



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MORFOLÓGICA DE OURO
ALUVIONAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO VARGINHA,
QUADRILÁTERO FERRÍFERO, BRASIL.**

Arthur Lima Eugenio

MONOGRAFIA nº 445

Ouro Preto, agosto de 2022

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MORFOLÓGICA DE
OURO ALUVIONAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO VARGINHA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO,
BRASIL.**



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. José Alberto Neves

Vice-Diretor

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. MSc. Edison Tazava

MONOGRAFIA

Nº 445

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MORFOLÓGICA DE OURO ALUVIONAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO VARGINHA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, BRASIL.

Arthur Lima Eugenio

Orientadora

Prof.^a Dr.^a Cristiane Castro Gonçalves

Co-Orientador

Dr. Cassiano Costa e Castro - CPRM

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 2022/1.

OURO PRETO

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

E87c Eugênio, Arthur Lima.

Caracterização química e morfológica de ouro aluvionar da bacia hidrográfica do ribeirão Varginha, Quadrilátero Ferrífero, Brasil.

[manuscrito] / Arthur Lima Eugênio. - 2022.

68 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Cristiane Paula de Castro Gonçalves.

Coorientador: Dr. Cassiano Costa Castro.

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

1. Prospecção geoquímica. 2. Bacias hidrográficas. 3. Mineralizações auríferas. 4. Ouro - Minas e mineração. I. Castro, Cassiano Costa. II. Gonçalves, Cristiane Paula de Castro. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 550.84

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



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Arthur Lima Eugenio

**Caracterização química e morfológica de ouro aluvionar da bacia hidrográfica do Ribeirão Varginha, Quadrilátero
Ferrífero, Brasil**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal
de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Geólogo

Aprovada em 02 de Setembro de 2022

Membros da banca

Profa. Dra - Cristiane Castro Gonçalves - Orientadora - Universidade federal de Ouro Preto
Prof. Msc - Edison Tazava - Universidade federal de Ouro Preto
Prof. Dr. - Gustavo Henrique Coelho de Melo - Universidade federal de Ouro Preto

Profa. Cristiane Castro Gonçalves, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de
Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 21/09/2022



Documento assinado eletronicamente por **Cristiane Paula de Castro Goncalves, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/10/2022, às 16:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0407715** e o código CRC **A75D2CCC**.

Agradecimentos

A conclusão deste trabalho só se tornou possível devido a uma série de pessoas as quais demonstro profundo agradecimento:

Em especial agradeço a Universidade de Ouro Preto, por me ter proporcionado não só as análises que foram feitas neste trabalho, mas também pelo ensino de qualidade em todos estes anos.

A minha orientadora, Cristiane Gonçalves pela oportunidade de realizar este trabalho.

Ao meu coorientador, Cassiano Costa por ter me apresentado ao mundo da pesquisa mineral aurífera e por toda a inspiração, sabedoria, auxílio e inúmeras discussões.

Ao LMic (Laboratório de Microscopia e Microanálises - LMic da Universidade Federal de Ouro Preto) e a Débora, pelas análises químicas e morfológicas que possibilitaram as discussões e conclusões do trabalho.

Ao Serviço CPRM por toda a formação profissional que tive durante os dois anos de estágio e por fornecer dados e recursos para a inspiração e execução deste

Aos meus pais, Marconi e Dulci pelo incansável apoio e suporte.

A minha namorada Letícia, por sempre estar ao meu lado e acreditar tanto em mim.

A minha irmã Luiza, por me guiar e inspirar na tomada de boas decisões

A toda a minha família pela inspiração e por tantos bons conselhos.

A todos e todas que torceram por mim e auxiliaram de alguma forma neste trabalho, meu muito obrigado!

SUMÁRIO

Agradecimentos	vii
SUMÁRIO	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
Resumo	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS E METAS.....	2
1.3 JUSTIFICATIVA DO PROJETO	2
1.4 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	2
2 CONTEXTO GEOLÓGICO, MINERALIZAÇÕES, CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA DO OURO	4
2.1 CONTEXTO GEOLÓGICO	4
2.2 PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS AURÍFERAS NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO	7
2.3 GEOQUÍMICA E MORFOLOGIA DO OURO	10
3 MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1 ETAPA DE CAMPO	13
3.2 ETAPA LABORATORIAL	19
3.2.1 Preparação das amostras.....	19
3.2.2 Análises em MEV-EDS.....	24
4 RESULTADOS.....	25
4.1 INTRODUÇÃO	25
4.2 ADENSAMENTO DA AMOSTRAGEM PROSPECTIVA.....	26
4.3 MORFOLOGIA	27
4.4 MICROANÁLISES QUÍMICAS – MEV-EDS	31
4.4.1 Grãos Homogêneos	32
4.4.2 Grãos com Borda e Núcleo quimicamente distintos.....	33
4.4.3 Grãos com Zonamento Composicional	34
4.4.4 Grãos com Inclusões Sólidas	35
5 DISCUSSÕES.....	37
5.1 MORFOLOGIA	37
5.2 MICROANÁLISES QUÍMICAS.....	39
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXO	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa de localização da área de estudo destacando as principais rodovias, cidades de interesse, as delimitações das folhas geológicas.	3
Figura 2.1. A) Cráton São Francisco e suas faixas marginais neoproterozóicas, destacando-se a localização do Cinturão Mineiro em sua borda meridional, delimitado pelo quadrado preto.....	4
Figura 2.2. Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero destacando minas de Ouro em círculos amarelos e outras ocorrências em círculos preto..	5
Figura 2.3. Mapa da área de estudo com a geologia da área destacada, com os pontos anômalos coletados no projeto de mapeamento geoquímico – CPRM.	6
Figura 2.4. Gráfico percentual e tabela com produção das principais jazidas de ouro em rochas arqueanas e paleoproterozóicas do Quadrilátero Ferrífero.....	8
Figura 2.5. Classificação morfológica para grãos de Au (Extraído de Horbe et al. 2019).....	12
Figura 3.1. Mapa de planejamento de amostragem.....	13
Figura 3.2. Mapa de amostragem da área de estudo com a localização das estações de coleta executadas e pontos anômalos para Au (CCL652 e CCL653) do projeto de mapeamento geoquímico	14
Figura 3.3. A) Equipamentos utilizados para coleta do material no fundo da drenagem. B) Peneira de graduação	16
Figura 3.4. A) Segunda etapa de peneiramento (2mm) para retirada da fração ideal utilizada na bateia. B) Bateamento da fração retirada após as duas etapas de peneiramento.....	17
Figura 3.5. Equipamentos utilizados na coleta dos concentrados de bateia. Bateias de raios de 54 cm e 30 cm, capa para as bateias, peneiras de 2mm e 1mm e escova de aço.	17
Figura 3.6. Verificação do fundo da bateia com pintas de Au por lupa de mão com aumento de 15X.	18
Figura 3.7. Pesagem do concentrado de bateia final em campo.....	18
Figura 3.8. Etapas de preparo laboratorial segundo padrão da divisão de geoquímica do SBG-CPRM.	19
Figura 3.9. Utilização do Elutriador para remoção da fração silte/argila dos concentrados de bateia. ...	20
Figura 3.10. A) Realização do microbateamento. B e C) Refinamento da separação por densidade através de líquido denso (bromofórmio).	21
Figura 3.11. A) separação magnética por ímã de mão, retirando frações paramagnéticas. B) final da separação magnética por ímã de mão e por ímã de neodímio.....	22

Figura 3.12. A) Catação das pintas de Au na lupa OPTICAM modelo OPZTS. B) Pintas de Au coletadas no campo para a dissertação coladas em fita dupla face.	23
Figura 3.13. A) Polimento do <i>mount</i> para análise em MEV-EDS. B) <i>Mount</i> polido com pintas de Au.	23
Figura 3.14. Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), marca Jeol modelo JSM 6510 do Laboratório de Microscopia e Microanálises - LMic da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).....	24
Figura 4.1. Mapa de amostragens realizadas referentes aos pontos executados. Em amarelo, pontos positivos para ouro vistos em campo, no fundo da bateia..	26
Figura 4.2. Mapa de amostragens realizadas com números de pintas de ouro contadas em laboratório referentes aos pontos executados.....	27
Figura 4.3. Grãos de Ouro analisados em MEV categorizados como arredondados/subarredondados.	29
Figura 4.4. Grãos de Ouro analisados em MEV categorizados como irregulares.	30
Figura 4.5. Grãos de Ouro analisados em MEV categorizados como alongados.	31
Figura 4.6. Grão de ouro 87 do mount 1 (AE-B-001A grão 32) analisado em MEV-EDS no centro e na borda do grão.	33
Figura 4.7. Grão de ouro 52 do mount 1 (AE-B-010 grão 01) analisado em MEV-EDS no centro e na borda do grão.	34
Figura 4.8. Grão de ouro 19 do mount 1 (AE-B-001A grão 12) analisado em MEV-EDS no centro e na borda do grão.	35
Figura 4.9. Grãos de Ouro com Inclusões Sólidas de Zircão, Quartzo, Arsenopirita e Ilmenita.....	36
Figura 5.1. Mapa de amostragens realizadas com números de pintas de ouro contadas em laboratório referentes aos pontos executados.....	39
Figura 5.2. <i>Boxplots</i> para dados Químicos de Ouro para os grãos homogêneos (em laranja, a esquerda) e para os grãos zonados (em azul, a direita).	41
Figura 5.3. <i>Bitplot</i> dos elementos Au, Ag e Cu.	43
Figura 5.4. Diagrama ternário Au-Ag-Cu das composições dos grãos de Ouro da área de estudo	44

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Métodos de análises realizados para análise química e morfológica de ouro ao redor do mundo.....11

Tabela 4.1. Resumo do total de pintas de Au coletadas, das análises morfológicas e das análises químicas.25

Tabela 4.2. Distribuição morfológica dos grãos de ouro por ponto de campo realizado. SA = subarredondado; Al = alongado; A = arredondado; I = irregular.....28

Tabela 4.3. Tabela resumo das classificações dos grãos relativos à tipologia química.**Erro! Indicador não definido.**

Resumo

A região de Conselheiro Lafaiete e seu entorno apresenta registro de ocorrências auríferas desde o século XVIII. A partir de amostras de concentrado de bateia coletadas pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM que demonstraram a presença de grande quantidade de grãos de ouro na bacia hidrográfica do ribeirão Varginha, foi realizado um adensamento da amostragem nesta bacia, onde foram coletados 17 pontos e catados 925 grãos de ouro. Ademais, foram realizadas análises morfológicas através da obtenção de imagens EBS+ES em 75 grãos de ouro e análises químicas em EDS em 162 grãos em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Foram categorizadas três tipologias morfológicas e três tipologias geoquímicas. Pela morfologia destacaram os grãos de ouro arredondados/subarredondados com 48% do total, seguido pelos grãos Irregulares com 36% e, por fim, os alongados que representaram 16%. Na classificação química, os grãos com geoquimicamente homogêneos possuem teores entre 55,24% até 86,92% com uma média de 81,61% e foram mais presentes que grãos com distinção entre Borda e Núcleo, onde os núcleos possuem teores entre 3,74% a 86,29%, tendo uma média de 72,11% de Au e as bordas variam em teores de Au entre 57,61% a 86,80%, com média de 84,27%. A tipologia menos presente são os grãos quimicamente zonados que possuem teores de Au 65,88% até 86,79% com média entre os 21 grãos de 81,63%. A análise destes dados resultou na determinação de uma zona anômala para ouro na região do estudo, bem como evidenciaram duas ou mais possíveis fontes para os grãos. Através da plotagem dos teores de Au, Ag e Cu em diagrama ternário, a tipologia genética dos grãos apontou uma forte assinatura química de caráter Epitermal, evoluindo para ouro Porfirítico.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Com prelúdio ainda no século XVII, a busca por ouro no Quadrilátero Ferrífero iniciou-se no Brasil colonial, quando a coroa portuguesa passou a buscar, em função de sua política mercantilista da época, a mobilização de pessoas para extrair bens minerais através de investimentos em expedições bandeirantes, sertões adentro da colônia, objetivando o abastecimento da metrópole (Machado 2009). Inicialmente, as principais descobertas auríferas no Quadrilátero Ferrífero foram do tipo aluvionar, quando os bandeirantes que vinham de São Paulo, com experiências adquiridas em descobertas anteriores, focaram nos cascalhos e areias das drenagens (Dorr 1969, Seixas 1988).

Neste contexto, visto que rapidamente a notícia do achado de ouro na região se espalhou, uma notável quantidade de exploradores adentrou as terras e, assim, surgiram assentamentos voltados para a exploração, a partir dos quais originaram-se municípios como Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco e Itaverava, área foco do presente estudo. Apesar dos assentamentos na região terem sido majoritariamente para exploração de ouro aluvionar, rapidamente desenvolveu-se a compreensão de que esse ouro teria resultado de processos erosivos e sido transportado por drenagens a variadas distâncias de sua área fonte. Posteriormente, estudos geológicos-estruturais na região foco passaram a associar parte das ocorrências auríferas a lineamentos estruturais de caráter local e/ou regional (Corrêa Neto *et al.* 2012).

Segundo o relatório anual da Agência Nacional de Mineração (ANM), de 2020, o estado de Minas Gerais lidera a exploração de ouro no Brasil, com produção bruta de 55.284.988 toneladas de minério ROM (*Run of mine*), com 34.258 kg de ouro contido, obtendo, portanto, um teor médio de 0,62 gramas por tonelada. Além disso, as duas maiores empresas produtoras de minério de ouro no país atuam em Minas Gerais, sendo elas a Kinross Brasil Mineração S. A., com 23,96% da produção total, e a Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A., com produção de 14,73%. Assim, apenas no ano de 2021 Minas Gerais comercializou um valor de R\$ 5.928.853.652 com o beneficiamento do minério.

Sendo assim, a partir do tratamento de dados do projeto Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu entorno, realizado pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM em 2014, buscou-se discutir e contribuir para o conhecimento das possíveis áreas fontes de ouro aluvionar na Bacia Hidrográfica do ribeirão Varginha. Para tal, realizou-se coleta de amostras de concentrados de bateia, em pontos chave e uma classificação do ouro encontrado nas drenagens, considerando-se aspectos morfológicos e químicos.

1.2 OBJETIVOS E METAS

Tendo como meta geral investigar a provável existência de mineralizações primárias de ouro na Bacia do ribeirão Varginha a montante do ponto com quantidade anômala de pintas de Au, definido a partir dos concentrados de bateia coletados no âmbito do Projeto de Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero do Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM (2014), propõe-se os seguintes objetivos específicos:

- Examinar a morfologia dos grãos de Au aluvionar amostrados e sua assinatura química;
- Discutir a possível distância e localidade da área fonte, assim como o enquadramento genético do tipo de mineralização primária.

1.3 JUSTIFICATIVA DO PROJETO

O tema do trabalho foi escolhido com base nos resultados de 1.136 amostras de concentrados de bateia coletados e analisados semi-quantitativamente no âmbito do Projeto Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu entorno (2014), somado ao histórico de ocorrências auríferas da região. Após a avaliação da distribuição e concentração de Au aluvionar dentre os pontos amostrados, verificou-se que a estação com maior quantidade de pintas de Au localiza-se em drenagem da Bacia Hidrográfica do ribeirão Varginha, na borda nordeste do Cinturão Mineiro, que é ali limitado por zona de cisalhamento regional, o Lineamento Congonhas (Seixas 1988, Corrêa Neto *et al.* 2012). Tem-se, portanto, área com alto potencial para a realização de estudos prospectivos com foco em mineralizações auríferas, considerando-se demais ocorrências da região do Quadrilátero Ferrífero associadas a estruturas de mesma natureza (Endo *et al.* 2020).

1.4 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo encontra-se na região Sudeste de Minas Gerais (Figura 1.1), na região dos municípios de Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco e Itaverava. Esta área tem aproximadamente 125 km² e localiza-se na folha topográfica SF.23-XA-VI, na escala 1:100.000.

A cidade de Ouro Branco, que está a 100 km de Belo Horizonte, foi a escolhida como base para o trabalho. O acesso até a região partindo da capital do estado é facultado inicialmente pela BR-356 e depois pela BR-040. Por fim, na saída 615, percorre-se a rodovia estadual MG-443 até a cidade de Ouro Branco. Para acesso até a área das drenagens de coleta das amostras, foram percorridas estradas não pavimentadas que complementam a rede viária da região.

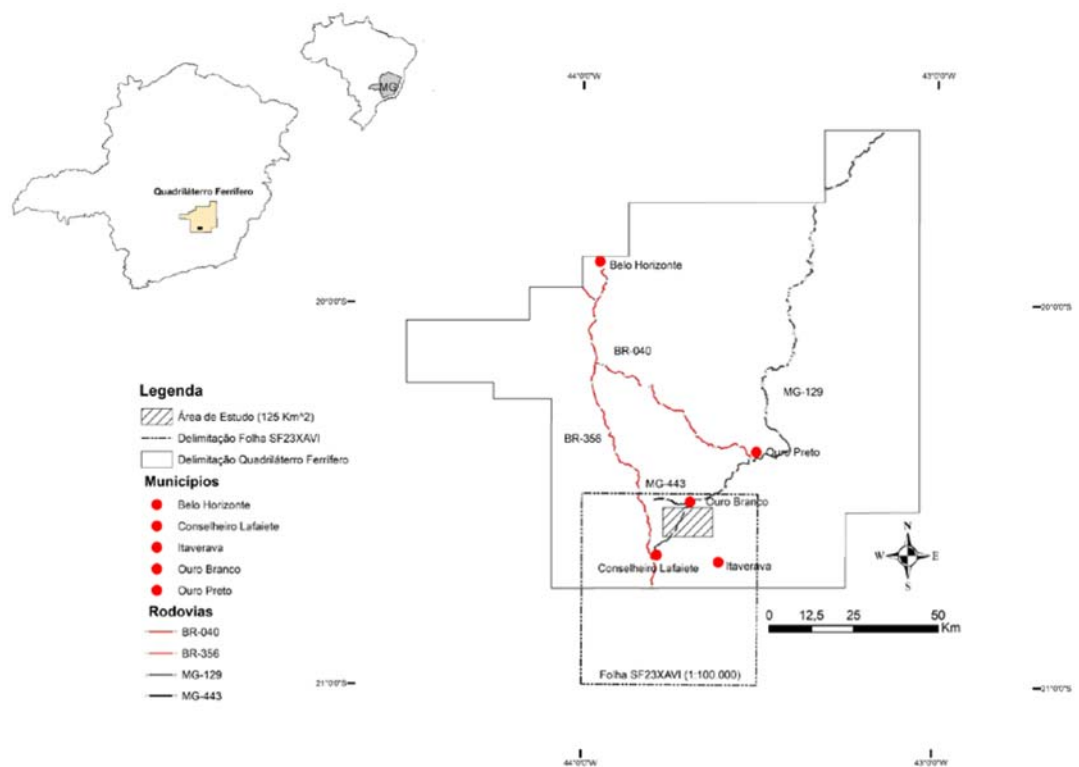


Figura 1.1. Mapa de localização da área de estudo destacando as principais rodovias, cidades de interesse, as delimitações das folhas geológicas que englobam o quadrilátero ferrífero e da folha topográfica SF.23.XA-VI (1:100.000).

CAPÍTULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO, MINERALIZAÇÕES, CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA DO OURO

2.1 CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de estudo está inserida no contexto geológico do extremo Sul do Cráton São Francisco (Almeida 1977), a sudeste do Quadrilátero Ferrífero (Dorr 1969) e nordeste do Cinturão Mineiro (Teixeira *et al.* 1996) (Figura 2.1). O Cráton São Francisco, entidade geotectônica presente em seis estados Brasileiros (Minas gerais, Bahia, Goiás, Tocantins Piauí e Sergipe), que possui uma área aproximada de 650.000 km², é associado ao ciclo orogênico Brasiliano-Pan Africano (Almeida 1977), sendo delimitado por orógenos de idade Neoproterozóica e abrangendo dois cinturões paleoproterozoicos, a norte o Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá e ao Sul o Cinturão Mineiro (Silva *et al.* 2002).

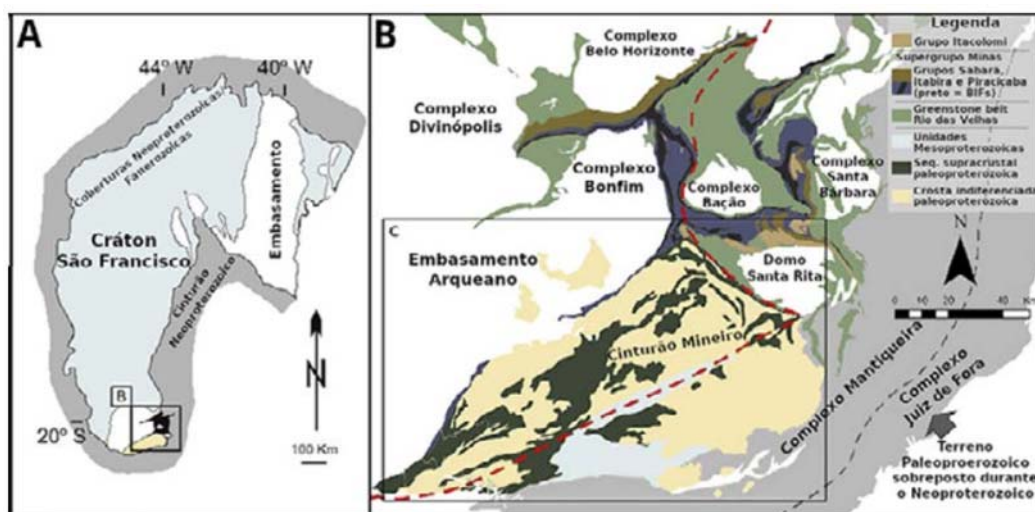


Figura 2.1. A) Cráton São Francisco e suas faixas marginais neoproterozóicas, destacando-se a localização do Cinturão Mineiro em sua borda meridional, delimitado pelo quadrado preto, ampliado, na figura B (Extraído de Lopes *et al.* 2020). B) Cráton São Francisco meridional, parte de suas rochas arqueanas e as faixas orogênicas retrabalhadas no Neoproterozóico, representadas pelos complexos Mantiqueira e Juiz de Fora e o Cinturão Mineiro (linha tracejada cinza: zona de cisalhamento Abre Campo, que define o contato entre os complexos Juiz de Fora e Mantiqueira; linha tracejada vermelha: limite atual do CSF (Extraído de Lopes *et al.* 2020).

Dentro deste cenário, destaca-se a região do Quadrilátero Ferrífero, que abrange uma área de aproximadamente 7.000 km², na porção extremo sul do Cráton São Francisco. Essa designação se deve aos importantes depósitos de minério de ferro, uma das maiores províncias do mundo (Machado 2009), e a disposição de quatro serras de notável importância no estado de Minas Gerais: Serra do Curral, Serra de Ouro Preto, Serra da Moeda e Serra do Caraça. Nessa região afloram rochas agrupadas em 4 grandes

unidades: terrenos granito-gnáissicos Arqueanos e Paleoproterozoicos, o embasamento, rochas metavulcanossedimentares que pertencem ao *Greenstone Belt* Rio das Velhas (Neoarqueano) e rochas metassedimentares supracrustais do Supergrupo Minas (Dorr II 1969; Chemale Jr. *et al.* 1994; Alkmim & Marshak 1998; Corrêa Neto *et al.* 2012).

O Cinturão mineiro, situado no extremo sul do Cráton São Francisco e a sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, é um cinturão orogênico de idade paleoproterozóica (Teixeira 1985). É limitado ao Sul pela zona de cisalhamento Lenheiro (Teixeira & Figueiredo 1991) e ao norte pelos lineamentos Jeceaba-Bom Sucesso, a noroeste, e pelo Lineamento Congonhas-Itaverava, a nordeste. Esse último lineamento marca a separação de rochas arqueanas a nordeste, englobando o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga, das rochas paleoproterozóicas, a sudoeste (Seixas 1988). A área de estudo engloba a região da Bacia Hidrográfica do ribeirão Varginha, sendo limitada a sudoeste pelo Lineamento Congonhas-Itaverava (Figura 2.2). Essa região historicamente apresenta ouro associado ao lineamento, sendo um dos recursos minerais da área, amplamente explorado nos séculos XVII e XVIII (Seixas 1988).

