



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E CUBAGEM DA JAZIDA DE  
FERRO DO TESOIRO, OURO PRETO/MG**

SAMUEL EDUARDO FORTES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

São Cristóvão (SE)  
2023

**SAMUEL EDUARDO FORTES**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E CUBAGEM DA JAZIDA DE  
FERRO DO TESOURO, OURO PRETO/MG**

**Orientadora:** Profa. Dra. Adriane Machado

**Coorientador:** Geólogo Everaldo Gonçalves

Monografia apresentada ao Curso de Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

São Cristóvão (SE)  
2023

**SAMUEL EDUARDO FORTES**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E CUBAGEM DA JAZIDA DE  
FERRO DO TESOURO, OURO PRETO – MG**

Monografia apresentada como pré-requisito para obtenção do Título de Bacharel em Geologia da Universidade Federal de Sergipe, submetida à Banca Examinadora.

São Cristóvão, 18 de setembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

---

Profa. Dra. Adriane Machado  
Orientadora - Universidade Federal de Sergipe

---

Profa. Dra. Cristine Lenz  
Membro Interno - Universidade Federal de Sergipe

---

Geólogo Jackson de Jesus Passos  
Membro Externo - Mosaic Fertilizantes

Dedico este trabalho à memória de minha avó Nicolina Pereira da Silva, que foi exemplo de dedicação à família e que tanto contribuiu, incentivou e deu suporte para que fosse possível a educação que é uma coisa admirável, mas é bom recordar que nada do que vale a pena saber pode ser ensinado, e é na educação dos filhos que se revelam as virtudes dos pais. Resta-nos a saudade e a gratidão.

## AGRADECIMENTOS

Aquilo que realizamos é apenas uma consequência das pessoas que convivemos e dos lugares que habitamos. Dessa forma, aproveito esse espaço para registrar todos aqueles que tiveram uma participação especial ao longo da minha formação acadêmica. Um agradecimento especial à minha mãe, como a maior incentivadora de meus estudos e, por ser professora, sempre escolheu e orientou nas melhores decisões, assim como meu pai.

Ao Everaldo Gonçalves por ter me estendido a mão em um momento muito difícil e, sem essa ajuda, apoio e compreensão, essa realização não teria sido concretizada, me ensinando que a geologia entra pelos pés e o martelo sendo a extensão de meu braço, jamais te esquecerei, serei grato por toda eternidade.

Agradeço à minha tia\avó Jandira, meu irmão João Paulo Fortes, tio Zezé, Mônica Neves e família, Fernando Vicentin, Areli Nogueira, Clarissa Izabela, Evaldo, Rio Manso Mineração, Lucimar e família, Cristiano Melo Amaral e Aline Rodrigues e família, que apesar da distância física, não há forma suficiente de explicar a gratidão. Agradeço o corpo docente do DEGEO - Escola de Minas - UFOP por compartilharem comigo esse universo que é a geologia. Um abraço aos professores Fernando Flecha de Alkmim (UFOP), Paulo de Tarso Amorim Castro (UFOP), Issamu Endo (UFOP), Cristiano Lana e Cláudio Lana (UFOP), Fabricio Caxito (UFMG), Antônio Jorge Vasconcelos Garcia (UFS), Eduardo Gomes Marques (UFV), o ex-diretor-executivo de Ferrosos e Carvão da Vale S.A., Gerd Peter Poppinga (UFRJ), Hélio Shimada (USP), Enzo Luíz Nico Júnior (USP), Edilma de Jesus Andrade (UFS), Osmar Alves de Oliveira Junior (UFOP), Antônio Carlos Felício Lambertini (USP), Nelson Garcia do Carmo Junior (UFOP) e o médico Wilson Milagres dos Santos (UFJF).

À UFS, por me mostrar que a universidade também tem o potencial de desenvolver nosso lado humano. À orientadora Adriane Machado por ter abraçado esse projeto com tanta dedicação e empenho. Reconheço também o importante papel que a universidade pública teve ao me proporcionar um acesso a um ensino de altíssima qualidade de forma gratuita. Por fim, agradeço ao estado de Sergipe e ao Nordeste brasileiro, que me recebeu de braços abertos, presenteando em diversas oportunidades durante estes anos com belíssimas paisagens, pessoas incríveis e experiências tão enriquecedoras.

## RESUMO

A área de estudo está inserida na Jazida do Tesouro, localizada no Estado de Minas Gerais, na porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, no município de Ouro Preto. A jazida possui uma área de aproximadamente 1.245,13 km<sup>2</sup> e representa cerca de 18% dos 7.160 km<sup>2</sup> de área do Quadrilátero Ferrífero. Este trabalho visou o mapeamento geológico e a avaliação das reservas de minério de ferro da Jazida do Tesouro. O minério de ferro é associado estratigraficamente ao Grupo Sabará, que pertence ao Supergrupo Estrada Real do Quadrilátero Ferrífero. No desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados topográficos, geoquímicos e geofísicos, como forma de avaliar o potencial econômico do minério de ferro. O mapeamento geoquímico realizado na canga e no itabirito da Jazida do Tesouro permitiu estimar o teor de ferro contido no depósito, além da estimativa de volume e massa contida de ferro. A localização do depósito de ferro é favorável à logística para escoar a produção, visto que a jazida está situada nas proximidades da Gerdau Açominas S.A e do terminal da Vale S.A. Isso torna a jazida estratégica pela proximidade ao pólo de escoamento mineral, com acesso já instalado e, provavelmente, com baixo impacto ambiental. Na realização deste trabalho foi considerada a divisão da área de estudo em três setores, dentro da poligonal do processo minerário da ANM, para melhor caracterização geológica dos corpos de minério de ferro da canga e do itabirito. Os corpos foram divididos em setores norte, sul e oeste. Esses setores foram mapeados e amostrados em uma malha regular de 25 m x 25 m. No mapeamento geológico foram encontradas estruturas e corpos de minério de ferro com espessuras definidas por inferência visual e medida, através da espessura aparente das litologias presentes na área de estudo. A Jazida do Tesouro apresenta um teor médio de 60,40% de ferro para as cangas ferruginosas e 51,18 % de ferro para o itabirito friável, com a enorme vantagem de apresentar baixos contaminantes de manganês e fósforo. A estimativa total do recurso mineral medido para a massa total de minério da canga foi de 1.111.853,100 t e 30.847.157 t para o minério do itabirito friável.

**Palavras-chave:** Minério de Ferro. Quadrilátero Ferrífero. Itabirito.

## ABSTRACT

The study area is represented by the *Tesouro* Deposit located in Minas Gerais State, in the Southeast portion of the *Quadrilátero Ferrífero*, at the *Ouro Preto* municipality. The deposit shows an area of approximately 1,245.13 km<sup>2</sup> and represents about 18% of the 7,160 km<sup>2</sup> of the *Quadrilátero Ferrífero* area. This work aimed to geological mapping and assessment of iron ore reserves at the *Tesouro* Deposit. This iron ore deposit is associated stratigraphically with the Sabará Group, which belongs to the *Estrada Real* Supergroup of the *Quadrilátero Ferrífero*. In the development of this work, topographic, geochemical, and geophysical data were used as a way of evaluating the economic potential of the iron ore deposit. The geochemical mapping carried out on the canga and itabirite from the *Tesouro* Deposit allowed estimating the iron content contained in the deposit, in addition to estimating the volume and contained mass of iron. The location of the iron deposit is favorable for the logistics of transporting production, as the deposit is located close to *Gerdau Açominas S.A.* and the *Vale S.A.* terminal. The logistical access is already installed and, probably, has a low environmental impact. In carrying out this work, the study area was divided into three sectors within the ANM mining process polygon for a better geological characterization of the iron ore bodies of the canga and itabirite. The bodies were divided into the North, South, and West sectors. These sectors were mapped and sampled on a regular grid of 25 m x 25 m. In the geological mapping, structures and iron bodies were found with thicknesses defined by visual inference and measurement through the apparent thickness of the lithologies present in the study area. The *Tesouro* Deposit shows an average iron content of 60,40% for the ferruginous canga and 51.18% for the friable itabirite, with the enormous advantage of having low manganese and phosphorus contaminants. The total estimate of the measured mineral resource to the total mass for the canga mass was 1,111,853,100 t and 30,847,157 t for the friable itabirite.

**Keywords:** Iron Ore. Iron Quadrangle. Itabirite.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
1.1 INTRODUÇÃO .....	15
1.2 – LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO .....	16
1.3 – OBJETIVOS .....	16
1.4 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
1.4.1 – Levantamento Bibliográfico .....	17
1.4.2 – Levantamento Geológico de Campo e Amostragem .....	17
1.4.3. Elaboração do Banco de Dados, Estereogramas e Mapas .....	22
1.4.4. Ensaio de Densidade dos Minérios Compactos .....	23
1.4.5. Descrições Petrográficas.....	23
1.4.6. - Análises Geoquímicas.....	24
1.4.7. - Dados Geofísicos .....	24
2. GEOLOGIA REGIONAL .....	25
2.1. Quadrilátero Ferrífero (QFe).....	26
2.2 - Estratigrafia Regional .....	27
2.3 – Contexto Geotectônico .....	29
3. GEOLOGIA LOCAL.....	33
3.1 Geologia Local .....	34
3.2 - Descrição das Unidades Litoestratigráficas da Área de Estudo.....	36
3.2.1. Solo .....	39
3.2.2. Canga.....	40
3.2.3. Laterita .....	43
3.2.4. Xisto/Xisto Ferruginoso/Lentes de Itabirito Hidratado.....	43
3.2.5. Filito Prateado .....	45
3.2.6. Filito/Xisto Marrom.....	46
3.2.7. Itabirito Amarelo .....	48
3.2.8. Metagrauvaca.....	50
4. GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	52
4.1 GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	53
5. RESULTADOS e DISCUSSÕES.....	57
5.1. Petrografia.....	58
5.1.1. Canga.....	58
5.1.2. Itabirito Azul.....	60
5.1.3. Itabirito Amarelo .....	63
5.2. Geoquímica .....	66

5.3. GEOFÍSICA.....	71
5.4. ESTIMATIVA DE VOLUME E MASSA CONTIDA DE FERRO.....	73
5.4.1. Estimativa de Volume e Massa Contida nos Minérios da Canga .....	73
5.4.2. Estimativa de Volume e Massa Contida nos Minérios do Itabirito .....	74
5.4.2.1 Setor Sul.....	74
5.4.2.2. Setor Norte .....	76
5.4.2.3. Setor Oeste .....	76
5.4.3. Estimativa de Recurso Total por Profundidade .....	76
6. CONCLUSÃO.....	78
6.1 Conclusão .....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	80

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mapa de localização da área de estudo e vias de acesso (Fonte: autor). .....	16
<b>Figura 2</b> - Mapa de pontos de controle, amostras superficiais e canaletas. A cor amarela representa a área de vegetação baixa e a verde de vegetação alta (Fonte: autor). .....	19
<b>Figura 3</b> - Mapa de pontos amostrados e evidenciando vegetação (Fonte: Mi2 Engenharia). .....	20
<b>Figura 4</b> - Esquerda: amostra de canga (AM-32). Direita: amostra de solo rico em fragmentos de canga (AM-140) (Fonte: autor). .....	20
<b>Figura 5</b> - Esquerda: amostra de canga com laterita (AM-186). Direita: amostra de itabirito cangueificado (AM-174) (Fonte: autor). .....	20
<b>Figura 6</b> - Amostragem de canaleta (amostra CAN 01) (Fonte: autor). .....	21
<b>Figura 7</b> - Amostras das cangas analisadas para densidade (Fonte: autor). .....	23
<b>Figura 8</b> - Mapa com a posição geotectônica do QFe na porção sul do Cráton São Francisco (Fonte: Projeto Quadrilátero Ferrífero 2050). Legenda: verde: Supergrupo Rio das Velhas, rosa: embasamento arqueano, vermelho: Cinturão Mineiro e amarelo: Supergrupo Minas e unidades paleoproterozóicas. ....	26
<b>Figura 9</b> - Coluna estratigráfica extraída do mapa QFe 2050, com atualização do SGM e SGER. ....	29
<b>Figura 10</b> - Mapa geológico do Sinclinal Dom Bosco mostrando as principais feições estruturais, a distribuição do Grupo Sabará, as idades radiométricas das unidades dos grupos Sabará e Itacomoly, e a localização da área de estudo, retângulo vermelho (Fonte: Dorr II, 1969). .....	30
<b>Figura 11</b> - Seção geológica da Estrada Real e síntese dos elementos estruturais das fases de deformação D1 e D2 (Endo et al., 2005). .....	31
<b>Figura 12</b> - Seção esquemática das rochas do Supergrupo Minas (Fonte: Dorr II, 1963). .....	32
<b>Figura 13</b> - Seção esquemática mostrando cavalgamento regional - Evento Transamazônico (Fonte: Dorr, 1963). .....	32
<b>Figura 14</b> - Mapa geológico com a localização da Serra do Curral (Fonte: Dorr II, 1969). .....	35
<b>Figura 15</b> - Localização dos furos de sondagem próximos à área de estudo (Fonte: autor). .....	35
<b>Figura 16</b> - Imagem dos setores norte, sul e oeste da área de estudo (Fonte: autor). .....	36
<b>Figura 17</b> - Mapa geológico da área de estudo com o traçado dos perfis geológicos (Fonte: Vicentin, 2021). .....	37
<b>Figura 18</b> - Perfis geológicos NE-SW (A - B) e N-S (C -D), (D -E) e (G - F) (Fonte: Vicentin, 2021). .	39
<b>Figura 19</b> - Solo na área de estudo com muitos fragmentos ricos em canga da amostra AM-02 (Fonte: autor). .....	40
<b>Figura 20</b> - Amostra (AM-32) de canga maciça com presença de Mn, setor oeste (Fonte: autor). ....	41
<b>Figura 20 A</b> - Amostra (AM-039) de canga (Fonte: autor). .....	41
<b>Figura 20 B</b> - Perfil no talude mostrando a espessura de cerca de 5,50m de canga + laterita. ....	42
<b>Figura 20 C</b> - Esquerda: ponto 166: mínimo de 4,70m de canga + laterita. Direita: talude na cava: mínimo de 6,00m canga + laterita (Fonte: autor). .....	42
<b>Figura 21</b> - Perfil laterita (material transportado, terroso), varia de 50cm a 2,00m de espessura (Fonte: autor). .....	43
<b>Figura 22</b> - Xisto ferruginoso com estruturas do tipo "augen" marcadas com traço vermelho e preenchidas com material manganésífero em forma de nódulos (Fonte: autor). .....	44
<b>Figura 22 A</b> - Contato xisto ferruginoso/itabirito (Fonte: autor). .....	45
<b>Figura 23</b> - Contato entre o xisto prateado alterado (Sb: 125/24) (traço amarelo) e a formação ferrífera dobrada (Sb: 190/68) (traço vermelho) (Fonte: autor). .....	45
<b>Figura 23 A</b> - Afloramento de xisto acinzentado/prateado (Fonte: autor). .....	46
<b>Figura 24</b> - Filito de coloração roxa, amarelada e avermelhada, com aspecto xistoso (Fonte: autor). ..	47
<b>Figura 24 A</b> - Concreções ferruginosas verticais presentes em toda a extensão do filito (Fonte: autor). .....	47
<b>Figura 25</b> - Itabirito amarelo com bandamento (Sb: 210/45). Talude de cerca de 6m de altura (Fonte: autor). .....	48

<b>Figura 25 A</b> - Detalhe do itabirito amarelo com bandamento bem marcado. Bandas contínuas com sílica amarelada e porções mais alteradas (Sb: 210/45) (Fonte: autor). .....	49
<b>Figura 25 B</b> - Amostra de itabirito (AM-57-A) próximo ao contato com a canga. Atitude do bandamento Sb: 70/27 (Fonte: autor). .....	49
<b>Figura 25 C</b> - Contato gradacional entre o itabirito e a metagrauvaca no ponto 134, atitude Sb: 125/35 (Fonte: autor). .....	50
<b>Figura 26</b> - Afloramento de metagrauvaca na estrada de terra que leva à Fazenda do Tesoureiro (Sb: 140/30) (Fonte: autor). .....	51
<b>Figura 26 A</b> - Detalhe da matriz da metagrauvaca (Fonte: autor). .....	51
<b>Figura 27</b> - Itabirito cangueificado com estrutura de bandamento (Sb: 200/45) (Fonte: autor). .....	53
<b>Figura 28</b> - Afloramento do itabirito amarelado com bandamento (Sb: 315/80). Direção aproximada NW-SE. Ponto da amostra AM-008 (Fonte: autor). .....	54
<b>Figura 29</b> - Região central da área de estudo, onde ocorre o contato (traço vermelho) do Itabirito amarelado (camada inferior) com o xisto ferruginoso/itabirito hidratado. Camada com caimento para SE, S e SW (Fonte: autor). .....	54
<b>Figura 30</b> - Camada do itabirito cangueificado. Direção NW-SE (marcado com traço vermelho) do mergulho da camada (Sb: 200/65). Ponto da amostra Am-45 (Fonte: autor). .....	55
<b>Figura 31</b> - Interpolação mostrando a direção preferencial de mergulho das camadas dos itabiritos da área de estudo (Fonte: autor). .....	55
<b>Figura 32</b> - Interpolação mostrando a direção preferencial das camadas e eixos de dobras dos itabiritos da área de estudo (Fonte: autor). .....	56
<b>Figura 33</b> - Lâmina delgada da canga (Fonte: autor). .....	58
<b>Figura 34</b> - Fragmento de aspecto bandado constituído por óxidos/hidróxidos de ferro. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo. .....	59
<b>Figura 35</b> - Fragmento constituído por óxidos/hidróxidos de ferro de aspecto acicular. Imagem de luz transmitida com os polarizadores cruzados, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo. .....	59
<b>Figura 36</b> - Fragmento de aspecto botrioidal constituído por óxidos/hidróxidos de ferro. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e P: poros. ....	60
<b>Figura 37</b> - Fraturas em fragmento de quartzo preenchidas por óxidos/hidróxidos de ferro. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo. ....	60
<b>Figura 38</b> - Lâmina delgada do itabirito azul (Fonte: autor). .....	61
<b>Figura 39</b> - Textura geral do itabirito azul, evidenciando o bandamento composicional. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 2,5x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: HEM: hematita; Mag: magnetita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo. ....	62
<b>Figura 40</b> - Detalhe do bandamento composicional com presença de poros vazios entre as bandas. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; Mag: magnetita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro; P: poros e Qtz: quartzo. ....	62
<b>Figura 41</b> – Cristais de hematita lamelar orientados, que marcam a foliação. Imagem de luz refletida polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo. ....	63
<b>Figura 42</b> - Argilominerais e possíveis hidróxidos (provável gibbsita) entre cristais de quartzo, hematita, pseudomorfos de magnetita e massas de óxidos/hidróxidos de ferro. Imagem de luz transmitida com os polarizadores cruzados, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; Mag: magnetita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro; Qtz: quartzo e Clays: argilominerais. ....	63
<b>Figura 43</b> - Lâmina delgada Itabirito Amarelo (Fonte: autor). .....	64
<b>Figura 44</b> - Textura geral da rocha, sendo observado o bandamento composicional. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 2,5x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro; Qtz: quartzo e Clays: argilominerais. ....	65

<b>Figura 45</b> - Textura geral da rocha, sendo observado o bandamento composicional. Imagem de luz transmitida com os polarizadores cruzados, objetiva de 2,5x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; Mag: magnetita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro; Qtz: quartzo e Clays: argilominerais. ..	65
<b>Figura 46</b> - Cristais de hematita lamelar orientados, marcando a foliação. Imagem de luz refletida polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo. ....	66
<b>Figura 47</b> - Pseudomorfos de magnetita substituídos por hematita martítica e óxidos/hidróxidos de ferro. Imagem de luz refletida polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; Mag: magnetita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo. ....	66
<b>Figura 48</b> - Mapa de interpolações de teores de ferro para a canga (Fonte: Vicentin,2021). ....	70
<b>Figura 49</b> - Mapa de interpolações de teores de ferro para a canga (Fonte: Vicentin,2021). ....	70
<b>Figura 50</b> - Mapa de interpolação de teores de alumínio para a canga (Fonte: Vicentin, 2021). ....	72
<b>Figura 51</b> - Mapa aeromagnético regional da área de estudo mostrando em vermelho, uma susceptibilidade maior dos corpos ferruginosos (Fonte:CODEMIG). ....	73
<b>Figura 52</b> - Mapa com inferência de profundidade para cubagem do corpo de minério (a cor é apenas ilustrativa (Fonte: autor). ....	75

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> - Amostras coletadas e as suas respectivas litologias. Legenda: CG = canga, CG/LAT = canga e laterita, CG/SL = canga e solo, SL/CG = solo e canga, SL/LAT = solo e laterita, IT = itabirito, XI-Fe = xisto ferruginoso, ARG/LAT = argila e laterita, ROL = fragmentos rolados de canga, CAN = canaleta, LAT = laterita, LAT/SUP = laterita supergênica, LAT/INF = laterita inferior, IT/CONZA = itabirito cinza, IT/HID = itabirito hidratado, IT/AM = itabirito amarelo. ....	22
<b>Tabela 02</b> - Análises geoquímicas das amostras de itabirito da frente de lavra. Legenda: AM = amostra. ....	67
<b>Tabela 03</b> - Análises geoquímicas da fração + 6,3 mm. Legenda: AM = amostra.....	68
<b>Tabela 04</b> - Análises geoquímicas da fração - 6,3 mm. Legenda: AM = amostra.....	699
<b>Tabela 05</b> - Análises geoquímicas das amostras de itabirito friável (canaleta) da fração + 6,3 mm e - 6,3 mm.....	70
<b>Tabela 06</b> - Análise estatística da densidade das amostras de canga (Fonte: autor). ....	74
<b>Tabela 07</b> - Valor total de massa total de minério de ferro e massa de ferro contida na canga. ....	74
<b>Tabela 08</b> - Valor total de massa total de minério de ferro e massa de ferro contida no itabirito do setor sul. ....	75
<b>Tabela 09</b> - Valor total de massa total de minério de ferro e massa de ferro contida no itabirito do setor norte. ....	76
<b>Tabela 10</b> - Valor total de massa total de minério de ferro e massa de ferro contida no itabirito do setor oeste.....	76
<b>Tabela 11</b> - Análises de profundidade, volume total, densidade do minério, teor de ferro contido, massa total de ferro e teor médio de ferro contido. ....	77

# **1.INTRODUÇÃO**

## 1.1 INTRODUÇÃO

A indústria de mineração desempenha um papel importante na economia brasileira, respondendo por 1,61% do PIB brasileiro. Em adição, a exploração de minério de ferro também é fundamental para o sucesso do setor externo, tornando a balança comercial superavitária.

