



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**DEPÓSITO NÃO-CONVENCIONAL DE OURO, PALÁDIO E  
PLATINA ( $\pm$ URÂNIO) ASSOCIADO A GRANITO  
PERALUMINOSO, MINA BURACO DO OURO,  
CAVALCANTE, GOIÁS: CARACTERIZAÇÃO E MODELO DA  
MINERALIZAÇÃO**

**Tese de Doutorado  
Nº 113**

JACQUELINE MENEZ  
Orientador: Prof. Dr. NILSON FRANCISQUINI BOTELHO

Brasília, novembro de 2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**DEPÓSITO NÃO-CONVENCIONAL DE OURO, PALÁDIO E  
PLATINA ( $\pm$ URÂNIO) ASSOCIADO A GRANITO  
PERALUMINOSO, MINA BURACO DO OURO,  
CAVALCANTE, GOIÁS: CARACTERIZAÇÃO E MODELO DA  
MINERALIZAÇÃO**

Jacqueline Menez

Tese de Doutorado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geologia (Área de Concentração Prospecção e Geologia Econômica), do Instituto de Geociências (IG) da Universidade de Brasília (UnB) para obtenção do Título de Doutor em Geologia

Brasília, novembro de 2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**DEPÓSITO NÃO-CONVENCIONAL DE OURO, PALÁDIO E  
PLATINA ( $\pm$ URÂNIO) ASSOCIADO A GRANITO  
PERALUMINOSO, MINA BURACO DO OURO,  
CAVALCANTE, GOIÁS: CARACTERIZAÇÃO E MODELO DA  
MINERALIZAÇÃO**

Jacqueline Menez

**Tese de Doutorado  
N° 113**

**Orientador:** Prof. Dr. Nilson Francisquini Botelho

**Banca examinadora:** Prof. Dr. Cesar Fonseca Ferreira Filho (UnB)  
Prof. Dr. Claudinei Gouveia de Oliveira (UnB)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lydia Maria Lobato (UFMG)  
Prof. Dr. José Haroldo da Silva Sá (UFBA)

Brasília, novembro de 2013

A mente que se abre  
a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho  
original.

**Albert Einstein**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof.Dr. Nilson Francisquini Botelho pela grande ajuda, incentivo e paciência. Seu grande amor e dedicação à Geologia sempre me serviram como inspiração nos momentos de dificuldade e cansaço.

A minha mãe, que sempre apoiou as minhas escolhas com amor e carinho.

Ao meu companheiro Raphael Menezes do Nascimento, que sempre esteve ao meu lado, mesmo sem entender direito como esse nosso mundo “geológico” funciona.

À Universidade de Brasília e ao Instituto de Geociências pelo suporte técnico utilizado na elaboração dessa tese. Esse agradecimento se estende aos laboratórios de Laminação, Microscopia e Microsonda que tornaram possíveis a obtenção dos dados aqui apresentados.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação como geóloga, tanto na etapa da Graduação, como na Pós-Graduação.

Ao geólogo Leonel de Souza Barros Neto, da Penery Mineração Ltda., pela colaboração e pelo fornecimento das amostras.

A Dr.<sup>a</sup> Sara Lais Rahal Lenharo, do DITEC – Polícia Federal, pela cooperação e assistência durante a obtenção de parte das imagens eletrônicas.

Aos funcionários do Instituto de Geociências da UnB, que muito nos auxiliam durante a elaboração de nossos trabalhos. Em especial ao Ricardo Lívio Santos Marques, por toda ajuda no Laboratório de Microscopia Eletrônica.

A amiga Tássia Arraes, por todo apoio e incentivo.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte, mesmo que indiretamente, da preparação dessa Tese de Doutorado.

A todos, o meu sincero muito obrigada.

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	I
SUMÁRIO .....	II
LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE TABELAS .....	V
RESUMO .....	VI
ABSTRACT .....	IX
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
1.1 – APRESENTAÇÃO .....	2
1.2 – OBJETIVOS E MÉTODOS DE TRABALHO .....	4
1.3 – LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO .....	4
1.4 – METODOLOGIAS .....	5
<b>CAPÍTULO 2 – ORE CHARACTERIZATION AND TEXTURAL RELATIONSHIPS AMONG GOLD, SELENIDES, PLATINUM GROUP MINERALS, AND URANINITE AT THE GRANITE RELATED BURACO DO OURO GOLD DEPOSIT, CAVALCANTE, CENTRAL BRAZIL.....</b>	<b>14</b>
2.1 – ABSTRACT.....	14
2.2 – INTRODUCTION .....	15
2.3 – REGIONAL SETTING.....	15
2.4 – GEOLOGY OF THE BURACO DO OURO DEPOSIT .....	16
2.5 – SAMPLING AND ANALYTICAL PROCEDURES.....	17
2.6 – ORE MINERALOGY .....	18
2.7 – DISCUSSION AND CONCLUDING REMARKS .....	25
<b>CAPÍTULO 3 – UNCONVENTIONAL AU–PGE–U MINERALIZATION RELATED TO SHEARED PERALUMINOUS GRANITE FROM THE BURACO DO OURO DEPOSIT, CAVALCANTE, CENTRAL BRAZIL.....</b>	<b>31</b>
3.1 – ABSTRACT.....	31
3.2 – INTRODUCTION .....	32
3.3 – REGIONAL SETTING.....	33
3.4 – GEOLOGICAL CONTEXT OF THE BURACO DO OURO DEPOSIT.....	36
3.5 – MINERALOGY .....	40
3.6 – LITHOGEOCHEMISTRY .....	43
3.7 – CHEMICAL AGE OF URANINITE.....	47
3.8 – SULFUR ISOTOPES .....	49
3.9 – DISCUSSION .....	52
3.10 – CONCLUSIONS .....	63
<b>CAPÍTULO 4 – MODELOS DE DEPÓSITOS DE Au(±EGP) QUE PODERIAM SER APLICADOS AO DEPÓSITO BURACO DO OURO.....</b>	<b>67</b>
4.1 – DEPÓSITOS NÃO CONVENCIONAIS DE PLATINOIDES – FOLHELHOS PRETOS ( <i>BLACK SHALES</i> ) .....	67
4.2 – EXEMPLOS DE DEPÓSITOS NÃO CONVENCIONAIS DE OURO E PLATINOIDES .....	69
4.3 – DEPÓSITOS DE OURO DO TIPO <i>INTRUSION-RELATED VERSUS</i> DEPÓSITOS DE Au–OROGÊNICO .....	75
4.4 – EXEMPLO DE DEPÓSITO DE OURO DO TIPO <i>INTRUSION-RELATED</i> .....	87
<b>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>91</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO 1 – FASES SE–Sb–As DO DEPÓSITO BURACO DO OURO .....</b>	<b>104</b>
1 – INTRODUÇÃO .....	104
2 – GUANAJUATITA.....	104
3 – FASES Ag–Pb–Bi–Se.....	105
4 – KALUNGAÍTA.....	105