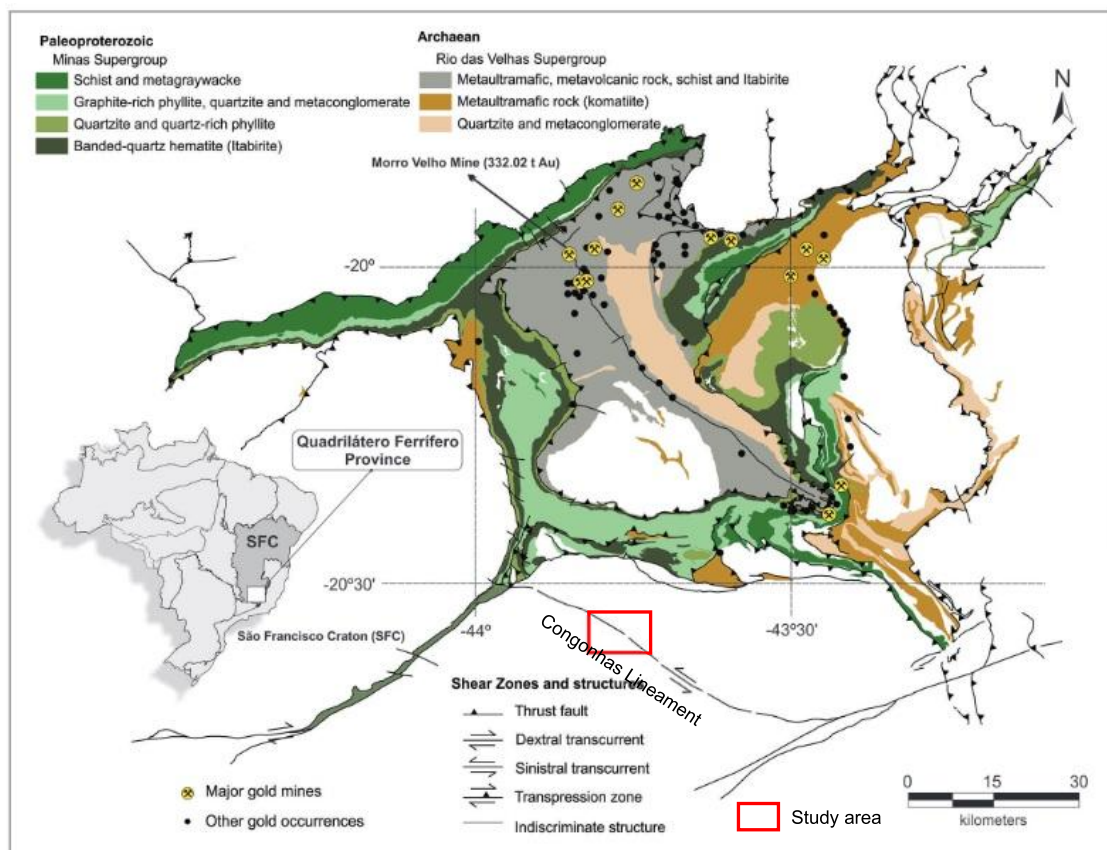


Figura 2.2. Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero destacando minas de Ouro em círculos amarelos e outras ocorrências em círculos preto. No mapa estão destacadas as rochas dos Supergrupo Minas e do Supergrupo Rio das Velhas (Modificado de Costa *et al.* 2019).

A figura 2.3 apresenta o mapa geológico simplificado da área em estudo, gerado a partir do recorte da área do mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero, desenvolvido em comemoração aos 50 anos de J. V. N. Dorr II (Endo *et al.* 2019). As unidades presentes na área são compostas essencialmente por rochas de idade Paleoproterozóicas onde estão presentes o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga, marcado principalmente por gnaisses leucocráticos e ocupando a maior parte da área de estudo, seguido pela Suíte Santa Rita, aflorando rochas metaultramáficas. Nas regiões sudeste e noroeste da área, os biotita-clorita-granada xistos, quartzitos, metapelitos, filitos carbonosos, mármore dolomíticos, BIF, metadiamicititos, metagrauvacas e paragnaisses são pertencentes à Formação Saramenha e, por fim, ocupando menor parte, no extremo noroeste, tem-se presente a suíte alto maranhão composta por tonalitos a granitos cálcio alcalinos.

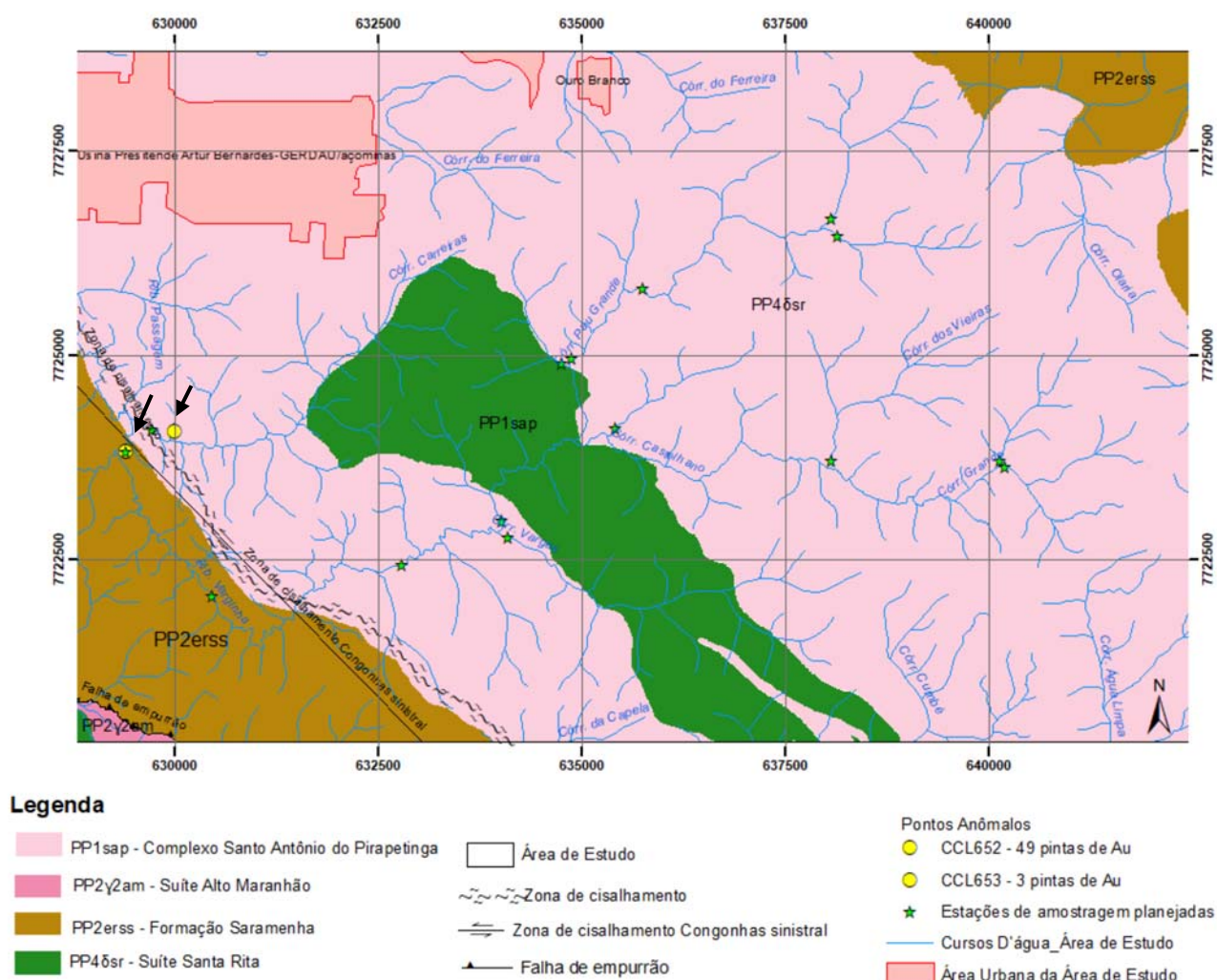


Figura 2.3. Mapa da área de estudo com a geologia da área destacada, com os pontos anômalos coletados no projeto de mapeamento geoquímico – CPRM apontados por setas, e os pontos planejados de coleta de amostras (modificado de Endo *et al.* 2020).

2.2 PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS AURÍFERAS NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

O Quadrilátero Ferrífero é uma das principais províncias nacionais de extração aurífera. Os maiores jazimentos da região ocorrem hospedados em rochas no Greenstone Belt Rio das Velhas, com idade Neoarquena, principalmente entre 2.80 e 2.50 Ga (Lobato *et al.* 2007). São majoritariamente do tipo ouro orogênico (Grover *et al.* 1998; Goldfarb *et al.* 2001; Corrêa Neto *et al.* 2012), mas também são presentes mineralizações auríferas em coberturas Paleoproterozóicas, pertencentes ao Supergrupo Minas, assim como em coberturas cenozoicas (Dorr 1969). A Figura 2.2 apresenta de maneira simplificada as principais litologias dominantes do Quadrilátero Ferrífero destacando os supergrupos Minas e Rio das Velhas que apresentam principalmente rochas de idades Arqueanas e Paleoproterozóicas. Além disso, também há um destaque para as principais minas de Ouro em círculos amarelos e outras ocorrências auríferas em pontos pretos. No retângulo vermelho é destacado a área de estudo que se encontra nas proximidades do Lineamento Congonhas.

As ocorrências de ouro relacionadas ao Supergrupo Rio das Velhas, uma sequência de rochas metavulcanossedimentares do tipo *Greenstone Belt* (Dorr 1969), estão hospedadas em formações ferríferas bandadas (Araújo e Lobato 2019), produtos hidrotermais de rochas xistosas a maciças, compostas por carbonatos, quartzo e plagioclásio (Oliveira *et al.* 1983; Vial *et al.* 1987) e em rochas turbidíticas e máficas (andesíticas e basálticas). Dentre as áreas de ocorrência do Supergrupo Rio das Velhas destacam-se principalmente os domínios de Nova Lima e Cuiabá- Lamego, que juntos foram responsáveis por mais de 70% da mineração de ouro do Quadrilátero Ferrífero, até o ano de 2019 (Scarpelli 1991; Lobato & Pedrosa Soares 1993, Porto *et al.* 2002).

O domínio Nova Lima engloba principalmente as importantes jazidas de Morro Velho e Raposos, além de outras jazidas menores (Figura 2.2). Na jazida de Morro Velho, a maior delas em extensão, os corpos de minério ocorrem em veios de quartzo fumê com ouro livre ou ricos em sulfetos, podendo variar de maciços a disseminados, hospedadas em rochas resultantes de produtos hidrotermais e rochas metavulcanoelásticas cisalhadas (Vial *et al.* 2007). Além disso, estes corpos auríferos apresentam uma proporção de Au: Ag de 5:1, com uma correlação positiva de ouro com arsênio e cobre. Na jazida de Raposos, os depósitos são hospedados em formações ferríferas bandadas alteradas hidrotermalmente e cisalhadas, encaixadas em rochas ultramáficas (Vieira e Oliveira 1988). O ouro ocorre preenchendo fraturas nos sulfetos, sendo a pirrotita o sulfeto dominante (Junqueira *et al.* 2007).

Outro domínio de importância majoritária no contexto do ouro no Quadrilátero Ferrífero é o domínio de Cuiabá – Lamego. A jazida Cuiabá, situada no município de Caeté, é a maior mina subterrânea do Brasil e uma das maiores do mundo, pertencente a companhia AngloGold Ashanti Brasil, com uma produção de um pouco menos de 400 toneladas desde o início de suas atividades, em 1986 (Lobato *et al.* 2016). As rochas hospedeiras correspondem a uma associação de rochas vulcânicas

máficas, formação ferrífera bandada, pelitos carbonosos e micáceos, metamorfizadas em fácies xisto verde, onde a estrutura de deposição e os corpos de minério tem controle estrutural pela dobra anticlinal de Cuiabá (Lobato *et al.* 2016; Vitorino 2017). A mineralização do ouro é principalmente associada aos sulfetos e hospedada em formações ferríferas bandadas.

Na Jazida de Lamego a mineralização está associada principalmente à formação ferrífera bandada e aos filitos carbonosos, ocorrendo em rochas metamáficas, chert bandado intercalado com formação ferrífera bandada e filitos carbonosos e micáceos, com paragêneses minerais compatíveis com fácies xisto verde. O ouro é encontrado em veios de quartzo e também associado a sulfetos, produto de substituição da formação ferrífera bandada por hidrotermalismo (Martins *et al.* 2016).

A Figura 2.4 quantifica a produção total de ouro em jazidas que tem rochas arqueanas e paleoproterozóicas, como as dominantes no Quadrilátero Ferrífero até o ano de 2020. Destaca-se, com mais de 42% do montante total, a mina de Morro Velho, com cerca de 11,9 Moz, seguido pela mina de Cuiabá com pouco mais de 22%, em torno de 6,05 Moz produzidas. As minas de Raposos, São Bento, Córrego do Sítio, Passagem de Mariana, Turmalina e Lamego seguem a ordem de produção, em que, somadas, alcançam 27% do montante produzido total (Lobato *et al.* 2016).

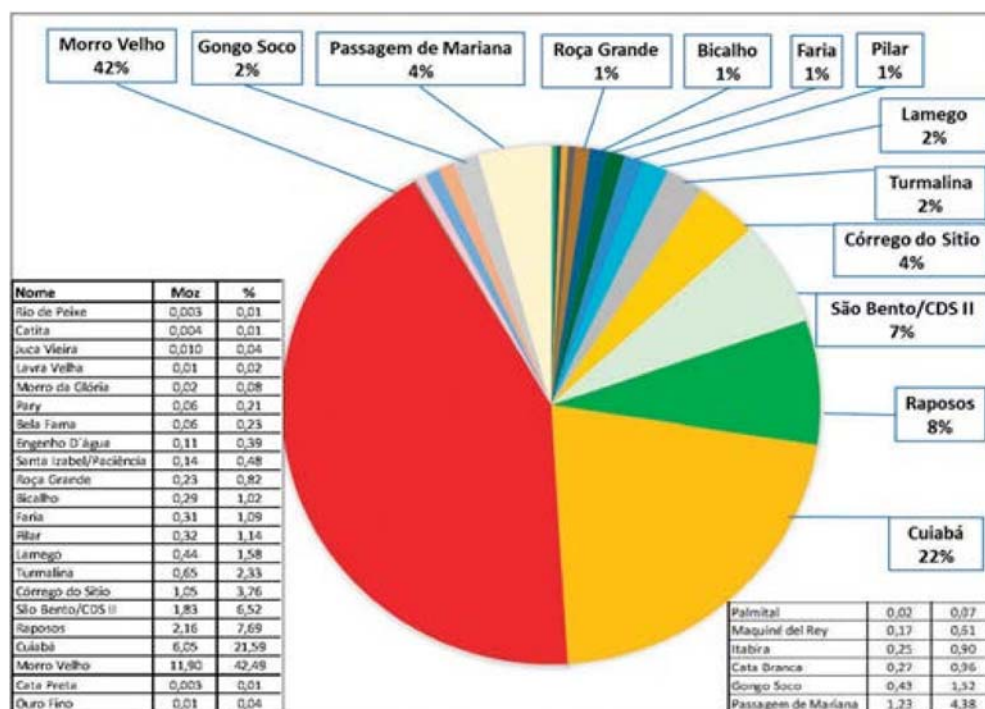


Figura 2.4. Gráfico percentual e tabela com produção das principais jazidas de ouro em rochas arqueanas e paleoproterozóicas do Quadrilátero Ferrífero (Extraído de Endo *et al.* 2020).

Ainda que menos abundantes, é pertinente destacar as ocorrências de ouro de idades Paleozoicas e Cenozoicas. As ocorrências paleozoicas estão associadas ao Supergrupo Minas e se apresentam em jazidas de ouro orogênico, paladiado e em *paleoplacers* (Renger *et al.* 1994).

O ouro orogênico de idade paleozoica ocorre distribuído por extensa faixa mineralizada a sudeste do Quadrilátero Ferrífero, abrangendo a área desde Ouro Preto até Santa Rita Durão. Como importante exemplo deste tipo de ocorrência tem-se a mina de passagem de Mariana, uma das mais importantes da região. Classificado como do tipo epigenético hidrotermal orogenético, as ocorrências auríferas desta mina possuem controle estrutural relacionado a falhas de empurrão nos flancos do anticlinal de Mariana (Vial *et al.* 2007; Cabral *et al.* 2010) e possuem clara associação espacial com turmalina de geração hidrotermal (Trumbull *et al.* 2019).

Como ouro paladiado, tem-se também uma extensa faixa que se estende pela região entre Mariana até a cidade de Itabira. Assim como o ouro orogênico de idade paleoproterozóica, nesta classe também existem várias minas já abandonadas, tendo como um importante exemplo a mina de Congo Soco. Este tipo é também uma classe especial e recebe a classificação de Jacutinga. São depósitos controlados estruturalmente e de origem hidrotermal (Galbiatti *et al.* 2007) e formam veios friáveis com ouro livre, muitas vezes com pepitas e agregados, e associados com elementos do grupo da platina (EGP) (Cabral 2006). A localização dos depósitos mais importantes do tipo Jacutinga se dá principalmente nos sinclinais Itabira e Gandarela (Oliveira *et al.* 2017) e são datados em idade Cambriana, associados com percolação de fluidos provavelmente impulsionada pela fase de colapso do orógeno Araçuaí (Oliveira *et al.* 2017).

Como último tipo dos principais depósitos de idade paleoproterozoica, temos os depósitos de *paleoplacers*, que são metaconglomerados piritosos da base da formação Moeda. Esses depósitos abrigam ouro associado a urânio e estão localizados majoritariamente nos sinclinais Moeda, Gandarela e Ouro Fino (Minter 2006). Dentre as rochas metassedimentares da formação Moeda, os metaconglomerados e quartzitos se apresentam como paleocanais sobre superfícies de aplainamento nos xistos arqueanos do Grupo Nova Lima (Villaça 1981; Minter *et al.* 1990) e a gênese destes depósitos ainda é discutida e apresenta versões controversas.

Por fim, há os depósitos de ouro em unidades Cenozoicas, que ocupam importante lugar na história da mineração do ouro, explorado superficialmente no princípio do século XVII em aluviões. Esse material é proveniente da desagregação de diversos tipos de depósitos auríferos e ocorre de forma disseminada em diversas localidades ao longo dos rios ou bacias hidrográficas da região.

2.3 GEOQUÍMICA E MORFOLOGIA DO OURO

O ouro (Au) é um elemento químico, de ocorrência metálica, com alta densidade (entre 15 e 19,3 g/cm³) e dureza entre 2,5 e 3,5. Destaca-se como bom condutor de energia elétrica, dificilmente sofre corrosão e tem características dúcteis e maleáveis sendo usualmente utilizado para produção de diversos tipos de ligas metálicas. Seu uso pode ser amplamente diverso e atrai desde mercados financeiros, industriais, eletrônicos até o mercado de joias e adornos.

Embora ainda sejam relativamente raros os estudos que busquem a caracterização química e morfológica do ouro no Brasil, há vários trabalhos na literatura internacional de referência para definição de métodos adequados a serem utilizados e para a discussão das feições identificadas. Nesse sentido, considera-se a coleta e análise de amostras aluvionares uma boa técnica de prospecção que pode ser utilizada em regiões com fraca exposição ou de difícil acesso, para caracterização de ocorrências de ouro de diversos tipos, dependendo do contexto geológico e da extensão dos rios em questão (Moon *et al.* 2006; Leybourne e Goodfellow 2010). Com contextos de ocorrência distintos, diferentes tipos de ouro, associados a formas de transporte variadas como material desagregado são dadas origem a diferentes padrões morfológicos e químicos às pintas de ouro aluvionar (Townley *et al.* 2003).

A Tabela 2.1 apresenta artigos internacionais com importantes resultados, que mostram metodologias de análises geoquímicas e morfológicas semelhantes.

Referência	Método de Análise
Freyssinet <i>et al.</i> 1989	Au Ag Cu Fe Ni S/ EMPA (Microsonda).
Liaqat Ali, 2011	Análise mineralógica automática QEMSCAN SEM-EDS-avaliação quantitativa de materiais por (microscopia eletrônica de varredura pelo método de energia dispersiva).
Alam <i>et al.</i> 2018	Análise dos elementos Au Ag Bi Hg Cu Fe Te/EPMA (Microsonda) e estudo de inclusões por Microscópio de varredura eletrônica (MEV/SEM).
Horbe <i>et al.</i> 2019	Análise geoquímica e morfologia do grão de ouro fornecida por ICP-ES, microsonda eletrônica e microscópio eletrônico (MEV).
Wierchowicz, 2002	Teste de 12 elementos para Microsonda (sendo detectados Au Ag Te Cu Fe Se) / EPMA.

Tabela 2.1. Métodos de análises realizados para análise química e morfológica de ouro ao redor do mundo.

De maneira geral, morfológicamente, as pintas de ouro são classificadas com o objetivo de se correlacionar padrões morfológicos à distância da área fonte primária (Chapman *et al.* 2021). Já para as análises químicas, principalmente os teores de Au, Ag e Cu são utilizados para indicar possíveis origens primárias dos grãos de Au e assim, prever possíveis cenários geológicos de mineralização primária do ouro (Townley *et al.* 2003). Para tal, pode-se notar que existe um certo padrão metodológico para o tipo de estudo em questão. Estudos que buscam a caracterização morfológica são conduzidos através do uso de microscopia eletrônica de varredura, enquanto análises químicas são realizadas principalmente por Microsonda (EMPA), mas também por MEV-EDS, por ICP-MS e por QEMSCAN.

O microscópio de varredura eletrônica (MEV) é uma importante ferramenta de análise, utilizada em quase a totalidade dos artigos listados na Tabela 2.1 e em análises deste tipo de grãos de Au aluvionar ao redor do mundo. Alam *et al.* (2019) mostram grãos apresentando inclusões de diferentes elementos, tornando possível, através da união de dados geoquímicos, da morfologia e dos elementos inclusos, obter informações e possivelmente o enquadramento genético do tipo de mineralização primária.

Horbe *et al.* (2019) realizaram perfis lateríticos em diferentes locais da região Centro Oeste do Brasil, aos quais foram integradas análises químicas e análises morfológicas em diversas pintas de Au retiradas de fontes aluvionares, coluvionares, de veios de quartzo e de saprólitos. Como principais morfologias foram destacadas as formas poligonais, alongado, irregular, sub arredondado e arredondado (Blatt *et al.* 1982 e Freyssinet *et al.* 1989). A união dos dados químicos que mostraram concentrações de elementos químicos e foram interpretadas como supergênicas, somados com a variação da morfologia dos grãos de Au obtida através de transporte, origem e intemperismo, possibilitaram aos autores propor uma correlação entre grupos de grãos e suas possíveis fontes primárias, como apresentado na Figura 2.5.

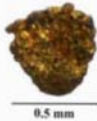
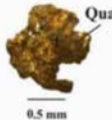
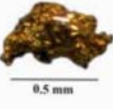
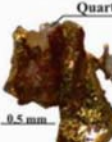
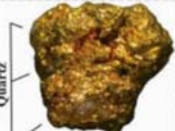
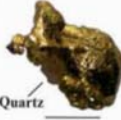
		Morphology						
Origin		Veins				Saprolite	Colluvium	Alluvium
Form	Sub-rounded rounded	 0.5 mm	 0.5 mm	 0.5 mm	 1 mm	X	 0.5 mm	 0.5 mm
	Irregular	X	 0.5 mm	 0.5 mm	 1 mm	 0.5 mm	 0.5 mm	 0.5 mm
	Elongated	X	 0.5 mm	 0.5 mm	 1 mm	 0.5 mm	 0.5 mm	 0.5 mm
	Delicate	X	 0.5 mm	 0.5 mm	 1 mm	 0.5 mm	 0.5 mm	 0.5 mm
	Polygonal	 0.5 mm	X	 0.5 mm	X	X	 0.5 mm	 0.5 mm

Figura 2.5. Classificação morfológica para grãos de Au (Modificado de Horbe *et al.* 2019).

