



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

**DISTRIBUIÇÃO DE MINERAIS DE FERRO NOS SEDIMENTOS ALUVIAIS DO RIO DE PEIXE, A NORDESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO - MG: ANÁLISE DA DISPERSÃO NATURAL E INFLUÊNCIA ANTRÓPICA.**

**Karolina Layssa Rocha Pascoal**

Ouro Preto, Julho de 2019



DISTRIBUIÇÃO DE MINERAIS DE FERRO NOS SEDIMENTOS  
ALUVIAIS DO RIO DE PEIXE, A NORDESTE DO  
QUADRILÁTERO FERRÍFERO - MG: ANÁLISE DA DISPERSÃO  
NATURAL E INFLUÊNCIA ANTRÓPICA

---





## **FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

### **Reitora**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Aparecida Marlière de Lima

### **Vice-Reitor**

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

### **Pró-Reitora de Graduação**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tânia Rossi Garbin

### **ESCOLA DE MINAS**

#### *Diretor*

Prof. Dr. Issamu Endo

#### *Vice-Diretor*

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

### **DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

#### *Chefe*

Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca



DISTRIBUIÇÃO DE MINERAIS DE FERRO NOS SEDIMENTOS  
ALUVIAIS DO RIO DE PEIXE, A NORDESTE DO QUADRILÁTERO  
FERRÍFERO - MG: ANÁLISE DA DISPERSÃO NATURAL E INFLUÊNCIA  
ANTRÓPICA

**Karolina Layssa Rocha Pascoal**

*Orientador*

Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro

DEGEO / Escola de Minas / UFOP

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II – TCC 402, ano 2019/1.

OURO PRETO

2019

---

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>  
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>  
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>  
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita  
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais  
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

P281d Pascoal, Karolina Layssa Rocha .  
Distribuição de minerais de ferro nos sedimentos aluviais do Rio de Peixe, a nordeste do Quadrilátero Ferrífero - MG [manuscrito]: análise da dispersão natural e influência antrópica / Karolina Layssa Rocha Pascoal. - 2019.

72f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia.

1. Quadrilátero Ferrífero (MG). 2. Sedimentos (Geologia). 3. Hidrogeologia. 4. Barragem de rejeitos - Minas e mineração . I. Castro, Paulo de Tarso Amorim . II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 556.3

Catálogo: [ficha.sisbin@ufop.edu.br](mailto:ficha.sisbin@ufop.edu.br)



## Ficha de Aprovação

---

### TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TÍTULO:** Distribuição De Minerais Ricos Em Óxidos De Ferro Nos Sedimentos Aluviais Do Rio De Peixe A Oeste Do Quadrilátero Ferrífero – Mg: Análise Da Dispersão Natural E Influência Antrópica.


**AUTORA:** KAROLINA LAYSSA ROCHA PASCOAL

**ORIENTADOR:** Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro

**Aprovada em:** 16 de julho de 2019

#### BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro  DEGEO/UFOP

Prof.ª Dr.ª Adivane Terezinha Costa  DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana  DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 16/07/2019

## Agradecimentos

---

Agradeço ao meu pai Dionísio e minha mãe Eunice. Vocês são o meu maior exemplo de força, carinho, companheirismo e cuidado. Com vocês eu aprendi a não me deixar abalar e estar sempre preparada para enfrentar os problemas e dificuldades que podem aparecer na vida. Com vocês eu tive a oportunidade de ver o amor na sua forma mais pura, que foi quando vi o amor que um tinha pelo outro. Minha irmã Marina e sobrinhos Geovanna e Samuel, obrigada por serem anjos em minha vida. Fomos fortes, somos fortes e isso porque somos um! Jefte, obrigada por ter entrado em nossas vidas e ter nos dado tanto apoio e carinho. Meirelles, obrigada por todo amor, carinho, amizade e felicidade que trouxe em minha vida desde o momento que nos encontramos.

Às amigas de Itabira, Laura e Débora, obrigada por todos os anos de amizade e companheirismo. Que essa nossa amizade permaneça forte mesmo que estejamos separadas construindo nossos caminhos pelo mundo. Às amizades construídas nesses anos que em vivi, aprendi e me apaixonei pela geologia, em especial Hakuna, Delikdo, Bacon, Ju, Ana, Kerol, Carlão, Guto, Letícia, Taty, Pixi, Out e Hugo.

Ao professor Paulo de Tarso, pelos ensinamentos, paciência, orientação e principalmente por ser um grande profissional. Ao Tazava e Marco Antônio, que além de grande conhecimento passado, me ajudaram na procura do estágio. Neste, por sua vez, tive o prazer de conviver com profissionais maravilhosos. Muito obrigada a todos da C&D – Geólogos Consultores.

Aos grandes amigos que Ouro Preto me deu, em especial: Showshow, Dedé, Segá, Lalala, Gretin, Tiete, Cris, Galim, Zecu, Cindis; espero ter vocês sempre em minha vida. A todas as repúblicas amigas, principalmente, Antares, Moicana, Oxigênios, Sem Destino, Anonimato e Caverna, que compartilharam comigo os melhores momentos de Ouro Preto. À minha amada República MISTURA FINA, lugar onde encontrei minha segunda família com irmãs e irmãos que me fortaleceram todos os dias pra chegar até aqui! Em especial, Pôssa, Safra, Egypçia, Marcelo, Bg, Sumãe, Milho, Mandiba, Gabi, Trups, Paulinha, Fê, Nan, Jojo, Heavy, Tiagão e Prima.

Por fim, agradeço ao Departamento de Geologia, à Escola de Minas e à Universidade Federal de Ouro Preto, por terem me proporcionado tamanho conhecimento durante toda a minha graduação. Que esse privilégio de ter um ensino público superior de qualidade que tive não deixe de ser uma oportunidade para tantos outros do nosso país!!!



## SUMÁRIO

---

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>8</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>10</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>12</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>14</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	<b>15</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>16</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>18</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>20</b>
1.1 APRESENTAÇÃO .....	20
1.2 LOCALIZAÇÃO .....	21
1.3 OBJETIVO .....	22
1.4 JUSTIFICATIVA .....	22
1.5 ASPECTOS GERAIS DA REGIÃO .....	23
1.5.1 Clima: .....	23
1.5.2 Vegetação: .....	23
1.5.3 Hidrografia: .....	24
1.5.4 Geomorfologia:.....	24
1.5.5 Pedologia: .....	24
1.5.6 Aspectos Socioeconômicos: .....	25
<b>2 TRABALHOS ANTERIORES</b> .....	<b>26</b>
<b>3 MÉTODOLOGIA</b> .....	<b>28</b>
<b>4 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL</b> .....	<b>31</b>
4.1 CONTEXTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL .....	31
4.2 LITOESTRATIGRAFIA .....	33
4.2.1 Complexos metamórficos: .....	33
4.2.2 Supergrupo Rio das Velhas: .....	34
4.2.3 Supergrupo Minas: .....	34
4.2.4 Grupo Itacolomi: .....	35
<b>5 CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS</b> .....	<b>36</b>
5.1 MINERALOGIA DOS SEDIMENTOS .....	36
5.1.1 Magnetita .....	36
5.1.2 Hematita .....	37
5.1.3 Goetita .....	37
5.1.4 Quartzo .....	38
5.1.5 Mica .....	38

5.2	CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DAS AMOSTRAS .....	39
5.2.1	Amostras KP 1 – T e KP 1 – PC .....	39
5.2.2	Amostras KP 2 – T e KP 2 – PC .....	40
5.2.3	Amostras KP 3 – T, KP 3 – PC e KP 3 – C .....	41
5.2.4	Amostras KP 4 – T, KP 4 – PC e KP 4 – C .....	43
6	SÍNTESE DOS RESULTADOS .....	45
7	CONCLUSÕES .....	50
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 - Localização da área de estudo e principais vias de acesso.....	22
Figura 2 - Desenho esquemático do vale fluvial destacando o terraço aluvial, parede do canal e canal onde foram coletadas as amostras. ....	28
Figura 3 - Equipamentos utilizados para o fracionamento e separação granulométrica dos sedimentos amostrados. ....	30
Figura 4 - Mapa estrutural do Quadrilátero Ferrífero com suas principais estruturas e indicadores cinemáticos. Destaca-se em azul a região de Itabira.. ....	31
Figura 5 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. ....	33
Figura 6 - Mapa geológico da área estudada com destaque nos pontos amostrados. ....	35
Figura 7 - Detalhe de um grão de magnetita. ....	36
Figura 8 - Detalhe de grãos de hematita. ....	37
Figura 9 - Detalhe de grãos de goetita. ....	37
Figura 10 - Detalhe de grãos de quartzo. ....	38
Figura 11 - Detalhe de grãos de mica. ....	38
Figura 12 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 1 - T.....	40
Figura 13 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 1 - PC. ....	40
Figura 14 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 2 - T.....	41
Figura 15 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 2 - PC. ....	41
Figura 16 - Composição mineralógica da amostra KP 3 - T.....	42
Figura 17 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 3 - PC. ....	42
Figura 18 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 3 - C.....	43
Figura 19 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 4 - T.....	43
Figura 20 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 4 - PC. ....	44
Figura 21 - Composição mineralógica e local de coleta na amostra KP 4 - C.....	44

Figura 22 - Representação das variações das concentrações de minerais de ferro nos sedimentos de terraços aluviais, paredes de canal e canal do rio de Peixe.....45

Figura 23 - Terraço aluvial do ponto KP 1 onde é possível analisar laminação plano-paralela. ....46

Figura 24 - Local de coleta do ponto KP 3, onde é possível ver *ripples* no canal do rio. ....47

Figura 25 - Gráfico das concentrações de hematita e magnetita nos pontos amostrados ao longo do rio de Peixe. ....48

Figura 26 - Gráfico da variação na concentração de goetita no terraço, parede do canal e canal das amostras coletadas.....49

## **LISTA DE TABELAS**

---

Tabela 1 - Dados dos pontos de coleta das amostras. ....	39
--	----



## **LISTA DE ANEXOS**

---

ANEXO 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS.....	61
ANEXO 2 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO .....	65
ANEXO 3 - MAPA DE CONCESSÕES DE LAVRA DA ÁREA.....	69
ANEXO 4 - FOTOGRAFIAS DOS LOCAIS DE COLETA.....	72

## Resumo

---

O Rio de Peixe, componente da bacia do rio Piracicaba, tem suas nascentes localizadas junto às jazidas de minério de ferro localizados em Itabira, à nordeste do Quadrilátero Ferrífero. Desde o início das atividades de lavra do minério de ferro em Itabira, na década de 1940, o Rio de Peixe tem sido impactado pela chegada em seu leito de resíduos minerais provenientes das operações de transporte nas minas e do beneficiamento do minério, com liberação de rejeitos de mineração. Esse trabalho procura entender os padrões de distribuições dos minerais ricos em óxido de ferro nos sedimentos do Rio de Peixe antes e após a instalação da mineração de ferro. Para tal análise, coletam-se amostras de terraço, representando depósitos anteriores à atividade antrópica, e no canal do rio, onde tem sido depositado minerais de ferro, como hematita, magnetita e goetita nos sedimentos mais recentes. Após coleta e devido tratamento laboratorial dos sedimentos, os resultados de suas concentrações foram comparados, visando determinar de modo quantitativo, se houve influência da mineração na concentração e distribuição dos minerais de ferro ao longo do rio. Os dados obtidos mostram que existe a influência antrópica na variação da concentração de tais minerais em consequência da atividade minerária local.



## **Abstract**

---

The Rio de Peixe, a component of the Piracicaba river basin, has its sources located near the iron ore deposits located in Itabira, northeast of the Quadrilátero Ferrífero. Since the beginning of iron ore mining activities in Itabira, during the 1940s, the Rio de Peixe has been impacted by the arrival in its bed of mineral residues from transportation operations in the mines and the beneficiation of the ore, with the release of mining tailings. This study aims to understand the distribution patterns of iron oxide rich minerals in the Rio de Peixe sediments before and after the installation of iron ore. For this analysis, samples of terrace are collected, representing deposits before the anthropic activity, and in the river channel, where iron minerals such as hematite, magnetite and goethite have been deposited in the most recent sediments. After collection and due to laboratory treatment of the sediments, the results of their concentrations were compared, aiming to determine in a quantitative way, if there was influence of the mining in the concentration and distribution of the iron minerals along the river. The data obtained show that there is anthropic influence in the concentration variation of these minerals because of the local mining activity.



## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

---

#### 1.1 APRESENTAÇÃO

Minas Gerais é o principal estado minerador do Brasil, apresentando mais de 300 minas em operação que respondem a mais da metade da produção de minerais metálicos do país. São extraídos aproximadamente 160 milhões de toneladas de minério de ferro por ano, que serve de matéria prima para o aço e é usado para exportação e desenvolvimento de diversos materiais e tecnologias (IBRAM, 2014).