5 - MERTIEITA.....	106
6 - PADMAÍTA .....	107
7 - SPERRYLITA.....	107
8 - BOHDANOWICZITA .....	108
9 - CLAUSTHALITA .....	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	109
<b>ANEXO 2 – QUÍMICA MINERAL – MICAS.....</b>	<b>110</b>
MUSCOVITA.....	111
MUSCOVITA COM LAMELAS MAIORES QUE 0,3MM .....	113
MUSCOVITA DAS PORÇÕES ESTÉREIS .....	118
MUSCOVITA DAS PORÇÕES MINERALIZADAS .....	122
BIOTITA .....	125
<b>ANEXO 3 – QUÍMICA MINERAL – MINÉRIO .....</b>	<b>126</b>
GUANAJUATITA .....	127
FASE AG-BI-SE.....	134
OURO.....	135
KALUNGAÍTA .....	136
MERTIEITA .....	140
URANINITA .....	141
PADMAÍTA .....	142
SPERRYLITA .....	145
BOHDANOWICZITA.....	146
CLAUSTHALITA.....	147
FASE Pb-BI-SE .....	149
CALCOPIRITA.....	157
SELÊNIO NATIVO .....	158
<b>ANEXO 4 – GEOQUÍMICA.....</b>	<b>162</b>
ROCHA TOTAL.....	163
ETR .....	166
AU-PT-PD-RH.....	167
EGP .....	167

# LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.1</b> – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, MOSTRANDO AS PRINCIPAIS VIAS DE ACESSO. ....	5
<b>FIGURE 2.1</b> – GEOLOGICAL SKETCH MAP OF THE CAVALCANTE REGION SHOWING THE LOCATION OF THE BURACO DO OURO DEPOSIT. ....	17
<b>FIGURE 2.2</b> – DARK SHEETS ASSOCIATED WITH THE METALLIC MINERALS. ....	18
<b>FIGURE 2.3</b> – COMPOSITIONAL DIAGRAM OF THE MUSCOVITE PRESENT IN THE MYLONITES OF THE BURACO DO OURO DEPOSIT. ....	19
<b>FIGURE 2.5</b> – TRIANGULAR DIAGRAMS FOR THE AG–BI–SE PHASE IN THE BURACO DO OURO DEPOSIT. ....	20
<b>FIGURE 2.4</b> – REFLECTED LIGHT PHOTOMICROGRAPHS AND BSE IMAGES OF THE MAIN ASPECTS OF THE BURACO DO OURO ORE MINERALS. ....	24
<b>FIGURE 2.6</b> – TRIANGULAR DIAGRAMS FOR PADMAITE IN THE BURACO DO OURO DEPOSIT. ....	26
<b>FIGURE 2.7</b> – EDS IMAGES SHOWING THE RELATIONSHIPS AMONG GUANAJUATITE, Pb–Bi–Se PHASE, AND CLAUSTHALITE IN THE BURACO DO OURO ORE. ....	28
<b>FIGURE 2.8</b> – TRIANGULAR DIAGRAMS FOR GUANAJUATITE, CLAUSTHALITE, AND Pb–Bi–Se PHASE IN THE BURACO DO OURO DEPOSIT. ....	28
<b>FIGURE 3.1</b> – SKETCH MAP SHOWING THE LOCATION OF THE CAVALCANTE REGION IN A REGIONAL CONTEXT. ....	34
<b>FIGURE 3.2</b> – SIMPLIFIED GEOLOGICAL MAP OF THE NORTHEASTERN PART OF GOIÁS STATE SHOWING THE MAIN ORE DEPOSITS ASSOCIATED WITH THE AURUMINA SUITE AND THE TICUNZAL FORMATION, AND THE LOCATION OF THE BURACO DO OURO DEPOSIT. ....	35
<b>FIGURE 3.3</b> – (A) SIMPLIFIED GEOLOGICAL MAP OF THE CAVALCANTE REGION SHOWING THE LOCATION OF THE BURACO DO OURO DEPOSIT. (B) SIMPLIFIED CROSS SECTION A–A’ SHOWED IN THE FIGURE 3.3A. ....	36
<b>FIGURE 3.4</b> – PHOTOGRAPHS SHOWING LIT–PAR–LIT STRUCTURES BETWEEN THE GRANITE MYLONITE OF THE AURUMINA SUITE AND THE SCHIST OF THE TICUNZAL FORMATION NEAR THE BURACO DO OURO DEPOSIT. ....	37
<b>FIGURE 3.5</b> – SKETCH E–W CROSS SECTION OF THE BURACO DO OURO DEPOSIT SHOWING THE EXPLOITED OREBODIES AND THE OREBODIES JUST LOCALIZED BY THE DRILLHOLES ....	38
<b>FIGURE 3.6</b> – PHOTOGRAPHS OF BURACO DO OURO SAMPLES. ....	39
<b>FIGURE 3.7</b> – COMPOSITIONAL DIAGRAM FOR MUSCOVITE FROM THE BURACO DO OURO AND ADJACENT AREAS SHOWING THE DOMAINS OF MAGMATIC AND HYDROTHERMAL MUSCOVITE FROM AURUMINA SUITE. ....	40
<b>FIGURE 3.8</b> – REFLECTED LIGHT PHOTOMICROGRAPHS AND BSE IMAGE OF THE MAIN ASPECTS OF THE BURACO DO OURO ORE MINERALS. ....	42
<b>FIGURE 3.9</b> – DIAGRAMS SHOWING THE REE PATTERNS NORMALIZED TO CHONDRITE OF SAMPLES FROM THE BURACO DO OURO DEPOSIT AND NEARBY REGIONS. ....	44
<b>FIGURE 3.10</b> – DIAGRAMS SHOWING THE PGE PATTERNS NORMALIZED TO CHONDRITE. ....	46
<b>FIGURE 3.11</b> – BSE IMAGES OF URANINITE GRAINS WHICH WERE USED TO CALCULATE THE CHEMICAL AGE. ....	49
<b>FIGURE 3.12</b> – HISTOGRAM FOR URANINITE CHEMICAL AGE. ....	50
<b>FIGURE 3.13</b> – SULFUR ISOTOPE DISTRIBUTION IN NATURE. ....	51
<b>FIGURE 3.14</b> – DIAGRAMS SHOWING THE CONCENTRATION AND CORRELATIONS AMONG Pt, Pd, AND Rh OF THE CAVALCANTE ORE AND REGIONAL SAMPLES. ....	53
<b>FIGURE 3.15</b> – PERCENTAGE DISTRIBUTION OF GOLD SPECIES AS A FUNCTION OF SOLUTION COMPOSITION AND TEMPERATURE AT 500 BAR. ....	56
<b>FIGURE 3.16</b> – SIMPLIFIED PARAGENETIC SEQUENCE FOR THE BURACO DO OURO MINERALIZATION. ....	57
<b>FIGURE 3.17</b> – (A) EVOLUTION OF $f(O_2)$ DURING FORMATION OF THE BURACO DO OURO ORE IN THE DIAGRAM $f(Se_2)$ VS. $f(O_2)$ AT 300°. (B) LOG $f(O_2)$ VS. PH DIAGRAM SHOWING THE SOLUBILITY AND PHASE RELATIONS OF PALLADIUM SELENIDES AND THE SPECIATION OF DISSOLVED SELENIUM AT $\Sigma Se = 10^{-6}$ M AND 300°C. ....	58
<b>FIGURE 3.18</b> – SCHEMATIC MODEL OF THE BURACO DO OURO MINERALIZATION IN THE REGIONAL CONTEXT. ....	61
<b>FIGURA 4.1</b> – BLOCO DIAGRAMA ILUSTRANDO A ESTRUTURA GEOLÓGICA E A DISTRIBUIÇÃO DO MINÉRIO AURÍFERO DO DEPÓSITO DE SUKHOI LOG. ....	72



