



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANÁLISE QUALITATIVA DE GRÃOS DE OURO DO DEPÓSITO DE
OURO DE CASTELO DE SONHOS, PROVÍNCIA AURÍFERA DO
TAPAJÓS, CRÁTON AMAZÔNICO, SUDOESTE DO PARÁ

Vinícius Duarte Xavier Medeiros

MONOGRAFIA nº 400

Ouro Preto, Julho de 2021

**ANÁLISE QUALITATIVA DE GRÃOS DE OURO DO
DEPÓSITO DE OURO DE CASTELO DE SONHOS,
PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS, CRÁTON
AMAZÔNICO, SUDOESTE DO PARÁ**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. Hernani de Lima Mota

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. Msc. Edison Tazava

MONOGRAFIA

Nº 400

ANÁLISE QUALITATIVA DE GRÃOS DE OURO DO DEPÓSITO DE OURO DE CASTELO DE SONHOS, PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS, CRÁTON AMAZÔNICO, SUDOESTE DO PARÁ

Vinícius Duarte Xavier Medeiros

Orientador

Prof. Dr. Cristiano de Carvalho Lana

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2020/2.

OURO PRETO

2021

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

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral: Vinícius Duarte Xavier Medeiros

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M488a Medeiros, Vinicius Duarte Xavier.

Análise qualitativa de grãos de ouro do depósito de ouro de Castelo de Sonhos, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico, sudoeste do Pará. [manuscrito] / Vinicius Duarte Xavier Medeiros. - 2021.

46 f.: il.: color., tab., mapa. + Quadro.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano de Carvalho Lana.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Geologia econômica. 2. Ouro. 3. Sedimentação e depósitos - Paleoplacer modificado. 4. Crátons. I. Lana, Cristiano de Carvalho. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 553.411:551.3.051

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Análise qualitativa de grãos de ouro do depósito de ouro de Castelo de Sonhos, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico, sudoeste do Pará

AUTOR: VINÍCIUS DUARTE XAVIER MEDEIROS

ORIENTADOR: Cristiano de Carvalho Lana

Aprovado em: 02 de julho de 2021

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cristiano de Carvalho Lana _____ DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Leonardo Martins Graça _____ DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Ricardo Augusto Scholz Cipriano _____ DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 02/07/2021



Prof. Dr. Cristiano de Carvalho Lana

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais e à meu irmão pelos exemplos que são e pelo incentivo à minha educação. À minha avó, tias e tios, em especial Ivone, Isabel, Ieda, Danir, Chico e Nozão por todo apoio.

Aos "Bacharéis Hedonistas", Raíssa, Nessa, Mine, Angélica, Kelly e demais primos e primas que fizeram parte dessa empreitada.

Ao DEGEO, professores e técnicos pelos conhecimentos compartilhados.

Ao DCE Das Gerais, Coletivo OcupaDegeo, SICEG, UFOP SEG SC e tantas outras entidades estudantis importantes para geologia e construção da universidade.

Ao Prof. Cristiano e demais colaboradores pela orientação na condução deste trabalho.

À TriStar Gold e seu time de exploração pela oportunidade de estágio e ensinamentos.

Ao 13.2 e toda geologia pela amizade, ferrações, campos e rocks, em especial Tchovis, Zoom, Debinha, Criado, Normal, Prymatha, Max, Indiana, Record, Tati, Lari, Deilson, Mãe-Vê, Caju, Meros, Cachu, Tite, Wilker, Nanda, Jady, Frentista, Smigol, Dell, Tabela, André, Rafa, Marcelinha, Paulinha e Lunardi. Aos amigos de BH, Carla e Adriano.

Aos compas Matuto, Zeita, Simeia, Dani, Tabambu e Lucão pela defesa fervorosa da democracia e do ensino público. À Mari, Elba, Mantega, 100%, James, Pescoço, Pôpo, Fidu, Banana, Tati, July, Detox, Mia, Portinha, Branca, Verme, Bottu, Prassa e Bokup pela irmandade.

Às Rep. do Bafômetro, Joselitas, Tchu³, MP, RX, Feijão, Cafofo e Sedução. E à Skulaxu, moradores e ex-alunos por tornarem-se minha família. Gratidão, Ouro Preto.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	ix
SUMÁRIO	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE QUADROS	xv
ÍNDICE DE TABELAS	xvii
RESUMO	xix
ABSTRACT	xxi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.2 LOCALIZAÇÃO E ÁREAS DE ACESSO	1
1.3 OBJETIVOS	2
1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO	2
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	3
1.5.1 Revisão bibliográfica	3
1.5.2 Levantamento do banco de dados	3
1.5.3 Análise qualitativa	4
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	5
2.1 O CRÁTON AMAZÔNICO	5
2.2 PROVÍNCIA AMAZÔNICA CENTRAL – DOMÍNIO IRIRI-XINGU	7
2.2.1 Grupo Iriri	7
2.2.2 Formação Sobreiro.....	7
2.2.3 Granitos tipo I indiferenciados	7
2.2.4 Suíte Intrusiva Velho Guilherme	7
2.2.5 Granitos tipo A indiferenciados.....	8
2.2.6 Sienito Guabiraba	8
2.2.7 Formação Triunfo	8
2.2.8 Formação Cubencranquém.....	8
2.3 PROVÍNCIA TAPAJÓS-PARIMA – DOMÍNIO TAPAJÓS	8
2.3.1 Formação Castelo dos Sonhos	9
2.3.2 Complexo Cuiú-Cuiú	10
2.3.3 Suíte Intrusiva Creporizão.....	10
2.3.4 Suíte Intrusiva Parauari	11

2.3.5 Suíte Intrusiva Maloquinha	11
3 GEOLOGIA LOCAL	13
3.1 INTRODUÇÃO	13
3.1.1 Estratigrafia.....	14
3.1.2 Sedimentação e ambiente deposicional	17
3.1.3 Hidrotermalização	18
4 O OURO PALEOPLACER MODIFICADO	19
5 LEVANTAMENTO DO BANCO DE DADOS	21
5.1 INTRODUÇÃO	21
5.1.1 Amostra #58708	22
5.1.2 Amostra #68113	22
5.1.3 Amostra #76158	22
5.1.4 Amostra #58423	23
5.1.5 Amostra #67172	23
5.1.6 Amostra #78036	24
5.1.7 Amostra #78039	24
5.1.8 Amostra #79577	25
6 ANÁLISE QUALITATIVA.....	27
7 DISCUSSÕES	29
8 CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da área do trabalho.....	2
Figura 2.1 - Províncias tectônicas e seus domínios no norte do Brasil	5
Figura 2.2 - Mapa geológico simplificado da Província Aurífera do Tapajós	6
Figura 2.3 - Seção crustal esquemática da evolução geotectônica de Castelo dos Sonhos.....	10
Figura 3.1 - Mapa litológico da área de estudo	13
Figura 3.2 - Seção estratigráfica esquemática da Formação Castelo dos Sonhos.....	14
Figura 3.3 - Metarenito com estratificação cruzada acanalada.....	15
Figura 3.4 - Metaconglomerado suportado por clastos.....	15
Figura 3.5 - Estratigrafia esquemática da área de estudo.....	16
Figura 3.6 - Modelo sedimentológico da área de estudo.....	18
Figura 5.1 - Classes de arredondamento e esfericidade de grãos de ouro.....	21
Figura 5.2 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #58708.....	22
Figura 5.3 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #68113	22
Figura 5.4 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #76158	23
Figura 5.5 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #58423	23
Figura 5.6 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #76172	24
Figura 5.7 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #78036	24
Figura 5.8 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #78039.....	25
Figura 5.9 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #79577.....	25
Figura 7.1 - Modelo esquemático da mineralização de ouro na área de estudo.....	31

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 6.1 - Classificações texturais de grãos de ouro.....	27
--	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 – Comparativo entre o depósito de ouro de Castelo de Sonhos e outros depósitos auríferos de mesma natureza.....	19
---	----

Resumo

O depósito de ouro de Castelo de Sonhos é classificado como um depósito do tipo paleoplacer modificado, e ocorre em metaconglomerados e metarenitos da Formação Castelo dos Sonhos, no contexto do Cráton Amazônico, Província Aurífera do Tapajós, sudoeste do Estado do Pará. Os metaconglomerados são as principais rochas hospedeiras do ouro. Por ser um depósito do tipo paleoplacer modificado, a mineralização é ao mesmo tempo singenética e epigenética, o que significa que há envolvimento de fluidos hidrotermais que modificam, remobilizam e reprecipitam localmente minerais presentes nas rochas hospedeiras. Pretende-se, com o presente trabalho, apresentar oito análises morfológicas e texturais de grãos de ouro obtidos de concentrados de minerais pesados de amostras de pó de rocha de furos de sondagem rotoperussiva em circulação reversa, a partir de imagens de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Das caracterizações desses grãos de ouro como primitivos, modificados e remodelados, foi possível inferir o grau de transporte, distância da área-fonte, condições de deposição e influência ou não de fluidos hidrotermais tardios, corroborando com o modelo genético proposto para o depósito de ouro de Castelo de Sonhos, que implica uma origem sedimentar, originalmente, no qual o ouro está mecanicamente concentrado no depósito devido à sua alta densidade, e cujas texturas de superfície mostram grãos discoidais, arredondados, típicas de placer, além de uma influência de fluidos hidrotermais quentes que remobilizam e reprecipitam, localmente, o ouro na rocha porosa metassedimentar hospedeira, e que passa a apresentar texturas de superfície porosas, esponjosas, típicas de dissolução por fluidos dessa natureza.

Palavras chave: ouro, paleoplacer modificado, Castelo de Sonhos, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico.

Abstract

The gold deposit of Castelo de Sonhos is classified as a modified paleoplacer type deposit, and occurs in metaconglomerates and metarenites from the Castelo dos Sonhos Formation, in the context of the Amazonian Craton, Tapajós Gold Province, southwest of the State of Pará. The metaconglomerates are the main gold host rocks. Because of it is a modified paleoplacer deposit, the mineralization is both syngenetic and epigenetic, meaning that there is involvement of hydrothermal fluids that modify, remobilize and reprecipitate minerals present in the host rocks. It is intended, with the present work, to present morphological and textural analyzes of gold grains obtained from heavy mineral concentrates from rock dust samples from reverse circulation drilling, using Scanning Electron Microscopy (SEM) of the gold grains. From the characterizations of the gold as primary, modified and remodeled, it becomes possible to infer the degree of transport, distance from the source area, conditions of the deposition and the influence or not of late hydrothermal fluids, corroborating the genetic model proposed for the Castelo de Sonhos gold deposit, which implies a sedimentary origin, in which the gold is mechanically concentrated in the deposit due to its high density, and composes surface textures visualization of rounded, discoidal grains, typical of placer, in addition to an influence of hot hydrothermal fluids that locally remobilize and reprecipitate the gold in the host metasedimentary porous rock, which starts to present porous, spongy surface textures, typical of dissolution by fluids of this nature.

Key words: gold, modified paleoplacer, Castelo dos Sonhos Formation, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton.

1.1 APRESENTAÇÃO

A área de estudo do presente trabalho está inserida no ambiente geotectônico do Cráton Amazônico, no limite, ainda não muito bem definido, entre as Províncias Amazônia Central e Tapajós-Parima, no grande domínio da Província Aurífera do Tapajós, no sudoeste do Estado do Pará.

O depósito de ouro de Castelo de Sonhos ocorre no contexto da Formação Castelo dos Sonhos, de idade paleoproterozoica (Klein *et al.* 2017), em metaconglomerados e metarenitos, sendo os metaconglomerados as principais rochas hospedeiras da mineralização (Yokoi *et al.* 2001).

É classificado como um depósito do tipo paleoplacer modificado, cuja mineralização é, ao mesmo tempo, singenética e epigenética (Santos *et al.* 2001; Mello 2014; Appleyard *et al.* 2016; Srivastava *et al.* 2016; Vargas & Campbell-Hicks 2017), ou seja, há envolvimento de fluidos hidrotermais que remobilizam e reprecipitam o ouro primário e, portanto, esse sofre modificações morfológicas e texturais importantes durante os processos de sedimentação.

Serão apresentadas neste trabalho oito análises morfológicas e texturais de grãos de ouro feitas a partir de concentrados de bateia para minerais pesados advindos de amostras de pó de rocha de furos de sondagem rotoperussiva em circulação reversa. Esses concentrados foram separados em frações menores de minerais pesados utilizando-se bromofórmio líquido, além de um separador isodinâmico do tipo Frantz. Os grãos de ouro obtidos manualmente foram imageados por meio de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e, então, suas morfologias, texturas e dimensões foram caracterizadas no sentido de aprofundar o entendimento do depósito em questão.

1.2 LOCALIZAÇÃO E ÁREAS DE ACESSO

O acesso terrestre à área de estudo deste trabalho é realizado pela rodovia BR-163 até a vila de Castelo de Sonhos, distrito de Altamira, localizada no sudoeste do Estado do Pará, nas margens dessa rodovia e por, aproximadamente, 30 km em estrada de terra no sentido leste até o topo do platô Castelo de Sonhos. A vila Castelo de Sonhos dista 150 km da cidade de Novo Progresso a norte e 210 km da cidade de Garantã do Norte, no Estado do Mato Grosso (Figura 1.1).

Outro acesso se dá por voos fretados de Sinop ou Alta Floresta, ambas no Estado do Mato Grosso, até a pista localizada no platô onde se situa o acampamento avançado do Projeto Castelo de Sonhos, projeto de pesquisa e exploração mineral da empresa *TriStar Gold*.



Figura 1.1 – Localização da área do trabalho (adaptado de Mello 2014).

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é trazer uma abordagem sob a ótica das morfologias e texturas de grãos de ouro, um importante bem mineral, com vistas a aprofundar o entendimento do depósito de ouro de Castelo de Sonhos.

Como objetivo específico, tem-se o levantamento e compilação de oito amostras com grãos de ouro que foram tratadas junto ao Laboratório de Preparação de Amostras (LOPAG) do Departamento de Geologia da UFOP, e analisadas pelo proponente deste trabalho, no sentido de auxiliar na interpretação dos modos de transporte, modelos de deposição e distância das prováveis áreas-fonte. As análises, em específico, referem-se às dimensões, morfologias (classes de arredondamento e esfericidade) e texturas (classes primitivas, modificadas e remodeladas), e que guardam relação direta com o tipo de depósito em questão.

1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO

O proponente deste trabalho foi estagiário na área de geologia de exploração na empresa *TriStar Gold*, responsável pelas atividades na área de estudo, e parte do programa de estágio foi direcionado à separação e bateamento das amostras em campo, envio e acompanhamento do tratamento no LOPAG, além de toda análise qualitativa, sob os aspectos morfológicos e texturais, que será apresentada. Dada a grandeza do empreendimento e relevância desse bem mineral, que futuramente pode tornar-se uma reserva a ser explorada, espera-se que todos esses estudos e análises aprofundadas de grãos de ouro sirvam para melhor e maior caracterização dos alvos de exploração do Projeto Castelo de Sonhos.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado seguindo os itens a seguir:

1.5.1 Revisão bibliográfica

Os métodos constituíram-se, primeiramente, de uma revisão bibliográfica do material de leitura disponível sobre os diversos assuntos relacionados ao Projeto Castelo de Sonhos, como geologia regional e local.

1.5.2 Levantamento do banco de dados

Utilizou-se o banco de dados disponibilizado pela empresa *TriStar Gold*, responsável pela condução das atividades de pesquisa e exploração mineral no Projeto Castelo de Sonhos. Essa base de dados refere-se à oito análises de grãos de ouro feitas em parceria com o Laboratório de Preparação de Amostras (LOPAG) do Departamento de Geologia da UFOP, sob supervisão do Professor Dr. Cristiano de Carvalho Lana, orientador deste trabalho.