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ETAPA DE CAMPO

O campo foi realizado entre os dias 01 a 05 de setembro de 2021, na região da bacia hidrográfica do ribeirão Varginha, nas adjacências das cidades de Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco e Itaverava. Coletou-se uma amostra na mesma localização dos pontos anômalos, tidos como referência, e realizou-se um adensamento da amostragem a montante dos mesmos, na área da bacia do ribeirão Varginha, com o objetivo de realizar um adensamento amostral para investigação de prováveis mineralizações primárias presentes na área.

A figura 3.1 mostra a área de estudo, os pontos anômalos de interesse e os pontos selecionados para adensamento da amostragem, já a Figura 3.2 mostra os pontos de coletas efetivamente realizados, uma vez que ao realizar parte das amostragens e obter resultados em campo, foram feitas alterações no planejamento de amostragem em função de objetivar cercar a mineralização aurífera de acordo com as pintas de ouro vistas na bateia.

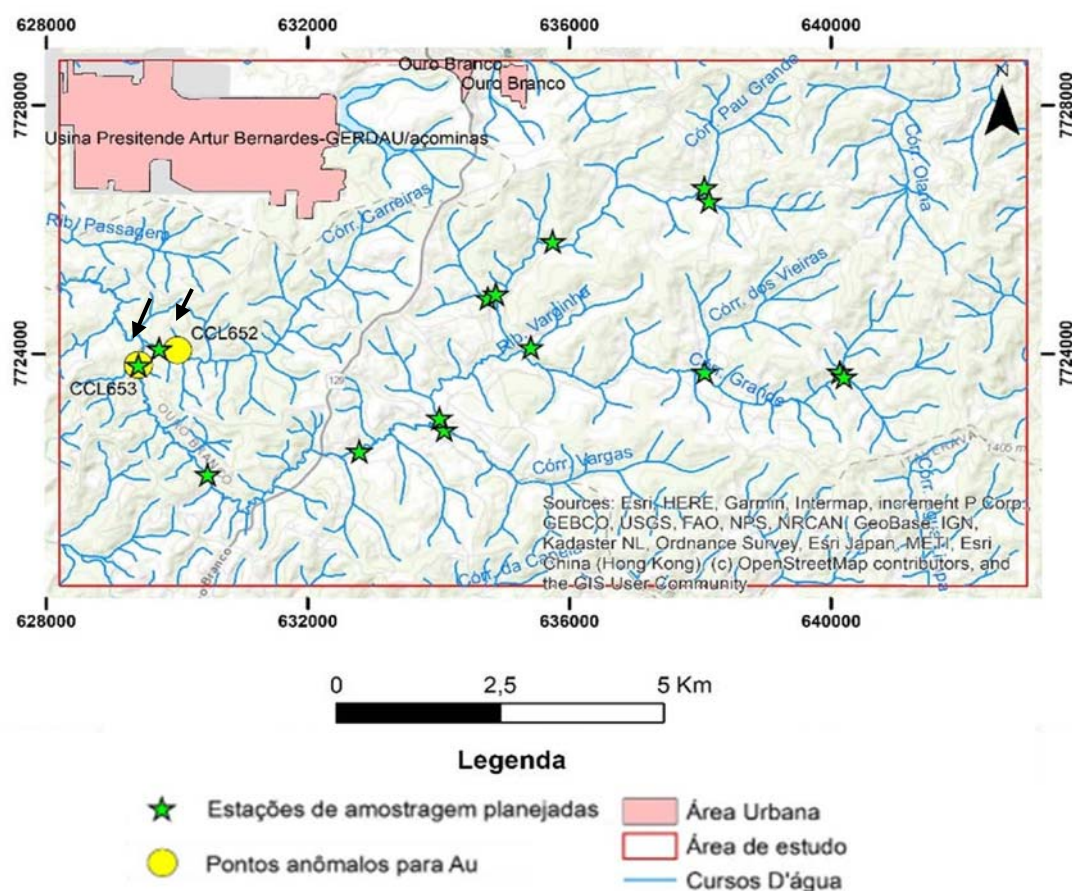


Figura 3.1. Mapa de planejamento de amostragem.

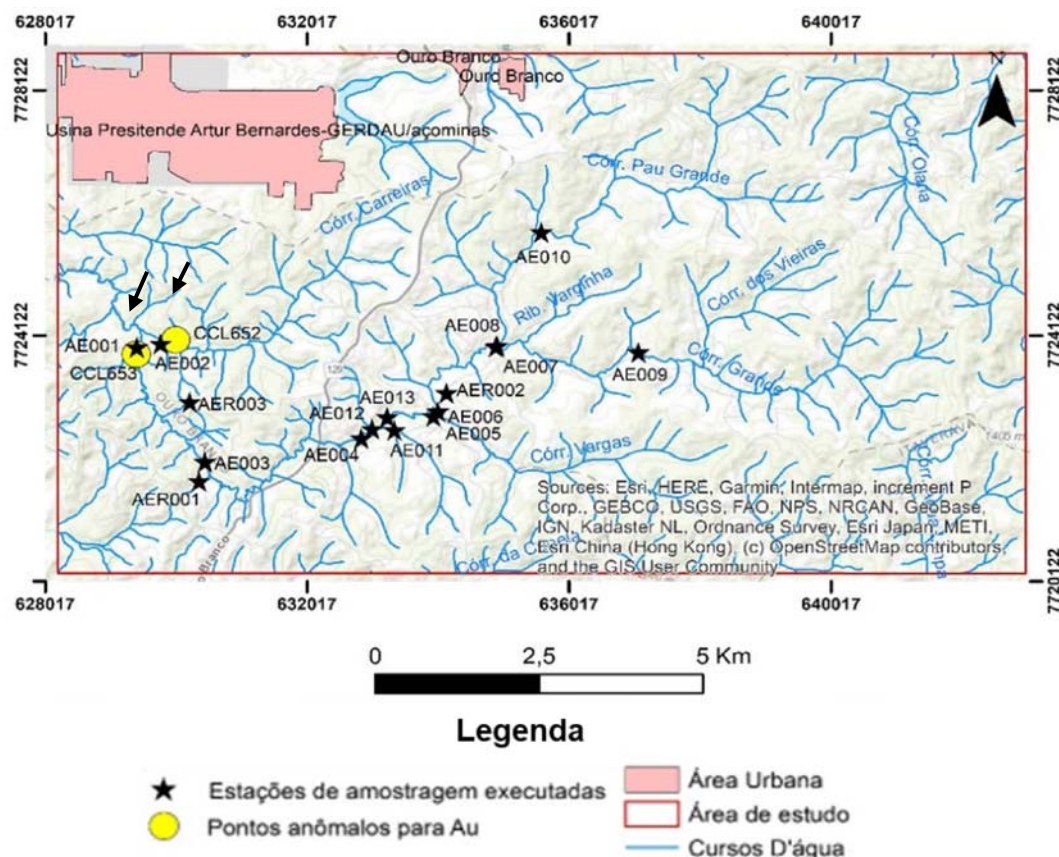


Figura 3.2. Mapa de amostragem da área de estudo com a localização das estações de coleta executadas e pontos anômalos para Au (CCL652 e CCL653) do projeto de mapeamento geoquímico do SGB-CPRM apontados por setas.

Foram coletadas 14 amostras de concentrado de bateia, em 13 pontos de amostragem aluvionar, com distância de aproximadamente 2,5 km entre eles. Além disso foram coletadas 4 amostras em afloramentos, sendo duas linhas de seixos coluvionares, uma amostra de veio de quartzo e uma amostra de xisto e metapelito (figura 3.3). As amostras aflorantes (colúvios, veio de quartzo e xistos) foram coletadas com o objetivo de verificar a possibilidade de encontrar ouro de fontes diferentes das aluvionares, para estudo morfológico e caracterização da assinatura geoquímica.

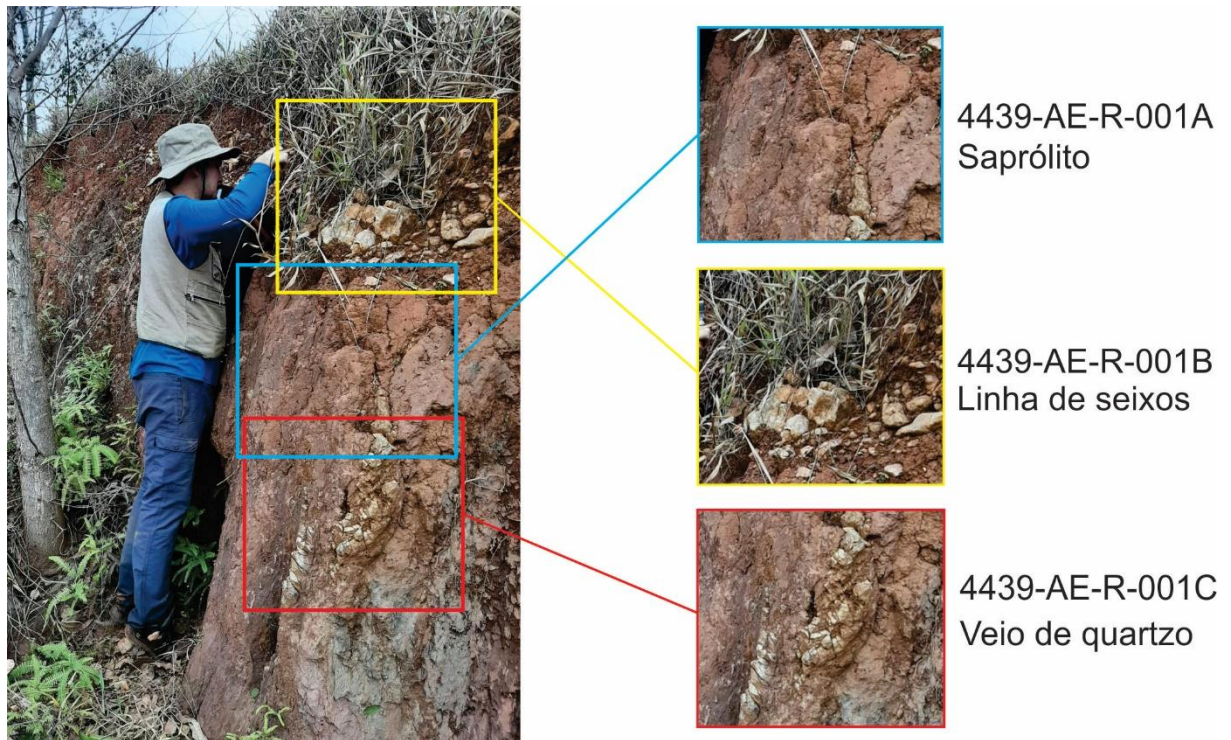


Figura 3.3 – Coleta de amostras em afloramento, sendo evidenciado o saprólito (retângulo azul), uma linha de seixos (retângulo amarelo) e um veio de quartzo (retângulo vermelho).

A coleta teve início a partir da identificação de um ponto adequado nas drenagens do rio, geralmente nas curvas internas das drenagens, onde ocorre a deposição dos minerais pesados, podendo também ser atrás de barreiras físicas, como troncos de árvores, por exemplo, que facilitem a deposição dos grãos de Au e de outros minerais pesados de relevância como pirita e pirita limonitizada.

A partir da identificação do melhor local para a amostragem, a coleta do cascalho do fundo da drenagem é realizada com uma pá e um balde de 10 litros (Figura 3.4A). A seguir é realizada a primeira fase de peneiramento, na granulometria maior do que quatro milímetros ($> 4\text{mm}$), com o objetivo de separar as frações maiores de fragmentos (*oversize*) como pode ser visto na Figura 3.3B.



Figura 3.4. A) Equipamentos utilizados para coleta do material no fundo da drenagem. B) Peneira de graduação de 4mm utilizada na primeira etapa de peneiragem para tratamento do concentrado de bateia.

Em cada estação de amostragem foram coletados dois baldes de dez litros, totalizando uma quantidade de vinte litros de cascalho por amostra. Este volume de material amostrado teve como objetivo manter o padrão de coleta utilizado no Projeto Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero, permitindo assim a comparação dos resultados. As coletas foram realizadas de duas maneiras: do tipo simples, coletadas exatamente no mesmo local do rio, e do tipo composta, coletadas em duas localidades próximas uma da outra em um mesmo ponto, de acordo com a situação de cada uma das drenagens. O condicionamento da escolha do tipo de amostragem se dá pela análise do material contido na primeira bateia. Onde são encontradas pintas de Au, mantém-se a coleta simples e, caso contrário, é analisada a possibilidade de encontrar alguma localização mais adequada, fazendo uma amostragem composta.

Seguido pela primeira etapa de peneiramento, repete-se o peneiramento, porém em peneira com fração granulométrica menor do que dois milímetros ($<2\text{mm}$), com objetivo de obter o material com fração adequada para a realização da etapa de bateamento (Figura 3.5A). Dessa maneira, com o material devidamente peneirado em 2 etapas, é realizado o bateamento, com o objetivo de separar os minerais por densidade, através da água da drenagem, como mostra a figura 3.5B.



Figura 3.5. A) Segunda etapa de peneiramento (2mm) para retirada da fração ideal utilizada na bateia. B) Bateamento da fração retirada após as duas etapas de peneiramento.

Além disso, as bordas das peneiras são preenchidas por silicone e conta-se com uma escova de aço, que é utilizada para retirar quaisquer pequenos fragmentos entre os pontos, evitando a contaminação. Como destacado acima, os materiais utilizados na coleta de campo podem ser vistos na Figura 3.6.



Figura 3.6. Equipamentos utilizados na coleta dos concentrados de bateia: bateias de raios de 54 cm e 30 cm, capa para as bateias, peneiras de 2mm e 1mm e escova de aço.

Em todos os pontos foi realizada a verificação da mineralogia do fundo da bateia utilizando-se lupa de bolso (Figura 3.7). Sempre que detectada a presença, os grãos de ouro foram contados e a informação anotada na caderneta.



Figura 3.7. Verificação do fundo da bateia com pintas de Au, por lupa de mão com aumento de 15X.

Após a coleta do material de concentrado de bateia, é feito seu armazenamento, utilizando-se a água da drenagem para deslocar o material até o saco plástico designado para armazenamento. Após depositar no recipiente plástico, este é lacrado e pesado (Figura 3.8). Os dados são descritos na caderneta de campo. A quantidade de material coletado visada por amostra segue volume utilizado nos projetos da SBG-CPRM, entre 200 e 250 gramas de concentrado de bateia final.



Figura 3.8. Pesagem do concentrado de bateia final em campo.

3.2 ETAPA LABORATORIAL

3.2.1 Preparação das amostras

Após a etapa de campo deu-se início à etapa laboratorial com o preparo de amostras, realizado nos laboratórios da CPRM, na cidade Caeté (Laboratório de Análises Minerais – LAMIN) e em Belo Horizonte (Superintendência Regional – SUREG BH), seguindo a ordem de acordo com a Figura 3.9 e o padrão adotado pelo SGB-CPRM.

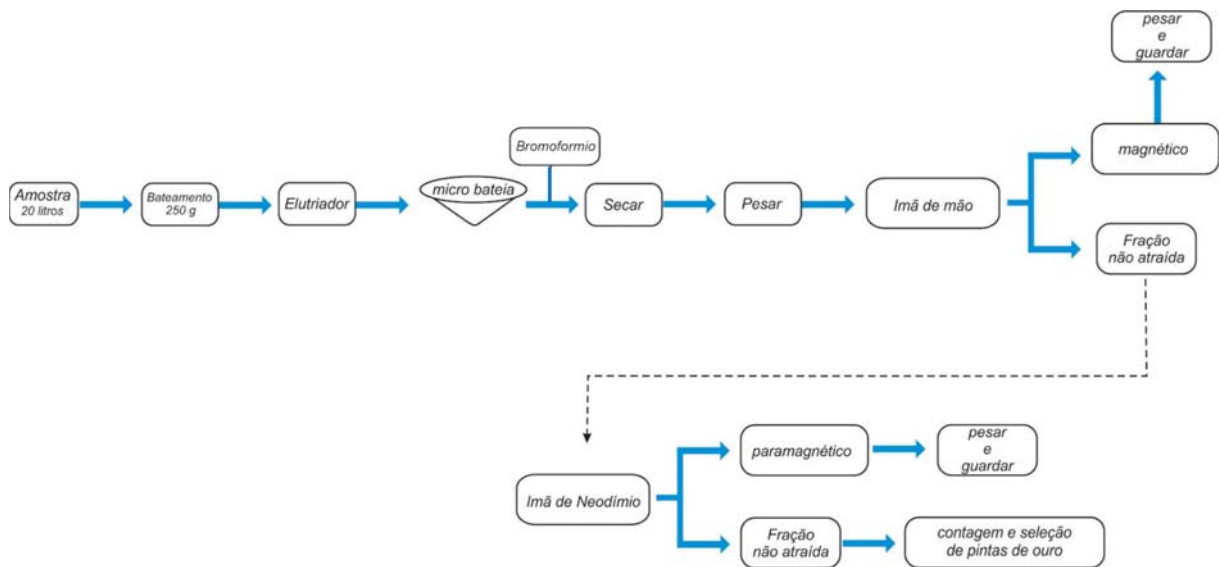


Figura 3.9. Etapas de preparo laboratorial segundo padrão da divisão de geoquímica do SGB-CPRM.

Inicialmente, no laboratório LAMIN Caeté, os concentrados de bateia foram retirados do recipiente plástico e submetidos ao elutriador, que consiste em um recipiente de vidro com duas mangueiras acopladas em sua base, que gera um fluxo ascendente de água, que tem a função de remover as frações silte/argila do material (Figura 3.10).



Figura 3.10. Utilização do Elutriador para remoção da fração silte/argila dos concentrados de bateia.

Seguido por este processo, deu-se início ao microbateamento, que tem por objetivo retirar de maneira refinada os minerais mais leves e concentrar ainda mais os minerais pesados, objetivando facilitar o processo da catação das pintas de Au. Além disso, fez-se o uso de líquido denso (bromofórmio) com objetivo de refinar a separação entre minerais leves e pesados (Figuras 3.11 A-C).

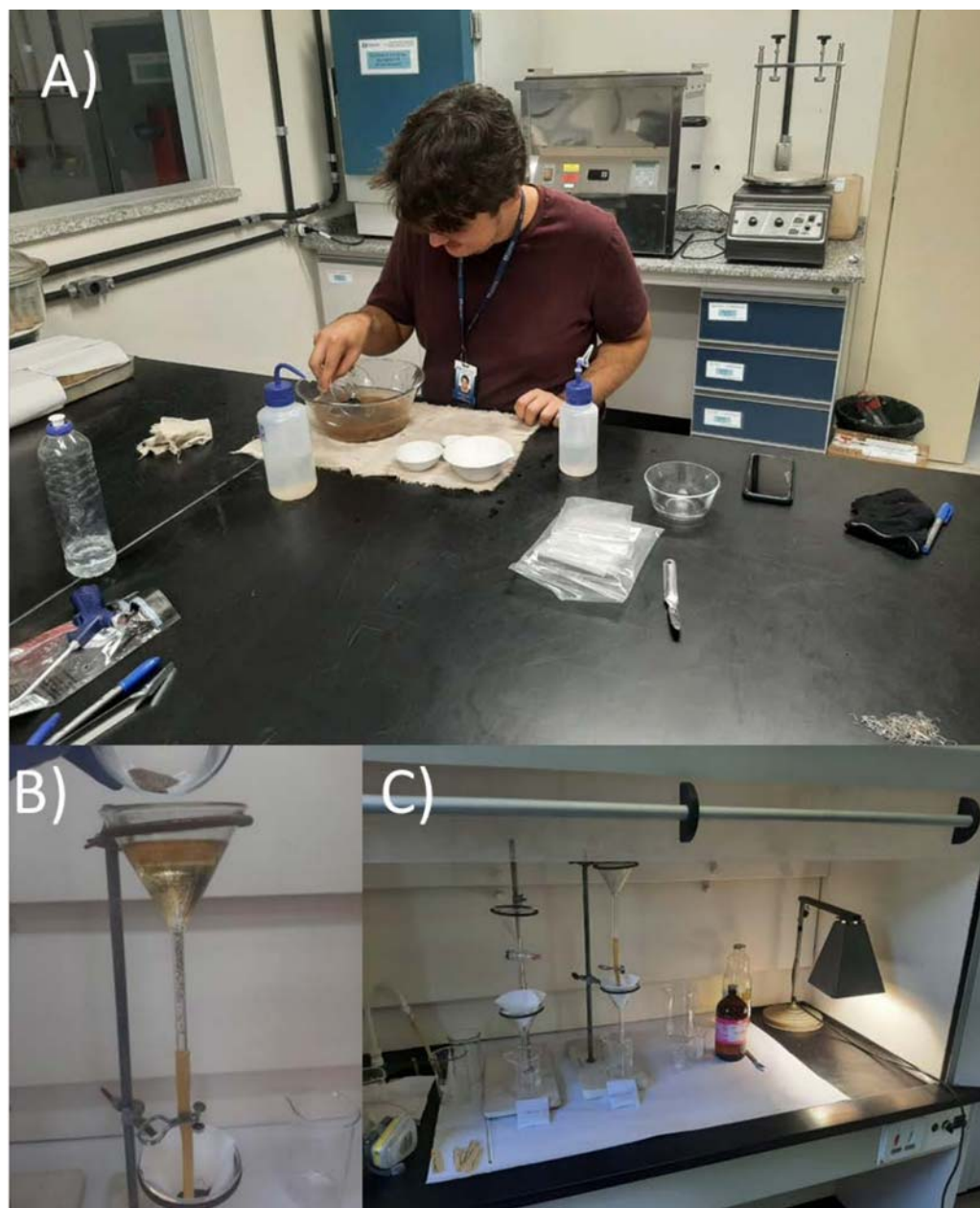


Figura 3.11. A) Realização do microbateamento. B e C) Refinamento da separação por densidade através de líquido denso (bromofórmio).

A próxima etapa no preparo laboratorial foi realizada no prédio do SBG-CPRM em Belo Horizonte, durante a qual foi realizada a separação magnética, em duas etapas. A primeira delas foi feita com imã de mão, retirando a fração magnética dos concentrados de bateia, principalmente compostas por magnetita e pirrotita. Após realizada a separação magnética em imã de mão, foi realizada a separação por imã de neodímio, quando retira-se os minerais paramagnéticos, ou seja, minerais com suscetibilidade magnética entre 0,3 até 1 Ampère, como ilmenita, biotita, piroxênios, hornblenda, turmalina, ghanita. Dessa maneira, restaram nas amostras apenas minerais não magnéticos (Figuras 3.12 A-B). Além das

pintas de Au permaneceram zircão, pirita e scheelita que são possíveis minerais guias para mineralizações de ouro.

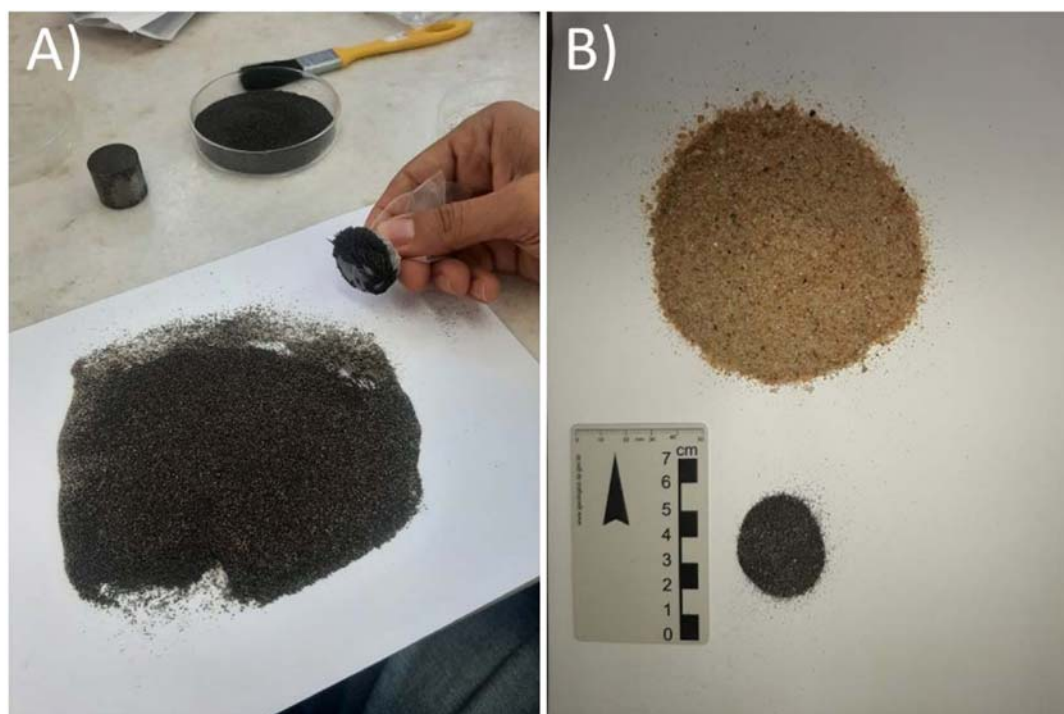


Figura 3.12. A) separação magnética por imã de mão, retirando frações paramagnéticas. B) final da separação magnética por imã de mão e por imã de neodímio.