Diante da importância do minério de ferro para a economia do Brasil, dada a crescente demanda por ferro nos últimos anos e a tendência de sua continuidade nos próximos anos, e considerando que os países emergentes têm como meta melhorar as infraestruturas básicas, faz-se necessário discutir a disponibilidade de matéria prima para atender a essa demanda. Assim como é importante investigar as características do minério de ferro produzido no Brasil e como essas características são absorvidas pela indústria siderúrgica, bem como as tendências para o futuro e os desafios para uma produção sustentável.

Ao longo dos anos, o esgotamento das reservas de minério de alto teor em ferro e baixo nível de contaminantes levou ao uso de minérios cada vez mais pobres, de mineralogias mais complexas e com maiores porcentagens de finos. Isso demandou diversas inovações tecnológicas para o beneficiamento, com o objetivo de atender as especificações da indústria siderúrgica. Dentre essas inovações, destaca-se o processo de aglomeração de finos de minérios, que permitiu a sua utilização nos fornos de redução direta, com a sinterização e a pelotização.

O aumento significativo da demanda mundial por minério de ferro, particularmente pela China, e que tende a se manter nas próximas décadas, resultará em lavar minérios cada vez mais pobres e com maior volume de finos, exigindo o desenvolvimento de novas tecnologias para a lavra e beneficiamento. A indústria siderúrgica também deverá participar desse desafio, inovando nos processos diante de uma matéria prima que, mesmo sendo beneficiada sob novas tecnologias, terá diferenças em relação à atual. Caso contrário, parte dessa matéria prima será descartada como rejeito, aumentando os níveis de impacto ambiental. Diante desse complexo cenário, conclui-se que o maior desafio para a cadeia produtiva do ferro está no desenvolvimento de tecnologias, que permitam o aproveitamento siderúrgico de minérios de baixo teor, com sustentabilidade ambiental.

O estudo geológico apresentado neste trabalho teve como objetivo, o mapeamento geológico e a avaliação das reservas de minério de ferro contidas no Itabirito e na canga do depósito da Jazida do Tesouro. Essa jazida está inserida na porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, na parte ao sul do Parque do Itacolomy, no município de Ouro Preto, Estado de Minas Gerais. A área de estudo possui aproximadamente 1.245,13 km<sup>2</sup> e representa cerca de 18% do total dos 7.160 km<sup>2</sup> da área do Quadrilátero Ferrífero.

## 1.2 – LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A Jazida do Tesouro, Processo ANM 831.912/2015, se localiza na zona limítrofe do Parque do Itacolomy, estando contígua ao parque. O acesso principal se dá pela portaria principal do parque, distante cerca de 5,5 km da área de estudo. O acesso a área também ocorre pela rodovia MG-129, que liga Ouro Preto a Ouro Branco. Nesta rodovia, a partir do trevo que dá acesso a Lavras Novas, percorre-se cerca de 7,9 km até o limite da área de estudo, passando por Venda do Campo, subdistrito de Ouro Preto (Figura 01).

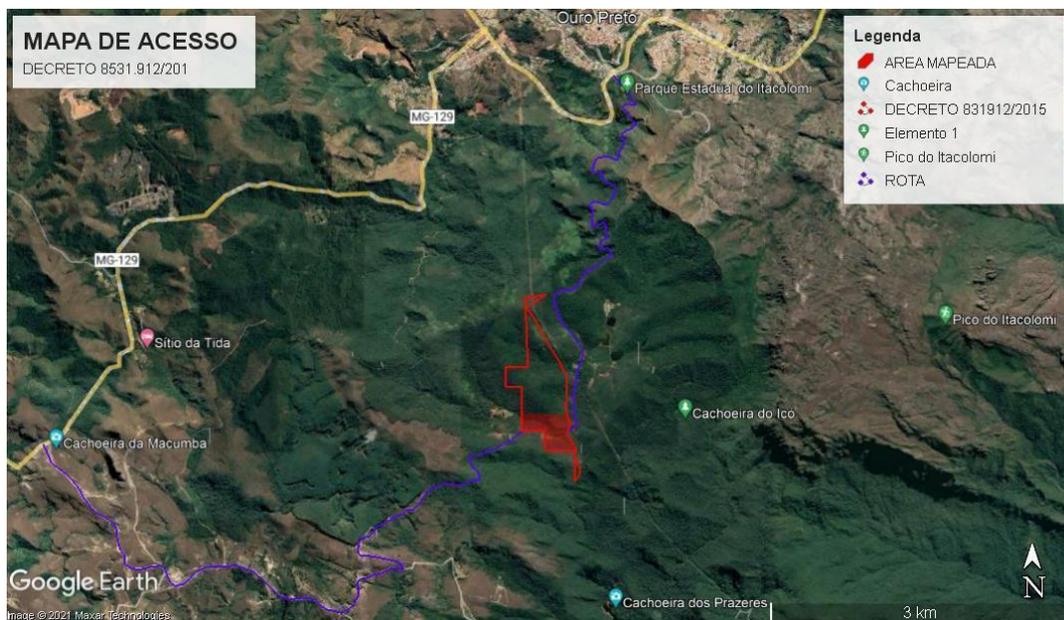


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo e vias de acesso (Fonte: autor).

## 1.3 – OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi a avaliação das reservas de minério de ferro do depósito da Jazida do Tesouro (MG).

#### **Objetivos Específicos:**

- Mapeamento geológico na escala de 1:2.500 da parte sul da área de estudo, onde se encontra a ocorrência de minério de ferro;
- Mapeamento geoquímico do itabirito e da canga do depósito;
- Ensaio de densidade dos litotipos para minérios compactos;
- Estimativa de recurso e volume do minério de ferro disponível na área de estudo.

### **1.4 – MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado seguindo a metodologia descrita a seguir:

#### **1.4.1 – Levantamento Bibliográfico**

No intuito de obter o reconhecimento prévio da geologia da área de estudo, bem como estabelecer as melhores rotas para as estações geológicas, fez-se o levantamento de mapas e dados geológicos do Quadrilátero Ferrífero e do Parque do Itacolomy, através da consulta a livros, artigos científicos e relatórios técnicos. As imagens da área de estudo foram obtidas pelo *Software Google Earth*.

#### **1.4.2 – Levantamento Geológico de Campo e Amostragem**

O trabalho de campo foi realizado no período de 4 de outubro de 2021 a 10 de junho de 2023. Inicialmente foi realizada a coleta sistemática da canga ferruginosa na malha de 25 m X 25 m (Figura 02) e (Figura 03) nos três setores ferruginosos da área de estudo. Posteriormente, o trabalho consistiu no mapeamento de estruturas como xistosidade, acamamento, dobras, linhas de charneira, para compreender como essas estruturas condicionam o comportamento das camadas de minério de ferro. A

amostragem de canaletas dos taludes também foi realizada, visto que estes expõem o minério friável.

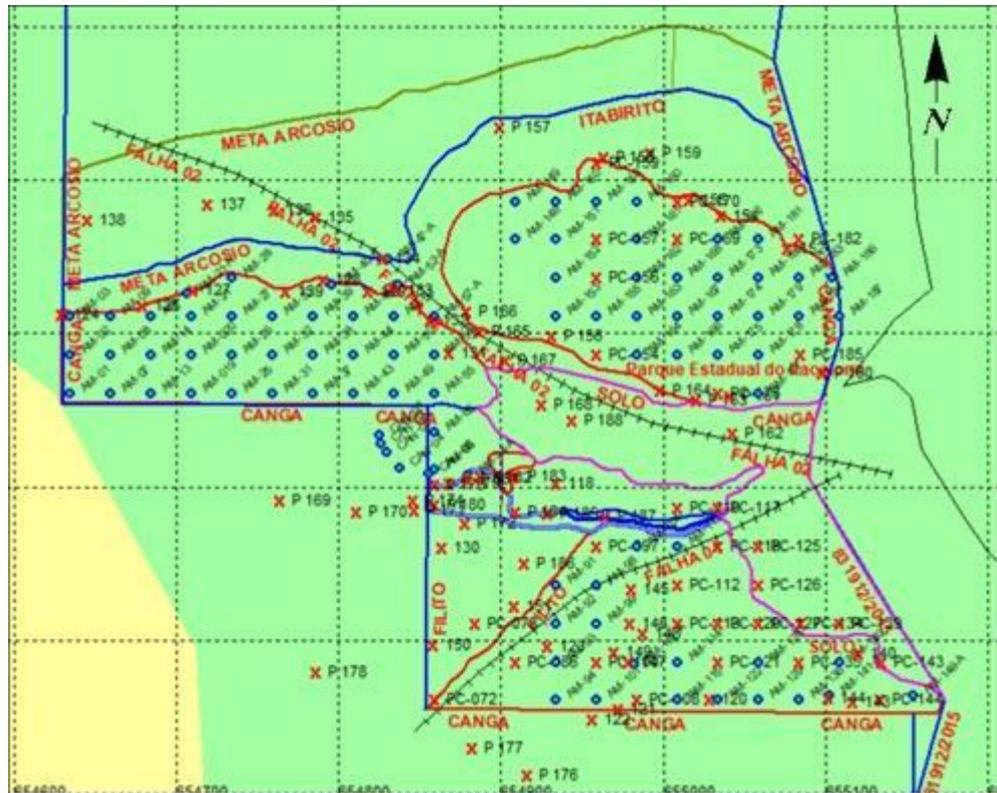
A técnica de amostragem utilizada foi percorrer em campo, os pontos de amostragem pré-definidos no mapa de pontos da área de estudo, cujas coordenadas foram lançadas no GPS. Os caminhamentos em campo foram efetuados, através da abertura de picadas na mata. Algumas amostras foram excluídas da amostragem, após a verificação em campo de que o ponto se tratava de solo e/ou estéril.

Na amostragem da canga e do itabirito (Figura 4), os pontos onde havia exposição de material estéril e solo, sem evidência de material ferruginoso, a coleta foi descartada, porém, o ponto foi mantido no mapa como ponto de controle. Nos pontos onde não se obteve nenhuma informação, o ponto foi retirado do mapa, acarretando na descontinuidade da sequência numérica das amostras. Na realização do mapeamento foram 101 pontos de controle e 101 amostras coletadas, 86 amostras sendo pontuais, 61 amostras de canga, 05 amostras de canga\laterita, 12 amostras de canga\solo, 05 amostras de itabirito friável, 01 amostra de xisto ferruginoso e 02 amostras de laterita e blocos rolados com argila. Após, foram realizadas 16 amostragens de canaleta, sendo 02 amostras de canga, 04 amostras de laterita, 05 amostras de itabirito friável amarelo, 04 amostras de itabirito friável hidratado e 01 amostra de itabirito azul. As amostras foram coletadas, ensacadas e lacradas, (Figura 4) canga com solo laterítico (Figura 4), que possui aspecto de solo laterítico rico com presença de fragmentos laterita e solo argiloso terroso (Tabela 01). Quando a porcentagem canga/solo argiloso era baixa, a amostra era descartada. Na (Figura 05) possui amostra da canga com laterita e a (Figura 05) amostra do itabirito cangueificado.

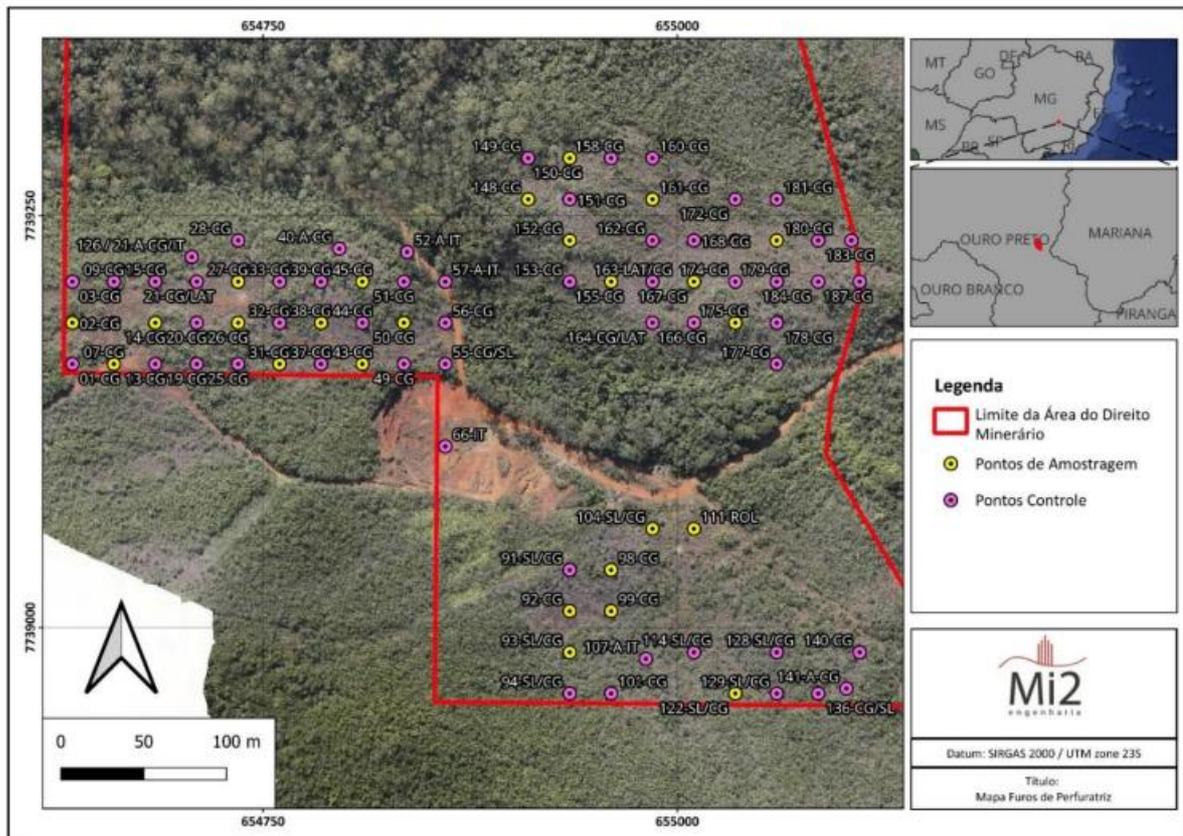
Nas cinco canaletas dos taludes foram coletadas 16 amostras no total (Tabela 01). Os taludes não estão localizados dentro da área de estudo, mas representam o minério por estarem muito próximos do limite e apresentarem continuidade da camada ferrífera.

Os equipamentos utilizados no trabalho de campo foram martelo geológico, marreta, bússola de geólogo, GPS (modelo Portátil *Garmin GPSMap 65s*), trena, caneta magnética, ponteiros de metal, talhadeira, pá, enxada, água oxigenada, sacos

de amostras e lona plástica para quarteamento das amostras de canal. Na estimativa da topografia foi utilizado um drone modelo *DJI Phantom 4 RTK*.



**Figura 2** - Mapa de pontos de controle, amostras superficiais e canaletas. A cor amarela representa a área de vegetação baixa e a verde de vegetação alta (Fonte: autor).



**Figura 3** - Mapa de pontos amostrados e evidenciando vegetação (Fonte: Mi2 Engenharia).

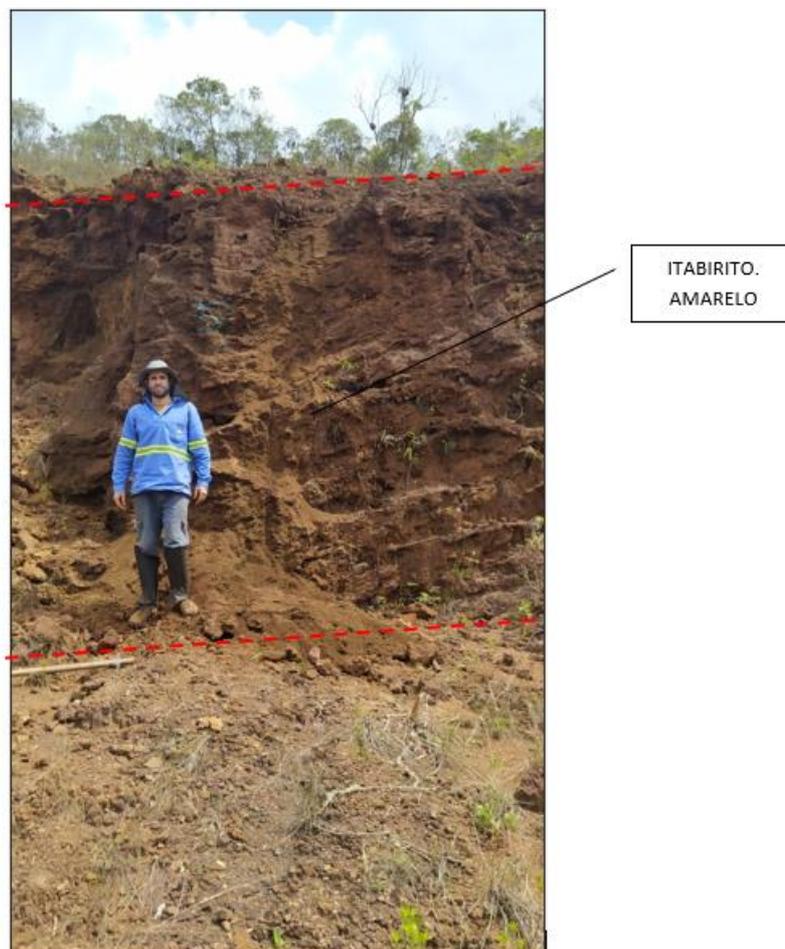


**Figura 4** - Esquerda: amostra de canga (AM-32). Direita: amostra de solo rico em fragmentos de canga (AM-140) (Fonte: autor).



**Figura 5** - Esquerda: amostra de canga com laterita (AM-186). Direita: amostra de itabirito cangeificado (AM-174) (Fonte: autor).

A amostragem das cinco canaletas demarcadas no trabalho de campo seguiu o critério da variação litológica (laterita, itabirito amarelo e itabirito cinza azulado). O procedimento de coleta do material da canaleta (Figura 06) foi realizado com o auxílio de uma enxada, segundo as seguintes etapas: limpeza da superfície a ser amostrada, por raspagem, de forma a retirar sempre a mesma quantidade de material, independente da dureza do intervalo ou camada. O material raspado caiu por gravidade em um saco de anteparo. Após, foi realizado o tombamento do material (amostra) e posterior quarteamento.



**Figura 6** - Amostragem de canaleta (amostra CAN 01) (Fonte: autor).



Os dados obtidos no levantamento geológico de campo foram inseridos em planilhas (coordenadas, toponímia, descrições macroscópicas e atitudes estruturais), a fim de elaborar o banco de dados.

As atitudes das estruturas foram importadas do *Software Excel* para o *Software Sterionet*, para a confecção dos estereogramas, com o intuito de evidenciar a concentração máxima dos pólos dos planos de bandamento (Sb).

A confecção do mapa de localização, de pontos e geológico, além de perfis e modelo de blocos, foi realizada no software de georreferenciamento GPS *TrackMaker* e *Datamine*.

#### 1.4.4. Ensaios de Densidade dos Minérios Compactos

O método do volume do peso deslocado/meio denso foi utilizado para identificar o valor da densidade aproximada dos minérios das amostras de canga (Figura 07) da área de estudo. No total foram realizados cinco ensaios de densidade no Laboratório da Fundação Gorceix, Departamento de Análises e Inovações (DEPAI) em Ouro Preto (MG).



Figura 7 - Amostras das cangas analisadas para densidade (Fonte: autor).

#### 1.4.5. Descrições Petrográficas

As lâminas delgadas de três amostras (canga, itabirito amarelo e itabirito azul) foram confeccionadas no Laboratório Arkad - Soluções em Mineralogia, Petrografia e Caracterização Mineral, localizado em Belo Horizonte (MG).

As descrições petrográficas foram realizadas no Laboratório Arkad pelos geólogos Pedro Rossi Vieira e Geólogo Ramon de Oliveira.

A classificação de rocha metamórfica utilizada foi de Fettes & Desmons (2007).

#### **1.4.6. - Análises Geoquímicas**

As análises geoquímicas de três amostras, designadas de topo do afloramento, bancada intermediária e base do afloramento, de uma frente de lavra aberta na formação ferrífera bandada, foram realizadas na Fundação Gorceix, no Departamento de Análises e Inovações (DEPAI), em Belo Horizonte (MG). Os teores dos elementos ferro, manganês, alumínio e fósforo foram medidos nas amostras, através da fluorescência de raios-X.