Boa parte dessa região minerária está localizada no Quadrilátero Ferrífero, formado por 30 cidades da região central de Minas. A ocupação dessa área teve início com o ciclo do ouro no século XVII e continuou com a mineração do ferro, provocando o desenvolvimento econômico regional e nacional por meio do aumento no número de empregos, melhorias na infraestrutura e maiores investimentos em tecnologias.

Dentre as cidades que compõem o Quadrilátero Ferrífero, destaca-se Itabira, que em 1942 deu início a exploração do minério de ferro, por meio da criação da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), atualmente conhecida como Vale S.A. De acordo com o relatório anual *Form 20* (F20, VALE), referente ao exercício da Vale S.A encerrado no final de 2017, a exaustão mineral é um dos problemas associados a mineração que pode atingir Itabira. A data prevista para o fim da extração de minério de alta porcentagem de ferro (atualmente com 45,5%) nas minas do município está prevista para 2028. Isso provoca um sentimento de insegurança na população visto que a mineração é a principal fonte de economia e desenvolvimento da região.

Outros problemas associados a mineração de ferro são a existência das barragens e o constante risco de rompimentos, a poluição dos rios que drenam a área e que são atingidos por resíduos de mineração dispersos pelo ar ou por deficiência no controle das barragens de rejeitos e nas pilhas de estéril, a poluição atmosférica provocada pelas partículas em suspensão, a retirada de vegetação nativa para instalação de minas, de barragens e até relocação da população, que provocam um desequilíbrio no sistema natural.

Itabira possui quatro barragens de rejeitos da mineração de ferro oriundos da extração de minério local, sendo elas Pontal, Itabiruçu, Conceição e Rio de Peixe. Essa última, localizada no rio de Peixe está diretamente associada ao enfoque do trabalho. Esta barragem já conta com 41 anos de funcionamento e cerca de 13,8 milhões de metros cúbicos de rejeito retidos. Sua capacidade de armazenamento de rejeitos é de 14,7 milhões de metros cúbicos.

A bacia do rio de Peixe tem suas nascentes localizadas na Serra da Conceição, onde foi construída a barragem de rejeitos Itabiruçu, da Vale S.A. Possui área de drenagem total de 409 km<sup>2</sup> e abrange o município de Itabira e pequena porção do município de Nova Era. Ela abriga uma das maiores jazidas de minério de ferro e de esmeralda a céu aberto no mundo (Nascimento, 2016).

Em diversas etapas do processo de mineração, do transporte do produto e da deposição dos seus rejeitos a água dos riachos vizinhos também são utilizadas. A repetição desse processo ao longo das décadas em que a mineração reina na região é responsável pelo entulhamento dos vales e nascentes dos rios, intensificando o seu assoreamento, além de apresentar um aumento significativo da turbidez de suas águas, com as partículas finas provenientes do beneficiamento do minério de ferro. Esses acontecimentos impulsionam a necessidade de maior estudo sobre a dispersão e as concentrações de minerais de ferro nos sedimentos, possibilitando a comparação de suas causas naturais e antrópicas.

## **1.2 LOCALIZAÇÃO**

A área de estudo encontra-se na região centro-leste de Minas Gerais (Figura 1), abrangendo os municípios de Itabira, que representa 82,35% da área da bacia do rio de Peixe, e Nova Era, com 17,65% (Nascimento, 2016). Esta área tem aproximadamente 1.254 Km<sup>2</sup>, estando representada completamente na folha topográfica SE.23-Z-D-IV, na escala 1:100.000, elaborada pela CPRM (2000), limitando-se pelos meridianos 43°20'30'' e 43°5'0'' W e paralelos 19°42'0'' e 19°36'0'' S.

A região posiciona-se a cerca de 147 Km de Ouro Preto e o acesso à região é realizado a partir da rodovia BR-356 (Rodovia dos Inconfidentes) sentido Mariana. Por meio da MG-129, segue se passando por Catas Altas, Santa Bárbara e Barão de Cocais. Deve-se entrar na MG-436 após o trevo de Barão de Cocais, e seguir para noroeste por um breve trecho da BR-

381 até o trevo de Itabira. Posteriormente, toma-se a MG-434 seguido da MG-129, sentido Itabira.

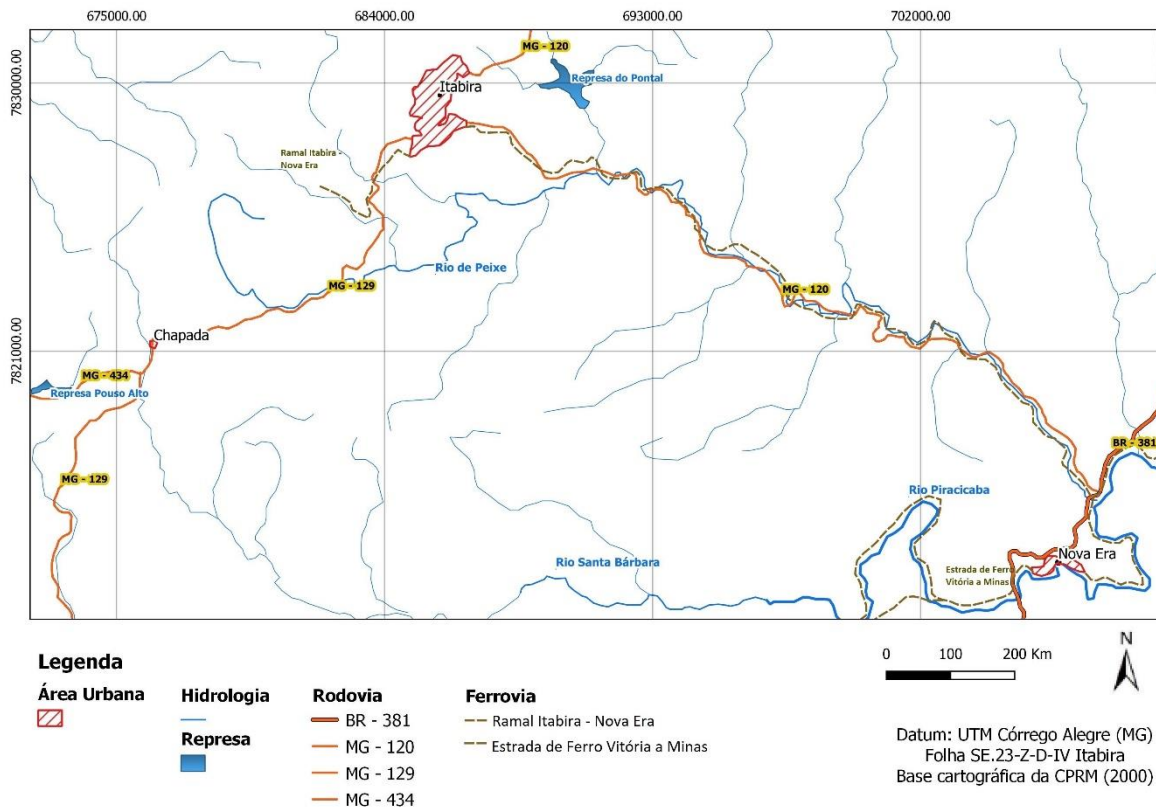


Figura 1 - Localização da área de estudo e principais vias de acesso.

### 1.3 OBJETIVO

O trabalho em questão tem como objetivo reconhecer o impacto da mineração de ferro ao longo do rio de Peixe a partir de análises sedimentológicas e mineralógicas de sedimentos na fração areia coletados nas calhas, paredes do canal e nos terraços. Esse reconhecimento foi feito por meio da análise dos minerais de ferro presentes na bacia, tais como hematita, magnetita e goetita. Dessa forma, foi possível determinar a influência antrópica, principalmente por meio da mineração de ferro, e a ocorrência natural da dispersão de sedimentos ricos em óxido de ferro na região.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

A região que é drenada a bacia do rio Piracicaba e seus afluentes, em especial o rio de Peixe, apresenta litologias ricas em óxidos de ferro, o que justifica a grande atividade minerária



presente. Apesar da mineração de ferro ser realizada em acordo com a legislação ambiental e fiscalizada pelos órgãos ambientais (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais - SEMAD-MG), não são incomuns notícias de extravasamento de rejeitos das barragens e da presença de significativa quantidade de grãos de minerais de ferro ao longo do canal do rio de Peixe. Essas evidências, tais como acúmulo de minério de ferro nos rios e mudanças na turbidez da água, mostram a ineficácia na contenção dos rejeitos ou, alternativamente, a ocorrência e dispersão natural em razão às características ferruginosas das litologias. A comparação das concentrações de minerais de ferro em amostras na fração areia retiradas dos terraços, portanto anteriores às atividades da mineração de ferro, com aquela obtidas nas calhas do rio de Peixe pode indicar evidências objetivas de impacto de mineração. Com isso, o estudo dos terraços e canais aluviais possibilitaram a melhor compreensão quanto aos impactos antrópicos na região.

## **1.5 ASPECTOS GERAIS DA REGIÃO**

### **1.5.1 Clima:**

Segundo a classificação climática de Köppen, a região Itabirana na qual está inserida o rio de Peixe possui climas do tipo Cwa e Cwb (CPRM, 2000). O tipo Cwa representa o clima tropical de altitude, caracterizado por apresentar altas umidades e temperaturas na primavera/verão (outubro a março) e baixas umidades e temperaturas no outono/inverno (abril a setembro). O tipo Cwb se faz presente em regiões com maiores altitudes (próximo às nascentes do rio de Peixe), apresentando também invernos com baixa umidade, mas verões mais suaves. Sua temperatura média anual varia entre 20°C e 22°C (Dorr & Barbosa, 1963).

### **1.5.2 Vegetação:**

A região em estudo já foi recoberta por densa cobertura vegetal, pois está inserida no bioma Mata Atlântica. Contudo, as atividades antrópicas decorrentes da mineração de ouro e ferro levaram ao constante desmatamento para maior exploração e urbanização regional. De acordo com o relatório da CPRM (2000), a vegetação remanescente se restringe às porções residuais e de menor porte da mata subcaducifólia tropical e faixas de floresta subperenifólia. A grande maioria do território, inclusive as partes mais elevadas, tem se caracterizadas de cerrado e campo.

### **1.5.3 Hidrografia:**

Segundo Nascimento (2016), a nascente da bacia hidrográfica do Rio de Peixe encontra-se na Serra da Conceição, onde está localizada a barragem de rejeitos de mineração Itabiruçu (da Vale S.A), no município de Itabira. A extensão do rio de Peixe é de aproximadamente 56,68 km. Ele deságua no Rio Piracicaba (afluente do Rio Doce), nas proximidades da cidade de Nova Era. Sua rede de drenagem é composta por um rio principal, 43 macro tributários e 706 micro tributários.

### **1.5.4 Geomorfologia:**

A região apresenta importante contribuição para a Bacia do Rio Doce, já que está inserida na Bacia do Rio Santo Antônio e do Rio Piracicaba. De acordo com a CPRM (2000), nela podem ser vistos dois domínios geomorfológicos: as zonas de colinas e zonas de superfícies aplainadas. A primeira unidade apresenta colinas de topo aplainado ou não, com vales encaixados em decorrência da erosão fluvial sobre rochas do tipo granito-gnáissicas. A segunda unidade corresponde à colinas de vertentes e superfícies onduladas em depressões (cársticas) à sul.

Picos individuais, como o Cauê, apresentam-se formados por hematita em sua composição. Rochas granito-gnáissicas se encontram nas áreas de menor altitude, ao passo que xistos e filitos compõe as encostas, apresentando textura lisa, rápida erosão e pequenas cicatrizes de escorregamentos. O dolomito incorpora os penhascos nas encostas inferiores e nas partes laterais dos vales. As encostas largas e planas desses níveis de terraço da região possibilitaram o acúmulo de extensos depósitos de ferro (Dorr & Barbosa 1963).

A altitude máxima da região está localizada no Alto da Mutuca, na Serra do Espinhaço, divisa municipal com Jaboticatubas e Nova União, chegando aos 1662 metros. Enquanto a área de menor altitude está na tríplice divisa municipal entre Itabira, Itambé do Mato Dentro e Santa Maria de Itabira, com 540 metros.

### **1.5.5 Pedologia:**

No geral, de acordo com a CPRM (2000) e Embrapa (2011), a região apresenta nas porções de menor altitude, latossolos distróficos vermelho-amarelados, que são solos maduros, profundos e bem drenados. Eles apresentam textura argilosa ocorrendo em granitos e xistos dos planaltos dissecados. As porções de maior altitude, são observados solos do tipo cambissolos e litossolos.

### **1.5.6 Aspectos Socioeconômicos:**

As atividades econômicas da região estão voltadas essencialmente para a extração mineral realizada pela mineradora Vale S.A. Nas proximidades da nascente do rio de Peixe está localizada a Mina de Conceição. A extração aurífera histórica e o avanço na mineração do ferro ao longo dos anos aumentaram consideravelmente a mancha urbana regional de Itabira, sendo atualmente representada por 19,28 km<sup>2</sup> do alto curso da bacia hidrográfica do Rio de Peixe (Nascimento, 2016).