Com a fração não atraível final das amostras, os materiais são submetidos à lupa binocular com sistema de captura de imagem de 12.3MP integrado, da marca OPTICAM, modelo OPZTS, para catação e categorização das pintas de Au, em frações em menores de 0,5mm, entre 0,5mm-1mm e maior que 1mm (Figura 3.13A). Com o auxílio de uma pinça, as pintas foram catadas e coladas em uma lâmina de vidro com uma fita carbono para que fossem feitas as análises morfológicas por microscopia eletrônica de varredura - MEV (Figura 3.13B).

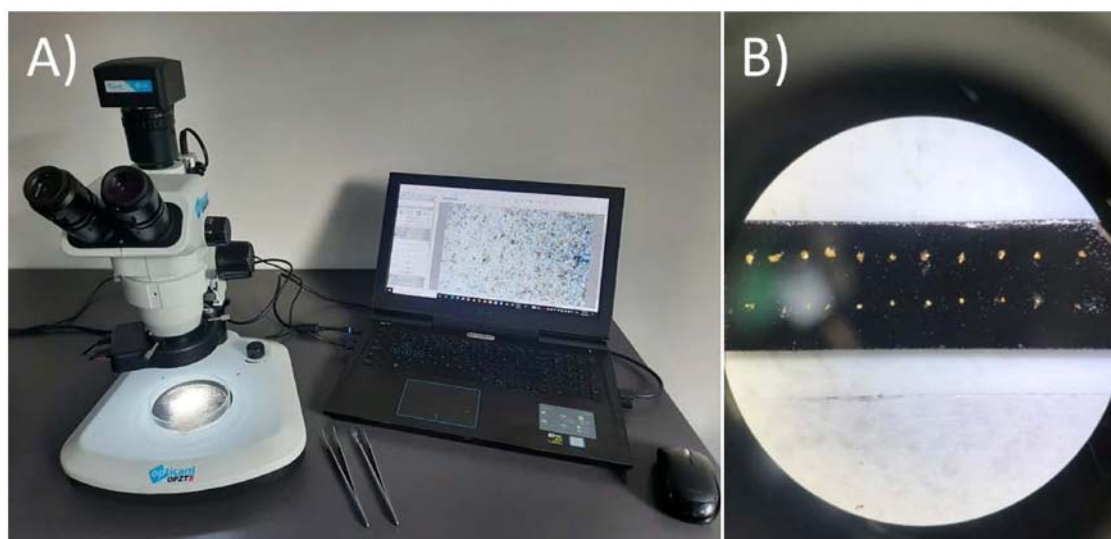


Figura 3.13. A) Catação das pintas de Au na lupa OPTICAM modelo OPZTS. B) Pintas de Au coletadas no campo para a dissertação coladas em fita dupla face.

Após retornarem das análises morfológicas em MEV, as pintas foram devidamente retiradas das fitas de carbono e montou-se com resina os *mounts* para que fossem feitas as análises químicas semiquantitativas em MEV-EDS. Após montar os *mounts*, os mesmos foram submetidos a desbaste e polimento com o objetivo de expor as superfícies dos grãos e obter uma superfície o mais plana possível para que quando submetidos ao sistema MEV-EDS, para microanálises químicas, houvesse menor interferência e portanto melhor leitura, visando também detectar inclusões sólidas nas pintas de ouro (Figura 3.14 A-B).

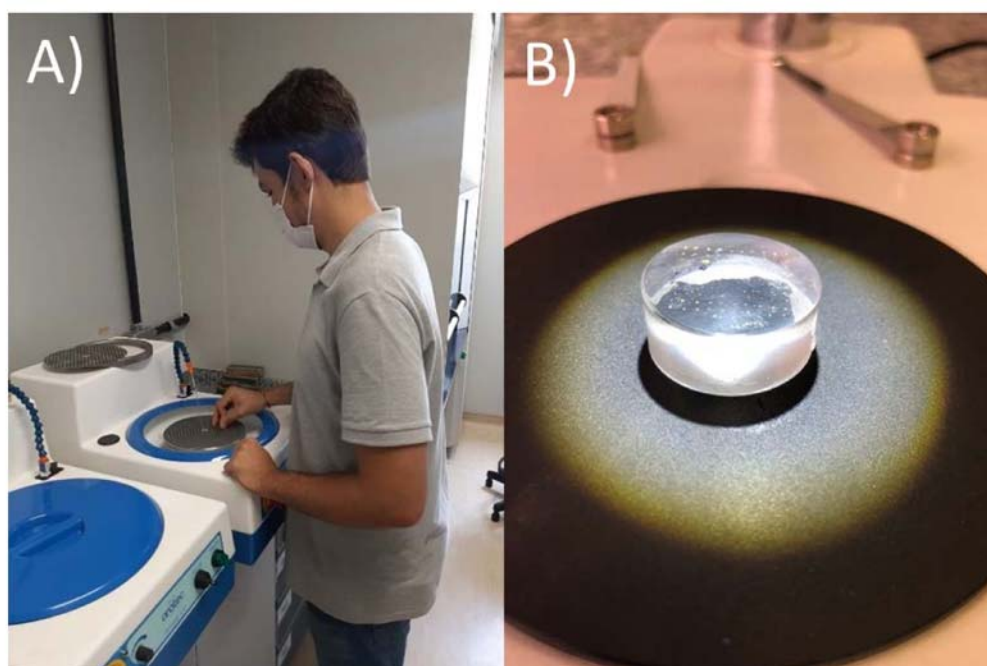


Figura 3.14. A) Polimento do *mount* para análise em MEV-EDS. B) *Mount* polido com pintas de Au.

3.2.2 Análises em MEV-EDS

Após o preparo das amostras nos laboratórios do SGB-CPRM, estas foram levadas ao Laboratório de Microscopia e Microanálises - LMic da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) para que fossem preparadas para as microanálises químicas.

Os *mounts* foram metalizados utilizando-se carbono e as análises foram realizadas em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), marca Jeol, modelo JSM 6510, com filamento de tungstênio, do Laboratório de Microscopia e Microanálises - LMic da UFOP (Figura 3.15), para estudos de morfologia e investigação qualitativa da composição dos grãos. Para tanto, foram geradas imagens utilizando-se sensores de elétrons secundários (SE – *secondary eletrons*) e elétrons retro-espalhados (BSE – *Backscattered eletrons*) além de uma composição de imagens feita através da fusão das imagens SE e BSE. Já para as análises qualitativas para a caracterização química dos grãos de ouro, utilizou-se o espectrômetro por energia dispersiva de raios-x (EDS - *energy dispersive spectrometer*), utilizando 20 kV para voltagem de aceleração, distância de trabalho de 15 mm, *spot size* 70. Para a caracterização geoquímica foram dosados em todas as análises os elementos químicos Au, Ag, Cu, Hg, Pd, Fe, Ni, As, Bi, Te, S, Se, Zn. Todas as análises tiveram os teores normalizados para 100%. Os elementos dosados foram determinados através da extensa revisão bibliográfica baseada em padrões de artigos internacionais (Chapman *et al.* 2021; Ateh *et al.* 2021; Ketchaya *et al.* 2022).



Figura 3.15. Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), marca Jeol modelo JSM 6510 do Laboratório de Microscopia e Microanálises - LMic da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) (Extraído de <https://posdegeo.ufop.br/mev>).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 INTRODUÇÃO

Após o término das etapas de campo e laboratoriais, foram obtidas um total de 925 pintas de ouro, em 13 dos 17 pontos de amostragem dos quais analisaram-se 75 grãos de ouro para levantamento de padrões morfológicos e 180 para análise química em MEV-EDS (Tabela 4.1). Dessa maneira, os resultados serão apresentados a partir das morfologias encontradas, seguidos pela caracterização química de três grupos de grãos de ouro distintos: os grãos homogêneos, grãos zonados e grãos com borda e núcleo distintos. Como notação adotada para a descrição dos resultados, a terminologia “ouro” será utilizada para grãos minerais enquanto o termo “Au” será utilizado para referência ao elemento químico.

Tabela 4.1. Resumo do total de pintas de ouro coletadas, das análises morfológicas e das análises químicas.

Pontos	Pintas de Au	Análise Morfológica	Análise Química
AE-B-001A	597	22	45
AE-B-001B	120	0	0
AE-B-002	14	9	14
AE-B-003	65	12	35
AE-B-004	45	12	35
AE-B-005	7	2	7
AE-B-006	0	0	0
AE-B-007	1	1	0
AE-B-008	0	0	0
AE-B-009	2	0	2
AE-B-010	4	1	4
AE-B-011	1	1	0
AE-B-012	66	12	35
AE-B-013	3	3	3
AE-R-001	0	0	0
AE-R-002	0	0	0
AE-R-003	0	0	0
TOTAL	925	75	180

4.2 ADENSAMENTO DA AMOSTRAGEM PROSPECTIVA

Na Figura 4.1 estão destacadas as localizações de cada um dos pontos amostrados de acordo com a classificação positiva ou negativa para pintas de ouro vistas no fundo da bateia, em campo. Ocorrências/indícios auríferos já pré-determinados, segundo banco de dados da SGB-CPRM, estão demarcadas com os símbolos de martelos para baixo, indicando se tratarem de ocorrências/indícios inativos. Esses recursos inativos podem ser classificados como indícios, ocorrências ou garimpos. Por fim, demarcados por círculos com um x, tem-se furos de sondagem realizados pela empresa *IamGold*, identificados como FVG24, FCR07 e FIT02 (Corrêa Neto *et al.* 2012).

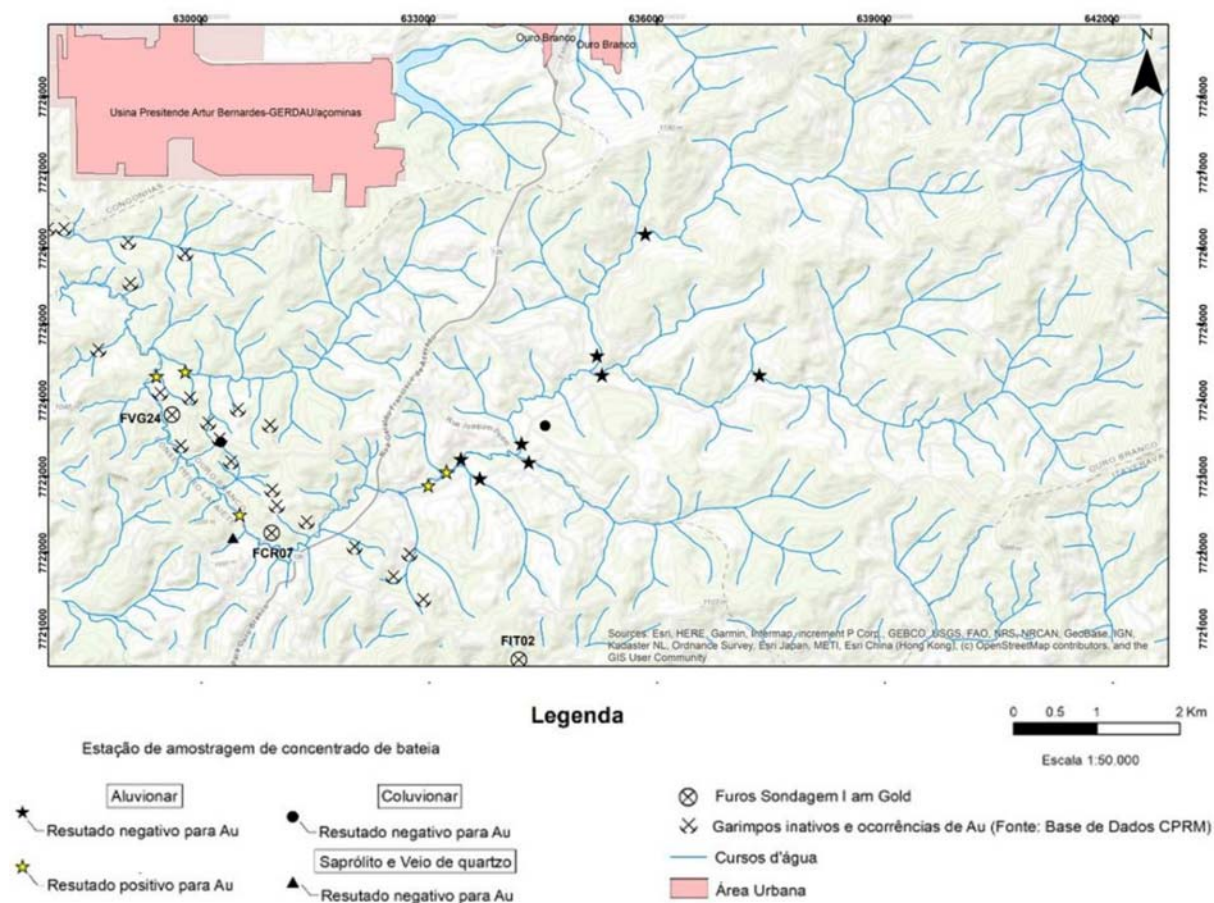


Figura 4.1. Mapa de distribuição dos pontos amostrados. Em amarelo, pontos positivos para ouro vistos em campo, no fundo da bateia. Em preto, pontos negativos para ouro vistos em campo, no fundo da bateia. Os martelos indicam recursos minerais inativos do banco de dados do SBG-CPRM. Os círculos com x no centro indicam furos de sondagens realizados na área, pela empresa *IamGold*.

Enquanto isso, na Figura 4.2 estão destacadas as localizações de cada um dos pontos amostrados, com o respectivo número de pintas de Au. vistas e contadas em laboratório. Dessa maneira,

é importante notar que enquanto apenas 5 pontos foram positivos para ouro em campo, em laboratório foram identificadas pintas em 11 pontos, sendo que os pontos com maior quantidade de pintas são os mesmos para os quais identificou-se ouro em campo.

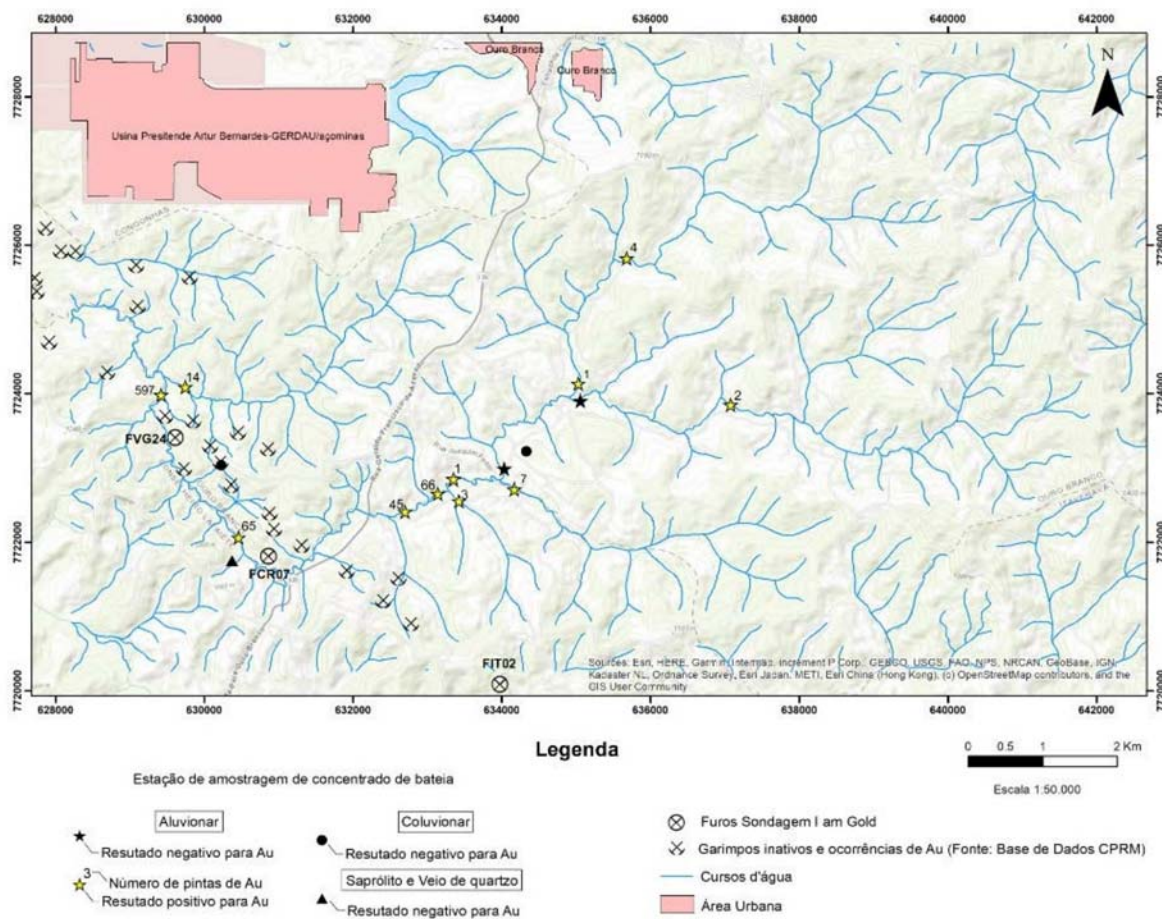


Figura 4.2. Mapa de distribuição dos pontos amostrados com respectivos números de pintas de ouro contadas em laboratório. Em amarelo, pontos positivos para ouro. Em preto, pontos negativos para ouro. Os martelos indicam recursos minerais inativos do banco de dados do SBG-CPRM. Os círculos com x no centro indicam furos de sondagens realizados na área pela empresa *IamGold*.

4.3 MORFOLOGIA

Foram submetidas a análises morfológicas em MEV setenta e cinco pintas de ouro de dez diferentes pontos. A partir da caracterização morfológica, as pintas de ouro analisadas, distribuídas em 10 pontos do trabalho em questão, foram categorizadas conforme apresentado a seguir: alongadas, irregulares, sub arredondada ou arredondadas. A Tabela 4.2 mostra a distribuição dos tipos de pinta de ouro, segundo a morfologia identificada, para os pontos amostrados.

Tabela 4.2. Distribuição morfológica dos grãos de ouro por ponto amostrado: SA = subarredondado; Al = alongado; A = arredondado; I = irregular.

PONTO 1A		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5		PONTO 7		PONTO 10		PONTO 11		PONTO 12		PONTO 13	
Grão	Classe	Grão	Classe	Grão	Classe	Grão	Classe	Grão	Classe	Grão	Classe	Grão	Classe	Grão	Classe	Grão	Classe	Grão	Classe
1	SA	1	I	1	SA	1	SA	1	I	1	I	1	A	1	SA	1	I	1	SA
2	Al	2	A	2	SA	2	Al	2	AS							2	SA	2	A
3	A	3	SA	3	I	3	SA									3	I	3	Al
4	I	4	I	4	I	4	A									4	SA		
5	I	5	SA	5	I	5	Al									5	Al		
6	A	6	A	6	I	6	SA									6	A		
7	I	7	Al	7	A	7	SA									7	A		
8	I	8	Al	8	I	8	Al									8	Al		
9	I	9	I	9	SA	9	A									9	Al		
10	I			10	I	10	A									10	I		
11	I			11	I	11	SA									11	I		
12	Al			12	SA	12	I									12	I		
13	I																		
14	Al																		
15	Al																		
16	SA																		
17	SA																		
18	A																		
19	A																		
20	SA																		
21	A																		
22	SA																		

Os grãos de ouro arredondados e subarredondados possuem como principal característica bordas curvas, sem arestas ou formas poligonais, tendo em sua maioria formas ovais. Estão distribuídos em 9 pontos dos 10 analisados (Figura 4.3), não aparecendo apenas no ponto 7, que foi o ponto com apenas uma única pinta de ouro presente.

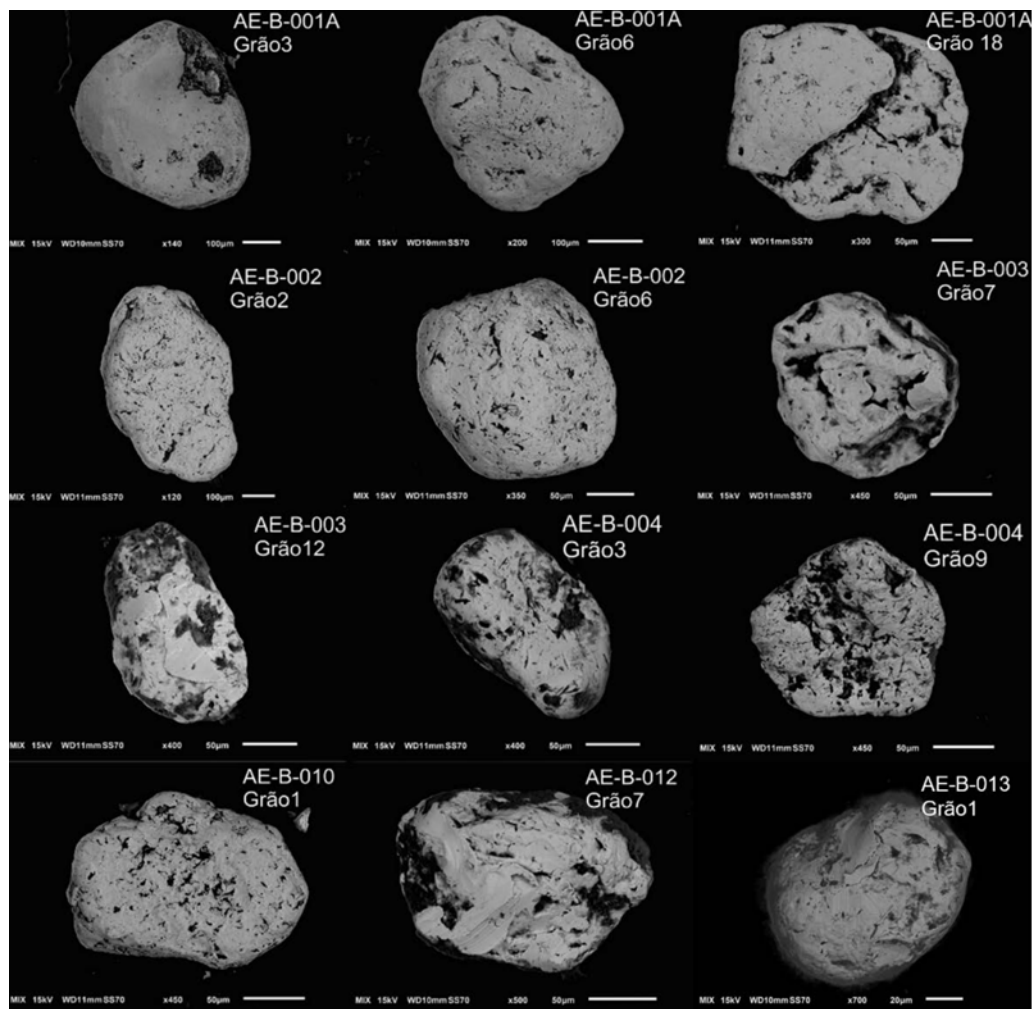


Figura 4.3. Grãos de Ouro analisados em MEV, categorizados como arredondados/subarredondados (fotomicrografias por fusão das imagens de elétrons secundários e retroespalhados).

