Gênese da Bacia de São Luís-Grajaú: 15-29. In: Rossetti, D. F.; Góes, A. M.; Truckenbrodt, W. (eds.) *O Cretáceo na Bacia de São Luís Grajaú*. MPEG Editoração, Belém, 2001.

GORAYEB, P.S.S.; MOURA, C.A.V.; ABREU, F.A.M. Geologia do Parque Andorinhas e Região Adjacente. In: GORAYEB, P. S. S. (Ed.). **Parque Martírios e Andorinhas: Conhecimento, história e Preservação**. Belém: Edufpa, p. 57-80, 2008.

HUBERT J. F. A zircon–tourmaline–rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones. *J. Sed. Petrol.* 32:440-450, 1962.

JOHNSON, M. J.; STALLARD, R. F.; LUMDBERG, N. Controls on the composition of fluvial sands from a tropical weathering environment: sands of the Orinoco River drainage basin, Venezuela and Colombia, *Journal of Geology*, v. 103, p. 1622 – 1647, 1991.

JOHNSON, M. J. The system controlling the composition of clastic sediments. In: JOHNSON, M. J.; BASU, A. Processes controlling the composition of classic sediments. The Geological Society of America, Special Paper, 284, p. 1-19, 1993.

KOTTEK, M. et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 15, n. 3, p. 259-263, Jun. 2006.

LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia do estado de Goiás e Distrito Federal**. Secretaria de Indústria e Comércio de Goiás, 2006.

LIHOU J. & MANGE-RAJETZKY M. A. Provenance of the Sardona Flysch, eastern Swiss Alps: example of high-resolution heavy mineral analysis applied to an ultrastable assemblage. *Sed. Geol.*, 105:141-157, 1996.

LIMA, H. P. Notas sobre a análise estratigráfica da Bacia de Marajó: 1-15. PETROBRÁS/DINTER/DENOR. Relatório Interno, Belém, 1987.

MANGE, M. A.; MAURER, H. F. W. **Heavy mineral in colour**. 147 p. 1992.

MANGE-RAJETZKY M. A. Subdivision and correlation of monotonous sandstone sequences using high-resolution heavy mineral analysis, a case study: the Triassic of the Central Graben. In: DUNAY R.E. & HAILWOOD E. A. (eds.) Non-biostratigraphical Methods of Dating and Correlation. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 89:23-30, 1995.

MENDES, M. S.; BORGHI, L. Análise fisiológica da Formação Codó (Cretáceo, Bacia do Parnaíba) em testemunhos de sondagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3, 2005.

MORTON A. C. & HALLSWORTH C. Identifying provenience-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. *Sed. Geol.*, 90:241-256, 1994.

MORTON A. C. & HURST A. Correlation of sandstones using heavy minerals: an example from the Statfjord Formation of the Snorre Field, northern North Sea. In: Dunay R.E. & Hailwood E.A. (eds.) Non-biostratigraphical Methods of Dating and Correlation. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 89:3-22, 1995.

MORTON A. C. & HALLSWORTH C. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, v. 124, p. 3-29, 1999.

NASCIMENTO, M. S. & GÓES, A. M. Distribuição estratigráfica e Proveniência de minerais pesados das Formações Ipixuna e Barreiras, Região do Rio Capim, sul da Sub-bacia de Cametá. *Revista Brasileira de Geociências* 35 (1): 49-58, 2005.

PETTIJOHN, F. F.; POTTER, P. E.; SIEVER, R. *Sand and sandstone*. New York. Spring-Verlag. 618 p., 1973.

RAIOL, J. A. **Perspectivas para o meio ambiente urbano: GEO Marabá**. Pará, Belém, 2010.

REZENDE, W., FERRADAES, J. Integração geológica regional da bacia sedimentar da Foz do Amazonas. Petrobras/Departamento de Exploração. Relatório Interno, Belém, vol. 27, p. 1971.

ROSSETTI, D. F. & SANTOS JR., A. E. S. Facies architecture in a tectonically influenced stuarine incised valley fill of Miocene age, northern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 17: 267-284, 2004.