A atividade mineradora presente provocou profundas transformações ambientais, desmatando vastas áreas para instalação de minas e relocação da população crescente após a instalação da mineração no município. Além disso, o desmatamento regional proporcionou matéria prima para produtoras de carvão que alimentam as siderúrgicas e propiciou a expansão da agropecuária na região. É também possível observar extensas plantações de eucalipto próximo à cidade, que acabam por empobrecer o solo.

## CAPÍTULO 2

### TRABALHOS ANTERIORES

---

Esse trabalho se insere em um projeto que procura reconhecer o impacto da mineração de ferro nos sistemas fluviais do Quadrilátero Ferrífero e das regiões periféricas a ele. Os estudos deste projeto abrangem os rios Gualaxo do Sul (QUINTAES, 2014), Gualaxo do Norte (SOUZA, 2013), Alto Rio das Velhas (MORAES, 2016; SILVA, 2016) e Piracicaba, cujos resultados estão sintetizados em Castro et al. (2017).

Tais estudos levam em consideração a presença de litologias ferruginosas e o quanto essa composição pode constar nas concentrações naturais de ferro nas drenagens. Contudo, também, foram observadas concentrações de ferro acima do esperado pelo valor de *background*, evidenciando a influência antrópica na dispersão dos minerais de ferro.

Basílio (2005) objetivou avaliar a capacidade de adsorção dos sedimentos ricos em ferro na região leste-sudeste do Quadrilátero Ferrífero. As análises sedimentológicas foram baseadas em duas barragens da região (Timbopeba e Natividade), que armazenam rejeitos do processamento de ferro na mina de Timbopeba. Os sedimentos coletados passaram por processos laboratoriais e foram analisados elementos traço como o Cr, Ni, Cu e As, assim como elementos maiores tais quais o Fe, Al e Mn.

Percebeu-se elevadas concentrações desses elementos na região e contaminação do elemento tóxico, As. Levando em consideração a litologia regional e presença de antigos garimpos de ouro na localidade, concluiu-se a relação da atividade exploratória nas altas concentrações e a grande capacidade de adsorção dos metais enfatizados no estudo.

Nascimento (2016) conduziu um estudo acerca da análise ambiental da bacia hidrográfica do rio de Peixe a partir do estudo da qualidade das águas superficiais e de sedimentos de fundo do rio. Objetivou se com esse processo, fazer o levantamento e identificação dos principais impactos e pressões exercidas sobre os sistemas fluviais da bacia, correlacionando-os com as possíveis interferências antrópicas. Nesse âmbito, fez se um levantamento de uso e ocupação do solo mostrando alguns dos principais usos da bacia tais quais, atividade mineradora (4,8%), cultivo de eucalipto (11,4%), área industrial (1,3%) e áreas de pastagens degradadas (44,5%), por exemplo.

Assim como nos trabalhos citados anteriormente, Nascimento (2016) também observou a influência litológica e atividades de exploração de minério na região de estudo. Utilizando dos valores de *background* regional, foi possível observar a disponibilização e enriquecimento dos metais Ca, Fe, Mn, Ni, Ti e Zn nos sedimentos. Concluiu-se que o aumento na mobilização e disponibilidade dos metais para os sistemas fluviais dessa bacia foram provocados por atividades antrópicas na cidade de Itabira e seus arredores.

Por fim, a autora trouxe considerações e recomendações para maior monitoramento dessa área, visto que mudanças futuras na região influenciadas por ações antrópicas podem alterar as condições ambientais e favorecer ainda mais a disponibilização dos metais para o sistema hídrico. Isso pode causar danos irreversíveis à população e um desequilíbrio no sistema natural.

## CAPÍTULO 3

### MÉTODOLOGIA

O presente trabalho seguiu a metodologia a seguir:

- Estudo bibliográfico e cartográfico sobre a região de estudo;
- Reconhecimento prévio das áreas de terraço, parede do canal e calha próximo à barragem do Rio de Peixe Seleção; e demarcação dos pontos onde foram coletadas as amostras, com auxílio do software Google Earth PRO;
- Coleta de sedimentos nos pontos selecionados utilizando os seguintes materiais: enxada, martelo, pá e sacos plásticos (imediatamente selados após coleta). Esse procedimento baseou-se na metodologia da CETESB (1985), em que para análise de sedimentos de interesse ambiental são preferenciais os sedimentos na fração areia. Para tal, a coleta das amostras de calha do rio foi feita em sedimentos superficiais (30 cm iniciais de profundidade), observando as fácies sedimentológicas presentes. As paredes das escarpas dos terraços aluviais, paredes do canal e do canal, foram devidamente limpas superficialmente e em seguida, coletadas. O critério utilizado para a escolha das características dos sedimentos foi a análise das fácies sedimentares presentes buscando a semelhança com as amostras coletadas na calha do rio, garantindo assim, que os sedimentos foram depositados sob as mesmas condições enérgicas nos dois ambientes. Esta etapa seguiu a metodologia descrita em Souza (2013), Moraes (2015) e Castro et al. (2017);

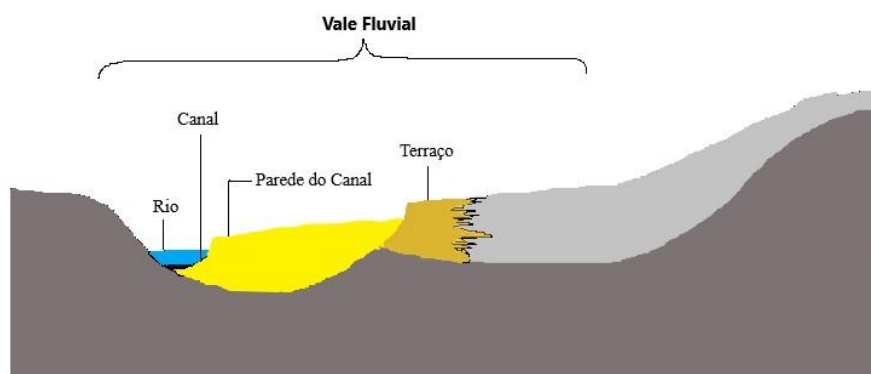


Figura 2 - Desenho esquemático do vale fluvial destacando o terraço aluvial, parede do canal e canal onde foram coletadas as amostras (modificado de Pereira et.al (2005)).

- As amostras foram preparadas laboratorialmente para análise das concentrações de minério de ferro nos sedimentos. O processo se baseou na secagem das amostras por meio de uma estufa de lâmpadas incandescentes, seguidos do fracionamento dos sedimentos (por peneiramento) nas frações granulométricas de: < 0,063 mm, entre 0,063 mm e 0,125 mm, entre 0,125 mm e 0,250 mm, entre 0,250 mm e 0,500 mm, entre 0,500 mm e 1,000, e >1,000 mm (Figura 3). Após separação granulométrica, escolheu-se a fração granulométrica areia média, que se apresentava em maior volume na maioria das amostras. A fração selecionada foi homogeneizada e quarteada até ser reduzida a um total de aproximadamente 50 g. Do total resultante, foi feita a contagem de 200 grãos, identificando a composição mineralógica dos mesmos sob lupa binocular com aumento de 20 vezes. Para a identificação dos minerais presentes foram utilizados livros que apresentam minerais em suas características identificáveis na fração areia, principalmente o livro “*Minerais em Grãos: técnicas de coleta, preparação e identificação*” (PEREIRA, ÁVILA & LIMA, 2005).



Figura 3 - Equipamentos utilizados para o fracionamento e separação granulométrica dos sedimentos amostrados.

- Avaliação da concentração através da contagem dos minerais de ferro nos sedimentos de terraço aluvial e canal do rio de Peixe;
- Identificação de possíveis relações entre os dados sedimentológicos das espécies mineralógicas de óxido de ferro e as atividades antrópicas regionais.



## CAPÍTULO 4

### CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

#### 4.1 CONTEXTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL

De acordo com Dorr (1969), o Quadrilátero Ferrífero (Figura 4) teve sua história geológica iniciada no Arqueano se desenvolvendo até o final do Proterozóico. Sua área posiciona-se na porção central de Minas Gerais e está estimada em aproximadamente 7.190 km<sup>2</sup>, sendo delimitada pelas latitudes 19°45' e 20°30' S e longitudes 43°22'30'' e 44°7'30'' W. Em termos geotectônicos, está inserido no extremo sudeste do Cráton São Francisco (Almeida, 1977), cuja região é composta principalmente por cinco grandes unidades principais: embasamento cristalino arqueano, seqüência vulcanossedimentar arqueana (Supergrupo Rio das Velhas), seqüência metassedimentar paleoproterozóica (Supergrupo Minas), rochas intrusivas pós-Minas e seqüência detrítica neoproterozóica (Grupo Itacolomi) (Alkmim & Marshak, 1998).

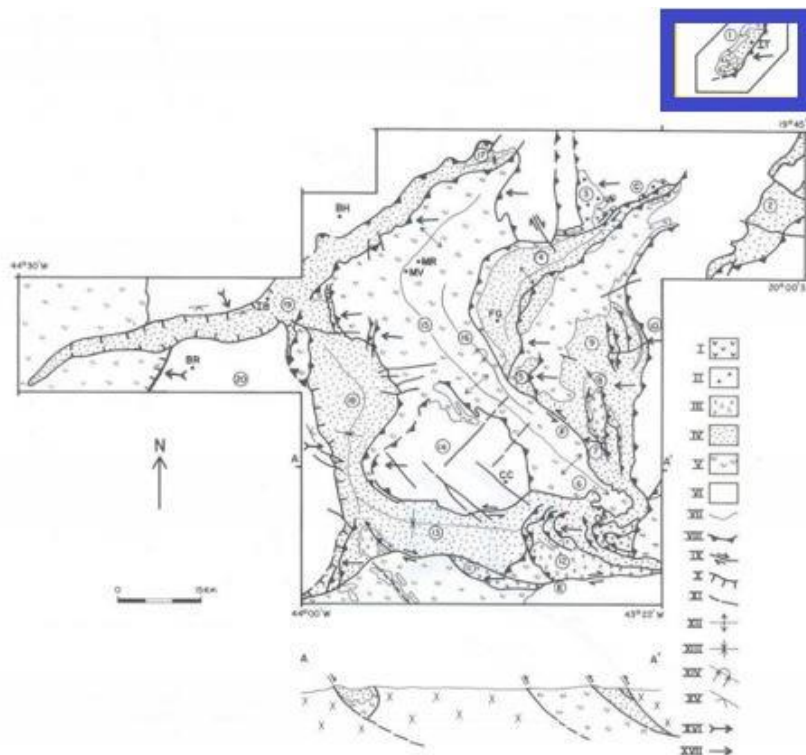


Figura 4 - Mapa estrutural do Quadrilátero Ferrífero com suas principais estruturas e indicadores cinemáticos. Destaca-se em azul a região de Itabira. (modificada de Dorr (1969) por Endo et al. (1991)).

Legenda: I - rochas metabásicas; II - Supergrupo Espinhaço indiviso; III - Grupo Itacolomi; IV - Supergrupo Minas; V - Supergrupo Rio das Velhas; VI - TGG; VII - contato; VIII - empurrão; IX - zona de falha direcional; X - zona de falha extensional (dúctil a dúctil-rúptil); XI - falha; XII - anticlinal; XIII - sinclinal; XIV - sinclinal invertido; XV - foliação extensional; XVI - lineação mineral extensional; XVII - indicador de transporte tectônico. Cidades e localidades: BH – Belo Horizonte; BR - Brumadinho; CC - Congonhas do Campo, FG - Fazenda Gandarela; IB - Ibirité; IT - Itabira; MR – Mina Raposos; MV - Morro Velho; OP - Ouro Preto. Estruturas e acidentes geográficos: 1 - Sinclinório de Itabira; 2 - Sinclinório de João Monlevade; 3 - Serra das Cambotas; 4 - Sinclinal Gandarela; 5 - Sinclinal de Ouro Fino; 6 - Anticlinal de Mariana ; 7 - Sinclinal Conta História; 8 - Sinclinal de Alegria; 9 - Serra do Caraça; 10 - *front* Fazendão; 11 - Serra de Ouro Branco; 12 - Serra de Itatiaia ; 13 - Sinclinal de Dom Bosco; 14 - Complexo Bação; 15 - soerguimento Rio das Velhas; 16 - Sinclinal Vargem do Lima; 17 - Sinclinal Piedade de Paraopeba; 18 - Sinclinal da Moeda; 19 - Serra do Curral; 20 - Complexo Bonfim; C - Falha das Cambotas; E - Falha do Engenho; Falha do Fundão.