Os grãos irregulares, apesar de mostrarem contornos curvos, apresentam reentrâncias que descaracterizam as formas arredondadas ou sub-arredondadas. Esse tipo de morfologia se destaca na grande maioria dos pontos, estando presente em 8 dos 11 pontos analisados (Figura 4.4). Não foram identificados grãos com esse padrão de forma nos pontos AE-B-010, AE-B-011 E AE-B-013.

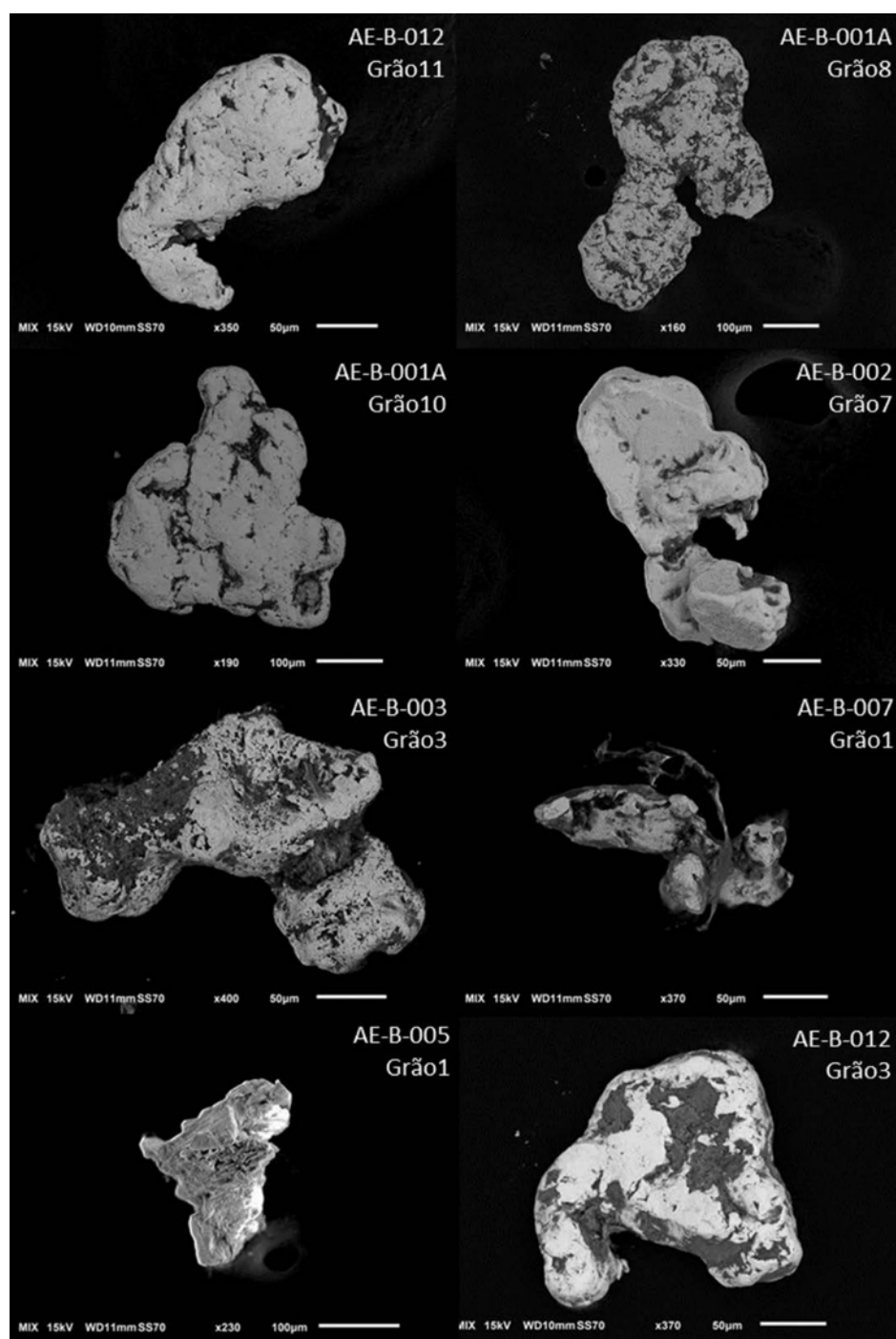


Figura 4.4. Grãos de Ouro analisados em MEV categorizados como irregulares (fotomicrografias por elétrons secundários e retroespalhados).

Por fim, os grãos alongados, conforme mostra a Figura 4.4, são caracterizados por razões axiais que, em geral, superam razões da ordem de 3:1. Esses grãos configuram a morfologia menos presente dentre os grãos analisados, tendo sido observada em 5 pontos do 11 estudados.

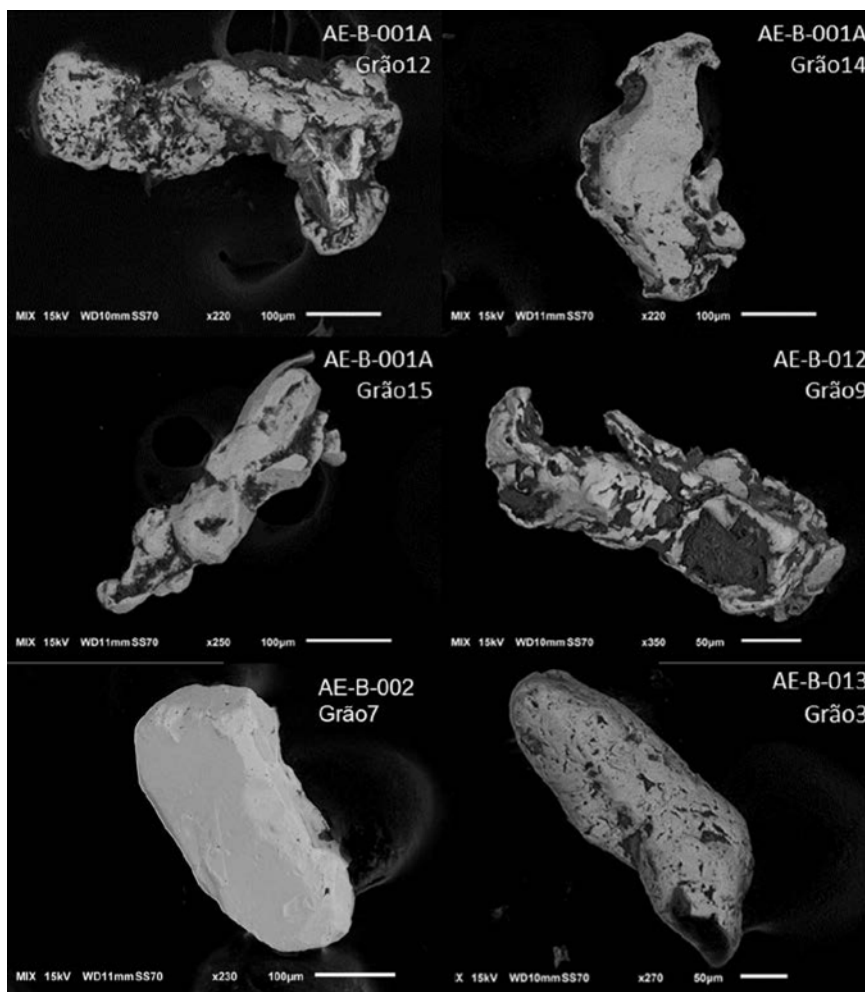


Figura 4.5. Grãos de Ouro analisados em MEV categorizados como alongados (fotomicrografias por fusão das imagens de elétrons secundários e retroespalhados).

4.4 MICROANÁLISES QUÍMICAS – MEV-EDS

No processo de polimento dos *mounts* 20 pintas foram perdidas. Por isso, das 182 pintas, foram analisadas 162, distribuídas em 10 pontos. Identificaram-se três padrões de assinaturas químicas: grãos homogêneos, grãos zonados e grãos com borda e núcleo com características químicas distintas. Além disso, foram identificadas 29 inclusões nos três tipos de padrões geoquímicos dos grãos.

A Tabela 4.3 mostra a distribuição dos três tipos químicos encontrados. A grande maioria são de grãos homogêneos, mais de 60% do total, seguidos por grãos com borda e núcleos quimicamente diferentes, pouco mais de 26,5% e, por fim, os grãos zonados, perfazendo 13% do total. Os grãos que apresentaram algum tipo de inclusão somam pouco mais de 20% do total.

Tabela 4.3. Tabela resumo das classificações dos grãos relativos à assinatura química.

Tipologia	Número de Grãos	Porcentagem
homogêneos	98	60,5
borda/núcleo	43	26,6
zonados	21	13
Total	162	100
Inclusões	33	20,4

Assim como para as imagens apresentadas para ilustrar os tipos morfológicos observados, as imagens que mostram os grãos analisados foram geradas a partir de uma composição feita através da fusão das imagens obtidas a partir dos detectores de elétrons secundários (SE – *secondary eletrons*) e elétrons retro-espalhados (BSE – *Backscattered eletrons*). O anexo 1 apresenta as tabelas químicas completas das 162 análises realizadas, bem como os erros associados. As tabelas foram apresentadas considerando a apresentação dos elementos na forma de óxidos e foram feitos os devidos cálculos estequiométricos para adequação das análises em pintas de ouro.

4.4.1 Grãos Homogêneos

Os grãos homogêneos se destacam como a tipo mais abundante dentre os grãos analisados neste trabalho, perfazendo 60% do total de grãos analisados. Ao analisar os dados químicos, tem-se que a concentração de Au varia entre 55% e 87%, com um valor médio de 81,6%. Além disso, os teores de prata variam entre 0,02% e 33,63%, com uma média de 5,64%.

A Figura 4.6 traz como exemplo a análise corresponde a um grão, do ponto AE-B-001A. O grão apresenta no núcleo 76,19% de teor de Au e 10,78% de Ag e na borda 76,54% de teor Au e os mesmos 10,78% de Ag. A análise foi feita nas regiões central e borda para mostrar que em grãos homogêneos, independente da região da análise os teores se mostram muito semelhantes.

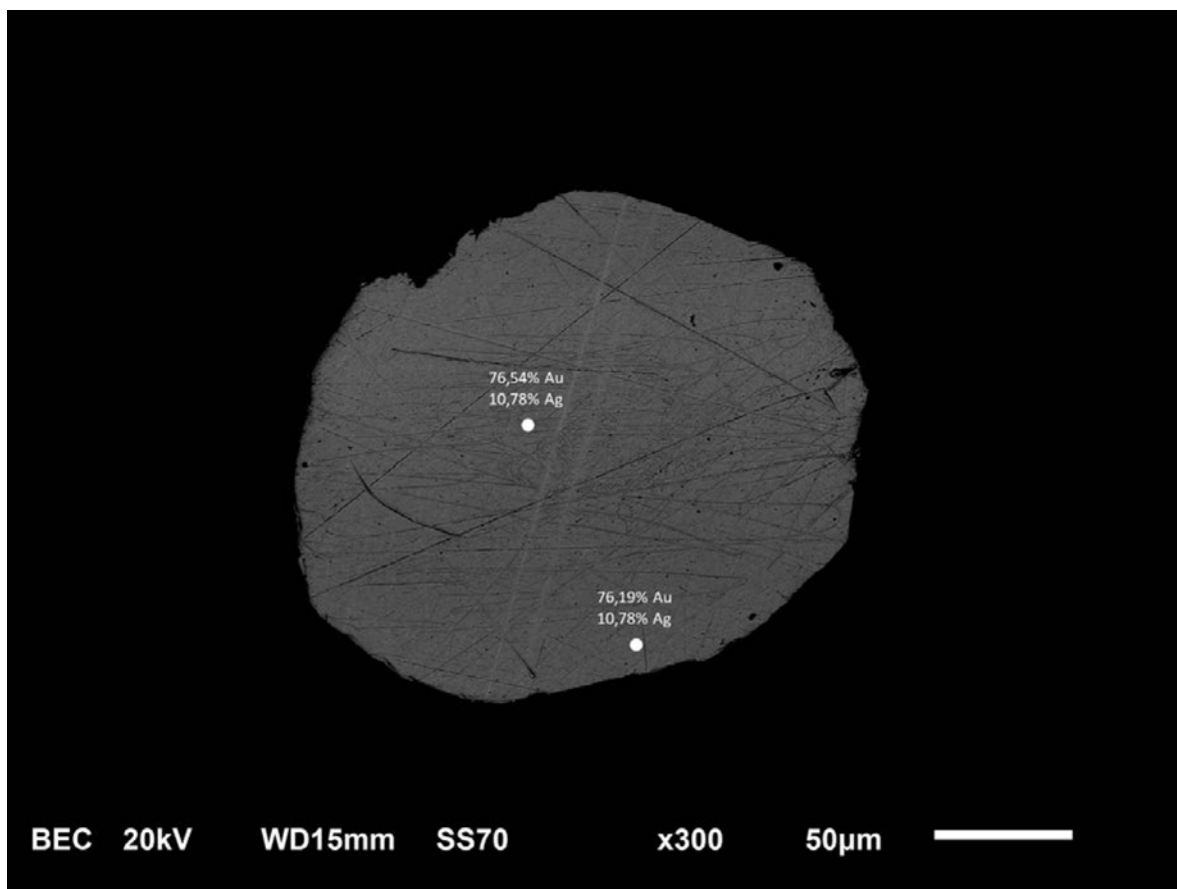


Figura 4.6. Grão de ouro 87, *mount* 1 (AE-B-001A grão 32) analisado em MEV-EDS no centro e na borda do grão (pontos em branco).

4.4.2 Grãos com Borda e Núcleo quimicamente distintos

Quarenta e três grãos se destacaram nas análises por apresentarem dados químicos claramente distintos entre borda e núcleo. Ao analisar os dados químicos tem-se como padrão o aumento dos teores de Au do núcleo para a borda dos grãos. No núcleo o teor de Au varia de 3,74% a 86,29%. Já nas bordas o percentual de Au varia de 57,61% a 86,80%, com média de 84,27%. Os teores de Ag nos núcleos dos grãos variam entre 0,03% até 39,34%, com média de 12,61%, enquanto nas bordas apresentam valores de 0% a 31%, com média de 2,25%.

A Figura 4.7 traz como exemplo as análises correspondendo ao ponto AE-B-010, grão 1, como grão representativo das 43 análises em grãos com bordas e núcleos distintos encontrados no trabalho. Enquanto na análise realizada no centro do grão o teor de Au é de 65,96% e 21,98% de Ag, a análise da borda apresenta teores de 86,21% de Au e 0,27% de Ag, notando-se que a diferença de tonalidade reflete

maiores teores de Ag nas áreas mais escuras, enquanto a maior concentração de Au prevalece nas regiões mais claras.

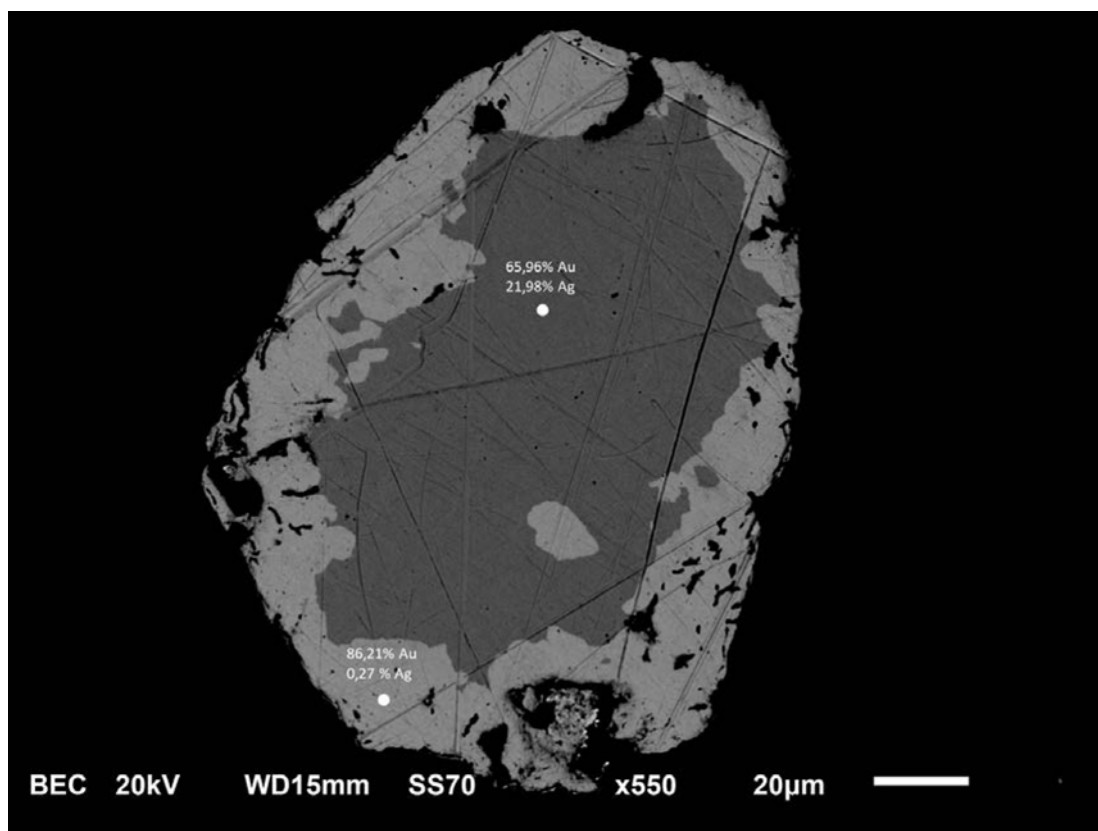


Figura 4.7. Grão de ouro 52, *mount* 1 (AE-B-010 grão 01) analisado em MEV-EDS, no centro e na borda do grão.

4.4.3 Grãos com Zonamento Composicional

Foram classificados como grãos com zonamento aqueles que apresentam variação composicional interna não regular, identificam-se zonas composicionalmente distintas distribuídas aleatoriamente (Figura 4.8). Foram classificados 21 grãos com esse padrão de variação composicional interna. Seus teores de Au são bem variáveis, apresentando concentrações entre 65,88% até 86,79%. Para Ag, os valores partem de grãos que apresentaram concentrações de 0,02% até 22,45%, tendo como média 5,247%. Dessa maneira, os grãos zonados são aqueles com menores teores de Au dos três tipos.

A Figura 4.8 traz como exemplo o grão 19, pertencente ao *mount* 1, correspondendo ao ponto AE-B-001A. Nota-se claramente a alternância entre tonalidades em diferentes partes do grão. A análise realizada áreas com tonalidade mais clara apresenta teor de Au de 86,36% e valor de Ag próximo a zero (0,21%). Enquanto isso, nas regiões com tonalidade escura, tem-se ~77% de Au e ~7% de Ag.

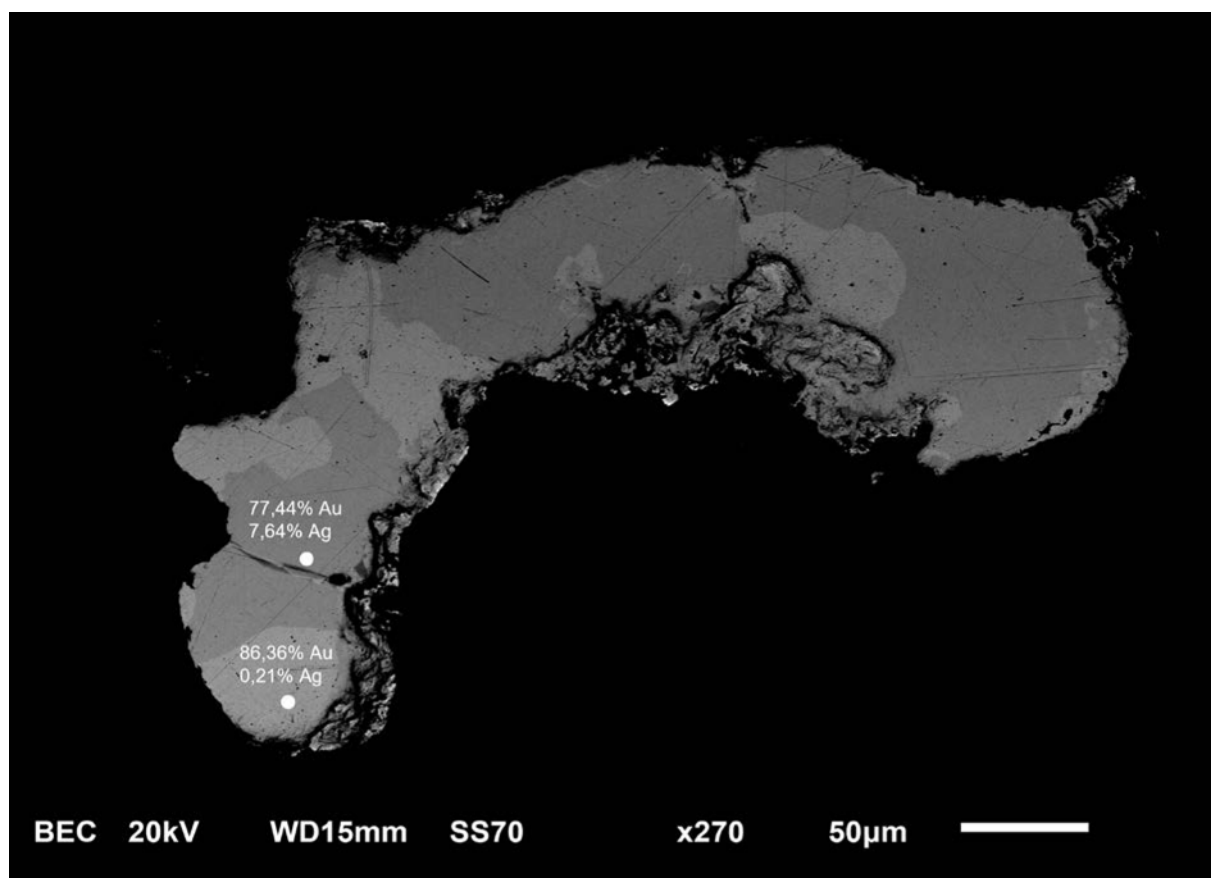


Figura 4.8. Grão de ouro 19, *mount* 1 (AE-B-001A grão 12), analisado em MEV-EDS no centro e na borda.

4.4.4 Grãos com Inclusões Sólidas

Grãos com os três tipos de assinatura geoquímica apresentam inclusões, sendo 16 delas nos grãos homogêneos, 10 nos zonados e 7 nos grãos com distinção núcleo/borda, totalizando 33 inclusões sólidas. Foram caracterizadas inclusões de zircão (Figura 4.9A) em um grão zonado, de quartzo (Figura 4.9B), de arsenopirita (Figura 4.9C) e ilmenita (Figura 4.9D), nos grãos homogêneos. Ademais, foram identificados aluminossilicatos e aluminossilicatos ferrosos distribuídos nas três classes.