<b>FIGURA 4.2</b> – CONTEXTO TECTÔNICO DE DEPÓSITOS AURÍFEROS EPIGENÉTICOS. ....	76
<b>FIGURA 4.3</b> – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO AMBIENTE CRUSTAL DE DEPÓSITOS DE AU-OROGÊNICO, DEPÓSITOS DE OURO COM ASSOCIAÇÃO METÁLICA ANÔMALA E DEPÓSITOS DE OURO DO TIPO <i>INTRUSION-RELATED</i> , EM TERMOS DE PROFUNDIDADE DE FORMAÇÃO E CONTEXTO ESTRUTURAL. ....	78
<b>FIGURA 4.4</b> – MODELO ESQUEMÁTICO GERAL DOS SISTEMAS AURÍFEROS DE <i>TINTINA GOLD PROVINCE</i> . ....	81

## LISTA DE TABELAS

<b>TABLE 2.1</b> – EPMA DATA (WT.%) ON ORE MINERALS FROM THE BURACO DO OURO DEPOSIT. ....	21
<b>TABLE 2.2</b> – EPMA DATA (WT.%) ON AG-BI-SE, Pb-BI-SE, AND SE-RICH PHASES FROM THE BURACO DO OURO DEPOSIT. ....	22
<b>TABLE 2.3</b> – EPMA DATA (WT.%) ON Pb-BI-SE PHASE OF FIGURE 2.7 IMAGES. ....	29
<b>TABLE 3.1</b> – ELECTRON PROBE MICROANALYZER (EPMA) DATA (WT.%) ON ORE MINERALS FROM THE BURACO DO OURO DEPOSIT. ....	41
<b>TABLE 3.2</b> – AU, PGE, AND U CHEMICAL ANALYSES OF ROCKS FROM BURACO DO OURO DEPOSIT, NEARBY THE DEPOSIT, AND REGIONAL SAMPLES IN THE SAME GEOLOGICAL CONTEXT OF THE DEPOSIT. ....	45
<b>TABLE 3.3</b> – EPMA ANALYSES (%) AND APPROXIMATED CHEMICAL AGES ON URANINITE FROM THE BURACO DO OURO GOLD DEPOSIT. ....	49
<b>TABLE 3.4</b> – SULFUR ISOTOPIC DATA IN GUANAJUATITE FROM BURACO DO OURO GOLD DEPOSIT. ....	51
<b>TABLE 3.5</b> – MAIN CHARACTERISTICS OF OROGENIC AND INTRUSION-RELATED GOLD DEPOSITS. ....	62
<b>TABELA 4.1</b> – COMPARAÇÃO ENTRE DEPÓSITOS DE AU-OROGÊNICO, DO TIPO <i>INTRUSION-RELATED</i> , DEPÓSITO BURACO DO OURO, SERRA PELADA, SUKHOI LOG E FORT KNOX. ....	88

## RESUMO

A região nordeste de Goiás apresenta diversas ocorrências, garimpos e minas de ouro, documentadas desde a primeira metade do século XVIII, ainda no período colonial. O minério localiza-se, principalmente, no domínio formado por um amplo conjunto de granitos paleoproterozoicos que se distribuem no nordeste de Goiás e compõem a Suíte Aurumina. Tais granitos são peraluminosos, sin-tectônicos, do tipo-S e possuem idades em torno de 2,15 Ga e sua rocha encaixante pertence a Formação Ticunzal que é formada por xisto e paragnaisse grafitosos. Além de ouro em Cavalcante e Aurumina, a Suíte Aurumina hospeda estanho e tântalo na região de Monte Alegre de Goiás e urânio na região de Campos Belos (GO) e Arraias (TO), onde alguns dos depósitos estão espacialmente relacionados à mineralização aurífera.