As oito amostras analisadas e que serão apresentadas neste trabalho para atingir os objetivos propostos, referem-se a concentrados de bateia para minerais pesados obtidos a partir de amostras de pó de rocha de furos de sondagem rotoperfussiva em circulação reversa (sondagem RC). Cada amostra corresponde a um furo específico, cujos produtos foram bateados e os concentrados respectivos foram colocados em sacos plásticos hermeticamente fechados, numerados, e enviados ao LOPAG para tratamento e análise.

Inicialmente, com o auxílio de um ímã de mão, separou-se cada concentrado em dois grupos de concentrados, um fortemente magnético e o outro levemente magnético. Este, então, foi misturado com bromofórmio líquido em um funil de separação cilíndrico, e frações de minerais pesados desse concentrado levemente magnético foram obtidas.

Novamente, a amostra concentrada foi separada em outras duas frações, uma de minerais pesados e outra de minerais leves. A fração de minerais pesados separada com bromofórmio líquido foi lavada com álcool etílico absoluto e submetida a um processo de secagem por um dia em um dessecador de gel de sílica e, em seguida, em estufa de secagem (2 horas a uma temperatura de 50-60°C).

A fração de minerais pesados foi ainda concentrada utilizando-se um separador magnético isodinâmico do tipo Frantz, que separa os minerais de acordo com suas susceptibilidades magnéticas em paramagnéticos e diamagnéticos. Os grãos de ouro dos concentrados de minerais pesados finais foram obtidos manualmente com o auxílio de um estereomicroscópio binocular.

A caracterização adicional foi realizada por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) JSM-6510 JEOL, no Laboratório de Microscopia e Microanálises do Departamento de Geologia da UFOP, com o intuito de determinar as morfologias (arredondamento e esfericidade), segundo Barrios *et al.* (2015), e dimensões dos grãos de ouro.

1.5.3 Análise qualitativa

Posteriormente ao levantamento dos dados e descrição das morfologias e dimensões no geral, será realizada uma análise qualitativa das imagens dos grãos de ouro obtidos, objetivando caracterizar as texturas de superfície que auxiliarão na interpretação dos modos de transporte, distância das áreas-fonte e influência ou não de hidrotermalismo, dentro do contexto geológico dos depósitos de ouro do tipo paleoplacer modificado, bem como na definição das possíveis classes de grãos de ouro propostas por DiLabio (1990) e McClenaghan (2005), sendo elas primitivas, remodeladas e modificadas.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 O CRÁTON AMAZÔNICO

O Cráton Amazônico localiza-se na porção norte da América do Sul e é circundado por cinturões orogênicos marginais neoproterozoicos e composto por diversas províncias crustais acrescidas durante o paleoproterozoico e o mesoproterozoicas (Santos 2003, Tassinari & Macambira 2004). O conhecimento sobre a evolução dessa grande placa litosférica continental tem sido aprofundado ao longo desses últimos anos e, segundo Santos (2003), ela pode ser dividida nas seguintes províncias geotectônicas/geocronológicas: Carajás (3000 – 2500 Ma), Transamazonas (2260 – 1990 Ma), Tapajós – Parima (2030 – 1860 Ma), Amazônia Central (1900 – 1860 Ma), Rondônia – Juruena (1850 – 1540 Ma), Rio Negro (1820 – 1520 Ma) e Sunsás (1450 – 1000 Ma) (Figura 2.1).

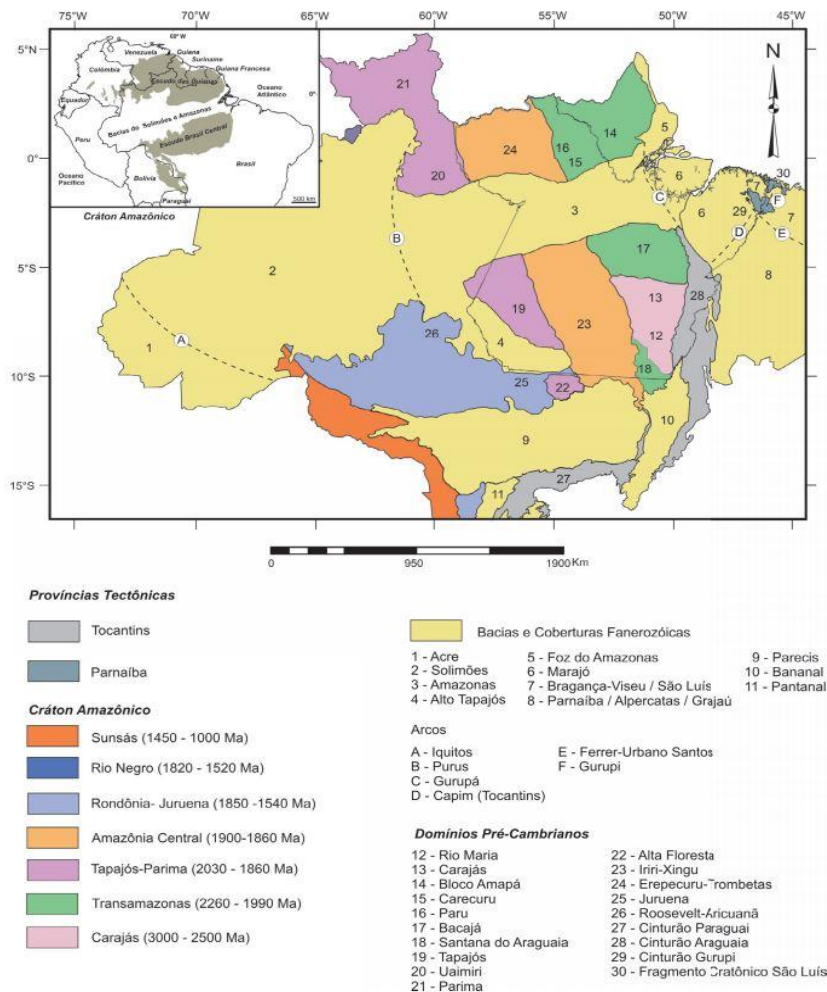


Figura 2.1 – Províncias tectônicas e seus domínios no norte do Brasil (Vasquez *et al.* 2008a).

A Província Aurífera do Tapajós, considerada um dos principais distritos auríferos do Brasil e do mundo, compreende, numa área de aproximadamente 140.000 km² na porção centro-sul do Cráton Amazônico (Almeida *et al.* 1981), parte das Províncias Amazônica Central e Tapajós-Parima, em seus domínios, respectivamente, Iriri-Xingu e Tapajós (Figura 2.2), definidas a seguir:

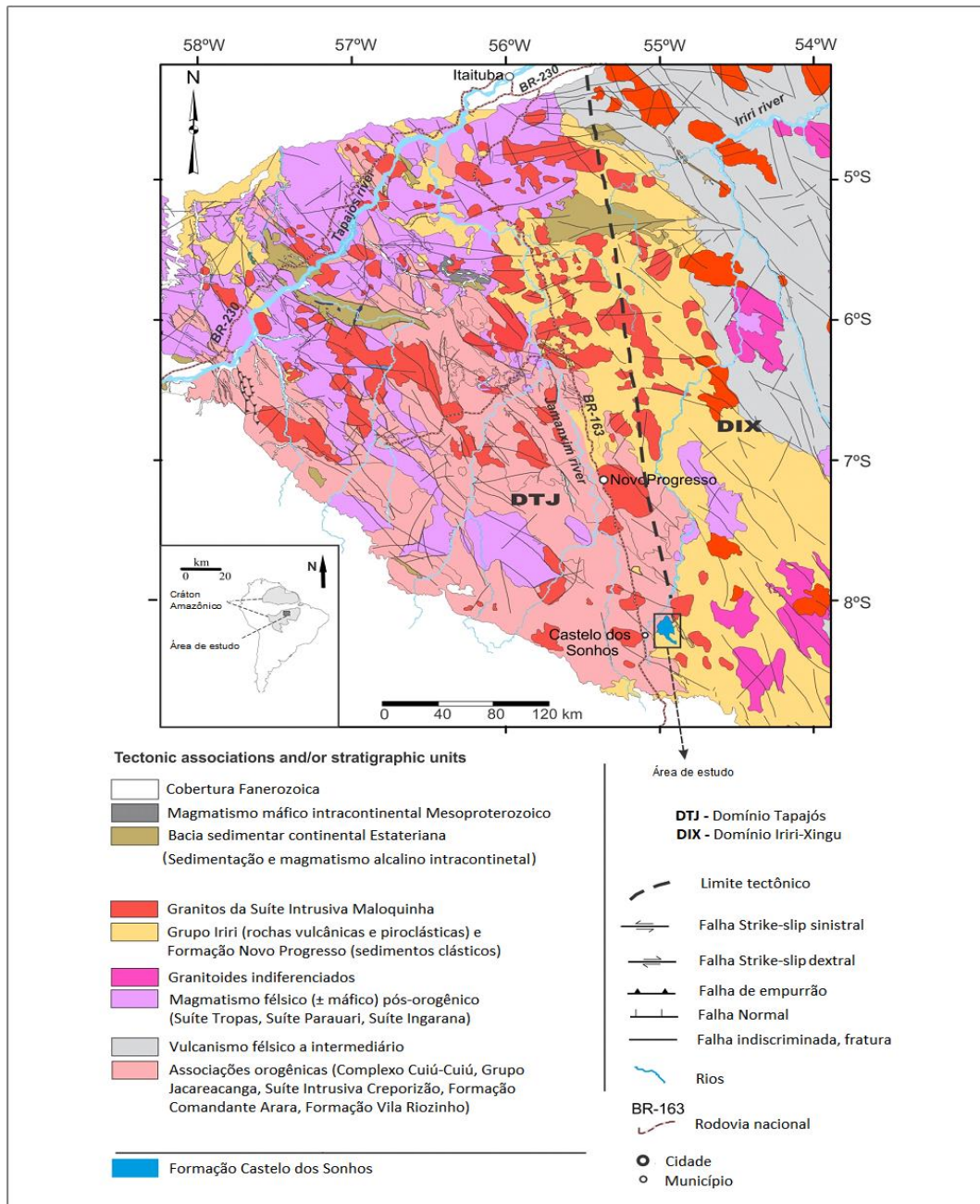


Figura 2.2 - Mapa geológico simplificado da Província Aurífera do Tapajós (adaptado de Vasquez *et al.* 2008a, Klein *et al.* 2017).

2.2 PROVÍNCIA AMAZÔNICA CENTRAL – DOMÍNIO IRIRI-XINGU

Segundo Vasquez *et al.* (2008a), tal domínio ocorre em uma porção do Cráton Amazônico relativamente pouco conhecida, onde predominam associações vulcano-plutônicas orosirianas interpretadas como cratônicas, além de coberturas sedimentares típicas de rifte continental. Tem sua evolução associada à extensão e ao adelgaçamento crustal que ocorreram após a conjugação de massas continentais durante o riaciano e o orosiriano, que resultou na formação de supercontinentes no final do paleoproterozoico (Brito Neves *et al.* 1995). Subdividem-se nas seguintes unidades litodêmicas:

2.2.1 Grupo Iriri

As rochas vulcânicas e vulcanoclásticas intracontinentais, predominantemente félsicas, que ocorrem amplamente no Domínio Iriri-Xingu, foram originalmente reunidas na Formação Iriri (Forman *et al.* 1972). Pessoa *et al.* (1977) elevaram esta unidade à categoria de grupo, subdividindo-o em Formação Salustiano, na qual predominam derrames félsicos, e Formação Aruri, constituída, principalmente, por rochas vulcanoclásticas e epiclásticas. Trabalhos mais recentes de Klein *et al.* (2012) e Barreto *et al.* (2013) sugerem que o Grupo Iriri e seus equivalentes na porção norte do Cráton Amazônico, dentro do Supergrupo Uatumã, compreendam parte de uma grande província ígnea silicática (SLIP – Silicic Large Igneous Province).

2.2.2 Formação Sobreiro

Essa unidade foi definida por Silva *et al.* (1974) para rochas andesíticas aflorantes nos rios Xingu e Fresco, porção oriental do Domínio Iriri-Xingu, as quais juntamente com as rochas do Grupo Iriri têm sido associadas ao magmatismo Uatumã (Silva *et al.* 1974; Macambira *et al.* 1977). As rochas dessa Formação compreendem andesitos basálticos, andesitos, traquiandesitos, traquitos e dacitos de filiação calcioalcalina a shoshonítica (Macambira *et al.* 1997; Fernandes 2005).

2.2.3 Granitos tipo I indiferenciados

Vasquez *et al.* (2008a) consideram esta unidade de granitos como semelhantes a granitoides calcioalcalinos de arco magmático.

2.2.4 Suíte Intrusiva Velho Guilherme

São granitos intrusivos em rochas do Complexo Xingu, Grupo São Félix e Tucumã, Formação Sobreiro, Grupo Iriri, Granitos tipo I indiferenciados e Formação Triunfo (Macambira *et al.* 1997).

Apresentam assinatura química típica de granitos tipo A de ambiente continental intraplaca (Teixeira 1999; Teixeira *et al.* 2005).

2.2.5 Granitos tipo A indiferenciados

Na porção centro-sul do Pará, Silva *et al.* (1974) identificaram corpos graníticos semelhantes a outros granitos tipo A da região e potencialmente mineralizados a cassiterita, e os correlacionaram ao Granito Velho Guilherme. Vasquez & Rosa-Costa (2008), em função da deficiência de estudos que permitam correlacioná-los a determinada unidade litoestratigráfica, optaram pela designação informal de Granitos tipo A indiferenciados.

2.2.6 Sienito Guabiraba

No alto rio Xingu, no sul do Pará, ocorre um pequeno corpo sienítico, intrusivo em rochas do Grupo Iriri, definido por Pastana *et al.* (1980) como Sienito Guabiraba. São rochas de afinidade alcalina saturadas em sílica devendo, portanto, estar relacionadas ao magmatismo tipo A orosiriano do Domínio Iriri-Xingu.

2.2.7 Formação Triunfo

Unidade relacionada a pacotes de rochas sedimentares de ambientes de rifte continental, definida por Silva *et al.* (1974).

2.2.8 Formação Cubencranquém

Definida por Barbosa *et al.* (1966) na Serra Cubencranquém, sudeste do Domínio Iriri-Xingu, a formação homônima compõe-se de arcóseos, cherts e siltitos, com contribuição vulcânica félsica segundo Pastana *et al.* (1980), e contribuição vulcânica e piroclástica segundo Cunha *et al.* (1981).

2.3 PROVÍNCIA TAPAJÓS-PARIMA – DOMÍNIO TAPAJÓS

Segundo Vasquez *et al.* (2008a) e Santos *et al.* (2004), tal província é tida como composta por rochas de derivação mantélica e tem sua evolução relacionada ao desenvolvimento de um único arco magmático ou de sucessivos arcos magmáticos acrescentados à borda de um continente. Será abordada a proposta litoestratigráfica de Vasquez *et al.* (2015), na qual considera a Formação Castelo dos Sonhos como pertencente ao Domínio Tapajós, e não ao Domínio Iriri-Xingu, anteriormente definido pelos autores Vasquez *et al.* (2008a).

2.3.1 Formação Castelo dos Sonhos

No sudoeste do Estado, no limite aproximado dos domínios Iriri-Xingu e Tapajós, ocorrem rochas sedimentares e metassedimentares psamíticas e psefíticas, que Yokoi *et al.* (2001) denominaram de Formação Castelo dos Sonhos. É constituída, principalmente, de metarenitos e de metaconglomerados fortemente silicificados, com pacotes intercalados entre eles que podem chegar a centenas de metros. Vasquez *et al.* (2008a, 2015) consideram que ela representa remanescente de uma bacia tipo rifte ou antepaís.