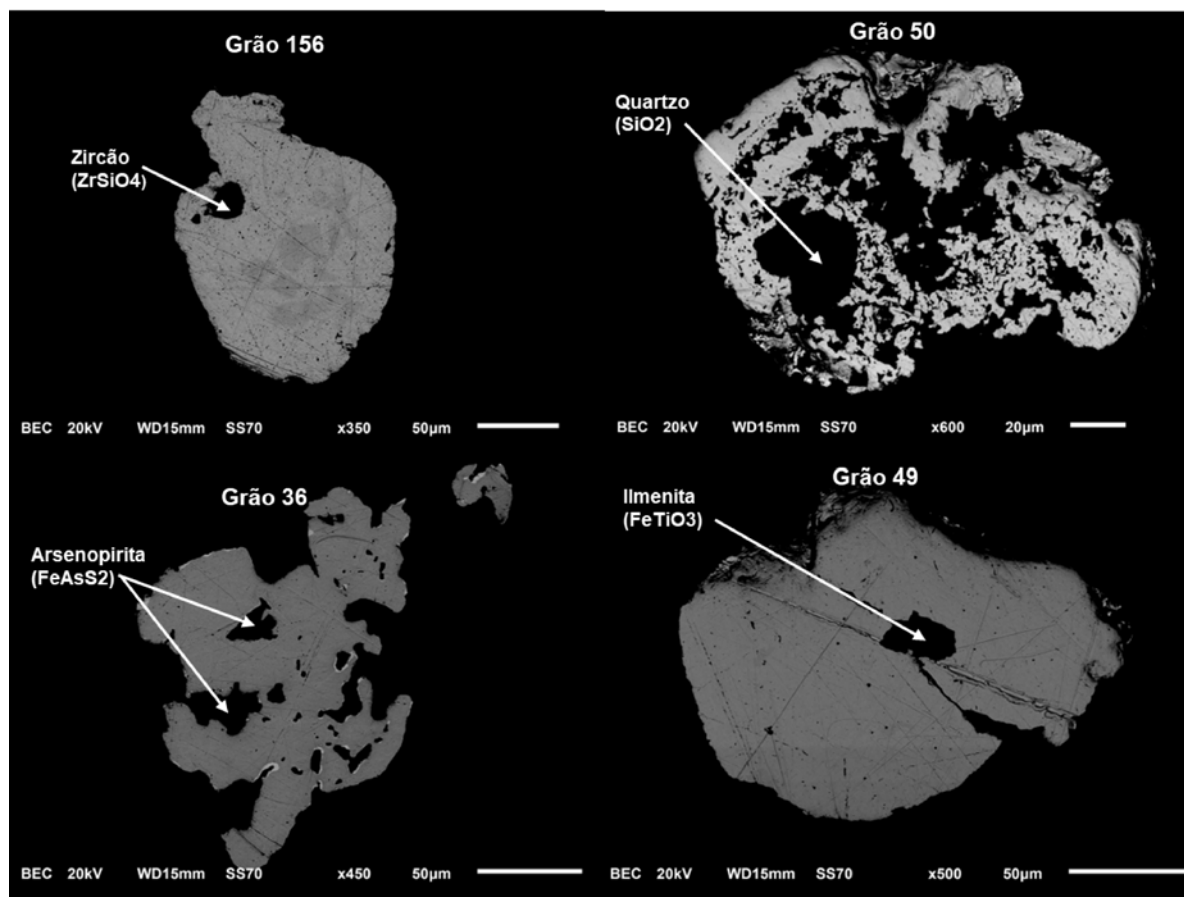


Figura 4.9. Grãos de Ouro com inclusões sólidas de Zircão, Quartzo, Arsenopirita e Ilmenita.

CAPÍTULO 5

DISCUSSÕES

5.1 MORFOLOGIA

As análises morfológicas de grãos de Au são de grande importância em estudos sobre ouro aluvionar, uma vez que podem apresentar correlação direta com a distância da área fonte, bem como trazer evidências do tipo de mineralização aurífera em questão (Freyssinet *et al.* 1989; Desborough *et al.* 1970). Dessa forma, a análise morfológica dos grãos de ouro foi realizada com base nos três grupos morfológicos caracterizados: 48% de grãos subarredondados/arredondados, 36% de grãos irregulares e 16% de grãos alongados.

O grupo dos grãos arredondados/subarredondados se destaca como morfologia mais presente dentre os grãos analisados, sendo observados na grande maioria dos pontos (Tabela 4.2) indicando que possivelmente que a região de coleta das amostras na Bacia Hidrográfica do ribeirão Varginha acumula grãos de ouro que foram transportados por grande parte da área de estudo. A distância corresponde ao percurso do ponto AE-B-012 até o ponto AE-B-001A, pelo curso dos rios, provavelmente se trata da distância que teria modelado a morfologia desses grãos, alcançando distâncias de até 6 km de uma das possíveis áreas fonte. Pelo fato de os grãos de ouro serem maleáveis, pouco resistentes, quanto maior a distância de transporte, maior a tendência de perder as formas originais e se tornarem arredondados e subarredondados, principalmente devido a abrasão (Wierchowicz 2002). Além disso, não foi encontrada na literatura nenhuma ocorrência de grãos extraídos diretamente das áreas fontes que apresentem forma arredondadas como padrão (Chapman *et al.* 2021).

Em contrapartida, o grupo dos grãos de ouro com formas irregulares possivelmente se trata daqueles grãos que foram menos afetados com as ações de transporte, estando mais próximos da área fonte, diferentemente dos grãos arredondados/subarredondados (Townley *et al.* 2003). Grãos com esse padrão morfológico representam 36% dos grãos analisados e se concentram principalmente na metade oeste da área de estudo, concentrando-se nos pontos AE-B-001A, AE-B002, AE-B-003 e AE-B-012.

Sugere-se, portanto, que a mineralização originária dos grãos com morfologia irregular pode se tratar de uma área fonte distinta da área que deu origem aos grãos arredondados, já que os primeiros estão concentrados na porção oeste e foram menos afetados por ações de transporte. Sabendo-se que os pontos AE-B-001 e AE-B012 mostraram a maior quantidade de pintas de ouro do estudo, com 36% de grãos morfolologicamente irregulares no ponto AE-B-001 e 41% no ponto AE-B-012, sugere-se que a área fonte dos grãos irregulares seja próxima às regiões destes dois pontos (Figura 5.1), variando,

portanto, cerca de 6 Km entre as possíveis mineralizações que compõem a área e demarcando, portanto, uma região anômala em teores de Au.

Por fim, os grãos alongados representam apenas 16% dos grãos analisados, sendo o tipo morfológico de menor ocorrência. São distribuídos também na parte mais oeste da área de estudo, coincidindo de certa forma com a área foco de ocorrência dos grãos irregulares. Estes grãos, pelo fato de manterem uma forma alongada e não apresentarem arredondamento típico de transporte aluvionar, indicam, assim como os irregulares, certa proximidade da área fonte.

Somado a isso, dois dos grãos classificados como alongados apresentam inclusões ricas em Sílica (Si). Segundo Horbe *et al* (2019), grãos de Au que mantem a forma alongada e apresentam sílica podem ser associados a fonte de veios quartzosos.

Considerando-se, portanto, a distribuição dos grãos na área de estudo, segundo os diferentes tipos morfológicos identificados, e aqueles pontos que apresentaram maior quantidade de pintas de ouro, pontos AE-B-001A, AE-B-001B, AE-B-002, AE-B-003, AE-B-004 e AE-B-012, propõe-se a delimitação de uma região anômala para o Au, conforme mostra a Figura 5.1. Dessa forma, sugere-se pelo menos duas mineralizações auríferas dominantes na área, o que explicaria a presença não só de morfologia sugestiva de proximidade da área fonte, como a irregular, mas também morfologia típica de transporte de grãos de ouro, como a arredondada.

Além disso, destaca-se a importância do trabalho em laboratório usando a lupa binocular para análise do concentrado de bateia e contagem das pintas de ouro. Pelo visto, indica-se que a partir de determinado tamanho e de certa quantidade de pintas, essas podem não ser vistas em campo. Além disso, a reamostragem dos pontos trabalhados no âmbito do projeto executado pela CPRM, usado aqui como referência, confirmou os teores anômalos, contudo, a amostragem deste trabalho detectou um número muito maior de pintas de Au.

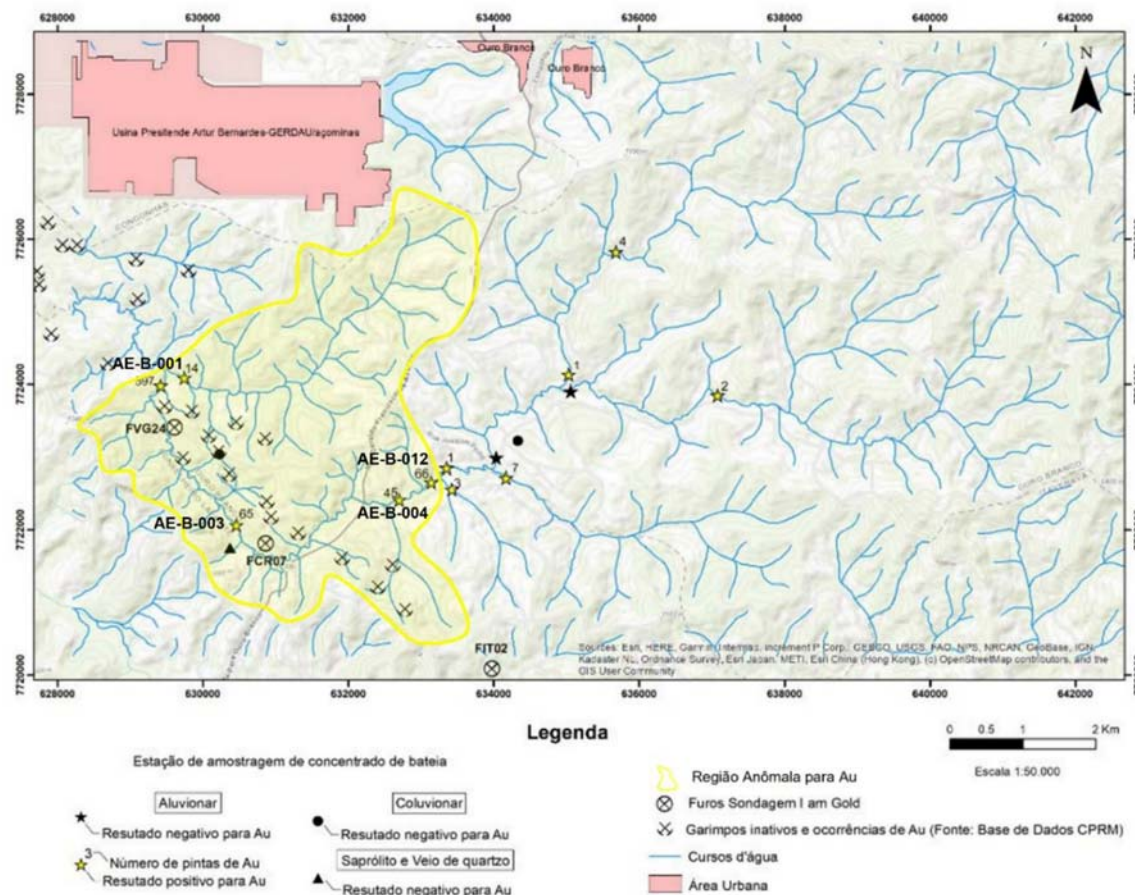


Figura 5.1. Mapa de distribuição dos pontos de amostragem, com respectivos números de pintas de ouro contadas em laboratório. Em amarelo, pontos positivos para ouro. Em preto, pontos negativos para ouro. Os martelos indicam recursos minerais inativos do banco de dados do SBG-CPRM. Os círculos com x no centro indicam furos de sondagens realizados na área pela empresa *IamGold*. A região destacada em amarelo sugere a área anômala para Au na região.

5.2 MICROANÁLISES QUÍMICAS

Dadas as três assinaturas geoquímicas dos grãos de ouro relatadas no capítulo de resultados, cabe discutir as possíveis causas que levaram à diferenciação de cada um dos grupos apresentados. No que diz respeito ao grupo dos grãos homogêneos, interpreta-se que se trata do grupo menos afetado por alterações secundárias e, portanto, é classificado como o mais confiável para interpretações a partir dos dados químicos. Possivelmente, a exposição desses grãos a agentes externos não implicou em modificação de sua composição química, preservando suas bordas, diferentemente do que ocorre nos demais grupos. Assim, esses grãos possivelmente mantêm características próximas àquelas da mineralização primária.

No entanto, é importante ressaltar que existem grãos homogêneos que apresentam diferenças em teores de Au e Ag, quando comparados borda e núcleo dos mesmos grãos, com uma variação média de 1,77% entre borda e núcleo e máxima variação de 6,48%, para Au, e variação média de 1,72% e máxima de 7,79%, para Ag, o que é atribuído às limitações do método de análise (MEV-EDS) para os elementos em questão. Estes dados sugerem a continuação deste trabalho utilizando-se método analítico de maior precisão para Au e Ag, por exemplo Microsonda Eletrônica ou ICP-MS, visando comparar e verificar se estes grãos que apresentaram certa variação podem, de fato, ser classificados como homogêneos.

O grupo dos grãos de ouro zonados, embora apresentem distinções químicas internas, ressaltadas pelas variações de tonalidade nas fotomicrografias por MEV (Figura 4.8), nas quais os tons mais escuros mostram relativo enriquecimento em prata, são grãos que, quando analisados em grupo, apresentam ainda dados químicos semelhantes aos dos grãos homogêneos. Dessa maneira, considera-se que são grãos parcialmente ou pouco afetados por agentes externos e são também utilizados para uma possível classificação da origem genética deste ouro.

Os grãos classificados como de borda e núcleo evidentes, por sua vez, apresentam forte empobrecimento de prata e conseqüentemente um enriquecimento de ouro em suas bordas, quando comparadas com o núcleo. Tendo-se em mente que a Ag possui maior mobilidade geoquímica, ou seja, maior facilidade de lixiviação que o ouro, é um elemento que tende a deixar os grãos com o frequente e contínuo contato com o ambiente secundário (Stewart *et al.* 2017). Assim, o empobrecimento em Ag nas bordas não tem relação genética, ocorrendo devido à influência do ambiente secundário. Já o “enriquecimento” das taxas percentuais de ouro reflete na verdade a retirada ou empobrecimento em Ag e não um aumento real do elemento. Dessa maneira, ainda que o núcleo dos grãos apresente uma maior confiabilidade dos teores medidos de Au e Ag, como não é possível quantificar precisamente a amplitude de influência do ambiente secundário, os grãos classificados como borda e núcleo não são utilizados para discussão de um possível enquadramento genético dos grãos de ouro estudados.

Diante deste cenário, utilizou-se o diagrama do tipo *boxplot*, que reúne dados estatísticos e compara teores de Au e Ag (Figura 5.2) entre as duas assinaturas geoquímicas que foram classificadas como confiáveis para a classificação dos grãos de ouro estudados neste trabalho. Ao plotar os dados em um gráfico do tipo *boxplot* baseando-se na metodologia utilizada pelo British Geological Survey (Lapworth *et al.* 2012), podemos determinar as seguintes informações: três quartis que representam porções estatísticas para Au entre 25% no quartil inferior e 75% no quartil superior, além de 50% no quartil intermediário entre cada uma das tipologias geoquímicas. Dessa forma dados entre o primeiro e o terceiro quartis (25% e 75%) representam dados melhores distribuídos estatisticamente, enquanto os dados fora dos destes quartis são anômalos em relação a distribuição percentual dos teores de Au e Ag.

O *boxplot* também apresenta a mediana dos dados, os valores *outliers* e dos extremos dos gráficos. As retas em preto acima e abaixo dos quartis representam valores entre 75% e o limite superior ou entre 25% e o limite inferior, se referindo às amostras que possuem certa elevação ou diminuição de concentração em relação à faixa “normal”, ou seja, representam amostras intermediárias entre a faixa normal e outliers superiores e inferiores, consideradas anomalias geoquímicas.

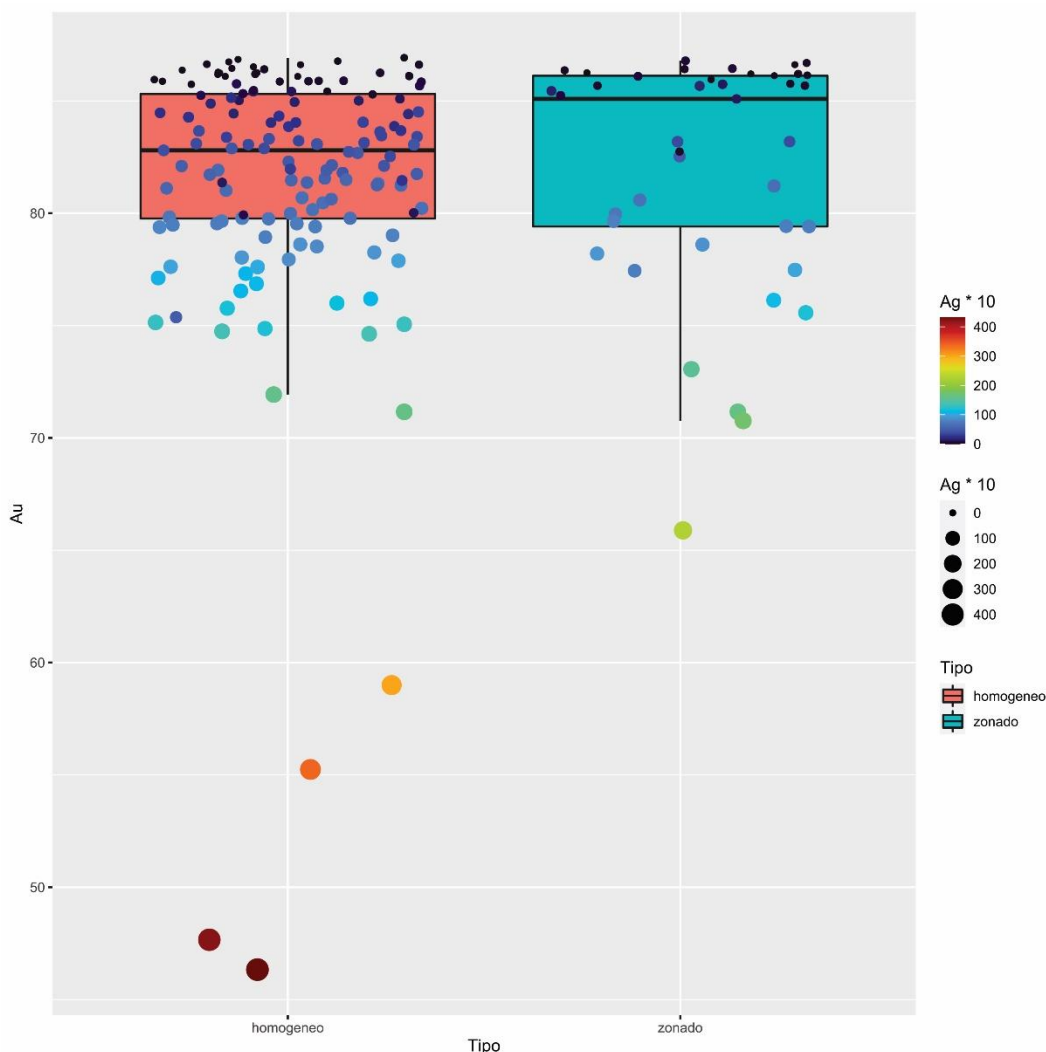


Figura 5.2. *Boxplots* para dados químicos de ouro para os grãos homogêneos (em laranja, a esquerda) e para os grãos zonados (em azul, a direita). Destaque para os tamanhos e cores dos círculos plotados que são referentes aos teores de Ag referentes a cada grão.

Foram plotadas todas as concentrações medidas para todos os grãos homogêneos e zonados analisados. Destaca-se a maior abundância dos grãos homogêneos, e que, conforme pode ser observado nas tabelas que apresentam dos dados químicos (anexo I), os dois grupos de grãos (homogêneos e zonados) seguem um padrão bastante semelhante e por isso são os mais adequados para a classificação genética das amostras com ouro.

Para os 98 grãos homogêneos plotados, os teores de ouro dominantes nos intervalos interquartis (fração estatisticamente mais representativa), varia entre 79% e 86%, e praticamente a totalidade dos grãos apresenta teores de Au acima de 70% (4 grãos que se destacam como exceção). A mediana dos teores de Au para estes grãos é de 83%. Além disso, nota-se uma correlação inversa entre os teores de Au e Ag, onde quanto maiores os teores de Au, menores os valores de Ag.

Para os grãos zonados foram plotados 21 grãos que apresentaram teores de Au nos intervalos interquartis variando de 78% a 88%, sendo assim muito semelhante à faixa dos teores obtidos para os grãos homogêneos. Além disso, a mediana dos grãos zonados se dá em 85%, sendo levemente mais elevada quando comparada à mediana dos grãos homogêneos, devido à distribuição destes grãos que se concentram na parte superior do interquartil. Em relação aos teores de prata, os grãos zonados apresentam menores teores que os grãos homogêneos, mas ainda assim mantém a correlação inversa entre os dois elementos.

Sabe-se que para classificações genéticas de ouro são principalmente utilizados os teores de Au, Ag e Cu, uma vez que, de acordo com a correlação entre estes três elementos, pode-se obter indícios não apenas do teor de ouro do grão em questão, mas também do possível ambiente que este ouro se formou e assim classificá-lo geneticamente (Townley *et al.* 2003). Entretanto, apesar de serem os principais, outros elementos também são de notável importância dependendo do tipo de estudo que será feito, como por exemplo: Pd, Hg, Pt, Pb, Te, Fe, Bi e Se (Chapman *et al.* 2021).

Dessa forma, ao analisar o diagrama *boxplot*, podemos sugerir que ambas as classificações geoquímicas, homogêneos e zonados, seguem um mesmo padrão nos teores de Au e Ag, e indicam maior proximidade dos dados químicos referentes ao ouro primário, com teores de Au estatisticamente calculados entre 78% e 88%, e a correlação inversa com os teores de Ag.

A Figura 5. 3 confirma os resultados vistos no *boxplot* da Figura 5.2, onde, ao plotar o gráfico *bitplot*, nota-se que, pelo fato dos valores de concentração estarem alinhados definindo uma reta com inclinação negativa, Au e Ag são inversamente correlatos, uma vez que as maiores concentrações de Ag estão associadas aos menores teores de Au obtidos. Além disso, as maiores concentrações de Cu estão relacionadas aos maiores teores de Au e menores de Ag, indicando que, ao contrário da Ag, o Cu possivelmente apresente correlação positiva com o Au, sendo que as maiores concentrações de Cu é observada em grãos de Au homogêneos.

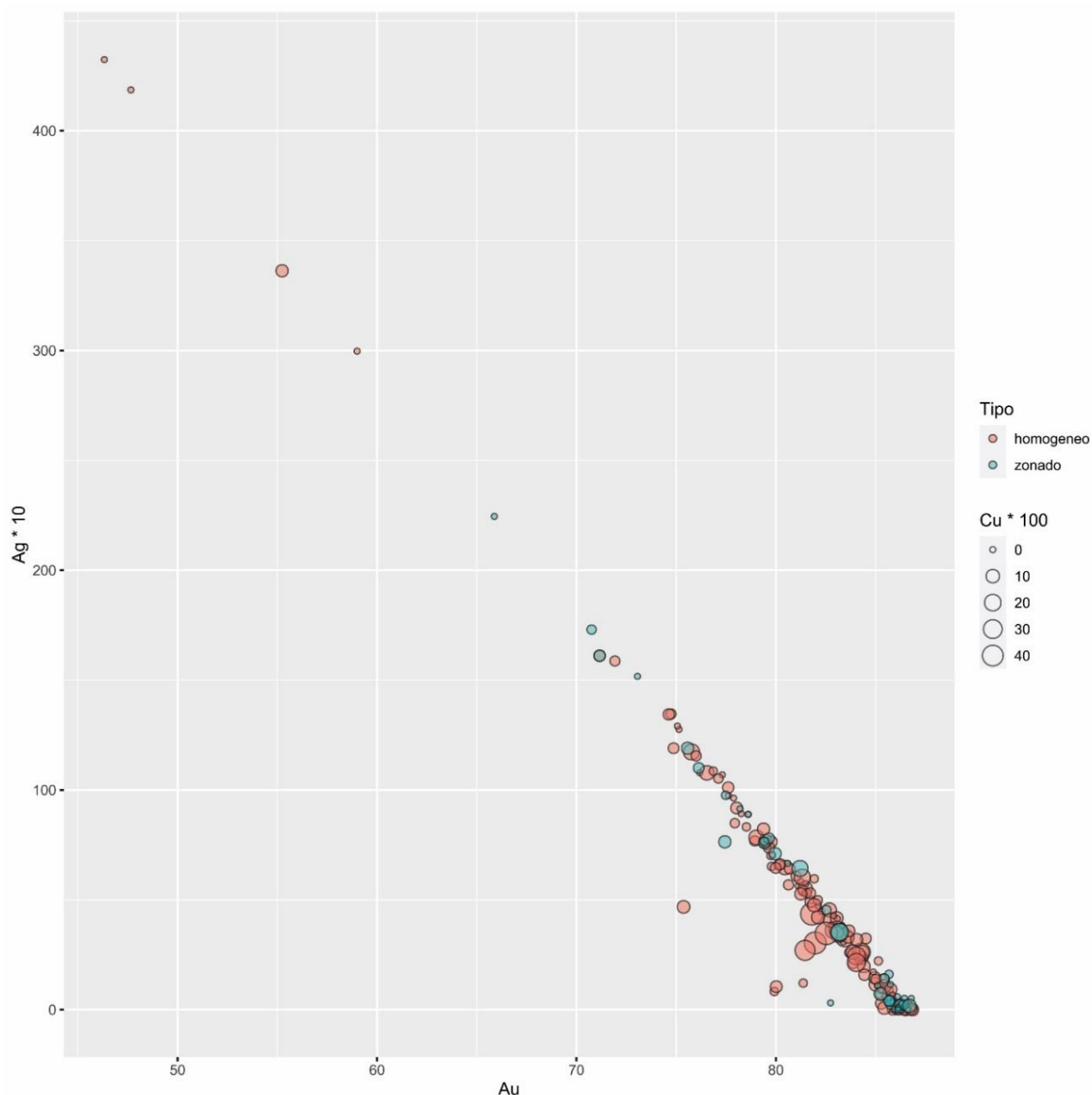


Figura 5.3. *Bitplot* dos elementos Au, Ag e Cu.