A área estudada localiza-se na extremidade nordeste do Quadrilátero Ferrífero, (separado fisicamente a cerca de 20 km), envolvida por unidades de TGG. As camadas de formações ferríferas definem seu traçado e são acompanhadas em grande parte pelas rochas do Grupo Nova Lima. Seu núcleo é dominado por quartzitos puros e sericíticos do Grupo Piracicaba. O Sinclinório Itabira é caracterizado por uma grande estrutura sinformal com eixo de direção N30° - 40°E/20°, com a presença de anticlinais e sinclinais distribuídos em *echelon*. Destacam-se três dessas sinclinais e elas são a de Conceição (eixos de N70°E/21°), Dois Córregos (eixo de N75°E/14°) e Cauê (eixo de N84°E/22°). As sinclinais sofrem rotação progressiva de NE para E (sentido horário) e ocorre um aumento na magnitude de deformação, provocando uma variação de grau metamórfico de xisto verde inferior (Mina de Conceição) para anfíbolito inferior (Mina de Cauê) (Chemale, Rosière e Endo, 1991).

Três famílias de estruturas são observadas na região (Chemale, Rosière e Endo, 1991):

1. Foliação milonítica associadas a lineação mineral e de estiramento, além de dobras isoclinais e falhas de empurrão. Tais estruturas são reconhecíveis, principalmente, entre as unidades do TGG, Supergrupo Rio das Velhas e Supergrupo Minas.
2. Dobras mega, meso e microscópicas, superpostas à famílias de estruturas associadas às zonas de cisalhamento, apresentando lineações minerais mais ou menos paralelas aos lineamentos da primeira estruturação.
3. Crenulações NS desenvolvidas nas unidades mais plásticas da região e presença de veios de quartzo com variação na deformação com ampla distribuição.

## 4.2 LITOESTRATIGRAFIA

Segundo Dorr (1969), Endo e Carneiro (1996) e Alkmim e Marshak (1998), três grandes conjuntos de unidades rochosas compõem o Quadrilátero Ferrífero como pode ser visto na Figura 5. Tais unidade são: os complexos metamórficos do arqueano, a sequência metavulcanosedimentar do tipo *greenstone-belts* do arqueano (Supergrupo Rio Das Velhas), as supracrustais do paleoproterozóico (Supergrupo Minas), e por fim, o Grupo Itacolomi, além de rochas sedimentares cenozoicas de extensão restrita.

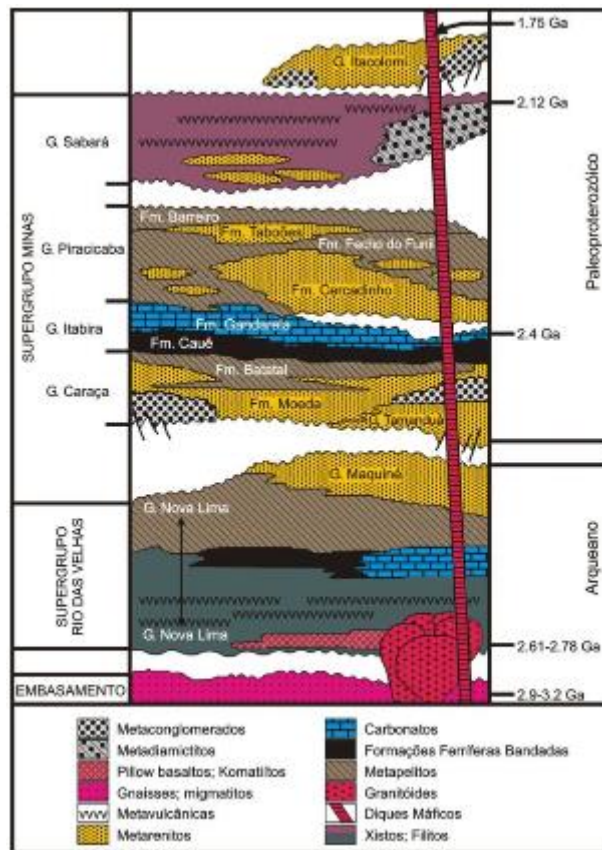


Figura 5 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. (modificada de Alkmim & Marshak (1998) por Couto, 2015)).

### 4.2.1 Complexos metamórficos:

Complexos metamórficos representam rochas cristalinas do embasamento, com idade arqueana entre 2,9 e 3,2 Ga. São representados por gnaisses predominantemente toleíticos polideformados nas porções mais antigas e localmente, granitóides, anfíbolitos e intrusões máficas/ultramáficas (Ladeira *et al* 1983). A unidade apresenta comportamento metamórfico polifásico, podendo estar em condições de fácies anfíbolito médio a superior. Retrabalhamento em eventos posteriores sujeitou a região a transformações metamórficas retrógradas de grau

inferior, xisto verde. Destaca-se o Complexo Guanhões, onde são observados quartzitos e quartzitos ferruginosos (formação ferrífera a hematita e magnetita).

#### **4.2.2 Supergrupo Rio das Velhas:**

O Supergrupo Rio das Velhas separa o embasamento por meio de uma discordância e é representado por rochas metavulcânicas e metassedimentares, que caracterizam o *greenstone-belts* de idade arqueana (Dorr 1969, Machado *et al.* 1989 e 1992). Da base para o topo, tem-se as subdivisões denominadas Grupo Nova Lima e Grupo Maquiné.

O Grupo Nova Lima é composto pela sequência *greenstone-belts* clássica e filitos paraderivados vulcanogênicos. As rochas na região de Itabira apresentam coloração cinza-esverdeada quando frescos e marrom-avermelhados quando intemperizados (Castro 2013).

O Grupo Maquiné possui rochas características de ambiente costeiro, presentes na Formação Palmital (quartzitos sericíticos, filitos quartzosos e filitos, na base do grupo) e Formação Casa Forte (quartzitos sericíticos, cloríticos a xistosos e filitos, no topo do grupo). O contato entre as formações é marcado por um nível conglomerático.

#### **4.2.3 Supergrupo Minas:**

Segundo Viana (2004), o Supergrupo Minas é uma sequência metassedimentar proterozóica, que se dispõe discordantemente sobre os granitos-gnaisses do embasamento e sobre o Supergrupo Rio das Velhas. Da base para o topo, ele é composto pelos Grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará.

O Grupo Caraça é composto pela Formação Moeda (quartzitos grosseiros e finos, além do filito) e Formação Batatal (filitos sericíticos e grafitosos, material vulcânico e sedimentos carbonáticos localizados), da base para o topo, respectivamente.

O Grupo Itabira é composto predominantemente por sedimentos químicos e da base para o topo, apresentam as Formações Cauê e Gandarela. A Formação Cauê merece destaque dentro desse supergrupo, uma vez que é a principal formação ferrífera do Quadrilátero Ferrífero (do tipo Lago Superior) e apresenta itabiritos anfíbolíticos e dolomíticos. Uma discordância erosiva marca o contato da Formação Cauê com a Formação Gandarela. Esta, composta por dolomitos e localmente filitos e itabiritos.

O Grupo Piracicaba, com exposições em Itabira, abrange as formações Cercadinho (quartzitos e filitos ferruginosos, filito e quartzito), Fecho do Funil (filitos dolomíticos,

dolomitos e filitos), Taboões (quartzitos) e Barreiro (filitos e filitos grafitosos), da base para o topo respectivamente.

O Grupo Sabará apresenta um contato discordante com o Grupo Piracicaba e consiste predominantemente de xistos, metagrauvascas, quartzitos, quartzitos feldspáticos, formações ferríferas e metaconglomerados.

#### 4.2.4 Grupo Itacolomi:

De acordo com Dorr (1969), o Grupo Itacolomi, unidade superior da sequência, é constituído essencialmente por quartzitos, quartzitos conglomeráticos e lentes de conglomerados. As rochas pertencentes a esse grupo possuem idade aproximada de 2,0 Ga.

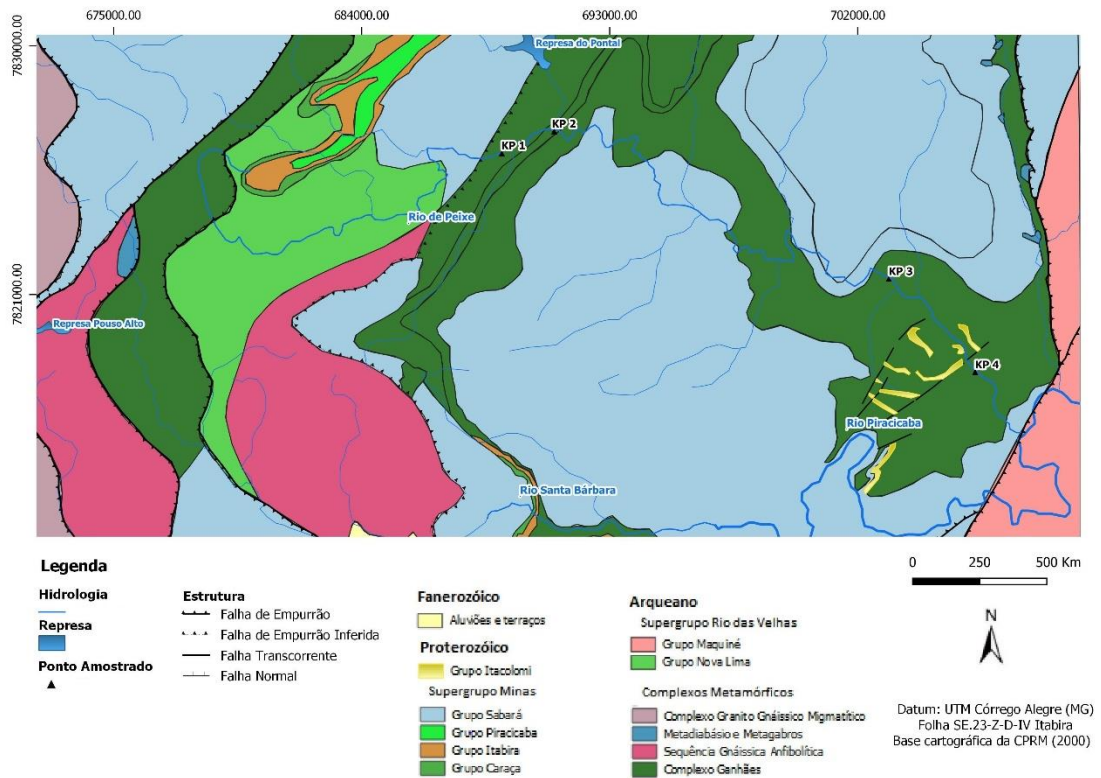


Figura 6 - Mapa geológico da área estudada com destaque nos pontos amostrados.

## CAPÍTULO 5

### CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS

---

#### 5.1 MINERALOGIA DOS SEDIMENTOS

Os minerais presentes foram a magnetita e/ou martita, hematita, goetita, quartzo e mica.

##### 5.1.1 Magnetita



Figura 7 - Detalhe de um grão de magnetita.

A magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) é um mineral opaco, ferromagnético e é formado pelos óxidos de ferro  $\text{FeO}$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Seu sistema cristalino cúbico lhe atribui hábito octaédrico, podendo ocorrer também na forma de esferulitos (agregados cristalinos sem forma aparente). O mineral apresenta cor que varia do ocre ao preto, com diversos tons de marrom; possui brilho metálico e sua densidade relativa é notadamente elevada, oscilando entre 4,9 e 5,2.

Processos de transformação (oxidação) de magnetita para hematita são comuns. Esses processos são denominados martitização e, mantendo a forma externa octaédrica da magnetita, é originada a martita.

### 5.1.2 Hematita



Figura 8 - Detalhe de grãos de hematita.

A hematita, óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) de hábito cristalino romboédrico e tabular, é caracterizada por seu brilho metálico, cor cinza e estrias nas faces. É um mineral opaco que apresenta ligeira susceptibilidade magnética e densidade consideravelmente elevada, variando entre 4,9 e 5,3.

### 5.1.3 Goetita

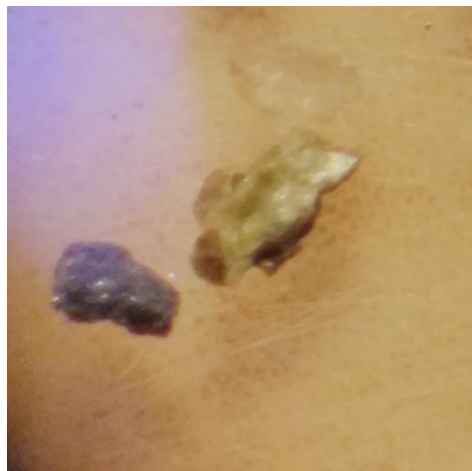


Figura 9 - Detalhe de grãos de goetita.

A goetita é um mineral opaco de brilho adamantino e se classifica como hidróxido de ferro [ $\text{FeO} \cdot (\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ]. Seu sistema cristalino possui hábito ortorrômbico, apresentando as formas massivas e mamelonar como as mais ocorrentes. O mineral tem coloração que varia de ocre a marrom amarelado, com tons de castanho claro a escuro; baixa susceptibilidade magnética e densidade relativa de 4,67.

#### 5.1.4 Quartzo



Figura 10 - Detalhe de grãos de quartzo.