#### **1.4.7. - Dados Geofísicos**

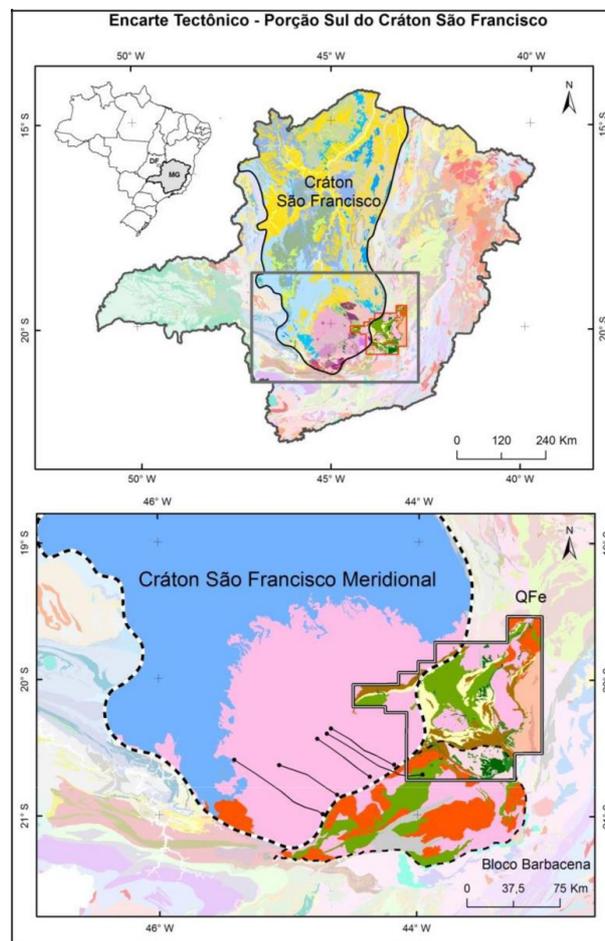
Os dados geofísicos foram obtidos pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG) em 2021, utilizando o método de aeromagnetometria.

## **2. GEOLOGIA REGIONAL**

## 2.1. Quadrilátero Ferrífero (QFe)

O QFe está localizado na porção sul do Cráton São Francisco e constitui uma unidade tectônica, que compreende a maior parte do Estado da Bahia e regiões de Minas Gerais, Sergipe, Pernambuco e Goiás. O cráton se delimita por faixas de dobramentos desenvolvidas no Ciclo Brasileiro (Figura 08).

A área do QFe é de aproximadamente 7.160 km<sup>2</sup> e está situado na região central do Estado de Minas Gerais. Dada a sua importância histórica no cenário minerometalúrgico nacional, o QFe tem sido fonte de inúmeros trabalhos, que buscam compreender a sua evolução geológica, através de modelos tectono-estratigráficos.



**Figura 8** - Mapa com a posição geotectônica do QFe na porção sul do Cráton São Francisco (Fonte: Projeto Quadrilátero Ferrífero 2050). Legenda: verde: Supergrupo Rio das Velhas, rosa: embasamento arqueano, vermelho: Cinturão Mineiro e amarelo: Supergrupo Minas e unidades paleoproterozóicas.

## 2.2 - Estratigrafia Regional

O QFe, de idade arqueana, é composto pelas unidades denominadas de complexos metamórficos do embasamento cristalino, sequência metavulcanossedimentar do tipo *greenstone belt* do Supergrupo Rio das Velhas, rochas dos supergrupos Minas e Supergrupo Estrada Real de idade paleoproterozóica, rochas intrusivas e sedimentos cenozóicos segundo Alkmim (apud Marshak, 1998, p.96).

Os complexos metamórficos compreendem terrenos granito-gnáissicos e estão estruturados em forma dômica, denominados de Complexo Bonfim a oeste, Complexo Belo Horizonte a noroeste, Complexo Caeté ao norte, Complexo Santa Bárbara e Complexo Mantiqueira na porção leste, e Complexo Bação na região central.

Estes complexos apresentam metamorfismo de fácies anfíbolito médio a superior, que passaram por transformações metamórficas retrógradas de fácies xisto verde e se caracterizam como uma unidade com comportamento metamórfico polifásico segundo Alkmim (apud Endo, 1997, p.182).

O Supergrupo Rio das Velhas foi caracterizado como uma sequência metavulcanossedimentar arqueana Alkmim (apud Dorr, 1969, p.86), do tipo *greenstone belt*. Esta unidade é composta pelos Grupos Quebra Osso, Nova Lima e Maquiné, com ampla distribuição por todo o QFe (Figura 09).

O Supergrupo Minas é uma sequência metassedimentar de idade paleoproterozóica, constituída por xistos, quartzitos, dolomitos e formações ferríferas (Endo, 1997). Esta unidade foi dividida em quatro grandes grupos segundo Alkmim (apud Dorr, 1969, p.68) denominados de Tamanduá, Caraça, Itabira e Piracicaba, que totalizam mais de 4.000 m de espessura de sedimentos.

O Grupo Tamanduá foi subdividido em duas unidades: Formação Cambotas (basal) formada por quartzitos com camadas de conglomerados, com seixos de formação ferrífera; e a Formação Morro Grande constituída por xistos, filitos e formações ferríferas subordinadas.

A base do Supergrupo Minas, que está em contato discordante com a sequência metavulcanossedimentar do Supergrupo Rio das Velhas, é constituída pelo Grupo Caraça. Este é subdividido em duas formações, Moeda e Batatal. A Formação

Moeda, inferior, é constituída por metaconglomerados, filitos e quartzitos. A Formação Batatal, superior, é composta majoritariamente por filito sericítico.

Na porção intermediária do Supergrupo Minas ocorre o Grupo Itabira, que é subdividido nas formações Cauê, inferior, e Gandarela, superior. A primeira é constituída por itabiritos com lâminas de quartzo e hematita, com relevante importância para o QFe, por concentrar a maioria das reservas de ferro da região.

O Grupo Itabira é composto predominantemente por sedimentos químicos. Este grupo foi dividido em duas unidades intergradacionais, as formações Cauê (base) e Gandarela (topo). A Formação Cauê é representada por itabiritos, itabiritos dolomíticos e anfíbolíticos, além de lentes de filito e margas. A Formação Gandarela é constituída essencialmente por itabiritos dolomíticos, dolomitos e mármore.

O Grupo Piracicaba, topo do Supergrupo Minas, foi subdividido, da base para o topo, nas formações Cercadinho, Fecho do Funil, Tabões e Barreiro segundo Alkmim apud Dorr, 1969, p.89. A Formação Cercadinho é composta por quartzitos ferruginosos, filitos prateados, e em menor quantidade, dolomitos, xistos sericíticos e metaconglomerados. A Formação Fecho do Funil, em contato gradacional com a Formação Cercadinho, é caracterizada por filitos, filitos dolomíticos, metassiltitos e dolomitos quartzosos e argilosos. A Formação Tabões é composta por ortoquartzitos e Formação Barreiro apresenta filitos grafitosos, filitos e xistos.

O topo do Supergrupo Minas era representado pelo Grupo Sabará, composto pelas formações Saramenha (inferior) e Estrada Real (superior). Porém, em 2020, o mapa geológico do QFe foi revisado e a unidade Supergrupo Estrada Real foi instituída. Essa unidade foi dividida nos grupos Sabará e Itacolomy. A Formação Saramenha passou a fazer parte do Grupo Sabará. O Grupo Piracicaba foi integrado no Supergrupo Minas.

O Grupo Sabará, com uma espessura de 3 a 3,5 km, é composto por xistos, filitos, metarenitos, metavulcanoclásticas, metaconglomerados e metadiamicritos.

O Grupo Itacolomy, Supergrupo Estrada Real, representa o topo da sequência litoestratigráfica do QFe. Esta unidade é constituída predominantemente por quartzitos e metaconglomerados de origem continental, o Grupo Itacolomy possui a mesma idade ou é um pouco mais jovem que o Grupo Sabará e significativamente mais jovem que as outras unidades do Supergrupo Minas.

As rochas intrusivas, Pós Supergrupo Minas são constituídas por diques máficos de direção N-NW, que cortam as rochas do Supergrupo Minas.

Os sedimentos cenozóicos presentes no QFe são recobertos por canga ou laterita ferruginosa segundo Alkmim apud Rossi, 2014, p. 88.

SUPERGRUPO ESTRADA REAL	Grupo Itacolomi	<p>PP2eri - Indiviso - Quartzito com níveis ferruginosos, metaconglomerados polimíticos com seixos de quartzo, filitos e formações ferríferas</p> <p>PP2eripi - Formação Pico do Itacolomi - Quartzitos, metaconglomerados, metadiamicritos e subordinadamente filitos, quartzitos ferruginosos e formações ferríferas</p> <p>PP2erif - Formação Florália - Ortoquartzitos e níveis de seixos de formações ferríferas</p>
	Grupo Sabará	<p>PP2ers - Indiviso - Xistos a clorita e mica intercalados a metagrauvas e quartzitos, metavulcânicas, filitos carbonosos, metadiamicritos e formações ferríferas granulares (GIF)</p> <p>PP2erscm - Formação Catarina Mendes - Biotita-quartzito xistos, quartzitos, filitos e milonitos</p> <p>PP2erss - Formação Saramenha - Biotita-clorita-granada xistos, quartzitos (qt), metapelitos, filitos carbonosos, mármore dolomíticos (dol), BIF, metadiamicritos (dia), metagrauvas e paragneisses. Subordinadamente metavulcânica félsica, metamáfica, metaultramáficas e pegmatito</p> <p>PP2erscg - Formação Córrego do Germano - Formações ferríferas e quartzitos ferruginosos</p>
SUPERGRUPO MINAS	Grupo Piracicaba	<p>PP1mp - Indiviso - Quartzitos e quartzitos ferruginosos, metaconglomerados, filitos prateados e dolomíticos, xistos róseos e sercíticos. Localmente mármore</p> <p>PP1mpb - Formação Barreiro - Filitos e filitos carbonosos</p> <p>PP1mpt - Formação Taboões - Quartzitos finos, localmente limonitizados e podendo conter manganês associado</p> <p>PP1mpf - Formação Fecho do Funil - Filitos, filitos dolomíticos, metassiltitos (m), mármore impuros, metarritmitos e formações ferríferas subordinadas</p> <p>PP1mpc - Formação Cercadinho - Quartzitos ferruginosos, filitos prateados, xistos róseos e sercíticos e subordinadamente mármore dolomíticos</p>
	Grupo Itabira	<p>PP1mig - Formação Gandarela - Mármore, mármore ferruginoso, itabirito dolomítico e silicosos. Localmente brechas ferruginosas e dolomíticas</p> <p>PP1mic - Formação Cauê - Itabirito silicosos, dolomíticos e anfibolíticos, hematititos, mármore, mármore ferruginoso e filitos ferruginosos. Localmente magnetititos, metajaspilitos e quartzitos ferruginosos</p>
	Grupo Caraça	<p>PP1mc - Indiviso - Quartzitos, metaconglomerados, filitos sercíticos e mármore dolomítico no topo</p> <p>PP1mcb - Formação Batatal - Filitos sercíticos, filitos carbonosos, filitos quartzosos e filitos carbonáticos, com intercalações de quartzitos finos na base e mármore dolomítico no topo, além de xistos</p> <p>PP1mcm - Formação Moeda - Quartzitos e metaconglomerados, quartzo-mica xisto com lentes de filito intercaladas</p>
	Grupo Tamanduá	<p>PP1mtmg - Formação Morro Grande - Sercítica-clorita xistos com intercalações de filitos ferruginosos, clorita xistos, quartzo-sercítica xisto, filitos cinza e xistos ferruginosos</p> <p>PP1mtc - Formação Cambotas - Quartzitos a quartzitos sercíticos, por vezes com hematita disseminada, metarritmitos, filitos de coloração cinza e metaconglomerados polimíticos associados</p>

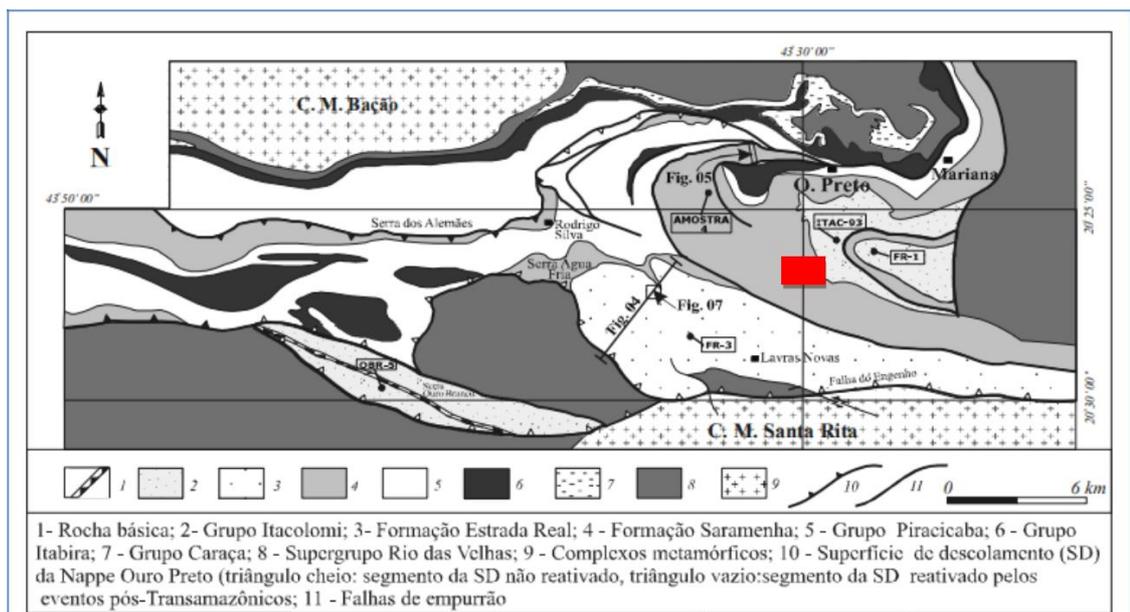
**Figura 9** - Coluna estratigráfica extraída do mapa QFe 2050, com atualização do SGM e SGER.

### 2.3 – Contexto Geotectônico

O conjunto de estruturas sedimentares e tectônicas do QFe permitiu a caracterização do arcabouço estrutural e arranjo da estratigrafia do Supergrupo Minas e Grupo Sabará (Supergrupo Estrada Real), no interior do Sinclinal Dom Bosco, localizado na porção leste do QFeo segundo Alkmim apud Maxwell (1972, p.88), (Figura 08).

O arcabouço estrutural, pré-nucleação do Sinclinal Dom Bosco, é caracterizado por duas fases de dobramento coaxiais sucessivas, ambas vergentes para SSW.

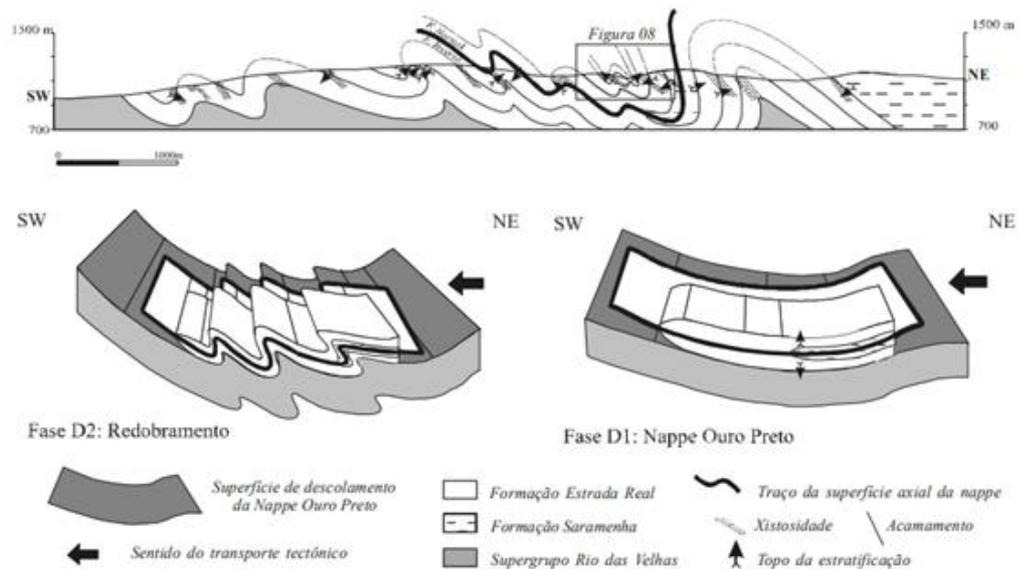
A primeira fase (D<sub>1</sub>) é caracterizada pela Nappe Ouro Preto (Figura 10), tendo como feições reliquias a xistosidade S<sub>1</sub>, penetrativa e plano-paralela ao acamamento. Esta nappe ocupa a porção centro-meridional do Sinclinal Dom Bosco, sendo caracterizado pela seção invertida dos grupos Itabira, Piracicaba e Sabará. A nappe cavalgou as unidades inferiores do QFe sobre uma superfície de descolamento basal, que foi posteriormente reativada (Figura 11). O segmento reativado é denominado de Falha do Engenho.



**Figura 10** - Mapa geológico do Sinclinal Dom Bosco mostrando as principais feições estruturais, a distribuição do Grupo Sabará, as idades radiométricas das unidades das dos grupos Sabará e Itacolomy, e a localização da área de estudo, retângulo vermelho (Fonte: Dorr II, 1969).

A segunda fase de deformação representa o redobramento da Nappe Ouro Preto, que gerou a xistosidade S<sub>2</sub> penetrativa, plano-axial de dobras F<sub>2</sub>, cuja atitude média é N35W/40NE.

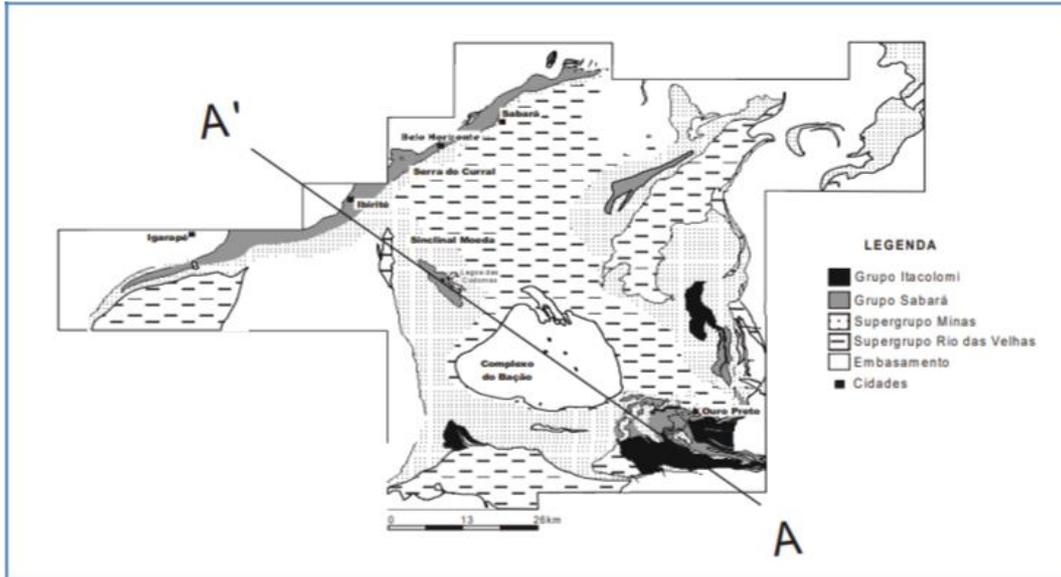
O levantamento das relações geométricas entre o acamamento e as xistosidades S<sub>1</sub> e S<sub>2</sub>, e das estruturas geopetais ao longo da Estrada Real e adjacências (Figura 11), permitiu a construção de parte da seção da Nappe Ouro Preto. Nesta seção, observa-se as relações geométricas entre as estruturas das fases D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub> segundo Alkmim apud Almeida (2004, p.97) (Figura 12), que permitiram identificar os flancos normal e invertido da nappe naquele local.



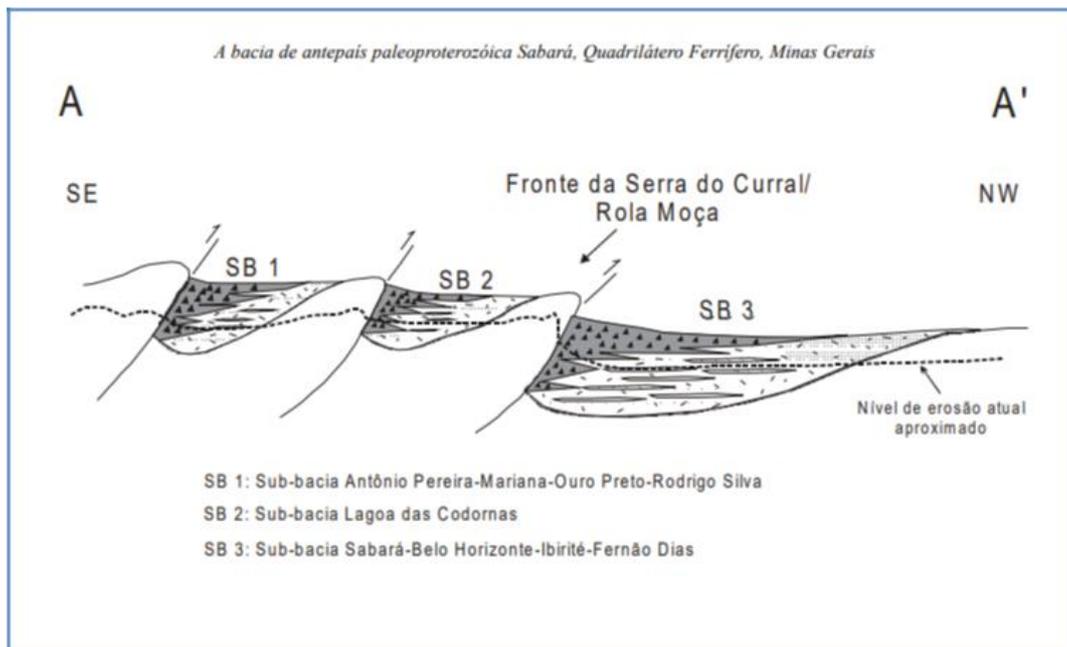
**Figura 11** - Seção geológica da Estrada Real e síntese dos elementos estruturais das fases de deformação D1 e D2 (Endo et al., 2005).