Klein *et al.* (2017) consideram que Castelo dos Sonhos representa um remanescente de um sistema foreland relacionado ao cinturão orogênico riaciano da porção oriental do Cráton Amazônico. A Figura (2.3) mostra uma seção crustal esquemática da evolução geotectônica dessa Formação e, na ordem apresentada, tem-se: (a) desenvolvimento de cinturões orogênicos riacianos; (b) evolução de um sistema foreland sobre crosta arqueana-paleoproterozoica relacionada aos cinturões riacianos; (c) fase orogênica na Província Aurífera do Tapajós; (d) rifteamento, com conseqüente divisão da bacia Castelo dos Sonhos para dentro da crosta Tapajós, e formação da Província Ígnea Silicática de Uatumã.

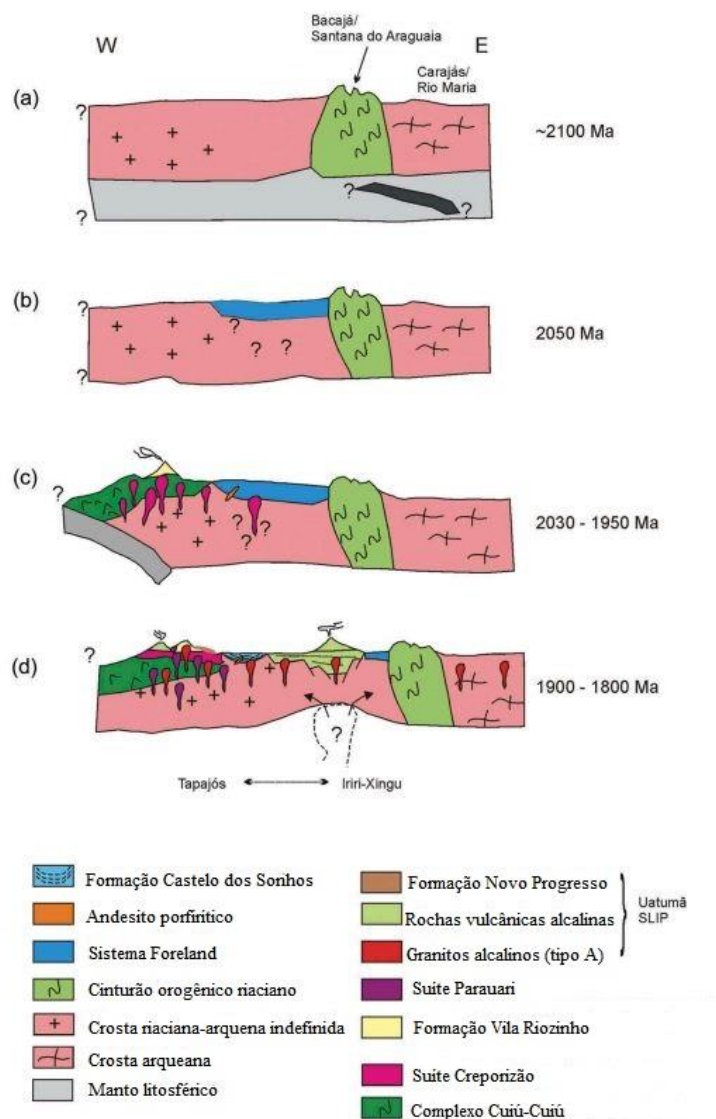


Figura 2.3 – Seção crustal esquemática da evolução geotectônica da Formação Castelo dos Sonhos (adaptado de Klein *et al.* 2017).

2.3.2 Complexo Cuiú-Cuiú

Segundo Vasquez *et al.* (2008a), esse Complexo representa o arco magmático Cuiú-Cuiú em seus estágios iniciais de evolução, e é caracterizado por um conjunto de rochas granito-gnáissicas com assinatura calcioalcalina típica de arco magmático relacionado a subducção de placa oceânica.

2.3.3 Suíte Intrusiva Creporizão

Unidade definida por Ricci *et al.* (1999) para agrupar granitoides milonitizados que ocorrem nas porções centro-leste e sudeste do Domínio Tapajós. Esta unidade é composta por sienogranitos e monzogranitos, geralmente milonitizados. Apresentam assinatura química calcioalcalina, relacionado a

arco magmático, provavelmente submetidos tardiamente a ambiente colisional (Vasquez *et al.* 2002). Santos *et al.* (2004), porém, interpretam a sua natureza calcioalcalina como relacionada a outro arco magmático, mais jovem do que do Complexo Cuiú-Cuiú.

2.3.4 Suíte Intrusiva Parauari

A primeira definição da unidade foi proposta por Santos *et al.* (1975) para corpos graníticos aflorantes nos rios Tapajós e Parauari que os chamaram de Granito Parauari. Pessoa *et al.* (1977) e Melo *et al.* (1980) mapearam outras ocorrências da unidade que foi elevada à hierarquia de Suíte Intrusiva Parauari por Brito (2000a).

Brito (2000a) e Vasquez *et al.* (2002) identificaram filiação calcioalcalina para os granitoides dessa suíte, sendo que estes últimos sugerem que esses granitoides estão relacionados ao estágio tardio da colisão do arco magmático Cuiú-Cuiú e que, apesar de estarem relacionados a ambiente extensional, preservaram a sua assinatura de arco magmático. Por outro lado, Santos *et al.* (2004) atribuem esta assinatura calcioalcalina a um arco magmático continental de 1.885 a 1877 Ma.

2.3.5 Suíte Intrusiva Maloquinha

Santos *et al.* (1975) propuseram a designação Granito Maloquinha para agrupar corpos circulares de granitos amplamente distribuídos no Domínio Tapajós, cuja área-tipo é a localidade de Maloquinha, no alto rio das Tropas.

Andrade *et al.* (1978) propuseram a denominação Suíte Intrusiva Maloquinha para identificar esses corpos graníticos que ocorrem como stocks e batólitos com formas circulares, elipsoidais a irregulares. São sienogranitos e feldspato-alcálico granitos com subordinados monzogranitos e raros quartzo sienitos e quartzo-monzonitos. Eles se caracterizam por uma afinidade alcalina, granitos do tipo A, típica de ambientes extensionais intracontinentais (Brito *et al.* 1997; Vasquez *et al.* 2002; Lamarão *et al.* 2002).

3.1 INTRODUÇÃO

A área de estudo deste trabalho está inserida no contexto da Formação Castelo dos Sonhos, inicialmente proposta por Vasquez *et al.* (2008a) como situada na Província Amazônica Central, no limite sudoeste dessa com a Província Tapajós-Parima. Estudos mais recentes (Vasquez *et al.* 2015) a situa dentro da Província Tapajós-Parima, Domínio Tapajós, tendo em vista rochas graníticas intrudidas nas rochas metassedimentares da Formação Castelo dos Sonhos que mostram idades compatíveis com as de algumas unidades do Domínio Tapajós.

Litologicamente, é constituída por rochas metassedimentares, sobretudo metarenitos e metaconglomerados. Subordinadamente, podem ocorrer intrusões graníticas e rochas vulcânicas a subvulcânicas félsicas e máficas que cortam todo o pacote sedimentar (Figura 3.1).

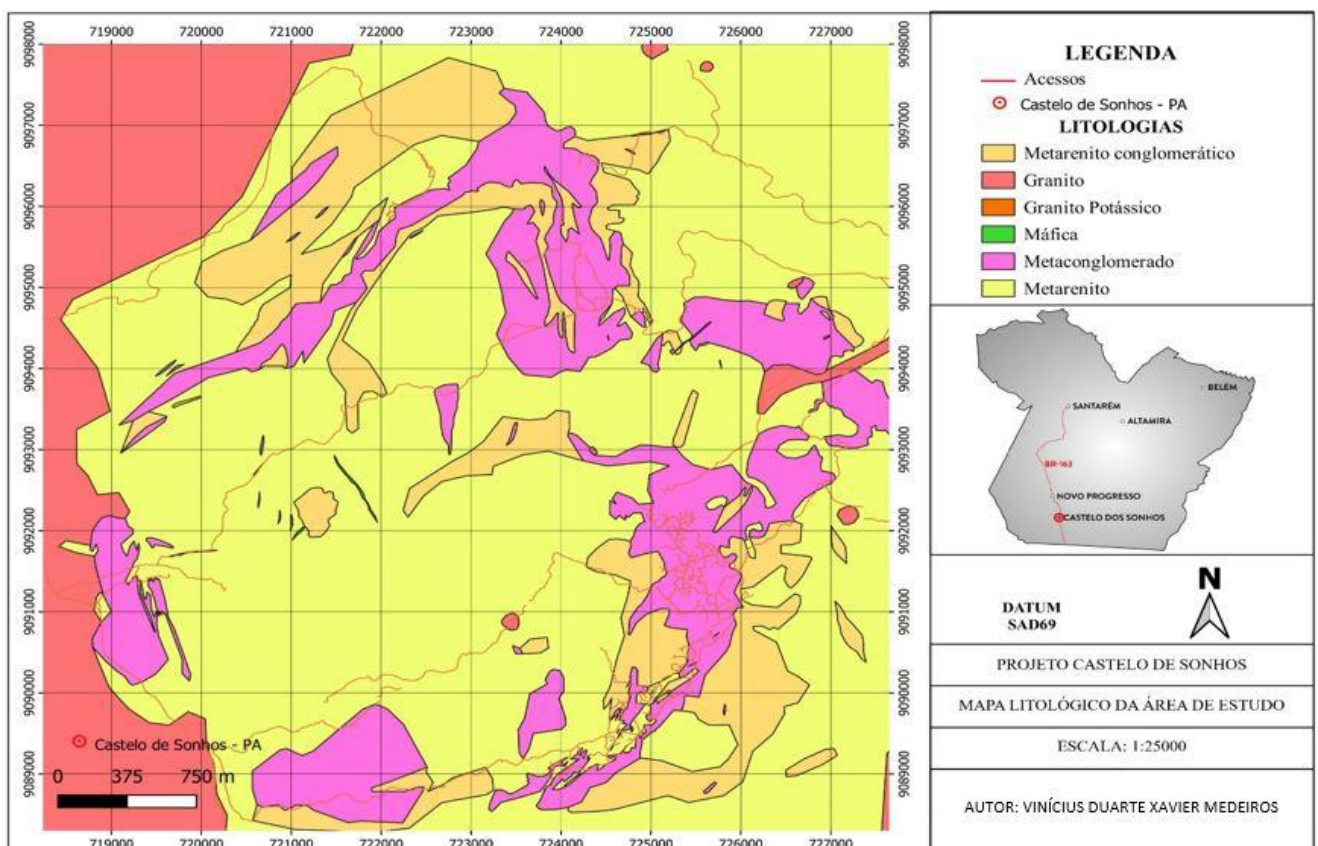


Figura 3.1 - Mapa litológico da área de estudo.

3.1.1 Estratigrafia

Proposta inicialmente por Alkmim (2011), a estratigrafia da Formação Castelo dos Sonhos (Figura 3.2) aflorante na área de estudo apresenta duas associações de litofácies: associações de litofácies mA e mC. Abaixo, encontram-se descritas, segundo os termos do supracitado autor:

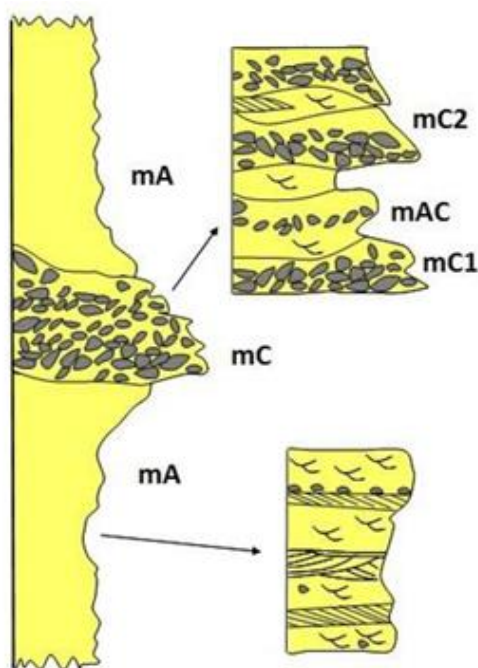


Figura 3.2 - Seção estratigráfica esquemática da Formação Castelo dos Sonhos (adaptado de Alkmim 2011).

- Associação de litofácies mA: composta basicamente por metarenitos (Figura 3.3) que apresentam granulação média a grossa, mal selecionados, constituídos essencialmente por quartzo, quartzito, mica branca e hematita. Raramente exibem estratificação cruzada acanalada ou tabular-planar de médio porte, além de marcas de onda. Os metarenitos ocorrem na forma de dois pacotes, um basal e outro de topo, entre os quais se intercalam os metaconglomerados. Os contatos entre os pacotes são aparentemente gradacionais e as espessuras dos metarenitos e metaconglomerados atingem dezenas a centenas de metros.



Figura 3.3 - Metarenito com estratificação cruzada acanalada.

• Associação de litofácies mC: composta essencialmente por metaconglomerados oligomíticos a polimíticos, mal selecionados, com ampla predominância de clastos de quartzo e subordinadamente clastos de quartzitos e de xistos. Esporadicamente ocorrem clastos de formações ferríferas bandadas (BIF's) e raramente clastos de rochas vulcânicas. Os clastos são arredondados a bem arredondados, apresentando, porém, baixa esfericidade. Em função de variações faciológicas, os metaconglomerados podem ser suportados por clastos (mC1) (Figura 3.4), suportados por matriz (mC2) ou microconglomeráticos (mC3), estes posteriormente definido por Karpeta (2016).



Figura 3.4 - Metaconglomerado suportado por clastos.

Karpeta (2016) definiu quatro unidades estratigráficas para o pacote sedimentar (Figura 3.5), sendo denominadas de unidades I, II, III e IV, descritas a seguir:

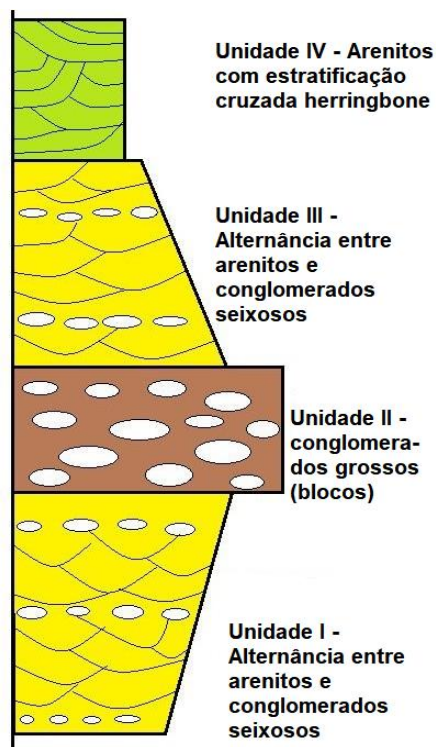


Figura 3.5 - Estratigrafia esquemática da área de estudo (adaptado de Karpeta 2016).

- Unidade I: pacote com espessura acima de 50m, que apresenta alternância de metarenitos com estratificação cruzada acanalada, moderadamente selecionados, sub-maturos e de granulação grossa, e metaconglomerados seixosos clasto a matriz-suportados, oligomíticos, moderadamente selecionados, com clastos de veios de quartzo em sua maioria, além de clastos de quartzito. Os metaconglomerados ocorrem como camadas pouco espessas.