O quartzo é um óxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), translúcido e geralmente incolor, que apresenta brilho vítreo ou opaco. Seu sistema cristalino é hexagonal, possuindo hábito prismático alongado segundo o eixo cristalográfico “c”, e forma de esferulitos (quartzo rolado) quando encontrado em condições de sedimentos. O mineral não possui susceptibilidade magnética e sua densidade relativa é de 2,65.

#### 5.1.5 Mica



Figura 11 - Detalhe de grãos de mica.

A mica pertence ao grupo dos silicatos apresentando-se geralmente na forma de muscovita [ $\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ ] ou biotita [ $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ]. Seu sistema cristalino é monoclinico, possui hábito tabular ou micáceo, e a clivagem é bem marcada



(direção 001). Na muscovita é possível ver coloração incolor ou amarronzada, enquanto na biotita tem-se variação do marrom ao negro. A dureza relativa é de 2,7 a 3,1 e o mineral não possui susceptibilidade magnética.

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DAS AMOSTRAS

Os dados referentes aos pontos amostrados estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados dos pontos de coleta das amostras.

ID	Long. (UTM)	Lat. (UTM)	Altitude (m)	Altura (m) (em relação ao nível de água do canal)
KP 1 - T	689065.00	7827275.00	684	2,58
KP 1 - PC	689065.00	7827275.00	681,8	0,4
KP 1 - C	-----	-----	-----	-----
KP 2 - T	690901.00	7827048.00	671	2,8
KP 2 - PC	690901.00	7827048.00	668,9	0,7
KP 2 - C	-----	-----	-----	-----
KP 3 - T	703138.59	7820658.66	555	1,7
KP 3 - PC	703138.59	7820658.66	554,1	0,8
KP 3 - C	703138.59	7820658.66	553,3	0
KP 4 - T	706253.85	7816733.21	530	1,8
KP 4 - PC	706253.85	7816733.21	528,6	0,4
KP 4 - C	706253.85	7816733.21	528,2	0

Legenda - T (terraço); PC (Parede do Canal); C (Canal).

Os anexos I e II, respectivamente complementam o entendimento ilustrando os pontos de coleta das amostras e o cenário geológico da região de estudo foi realizado.

### 5.2.1 Amostras KP 1 – T e KP 1 – PC

A amostra KP 1 – T foi coletada no terraço aluvial a 2,58 m de altura em relação ao nível de água do canal, onde foi possível visualizar laminação plano-paralela. Os grãos se apresentam sub-angulosos, com alta esfericidade e são constituídos por 81% de quartzo, 6% de hematita, 5% de magnetita, 4% de goetita e mica.

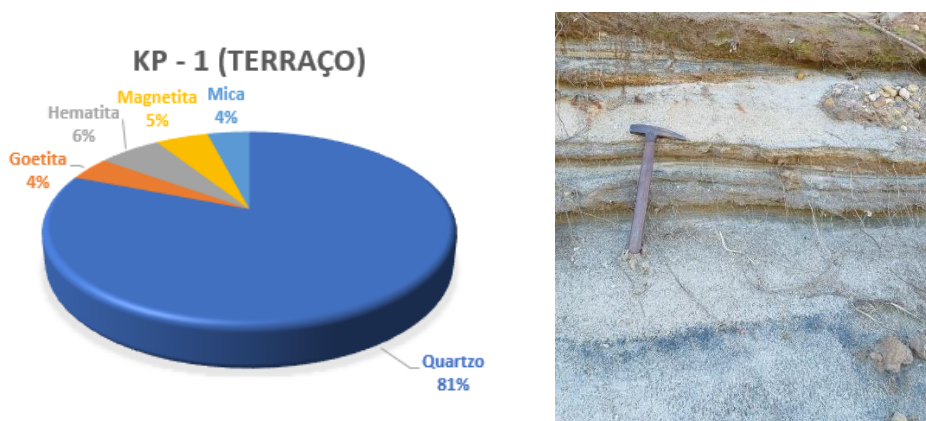


Figura 12 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 1 - T.

A amostra KP 1 – PC foi coletada na parede do canal a 0,4 m do nível da água, com suas estruturas sedimentares pouco visíveis e seus grãos sub-angulosos apresentando alta esfericidade. Seus sedimentos são compostos por 76% de quartzo, 9% de hematita e 5% de magnetita, goetita e mica. O canal do rio mostrou-se turvo dificultando a visualização de estruturas sedimentares e coleta de amostra.

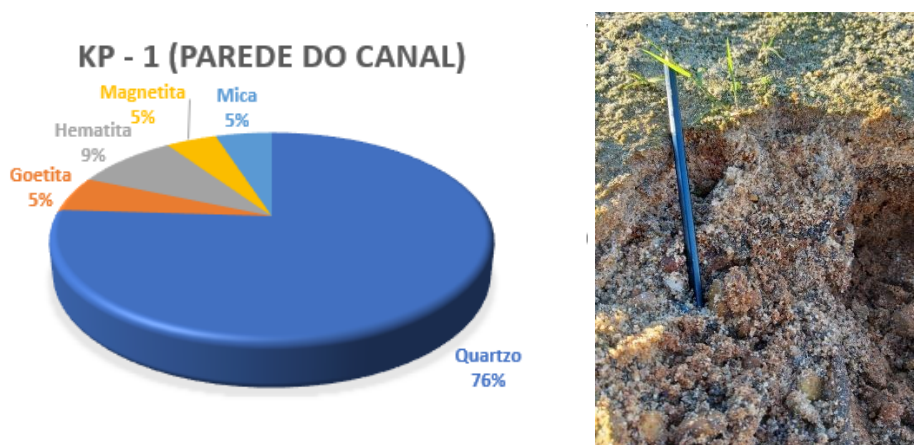


Figura 13 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 1 - PC.

### 5.2.2 Amostras KP 2 – T e KP 2 – PC

A amostra de sedimentos KP 2 – T foi coletada no terraço aluvial a 2,8 m do nível de água do canal. Foi possível observar laminação plano-paralela, além de alta esfericidade e sub-angulosidade nos grãos. Os sedimentos são compostos por 78% de quartzo, 8% de hematita, 5% de magnetita e mica, e 4% de goetita.

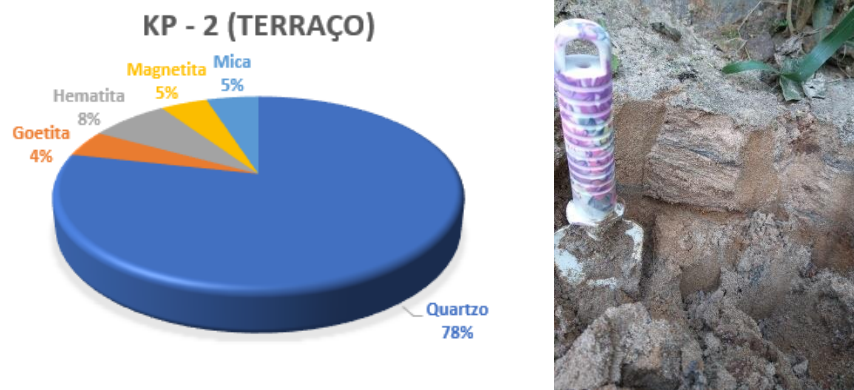


Figura 14 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 2 - T.

A amostra KP 2 – PC foi coletada na parede do canal a 0,7 m do nível da água, onde foi analisado a estrutura plano paralela e o aspecto sub-anguloso e alta esfericidade de seus grãos. É composto por 71% de quartzo, 11% de hematita, 8% de mica e 5% de magnetita e goetita. A água nesse ponto também mostrou-se com alta turbidez, dificultando a análise de estruturas e coleta de amostra do canal.

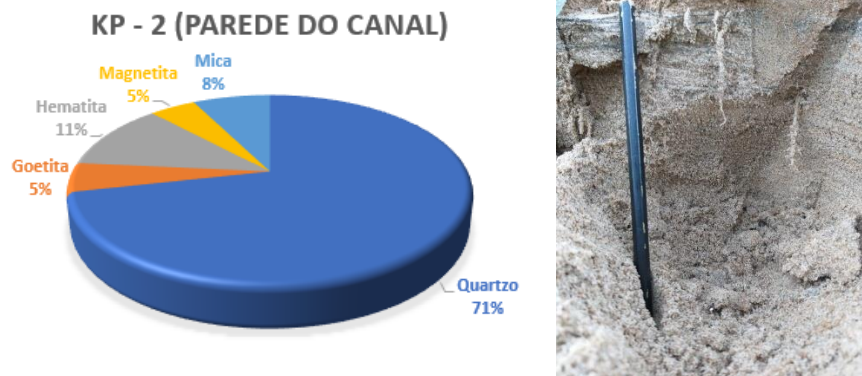


Figura 15 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 2 - PC.

### 5.2.3 Amostras KP 3 – T, KP 3 – PC e KP 3 – C

A amostra KP 3 – T foi coletada no terraço do canal aluvial a 1,7 m do nível de água do canal, onde foi possível observar laminação plano-paralela, bem como grãos sub-arredondados e alta esfericidade. Sua composição mineralógica é de 66% de quartzo, 19% de mica, 7% de goetita, 5% de hematita e 3% de magnetita.

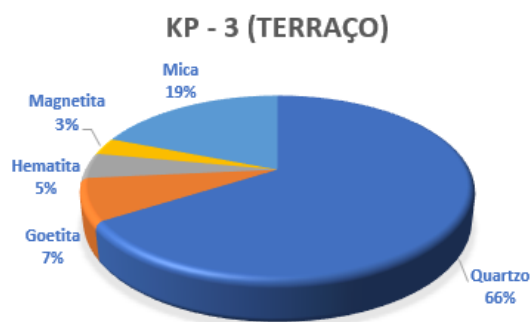


Figura 16 - Composição mineralógica da amostra KP 3 - T.

A amostra KP 3 – PC foi coletada na parede do canal a 0,8 m em relação ao nível da água. É possível visualizar laminação plano-paralela e grãos sub-arredondados com alta esfericidade. Seus sedimentos são compostos por 45% de quartzo, 20% de mica, 18% de goetita, 9% de hematita e 8% de magnetita.

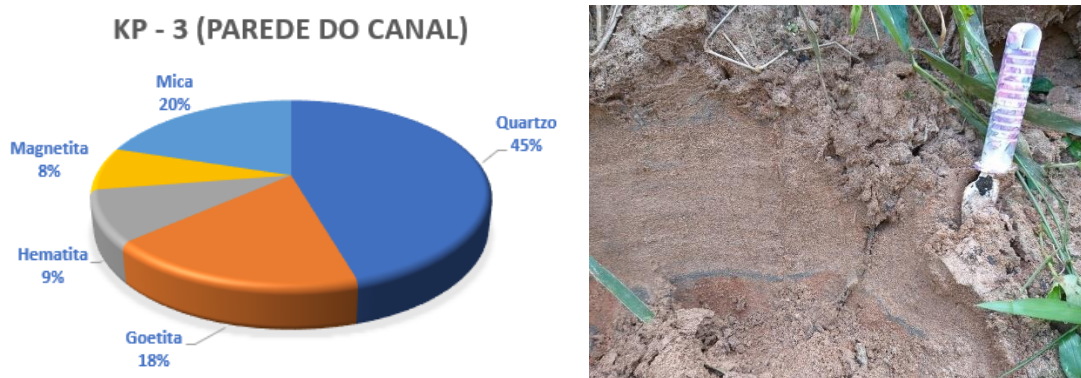


Figura 17 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 3 - PC.

A amostra KP 3 – C foi coletada no canal do rio, sendo possível observar presença de *ripples* e de grãos com alta esfericidade e sub-arredondamento. Sua composição mineralógica é de 45% de quartzo, 20% de goetita, 17% de mica, 12% de hematita e 6% de magnetita. Nesse ponto grande quantidade de minerais de óxido de ferro foi visto disperso pela superfície do canal.

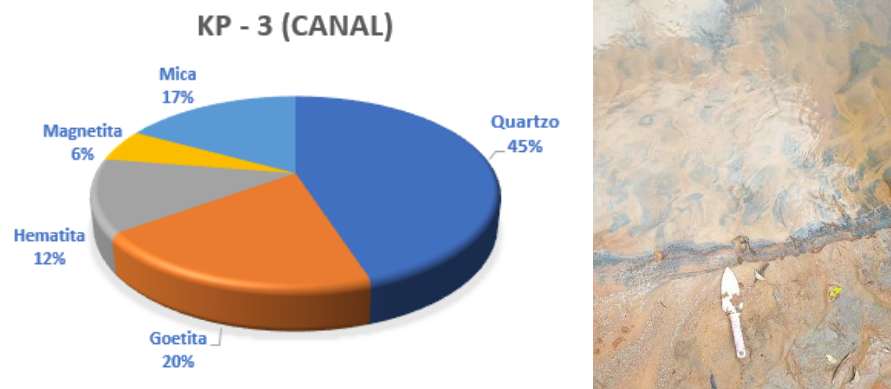


Figura 18 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 3 - C.