A porção sul do Cráton do São Francisco é formada por uma plataforma arqueana estabilizada a 2,6 Ga (Noce *et al.*, 1998), constituída por gnaisses migmatizados, *greenstone belts*, plútons de granitóides e intrusões máficas e máficas-ultramáficas. Na Orogenia Transamazônica (2,16 - 2,0 Ga), um cinturão colisional em forma de arco, denominado de Cinturão Mineiro segundo Alkmim apud Teixeira *et al.*, (2000, p.97), se desenvolveu nas margens da plataforma arqueana, formando plútons de granitóides e diques máficos. O cinturão de cavalgamento/dobramentos, Cinturão Mineiro, foi gerado em resposta a uma contração, com vergência para NW, relacionada à acreção de um arco de ilha e/ou terrenos exóticos nas margens leste e sudeste do Cráton do São Francisco.

Nas figuras 12 e 13 observa-se a proposta para a formação do cavalgamento e empurrões regionais, na região do Sinclinal Ouro Preto.



**Figura 12** - Seção esquemática das rochas do Supergrupo Minas (Fonte: Dorr II, 1963).



**Figura 13** - Seção esquemática mostrando cavalgamento regional - Evento Transamazônico (Fonte: Dorr, 1963).

### **3. GEOLOGIA LOCAL**

### 3.1 Geologia Local

A área de estudo é uma área de desmembramento do processo ANM nº 830.606/82, realizado pelo geólogo Gerd Peter Poppinga em 1986, para pesquisa mineral com foco no minério de ferro-manganês associado às formações ferríferas na região. Na área foram realizados cerca de 11 furos de sondagem pela S/A Mineração Trindade (SAMITRI) em 1982, porém, esses furos estão fora da poligonal do processo ANM. Apenas dois furos (Figura 15) estão próximos da área de estudo e as descrições macroscópicas destes furos foram correlacionadas com os dados do mapeamento geológico da área de estudo.

As unidades litoestratigráficas da área de estudo pertencem ao Grupo Sabará segundo Alkmim apud Dorr II (1969, p.97) realizaram uma revisão estratigráfica e deposicional do Grupo Sabará na região de Ouro Preto.

O termo Sabará se refere à seção estratigráfica designada para a unidade descrita ao longo de um trecho da Rodovia Sabará-Belo Horizonte, a norte da cidade de Sabará (MG). A unidade litoestratigráfica Sabará consiste de um espesso pacote de rochas clásticas com intercalações localizadas de sedimentos químicos e rochas vulcânicas, que se posicionam no topo do Supergrupo Estrada Real. Para esta unidade teria uma hierarquia de formação, representando a unidade mais jovem do Grupo Piracicaba.

Na região de Ouro Preto, incluindo a área de estudo, o Grupo Sabará se apresenta com espessura e diversidade litológica superiores à da seção da Serra do Curral (Figura 14), que representa a localidade tipo. Os litotipos do Grupo Sabará que ocorrem na Serra do Curral (Figura 14), também ocorrem no Sinclinal Dom Bosco e a leste do QFe, no Sinclinal Santa Rita, com variações quanto à espessura e distribuição.

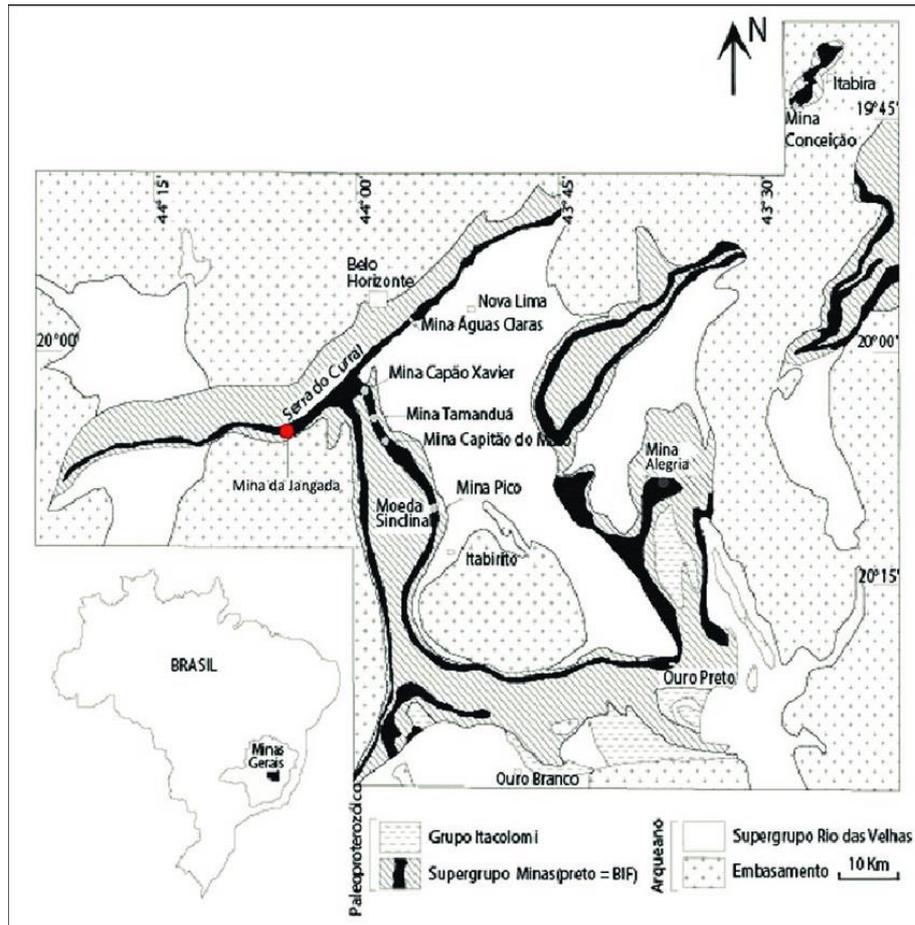


Figura 14 - Mapa geológico com a localização da Serra do Curral (Fonte: Dorr II, 1969).

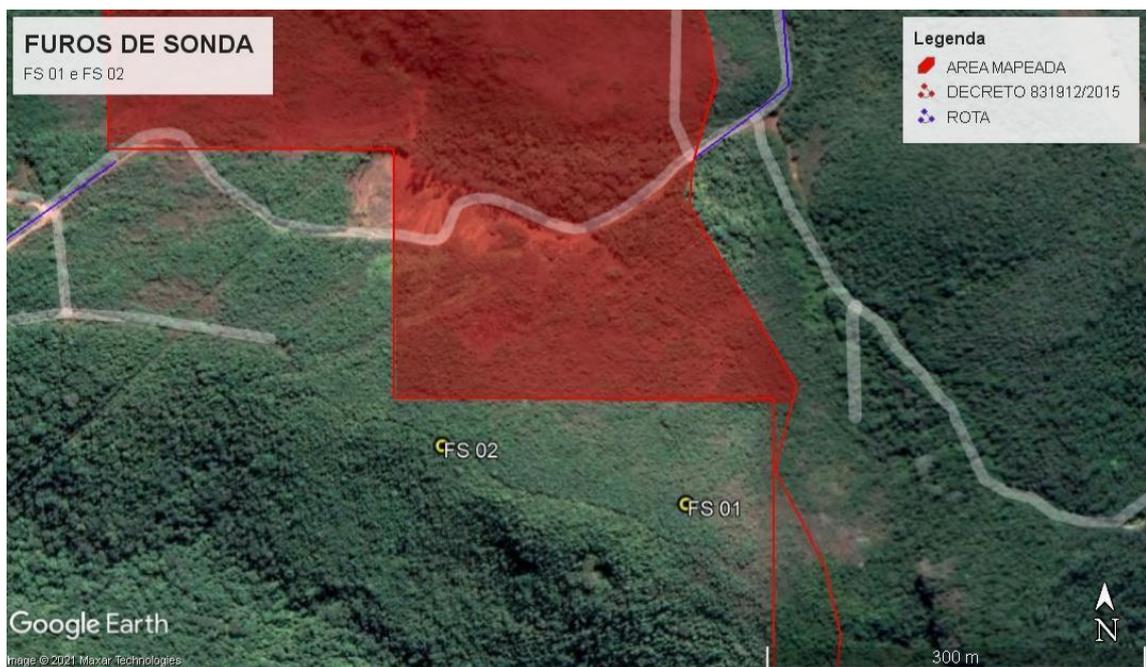
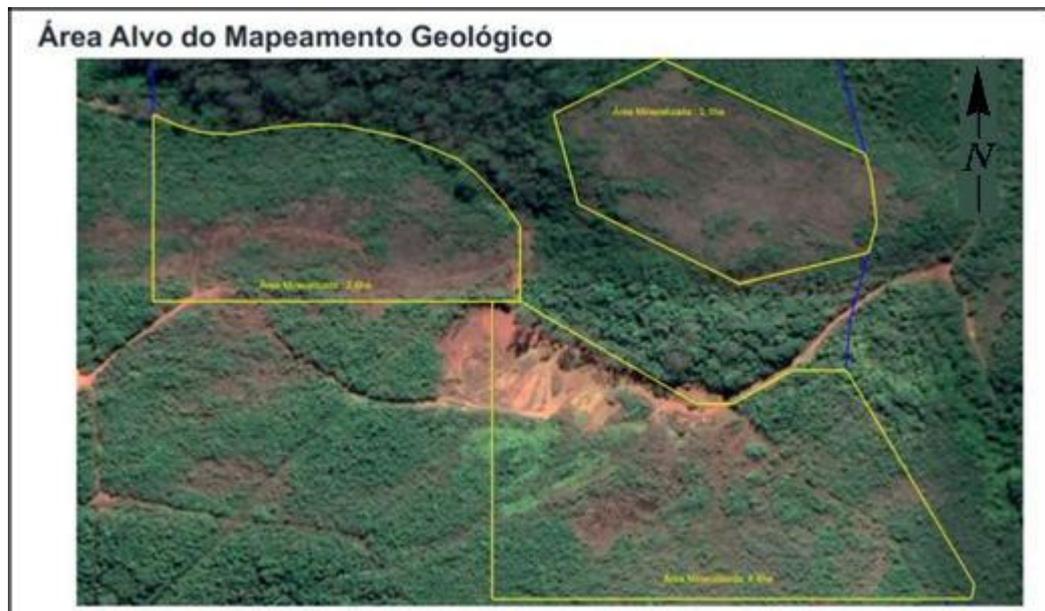


Figura 15 - Localização dos furos de sondagem próximos à área de estudo (Fonte:autor).

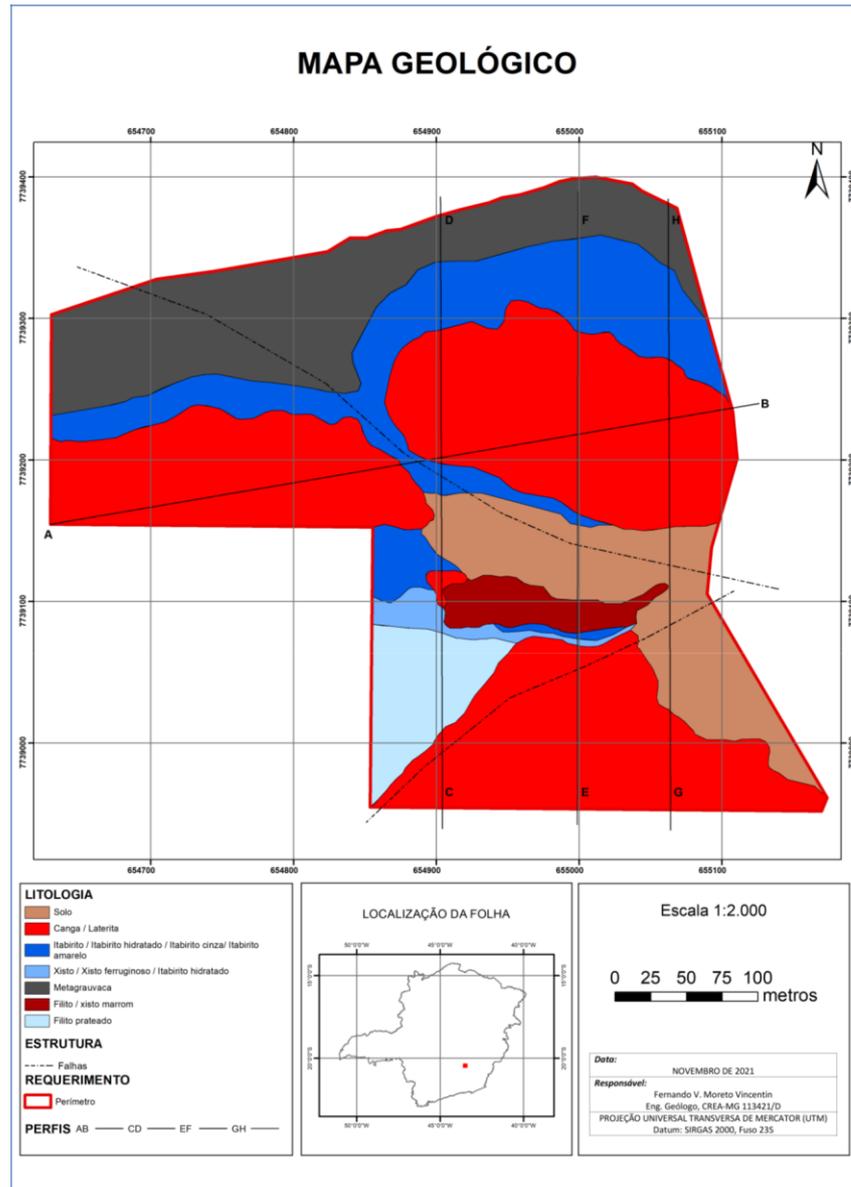
### 3.2 - Descrição das Unidades Litoestratigráficas da Área de Estudo

A área de estudo foi dividida em três setores denominados de norte, sul e oeste, de acordo com o conhecimento prévio de onde afloram as formações ferríferas e a canga, sendo este último o principal alvo de interesse do trabalho (Figura 16).

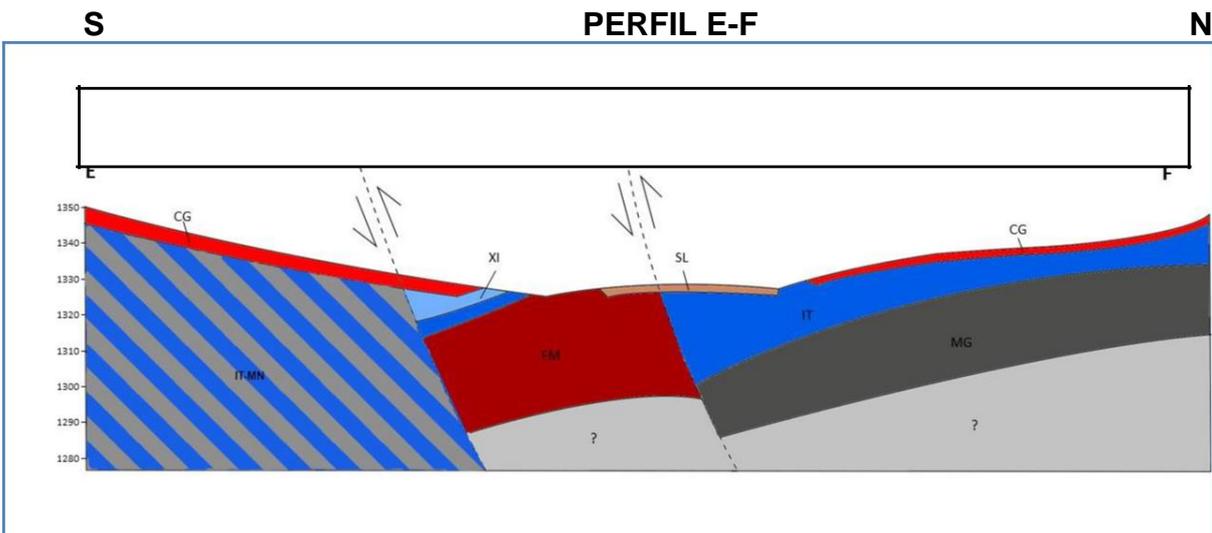
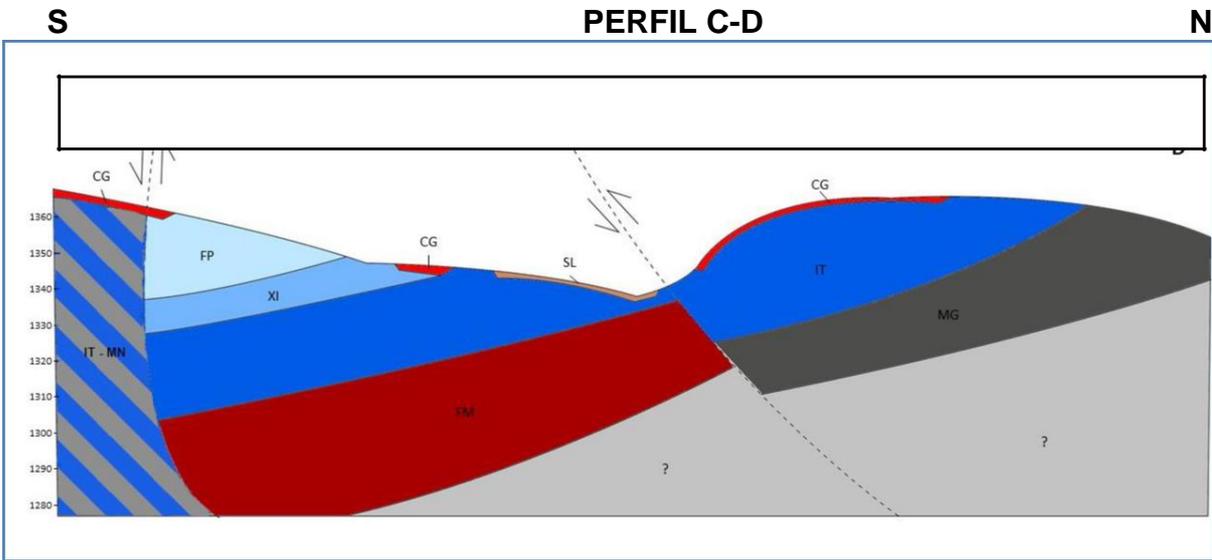
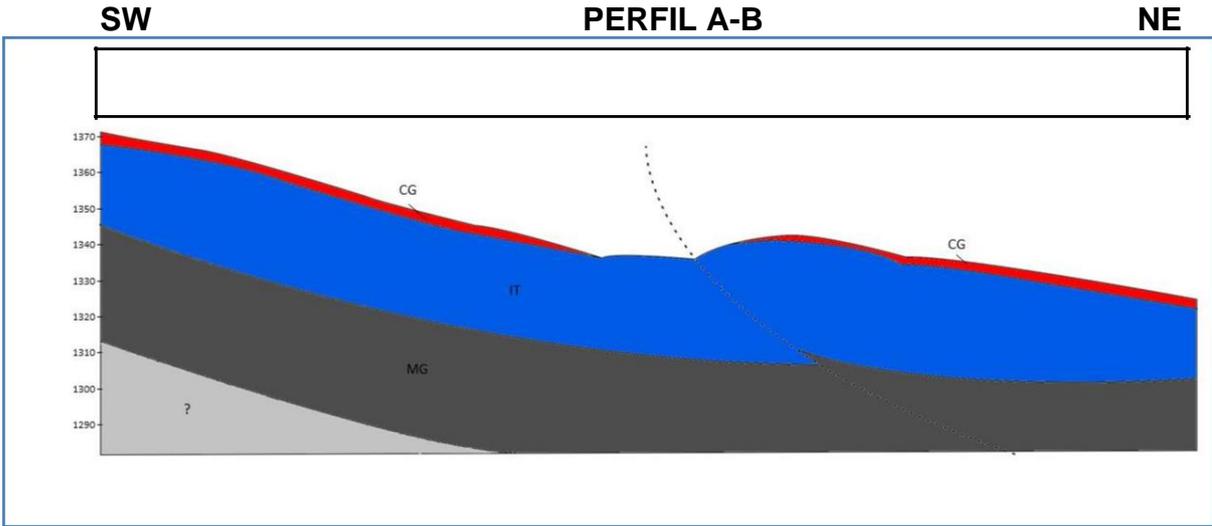
Na área de estudo aflora uma extensa camada de solo, que cobre parcialmente todos os litotipos (filito, quartzitos, grauvacas, xisto ferruginoso, Itabiritos, micaxistos) (Figuras 16 e 17) observados entre estéril e minério de ferro (Figura 18).