- Unidade II: consiste em um pacote que pode chegar a 50m de espessura, com alternância de metaconglomerados clasto-suportados, oligomíticos, pobremente selecionados, com clastos de tamanho bloco, sub-arredondados a muito bem arredondados de quartzito, sobretudo, e metarenitos com granulação areia muito grossa a média e estratificação cruzada tabular.

- Unidade III: pacote com espessura acima de 100m, consiste em alternância de lentes de metaconglomerados seixosos muito grossos, matriz-suportados, oligomíticos, com clastos de quartzito, em especial, e metarenitos de granulação grossa com estratificação cruzada acanalada.

- Unidade IV: pacote com espessura acima de 100m, consiste em metarenitos com estratificação cruzada do tipo herringbone em direção ao topo e concentrações de minerais pesados nos foresets.

A composição dos clastos dos metaconglomerados indica área-fonte constituída principalmente por rochas metassedimentares clásticas e metassedimentares químicas (sequência metavulcanossedimentar), pois a grande maioria dos seixos e blocos é composta de quartzo e quartzitos e, subordinadamente, de formações ferríferas e/ou jaspilitos hematíticos, além de seixos de xistos. A idade mínima determinada para as rochas da Formação Castelo dos Sonhos é de 2,08 Ga (Santos 2003), sendo a mineralização de ouro singenética.

3.1.2 Sedimentação e ambiente deposicional

O depósito de ouro de Castelo de Sonhos é definido como um depósito do tipo paleoplacer modificado. Em função de sua constituição, o ambiente de formação dos metarenitos e metaconglomerados da Formação Castelo dos Sonhos pode ser interpretado como depósitos, respectivamente, distais e proximais de um complexo aluvial, dominado por um sistema fluvial entrelaçado (Miall 1996; Alkmim 2011). Ainda segundo Alkmim (2011), essa intercalação entre pacotes de metarenitos na base e no topo, com pacote de metaconglomerados no meio, pode refletir um avanço e um recuo do sistema aluvial, provavelmente desencadeado por um evento de soerguimento da área-fonte.

Karpeta (2016) definiu um ambiente de leques aluviais (Figura 3.6) como o sistema original de deposição dos metarenitos e metaconglomerados, suportado por rios entrelaçados, cujas paleocorrentes medidas em campo tem direção principal de NE para SW. A Unidade I, descrita acima por esse autor, é interpretada como um depósito de sistema de rios entrelaçados não confinados dominados por areia, e a predominância de clastos de veios de quartzo indica uma fonte externa à bacia Castelo dos Sonhos. A Unidade II é interpretada como um depósito aluvial dominado por inundação, com cascalhos grossos depositados nas barras e nos canais rasos durante a máxima inundação, seguido pela deposição de areias muito grossas no topo desses cascalhos durante a mínima inundação. A dominância de clastos de arenitos bem arredondados pode indicar um retrabalhamento policíclico de clastos derivados de fontes intra-baciais. A Unidade III, assim como a Unidade I, é definida como de rios entrelaçados não confinados dominados por areia, com cascalhos na base. E, por fim, a Unidade IV é interpretada como um depósito fluvio-deltaico entrelaçado, distal e arenoso, com influência de marés, dado a presença de estratificações cruzadas do tipo herringbone.

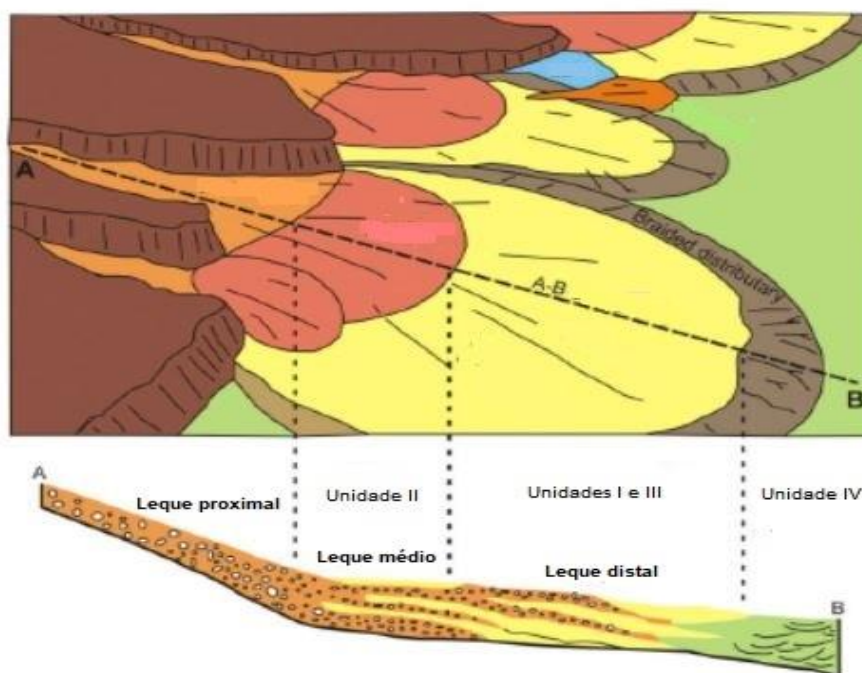


Figura 3.6 – Modelo sedimentológico da área de estudo (adaptado de Karpeta 2016 apud Vargas & Campbell-Hicks 2017).

3.1.3 Hidrotermalização

Karpeta (2016) definiu pelo menos seis alterações hidrotermais que ocorrem na área de estudo influenciadas, principalmente, pelas intrusões graníticas posteriores à consolidação dos sedimentos, sendo elas: silicificação, muscovita-sericitização, epidotização, hematitização, caulinitização e cloritização.

Considera-se que todo o pacote sedimentar sofreu maior ou menor influência hidrotermal devido à abrangente ocorrência de sericitização, que é observada em todas as áreas e litologias. A silicificação é igualmente importante, sobretudo porque está intimamente relacionada ao pacote de metaconglomerados mineralizados.

A hematitização ocorre tanto como palhetas de hematita na matriz arenosa, bem como sob a forma de filmes de hematita em planos de falhas e fraturas, sobretudo nos metarenitos.

A sulfetação é raramente observada, e quando ocorre é sob a forma de pirita. Cloritização e epidotização são raras e tem alcance bastante limitados, assim como a caulinitização, que ocorre apenas nas intrusões graníticas devido à alteração de feldspatos.

CAPÍTULO 4

O OURO PALEOPLACER MODIFICADO

Depósitos de ouro hospedados em metaconglomerados e/ou metarenitos ocorrem em diversos lugares no mundo, a exemplo dos depósitos de Witwatersrand (África do Sul), Tarkwa (Gana), Jacobina (Bahia) e Moeda (Minas Gerais). Queiroz (2015) sugeriu um comparativo entre as principais características desses depósitos acima citados e do depósito de Castelo de Sonhos, objeto de estudo deste presente trabalho (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Comparativo entre o depósito de ouro de Castelo de Sonhos e outros depósitos auríferos de mesma natureza (Queiroz 2015).

Características	Castelo de Sonhos	Jacobina	Moeda	Tarkwa	Witwatersrand
Localização	Pará	Bahia	Minas Gerais	Gana	África do Sul
Idade	2,08-2,01 Ga	2,08-1,90	2,68-2,62 Ga	2,11-1,91 Ga	2,80-2,70 Ga
Unidade	Formação Castelo dos Sonhos	Formação Serra do Córrego	Formação Moeda	Supergrupo Tarkwaian	Supergrupo Witwatersrand
Rochas Hospedeiras	Conglomerados e arenitos	Conglomerados, quartzitos, rochas máficas e ultramáficas	Conglomerados	Conglomerados	Conglomerados
Ambiente deposicional	Fluvial entrelaçado, leques aluviais	Fluvial entrelaçado, transicional, marinho	Fluvial entrelaçado	Fluvial entrelaçado, leques aluviais	Fluvial, deltaico
Deformação/Metamorfismo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Pirita detrítica	-	Sim	Sim	-	Sim
Uraninita detrítica	-	Sim	Sim	-	Sim
Magnetita	Sim	-	-	Sim	-
Hematita	Sim	Sim	-	Sim	-

Existem dois modelos principais de geração desses depósitos amplamente estudados pela comunidade científica, que são os do tipo (paleo) placer/singenético e hidrotermal/epigenético (Frimmel 2002; Frimmel 2005; Barrios *et al.* 2015). O primeiro modelo descreve grãos de ouro arredondados ou escamosos, originários do intemperismo de suas áreas-fonte, e que passam pelos processos de erosão e de transporte por correntes fluviais, juntamente com outros minerais pesados. Quando os processos sedimentares estão em andamento e o material é inconsolidado, tem-se um depósito do tipo placer; processos sedimentares já finalizados e o material consolidado, tem-se os depósitos do tipo paleoplacer.

Conforme o ouro original é transportado, ele muda de forma para grãos arredondados ou achatados (Townley *et al.* 2003). Além disso, grãos de ouro com texturas de superfície esferoidais ou

achatadas, em forma de disco, com marcas de compactação, bordas embotadas, dobras e outras texturas de deformação indicam uma origem detrítica e marcam o transporte, a compactação e o soterramento (Taylor & Anderson 2018).

Em contrapartida, os depósitos de ouro hidrotermal são aqueles que apresentam grãos de ouro irregulares, dendríticos, arborescentes, filiformes e esponjosos (Frimmel 2002). Neste caso, as várias formas das grãos relacionam-se, principalmente, à dissolução e precipitação do ouro por fluidos hidrotermais, sobretudo pós-deposicionais a metamórficos iniciais.

Um terceiro modelo dessa natureza de depósito de ouro, o do tipo paleoplacer modificado (Gross 1968; Boyle 1987; Frimmel 2002) é baseado na associação dos dois modelos descritos anteriormente de forma que o depósito original do tipo placer é modificado por fluidos hidrotermais de estágio avançado em eventos de dobramentos, metamorfismo e intrusões, ocorrendo remobilização e reconcentração local do ouro, com modificações texturais, mineralógicas e geoquímicas. O resultado desse último processo é que os grãos arredondados, escamosos, são substancialmente alterados por fluidos hidrotermais, mas ainda podem preservar algumas das texturas advindas dos processos de transporte originais.

Boyle (1987) sugeriu algumas condições necessárias para sustentar o modelo paleoplacer modificado para as mineralizações auríferas em conglomerados do tipo Witwatersrand e que serve também de base para os demais depósitos de mesma natureza, que são: constância da mineralização em seqüências conglomeráticas; abundante presença de grânulos e seixos de quartzo nos conglomerados; áreas-fonte com disponibilidade suficiente de ouro; presença de minerais detríticos que acompanham o ouro nos processos de sedimentação.

A morfologia dos grãos, texturas de superfície ou química mineral podem ser utilizados para obter informações sobre transporte, distância e origem da rocha. A natureza macia e dúctil do ouro garante uma substancial modificação após ser transportado, formando grãos arredondadas, massivas e achatadas. Nesse sentido, a caracterização da morfologia das grãos de ouro e texturas de superfície é uma boa estratégia para identificar e caracterizar os depósitos de ouro em geral (McClenaghan 2005).

O estudo é melhor realizado por microanálise via MEV, cujas imagens são suficientes para extrair informações que vêm das texturas e das morfologias dos grãos permitindo, com isso, fazer inferências sobre o grau de transporte, condições de deposição, distância de área-fonte, tipo de mineralização e presença ou não de alteração hidrotermal.

LEVANTAMENTO DO BANCO DE DADOS

5.1 INTRODUÇÃO

Serão apresentadas neste trabalho oito análises morfológicas e texturais de grãos de ouro, realizadas a partir de concentrados de minerais pesados de amostras de pó de rocha de furos de sondagem rotoperfussiva em circulação reversa.

Os grãos de ouro desses concentrados de minerais pesados finais foram obtidas manualmente com o auxílio de um estereomicroscópio binocular. A caracterização adicional foi realizada por microscopia eletrônica, e imagens foram obtidas por MEV JSM-6510 JEOL no Laboratório de Microscopia e Microanálises do Departamento de Geologia da UFOP, com o intuito de caracterizar morfologia, circularidade, esfericidade, dimensões e texturas das grãos de ouro. Adicionalmente, mosaicos das imagens de todas os grãos de ouro feitas estão anexos (Anexos I a VIII).

Barrios *et al.* (2015) definiram duas classes morfológicas de grãos de ouro, sendo elas o arredondamento e a esfericidade. Quanto ao arredondamento, os grãos podem ser definidas como arredondados, intermediários e angulares, e quanto à esfericidade, podem ser discoidais, subdiscoidais, esferoidais e alongados (Figura 5.1). As amostras serão caracterizadas segundo essas classificações.

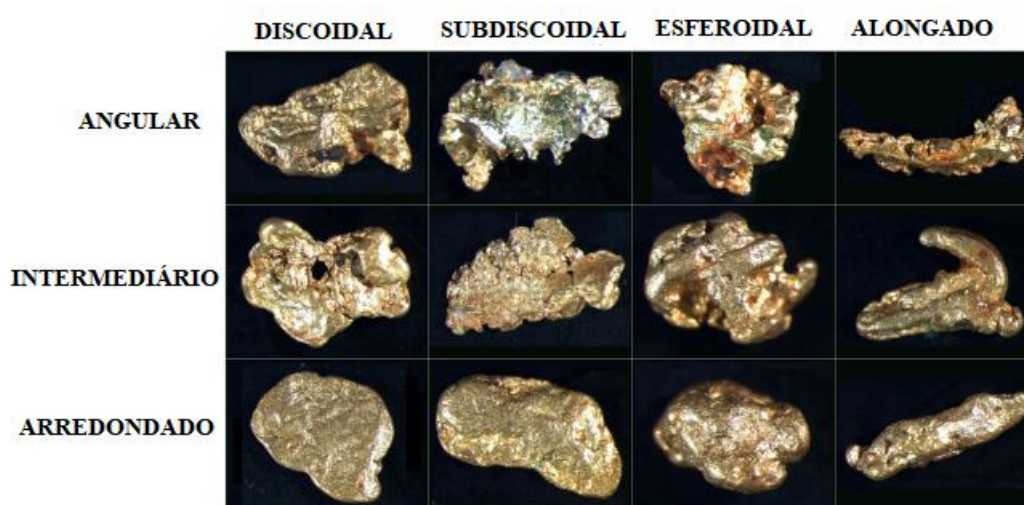


Figura 5.1 – Classes de arredondamento e esfericidade de grãos de ouro (adaptado de Barrios *et al.* 2015).

5.1.1 Amostra #58708

Foram obtidas manualmente 140 grãos de ouro desta amostra, que foram imageados por Microscopia Eletrônica de Varredura. Com relação à granulometria, a amostra é dominada por grãos menores que 0,15mm. Quanto à esfericidade, 22% das grãos são discoidais, 46% subdiscoidais, 27% esferoidais e 5% alongados (Figura 5.2).

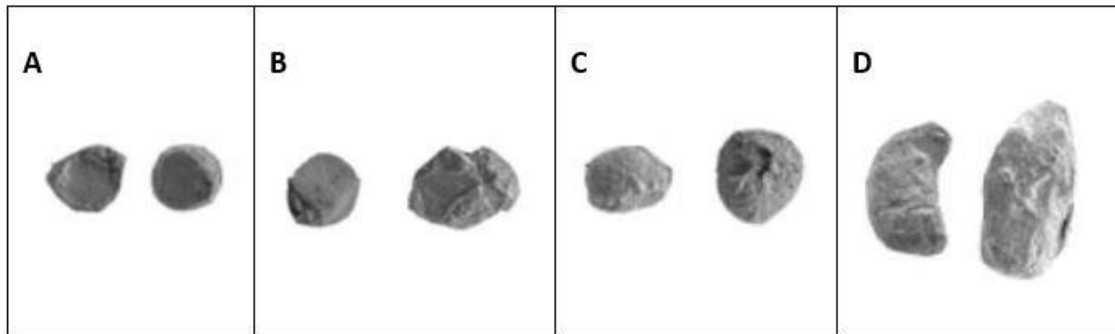


Figura 5.2 – Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #58708. Foram divididas em classes de esfericidade: A – discoidal, B – subdiscoidal, C – esferoidal e D – alongado.