#### 5.2.4 Amostras KP 4 – T, KP 4 – PC e KP 4 – C

A amostra KP 4 – T foi coletada no terraço do canal aluvial a 1,8 m em relação ao nível da água. Aqui é possível observar laminação plano-paralela, além de grãos sub-arredondados com alta esfericidade. Seus sedimentos são compostos por 63% de quartzo, 19% de mica, 8% de goetita, 6% de hematita e 4% de magnetita.

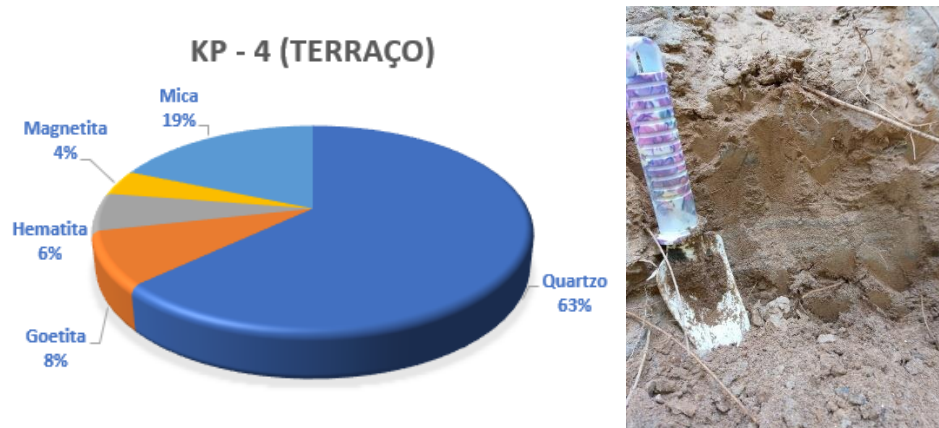


Figura 19 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 4 - T.

A amostra KP 4 – PC foi coletada na parede do canal aluvial a 0,4 m do nível de água do canal, onde foi possível visualizar laminação plano-paralela, assim como grãos sub-arredondados e alta esfericidade. É composto por 50% de quartzo, 20% de mica, 13% de goetita, 11% de hematita e 6% de magnetita.

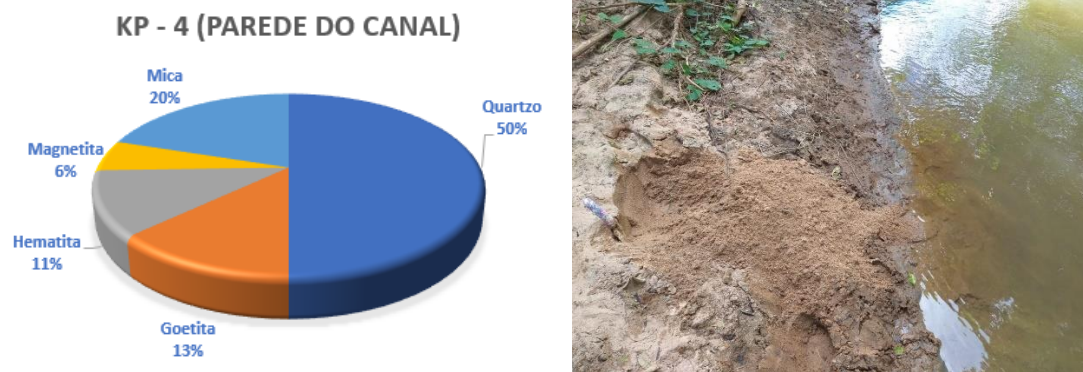


Figura 20 - Composição mineralógica e local de coleta da amostra KP 4 - PC.

A amostra KP 4 – C foi coletada no canal do rio, onde a visualização das ripples foi dificultada pelo aspecto turvo da água. Os grãos possuem alta esfericidade e sub-arredondamento. Sua composição mineralógica é de 47% de quartzo, 20% de mica, 13% de hematita, 12% de goetita e 8% de magnetita. Nesse ponto grande quantidade de minerais de óxido de ferro foi visto disperso pela superfície do canal.

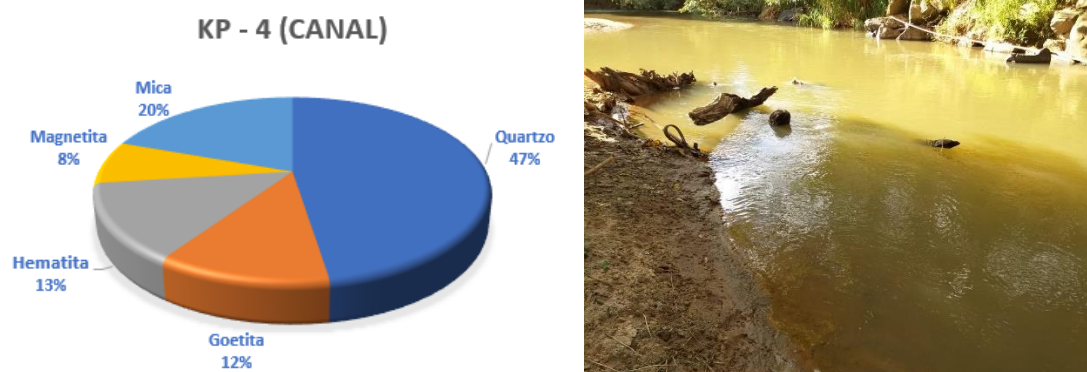


Figura 21 - Composição mineralógica e local de coleta na amostra KP 4 - C.

## CAPÍTULO 6

### SÍNTESE DOS RESULTADOS

Considerando os fatores naturais como a geologia local (ANEXO 2), e fatores antrópicos como a atividade minerária (ANEXO 3) e ocupação urbana da região, será feita uma comparação ao longo desse capítulo entre as amostras coletadas no terraço, parede do canal e canal, observando as variações nas concentrações dos minerais de ferro seguindo o curso do rio de Peixe de Itabira à Nova Era. Essa variação é representada na Figura 22 para melhor visualização.



Figura 22 - Representação das variações das concentrações de minerais de ferro nos sedimentos de terraços aluviais, paredes de canal e canal do rio de Peixe.

De forma geral, é possível observar que o canal do rio possui as maiores concentrações de minerais de ferro, seguido das paredes do canal. Já as menores concentrações são vistas nos terraços aluviais.

As amostras KP 1 apresentaram a menor diferença na concentração de minerais de ferro com 4 de aumento no percentual da parede do canal quando comparado com o terraço. Os sedimentos do terraço coletados a uma altura de 2,58 m do nível da água do canal, mostraram

concentração de 15% de minerais de ferro, enquanto aqueles coletados na parede do canal a 0,4 m do nível da água tem uma concentração de 19%. O ponto amostrado localiza-se próximo a cidade de Itabira, onde encontram-se algumas ocupações urbanas e é possível ver pontos de despejos de lixo nas proximidades do rio. Essa acumulação de entulho e esgoto tornam o local mal cheiroso e a água turva, o que prejudicou a visualização de estruturas sedimentares no canal; diferente do terraço onde foi possível a identificação das estruturas. Vale ressaltar que de todos os pontos amostrados, esse é o que se encontra mais distante da ferrovia.

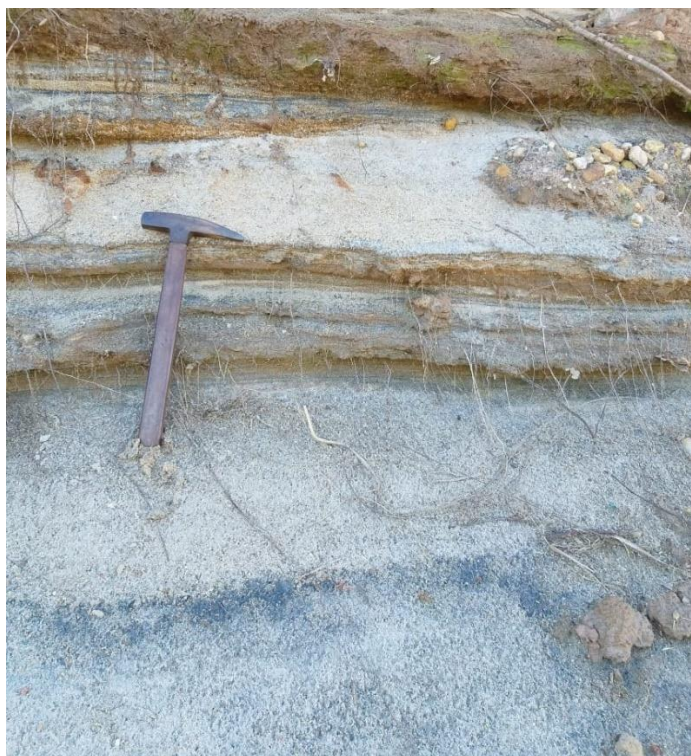


Figura 23 - Terraço aluvial do ponto KP 1 onde é possível analisar laminação plano-paralela.

As amostras KP 2, ainda próximo a Itabira, apresentou concentração de minerais de ferro maior que o ponto anterior. O terraço foi coletado a 2,8 m do nível de água do canal e apresentou 17% de concentração, já a parede do canal coletada a 0,7 m do nível de água mostrou concentração de 21%, sendo assim 4,5 maior no percentual que o terraço. Apesar de ser possível ver despejo de lixo tanto no terraço quanto no canal do rio, essa é uma região sem ocupação urbana. Diferente do ponto descrito anteriormente, esse encontra-se mais próximo a ferrovia responsável por transportar minério de ferro, o que permite inferir que o transporte, ao liberar partículas de ferro no ambiente, pode influenciar nesse aumento de concentração.



As amostras KP 3 coletadas em Capoeirana, distrito de Nova Era, se destacam uma vez que apresentam a maior variação na concentração dos minerais de ferro. Os sedimentos do terraço, coletados a 1,7 m do nível da água, apresentaram concentração de 15%, enquanto os sedimentos da parede do canal, a 0,8 m, e do canal, apresentaram concentração de 34,5% e 38%, respectivamente. Sendo assim chega-se ao resultado de um aumento nos percentual de 19,5 na concentração parede do canal e de 23 no canal, quando comparados ao terraço. Nas redondezas do ponto retratado é possível ver a maior ocupação urbana em relação aos pontos amostrados no trabalho. Chama-se atenção também para a proximidade desse ponto para a ferrovia, sendo esse o mais próximo. Tais constatações apoiam a evidência de que o transporte dos minerais de ferro por meio ferroviário influencia diretamente no aumento das concentrações.



Figura 24 - Local de coleta do ponto KP 3, onde é possível ver *ripples* no canal do rio.

As amostras KP 4, coletadas na região mais próxima da cidade de Nova Era, apresentam concentrações de minerais de ferro menores que a do ponto anterior, mas ainda assim podem-se ver grandes variações. Os sedimentos do terraço coletados a 1,8 m do nível da água exibiram concentração de 18,5%, sendo esse valor o maior para os terraços amostrados. Já os sedimentos da parede do canal a 0,4 m e do canal, apontaram concentração de 30% e 33%, respectivamente.

Tem-se então um aumento percentual de 11,5% na concentração parede do canal e de 14,5% no canal, quando comparados ao terraço. A região apresenta ocupação urbana e assim como o ponto anterior, esse também encontra-se muito próximo a ferrovia, embasando o raciocínio quanto a relação direta do transporte do minério de ferro e aumento quantitativo dos minerais de ferro ao longo do rio.

Este, por sua vez, tem sua nascente inserida nos itabiritos do Grupo Itabira e está localizado próximo a área minerária da mina de Conceição, o que aumenta o aporte de minerais de ferro ao longo de rio de Peixe. A Figura 25 ilustra tal aumento na concentração, enfatizando os minerais hematita e magnetita.

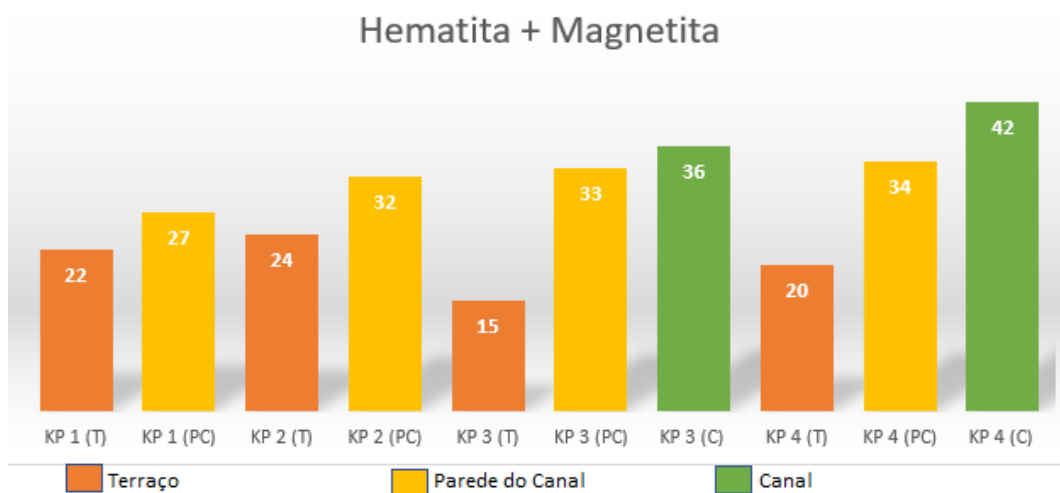


Figura 25 - Gráfico das concentrações de hematita e magnetita nos pontos amostrados ao longo do rio de Peixe.