O depósito Buraco do Ouro situa-se na cidade de Cavalcante. Embora a mina tenha sido explorada de forma intermitente por garimpeiros, que trabalharam no minério superficial desde 1740, a exploração subterrânea ocorreu apenas na década de 1970. O depósito é hospedado por muscovita-quartzo milonito hidrotermalizado e está localizado numa zona de cisalhamento E-W, nas proximidades do contato entre o biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina e o xisto e paragnaisse grafitosos da Formação Ticunzal. A zona de cisalhamento, que possui zonas silicificadas e sericitizadas, foi gerada quase que concomitantemente às intrusões graníticas e desenvolve uma faixa de milonitos sobre o biotita-muscovita granito. O muscovita-quartzo milonito, hospedeiro do minério, é extremamente silicoso e micáceo. A concentração de ouro e prata nos veios de quartzo atinge teores médios de 14 g/t e 8 g/t, respectivamente. O depósito Buraco do Ouro é conhecida pela associação entre ouro e minerais de elementos do grupo da platina (EGP), em que os EGP apresentam concentrações anômalas, que não são observadas nas demais ocorrências associadas à Suíte Aurumina. Os teores de platina e paládio na mineralização aurífera de Cavalcante alcançam dezenas de ppm, entretanto, até agora, os platinóides nunca foram explorados como subproduto do ouro.

O minério aurífero de Cavalcante está relacionado com os seguintes minerais metálicos, em ordem de abundância nas seções estudadas: guanajuatita ( $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ) e os selenetos não identificados de Ag-Pb-Bi associados, ouro nativo, kalungaíta ( $\text{PdAsSe}$ ), mertieita I [ $\text{Pd}_{11}(\text{Sb,As})_4$ ], mertieita II [ $\text{Pd}_8(\text{Sb,As})_3$ ], uraninita ( $\text{UO}_2$ ), padmaíta

(PdBiSe), sperrylita ( $\text{PtAs}_2$ ), bohdanowiczita ( $\text{AgBiSe}_2$ ) e clausthalita ( $\text{PbSe}$ ). A presença de calcopirita, pirita, magnetita e hematita é rara, embora existam alguns bolsões de magnetita nas proximidades dos corpos de minério. Em geral, o ouro ocorre em grãos isolados, mas também se associa aos minerais metálicos. O intercrescimento simplectítico entre calcopirita, mertieita e guanajuatita, entre calcopirita e mertieita e entre ouro e mertieita é uma textura característica do minério.

O minério do depósito Buraco do Ouro, bem como as demais mineralizações auríferas da região de Cavalcante, situa-se sempre próximo ao contato entre os granitos da Suíte Aurumina e as rochas metassedimentares grafitosas da Formação Ticunzal. No caso do depósito, as condições de óxido-redução no sistema exerceram papel importante na gênese e localização do minério de Au-EGP( $\pm$ U). A paragênese, as relações texturais e os intercrescimentos entre ouro, minerais de EGP e selenetos indicam pelo menos três estágios na mineralização do depósito Buraco do Ouro. O primeiro estágio ocorreu sob baixas condições de  $f(\text{O}_2)$ , o que permitiu a precipitação de uraninita, sperrylita, mertieita e ouro. No segundo estágio, provavelmente o mais importante para a concentração de EGP como selenetos, o aumento da  $f(\text{O}_2)$  ocasionou a precipitação dos selenetos guanajuatita, kalungaíta, padmaíta e clausthalita. No fim desse estágio houve formação de magnetita. No terceiro estágio, houve uma redução na  $f(\text{O}_2)$ , após a deposição da magnetita, e ocorreu o reequilíbrio dos minerais formados no segundo estágio, a formação de fases ricas em selênio e a geração de intercrescimento entre calcopirita, mertieita e guanajuatita.

Devido a presença de restos de feldspato potássico, muscovita magmática e da similaridade entre os padrões de ETR, uma origem granítica é considerada para o milonito mineralizado de Cavalcante. Embora os minerais de paládio e platina ocorram apenas no minério do depósito Buraco do Ouro, existem diversas anomalias de EGP hospedadas tanto no granito peraluminoso, no xisto e no paragnaisse quanto nos milonitos associados. Os padrões de paládio, platina e ródio, normalizados ao condrito, do granito e dos milonitos são semelhantes no depósito e na região de Cavalcante.

O xisto e o paragnaisse da Formação Ticunzal são considerados como prováveis fontes para os EGP do depósito. Essas rochas afloram nas proximidades da área do Buraco do Ouro e são intrudidas pelo granito peraluminoso, sendo interpretadas como derivadas de sedimentos marinhos anóxicos. É provável que porções da bacia, onde se deu a deposição dessa formação, propiciaram o ambiente necessário para a geração de folhelhos pretos, que são rochas argilosas e carbonosas e que podem ser

originalmente enriquecidas em EGP. O papel do magmatismo granítico peraluminoso ainda não está completamente entendido, mas o corpo intrusivo seria a fonte de parte dos fluidos mineralizadores, num ambiente onde também haveria a participação de fluidos provenientes da rocha encaixante durante o cisalhamento sin-magmático. Possivelmente a mobilização desses elementos, para a gênese do minério, ocorreu via fluidos aquosos e pouco salinos.

A datação química da uraninita do minério do depósito Buraco do Ouro fornece idades variando de 202,3 a 1656,2 Ma, com a maioria dos valores entre 602 e 798 Ma. As idades mais antigas encontradas estão próximas da idade de 1,8 Ga, que é a idade Ar-Ar da muscovita do minério, sugerindo uma idade mínima de 1,8 Ga para a mineralização aurífera do depósito Buraco do Ouro. Nós propomos que a mineralização aurífera é coeva ao magmatismo granítico peraluminoso de 2,15 Ga da Suíte Aurumina.

O depósito Buraco do Ouro possui algumas características importantes de depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* como o ambiente compressional, a associação regional com depósitos de estanho, o baixo conteúdo de sulfetos no minério e a íntima associação do minério com o plúton granítico, com estruturas ativas durante o alojamento e o resfriamento do plúton. Entretanto, existem algumas diferenças: o depósito está relacionado ao magmatismo peraluminoso do tipo-S, a associação metálica é formada por Au-Pt-Pd-Se±Pb±Ag e a forte zonação metálica não existe. Mesmo com estas diferenças, o modelo genético proposto para o depósito Buraco do Ouro é do tipo relacionado à intrusão. Contudo, trata-se de um depósito do tipo *intrusion-related* com forte influência das rochas encaixantes na geração do minério.