5.1.2 Amostra #68113

Foram obtidas manualmente 30 grãos de ouro desta amostra, imageados por MEV. A maioria dos grãos são de granulometria menor que 0,075mm. Em relação à esfericidade, 23% são discoidais, 44% subdiscoidais, 18% esferoidais e 15% alongados (Figura 5.3).

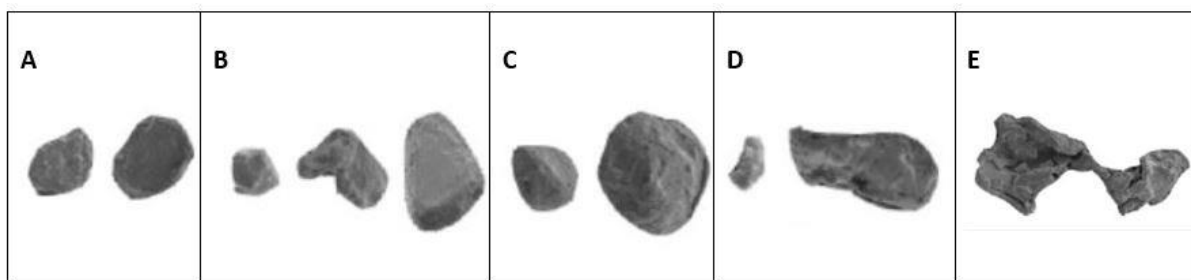


Figura 5.3 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #68113. Foram divididas em classes de esfericidade: A – discoidal, B – subdiscoidal, C – esferoidal, D – alongado e E – complexo.

5.1.3 Amostra #76158

Foram obtidas manualmente 72 grãos de ouro, imageados por MEV posteriormente. A maioria deles são menores que 0,15mm, e 29% são discoidais, 44% subdiscoidais, 21% esferoidais e 6% alongados (Figura 5.4).

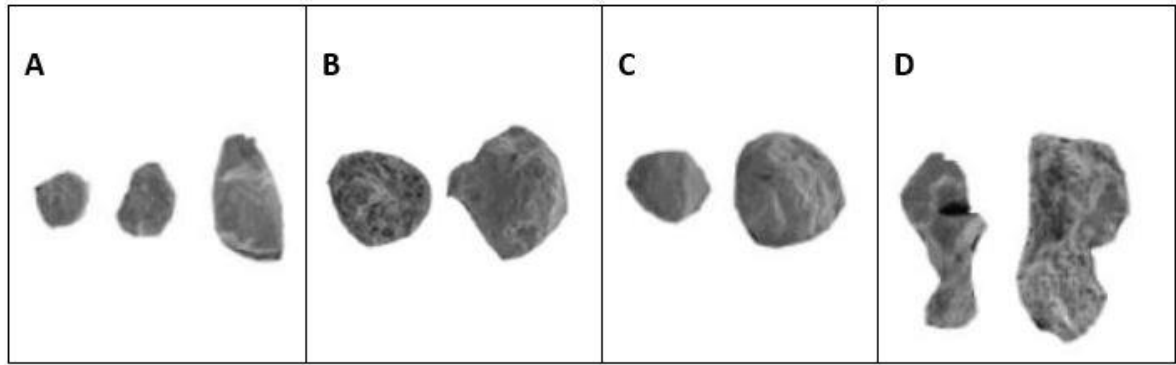


Figura 5.4 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #76158. Foram divididas em classes de esfericidade: A – discoidal, B – subdiscoidal, C – esferoidal e D – alongado.

5.1.4 Amostra #58423

Foram obtidas 120 grãos de ouro manualmente, posteriormente caracterizados com auxílio do MEV. A maior parte desses grãos são maiores que 0,075mm, e 22% são discoidais, 40% subdiscoidais, 23% esferoidais, 13% alongados e 2% complexos (Figura 5.5).

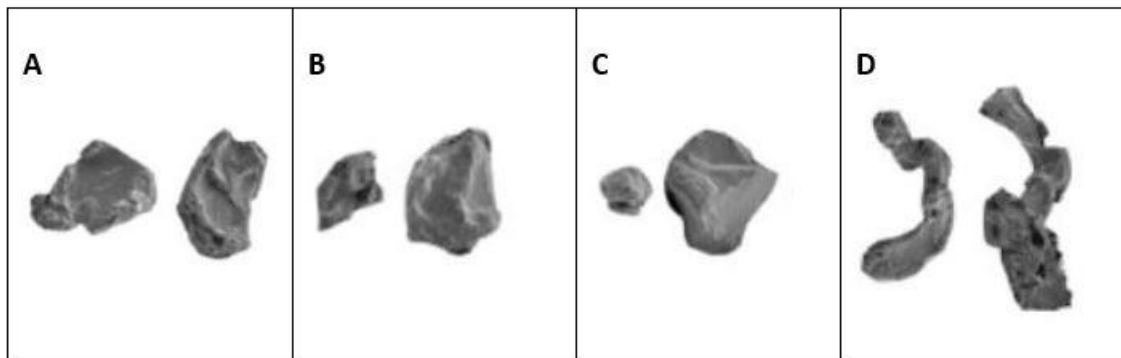


Figura 5.5 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #58423. Foram divididas em classes de esfericidade: A – discoidal, B – subdiscoidal, C – esferoidal e D – alongado.

5.1.5 Amostra #67172

Foram obtidas 95 grãos de ouro manualmente, com granulometria maior que 0,075mm em sua maioria. Do total, 23% são discoidais, 46% subdiscoidais, 13% esferoidais e 18% alongados (Figura 5.6).

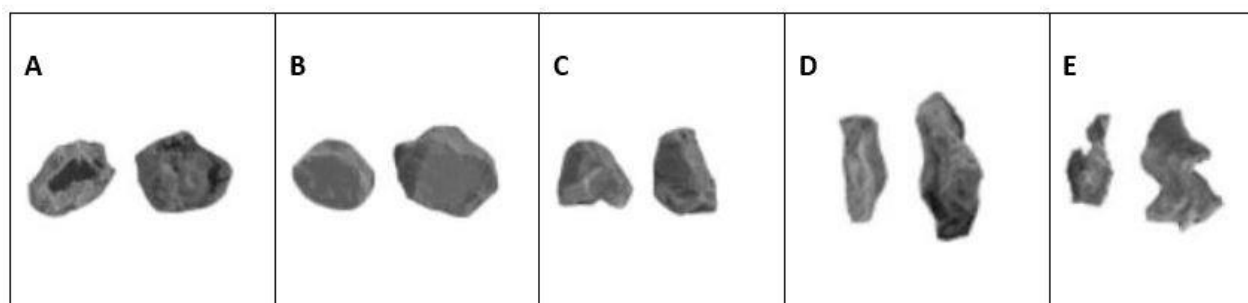


Figura 5.6 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #76172. Foram divididas em classes de esfericidade: A – discoidal, B – subdiscoidal, C – esferoidal, D – alongado e E – irregular.

5.1.6 Amostra #78036

Foram obtidas 13 grãos de ouro manualmente, e a maioria apresenta tamanho entre 0,075mm e 0,30mm. Morfologicamente, 15% são angulares, 31% subarredondados, 31% arredondados e 23% irregulares (Figura 5.7).

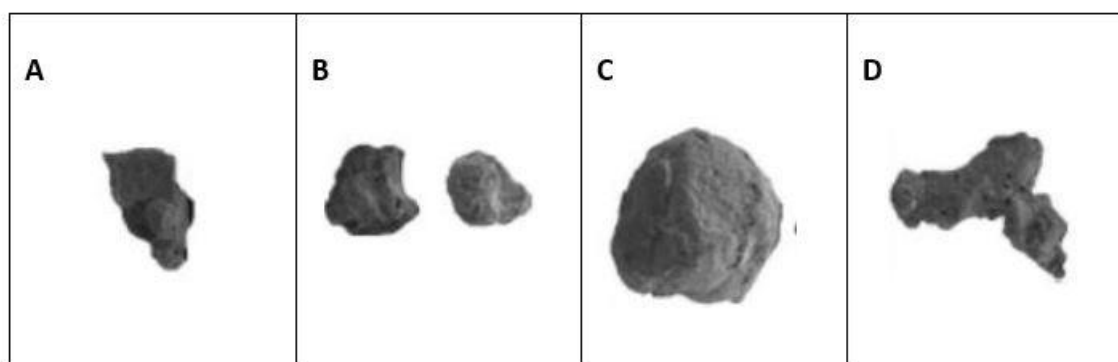


Figura 5.7 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #78036. Foram divididas em classes de arredondamento: A – angular, B – subarredondado, C – arredondado e D – irregular.

5.1.7 Amostra #78039

Foram obtidas manualmente 31 grãos de ouro, com a maioria deles de tamanho entre 0,075mm e 0,15mm. Quanto à morfologia, 6% são angulares, 20% são subarredondados, 65% arredondados, 3% alongados e 6% irregulares (Figura 5.8).

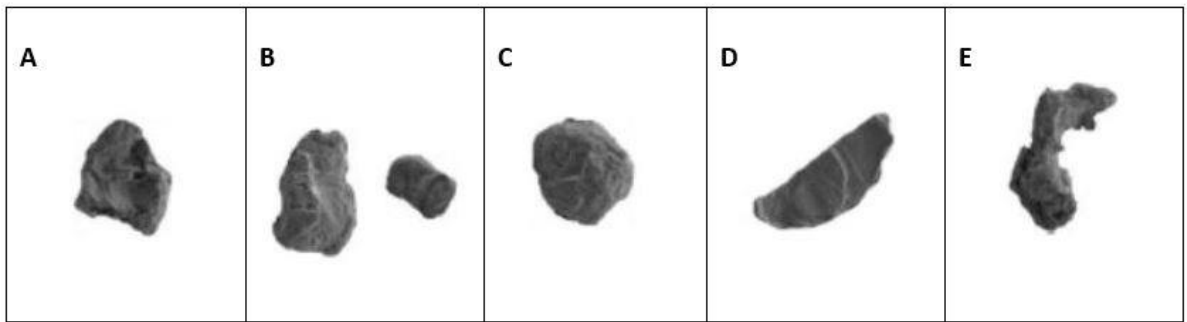


Figura 5.8 - Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #78039. Foram divididas em classes de arredondamento: A – angular, B – subarredondado, C – arredondado e D – alongado e E – irregular.

5.1.8 Amostra #79577

Foram manualmente selecionadas 100 grãos de ouro, com tamanho granulométrico em sua maioria entre 0,075mm e 0,15mm. A caracterização morfológica mostrou que 7% são angulares, 28% são subarredondados, 57% arredondados, 6% alongados e 2% irregulares (Figura 5.9).

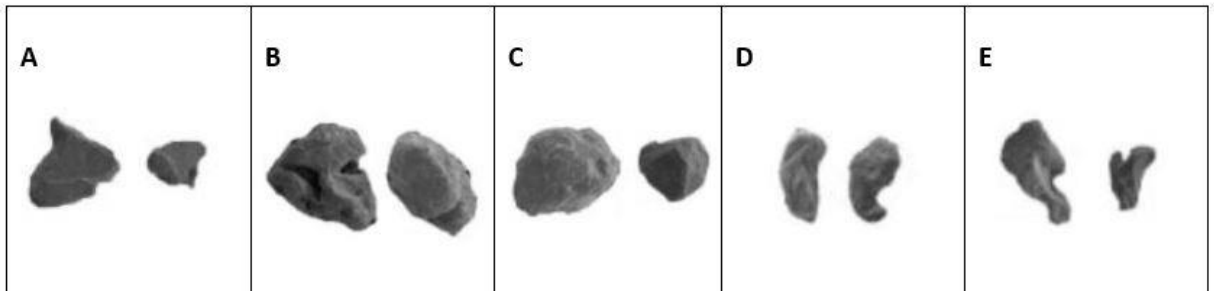


Figura 5.9 – Imagens de MEV de grãos de ouro da amostra #79577. Foram divididas em classes de arredondamento: A – angular, B – subarredondado, C – arredondado e D – alongado e E – irregular.

CAPÍTULO 6

ANÁLISE QUALITATIVA

Das imagens obtidas por meio do MEV, foi possível caracterizar a esfericidade, o arredondamento e o tamanho de, aproximadamente, 600 grãos de ouro. Adicionalmente, uma análise qualitativa quanto às texturas será feita, segundo DiLabio (1990) e McClenaghham (2005), em classes de grãos de ouro primitivos, remodelados ou modificados. DiLabio (1990) sistematizou essas classes e suas respectivas características de forma e texturas de superfície (Quadro 6.1) que servirão de base para as análises a seguir:

Quadro 6.1 – Classificações texturais de grãos de ouro (adaptado de DiLabio 1990).

Classe	Formato	Textura de superfície
Primitiva	- bloco - haste - fio - folha - cristal - estrela - glóbulo	- superfície lisa - borda angular - moldes de grãos visíveis - bordas finas não enroladas
Modificada	- todos formatos primitivos são danificados	- formatos primitivos visíveis - hastes e bordas das folhas dobrados - bordas espessadas e desgastadas - moldes de grãos preservados
Remodelada	- hastes, fios e folhas dobradas - blocos arredondados - palhetas discoides	- sem formato primitivo - contorno dos grãos bem arredondados - poroso, escamoso, esponjoso

- Amostra #58708: apresenta grãos de ouro, em sua maioria, classificados como remodelados, mostrando superfícies porosas e esponjosas e contornos bem arredondados. Outras grãos são classificadas como modificadas em suas características originais.

- Amostra #68113: as texturas de superfície são dominadas pela classe remodelada. As imagens também demonstram contornos arredondados dos grãos, fios e hastes dobrados e redobrados, superfícies porosas, bordas desgastadas e palhetas discoidais.

- Amostra #76158: texturalmente, os grãos são classificados como remodelados e modificados. Possuem contornos arredondados, superfícies porosas, bordas desgastadas e formas discoidais e em palhetas.

- Amostra #58423: a maioria dos grãos são imaculados, com bordas angulares, moldes não danificados, bordas de superfícies não onduladas e lisas. Alguns grãos se enquadram na classe modificada, com texturas de superfície incluindo moldes de grãos preservados, bordas embotadas e enroladas e superfície desbastada. Outros grãos se enquadram na classe remodelada, mostrando-se com contornos bem arredondados, e as típicas palhetas discoides de placer. As texturas de superfície dessa classe são de grãos porosos e esponjosos.

- Amostra #67172: as texturas de superfície são dominadas por grãos modificados. Superfícies lisas são desgastadas, bordas são embotadas, e os moldes são preservados, mas levemente danificados. Outros grãos são remodelados, superfícies porosas e esponjosas e contornos arredondados.

- Amostra #78036: a maioria dos grãos analisados está na classe remodelada, com grãos evidenciando contornos bem arredondados, hastes e fios dobrados, flocos achatados e a textura da superfície é desgastada e porosa. Outros são da classe modificada, preservando ainda alguma textura superficial primária, devido à presença de grãos com bordas embotadas e onduladas, superfície desgastada e saliências amassadas e dobradas.

- Amostra #78039: a maior parte dos grãos desta amostra é classificada como remodelada, com palhetas discoides típicos de depósitos do tipo placer, contorno bem arredondado, e a textura de superfície é descrita como porosa, esponjosa e vermiforme em alguns grãos. Outros grãos são da classe modificada, com moldes, bordas irregulares e saliências amassadas, bordas embotadas e onduladas e superfície desgastada.