A partir dos dados químicos obtidos, torna-se possível uma estimativa da tipologia genética dos grãos de ouro, de modo a tentar entender o ambiente geológico que proporcionou a formação da mineralização aurífera em questão (Chapman *et al.* 2021). De acordo com o discutido até então, as análises químicas consideradas mais adequadas para a classificação genética foram os grupos geoquímicos de grãos homogêneos e zonados, que possivelmente se trata dos grãos que sofreram menor influência do ambiente secundário e, portanto, mais se aproximam de uma possível fonte primária mineralizada em ouro.

claras para este tipo de classificação.

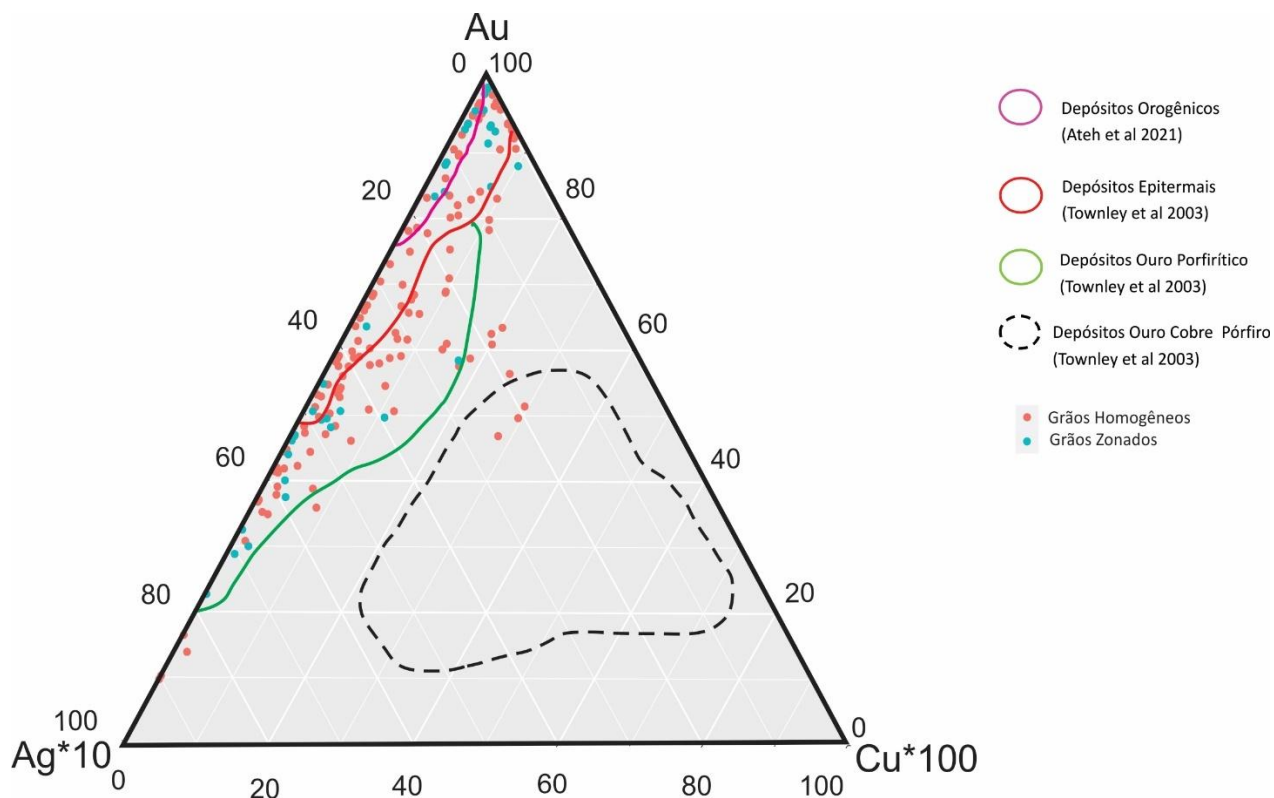


Figura 5.4. Diagrama ternário Au-Ag-Cu das composições dos grãos de Ouro da área de estudo (Modificado de Townley *et al.* 2003).

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como conclusões principais e recomendações deste trabalho podemos citar:

- o *follow up* do ouro se mostrou eficaz na identificação da área fonte. Foi delimitada uma região anômala de $18,5 \text{ km}^2$ nos $125,01 \text{ km}^2$, correspondentes a aproximadamente 15% do total da área de estudo. Recomenda-se uma próxima etapa de adensamento utilizando malha de solo para análise geoquímica e de minerais pesados, visando a determinação exata da(s) fontes primárias.
- através do estudo morfológico, pode-se sugerir pelo menos duas mineralizações na área de estudo, compreendidas necessariamente dentro da área anômala destacada na Figura 5.1.
- as análises dos dados químicos mostraram que grãos homogêneos e zonados são as tipologias geoquímicas mais adequadas para a classificação e plotagem no diagrama genético. Os grãos de classe borda e núcleo não foram utilizados devido a interferência do ambiente secundário e do método de análise utilizado.
- através do estudo químico e da classificação realizada pelo diagrama genético aponta que o ouro descrito no trabalho apresente de maneira geral forte assinatura química de carácter epitermal, evoluindo para ouro porfirítico.
- recomenda-se o uso de microsonda eletrônica para a utilização dos dados dos grãos de borda e núcleo, para que se tornem mais confiáveis, não utilizando-se a normalização dos elementos químicos em 100%. Além disso, a análise por microsonda nos grãos de ouro seria importante para maior segurança na análise do diagrama genético, a título de certificação dos dados obtidos.
- sugere-se que um mapeamento geológico de detalhe para reconhecimento de litologias que poderiam ser a fonte primária na região, seja na forma de unidades litoestratigráficas como rochas máficas/ ultramáficas (já mapeadas em regiões próximas) ou por estruturas secundárias como veios mineralizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ateh K.I., Suh C.E., Shuster J., Shemang E.M., Vishiti A., Reith F., Southam G. 2021. Alluvial gold in the Bétaré Oya drainage system, east Cameroon. *J. Sediment. Environ.* 6, 201–212.
- Alam M, Li S-R, Santos M, Yuan M-W. 2019. Morphology and chemistry of placer gold in the Bagrote and Dainter streams, northern Pakistan: Implications for provenance and exploration. *Geological Journal*. 2019; 54: 1672– 1687.
- Ali L. 2011. *Gold and base metal exploration studies based on mineralogical and geochemical of stream sediments*. PhD thesis, University of Exeter, 1–303.
- 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 Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*. 90, 29-5.
- Almeida F. F. M. de. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*. 7, 439-463.
- Araújo J. C. S, Lobato L. M. 2019. Depositional model for banded iron formation host to gold in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Brazil, based on geochemistry and LA-ICPMS magnetite analyses. *Journal of South American Earth Sciences*. 94, 102-205.
- Blatt H., Middelton G., Murray R.C. 1982. *Origin of Sedimentary Rocks*. Prentice-Hall.Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 782.
- Cabral A. R. 2006. Palladiferous Gold Mineralisation (ouro preto) in Brazil: Gongo Soco, Itabira and Serra Pelada. Hannover, Alemanha, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Tese de Doutorado
- Cabral A. R., Lehmann B., Tupinambá M., Schlosser S., Kwitko-Ribeiro R., de Abreu F. R. 2010. The platiniferous Au-Pd belt of Minas Gerais, Brazil, and genesis of its botryoidal Pt-Pd aggregates. *Economic Geology* 104 (8), 1265-1276.
- Chapman R. J., Mortensen, J. K., & LeBarge W. 2011. Styles of lode gold mineralization contributing to the placers of the Indian River and Black Hills creek, Yukon territory/Territory, Canada as deduced from microchemical characterization of placer gold grains. *Mineralium Deposita*, 46, 881–903.
- Chapman R.J., Banks D.A., Styles M.T, Walshak R.D., Piazzolo S., Morgon D.J., Grimshaw M.R., Spence-Jones C.P., Matthews T.J., Borovinskaya O. 2021. Chemical and physical heterogeneity within native gold: implications for the design of gold particle studies. *Mineralium Deposita*. 56, 1563–1588.
- Chaves A.O. 2011. O enxame de diques de anfibólito do Cráton São Francisco meridional. *Revista Brasileira de Geociências*, volume 41. (3) 509-524.
- Chemale Jr., F., Rosière, C.A. Endo, I., 1994. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, 65, 25-54.
- Corrêa Neto A. V., Almeida A. M. de, Caputo Neto V., Campos Guerrero J. 2012. Alteração hidrotermal em zona de cisalhamento associada ao lineamento Congonhas, Sul do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Anuário Do Instituto de Geociências*. 35, 55–64.
- Costa I.S.L., Silva G.F., Ferreira M.V. 2019. “Application of Zipf’s Law to Estimate Undiscovered Gold Endowment in the Quadrilátero Ferrífero Province, Brazil”. *Journal of the Geological Survey of Brazil*. 2 (3):165-72.
- Desborough G. A. 1970. Silver depletion indicated by microanalysis of gold from placer occurrences, western United States. *Economic Geology*, v. 65, n. 3, p. 304-311.
- Dorr J. V. N. II. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. U. S. *Geological Survey Professional Paper*. 614-A, 110 p.

Endo I., Machado R., Galbiatti H. F., Rossi D. Q., Zapparoli A de C., Delgado C. E. R., Castro P. T. A., Oliveira M. M. F. de. 2020. Estratigrafia e Evolução Estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: Castro P. T. de A., Endo I., Gandini A. L. (org.). O Quadrilátero Ferrífero: Avanços do Conhecimento nos Últimos 50 Anos. Editora 3i Editora.

Freyssinet Ph, Zeegers H., Tardy Y. 1989. Morphology and geochemistry of gold grains in lateritic profiles of southern Mali. *Journal of Geochemical Exploration* 32, 17–31.

Galbiatti H. F., Fonseca M. A., Pereira M. C., Polônia J. C. 2007. Structural control of Au-Pd mineralization (Jacutinga): An example from the Cauê Mine, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Ore Geology Reviews* 32, 614-628.

Goldfarb R.J.; Groves, D.I. & Gardoll, S. 2001. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. *Ore Geology Reviews*, 18: 1 – 75

Groves D. I., Goldfarb R. J., Gebre-Mariam M., Hagemann S. G., Robert F. 1998. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews* 13, 7-27.

Horbe A.M.C., Martins-Ferreira M.A.C., Lima R.S. 2019. Supergene gold characterization by geochemistry, grain morphology and Au-Ag-Cu-Te classification, *Journal of South American Earth Sciences*. Volume 95.

Junqueira P.A., Lobato L.M., Ladeira E.A., Simões E.J.M. 2007. Structural control and hydrothermal alteration at the BIF-hosted Raposos lode-gold deposit, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Ore Geology Reviews* 32, 629-650.

Ketchaya B.Y., Dong G., Santosh M., Lemdjou Y.B. 2022. Microchemical signatures of placer gold grains from the Gamba district, northern Cameroon: Implications for possible bedrock sources. *Ore Geology Reviews*. Volume 141.

Lapworth D. J., Knights K. V., Key R. M., Johnson C. C., Ayoade E., Adekanmi M. A., Arisekola T. M., Okunlola O. A., Backman B., Eklund M., Everett P. A., Lister R. T., Ridgway J., Watts M. J., Kemp S. J., Pitfield P. E. J. 2012. Geochemical mapping using stream sediments in west-central Nigeria: Implications for environmental studies and mineral exploration in West Africa. *Applied Geochemistry* 27, 1035-1052.

Leybourne M.I. & Goodfellow W.D. 2010. Geochemistry of surface waters associated with an undisturbed Zn–Pb massive sulfide deposit: Water–rock reactions, solute sources and the role of trace carbonate. *Chemical Geology*, 279(1-2), 40-54.

Lobato L.M., Pedrosa Soares A.C. 1993. Recursos minerais do Cráton do São Francisco e faixas marginais em Minas Gerais: Síntese e subdivisão em unidades metalogenéticas. *Geonomos* 1(1), 51-63.

Lobato L.M., Santos J.O.S, McNaughton N.J., Fletcher I.R., Noce C.M. 2007. U-Pb SHRIMP monazite ages of the giant Morro Velho and Cuiabá gold deposits, Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*. 32, 674-680.

Lobato L.M., Costa M.A., Hagemann S.G., Rodrigo R. 2016. Ouro no Brasil: Principais depósitos, produção e perspectivas. In: Campos D. A., Scheuenstuhl M. C. B. (Organizadores), Recursos Minerais do Brasil: Análises Estratégicas. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, Cap. 3, 46-59.

Lopes R.S., Gonçalves L. , Gonçalves C.C. 2020. Arcabouço Estrutural, Petrografia e Idades U-Pb em Zircão de Diques Intrusivos em Granitoides da Suíte Lagoa Dourada (2350 Ma) – Cinturão Mineiro, Sudeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* 43, 66-81.

Machado M.M.M. 2009. Construindo a imagem geológica do Quadrilátero Ferrífero [manuscrito]: conceitos e representações / Maria Márcia Magela Machado. - 2009.

Marinho M.de S. 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais - ortofotocarta 42-17-14, escala 1:25.000*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, 91p.

Eugenio, L. A. 2022, Caracterização Química e Morfológica de Ouro Aluvionar, Quadrilátero Ferrífero, Brasil.

Martins B.S., Lobato L.M., Rosière C.A., Hagemann S.G., Figueiredo e Silva R.C., Villanova F.L.S.P., Lemos L.H.A. 2016. The Archean BIF-hosted Lamego gold deposit, Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero: Evidence for Cambrian structural modification of an Archean orogenic gold deposit. *Ore Geology Reviews*. 72, 963-988.

Minter W.E.L., Renger F.E., Siegers A. 1990. Early Proterozoic gold placers of the Moeda Formation within the Gandarela syncline, Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology*. 85, 943-951.

Minter W.E.L. 2006. The sedimentary setting of Witwatersrand placer mineral deposits in an Archean atmosphere. In: SE Kesler, H Ohmoto, Evolution of Early Earth's Atmosphere, Hydrosphere, and Biosphere: Constraints from Ore Deposits. *Geological Society of America*, 198, 105-119.

Moon C.J., Whateley M.E.G., Evans A.M. 2006. Introduction to mineral exploration. 2nd edition, *Blackwell publishing*. 481p.

Morrison G.W., Rose W.J., Jaireth, S. Geological and geochemical controls on the silver content (fineness) of gold in gold-silver deposits. *Ore Geology Reviews*, v. 6, n. 4, p. 333-364, 1991

Oliveira G.A.E., Clemente, P.L.C., Vial, D.S. 1983. Excursão à mina de Morro Velho. 2o Simpósio de Geologia de Minas Gerais. *Sociedade Brasileira de Geologia*, Núcleo de Minas Gerais, Boletim 3, 497-505.

Oliveira L.A.R., Rios F.J., Rosière C.A., Wälle M., Ortelli M., Kouzmanov K. 2017. Nature and evolution of fluids associated with specularite-bearing Fe and Au-PGE (Jacutinga) mineralization during the Brasiliano orogeny in the eastern São Francisco Craton, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*. 86, 130-153

Porto C.G., Palermo N., Pires F.R.M. 2002. Panorama da Exploração e Produção do Ouro no Brasil. In: Trindade, R. B. E., Barbosa Filho, O. (eds.), Extração de Ouro - Princípios, Tecnologia e Meio Ambiente. CETEM, Rio de Janeiro, 1-22.

Renger F.E., Noce C.M., Romano A.W., Machado N. 1994. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Geonomos*. 2, 1-11.

Scarpelli W. 1991. Aspects of gold mineralization in the Iron Quadrangle, Brazil. In: Ladeira E. A. (ed.) Brazil Gold'91 The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Balkema, Rotterdam, 151-157.

Seixas L.A.R. 1988. Geologia e Metalotectos de Ouro de uma Fração do Lineamento Congonhas, MG. *Dissertação de Mestrado*. Instituto de Geociências, Universidade Nacional de Brasília. 116 p.

Silva L.C., Armstrong R., Noce C.M., Carneiro M., Pimentel M., Pedrosa-Soares A.C., Leite C., Vieira V.S., Silva M., Paes V., Cardoso-Filho J. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novo dados U/Pb SHRIMP, parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Móvel Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. *Revista Brasileira de Geociências*. 32(4):513-528.

Stewart, J., Kerr, G., Prior, D., Halfpenny, A., Pearce, M., Hough, R., & Craw, D. (2017). Low temperature recrystallisation of alluvial gold in paleoplacer deposits. *Ore Geology Reviews*, 88, 43–56.

Teixeira W. 1985. Esboço da evolução geotectônica da parte sul do cráton do São Francisco: uma interpretação com base nos dados Rb-Sr, K-Ar, Pb- Pb e traços de fissão. In: 3º Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte. Boletim SBG-MG, v. 3, p. 28-44.

Teixeira W. & Figueiredo M.C.H. 1991. An outline of early Proterozoic crustal evolution in the São Francisco region, Brazil: A review. *Precambrian Research*. 53(1-2):1-22.

Teixeira W., Carneiro M.A., Noce C.A., Machado N., Sato K., Taylor P.N., 1996. Pb, Sr and Nd isotope constraints on the archaic evolution of gneissic granitoid complexes in the southern São Francisco Craton, Brazil. *Precambrian Research*. 78: 151–164;

Trumbull R.B., Garda G.M., Xavier R.P., Cavalcanti J.A.D., Codeço M.S. 2019. Tourmaline in the Passagem de Mariana gold deposit (Brazil) revisited: major-element, trace-element and B-isotope constraints on metallogenesis. *Mineralium Deposita*. 54:395-414

Townley B.K., H'eraïl G., Makshev V., Palacios C., Parseval P.D., 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. *Geochemical. Exploration. Environmental. Analysis*. 3 (1):29–38

- Vial D.S., Ferreira Jr.M.G., Ferrari P.G. 1987. A lapa seca na mina de Morro Velho: metavulcanitos alterados hidrotermalmente. Sociedade Brasileira de Geologia, Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 4. Belo Horizonte. Anais 7, 369-390
- Vial D.S, Abreu G.C, Schubert G., Ribeiro-Rodrigues L.C. 2007. Smaller gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Ore Geology Reviews*. **32**: 651-673.
- Vial D.S, DeWitt E., Lobato L.M., Thorman C. 2007b. The geology of the Morro Velho gold deposit in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil *Ore Geology Reviews* 32, 511-542.
- Vial D.S., Duarte B.P., Fuzikawa K., Vieira, M.B.H. 2007c. An epigenetic origin for the Passagem de Mariana gold deposit, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*. **32**: 596-613.
- Vieira F.W.R., Oliveira G.A.I. 1988. Geologia do distrito aurífero de Nova Lima, Minas Gerais. *In*: Schobenhau-Filho, C., Coelho, C. E. S. (Eds.), Metais básicos não ferrosos, ouro e alumínio. Principais Depósitos Minerais do Brasil, vol. 3. Departamento Nacional da Produção Mineral/Companhia Vale do Rio Doce, Brasília, 377-391.
- Villaca J.N. 1981. Alguns Aspectos Sedimentares da Formação Moeda. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia* 2, 92-106.
- Vitorino A.L.A. 2017. Mineralização aurífera associada a veios de quartzo-carbonáticos da jazida Cuiabá, greenstone belt Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Wierchowicz J. 2002. Morphology and chemistry of placer gold grains – indicators of the origin of the placers: an example from the East Sudetic Foreland, Poland. *Acta Geologica Polonica*. **52 (4)**: 563-576.

ANEXO

Anexo I - Análises MEV/EDS dos grãos de Ouro.