A associação Au-EGP hospedada em zona de cisalhamento desenvolvida sobre biotita-muscovita granito, nas proximidades do contato com as rochas encaixantes grafitosas, sem assinatura geoquímica de rochas ultramáficas, constitui uma associação não convencional de platinóides.

**Palavras chave:** depósito Buraco do Ouro, selenetos, ouro, EGP, granito, xisto grafitoso.

## ABSTRACT

Gold occurrences and mines have been documented in the northeastern part of Goiás State since the beginning of the 18th century. The main mineralization is related to Paleoproterozoic peraluminous, syn-tectonic granites of the Aurumina Suite and the associated metasedimentary, graphite-bearing country rocks of the Ticunzal Formation. Besides gold, rocks of the Ticunzal Formation and the Aurumina Suite host important tin and tantalum, as well as minor uranium deposits, some of them spatially related to the gold mineralization.

The Buraco do Ouro gold deposit is situated near the downtown area of Cavalcante. Although the deposit has been exploited sporadically since 1740 by *garimpeiros*, a local commune of small-scale miners and prospectors who worked on the superficial ore, an improvement of underground operations only occurred in the 1970s. The deposit is hosted by hydrothermalized muscovite-quartz mylonite in an E-W trending shear zone, near the contact between the 2.15 Ga biotite-muscovite granite of the Aurumina Suite and graphite-bearing paragneiss and schist of the Ticunzal Formation. Hydrothermal alterations in both granite and country rocks are sericitization and silicification, with minor K-metassomatism associated with the silicification. The mineralization is considered to be synchronous with the syn-tectonic granite intrusion during syn-emplacement shearing and alteration. The muscovite-quartz mylonite that hosts the ore is a strongly silicified rock with discontinuous sheets of muscovite. The mean gold concentration in the quartz veins of the Buraco do Ouro deposit is 14 g/t together with 8 g/t silver. In this deposit the association between granitic rocks and platinum group elements (PGE)-bearing gold mineralization is uncommon and unique in the Aurumina Suite and Ticunzal Formation context. Although platinum and palladium concentrations in the Cavalcante gold deposit reach hundreds of ppm, these metals were never recovered as a by-product of gold.

The ore mineralogy consists of, in order of their decreasing abundance in the studied samples, guanajuatite ( $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ) and associated unnamed Ag-Pb-Bi selenides, native gold, kalungaita ( $\text{PdAsSe}$ ), mertieite I [ $\text{Pd}_{11}(\text{Sb}, \text{As})_4$ ], mertieite II [ $\text{Pd}_8(\text{Sb}, \text{As})_3$ ], uraninite ( $\text{UO}_2$ ), padmaite ( $\text{PdBiSe}$ ), sperrylite ( $\text{PtAs}_2$ ), bohdanowiczite ( $\text{AgBiSe}_2$ ), and clausthalite ( $\text{PbSe}$ ). Although there are some magnetite pockets near the orebodies, magnetite, hematite, chalcopyrite, and pyrite are rare. The symplectic intergrowth

among guanajuatite, mertieite, and chalcopyrite, or just between guanajuatite and mertieite, and between gold and mertieite is a typical texture in the Cavalcante ore.

All the gold mineralizations in the Cavalcante region, including the Buraco do Ouro ore, appear near the contact between the granites of the Aurumina Suite and the metasedimentary country rocks of the Ticunzal Formation. The mineral assemblage, the textural relationships, and the intergrowths among gold, PGE minerals, and selenides indicate at least three stages in the Buraco do Ouro mineralization. The first stage took place at low  $f(O_2)$  conditions, allowing the precipitation of uraninite, sperrylite, mertieite, and gold. At the second stage, which was likely the most important for the PGE concentration as selenides, the precipitation of metals occurred at higher  $f(O_2)$ . The deposition of magnetite took place at the end of this stage. The third and final stage occurred with decreasing  $f(O_2)$ , after the deposition of the magnetite. The new conditions permitted the re-equilibration of previous assemblages, leading to the formation of Ag-rich selenides, the suggested Se-Bi alloys, and intergrowths among chalcopyrite, mertieite, and guanajuatite.

In Cavalcante the mineralized mylonite is considered of granitic origin because the presence of remnants of potassium feldspar, magmatic muscovite clasts and similar REE patterns between the biotite-muscovite granite and the muscovite-quartz mylonite. Although palladium and platinum minerals are known only in Cavalcante, PGE anomalies have a regional distribution, hosted in peraluminous granite, schist and paragneiss as well as in their mylonites. Chondrite normalized gold, palladium, platinum, and rhodium patterns are similar in granite and mylonites samples from the Buraco do Ouro deposit and elsewhere.

The source of PGE in this uncommon association is probably related to the graphite-rich metasedimentary rocks, interpreted as having been derived from anoxic marine sediments, which crops out near the Buraco do Ouro deposit and is intruded by the peraluminous granite. These sediments would be similar to marine black shales, which have been reported in the literature as important concentrators of PGE. The role of the peraluminous granite magmatism is not completely understood, but should be, at least, the source of part of mineralizing fluids, in an environment involving also the participation of fluids from the country rocks during syn-magmatic shearing. The metals were most likely carried out by low salinity aqueous fluids.

EPMA uraninite dating of the Buraco do Ouro ore gives ages ranging from 202.3 to 1656.2 Ma, with the most values between 602 and 798 Ma, near the 650 Ma

metamorphic peak of the Brasiliano orogeny. The older ages are close to the 1.8 Ga Ar-Ar age of the muscovite in the gold ore. Thus, the younger ages indicate that the U-Th-Pb system was opened during the Brasiliano orogenic cycle, suggesting a minimum age of 1.8 Ga for the Buraco do Ouro gold mineralization. We propose that the gold mineralization is coeval to the 2.15 Ga peraluminous granite magmatism of the Aurumina Suite.