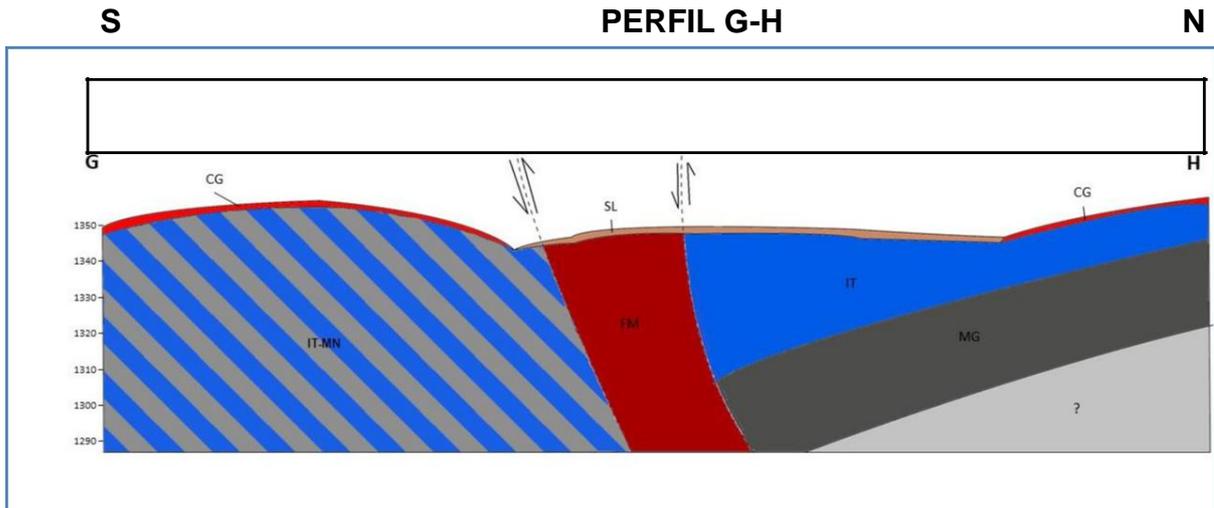


**Figura 16** - Imagem dos setores norte, sul e oeste da área de estudo (Fonte: autor).



**Figura 17** - Mapa geológico da área de estudo com o traçado dos perfis geológicos (Fonte: Vicentin, 2021).





**Figura 18** - Perfis geológicos NE-SW (A - B) e N-S (C -D), (D -E) e (G - F) (Fonte: Vicentin, 2021).

### 3.2.1. Solo

O solo é representado por cerca de 13 a 20% da área mapeada e provavelmente é derivado da alteração do filito/xisto. Apresenta fragmentos ferruginosos, devido a presença de canga acima na topografia com espessura visual de 10 m. Em sua grande extensão, a cor varia de marrom claro a escuro, sendo ora argiloso/terroso e ora com presença de fragmentos de até 5,0 cm de diâmetro de canga/itabirito, com teor ferro acima de 6,3 mm.

Nos setores norte, oeste e sul da área de estudo ocorrem ilhas de solo arenoso de mata fechada, com muitos fragmentos ferruginosos (Figura 19), que se diferenciam pela cor mais escura, devido à presença de ferro. Na parte central da área de estudo, acima do filito prateado, o solo é muito argiloso, com coloração alaranjada.



**Figura 19** - Solo na área de estudo com muitos fragmentos ricos em canga da amostra AM-02 (Fonte: autor).

### **3.2.2. Canga**

A canga aflora nos três setores da área de estudo totalizando cerca de 50% da área mapeada (Figura 20). Normalmente, oblitera estruturas originais das rochas (Figura 20A e B), mas é possível observar em alguns locais, o bandamento do itabirito (itabirito cangueificado) ou o flanco de dobras suaves.

A espessura da camada de canga não é constante, variando de 2,5 a 6,00 m ou até mais (Figura 20C). A canga se apresenta muito dura, com cor cinza a vermelha, bem hidratada, às vezes com a presença de goethita botrioidal, podendo aflorar junto da laterita ou do solo laterítico.



**Figura 20** - Amostra (AM-32) de canga maciça com presença de Mn, setor oeste (Fonte: autor).



**Figura 20 A** - Amostra (AM-039) de canga (Fonte: autor).



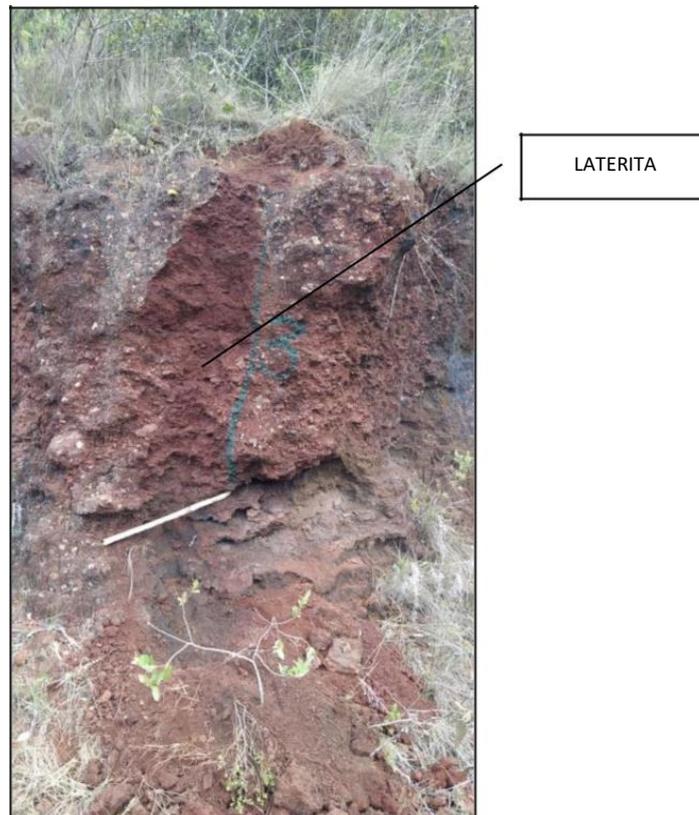
**Figura 20 B** - Perfil no talude mostrando a espessura de cerca de 5,50m de canga + laterita.



**Figura 20 C** - Esquerda: ponto 166: mínimo de 4,70m de canga + laterita. Direita: talude na cava: mínimo de 6,00m canga + laterita (Fonte: autor).

### 3.2.3. Laterita

A laterita tem representação muito baixa na área de estudo por ser muito suscetível à lixiviação ou ação das águas pluviais. A cor é sempre bem avermelhada, terrosa ou não. De forma muito restrita, a laterita ocorre nos platôs de canga ou na parte mais baixa na topografia, com inferência medida de 4 m em quaisquer dos três setores da área de estudo, junto ao solo argiloso rico em ferro e cascalho ferruginoso, sendo considerado um material transportado. Também foi encontrada nas paredes dos taludes antigos, observando-se duas situações, de acordo com o comportamento da laterita. Na primeira, a laterita pode estar em camadas ou nas camadas de xistos mais ferruginosos e/ou itabirito bem alterado. Neste caso, as camadas estão *in situ*. Na outra situação, a laterita ocorre com material rolado, de forma agregada, semi consolidada, a muitos fragmentos ferruginosos em meio ao material bem terroso (Figura 21), argiloso e arenoso. A espessura da laterita varia de 2,0 a 3,0 m ou até mais.



**Figura 21** - Perfil laterita (material transportado, terroso), varia de 50cm a 2,00m de espessura (Fonte: autor).

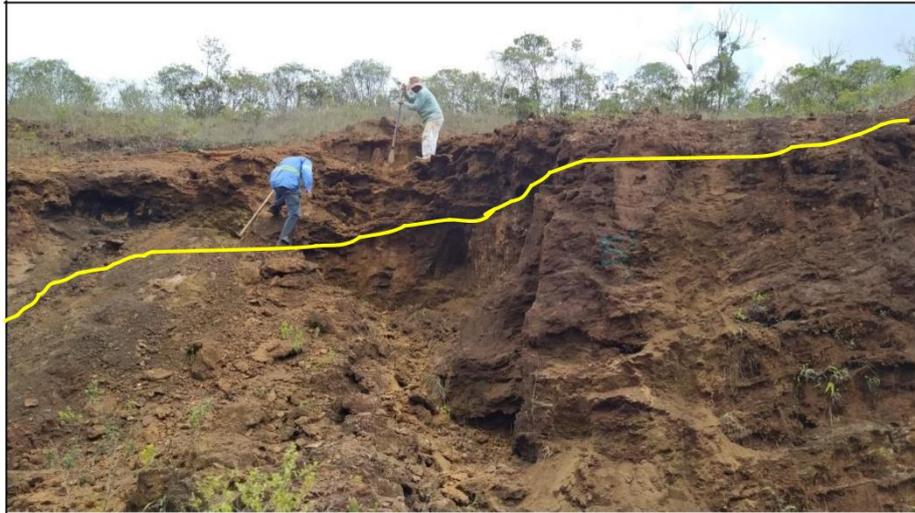
### 3.2.4. Xisto Ferruginoso/Lentes de Itabirito Hidratado

O xisto ferruginoso/lentes de itabirito hidratado compõe cerca de 2 a 5% da área total, com ocorrência na parte central da área de estudo, próximo ao talude, entre o setor sul e oeste. A espessura da camada é variável, em torno de 4,0 a 9,0 m. Observa-se, que ora o xisto é bem terroso, com lâminas arenosas/argilosas hidratadas de cor amarelada ou vermelha, pobres em ferro ora o xisto ocorre com lâminas/camadas mais enriquecidas em ferro, ferruginosas/arenosas, sendo interpretado como lentes de itabirito ou bandas filíticas dentro do pacote. Isso pode ser interpretado como uma transição entre o Itabirito amarelo e o filito prateado. Uma feição peculiar desta unidade rochosa é a presença de estruturas do tipo “*augen*” (Figura 22), representadas por lâminas ferruginosas mais grossas de sílica e hidróxido, com concreções ferruginosas verticais de forma sigmoidal em toda sua extensão.

Quando bem alterado/hidratado, o material desta unidade pode originar laterita bem enriquecida em ferro, com equidade lateral com os itabiritos hidratados e lateritas observadas nos taludes (Figura 22A).



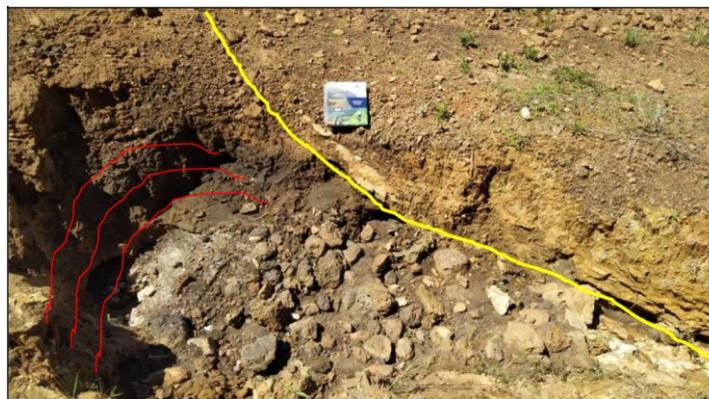
**Figura 22** - Xisto ferruginoso com estruturas do tipo "augen" marcadas com traço vermelho e preenchidas com material manganésífero em forma de nódulos (Fonte: autor).



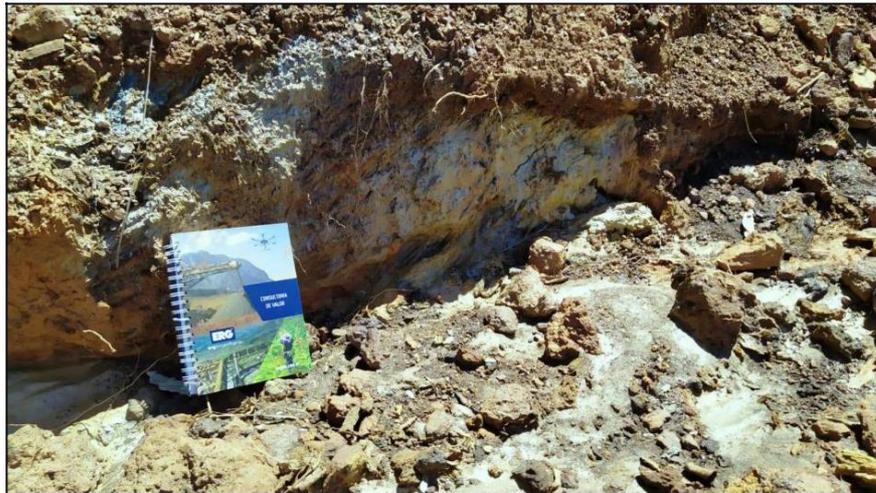
**Figura 22 A** - Contato xisto ferruginoso/itabirito (Fonte: autor).

### 3.2.5. Filito Prateado

Esta unidade representa de 4 a 7% do total da área mapeada, possui ocorrência na região sudoeste do setor sul da área de estudo. O filito possui lâminas/camadas delgadas prateadas, com gradação xistosa a quartzosa (na transição) e ora está em contato direto com a formação ferrífera (Figura 23), ora com o xisto/xisto ferruginoso. A cor é acinzentada/prateada (Figura 23A) quando não está alterado ou pouco alterado, de aspecto bem sedoso, totalmente friável. Quando muito alterado/hidratado possui coloração amarelada/marrom, muito argiloso, sem a presença de lâminas ferruginosas, xistosas ou quartzosas. Este material ocorre acima na topografia com distância de 15 metros, até o contato com a canga, no setor sul.



**Figura 23** - Contato entre o xisto prateado alterado (Sb: 125/24) (traço amarelo) e a formação ferrífera dobrada (Sb: 190/68) (traço vermelho) (Fonte: autor).



**Figura 23 A** - Afloramento de xisto acinzentado/prateado (Fonte: autor).

### **3.2.6. Filito/Xisto Marrom**

O filito marrom se encontra no centro ou norte setor sul e perfaz cerca de 3 a 6% da área mapeada. O corpo possui uma espessura aparente de cerca de 25 m por aproximadamente 100 m de extensão lateral, apresenta coloração variada, com predominância do roxo em algumas porções com mais impregnações de Mn (Figura 24). A sua maior incidência ocorre na parte mais baixa da topografia da área, próximo ao ponto 186. Ao subir na topografia, sentido ponto 190 e 204, se torna mais amarelado ou varia de marrom claro a escuro, com lâminas silicosas de cor branca. Não apresenta orientação nítida do bandamento e tem aspecto obliterado/dobrado. Apresenta ainda, concreções ferruginosas verticais (Figura 24A) em toda sua extensão e gradação de aspecto mais amarelado, muito argiloso, sem estruturas.



**Figura 24** - Filito de coloração roxa, amarelada e avermelhada, com aspecto xistoso (Fonte: autor).



**Figura 24 A** - Concreções ferruginosas verticais presentes em toda a extensão do filito (Fonte: autor).

### 3.2.7. Itabirito Amarelo

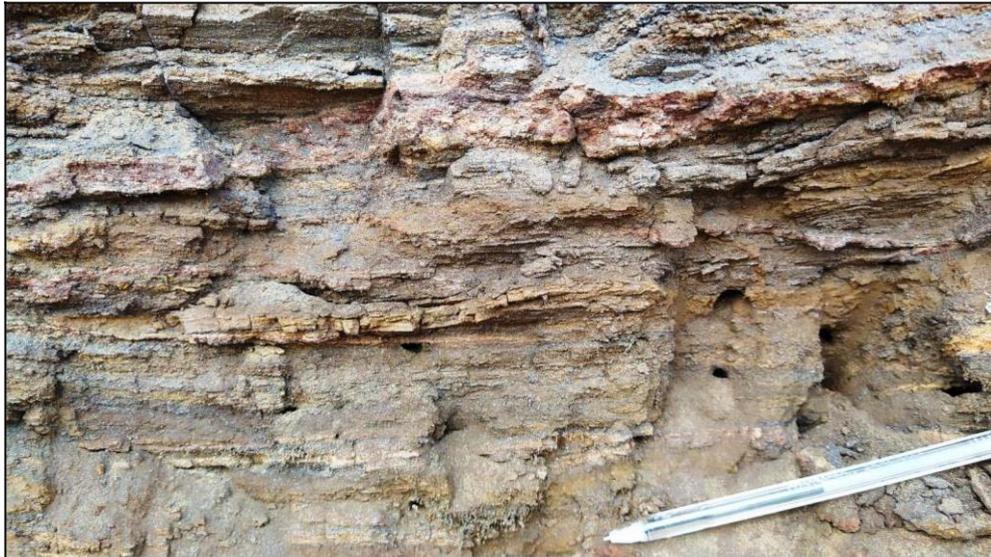
O itabirito amarelo representa cerca de 5 a 7% da área mapeada, porém aflora somente nos taludes, onde foram realizadas amostras de canaleta. No setor oeste, o itabirito amarelo é mais visível.

A camada do itabirito mergulha, principalmente, para a direção SE, S e SW (Figura 25). O itabirito possui aspecto bandado, com lâminas alternadas de hematita, goethita e lâminas de sílica amarelada, de granulometria fina a média (Figura 25A). As gradações para porções mais alteradas e hidratadas de coloração amarelada e avermelhada são observadas em campo, assim como gradações para porções mais argilosas. Também são observados bolsões mais enriquecidos em ferro (Itabirito cinza na amostragem de canaleta). Este corpo se estende no substrato, mas não é visível, por apresentar uma capa laterítica/solo avermelhado com fragmentos ferruginosos.

A camada aflorante do itabirito, entre a canga e a metagrauvaca, na Estrada da Fazenda do Tesoureiro, se apresenta de forma compacta a semi-compacta, muito hidratada, de coloração vermelha (Figura 25B), com gradações mais ricas ou mais pobres em ferro, não sendo possível observar o intervalo da laterita, Itabirito hidratado, xisto-ferruginoso e itabirito amarelo na correlação das amostras de canaleta. As gradações mais quartzosas podem ocorrer até o contato com a metagrauvaca (Figura 25C).



**Figura 25** - Itabirito amarelo com bandamento (Sb: 210/45). Talude de cerca de 6m de altura (Fonte: autor).



**Figura 25 A** - Detalhe do itabirito amarelo com bandamento bem marcado. Bandas contínuas com sílica amarelada e porções mais alteradas (Sb: 210/45) (Fonte: autor).



**Figura 25 B** - Amostra de itabirito (AM-57-A) próximo ao contato com a canga. Atitude do bandamento Sb: 70/27 (Fonte: autor).



**Figura 25 C** - Contato gradacional entre o itabirito e a metagrauvaca no ponto 134, atitude Sb: 125/35 (Fonte: autor).

### 3.2.8. Metagrauvaca

A metagrauvaca aparece em cerca de 20% da área mapeada, com exposições principalmente na estrada de terra, que leva a Fazenda do Tesoureiro (setor oeste) (Figura 26). A metagrauvaca ocorre na forma de fragmentos rolados muito alterados/hidratados em solo de cor marrom. Em direção a parte superior da topografia, distante 500 m na porção norte do setor oeste, o solo se torna argiloso, o que é típico da alteração da metagrauvaca. No setor norte, o contato entre a metagrauvaca e com itabirito foi inferido, pois não foi possível observar a metagrauvaca em meio ao solo espesso na mata fechada. Quando menos alterada a metagrauvaca, porém friável, apresenta cor esbranquiçada, devido à matriz feldspática (Figura 26A), possuindo micas, pouca sílica e cristais de minerais ferruginosos.



**Figura 26** - Afloramento de metagrauvaca na estrada de terra que leva à Fazenda do Tesoureiro (Sb: 140/30) (Fonte: autor).



**Figura 26 A** - Detalhe da matriz da metagrauvaca (Fonte: autor).

## **4. GEOLOGIA ESTRUTURAL**

#### 4.1 GEOLOGIA ESTRUTURAL

As principais estruturas observadas na área de estudo foram bandamento composicional (Sb), eixo de dobras (E) e plano axial das dobras. Nos três setores da área da mapeada observa-se a direção preferencial das camadas de itabirito, que afloram na canga em alguns pontos, onde a estrutura de bandamento do itabirito amarelado (itabirito cangueificado) está preservada (Figuras 27 e 28). O Itabirito amarelado (camada inferior) está em contato com o xisto ferruginoso/itabirito hidratado (Figura 29).

Na região central da área mapeada observou-se a exposição das estruturas com mais facilidade, principalmente, o bandamento composicional (Figura 30) exposto nos taludes, onde as camadas apresentam direção preferencial de caimento para SW e NE, com algumas variações para SE e NNW.

A presença de uma dobra, com plano axial vertical e eixo de dobra com direção preferencial NW-SE (az. 305°), foi observada no filito, que está em contato com a formação ferrífera no setor oeste.



**Figura 27** - Itabirito cangueificado com estrutura de bandeamento (Sb: 200/45)  
(Fonte: autor).



**Figura 28** - Afloramento do itabirito amarelado com bandeamento (Sb: 315/80). Direção aproximada NW-SE. Ponto da amostra AM-008 (Fonte: autor).