Estação	Análises	Au (%)	Ag (%)	Cu (%)	O (%)	S (%)	Fe (%)	Ni (%)	Zn (%)	As (%)	Se (%)	Pd (%)	Te (%)	Hg (%)	Pb (%)	Bi (%)	Total (%)
AE-001A	Grão 1 - Núcleo	85,03	1,16	0,12	12,2	1,07	0,0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0,35	100
AE-001A	Grão 1 - Borda	86,13	0	0	12,3	1,16	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,34	100
AE-001A	Grão 2 - Núcleo	82,08	4,71	0,08	11,9	0,95	0,0	0,02	0	0	0	0	0,09	0	0	0,16	100
AE-001A	Grão 2 - Borda	86,2	0	0	12,3	1,13	0,0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,37	100
AE-001A	Grão 3 - Núcleo	79,27	8,02	0,01	11,6	0,82	0,0	0,03	0	0	0	0,01	0,1	0	0	0,13	100
AE-001A	Grão 3 - Borda	80,75	5,72	0,02	11,9	1,02	0,1	0,05	0	0,01	0	0	0,06	0	0	0,34	100
AE-001A	Grão 4 - Núcleo 1	76,13	11	0,04	11,4	0,82	0,0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0,41	100
AE-001A	Grão 4 - Núcleo 2	86,2	0	0	12,3	1,12	0,0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0,34	100
AE-001A	Grão 4 - Borda	71,18	0,16	0,04	10,2	0	0,0	0,07	0	0	0	0	0	17,7	0,55	0	100
AE-001A	Grão 5 - Núcleo	86,61	0,26	0,01	12	0,93	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	100
AE-001A	Grão 5 - Borda	81,11	5,63	0	11,8	0,94	0,0	0,01	0	0	0	0	0,08	0	0	0,34	100
AE-001A	Grão 6 - Núcleo	81,95	5,35	0,15	11,6	0,78	0,0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0,05	100
AE-001A	Grão 6 - Borda	86,16	0,08	0	12,2	1,11	0,0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,31	100
AE-001A	Grão 7 - Núcleo	80,46	6,47	0,13	11,8	0,93	0,0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0,14	100

AE-001A	Grão 7 - Borda	80,16	6,59	0,04	11,7	0,89	0	0,01	0	0	0	0	0,17	0	0,08	0,37	100
AE-001A	Grão 8 - Núcleo	85,95	0,05	0,02	12,2	1,09	0,0	0,09	0	0	0	0	0,05	0	0	0,42	100
AE-001A	Grão 8 - Borda	86,37	0	0,02	12,2	1,05	0,1	0,02	0	0	0	0	0,03	0	0	0,14	100
AE-001A	Grão 9 - Núcleo	82,72	4,09	0,05	11,9	0,97	0	0,01	0	0	0	0	0,03	0	0	0,24	100
AE-001A	Grão 9 - Borda	85,94	0,01	0	12,3	1,16	0,0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,48	100
AE-001A	Grão 10 - Núcleo	82,53	4,54	0,02	11,8	0,91	0,0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0,13	100
AE-001A	Grão 10 - Borda	85,76	0,25	0,03	12,3	1,14	0,0	0	0,02	0,01	0	0,04	0	0	0	0,37	100
AE-001A	Grão 10 - Núcleo	83,19	3,53	0,24	11,9	0,91	0,0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0,17	100
AE-001A	Grão 10 - Núcleo	85,68	0,4	0,04	12,2	1,08	0,0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0,49	100
AE-001A	Grão 11 - Núcleo	83,19	3,53	0,24	11,9	0,91	0,0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0,17	100
AE-001A	Grão 11 - Núcleo	85,68	0,4	0,04	12,2	1,08	0,0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0,49	100
AE-001A	Grão 12 - Núcleo	76,46	11,3	0,03	11,1	0,59	0,0	0,03	0	0	0	0,14	0	0,24	0	0	100
AE-001A	Grão 12 - Núcleo	86,29	0,12	0,11	12,1	1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24	100
AE-001A	Grão 13 - Núcleo	82,83	4,01	0	11,9	0,95	0,0	0	0	0	0	0,07	0	0	0	0,23	100
AE-001A	Grão 13 - Núcleo	85,75	0,09	0	12,3	1,21	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	100
AE-001A	Grão 14 - Núcleo	81,8	4,36	0,49	12	0,98	0,1	0	0	0	0	0,09	0	0	0	0,21	100

AE-001A	Grão 14 - Núcleo 2	86,24	0	0,01	12,2	1,11	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,38	100
AE-001A	Grão 15 - Núcleo	81,41	5,42	0,08	11,8	0,91	0,0	0,03	0	0	0	0	0,08	0	0	0,28	100
AE-001A	Grão 15 - Borda	85,65	0	0	12,4	1,23	0,0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,59	100
AE-001A	Grão 16 - Núcleo 1	78,03	9,18	0,06	11,5	0,8	0,0	0	0	0	0	0	0,07	0	0	0,31	100
AE-001A	Grão 16 - Núcleo 2	85,29	0,29	0,06	12,4	1,28	0,0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,59	100
AE-001A	Grão 17 - Núcleo	81,31	5,24	0,01	11,9	0,97	0,0	0,03	0	0	0	0,03	0,18	0	0	0,35	100
AE-001A	Grão 17 - Borda	81,45	5,31	0,1	11,8	0,95	0,0	0,06	0	0	0	0	0,09	0	0	0,16	100
AE-001A	Grão 18 - Núcleo	79,78	7,64	0,05	11,5	0,76	0,0	0	0	0	0	0	0,07	0	0	0,17	100
AE-001A	Grão 18 - Borda	78,94	7,68	0,03	11,7	0,93	0,0	0,04	0	0	0	0	0,12	0	0	0,45	100
AE-001A	Grão 20 - Núcleo	77,7	9,26	0,07	11,6	0,86	0,0	0,05	0	0	0	0	0,14	0	0	0,36	100
AE-001A	Grão 20 - Borda	84,19	2,2	0	12,1	1,09	0,0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0,29	100
AE-001A	Grão 21 - Núcleo 1	79,96	7,1	0,07	11,6	0,81	0,0	0,03	0	0	0	0,14	0,05	0	0	0,23	100
AE-001A	Grão 21 - Núcleo 2	85,24	0,72	0,08	12,3	1,15	0,0	0,02	0	0	0	0	0,07	0	0	0,36	100
AE-001A	Grão 22 - Núcleo	85	1,95	0,16	11,9	0,85	0,0	0,03	0	0	0	0	0,01	0	0	0,08	100
AE-001A	Grão 22 - Borda	85,99	0,09	0,04	12,3	1,12	0,0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,45	100
AE-002	Grão 23 - Núcleo	78,58	8,13	0,05	11,7	0,96	0,0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0,5	100

AE-002	Grão 23 - Borda	85,7	0,81	0,05	12,1	0,99	0,0	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0,23	100
AE-002	Grão 24 - Núcleo	79,54	7,48	0,01	11,6	0,88	0,0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	0,4	100
AE-002	Grão 25 - Núcleo	86,61	0	0	12,1	0,98	0,0	0,03	0	0	0	0,02	0	0	0	0,17	100
AE-002	Grão 26 - Núcleo	81,62	5,21	0,03	11,8	0,89	0,0	0,01	0	0	0	0,14	0	0	0	0,28	100
AE-002	Grão 26 - Borda	86,4	0	0,06	12,1	1,02	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	100
AE-002	Grão 27 - Núcleo	85,09	1,1	0	12,2	1,13	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,47	100
AE-002	Grão 27 - Borda	78,61	8,89	0	11,4	0,71	0,1	0	0	0	0	0,06	0	0	0	0,23	100
AE-002	Grão 28 - Núcleo	86,25	0	0	12,2	1,05	0,0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0,44	100
AE-002	Grão 29 - Núcleo	71,16	16,1	0,05	11,1	0,71	0,1	0,07	0,03	0	0	0,03	0,17	0	0,24	0,21	100
AE-002	Grão 29 - Núcleo	86,41	0,23	0,03	12,1	0,98	0,0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0,2	100
AE-002	Grão 30 - Núcleo	79,75	7,02	0,01	11,8	0,96	0	0	0	0	0	0,11	0	0	0	0,39	100
AE-002	Grão 30 - Borda	79,83	7,05	0	11,7	0,88	0	0,08	0,02	0	0	0,18	0	0	0	0,31	100
AE-003	Grão 31 - Núcleo	75,14	12,7	0	11,2	0,69	0,0	0	0	0	0	0,04	0	0,01	0,12	100	100
AE-003	Grão 31 - Borda	74,87	11,9	0,04	11,6	0,98	0	0,01	0	0	0	0,04	0,12	0	0	0,46	100
AE-003	Grão 32 - Núcleo	79,78	6,52	0,01	11,9	1,05	0,0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0,63	100
AE-003	Grão 32 - Borda	80,22	6,62	0,04	11,8	0,94	0,0	0,01	0	0	0	0,05	0,07	0	0,07	0,22	100
AE-003	Grão 33 - Núcleo	80,63	5,68	0,03	11,9	1,03	0,0	0,04	0,04	0	0	0	0,1	0	0	0,44	100

AE-003	Grão 33 - Borda	81,24	5,85	0	11,7	0,88	0,0	0,02	0	0	0	0,09	0	0	0,13	100
AE-003	Grão 34 - Núcleo	79,99	6,45	0,04	11,9	0,96	0	0,06	0	0	0	0,13	0	0	0,37	100
AE-003	Grão 34 - Borda	86,1	0,25	0	12,2	1,09	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0,31	100
AE-003	Grão 35 - Núcleo	77,94	8,49	0,02	11,8	1	0,0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,64	100
AE-003	Grão 35 - Núcleo	83,87	2,1	0,03	12,2	1,15	0,0	0,01	0	0	0	0,15	0	0	0,48	100
AE-003	Grão 36 - Núcleo	69,9	17,7	0	11	0,67	0,0	0	0	0	0	0,21	0	0	0,52	100
AE-003	Grão 36 - Núcleo	37,27	8,11	0,01	25,5	6,26	9,6	0	0,01	12,8	0	0,08	0,04	0	0,29	0
AE-003	Grão 36 - Borda	85,55	0,42	0,06	12,3	1,14	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0,53	100
AE-003	Grão 37 - Núcleo	86,09	0,03	0,05	12,3	1,15	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0,4	100
AE-003	Grão 37 - Borda	83,22	3,62	0,02	11,8	0,87	0,1	0,02	0	0	0	0	0	0	0,28	100
AE-003	Grão 38 - Núcleo	46,33	43,2	0	9,26	0,18	0,0	0,01	0	0	0	0,24	0,19	0	0,51	0
AE-003	Grão 38 - Núcleo	47,66	41,8	0	9,28	0,13	0,1	0	0	0	0	0,21	0,25	0	0,5	0
AE-003	Grão 40 - Núcleo	81,01	6,08	0,03	11,6	0,83	0,0	0	0	0	0	0,08	0	0	0,3	100
AE-003	Grão 41 - Núcleo	83,68	2,6	0,02	12,1	1,05	0,0	0	0	0	0	0,08	0	0,15	0,34	100
AE-003	Grão 42 - Núcleo	77,31	10,6	0	11,2	0,61	0,0	0,01	0	0	0	0,02	0,06	0	0,09	0
AE-003	Grão 42 - Borda	75,06	12,9	0	11,1	0,61	0,0	0	0	0	0	0,01	0,21	0	0,03	0

AE-002	Grão 43 - Núcleo	83,41	3,51	0	11,9	0,94	0,0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,17	100
AE-002	Grão 43 - Borda	83,22	3,39	0,1	11,9	0,94	0,1	0,05	0	0	0	0,08	0	0	0,19	100
AE-004	Grão 44 - Núcleo	86,2	0,22	0,04	12,1	1,04	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,35	100
AE-004	Grão 44 - Núcleo	79,41	7,6	0,05	11,7	0,9	0,0	0,01	0	0	0	0,12	0	0	0,19	100
AE-004	Grão 45 - Núcleo	82,88	3,61	0,19	11,9	0,93	0,0	0,03	0	0	0	0,14	0	0	0,23	100
AE-004	Grão 48 - Núcleo	84,27	2,36	0,11	12	0,97	0,0	0,02	0	0	0	0,12	0	0	0,11	100
AE-004	Grão 49 - Núcleo	85,67	0,87	0,01	12,1	1,05	0,0	0,02	0	0	0,03	0	0	0	0,18	100
AE-004	Grão 50 - Núcleo	86,28	0	0	12,3	1,15	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0,26	100
AE-011	Grão 51 - Núcleo	82,3	4,47	0	11,9	0,99	0,0	0	0	0	0	0,06	0	0	0,25	100
AE-010	Grão 52 - Núcleo	65,96	21,9	0,09	10,6	0,53	0,0	0	0,03	0	0	0,19	0	0,2	0,34	100
AE-011	Grão 52 - Borda	86,21	0,27	0	12,1	1,03	0,0	0,08	0	0	0	0,08	0	0	0,16	100
AE-005	Grão 55 - Núcleo	75,37	4,68	0,08	13,1	0,6	3,7	0,02	0	0,06	0,38	0,43	0	0	0	100
AE-004	Grão 57 - Núcleo	82,11	4,21	0,09	12	1,08	0	0,03	0	0	0	0,04	0	0	0,4	100
AE-004	Grão 57 - Borda	85,86	0,21	0	12,3	1,14	0,0	0,04	0	0	0	0,01	0	0	0,38	100
AE-004	Grão 58 - Núcleo	70,45	17,2	0	11	0,68	0,0	0	0	0	0,07	0,28	0	0,03	0,18	100
AE-004	Grão 58 - Borda	83,31	2,85	0,08	12	1,03	0,0	0,06	0	0	0,1	0	0	0	0,47	100

AE-004	Grão 60 - Núcleo	80,69	6,42	0,04	11,6	0,84	0,0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0,31	100
AE-012	Grão 61 - Núcleo	81,21	6,43	0,18	11,4	0,65	0,0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	100
AE-012	Grão 61 - Borda	85,95	0,02	0	12,3	1,17	0,0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,48	100
AE-012	Grão 62 - Núcleo	81,37	5,41	0,03	11,9	1,01	0,0	0	0	0	0	0	0,11	0	0	0,19	100
AE-012	Grão 63 - Núcleo	80,72	5,94	0	11,9	1,01	0	0,06	0	0	0	0,01	0,02	0	0	0,38	100
AE-012	Grão 63 - Borda	86	0,66	0,01	12,1	1,02	0,0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,07	100
AE-012	Grão 64 - Núcleo	81,82	5,19	0,03	11,7	0,81	0,0	0,03	0	0	0	0	0,11	0	0	0,28	100
AE-012	Grão 64 - Borda	85,39	0,36	0	12,4	1,27	0,0	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0,48	100
AE-012	Grão 65 - Núcleo	85,87	0,01	0,05	12,4	1,21	0,0	0	0	0,01	0	0	0,1	0	0	0,39	100
AE-012	Grão 67 - Núcleo	85,41	1,37	0,05	11,9	0,9	0,0	0,04	0	0	0	0	0,06	0	0	0,25	100
AE-012	Grão 68 - Núcleo	84,28	2,62	0,28	11,8	0,78	0,0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0,2	100
AE-012	Grão 68 - Borda	85,33	0,74	0,1	12,1	1,04	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,65	100
AE-012	Grão 69 - Núcleo	85,14	2,22	0,01	11,8	0,78	0,0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	100
AE-012	Grão 69 - Borda	84,47	2,37	0	11,9	0,92	0,0	0,03	0	0	0	0	0,1	0	0	0,18	100
AE-012	Grão 70 - Núcleo	58,91	29,2	0,1	10,2	0,43	0,0	0	0	0	0	0,17	0,26	0	0,47	0,27	100
AE-012	Grão 70 - Núcleo	56,47	32,1	0,07	9,73	0,18	0,0	0	0	0	0	0,12	0,17	0,02	0,71	0,27	100

AE-012	Grão 70 - Borda	75,81	11,8	0,02	11,2	0,66	0,0	0	0	0	0	0	0,12	0,31	100
AE-001A	Grão 71 - Núcleo	86,61	0	0	12,1	0,98	0,0	0,03	0	0	0	0,02	0	0,17	100
AE-001A	Grão 71 - Núcleo	79,54	7,48	0,01	11,6	0,88	0,0	0	0	0	0	0,04	0	0,4	100
AE-001A	Grão 73 - Núcleo	78,58	8,13	0,05	11,7	0,96	0,0	0	0	0	0	0,04	0	0,5	100
AE-001A	Grão 73 - Borda	85,7	0,81	0,05	12,1	0,99	0,0	0,06	0	0	0	0	0	0,23	100
AE-001A	Grão 75 - Núcleo	0,13	0	72,2	20,2	0,09	0,0	0,4	4,07	0,05	0,01	0,06	0	0,11	100
AE-001A	Grão 76 - Núcleo	84,41	1,97	0,08	12,1	1,02	0,0	0,05	0	0	0	0,01	0	0,33	100
AE-001A	Grão 77 - Núcleo	81,47	5,51	0,13	11,7	0,84	0,0	0,07	0	0	0	0,04	0	0,09	100
AE-001A	Grão 78 - Núcleo	68,77	19,2	0	10,8	0,62	0,0	0	0	0	0,07	0,08	0	0,13	100
AE-001A	Grão 78 - Borda	85,62	0,93	0,09	12,1	1,02	0,1	0	0	0	0,01	0	0	0,1	100
AE-001A	Grão 79 - Núcleo	82,68	4,54	0,12	11,7	0,79	0,0	0	0	0	0	0,12	0	0,02	100
AE-001A	Grão 79 - Núcleo	85,89	0,34	0,01	12,1	0,98	0,1	0	0	0	0	0,01	0	0,57	100
AE-001A	Grão 80 - Núcleo	74,53	12,8	0	11,3	0,74	0,0	0	0	0	0,03	0,17	0	0,31	100
AE-001A	Grão 80 - Borda	86,36	0,2	0	12,1	1,02	0,0	0	0	0	0	0	0	0,3	100
AE-001A	Grão 81 - Núcleo	81,62	5,21	0,03	11,8	0,89	0,0	0,01	0	0	0	0,14	0	0,28	100

AE-001A	Grão 81 - Borda	86,4	0	0,06	12,1	1,02	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	100
AE-001A	Grão 82 - Núcleo 1	85,09	1,1	0	12,2	1,13	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
AE-001A	Grão 82 - Núcleo 2	78,61	8,89	0	11,4	0,71	0,1	0	0	0	0	0	0,06	0	0	0,23	100
AE-001A	Grão 83 - Núcleo	86,25	0	0	12,2	1,05	0,0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0,44	100
AE-001A	Grão 84 - Núcleo 1	86,41	0,23	0,03	12,1	0,98	0,0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0,2	100
AE-001A	Grão 84 - Núcleo 2	71,16	16,1	0,05	11,1	0,71	0,1	0,07	0,03	0	0	0,03	0,17	0	0,24	0,21	100
AE-001A	Grão 85 - Núcleo	79,65	7,39	0,05	11,6	0,84	0,0	0	0,01	0	0	0,02	0,14	0	0	0,25	100
AE-001A	Grão 86 - Núcleo	78,38	8,39	0,06	11,7	0,94	0,0	0	0	0	0	0,04	0,03	0	0	0,41	100
AE-001A	Grão 86 - Borda	85,98	0,71	0,01	12	0,92	0,1	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0,16	100
AE-001A	Grão 87 - Núcleo	76,19	10,7	0	11,5	0,86	0,0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0,62	100
AE-001A	Grão 87 - Borda	76,54	10,7	0,13	11,3	0,7	0,0	0	0,05	0	0	0,03	0,02	0	0,16	0,23	100
AE-001A	Grão 88 - Núcleo	73,58	14,2	0,05	11,1	0,62	0,0	0,03	0,05	0	0	0,04	0,14	0	0	0,08	100
AE-001A	Grão 88 - Borda	85,69	0,76	0	12,2	1,1	0	0,03	0	0	0	0	0,03	0	0	0,2	100
AE-001A	Grão 89 - Núcleo 1	86,44	0,52	0	12	0,93	0,0	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0,04	100
AE-001A	Grão 89 - Núcleo 2	77,48	9,76	0,01	11,4	0,8	0,0	0	0,04	0	0	0	0,04	0	0	0,41	100
AE-001A	Grão 90 - Núcleo 1	73,06	15,1	0	10,8	0,45	0,0	0,02	0	0	0	0,05	0,08	0	0,35	0	100

AE-001A	Grão 90 - Núcleo 2	86,14	0,09	0	12,1	1,03	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,52	100
AE-001A	Grão 91 - Núcleo	77,88	9,63	0	11,4	0,73	0,1	0	0	0	0	0,06	0	0	0,24	100	100
AE-001A	Grão 91 - Borda	16,19	1,35	0,01	38,8	0,08	2,1	0	0	0	0	0,1	0	0	0	100	100
AE-001A	Grão 92 - Núcleo	62,29	26,0	0	10,3	0,45	0,0	0,09	0	0	0	0,11	0,08	0	0,35	0,22	100
AE-001A	Grão 92 - Borda	86,25	0,15	0	12,2	1,06	0,0	0,06	0	0	0	0,03	0	0	0,23	100	100
AE-001A	Grão 93 - Núcleo 1	80,59	6,66	0	11,6	0,79	0,0	0	0	0,01	0	0,06	0	0	0,25	100	100
AE-001A	Grão 93 - Núcleo 2	86,12	0	0	12,2	1,1	0,1	0	0	0	0	0,03	0	0	0,37	100	100
AE-001A	Grão 94 - Núcleo	69,49	18,4	0	10,9	0,61	0,0	0	0,03	0	0	0,08	0,18	0	0,05	0,17	100
AE-001A	Grão 94 - Borda	85,59	0,4	0,07	12,2	1,08	0,0	0	0	0	0	0,02	0	0	0,61	100	100
AE-001A	Grão 95 - Núcleo	75,24	12,1	0,03	11,3	0,72	0,0	0	0	0	0	0,08	0	0	0,45	100	100
AE-001A	Grão 95 - Borda	86,8	0,14	0,08	11,9	0,81	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0,26	100	100
AE-001A	Grão 96 - Núcleo 1	79,65	7,8	0,04	11,5	0,76	0,0	0,03	0	0	0	0,03	0,11	0	0	0,02	100
AE-001A	Grão 96 - Núcleo 2	85,74	1,15	0	11,9	0,87	0,0	0,02	0	0	0	0	0	0	0,26	100	100
AE-001A	Grão 97 - Núcleo 1	78,2	9,14	0	11,4	0,74	0,0	0,07	0	0	0	0,14	0	0,14	0,11	100	100
AE-001A	Grão 97 - Núcleo 2	86,09	0,59	0	12	0,95	0,0	0,07	0	0	0	0,02	0	0	0,22	100	100
AE-001A	Grão 97 - Núcleo 3	82,74	0,31	0	12,3	0,89	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

AE-001A	Grão 97 - Núcleo 4	73,69	14,2	0,06	11	0,62	0,0	0	0	0	0,18	0,07	0	0,04	0,09	100
AE-001A	Grão 97 - Núcleo 5	78,77	9,07	0	11,3	0,64	0	0	0	0	0,03	0,19	0	0	0,01	100
AE-001A	Grão 98 - Núcleo	86,85	0	0,07	12	0,87	0,0	0,01	0	0	0	0,03	0	0,01	0,14	100
AE-001A	Grão 99 - Núcleo	85,67	1,61	0,01	11,8	0,79	0,0	0,02	0	0	0	0	0	0	0,1	100
AE-001A	Grão 99 - Borda	65,88	22,4 5	0	10,4	0,38	0,0	0,04	0	0	0	0,26	0	0,44	0,1	100
AE-001A	Grão 100 - Núcleo	85,44	1,42	0,02	11,9	0,88	0,0	0,01	0	0	0	0	0	0	0,31	100
AE-001A	Grão 100 - Borda	70,76	17,3	0,02	10,8	0,54	0,0	0	0	0	0,08	0,17	0	0,15	0,15	100
AE-002	Grão 101 - Núcleo	83,1	3,63	0,25	11,8	0,86	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0,31	100
AE-002	Grão 101 - Borda	83,45	3,27	0,26	11,7	0,76	0,0	0,04	0	0	0	0,13	0	0	0,33	100
AE-002	Grão 102 - Núcleo	79,19	8,53	0,06	11,2	0,56	0	0,09	0	0	0,04	0,12	0	0,21	0	100
AE-002	Grão 102 - Borda	86,68	0,07	0	12	0,93	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	100
AE-002	Grão 103 - Núcleo	77,12	10,5 2	0,02	11,4	0,75	0,0	0	0	0	0	0,11	0	0	0,05	100
AE-002	Grão 103 - Borda	77,61	10,1 1	0,05	11,3	0,67	0,1	0	0	0	0	0,12	0	0	0	100
AE-002	Grão 104 - Núcleo	76,17	11,6 1	0	11,1	0,62	0,0	0	0	0	0,11	0,02	0	0,31	0	100
AE-002	Grão 104 - Borda	86,57	0	0,09	12	0,92	0,0	0,03	0	0	0	0,09	0	0	0,26	100
AE-002	Grão 105 - Núcleo	79,92	0,83	0,01	14,4	0,78	0,2 3	0	0	0,07	0,06	0,26	0	0	0	100

AE-002	Grão 105 - Borda	80,02	1,05	0,06	14,3	0,59	0,2	0	0,1	0,06	0,08	0,27	0,1	0	0	0	100
AE-003	Grão 106 - Núcleo	79,02	7,84	0,14	11,6	0,86	0	0,01	0	0	0	0	0,03	0	0,03	0,46	100
AE-003	Grão 108 - Núcleo	84,51	3,24	0,04	11,5	0,59	0,0	0,05	0	0	0	0	0,04	0	0,02	0	100
AE-003	Grão 108 - Borda	83,38	3,08	0	11,9	0,93	0,1	0,03	0	0	0,01	0	0,04	0	0	0,49	100
AE-003	Grão 109 - Núcleo	67,38	21,1	0,06	10,5	0,36	0,0	0	0	0	0	0,11	0,24	0	0,2	0	100
AE-003	Grão 109 - Borda	86,04	0,47	0,05	12,1	0,97	0,0	0,04	0	0	0	0	0,07	0	0	0,2	100
AE-003	Grão 110 - Núcleo	82,73	4,07	0,11	11,9	0,99	0,0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0,12	100
AE-003	Grão 110 - Borda	85,42	1,06	0,11	12,1	1	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35	100
AE-003	Grão 111 - Núcleo	49,72	39,3	0	9,43	0,18	0,0	0	0	0	0	0,2	0,29	0,05	0,6	0,15	100
AE-003	Grão 111 - Borda	83,98	2,82	0,04	11,8	0,85	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,28	100
AE-003	Grão 112 - Núcleo	84,3	2,81	0,07	11,7	0,78	0,0	0,05	0	0	0	0	0,01	0	0,12	0,06	100
AE-003	Grão 112 - Borda	57,61	31,0	0,02	9,96	0,32	0,0	0	0	0	0	0,2	0,29	0	0,47	0	100
AE-003	Grão 113 - Núcleo	74,74	13,4	0,03	10,8	0,42	0,0	0,01	0	0	0	0,06	0,1	0	0,33	0	100
AE-003	Grão 113 - Borda	74,63	13,4	0,05	11	0,55	0,0	0	0	0	0	0,1	0,12	0	0,06	0	100
AE-003	Grão 114 - Núcleo	81,92	5,96	0,01	11,4	0,62	0,0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	100
AE-003	Grão 115 - Núcleo	85,74	0,03	0	12,3	1,17	0,0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0,63	100