- Amostra #79577: grande parte dos grãos desta amostra são remodelados, bem arredondados, apresentando superfícies porosas e esponjosas. Alguns dos grãos pertencem à classe modificada, apresentando bordas irregulares, saliências amassadas, dobradas e enroladas com superfície desgastada. Outras se enquadram na classe primitiva devido às suas bordas angulares, moldes de grãos claramente visíveis, forma não danificada, com superfícies lisas e algumas folhas delicadas.

CAPÍTULO 7

DISCUSSÕES

Os resultados obtidos das oito análises morfológicas e texturais dos grãos de ouro de concentrados de mineiras pesados permitem, primeiramente, agrupá-las em três grupos, sendo o primeiro constituído pelas amostras #58708, #68113 e #76158, com grãos de ouro dominados por transporte. O segundo grupo com as amostras #58423 e #67172, cujos grãos são dominados por precipitação “in situ”, mais próximos da fonte e com pouco ou nenhum grau de transporte. E o terceiro grupo com as amostras #78036, #78039 e #79577, que apresentam pequena fração de ouro hidrotermal.

As amostras do primeiro grupo são representadas por grãos de ouro menores que 0,075mm e com maior grau de arredondamento, indicando que, provavelmente, foram transportados por longas distâncias. Segundo Townley *et al.* (2003), isso seria possível a partir de 300 metros de transporte. O contrário pode ser observado nas amostras do segundo grupo, que apresentam um percentual maior de grãos de maior granulometria, indicando que, se transportados, ficam relativamente mais próximos da área-fonte, aproximadamente 50 metros de transporte, de acordo com Townley *et al.* (2003).

As texturas de superfície revelaram resultados importantes. As amostras do segundo grupo são dominadas por grãos de ouro cujas texturas são da classe primitiva, indicando que foram precipitadas “in situ” ou experimentaram pouco transporte. Isso também é amparado pela maior fração de tamanho deles. A presença de texturas da classe modificada e remodelada nas amostras do segundo grupo confirma que possa ter ocorrido algum grau de transporte. Foram encontradas piritas nos concentrados dessas amostras, o que mostra a possibilidade de envolvimento de fluidos hidrotermais que remobilizaram e remodelaram parcialmente os grãos de ouro.

Ainda que as amostras do primeiro grupo sejam dominadas por características que indicam transporte, modificadas para uma extensão menor e remodeladas para um maior grau de transporte, a presença de grãos puros e modificados pode indicar, uma precipitação "in situ" com pequeno grau de transporte localmente.

Os grãos de ouro nas amostras do terceiro grupo, menores que 0,075 mm foram transportadas por longas distâncias também, provavelmente mais de 300 metros da fonte (Townley *et al.* 2003). A amostra #79577 revela alguns grãos da classe primitiva, podendo ser interpretado como uma curta distância de transporte em relação às amostras #78036 e #78039. Alternativamente, os grãos puros também podem estar relacionados ao intemperismo/liberação de grãos de sulfeto contendo ouro e que foram transportados. A amostra #79577, em relação às amostras #78036 e #78039, é a única amostra que contém ouro na fração de tamanho maior, apoiando a interpretação de que a fonte está próxima ao depósito de ouro. Essa amostra contém grãos classificados como modificados e remodelados, como as

outras amostras, indicando que eles são geralmente proximais à área-fonte ou têm evidenciado algum grau de transporte.

No geral, com base na textura e morfologia detríticas, incluindo o fato de que a abrasão química pós-deposicional pode originar texturas frágeis e esponjosas, a mineralização principal indica provavelmente uma certa distância da fonte. Além disso, as amostras do terceiro grupo apresentaram uma pequena fração de grãos de ouro hidrotermal. Isso é apoiado na presença de minerais de sulfeto nos concentrados, sobretudo pirita, diferentemente das amostras do primeiro e do segundo grupo, corroborando a ideia do envolvimento de fluidos hidrotermais ricos em sulfeto, advindos de intrusões graníticas posteriores, e que remobilizaram e modificaram as características originais do ouro detrítico.

O modelo a seguir (Figura 7.1) tenta sistematizar os conhecimentos obtidos acerca de como se deu a mineralização aurífera em Castelo de Sonhos. Estudos geocronológicos realizados por Klein *et al.* (2017) identificaram idades compatíveis com terrenos orogênicos metavulcanossedimentares situados a NE, no Domínio Tapajós, a exemplo de terrenos como Carajás, Rio Maria, Bacajá e Santana do Araguaia, servindo de fonte de sedimentos para a bacia Castelo de Sonhos.

Dominados por um sistema de leques aluviais e rios entrelaçados subordinados, o intemperismo e erosão dessas áreas orogênicas produziram sedimentos que foram transportados por certas distâncias, cuja mineralização de ouro primária, atrelada à essas condições foi remobilizada localmente por distâncias mais proximais ou distais à fonte, modificada e remodelada em suas características originais, como mostram as análises apresentadas. Adicionalmente, intrusões graníticas presentes na região e identificadas em furos de sondagem RC e rotativa diamantada, podem explicar a influência de fluidos hidrotermais quentes e tardios na reprecipitação do ouro associado à pirita. E, por fim, a consolidação desses sedimentos em arenitos e conglomerados, com clastos de quartzo, BIF's e xistos nos conglomerados que remetem a essas fontes metavulcanossedimentares, tornou-as rochas hospedeiras da mineralização aurífera singenética e epitermal e, com isso, o depósito é classificado como do tipo paleoplacer modificado.

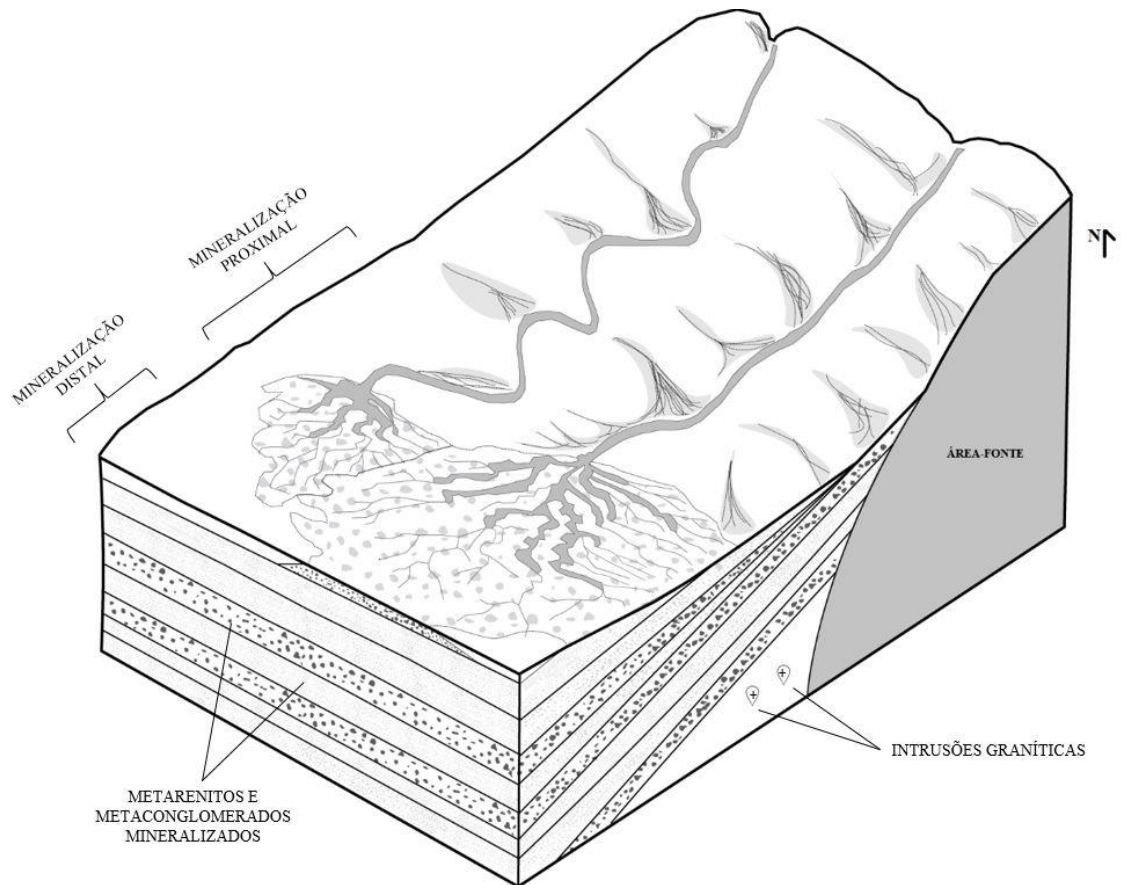


Figura 7.1 – Modelo esquemático da mineralização de ouro na área de estudo (adaptado de Frimmel 2014).

CAPÍTULO 8

CONCLUSÕES

Da separação por líquidos pesados e por separador magnético do tipo Frantz dos concentrados de bateia de minerais pesados de amostras de pó de rocha de furos de sondagem rotoperfussiva em circulação reversa, foi possível obter grãos de ouro que foram imageados por MEV. A caracterização desses grãos de ouro quanto às suas morfologia e texturas de superfície, mostraram relações diretas com o esperado para esse tipo de modelo de depósito, no qual descreve grãos de ouro detríticos, inicialmente, arredondados, escamosos ou achatados, originárias do intemperismo de suas áreas-fonte e que sofreram algum grau de transporte, a depender do arredondamento, esfericidade e granulometria.

Quanto mais arredondados, esferoidais e menores forem os grãos, maior transporte ocorreu e mais distante da área-fonte encontram-se. Além disso, grãos de ouro irregulares, filiformes e esponjosos também foram descritos e relacionam-se, principalmente, à dissolução e reprecipitação do ouro por fluidos hidrotermais, haja vista a presença de minerais de sulfetos representados pela pirita.

Os resultados das análises apresentadas corroboram com o modelo genético proposto para o depósito de ouro de Castelo de Sonhos, depósito do tipo paleoplacer modificado, que implica uma origem sedimentar, originalmente, no qual o ouro está mecanicamente concentrado no depósito devido à sua alta densidade, além de uma influência de fluidos hidrotermais quentes que remobilizam e reprecipitam, localmente, o ouro na rocha porosa metassedimentar hospedeira.

Desta forma, o presente trabalho torna-se importante para o aumento do conhecimento geológico do depósito de ouro de Castelo de Sonhos, no que se refere às morfologias e texturas da mineralização aurífera, que auxiliam na interpretação do sistema de mineralização, modelo de transporte, deposição e distância das prováveis áreas-fonte, e que sirvam para melhor e maior caracterização dos alvos de exploração do Projeto Castelo de Sonhos.

Medeiros, V. D. X. 2021, Análise qualitativa de grãos de ouro do depósito de ouro de Castelo de Sonhos...

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.F.M., Hasui Y., Brito-Neves B.B., Fuck R.A. 1981. Brazilian Structural Provinces: An Introduction. *Earth-Science Reviews*, **17**:1-29.
- Alkmin, F.F. 2011. Stratigraphy and structure of the Castelo dos Sonhos gold mineralization host rocks, southern Pará: Brazil. Internal report, Tristar Gold, 15 p.
- Andrade, A.F.D. et al. 1978. Projeto Tapajós–Sucunduri: relatório de integração geológica. Manaus: DNPM/CPRM. 175p.
- Appleyard, N., Brown A., Srivastava, M. 2016. Exploration Target Range for the Castelo de Sonhos Gold Project Pará State – Brazil. National Instrument 43-101. Technical Report, TristarGold, 52p.
- Barbosa, O. et al. 1966. *Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do Projeto Araguaia*. Monografia. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 94p.
- Barrios, S., Merinero, R., Lozano, R., Orea, I. 2015. Morphogenesis and grain size variation of aluvial gold recovered in auriferous sediments of the Tormes Basin (Iberian Peninsula) using a simple correspondence analysis. *Miner Petrol*, **109**:679-691.
- Boyle, R. W. 1987. *Gold: History and Genesis of Deposits*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Brito Neves, B.B., Sá J.M., Nilson A.A., Botelho N.F. 1995. A Tafrogênese Estateriana nos blocos paleoproterozoicos da América do Sul e processos subsequentes. *Geonomos* **3**:1- 21.
- Brito, M.F.L. 2000a. Suíte Intrusiva Parauari. In: Almeida, M.E. et al. (Org.). *Geologia e recursos minerais da Folha Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D); Estados do Pará e Amazonas*. Escala 1:250.000. Nota explicativa. Brasília: CPRM. 1 CD-ROM. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (Promin Tapajós).
- Brito, M.F.L. et al. 1997. Petrografia e litogeoquímica da Suíte Intrusiva Maloquinha, registro de magmatismo tipo-A na Província do Tapajós. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, Salvador. *Anais SBG*, **6**:847-857.
- Cunha, B.C.C. et al. 1981 *Geologia*. In: Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radambrasil. Folha SC. Tocantins: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, p. 21-196.
- DiLabio, R.N.W. 1990. Classification and interpretation of the shapes and surface textures of gold grains from till on the Canadian Shield. In: *Current Research, Part C*. Geological Survey of Canada, **90-1C**:323-329.
- Fernandes, C.M.D. 2005. *Geologia, geoquímica e geocronologia das rochas vulcânicas do Grupo Uatumã, região de São Félix do Xingu (PA), Província Mineral de Carajás*. Mestrado em Geoquímica e Petrologia – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Forman, J.H.A. et al. 1972. Pesquisa Mineral no Iriri/Curuá: relatório preliminar. Belém: Sudam/Departamento de Recursos Naturais, 62p.
- Frimmel, H.E. 2014. A Giant Mesoarchean Crustal Gold-Enrichment Episode: Possible Causes and Consequences for Exploration. *Society of Economic Geologists. Special Publication, Chapter 10*, **18**: 209-234.
- Frimmel, H.E., Groves, D.I., Kirk, J., Ruiz, J., Chesley, J., and Minter, W.E.L. 2005. The formation and preservation of the Witwatersrand goldfields, the largest gold province in the world: *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, p. 769–797.
- Frimmel, H.E., Minter, W.E.L. 2002. Recent developments concerning the geological history and genesis of the Witwatersrand gold deposits, South Africa: *Society of Economic Geologists Special Publication 9*, p. 17–45.