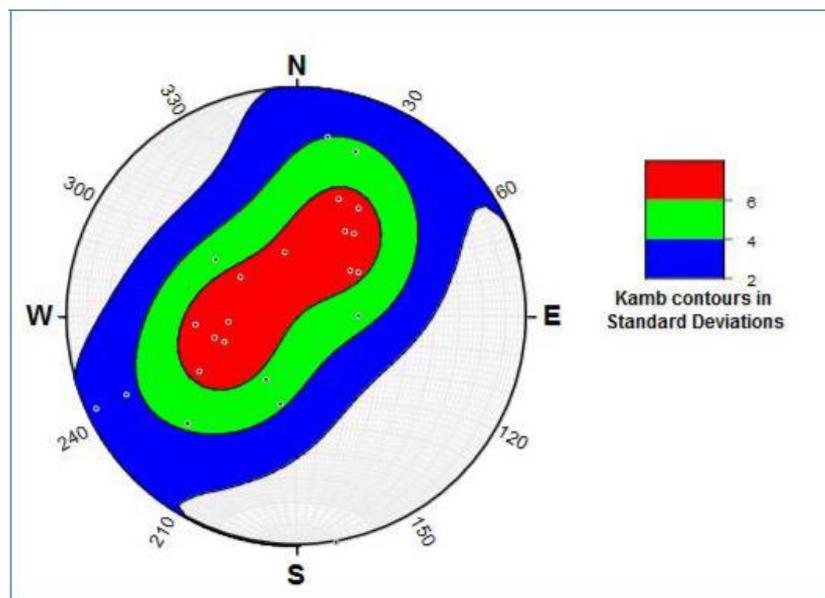


**Figura 29** - Região central da área de estudo, onde ocorre o contato (traço vermelho) do Itabirito amarelado (camada inferior) com o xisto ferruginoso/itabirito hidratado. Camada com caimento para SE, S e SW (Fonte: autor).

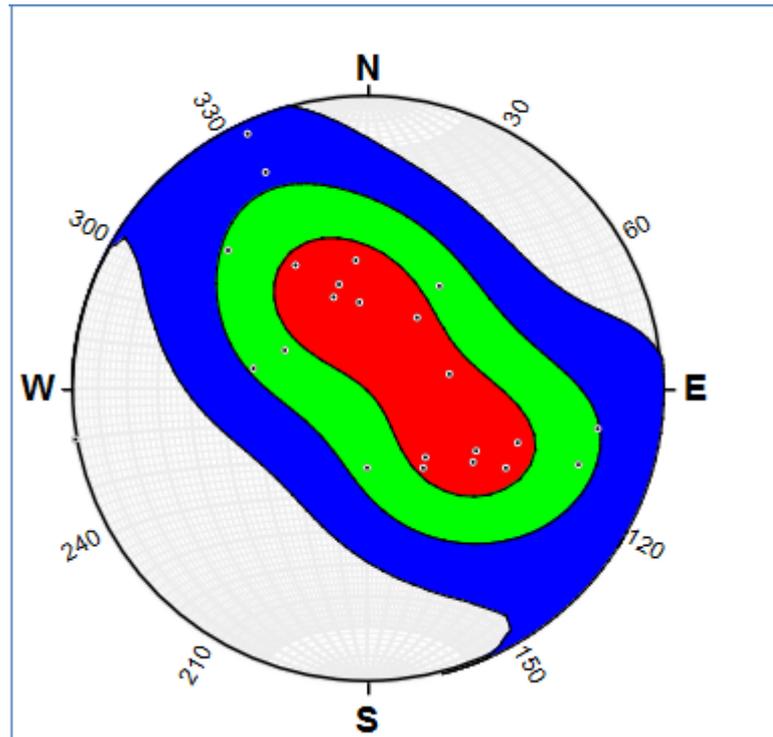


**Figura 30** - Camada do itabirito cangueificado. Direção NW-SE (marcado com traço vermelho) do mergulho da camada (Sb: 200/65). Ponto da amostra Am-45 (Fonte: autor).

Nas figuras 31 e 32 observa-se a representação das medidas estruturais dos mergulhos das camadas de itabirito e eixos de dobras. A direção preferencial das camadas na (Figura 31), apresenta um caimento tanto para NW quanto para SE, devido à concentração de polos que representam os planos no meio do estereograma na parte vermelha, já a (Figura 32) para os flancos de dobras dos itabiritos, apresentam caimento tanto para NE quanto para SW, porque os polos estão concentrados bem na parte central que é a parte com maior concentração de polos que representam os planos.



**Figura 31** - Interpolação mostrando a direção preferencial de mergulho das camadas dos itabiritos da área de estudo (Fonte: autor).



**Figura 32** - Interpolação mostrando a direção preferencial das camadas e eixos de dobras dos itabiritos da área de estudo (Fonte: autor).

## **5. RESULTADOS e DISCUSSÕES**

## 5.1. Petrografia

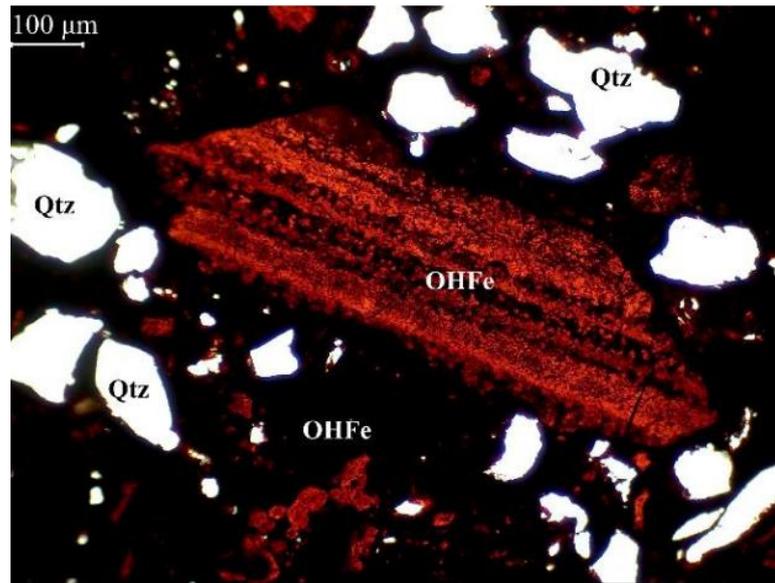
### 5.1.1. Canga

A canga (Figura 33) é composta por óxidos/hidróxidos de ferro (94%), hematita (3%), quartzo (3%), magnetita (<1%), sericita (<1%) e carbonato (<1%). Os minerais secundários são óxidos/hidróxidos de ferro (<3%).

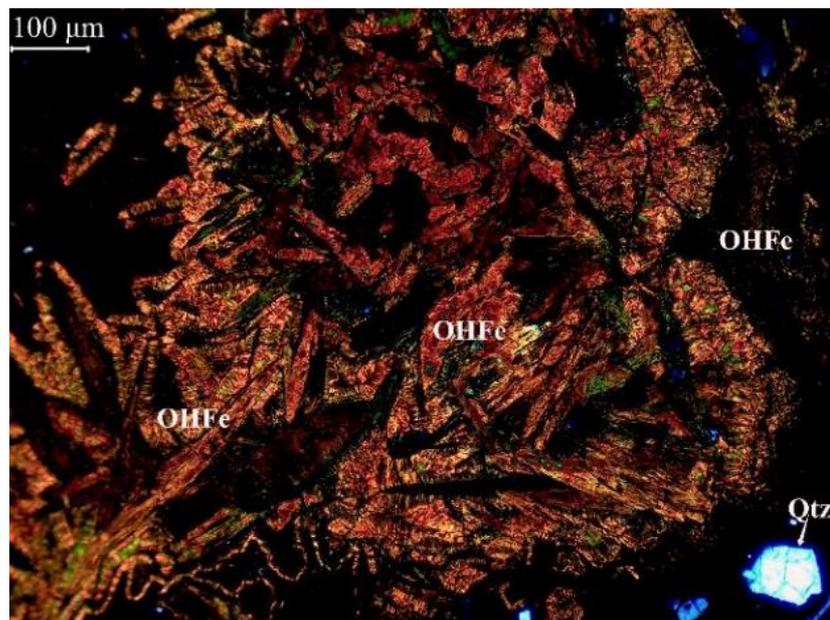
Na canga ocorrem essencialmente óxidos/hidróxidos de ferro (Figuras 34, 35 e 36), predominando a goethita. As fases acessórias são quartzo (Figura 37) e carbonato (ambos malformados), hematita, magnetita e sericita, que variam de malformadas a bem formadas. Os óxidos/hidróxidos de ferro constituem a fase mais abundante observada na canga e correspondem predominantemente a goethita, embora não seja possível excluir a possibilidade de ocorrerem outras fases associadas, como lepidocrocita.



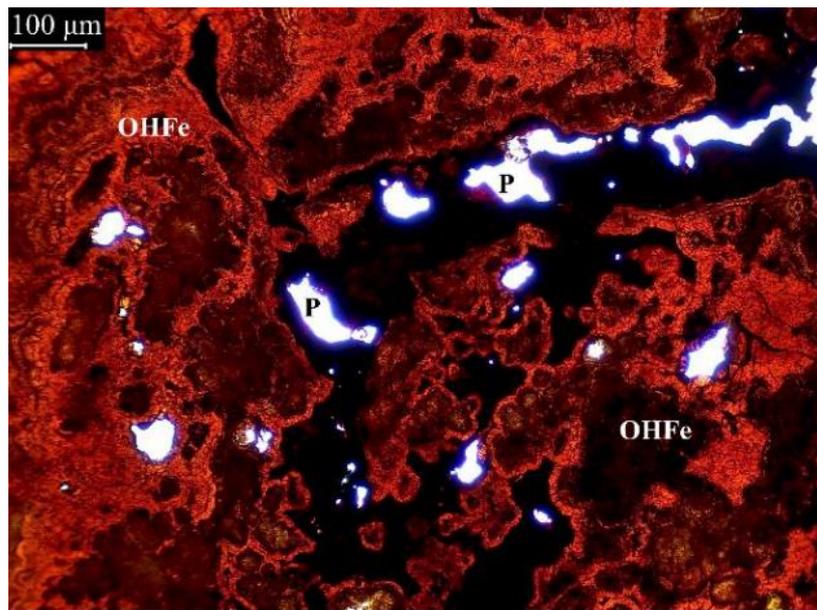
**Figura 33** - Lâmina delgada da canga (Fonte: autor).



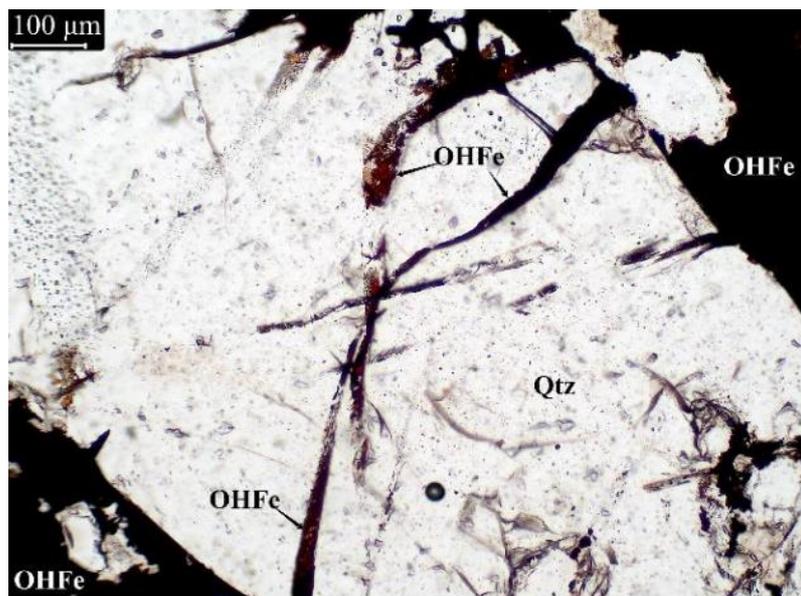
**Figura 34** - Fragmento de aspecto bandado constituído por óxidos/hidróxidos de ferro. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo.



**Figura 35** - Fragmento constituído por óxidos/hidróxidos de ferro de aspecto acicular. Imagem de luz transmitida com os polarizadores cruzados, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo.



**Figura 36** - Fragmento de aspecto botrioidal constituído por óxidos/hidróxidos de ferro. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e P: poros.



**Figura 37** - Fraturas em fragmento de quartzo preenchidas por óxidos/hidróxidos de ferro. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo.

### 5.1.2. Itabirito Azul

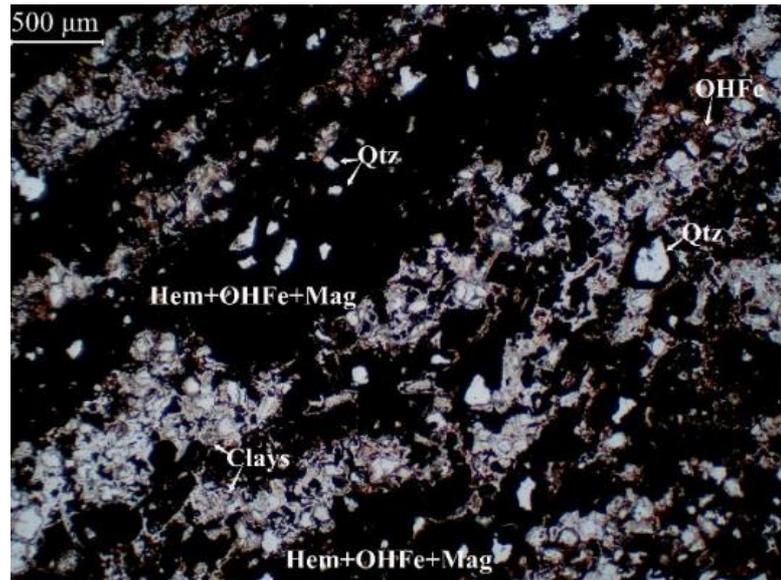
No itabirito azul (Figura 38), os minerais essenciais observados foram óxidos/hidróxidos de ferro (71%), hematita (21%), quartzo (5%), argilominerais (3%), magnetita (<1%), sericita (<1%) e carbonato (<1%). Os minerais secundários são

óxidos/hidróxidos de ferro (<71%), hematita (<21%) e argilominerais (3%). A rocha apresenta bandamento composicional e uma foliação metamórfica paralela ao mesmo, além de poros vazios com formas irregulares entre as bandas.

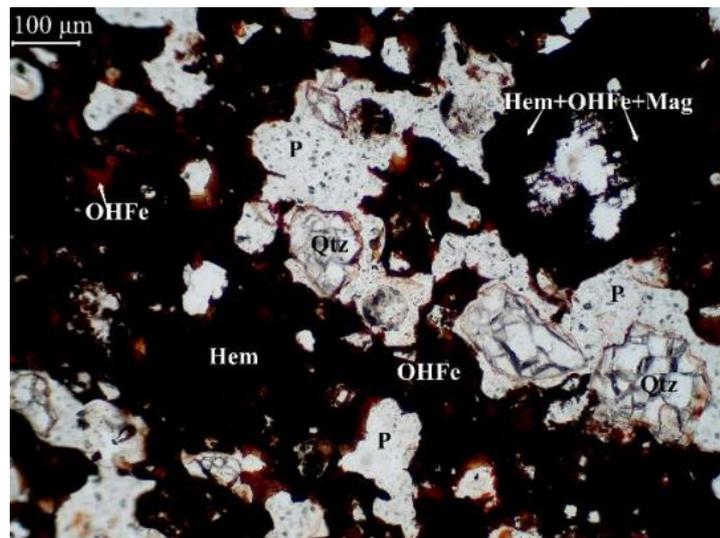
O itabirito azul é constituído essencialmente por óxidos/hidróxidos de ferro, predominantemente goethita, muito fina, hematita xenoblástica a idioblástica e quartzo xenoblástico, magnetita xenoblástica a idioblástica, sericita xenoblástica a idioblástica, carbonato xenoblástico e argilominerais muito finos. O bandamento composicional (Figura 39) da rocha é marcado pela intercalação de bandas ricas em hematita, óxidos/hidróxidos de ferro, predominantemente goethita, e pseudomorfos de magnetita, e bandas ricas em quartzo que contêm quantidades variáveis de argilominerais. Os cristais de hematita se encontram preferencialmente orientados (Figura 40) de forma paralela ao bandamento, definindo a foliação da rocha. A maior parte da magnetita e hematita originais da rocha aparentam ter sido substituídas por óxidos/hidróxidos de ferro (Figura 41).



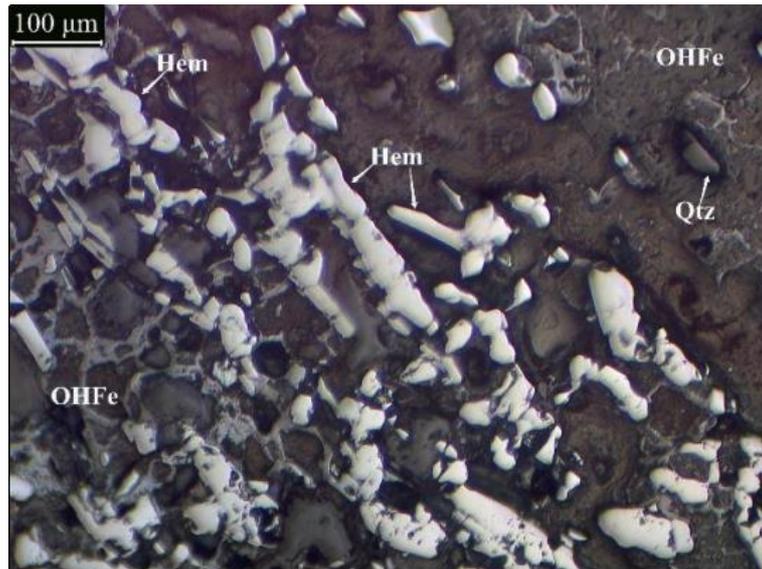
**Figura 38** - Lâmina delgada do itabirito azul (Fonte: autor).



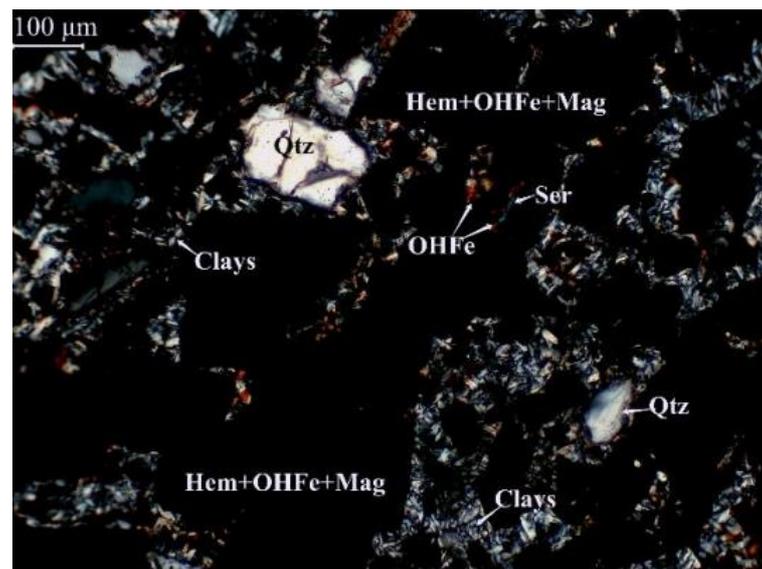
**Figura 39** - Textura geral do itabirito azul, evidenciando o bandamento composicional. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 2,5x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: HEM: hematita; Mag: magnetita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo.



**Figura 40** - Detalhe do bandamento composicional com presença de poros vazios entre as bandas. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; Mag: magnetita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro; P: poros e Qtz: quartzo.



**Figura 41** – Cristais de hematita lamelar orientados, que marcam a foliação. Imagem de luz refletida polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad).  
 Legenda: Hem: hematita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo.



**Figura 42** - Argilominerais e possíveis hidróxidos (provável gibbsita) entre cristais de quartzo, hematita, pseudomorfos de magnetita e massas de óxidos/hidróxidos de ferro. Imagem de luz transmitida com os polarizadores cruzados, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; Mag: magnetita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro; Qtz: quartzo e Clays: argilominerais.

### 5.1.3. Itabirito Amarelo

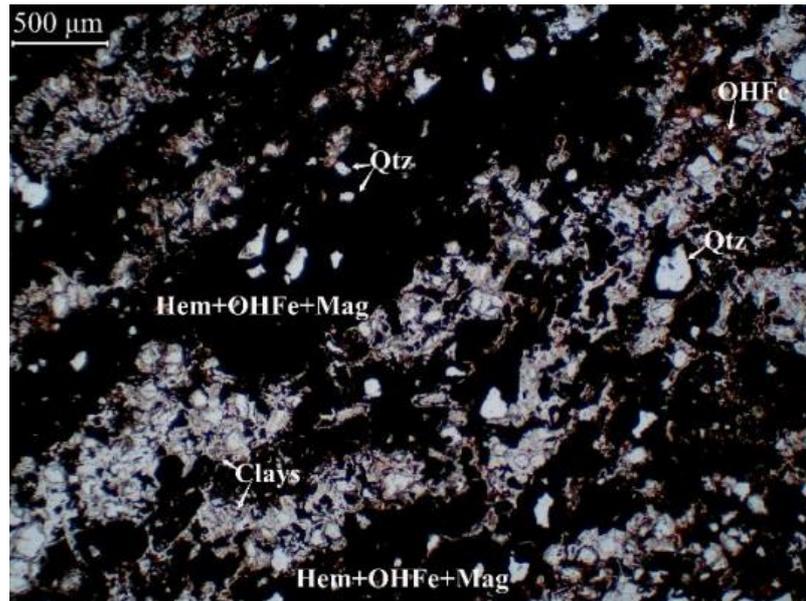
Essa rocha (Figura 43) é composta por óxidos/hidróxidos de ferro (80%), hematita (8%), argilominerais (7%), quartzo (4%), magnetita (1%), sericita (<1%) e

carbonato (<1%). Os minerais secundários são óxidos/hidróxidos de ferro (<80%), hematita (<8%) e argilominerais (<7%).