Destaca-se que todos os pontos amostrados estão inseridos no Complexo Guanhães, que apesar de ser complexo metamórfico onde não tem-se mineralização de ferro, apresentam algumas porções ferruginosas tais como os quartzitos ferruginosos e formação ferrífera (hematita e magnetita). Essa litologia característica ao ser erodida pelo processo fluvial, pode promover o aumento na concentração de minerais de ferro ao longo do tempo.

Uma observação isolada foi feita sobre a goetita uma vez que esse mineral demonstrou uma variação maior quando comparado aos minerais hematita e magnetita. Tomando por base que o hidróxido de ferro tende a permanecer no terraço em um ambiente isento de alterações antrópicas, as análises feitas mostraram-se diferentes apresentando as maiores concentrações do mineral nas paredes do canal e canal, como pode ser visto na Figura 26.

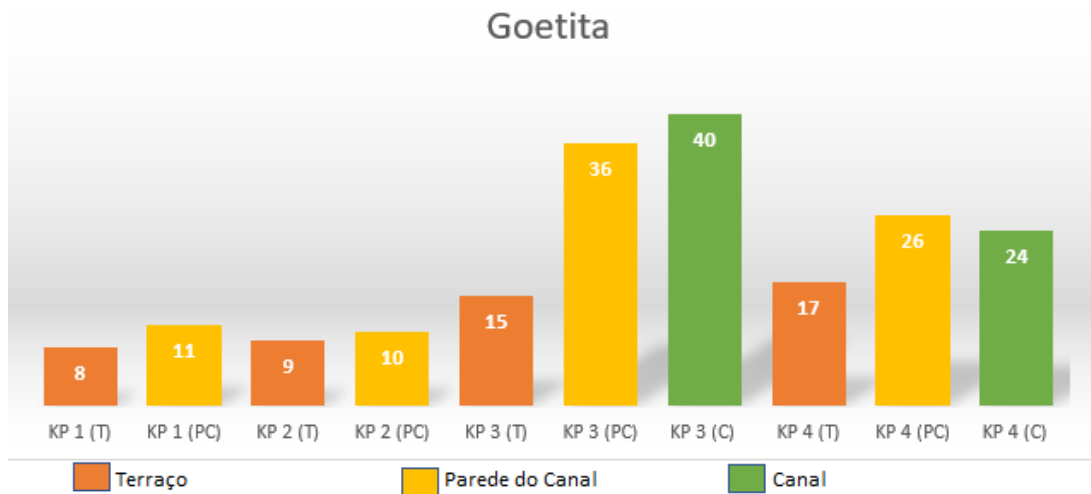


Figura 26 - Gráfico da variação na concentração de goetita no terraço, parede do canal e canal das amostras coletadas.

Como pode ser visto no gráfico, o ponto que apresenta maior variação é o KP 3, que como descrito anteriormente, localiza-se no distrito de Capoeirana. Tal proximidade, associado à ocupação urbana do local e atividade garimpeira atual podem ser fatores determinantes para modificar a condição dos solos do terraço e provocar esse aumento considerável na concentração de goetita na parede do canal e canal.

Feitas tais análises de terraço aluvial, parede do canal e canal, de montante para jusante, nota-se que foi necessário a observação e interpretação da particularidade de cada ponto amostrado, levando em consideração os fatores locais que poderiam influenciar nas concentrações dos minerais de ferro.

Comparando os resultados obtidos com os trabalhos anteriores e os dados bibliográficos referentes a área, foi possível considerar a grande influência antrópica nas concentrações além da dispersão natural para os valores dos minerais de ferro.

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSÕES

---

A bacia hidrográfica do rio de Peixe além de abastecer um considerável número de pessoas das cidades de Itabira, Nova Era e seus respectivos distritos, tem sofrido influências diretas e indiretas referentes as atividades minerárias continuamente desde a exploração de garimpos e da antiga Companhia Vale do Rio Doce (atualmente Vale. S.A).

A nascente do rio está inserida nos itabiritos do Grupo Itabira, importante província metalogenética mundial, e percorre ao longo do seu curso litologias ricas em minerais de ferro. Dentre essas destaca-se o Complexo Guanhães, em cuja zona de ocorrência se localizam os pontos de coleta do presente trabalho e observou-se presença de quartzito ferruginoso em sua composição.

A associação de tais dados permite concluir que encontrar variações naturais na concentração de minerais de ferro nas paredes do canal e canal em relação aos terraços aluviais, estão dentro da normalidade visto que a litologia local é rica em tais minerais.

Em acréscimo a essa variação, a soma de atividade garimpeira do século XVII aos dias atuais, forte mineração regional e ocupação do solo pela expansão da área urbana, são importantes fatores responsáveis por tornar essas variações ainda maiores, passando de uma influência natural para antrópica.

A dependência dos recursos hídricos para atividade minerária é notória e exercem grande impacto sobre as bacias ao qual estão inseridas. Vale enfatizar que o transporte do minério de ferro feito pela Estrada de Ferro Vitória – Minas percorre um trajeto lateralmente ao canal do rio de Peixe, o que pode atuar diretamente nas concentrações analisadas.

Tomando por base os dados analisados com a coleta das amostras, chegou-se aos resultados de um aumento quantitativo de minerais de ferro do canal em relação ao terraço aluvial de 1,27 vezes nos pontos KP 1 e KP 2; 1,80 vezes no ponto KP 4; e 2,53 vezes para o ponto KP 3. Este último se sobressai uma vez que apresentou as maiores variações das concentrações no contexto geral.

Assim, os resultados encontrados mostram a importância e eficácia na análise dos padrões de dispersão de minerais de ferro ao longo do curso do rio, e alerta para que a

mineradora adote procedimentos mais rigorosos quanto a contenção dos rejeitos nos sistemas de barragens e no transporte ferroviário do minério de ferro.

Além disso, é recomendado que o poder público das cidades em destaque tome providências mais efetivas para o monitoramento de despejo de rejeitos por toda extensão do rio, controle das barragens e controle de minério de ferro despejado nas ferrovias a fim de evitar as altas concentrações no ambiente.

Pascoal, K. L. R 2019. Dispersão de Minerais Ricos em Óxidos de Ferro nos Sedimentos Aluviais do Rio de Peixe a Oeste ...

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ALKIMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: Evidence for Paleoproterozoic Collision and Collapse in the Quadrilátero Ferrífero. Elsevier Science B. V, 1998.

ALMEIDA, F. F. M. 1977. O Cráton de São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 7 (4): 349-364.

BASÍLIO, M.S. 2005. Geoquímica dos Sedimentos Associados aos Minérios de Ferro da Região Leste – Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG e seu Potencial para Adsorção e Dessorção de Metais Traço. Departamento de Geologia, EM/UFOP, Ouro Preto.

COUTO, B. O. C, Análise de Erodibilidade em Taludes com Horizontes Resistentes e Suscetíveis aos Processos Erosivos. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, EM/UFOP, Ouro Preto, 2015. 110p.

CASTRO, T. A. D. Geologia e Controle Estrutural de Corpos de Minério de Esmeraldas e Alexandrita na Região da Província Esmeraldífera de Itabira-Nova Era-Ferros, MG. Ouro Preto, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Geológica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

CASTRO, P. T. A.; LANA, C. E.; ROBERTTI, T. O.; SOUZA, M. E. S.; QUINTAES, M.; MORAES, M. E. M.; SILVA, N. C. C. Fatores que condicionam a presença e dispersão de minerais de ferro nos sedimentos arenosos dos terraços e várzeas dos rios que drenam o Quadrilátero Ferrífero (MG). *Geociências* (São Paulo. Online), v.36, p.509 - 520, 2017.

CETESB 1985. *Estudo Emergencial dos Níveis de Contaminação por Metais Pesados na Água, Sedimentos e Peixes do Reservatório Rio das Pedras*. São Paulo. 10p.

CHEMALE, F; ROSIÈRE, A.; ENDO, I. Evolução Tectônica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais – Um Modelo. Instituto de Geociências (UFRGS), 1991.

CHEMALE Jr. F.; ROSIÈRE, C. A.; ENDO, I. . Tectonic Evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. In: 29. International Congress of Geology, 1992, Kyoto. Abstracts of the 29. IGC. Kyoto: IUGS, 1992. v. 2. p. 276.

CPRM 2000. *Texto Explicativo – Itabira, folha SE.23-Z-D-IV*. Programa levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Brasília, DNPM/CPRM.

Pascoal, K. L. R 2019. Dispersão de Minerais Ricos em Óxidos de Ferro nos Sedimentos Aluviais do Rio de Peixe a Oeste ...

DORR, J.N. 2d. 1969. Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. U. S. Geological Survey Professional Paper. 641 - A: 1-110.

DOOR J. N.; BARBOSA, A. L. 1963. Geology and ore deposits of the Itabira District, Minas Gerais, Brazil. USGS/DNPM. *Professional Papper*, 341-C: 110p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230p. 2011.

ENDO I. 1997. *Regimes Tectônicos do Arqueano e Proterozóico no Interior da Placa San Franciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, MG*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 243p.

FORMULÁRIO 20-F, 2017. Relatório Anual, de acordo com a seção 13 ou 15 (d) da Lei de Mercado de Capitais de 1934. Comissão de Valores Mobiliários dos Estados Unidos, Whashington, D.C. 187 p.

IBRAM, 2014. Relatório Anual IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração (Junho 2014 - Maio 2015). 40 p.

LADEIRA, E. A; VIVEIROS, J.F.M. 1984. Hipótese sobre a Estruturação do Quadrilátero Ferrífero com Base nos Dados Disponíveis. Boletim Especial, Belo Horizonte, SSG ·MG, 4: 1-14.

MACHADO, N.; NOCE, C. M.: Belo de Oliveira. O.A. & LADEIRA, E.A. 1989. Evolução geológica do Quadrilátero Ferrífero no Arqueano e Proterozóico Inferior, com base em geocronologia U-Pb. Anais, 5º Simpósio de Geologia Núcleo de Minas Gerais, Belo Horizonte, SSG. Boletim 10: 1-5.

MARSHAK, S. & ALKMIM, F.F. 1989. Proterozoic extension/contraction tectonics of the southern São Francisco Craton and adjacent regions. Minas Gerais, Brazil: A kinematic model relating Quadrilátero Ferrífero, São Francisco Basin and Cordillera do Espinhaço. *Tectonics*, 8 (3): 555-571.

MORAES, M. E. M. Padrões de distribuição de minerais ricos em ferro nos sedimentos aluviais do alto curso do Rio das Velhas no Quadrilátero Ferrífero, MG: análise da dispersão natural e influência antrópica. Ouro Preto, 2015. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Geológica), Universidade Federal de Ouro Preto.

NASCIMENTO, L. P. 2016. Análise Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Peixe, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Ambiental, EM/UFOP, Ouro Preto.

PEREIRA, R. M.; ÁVILA, C. A. & LIMA, P. R. A. S. 2005. *Minerais em Grãos: técnicas de coleta, preparação e identificação*. 1.ed. São Paulo, 2005. 128 p.



QUINTAES, M. Padrões de distribuição de minerais ricos em ferro nos sedimentos aluviais do Rio Gualaxo do Sul localizado na borda sudeste do quadrilátero ferrífero, MG: Análise da dispersão natural e da influência antrópica. Ouro Preto, 2014. 82 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Geológica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

SILVA, N. C. C. Padrões de distribuição de minerais ricos em ferro nos sedimentos aluviais da bacia do rio Itabirito localizado na porção sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, MG: análise da dispersão natural e da influência antrópica. Ouro Preto, 2016. 40p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Geológica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

SOUZA, M.E.S. Padrões de distribuição de minerais ricos em ferro nos sedimentos aluviais dos afluentes do Rio Gualaxo do Norte localizado na borda sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG: Análise da dispersão natural e influência antrópica. Ouro Preto, 2013. 80 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Geológica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

VIANA, D. L. *Geologia e Petrogênese da Jazida de Esmeraldas de Piteiras, MG*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, EM/UFOP, Ouro Preto, 2004. 220p.