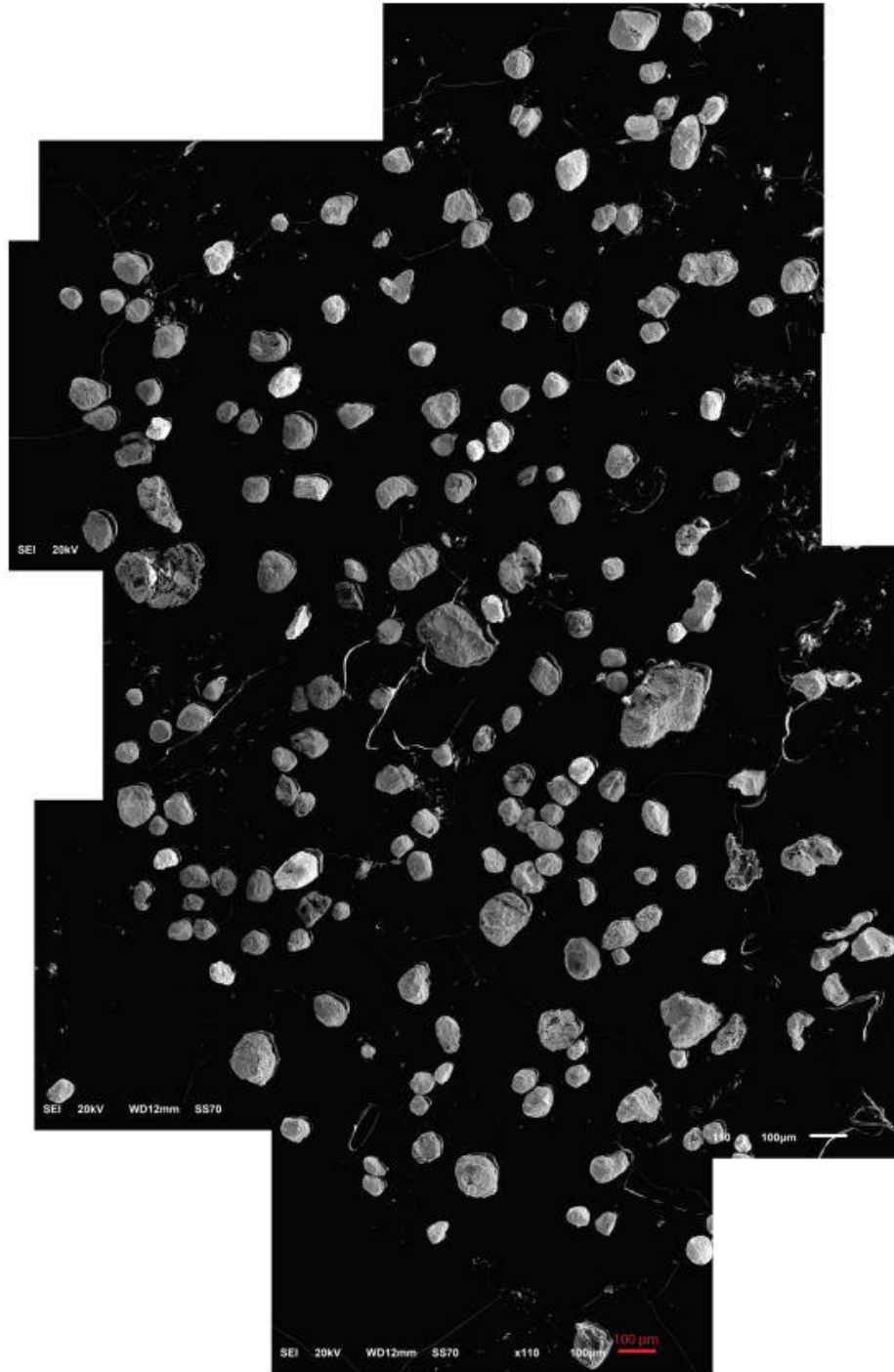
- Medeiros, V. D. X. 2021, Análise qualitativa de grãos de ouro do depósito de ouro de Castelo de Sonhos...
- Gonçalves, G. O. 2019. Characterization of the morphology of gold particles in Castelo dos Sonhos gold deposit. Internal Report. Tristar Gold, 18p.
- Gross, W.H. 1968. Evidência de origem modificada de placer para conglomerados auríferos, Mina de Canavieiras, Jacobina, Brasil. *Economic Geology*, **63**:271-276.
- Karpeta, W. S. 2016. The geology of the Castelo de Sonhos Project, Para, Brazil: An Initial Assessment. Internal report, Tristar Gold, 27p.
- Klein E.L., Rodrigues J.B., Queiroz J.D.S., Oliveira R.G., Guimarães S.B., Chaves C.L. 2017. Deposition and tectonic setting of the Palaeoproterozoic Castelo dos Sonhos metasedimentary formation, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil: age and isotopic constraints. *International Geology Review*, **59**, p. 864-883.
- Lamarão C.N., Dall'agnol R., Lafon J.M., Lima E.F. 2002. Geology, geochemistry and Pb–Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province Amazonian Craton, Brazil. *Precambrian Research*, **119**:189-223.
- Macambira, E.M.B. et al. Geologia. In: Macambira, E.M.B.; Vale, A.G. São Félix do Xingu. 1997. Folha SB.22-Y-B. Estado do Pará. Brasília: DNPM/CPRM, Parte II, p. 29-93. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB).
- Mazoz, A. O. 2020. Description of the morphology of gold grains from the Castelo dos Sonhos gold deposit. Internal Report. Tristar Gold, 17p.
- McClenaghan, M. B. 2005. Indicator mineral methods in mineral exploration. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, **5**:233–245.
- Mello R. 2014, Mineral resources estimation for the Castelo de Sonhos Project, Pará State – Brazil: NI43-101 Technical Report, Tristar Gold Inc.
- Melo, A.F.F. et al. 1980. Projeto Tapajós-Sucunduri: relatório final. Manaus: DNPM/CPRM, **I-A**:1-356.
- Miall, A.D. 1996. *The Geology of fluvial deposits*. Springer-Verlag, Berlin, 582p.
- Pastana, J.M.N. et al. 1980. Projeto Rio Chiché: relatório final. Texto. Belém: DNPM/CPRM, **1**, 125 p.
- Pessoa, M.R.; Santiago, A.F; Andrade, A.; Nascimento, J.O.; Santos, J.O.; Oliveira, J.R.; Lopes, R.C.; Prazeres, W.V. 1977. Projeto Jamanxim. Relatório Final.
- Queiroz, J. D. S. 2015. *Aspectos geológicos e metalogenéticos do depósito de ouro hospedado em metaconglomerado e metarenitos paleoproterozoicos Castelo de Sonhos, Província Tapajós, Sudoeste do Pará*. Mestrado em Geologia e Geoquímica - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Ricci, P.S.F. et al. 1999. Suíte Intrusiva Creporizão – Província Tapajós: proposta e critérios de definição. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, **6**:519-522.
- Santos J.O.S., Groves D.I., Hartmann L.A., Moura M.A., Mcnaughton N.J. 2001. Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta Domains, Tapajós–Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. *Mineralium Deposita*, **36**:279-299.
- Santos, J.O.S.; Hartmann, L.A.; Gaudette, H.E.; Groves D.I.; Almeida, M.E.; Mcnaughton, N.J.; Fletcher, I.R. 2000. A new understanding of the provinces 131 of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana Research*, **3**:453-488.
- Santos, D.B. et al. 1975. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radam. Folha SB.21 - Tapajós: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, **7**:15–99.
- Santos, J.O.S. 2003. Geotectônica do Escudo das Guianas e Brasil-Central. In: BIZZI, L.A. et al. (Ed.). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*. Brasília: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, p. 169-226.

- Silva, G.G. et al. 1974. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radam. Folha SB. 22 - Araguaia e parte da folha SC. 22 - Tocantins: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 4:I/3-I/143.
- Srivastava, M., Appleyard, N., Pereira, E., Jones, M. 2016. Castelo de Sonhos: Exploration concept for a Paleoproterozoic conglomerate-hosted gold deposit. In: PDAC – Prospectors and Developers Association of Canada.
- Tassinari, C.C.G. & Macambira, M.J.B. 2004. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. (Eds.), Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, p. 471–485.
- Taylor, R. D., Anderson, E. D. 2018. Quartz-Pebble-Conglomerate Gold Deposits. Chapter P of Mineral Deposits Models for Resource Assessment, 44p.
- Teixeira, N.P. 1999. *Contribuição ao estudo das rochas granitóides e mineralizações associadas da Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Estanífera do Sul do Pará*. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 507p.
- Townley, B.K., Hérial, G, Maksaev, V., Palacios, C., de Parseval, P., Sepulveda, F., Orellana, R., Rivas, P., Ulloa, C. 2003. Gold grain morphology and composition as an exploration tool: application to gold exploration in covered areas. *Geochem Explor Env Anal*, 3:29–38.
- Vargas A.M., Campbell-Hicks C. 2017. NI 43-101 Technical Report. Mineral resource estimate update on the Castelo de Sonhos gold project, Para State, Brazil. CSA Global Canada Geosciences Ltd.
- Vasquez, M.L.; Klein, E.L.; Ricci, P. 2002. Granitóides pós-colisionais da porção leste da Província Tapajós. In: Klein, E.L., Vasquez, M.L.; Rosa-Costa, L.T. (Ed.). *Contribuições à geologia da Amazônia*. Belém: SBG, 3:67-84.
- Vasquez M.L., Rosa-Costa L.T., Silva C.M.G., Klein E.L. 2008a. Compartimentação tectônica. In: Vasquez M.L., Rosa-Costa L.T. (eds.), *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: Texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará, Escala 1:1000.000*: Belém, CPRM.
- Yokoi Y.O., Oliveira A.L.A.M., Tachibana J. 2001. General economic geology of the High Tapajós Basin (The “Cachimbo” Gráben) and its boundaries: a regional geological survey with exploratory purpose, in: *Simpósio de Geologia da Amazônia*.

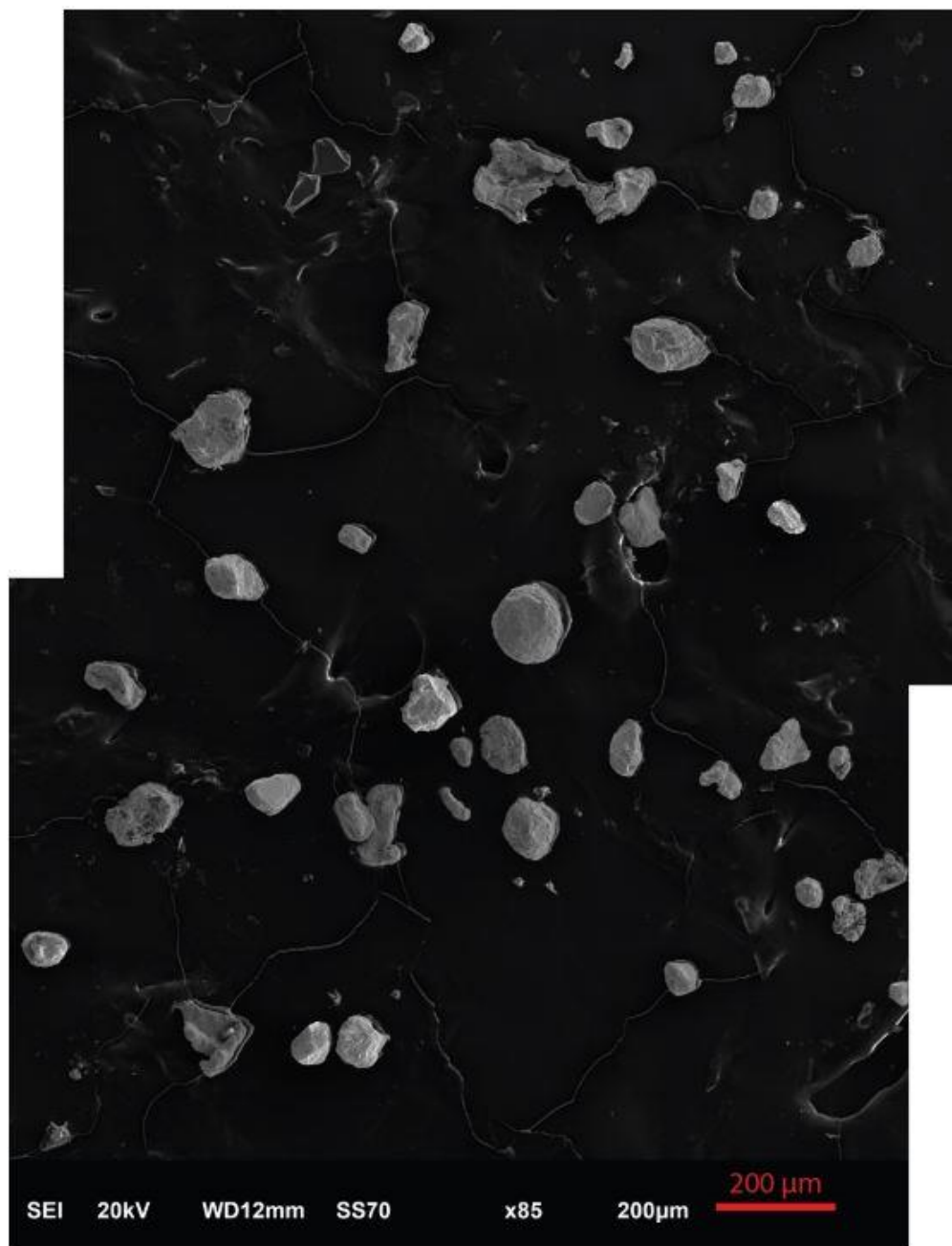
Medeiros, V. D. X. 2021, Análise qualitativa de grãos de ouro do depósito de ouro de Castelo de Sonhos...

Anexos

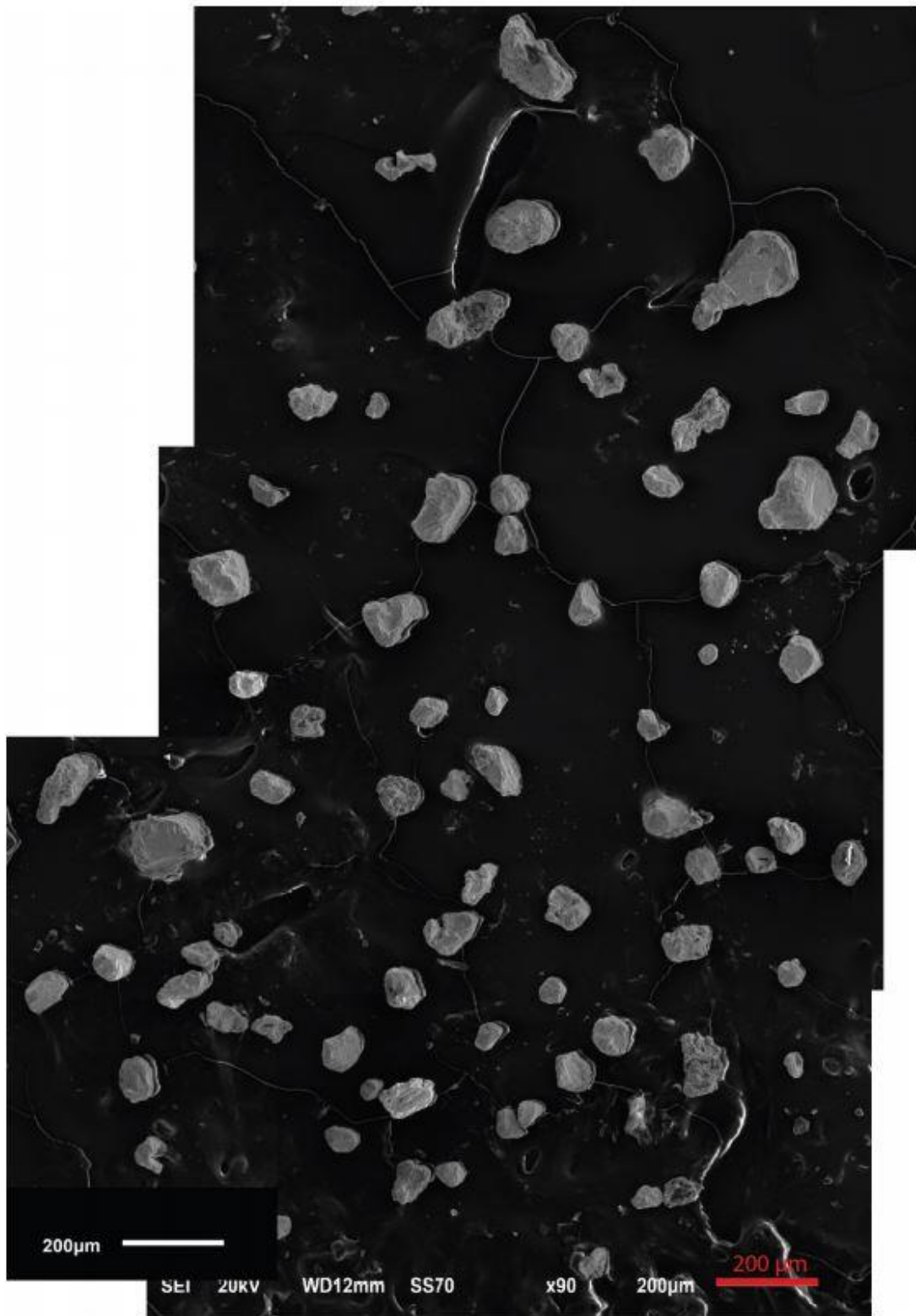
Anexo I - Mosaico de imagens do MEV da amostra #58708 (Gonçalves 2019).