SANTOS JR., A. E. A. and ROSSETTI, D. F. Depositional Model of the Ipixuna Formation (Late Cretaceous?-Early Tertiary), Rio Capim area, northern Brazil. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 13 (2): 65-87, 2006.

SANTOS JR., A. E. A. & ROSSETTI, D. F. Paleoambiente e estratigrafia da Formação Ipixuna, Área do Rio Capim, Leste da Bacia de Cametá. *Revista Brasileira de Geociências* 33 (3): 313-324, 2003.

SANTOS JR., A. E. A. Reconstrução paleoambiental e estratigráfica de depósitos cretáceos e terciários expostos na borda sudeste da Sub-bacia de Cametá, norte do Brasil: 1-131. Dissertação (Mestrado). Belém: CG/UFPA, 2002.

SANTOS, J. O. S. Geotectônica dos Escudos da Guiana e Brasil Central. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES J.H. (eds.) *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*. Texto, mapas e SIG. CPRM-Serviço Geológico do Brasil. p.169-226. 2003.

SCHALLER, H.; VASCONCELOS, D. N.; CASTRO, L. C. Estratigrafia Preliminar da Bacia Sedimentar da Foz do Rio Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA 25. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia 3: 189-201. SBG, São Paulo, 1971.

SCHOBENHAUS, C. & BRITO NEVES, B.B. Geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES J.H. (eds.) *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*. Texto, mapas e SIG. CPRM-Serviço Geológico do Brasil. p. 5-54, 2003.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS DO MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia**. Brasília, 2006.

SILVA, A. J. P. et al. Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: BIZZI, L. A.; et al. (Org.). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG: 55-86. CPRM, Brasília, 2003.

SOARES JR. A fragmentação do Gondwana na região Meio-Norte do Brasil durante o Mesozóico: 1-182. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

SOARES JR., A. V.; COSTA, J. B.; HASUI, Y. Evolução da Margem Atlântica Equatorial do Brasil: Três fases distensivas 27 (4): 427-437. UNESP, Geociências, São Paulo, 2008.

SOUZA, S. C. R. & SANTOS JR., A. E. A. Fácies e estratigrafia da sedimentação proximal da Formação Barreiras, sul do Sistema de Grabén do Marajó, região de Marabá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA 45. Anais do XLV Congresso Brasileiro de Geologia. SBG, Belém, 2010.

SOUZA, S. C. R.; SANTOS Jr., A. E. A. Fácies e estratigrafia da sedimentação proximal da Formação Barreiras, Sub-bacia de Mocajuba, Sul do Sistema de Gráben do Marajó, região de Marabá. 2012. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Marabá, Faculdade de Geologia, Marabá, 2012.

TASSINARI, C. C. G. **O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos.** 1996. 139 f. Tese de Livre-Docência – Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. **Episodes**, v. 22, n. 3, p. 174-182, 1999.

TASSINARI, C. C. G. et al. The Amazonian Craton. In: CORDANI, U.G. et al. (eds.) **Tectonic Evolution of South America.** Rio de Janeiro. p. 41-95. 2000.

TEIXEIRA, W. TASSINARI, C. C. G., CORDANI, U. G., KAWASHITA K. A review of the geochronological of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Precambrian Research*, v.42, n. 3-4, p. 213-227, 1989.

UNRUG, R. The assembly of Gondwanaland. *Episodes*, 1996.

VASQUEZ, M. L.; MACAMBIRA, M. J. B.; ARMSTRONG, R. A. Zircon geochronology of granitoids from the western Bacajá domain, southeastern Amazonian Craton, Brazil: Neoproterozoic to orogenic evolution. *Precambrian Research*, v. 161, p. 279-302, 2008.

VAZ, P. T; REZENDE, N. G. A. M.; WANDERLEY FILHO, J. R.; TRAVASSOS, W. A. S. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras.* Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 253-263, maio/nov. 2007.

VILLEGAS J. M. C. Geologia estrutural da Bacia do Marajó. Dissertação de Mestrado, Univ. Federal Pará, 119p, 1994.

WELTJE, G.J., EYNATTEN, H.V. Quantitative provenance analysis of sediments: review and outlook. *Sedimentary Geology* 171, 1-11, 2004.