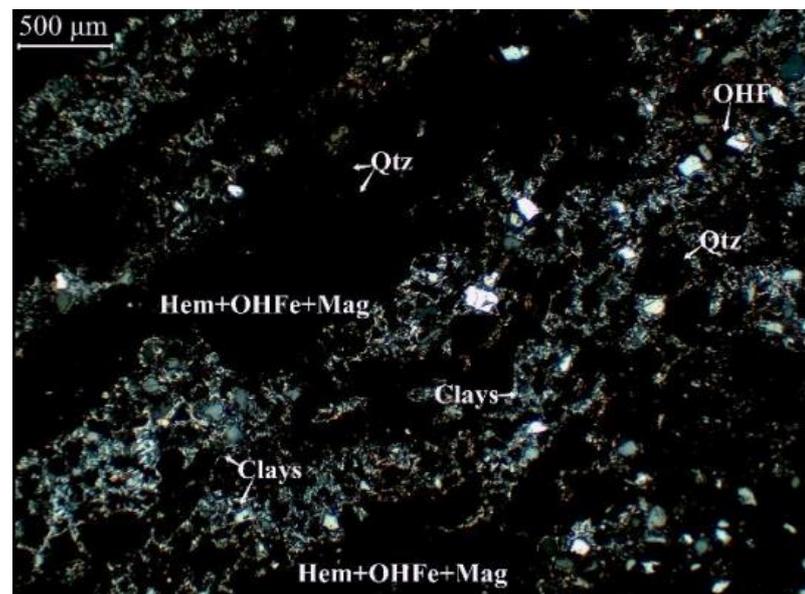
O itabirito amarelo apresenta bandamento composicional (Figura 44) e uma foliação metamórfica paralela ao mesmo. A presença de poros vazios com formas irregulares entre as bandas foi observada. A rocha é constituída essencialmente por óxidos/hidróxidos de ferro (Figura 45), predominantemente goethita, hematita xenoblástica a idioblástica (Figura 46), quartzo xenoblástico, magnetita xenoblástica a idioblástica (Figura 47), sericita xenoblástica a idioblástica, carbonato xenoblástico e argilominerais muito finos.



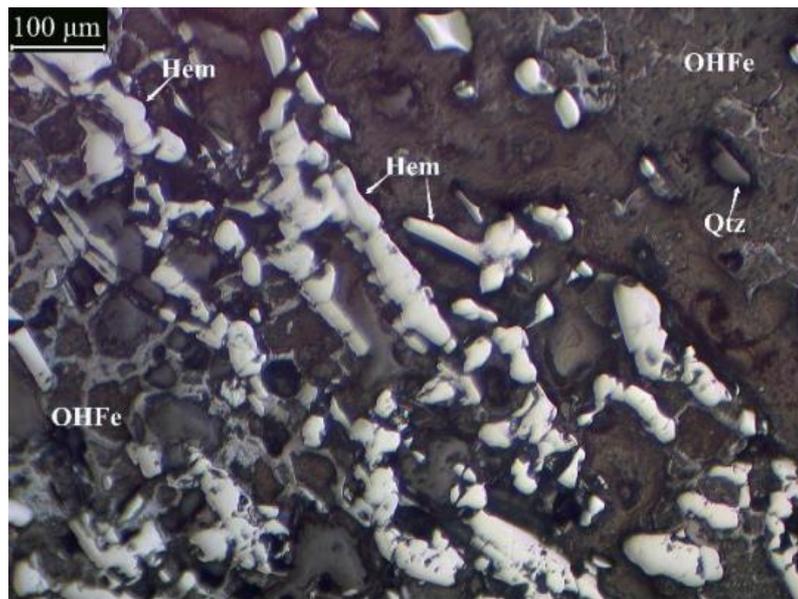
**Figura 43** - Lâmina delgada Itabirito Amarelo (Fonte: autor).



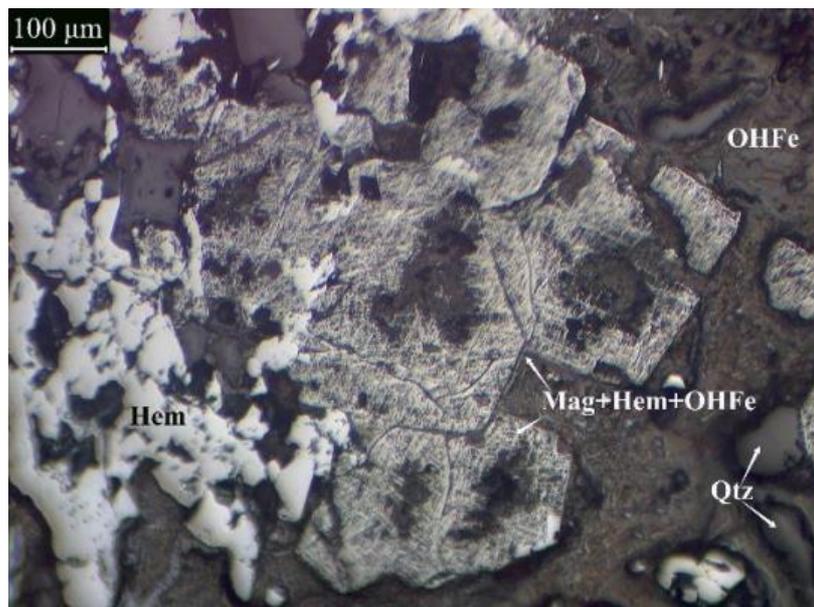
**Figura 44** - Textura geral da rocha, sendo observado o bandamento composicional. Imagem de luz transmitida plano polarizada, objetiva de 2,5x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro; Qtz: quartzo e Clays: argilominerais.



**Figura 45** - Textura geral da rocha, sendo observado o bandamento composicional. Imagem de luz transmitida com os polarizadores cruzados, objetiva de 2,5x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; Mag: magnetita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro; Qtz: quartzo e Clays: argilominerais.



**Figura 46** - Cristais de hematita lamelar orientados, marcando a foliação. Imagem de luz refletida polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo.



**Figura 47** - Pseudomorfos de magnetita substituídos por hematita martítica e óxidos/hidróxidos de ferro. Imagem de luz refletida polarizada, objetiva de 10x (Fonte: Laboratório Arkad). Legenda: Hem: hematita; Mag: magnetita; OHFe: óxidos/hidróxidos de ferro e Qtz: quartzo.

## 5.2. Geoquímica

As três amostras de itabirito analisadas (Tabela 02) de uma frente de lavra aberta na formação ferrífera bandada foram designadas de topo do afloramento,

bancada intermediária e base do afloramento. As concentrações de ferro e fósforo detectadas nestas amostras estão lindas a seguir:

**Ferro:**

- ✓ 48,99% de ferro para o topo do afloramento;
- ✓ 60,05% de ferro para bancada intermediária;
- ✓ 58,34% de ferro para base do afloramento.

**Fósforo:**

- ✓ 0,108% de fósforo para a amostra do topo do afloramento;
- ✓ 0,055% de fósforo para a bancada intermediária;
- ✓ 0,045% de fósforo para a base do afloramento.

**Tabela 02** - Análises geoquímicas das amostras de itabirito da frente de lavra. Legenda: AM = amostra.

Método	FeO-Vol	RO-XRF	RO-XRF	RO-XRF	RO-XRF	RO-XRF	RO-XRF	RO-XRF	RO-XRF	RO-XRF	RO-XRF	RO-XRF	RO-XRF	RO-XRF	SUM
Elementos	FeO	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	P	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PPC	SUM	
<b>Limite de Detecção</b>	0,10	0,1	0,01	0,01	0,01	0,004	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-10		
<b>AM1 - topo do afloramento</b>	0,14	48,99	9,48	8,25	2,01	0,108	< 0,01	0,13	0,42	0,03	0,57	0,02	8,06	99,85	
<b>AM2 - bancada intermediária</b>	0,29	60,05	4,72	2,52	0,22	0,055	< 0,01	0,08	0,18	< 0,01	0,02	0,01	5,92	99,72	
<b>AM3 - base do afloramento</b>	0,72	58,34	13,21	0,3	0,61	0,045	< 0,01	0,06	0,03	< 0,01	0,02	0,01	1,82	99,77	
<b>Total</b>	1,25	167,48	27,42	11,08	2,85	0,21	0,01	0,28	0,64	0,04	0,62	0,05	5,80		
<b>Média (</b>	<b>0,42</b>	<b>55,83</b>	<b>9,14</b>	<b>3,69</b>	<b>0,95</b>	<b>0,07</b>	<b>0,00</b>	<b>0,09</b>	<b>0,21</b>	<b>0,01</b>	<b>0,21</b>	<b>0,02</b>	<b>1,93</b>		

Fonte: Fundação Gorceix (DEPAI).

Após a avaliação de que os teores de ferro são significativos e de fósforo (contaminante) são baixos nas três amostras de itabirito analisadas, mais 101 amostras foram coletadas, sendo 86 amostras pontuais de canga e 16 provenientes de cinco canaletas de taludes. Do total de 101 amostras, 25 amostras de canga e cinco amostras de canaleta foram selecionadas para análises geoquímicas (Tabelas 03 e 04). Considerando os conteúdos de ferro, manganês e alumínio, as amostras foram classificadas como canga ferruginosa, canga manganífera e canga aluminosa,

para as frações da peneira entre + 6,3 mm e - 6,3 mm. Esse intervalo da fração é um padrão para análise de minério de ferro.

Nas cinco amostras de itabirito friável (canaleta), o teor médio de ferro é de 51,18 %, com baixos teores dos contaminantes Mn e P (Tabela 05).

**Tabela 03 - Análises geoquímicas da fração + 6,3 mm. Legenda: AM = amostra.**

Método	FRAÇÃO +6,30mm	FE- XRF	FE- XRF	FE- XRF	FE- XRF	FE- XRF	PPC- GRA1	FE- XRF	FE- XRF	FE- XRF	FE- XRF	FeO- VOL
Parâmetro		Fe	SiO2	Al2O3	Mn	P	PPC	MgO	TiO2	Cr2O3	TOTAL	FeO
Unidade		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Limite de Detecção		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-10,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1
	Ident. da Am.											
CANGA FERRUGINOSA	AM-007	61,17	1,13	1,50	0,27	0,20	8,31	0,03	0,55	0,02	99,97	0,3
	AM-014	60,85	3,33	1,37	0,13	0,20	6,92	0,03	0,63	0,02	99,97	0,3
	AM-026	57,38	3,79	2,80	0,44	0,13	9,73	0,04	0,52	0,02	99,92	0,4
	AM-027	58,47	2,04	4,64	0,11	0,15	8,66	0,03	0,35	0,02	99,91	0,3
	AM-031	56,61	4,30	3,72	0,17	0,19	9,51	0,04	0,57	0,02	99,98	0,4
	AM-038	59,49	2,17	2,47	0,13	0,21	8,94	0,03	0,59	0,02	99,96	0,1
	AM-043	61,57	3,76	1,91	0,12	0,18	4,09	0,15	0,76	0,02	99,45	0,7
	AM-045	55,61	7,98	2,09	0,30	0,14	9,07	0,04	0,09	0,01	99,98	0,3
	AM-050	59,69	2,83	2,07	0,28	0,17	7,99	0,16	0,57	0,02	99,87	0,3
	AM-104	57,13	7,96	4,12	1,00	0,07	3,91	0,03	0,27	0,02	99,52	0,9
	AM-148	63,35	1,42	0,83	0,30	0,24	5,48	0,03	0,44	0,02	99,74	0,3
	AM-150	61,53	3,38	0,83	0,28	0,20	6,42	0,03	0,49	0,02	99,99	0,4
	AM-152	60,45	4,37	0,69	0,06	0,40	6,68	0,03	0,65	0,02	99,85	0,3
	AM-155	58,96	3,23	1,38	0,08	0,41	8,96	0,03	1,00	0,02	99,98	0,3
	AM-161	63,88	1,99	0,75	0,08	0,20	4,82	0,03	0,47	0,02	99,98	0,1
	AM-167	61,78	2,09	1,57	0,12	0,19	6,61	0,03	0,70	0,02	99,98	0,1
	AM-175	58,64	5,22	1,25	0,07	0,38	7,64	0,03	0,77	0,02	99,73	0,1
AM-180	59,53	6,13	0,71	0,12	0,22	6,32	0,02	0,94	0,02	99,93	0,3	
	TEOR MÉDIO	59,78	3,73	1,93	0,23	0,22	7,23	0,05	0,58	0,02	99,87	0,33
CANGA MANGANESIFERA	AM-002	52,36	2,57	1,97	6,49	0,17	10,09	0,14	0,47	0,02	99,16	0,1
	AM-092	36,58	2,79	10,29	15,65	0,05	13,20	0,14	0,14	0,02	99,44	0,1
	AM-093	41,71	5,78	13,51	6,53	0,07	11,53	0,03	0,39	0,02	99,68	0,1
	AM-122	39,61	3,10	5,18	16,64	0,14	12,09	0,02	0,11	0,02	99,22	0,1
	TEOR MÉDIO	42,57	3,56	7,74	11,33	0,11	11,73	0,08	0,28	0,02	99,38	0,10
CANGA ALUMINOSA	AM-098	43,35	5,43	15,97	0,97	0,08	14,49	0,05	0,49	0,02	99,98	0,1
	AM-099	43,46	5,20	17,23	0,94	0,07	13,43	0,03	0,43	0,02	99,95	0,1
	AM-111	45,66	8,08	15,76	0,68	0,07	9,09	0,03	0,61	0,02	99,96	0,6
		TEOR MÉDIO	44,16	6,24	16,32	0,86	0,07	12,34	0,04	0,51	0,02	99,96

Fonte: Fundação Gorceix (DEPAI).

**Tabela 04 - Análises geoquímicas da fração - 6,3 mm. Legenda: AM = amostra.**

Método	FRAÇÃO - 6,30mm	FE- XRF	FE- XRF	FE- XRF	FE- XRF	FE- XRF	PPC- GRA1	FE- XRF	FE- XRF	FE- XRF	FE- XRF	FeO- VOL
Parâmetro		Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	P	PPC	MgO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TOTAL	FeO
Unidade		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Limite de Detecção		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-10,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1
	Ident. da Am.											
CANGA FERRUGINOSA	AM-007	56,78	4,74	2,74	0,56	0,19	8,93	0,16	0,77	0,02	99,88	0,3
	AM-014	55,58	7,31	1,68	0,12	0,20	10,08	0,04	0,75	0,02	99,99	1,0
	AM-026	53,43	8,01	3,76	0,29	0,14	9,99	0,03	0,78	0,02	99,92	0,7
	AM-027	52,63	7,96	4,74	0,11	0,16	10,49	0,04	0,78	0,02	99,97	0,7
	AM-031	53,31	8,57	3,42	0,14	0,19	9,94	0,17	0,67	0,02	99,84	0,7
	AM-038	56,12	5,43	2,79	0,13	0,19	9,98	0,03	0,71	0,02	99,99	0,7
	AM-043	57,55	5,36	3,59	0,12	0,18	6,87	0,15	0,85	0,02	99,85	1,0
	AM-045	50,32	13,36	2,20	0,14	0,14	10,87	0,17	0,31	0,01	99,83	0,7
	AM-050	57,78	4,38	2,49	0,19	0,17	8,69	0,17	0,77	0,02	99,92	0,4
	AM-104	52,37	11,01	5,30	1,16	0,09	6,19	0,03	0,50	0,02	99,77	0,7
	AM-148	54,53	3,59	1,87	0,86	0,26	13,94	0,03	0,55	0,02	99,75	0,4
	AM-150	60,77	5,48	0,79	0,11	0,17	5,71	0,03	0,51	0,02	99,99	1,0
	AM-152	54,06	7,92	1,33	0,15	0,25	11,66	0,03	0,74	0,02	99,81	1,2
	AM-155	55,44	7,13	1,84	0,08	0,37	9,56	0,03	1,02	0,02	99,84	1,6
	AM-161	58,78	4,76	1,12	0,08	0,28	8,45	0,03	0,72	0,02	99,92	2,0
	AM-167	58,76	4,67	1,75	0,10	0,26	7,19	0,03	0,87	0,02	99,31	2,9
	AM-175	50,91	15,64	1,35	0,05	0,29	7,97	0,03	0,81	0,02	99,37	1,0
	AM-180	51,56	15,39	1,02	0,09	0,22	7,89	0,03	1,20	0,02	99,94	0,6
	TEOR MÉDIO	55,04	7,82	2,43	0,25	0,21	9,13	0,07	0,74	0,02	99,83	0,98
CANGA MANGANESIFERA	AM-002	53,47	4,50	3,17	3,61	0,15	9,36	0,14	0,78	0,02	99,67	0,1
	AM-092	40,81	5,51	10,58	8,64	0,07	12,81	0,14	0,30	0,02	99,24	0,1
	AM-093	46,65	12,38	6,20	4,63	0,07	7,91	0,03	0,33	0,02	99,84	0,1
	AM-122	45,51	7,76	7,36	7,53	0,10	8,58	0,03	0,35	0,02	99,25	0,1
		TEOR MÉDIO	46,61	7,54	6,83	6,10	0,10	9,67	0,09	0,44	0,02	99,50
CANGA ALUMINOSA	AM-098	43,56	5,85	15,13	0,83	0,08	14,75	0,06	0,49	0,02	99,96	0,3
	AM-099	42,66	6,16	16,47	0,65	0,08	14,52	0,03	0,54	0,02	99,85	0,9
	AM-111	47,15	8,52	14,02	0,65	0,07	8,06	0,02	0,73	0,02	99,83	0,3
		TEOR MÉDIO	44,46	6,84	15,21	0,71	0,08	12,44	0,04	0,59	0,02	99,88

Fonte: Fundação Gorceix (DEPAI).

Teor médio de ferro na fração + 6,3 mm:

- canga ferruginosa - 59,78 %
- canga manganífera - 42,57 %
- canga aluminosa - 44,16 %

Teor médio de ferro na fração - 6,3 mm:

- canga ferruginosa - 55,04 %
- canga manganífera - 46,61 %
- canga aluminosa - 44,46 %

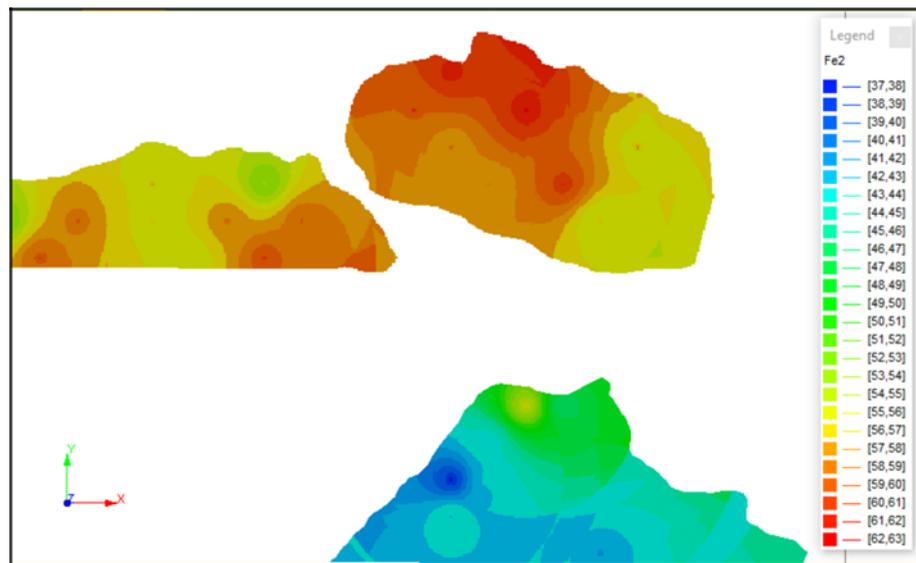
**Tabela 05** - Análises geoquímicas das amostras de itabirito friável (canaleta) da fração + 6,3 mm e - 6,3 mm.