The Buraco do Ouro gold deposit has some important characteristics of intrusion-related gold deposits, such as a compressional environment, regional association with tin deposits, low ore sulfide content, and strong association between the ore and the granitic pluton, with structures active during pluton emplacement and cooling. However, there are some differences between the Buraco do Ouro deposit and the intrusion-related deposits: the deposit is related to type-S and peraluminous magmatism, the metal association is Au-Pt-Pd-Se±Pb±Ag, and there is no strong metal zoning. In spite of these differences, the Buraco do Ouro gold deposit can be defined as an intrusion-related gold deposit. However, there are some important contributions of the country rock to the source of the metals.

The Au-PGE association hosted in a shear zone located in the biotite-muscovite granite, near the contact with graphite-bearing metasedimentary country rocks, without the ultramafic rocks geochemical record, characterizes the Buraco do Ouro deposit as an unconventional PGE deposit.

**Keywords:** Buraco do Ouro gold deposit, selenides, gold, PGE, granite, graphitic schist.

# INTRODUÇÃO



## Capítulo 1

### Introdução

#### 1.1 – APRESENTAÇÃO

As diversas ocorrências, garimpos e depósitos de ouro, presentes na região nordeste de Goiás, são conhecidos desde o início do século XVIII. O minério localiza-se nas proximidades do contato entre os granitos peraluminosos da Suíte Aurumina e a sua rocha encaixante metassedimentar grafitosa da Formação Ticunzal. Os principais depósitos e garimpos de ouro associados à Suíte Aurumina são: depósito Buraco do Ouro em Cavalcante, depósito de Aurumina em Nova Roma e garimpos do Novo Horizonte e Tucano em Monte Alegre de Goiás, onde também ocorrem mineralizações de estanho e tântalo. Entretanto, a maioria dos depósitos de estanho está associada aos granitos estaníferos e anorogênicos de idade paleo/mesoproterozoica que compõem a Suíte Pedra Branca.

O minério do depósito Buraco do Ouro está hospedado em muscovita-quartzo milonito hidrotermalizado proveniente da alteração e deformação do biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina. O depósito contém teores de ouro da ordem de dezenas de ppm, além de valores anômalos de elementos do grupo da platina (EGP), os quais a tornam única dentre as demais mineralizações auríferas associadas à Suíte Aurumina. Tal associação entre ouro e minerais de EGP é conhecida há muito tempo, mas só foi divulgada na literatura na primeira metade da década de 90, por Marcheto *et al.* (1993), e estudada com maiores detalhes por Menez (2008). Segundo dados da Penery Mineração Ltda., no depósito, a concentração de ouro nos veios de quartzo alcança teores médios de 14 g/t e associa-se à prata, cujo teor médio é de 8 g/t.

A associação mineral do depósito Buraco do Ouro é rara e complexa contendo, além de ouro nativo, selenetos, arsenetos e antimonetos de bismuto, platina, paládio, prata e chumbo. Os minerais do minério são, em sua ordem de abundância nas seções estudadas, guanajuatita ( $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ) e os selenetos não identificados de Ag-Pb-Bi associados, ouro nativo, kalungaita ( $\text{PdAsSe}$ ), mertieita I [ $\text{Pd}_{11}(\text{Sb,As})_4$ ], mertieita II [ $\text{Pd}_8(\text{Sb,As})_3$ ], padmaíta ( $\text{PdBiSe}$ ), sperrylita ( $\text{PtAs}_2$ ), bohdanowiczita ( $\text{AgBiSe}_2$ ) e

clausthalita (PbSe). É válido ressaltar que a kalungaíta é uma nova fase mineral descoberta no depósito Buraco do Ouro por Botelho *et al.* (2006a). Para completar a paragênese do depósito, há a uraninita, caracterizada pela primeira vez por Menez (2008). A uraninita está intimamente associada ao minério e possui uma concentração importante, o que pode permitir o uso de métodos gamaespectrométricos em futuros trabalhos de exploração no interior do depósito.

Apesar de todos os estudos realizados no depósito Buraco do Ouro, ainda existem fases minerais não identificadas, as quais são compostas por Ag-Pb-Bi-Se, que poderiam constituir novos minerais.

O modelo genético proposto até agora para o depósito Buraco do Ouro é do tipo *intrusion-related*, embora existam algumas diferenças em relação aos depósitos de ouro mais típicos desta classe. Grande parte dessas diferenças é devida à forte influência das rochas encaixantes na geração do minério.

A associação Au-EGP hospedada em uma zona de cisalhamento desenvolvida sobre biotita-muscovita granito, sem assinatura geoquímica de rochas ultramáficas, constitui uma associação não convencional de platinoídes.

Esta Tese de Doutorado é apresentada na forma de artigos científicos. O primeiro artigo, além de apresentar a mineralogia exótica do depósito Buraco do Ouro, descreve as relações texturais entre ouro, arsenetos, antimonetos e selenetos e discute a origem desta mineralização incomum de Au-EGP( $\pm$ U). O segundo artigo descreve a geologia de Cavalcante de maneira geral, ressaltando a relação da mineralização com os granitos peraluminosos da Suíte Aurumina e sua rocha encaixante metassedimentar, a fonte proposta para os metais e um possível modelo metalogenético para o depósito. Entretanto, os artigos não serão apresentados na forma de submissão às revistas e, sendo assim, possuem suas ilustrações entre o texto com o intuito de facilitar a leitura e o entendimento dos mesmos. Além dos capítulos referentes aos artigos científicos, essa tese ainda é formada por mais 3 capítulos: Introdução, que aborda os objetivos e métodos de trabalho, a localização geográfica do depósito e apresenta a descrição das técnicas utilizadas na obtenção e interpretação dos dados; Modelos de Depósitos de Au( $\pm$ EGP) que Poderiam ser Aplicados ao Depósito Buraco do Ouro, que traz uma compilação das principais características de depósitos não convencionais de platinoídes e de depósitos de ouro dos tipos Au-orogênico e *intrusion-related* e; Conclusões, que traz as conclusões unificadas dos dois artigos. Vide Anexo 1 para uma descrição mais

detalhada das características químicas, físicas e óticas dos minerais formadores da paragénese do depósito Buraco do Ouro.