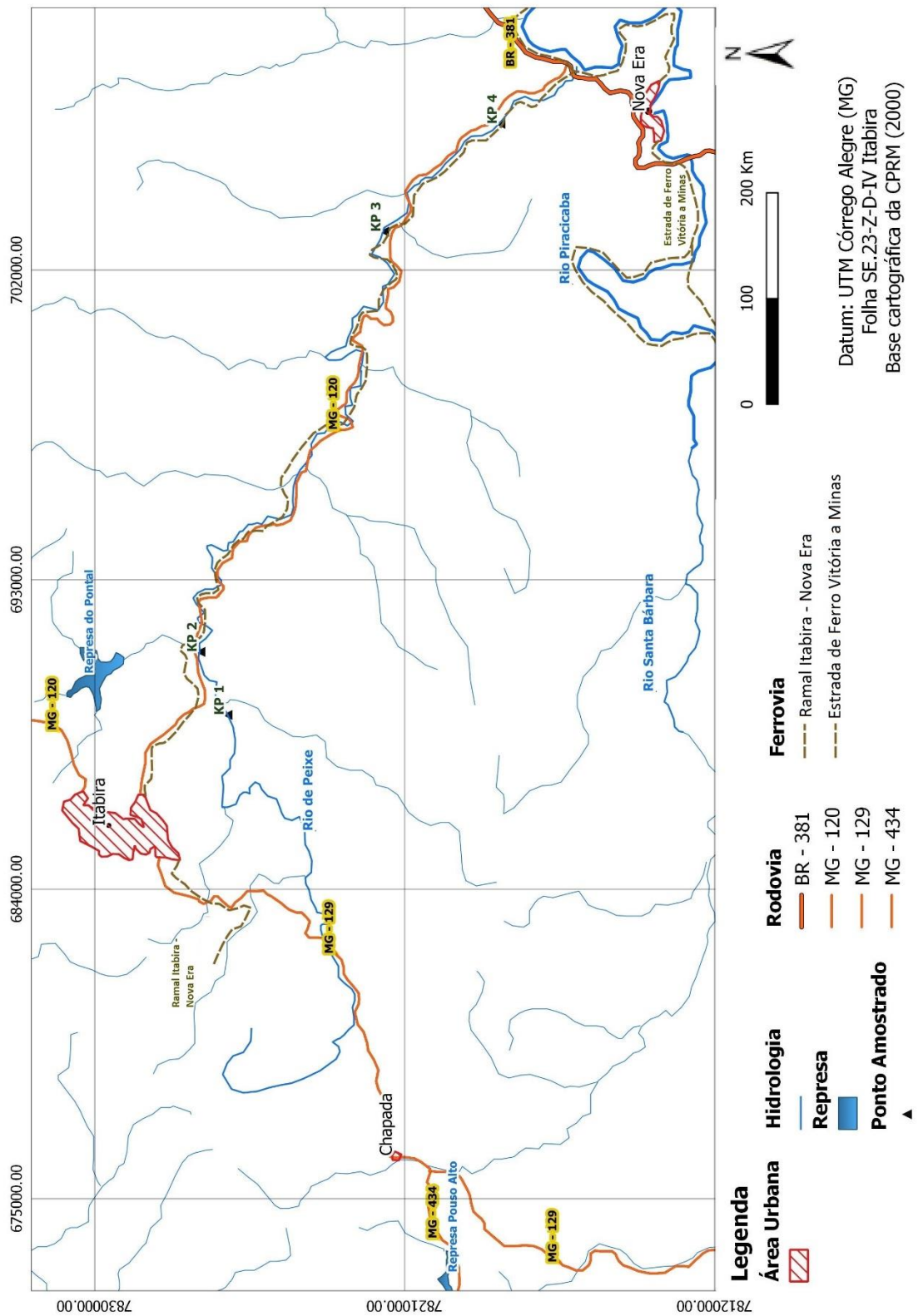


## **ANEXOS**

Pascoal, K. L. R 2019. Dispersão de Minerais Ricos em Óxidos de Ferro nos Sedimentos Aluviais do Rio de Peixe a Oeste ...

**ANEXO I:**  
**MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS**

Pascoal, K. L. R 2019. Dispersão de Minerais Ricos em Óxidos de Ferro nos Sedimentos Aluviais do Rio de Peixe a Oeste ...



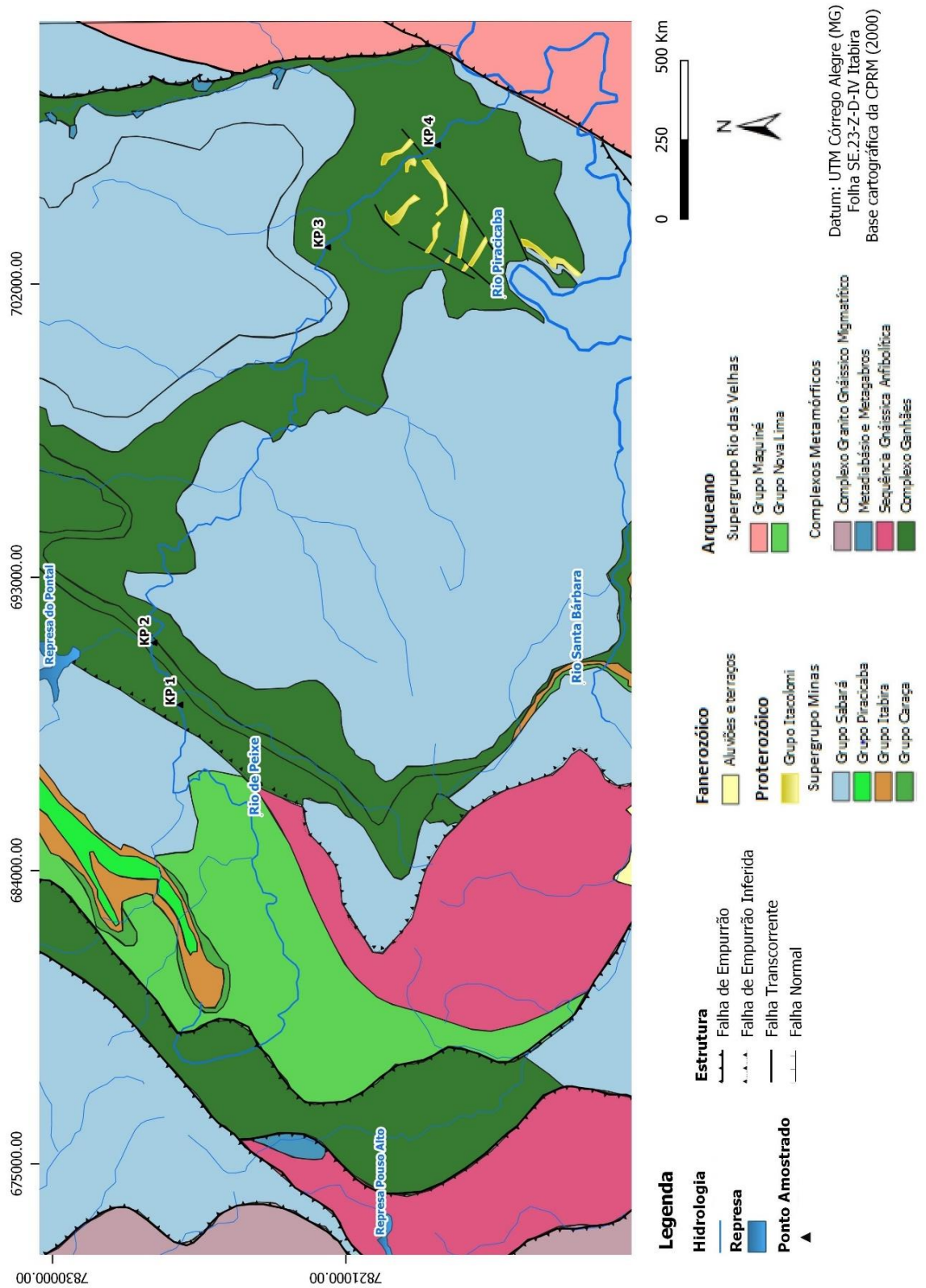
ANEXO 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS

Pascoal, K. L. R 2019. Dispersão de Minerais Ricos em Óxidos de Ferro nos Sedimentos Aluviais do Rio de Peixe a Oeste ...



**ANEXO II:**  
**MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO**

Pascoal, K. L. R 2019. Dispersão de Minerais Ricos em Óxidos de Ferro nos Sedimentos Aluviais do Rio de Peixe a Oeste ...

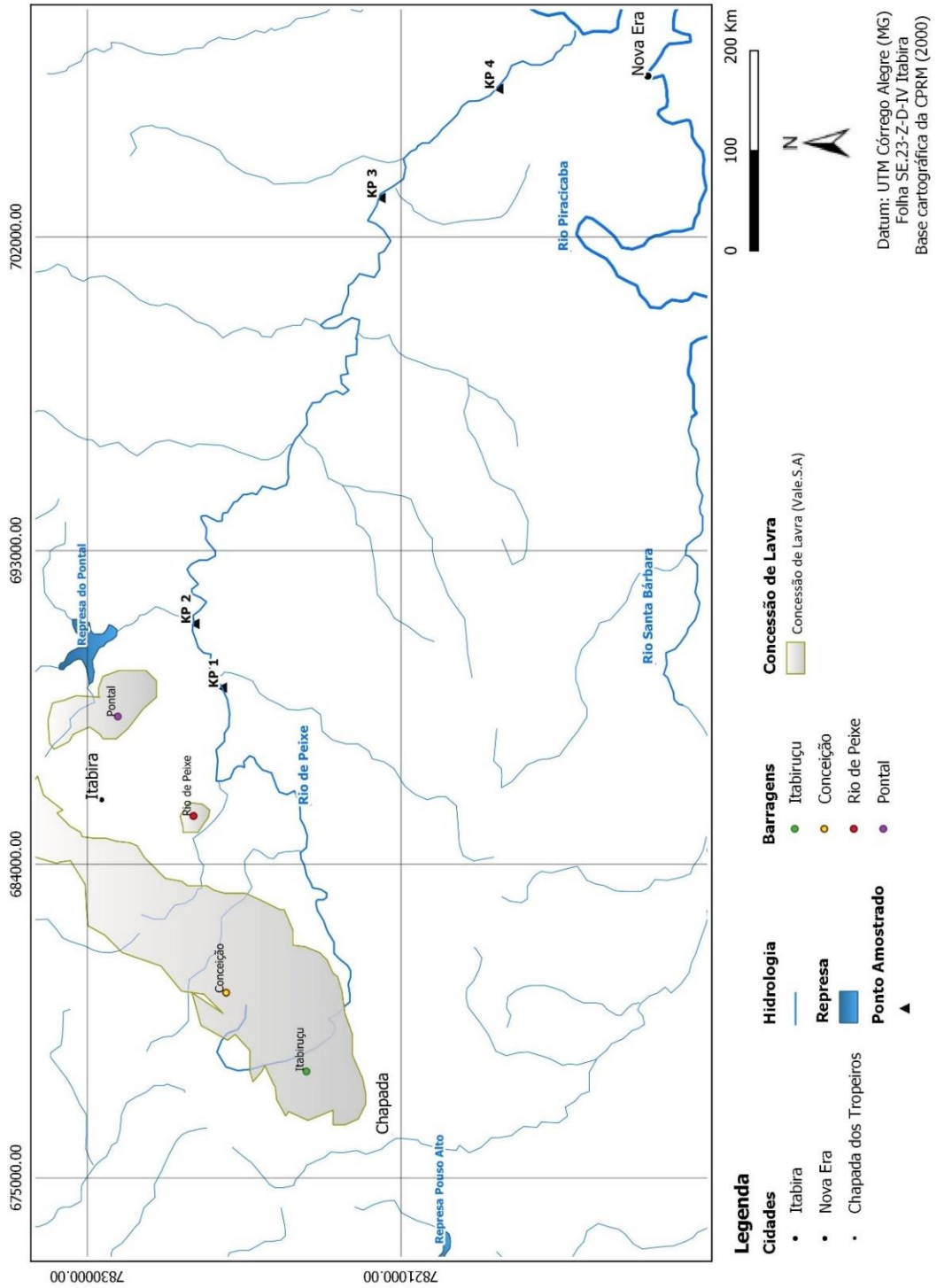


ANEXO 2 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

Pascoal, K. L. R 2019. Dispersão de Minerais Ricos em Óxidos de Ferro nos Sedimentos Aluviais do Rio de Peixe a Oeste ...

**ANEXO III:**  
**MAPA DE CONCESSÕES DE LAVRA DA ÁREA**

Pascoal, K. L. R 2019. Dispersão de Minerais Ricos em Óxidos de Ferro nos Sedimentos Aluviais do Rio de Peixe a Oeste ...



ANEXO 3 - MAPA DE CONCESSÕES DE LAVRA DA ÁREA





**ANEXO IV**  
**FOTOGRAFIAS DOS LOCAIS DE COLETA**



ANEXO 4 - FOTOGRAFIAS DOS LOCAIS DE COLETA

**A** - Locais de coleta das amostras KP 3; **B** - Canal do rio com ênfase nas *ripples* presentes.