	FE-XRF	FE-XRF	FE-XRF	FE-XRF	FE-XRF	PPC- GRA1	FE-XRF	FE-XRF	FE-XRF	FE-XRF	FeO-VOL
	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	P	PPC	CaO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TOTAL	FeO
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	10,01	0,004	0,01	0,01	0,01	0,1
Amostra											
CAN-01-IT-CINZA FRAÇÃO: +6,30mm	46,43	5,26	6,41	9,78	0,05	8,45	0,023	0,17	0,01	99,79	0,1
CAN-01-IT-CINZA FRAÇÃO: -6,30mm	57,56	7,41	2,23	1,72	0,07	5,04	0,010	0,17	0,01	99,66	0,4
CAN-02-LAT FRAÇÃO: +6,30mm	47,01	4,25	15,06	0,64	0,08	11,68	<0,004	0,63	0,02	99,99	0,1
CAN-02-LAT FRAÇÃO: -6,30mm	49,44	4,34	12,97	0,41	0,10	9,95	0,006	0,95	0,02	99,80	0,3
CAN-02-IT-HID-2 FRAÇÃO: +6,30mm	51,59	8,01	7,05	0,28	0,08	10,05	0,006	0,27	0,01	99,93	0,1
CAN-02-IT-HID-2 FRAÇÃO: -6,30mm	50,75	15,59	3,52	0,30	0,07	7,12	0,007	0,31	0,01	99,95	0,3
CAN-02-IT-AM FRAÇÃO: +6,30mm	53,19	10,46	4,07	0,28	0,08	8,50	0,004	0,12	0,01	99,92	0,3
CAN-02-IT-AM FRAÇÃO: -6,30mm	52,12	15,73	1,58	0,51	0,07	6,98	0,010	0,11	0,01	99,97	0,3
CAN-05-IT-AM FRAÇÃO: +6,30mm	50,17	13,33	4,03	0,29	0,06	9,63	0,016	0,11	0,01	99,49	0,3
CAN-05-IT-AM FRAÇÃO: -6,30mm	<b>50,02</b>	18,21	2,02	0,24	0,05	7,41	0,017	0,12	0,01	99,93	0,3
CAN-01-IT-CINZA	54,59	6,84	3,34	3,87	0,06	5,95		0,17	0,01	99,69	0,32
CAN-02-LAT	47,92	4,28	14,28	0,55	0,09	11,03		0,75	0,02	99,92	0,17
CAN-02-IT-HID-2	51,05	12,86	4,79	0,29	0,07	8,17		0,30	0,01	99,94	0,23
CAN-02-IT-AM	52,27	14,99	1,93	0,48	0,07	7,19		0,11	0,01	99,96	0,30
CAN-05-IT-AM	50,07	16,63	2,67	0,26	0,05	8,13		0,12	0,01	99,79	0,30
TEOR MÉDIO PONDERADO	<b>51,18</b>	<b>11,12</b>	<b>5,40</b>	<b>1,09</b>	<b>0,07</b>	<b>8,10</b>		<b>0,29</b>	<b>0,01</b>	<b>99,86</b>	<b>0,26</b>

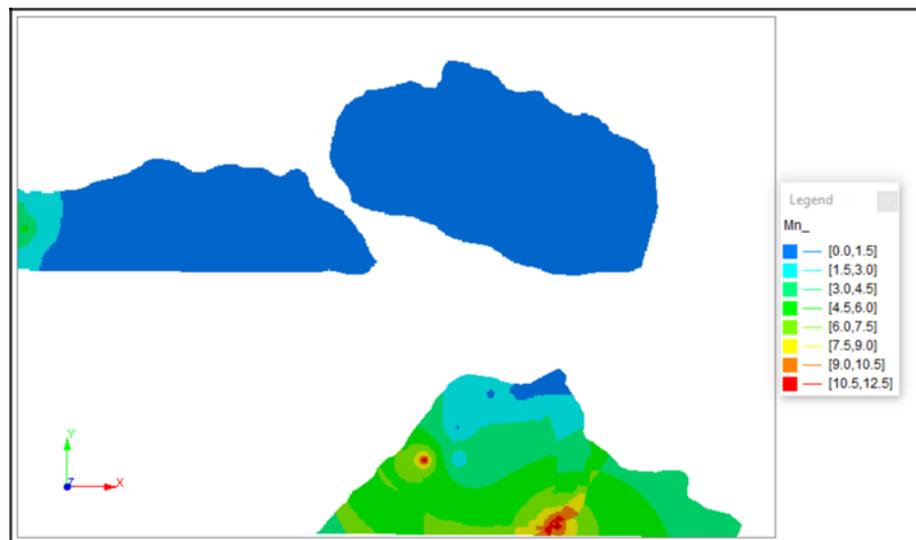
Fonte: Fundação Gorceix (DEPAI).

Nos mapas de teores de ferro total (Figura 48), manganês (Figura 49) e alumínio (Figura 50) dos três setores da área de estudo, observa-se que:

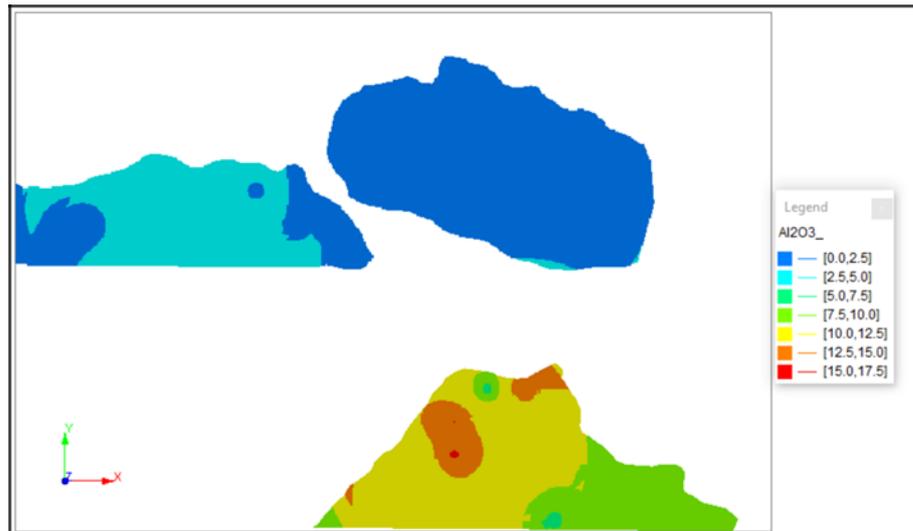
- os teores de ferro para a canga estão acima de 56% nos setores norte e oeste, e inferior a 50% no setor sul;
- os teores de manganês são inferiores a 6%, o que é um valor muito adequado do ponto de vista comercial, por ser um contaminante;
- os teores de alumínio são inferiores a 10%, valor este baixo e dentro dos padrões exigidos pelo mercado externo.



**Figura 48** - Mapa de interpolações de teores de ferro para a canga (Fonte: Vicentin,2021).



**Figura 49** - Mapa de interpolações de teores de ferro para a canga (Fonte: Vicentin,2021).

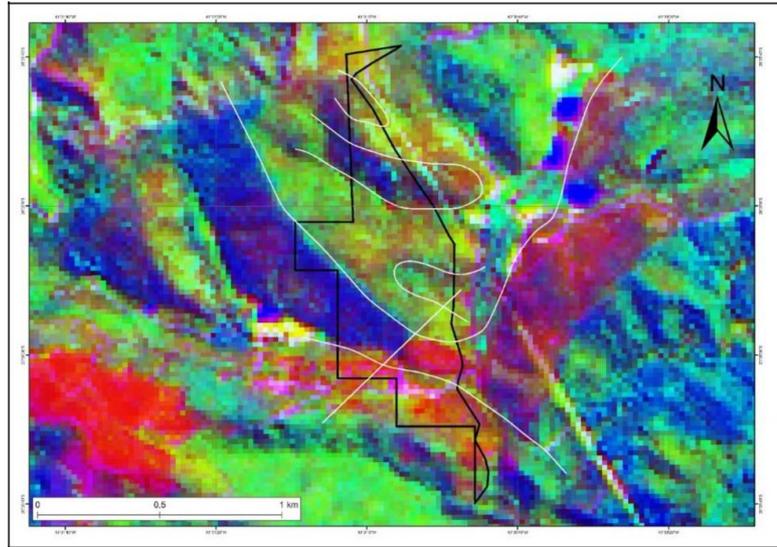


**Figura 50** - Mapa de interpolação de teores de alumínio para a canga (Fonte: Vicentin, 2021).

### 5.3. GEOFÍSICA

Com base no mapa aeromagnético da área de estudo (Figura 51) detectou-se a presença de uma anomalia magnética, que caracteriza a ocorrência de minério de ferro da Jazida do Tesouro. A área da anomalia magnética correlaciona com o alto percentual de ferro existente nas amostras dessa região. A anomalia corta o sul da área da jazida, na porção onde se delimitou os três setores da área mapeada.

O mapa aeromagnético foi fundamental para a delimitação dos corpos de minério de ferro e estruturas geológicas nos trabalhos de campo, indicando com precisão a área de ocorrência de corpos de minério e de rocha de estéril.



**Figura 51** - Mapa aeromagnético regional da área de estudo mostrando em vermelho, uma susceptibilidade maior dos corpos ferruginosos (Fonte:CODEMIG).

#### **5.4. ESTIMATIVA DE VOLUME E MASSA CONTIDA DE FERRO**

Na estimativa de volume e massa contida de minério de ferro foi considerada a divisão da área de estudo em três setores, para a melhor individualização dos corpos de minério de canga e itabirito. O corpo de itabirito do setor oeste foi delimitado entre as falhas norte e sul, considerando que o corpo se prolonga na região central da área de estudo. Assim, a estimativa desse itabirito compreende o setor oeste e a região central da área mapeada.

##### **5.4.1. Estimativa de Volume e Massa Contida nos Minérios da Canga**

A espessura constante de 5,50 m para a camada de canga, medida com a trena no trabalho de campo, e a densidade de  $2,92 \text{ g/cm}^3$  (Tabela 06) foram consideradas para os três setores da área mapeada. Os teores finais de ferro calculados variam de 37% a 63%, com predominância de teores mais altos nos setores norte e oeste (Tabela 07). No cálculo da estimativa individual para cada setor, a região do Setor Norte obteve maior massa de minério.

**Tabela 06** - Análise estatística da densidade das amostras de canga (Fonte: autor).

Amostras de Canga	Fator Umidade	Peso liq- FATOR umidade (g)	DENS. SECA C/Emb. (g/cm <sup>3</sup> )	DENS. SECA S/Emb (g/cm <sup>3</sup> )
AMOSTRA 01	0,0940	1542	2,17	2,55
AMOSTRA 03	0,0647	1907	2,37	2,70
AMOSTRA 04	0,0453	8330	2,50	2,92
AMOSTRA 05	0,0231	7403	3,11	3,51
<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA DA DENSIDADE SECA COM EMBALAGEM - TOTAL (g/cm<sup>3</sup>)</b>				
Média				2,54
Mínimo				2,17
Máximo				3,11
Total de Amostras				4
<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA DA DENSIDADE SECA SEM EMBALAGEM - TOTAL (g/cm<sup>3</sup>)</b>				
Média				2,92
Mínimo				2,55
Máximo				3,51
Total de Amostras				4

**Tabela 07** - Valor total de massa total de minério de ferro e massa de ferro contida na canga.

Setor	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Teor médio (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Massa total (t)	Minério de ferro contido (t)
sul	24.423	134.326	44,41	2,92	392.627,180	174.365,730
norte	26.630	146.465	57,94	2,92	428.095,290	248.038,410
oeste	18.110	99.605	56,64	2,92	291.130,630	164.896,390
<b>TOTAL</b>	<b>69.163</b>	<b>380.396</b>	<b>52,96</b>	<b>2,92</b>	<b>1.111.853,100</b>	<b>587.300,530</b>

#### 5.4.2. Estimativa de Volume e Massa Contida nos Minérios do Itabirito

##### 5.4.2.1 Setor Sul

No cálculo da estimativa do itabirito do setor Sul foram consideradas quatro espessuras, 15 m, 30 m, 45 m e 60 m abaixo da topografia. A densidade considerada para todas foi 2,40 g/cm<sup>3</sup>. Este valor foi extraído do relatório técnico da Mineração da Trindade-SAMITRI.

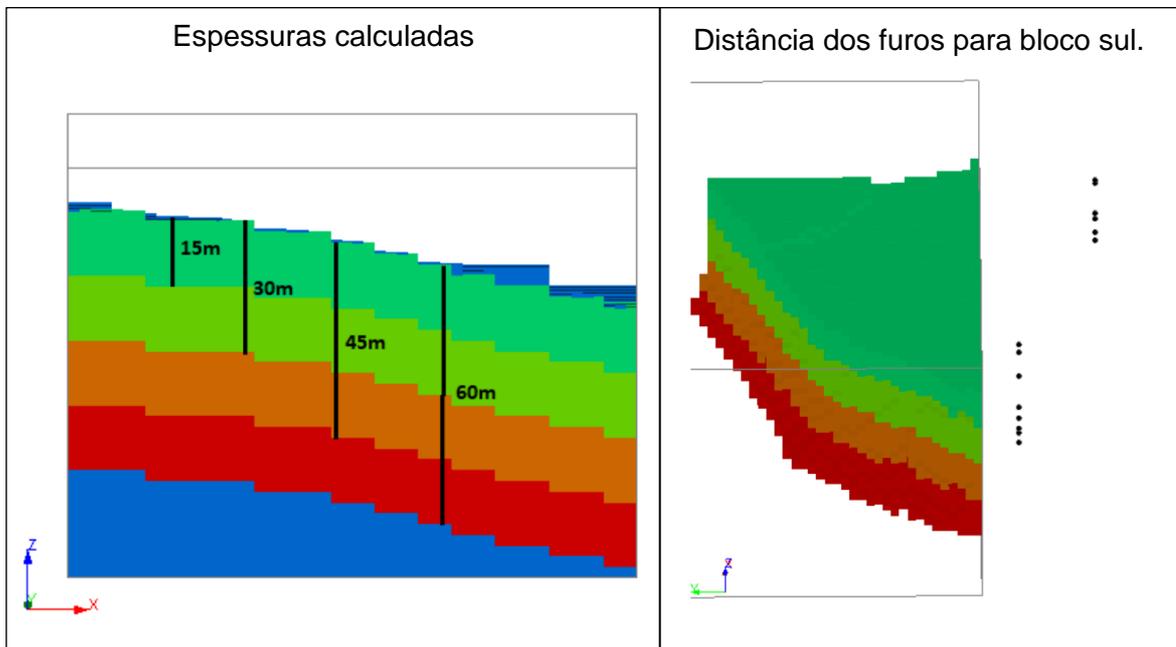
Os teores de ferro dos furos de sondagem demonstram que há presença de teores mais altos em regiões mais profundas. Assim, quanto maior a espessura, maior é o teor médio calculado (Tabela 08).

A estimativa para cada setor foi calculada utilizando as cinco amostras mais próximas do modelamento de blocos realizado no *Software Datamine*. O bloco é um conjunto de amostras que, quando aproximadas através do software, geram um polígono regular e a média do teor amostral é calculada, ponderada pela distância. Apesar do aumento de teor com a profundidade, o teor médio do itabirito do setor sul continua ligeiramente abaixo dos demais itabiritos.

A figura 52 demonstra como é realizada a inferência de profundidade, onde cada cor evidencia a distância para uma possível cubagem.

**Tabela 08** - Valor total de massa total de minério de ferro e massa de ferro contida no itabirito do setor sul.

Espessura	Volume (m <sup>3</sup> )	Teor médio (%)	Massa total (t)	Minério de ferro contido (t)
15 m	737.356	35,92	1.769.655	635.660
30 m	1.498.801	35,95	3.597.121	1.293.165
45 m	2.260.246	35,99	5.424.590	1.952.310
60 m	3.024.609	36,03	7.259.062	2.615.440



**Figura 52** - Mapa com inferência de profundidade para cubagem do corpo de minério (a cor é apenas ilustrativa (Fonte: autor).

No cálculo da estimativa do itabirito dos setores norte e oeste foi utilizada a mesma densidade adotada para o setor sul, 2,40g/cm<sup>3</sup>.

#### 5.4.2.2. Setor Norte

No itabirito do setor norte, a espessura real da camada possui volume mais baixo, pois a elevação medida pelo GPS no alto do setor sul foi de 1.360 m de altitude e no setor norte foi 1.346 m. Na camada mais superficial foi desconsiderado o volume da canga. O teor médio calculado foi de 51,48% (Tabela 09).

**Tabela 09** - Valor total de massa total de minério de ferro e massa de ferro contida no itabirito do setor norte.

Espessura	Volume (m <sup>3</sup> )	Teor médio (%)	Massa total (t)	Minério de ferro contido (t)
15 m	1.027.656	51,48	2.466.375	1.269.690
30 m	1.504.421	51,48	3.610.610	1.858.742
45 m	1.981.621	51,48	4.755.890	2.448.332
60 m	2.458.614	51,48	5.900.673	3.037.667

#### 5.4.2.3. Setor Oeste

No itabirito do setor oeste, as espessuras apresentam volumes próximos. Na região mais profunda foi subtraído o volume da metagrauvaca, enquanto nas regiões mais rasas foram desconsiderados os volumes da canga e do filito. Neste setor, o teor médio encontrado foi o mesmo que no setor norte, 51,48% (Tabela 10).

**Tabela 10** - Valor total de massa total de minério de ferro e massa de ferro contida no itabirito do setor oeste.

Espessura	Volume (m <sup>3</sup> )	Teor médio (%)	Massa total (t)	Minério de ferro contido (t)
15 m	1.608.875	51,48	3.861.300	1.987.797
30 m	3.374.750	51,48	8.099.400	4.169.571
45 m	5.140.625	51,48	12.337.500	6.351.345
60 m	6.906.500	51,48	16.575.600	8.533.118

#### 5.4.3. Estimativa de Recurso Total por Profundidade

As cangas apresentam maior teor e à medida que se adiciona itabirito (diferentes espessuras) no cálculo total, o teor médio diminui (Tabela 11). O itabirito que mais contribui para esta queda de teor médio é do setor sul. O itabirito deste setor apresenta o menor teor médio.

O total de minério contido foi calculado pelo somatório de todos os setores (norte + sul + oeste), considerando uma mesma profundidade. O teor médio foi calculado a partir dos teores obtidos em cada setor, ponderado proporcionalmente pelo volume. Os recursos foram classificados da seguinte forma:

- canga - recurso mineral medido
- itabirito - recurso mineral inferido

**Tabela 11** - Análises de profundidade, volume total, densidade do minério, teor de ferro contido, massa total de ferro e teor médio de ferro contido.

<b>Profundidade</b>	<b>Volume total (t)</b>	<b>Densidade média (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Total de minério de ferro contido (t)</b>	<b>Massa total (t)</b>	<b>Teor médio (%)</b>
Apenas cangas (5,50 m)	380.396	2,92	587.299	1.111.888	52,82
Canga + 15 m	3.754.283	2,45	4.480.447	9.226.621	48,56
Canga + 30 m	6.758.368	2,43	7.908.778	16.438.948	48,11
Canga + 45 m	9.762.888	2,42	11.339.287	23.648.148	47,95
Canga + 60 m	12.770.119	2,42	14.763.449	30.847.157	47,86

## **6. CONCLUSÃO**

## 6.1 Conclusão

O mapa aeromagnético foi uma ferramenta de grande relevância na identificação dos corpos de minério e corroborou com os dados de campo e geoquímicos.

O mapeamento geológico e estrutural da Jazida do Tesouro permitiu dividir a área de estudo em três setores ferríferos denominados de norte, oeste e sul.

Os litotipos presentes na área de estudo foram associados aos litotipos do Grupo Sabará, pertencente ao Supergrupo Estrada Real.

Os dados geoquímicos permitiram classificar as cangas em canga ferrífera, canga manganífera e canga aluminosa. As cangas ferruginosas possuem um teor médio de ferro de 59,78 % e 55,04%, nas frações + 6,3 mm e - 6,3 mm, respectivamente. O itabirito apresenta uma média ponderada de 51,18 % de ferro.

Nos setores norte e oeste, o teor de ferro varia de 56,57% a 62,63%. No setor sul, a quantidade menor de análises químicas interferiu na aferição do teor, quando realizada a interpolação no *Software Datamine*, gerando um modelo anômalo, com teor de ferro entre 46,47% e 51,52%.

A estimativa total de recurso mineral medido para a massa total de minério de canga foi de 1.111.853,100 t, para um volume total de 380.396 m<sup>3</sup> em uma área total de 69.163 m<sup>2</sup>. A massa total média é de 52,96% de ferro para uma profundidade inferida de 5,50 m.

A estimativa total de recurso mineral inferido da formação ferrífera da Jazida do Tesouro em massa total para 15 m de espessura foi de 8.114.733 t de minério; para 30 m foi de 15.327.060 t, para 45 m foi de 22.536.260 t e para 60 m foi de 29.734.269 t.

Os resultados do trabalho indicam a existência de uma jazida mineral de ferro na área de estudo, considerando a quantidade, qualidade e logística do recurso mineral avaliado.

Em trabalhos futuros a serem desenvolvidos na Jazida do Tesouro, recomenda-se a investigação do subsolo, através de sondagem geofísica e rotativa, para a definição exata do corpo de minério do itabirito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKMIM, F. F. & MARSHAK, S. 1998. **Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero.** Precambrian Research, n.90, p.29-58.

ALMEIDA, L. G., ENDO I., FONSECA M. A. 2002. **Sistema de nappes na porção meridional do Quadrilátero Ferrífero, MG.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 41, João Pessoa, Anais, p.615.

ALMEIDA, L. G., OLIVEIRA D. J., ENDO I. 2001. **O arcabouço estratigráfico-estrutural da região de Dom Bosco/Bela Vista, Quadrilátero Ferrífero, como manifestação da orogênese minas com polaridade tectônica para sudoeste.** In: 11 Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte, SBG/ Núcleo Minas Gerais, Belo Horizonte. Anais, arquivo eletrônico.

ALMEIDA, L.G. 2004. **Estratigrafia e Geologia Estrutural da porção central do Sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero – Minas Gerais.** MS Dissertation, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 126p.

C, Claudionor. **Guia Prático para Classificação de Recursos e Reservas Minerais,** 2019;

CARNEIRO, M. A., NOCE, C. M., TEIXEIRA, W., 1995. **Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero sob o ponto de vista da Geocronologia.** Revista da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto (Brazil) 48, 264-274.

ENDO, I, CASTRO, T. P.2005. **Grupo Sabará no Sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero: Uma Revisão Estratigráfica.** Revista Brasileira de Geociências da Escola de Minas, Volume 35, 2005. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto (Brazil) 177-186p.

ENDO, I. 1997. **Regimes Tectônicos do Arqueano e Proterozóico no Interior da Placa Sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e Áreas Adjacentes, Minas Gerais.** PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 243p.

ENDO, Issamu et al. **Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos.** 1. ed. Belo Horizonte: 3i, 2020. 480 p. v. 1. Disponível em: <https://www.em.ufop.br/files/LivrosQFE2050/QuadrilateroFerrifero-web5.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

GROSSI SAD, J.H. e VALENTE, J. **“Reservas e Recursos Minerais – Uma Revisão”**, ed. IBRAM, Belo Horizonte (MG), Brasil, 1996;

REIS, A. L., NETO, M. A. M., ENDO, I. **Bacia de Antepais Paleoproterozóica Sabará, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.** Revista Brasileira de Geociências da

Escola de Minas, Volume 32, 2002. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto (Brazil) 27-42P.