## **1.2 – OBJETIVOS E MÉTODOS DE TRABALHO**

Com base no caráter único da mineralização de Cavalcante, com relação às demais mineralizações associadas à Suíte Aurumina, e na descoberta de fases minerais ainda desconhecidas, os principais objetivos da Tese de Doutorado são: a caracterização e o entendimento do significado dos intercrescimentos complexos entre os minerais de minério, a denominação das fases minerais desconhecidas que podem constituir novos minerais, a caracterização da distribuição da uraninita nas amostras de galeria e de testemunhos de sondagem para evidenciar uma relação U-Au-EGP, que pode ser útil na descoberta de novos corpos mineralizados e o desenvolvimento de um modelo metalogenético para o depósito.

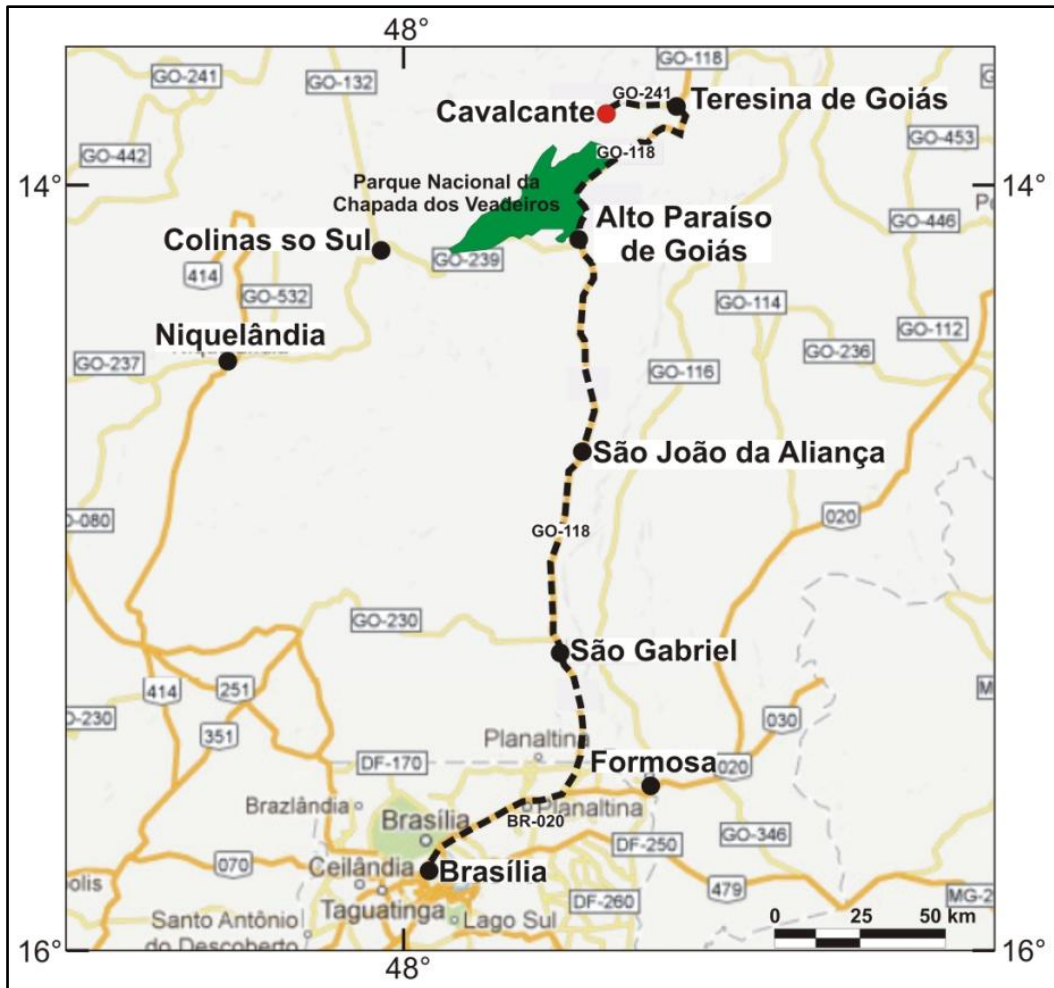
A pesquisa foi desenvolvida de acordo com as seguintes etapas:

- a) etapas de campo para descrição e amostragem de testemunhos de sondagem;
- b) estudo petrográfico através da descrição de lâminas e seções polidas;
- c) análises por Microscopia Eletrônica de Varredura;
- d) análises em Microsonda Eletrônica;
- e) geoquímica de rocha total e de EGP;
- f) datação química, com análises em Microsonda Eletrônica em grãos individuais de uraninita, e;
- g) geoquímica de isótopos estáveis, com análises de isótopos de enxofre.

## **1.3 – LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO**

A área estudada situa-se na porção nordeste do estado de Goiás, no município de Cavalcante.

O acesso rodoviário, a partir de Brasília, dá-se através da rodovia federal BR-020 em direção a Formosa, até seu entroncamento com a rodovia estadual GO-118. Segue-se nesta rodovia até a cidade de Teresina de Goiás, tomando-se então a GO-241, com destino a Cavalcante (Figura 1.1).



**Figura 1.1** – Mapa de localização da área de estudo (círculo vermelho), mostrando as principais vias de acesso. O depósito Buraco do Ouro localiza-se na área urbana da cidade de Cavalcante.

## 1.4 – METODOLOGIAS

Na parte inicial deste trabalho foi feita uma revisão bibliográfica com a finalidade de conhecer e entender melhor os ambientes e sistemas metalogenéticos relacionados ao ouro e platinoídeos. Para tal compreensão, foram lidos diversos textos e artigos científicos sobre granitos peraluminosos, mineralizações auríferas associadas a granitos, mineralizações auríferas com enriquecimento em platinoídeos associadas a folhelhos pretos, condições físico-químicas para a mobilidade de ouro e EGP, bem como artigos sobre a região de Cavalcante e exemplos mundiais de depósitos relacionados a esses tipos de mineralização.