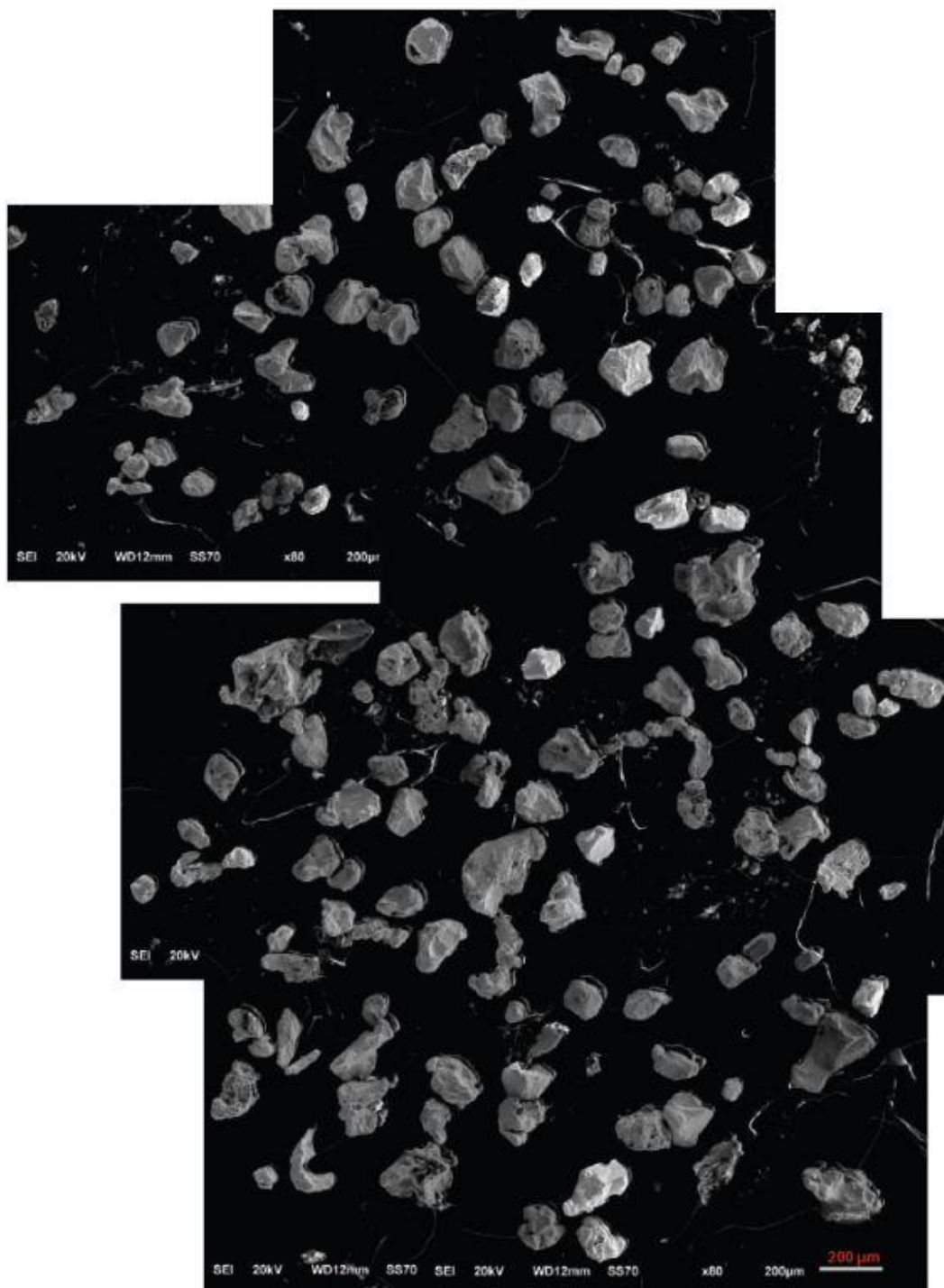
Anexo II - Mosaico de imagens do MEV da amostra #68113 (Gonçalves 2019).



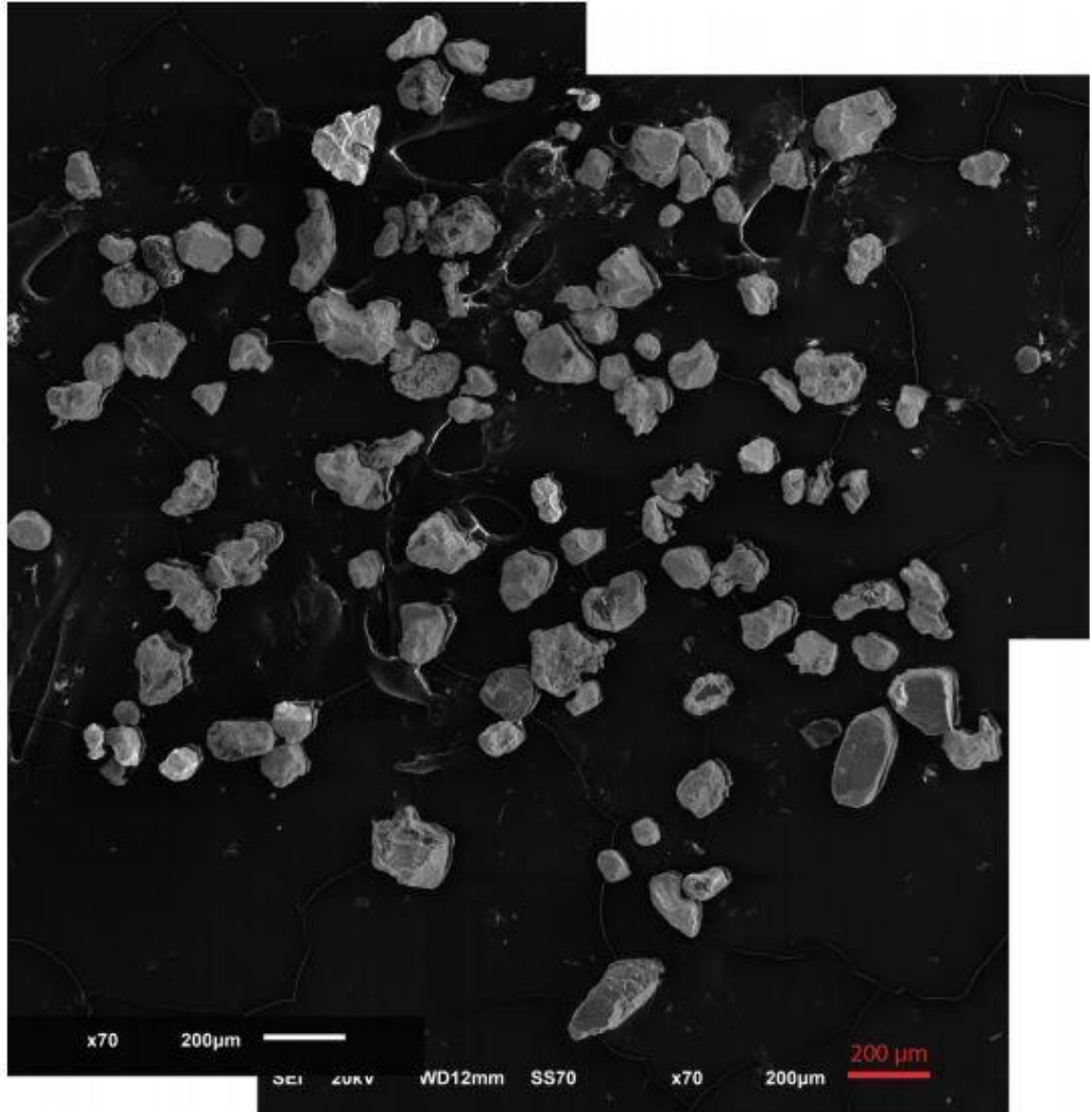
Anexo III - Mosaico de imagens do MEV da amostra #76158 (Gonçalves 2019).



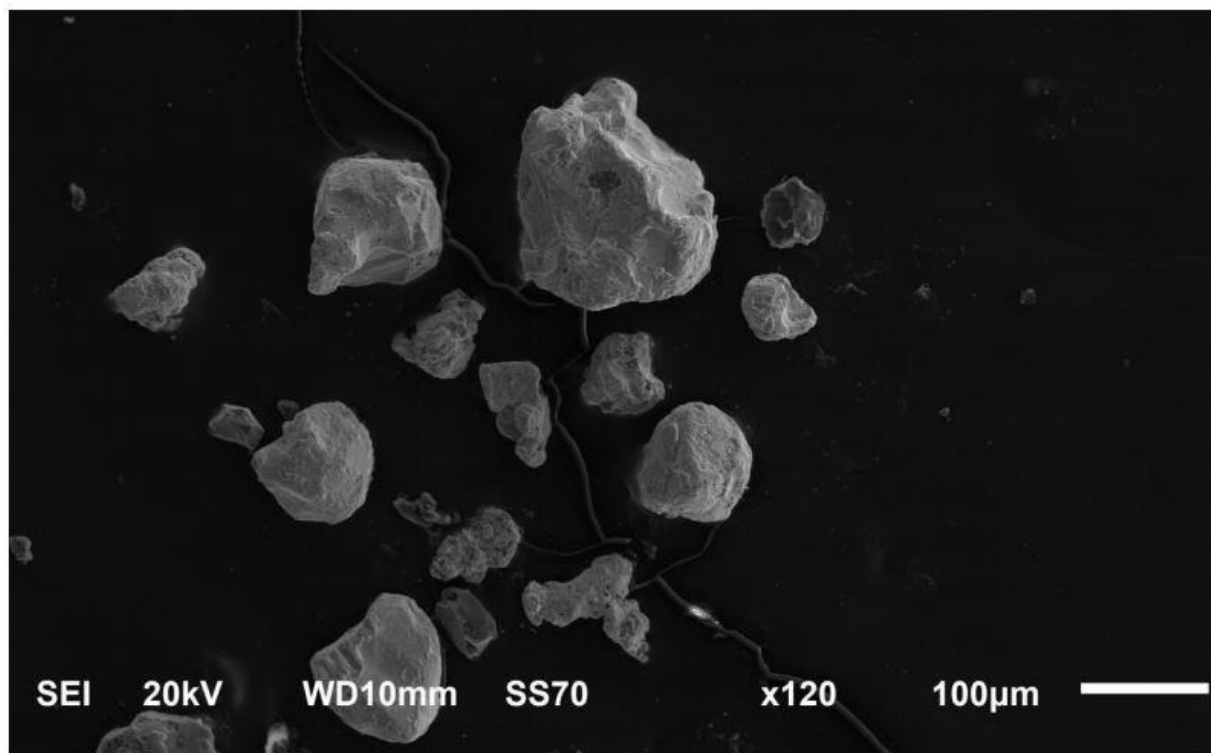
Anexo IV - Mosaico de imagens do MEV da amostra #58423 (Gonçalves 2019).



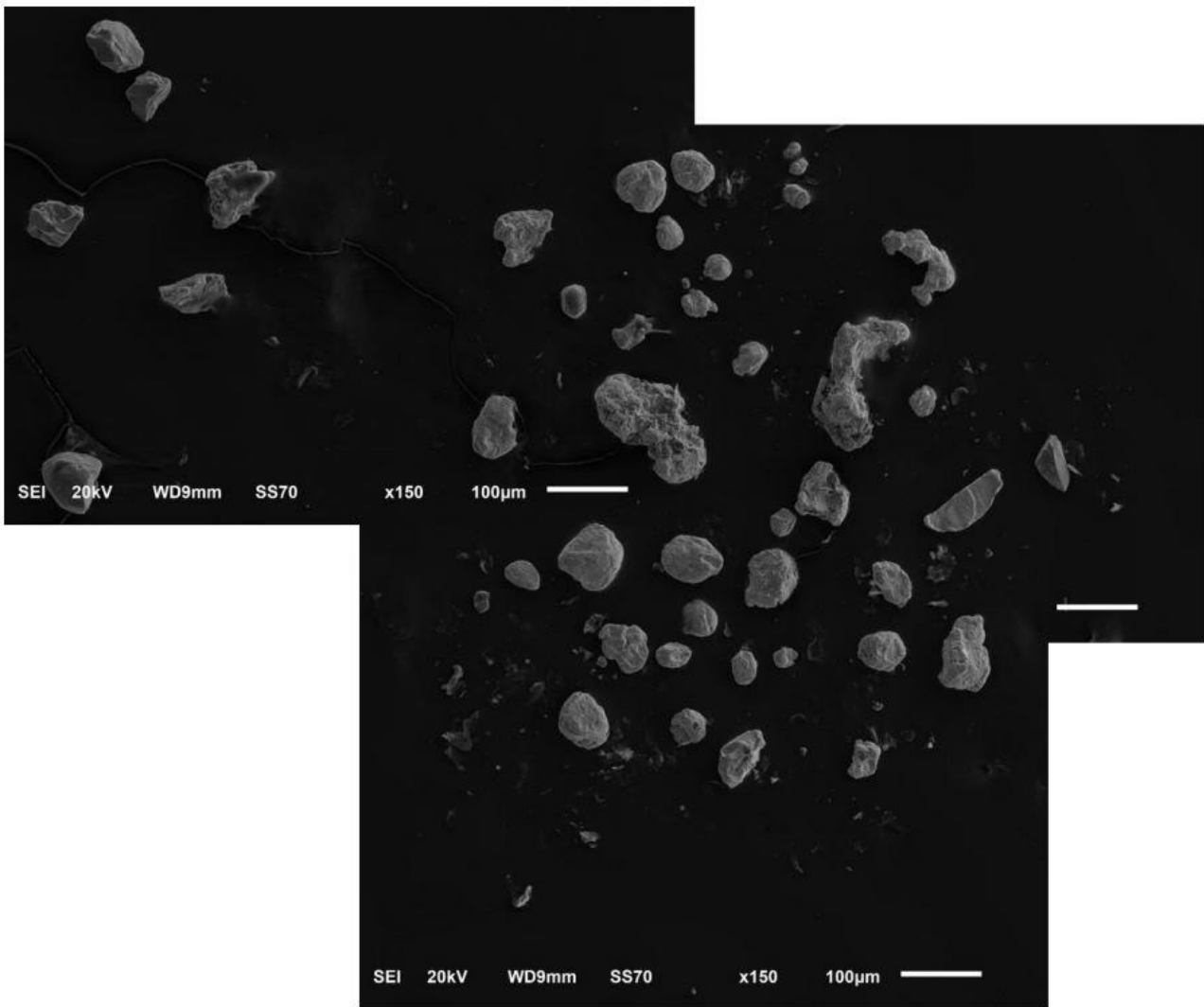
Anexo V – Mosaico de imagens do MEV da amostra #67172 (Gonçalves 2019).



Anexo VI – Mosaico de imagens do MEV da amostra #78036 (Mazoz 2020).



Anexo VII – Mosaico de imagens de MEV da amostra #78039 (Mazoz 2020).



Anexo VIII – Mosaico de imagens de MEV da amostra #79577 (Mazoz 2020).