Diversos trabalhos de campo já foram realizados no depósito Buraco do Ouro e em áreas próximas a ela. Nesses períodos, os quais incluem o Trabalho Final de Graduação da Universidade de Brasília em 1998 e a Dissertação de Mestrado de Menez

(2008), foram coletadas amostras da zona mineralizada, da rocha encaixante, do granito peraluminoso, de antigos garimpos e de locais com anomalias de ouro. Também há amostras de testemunhos das sondagens que foram realizadas no depósito e amostras provenientes do interior do depósito que foram cedidas pelo orientador. No período de 10 a 12 de novembro de 2008 foi realizado mais um trabalho de campo no depósito Buraco do Ouro com o objetivo de coletar mais amostras dos testemunhos de sondagens da zona mineralizada. Como a mina está desativada e inundada, não foi possível uma nova etapa de amostragem no interior da mesma.

### *Microscopia*

A partir das amostras coletadas nos trabalhos de campo supracitados foram produzidas 88 lâminas e 60 seções polidas, todas confeccionadas no Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências da UnB – IG/UnB após a serragem apropriada das mesmas no referido laboratório.

O estudo petrográfico das lâminas e seções foi realizado no Laboratório de Microscopia do IG/UnB usando os microscópios petrográficos Zeiss Imager.A2m e Olympus BX60 e proporcionou um melhor conhecimento da mineralização aurífera e de suas relações com a rocha hospedeira. Este estudo permitiu a observação dos minerais, textura, relações de contato entre os grãos, tamanho dos grãos e alteração dos minerais, além de permitir o registro dos diversos tipos de associação e intercrescimentos entre ouro e os minerais de EGP. Ainda nesta etapa foram tiradas fotografias ilustrativas das lâminas e seções.

### *Microscopia Eletrônica*

A associação mineralógica do depósito Buraco do Ouro foi submetida à microscopia eletrônica no Laboratório de Microscopia Eletrônica do IG/UnB. No início, as análises quantitativas foram feitas em filossilicatos (muscovita e biotita), ouro, arsenetos, antimonetos e nos diversos selenetos presentes usando o equipamento CAMEBAX SX-50 *Electron Probe Microanalyzer* (EPMA). Para as análises pontuais nos filossilicatos o equipamento operou sob condições de voltagem de 15 kV, com corrente de 250 nA e tempo de contagem de 10 s segundo o programa analítico do próprio laboratório usado para silicatos. Já para as análises pontuais nos minerais

metálicos as condições de voltagem foram de 20 kV, com corrente de 400 nA e tempo de contagem variável para cada elemento. Os padrões utilizados para os silicatos foram os minerais sintéticos rutilo para titânio, Sr-anortita para estrôncio, Cl-apatita para cloro e os minerais naturais Mn-hortonolita para silício, ferro, manganês e magnésio, anortita para alumínio, cálcio e sódio, Ba-feldspato para bário e microclínio para potássio. Os padrões utilizados para os minerais metálicos foram os minerais sintéticos Zn-seleneto para zinco e selênio e Fe-arseneto para arsênio e os minerais naturais pirita para ferro e enxofre, calcopirita para cobre e galena para chumbo; os padrões para platina, paládio, ouro, prata, bismuto e antimônio foram seus elementos no estado nativo.

Entretanto, estudos recentes e mais detalhados das relações texturais dos minerais do minério e, principalmente da fase Pb-Bi-Se, foram feitos usando o equipamento JEOL JXA-8230 EPMA. Este equipamento foi utilizado na produção de imagens eletrônicas do tipo *Backscattered Electron* (BSE) do minério e de seus intercrescimentos complexos e na realização de análises pontuais qualitativas (*Energy-Dispersive Spectrometry* – EDS) e quantitativas (*Wavelength-Dispersive Spectrometry* – WDS) dos minerais metálicos. As condições de voltagem das análises pontuais foram de 20 kV, com corrente de 20 nA e tempo de contagem de 10 s para todos os elementos, com exceção do selênio que teve tempo de leitura de 25 s. Os padrões utilizados para cada elemento foram os compostos sintéticos Ga-arseneto para arsênio e Zn-seleneto para selênio e os minerais naturais pirita para ferro e enxofre, galena para chumbo, uraninita para urânio e stibinita para antimônio; os padrões para platina, paládio, cobre, ouro, prata e bismuto foram seus elementos no estado nativo.

### *Geoquímica*

As amostras destinadas a análise geoquímica dos elementos maiores, menores, traços, Elementos Terras Raras (ETR), ouro e EGP são provenientes de trabalhos de campo anteriores realizados tanto pelo orientador quanto pela orientanda. Essas amostras foram previamente britadas e pulverizadas no laboratório de preparação de amostras do IG/UnB. Para este tipo de análise, geralmente o material britado passa por uma etapa de quarteamento antes da pulverização, porém, devido ao pequeno volume das amostras, tal etapa foi descartada. As amostras foram pulverizadas em panela de ágata para evitar a contaminação por tungstênio, cobalto e, em menores proporções, por cromo, presente quando a pulverização se dá em panela de wídia.

As análises químicas dos elementos maiores, menores, traços, ETR, ouro, platina e paládio foram feitas no *Acme Analytical Laboratories Ltd. (AcmeLabs)*, no Canadá. Os elementos maiores foram analisados por *Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES)*, após fusão com metaborato de lítio ( $\text{LiBO}_2$ ). Os elementos menores e as terras raras foram analisados por *Inductively Coupled Plasma Emission Mass Spectrometry (ICP-MS)*, após o mesmo tipo de fusão usada nos elementos maiores, exceto para os metais base e preciosos, cuja extração foi feita por digestão com água régia. Ouro, platina e paládio foram analisados por ICP-MS, após fusão por *fire assay* e coleção por chumbo.

Análises de ouro e EGP também foram realizadas pelo *Activation Laboratories Ltd. (Actlabs)*, no Canadá. Os pacotes utilizados foram 1B1 e 1B2, cujas análises são feitas por *Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA)* e ICP-MS, respectivamente, após fusão por *fire assay* e coleção por níquel. As amostras com elevados teores de ouro foram analisadas pelo pacote 1B2, pois no 1B1 as altas concentrações de ouro causam um aumento no limite de detecção da platina.

### *Idade Química em Uraninita*

No minério do depósito Buraco do Ouro há uma íntima associação entre ouro, minerais de EGP e uraninita. Portanto a datação da uraninita pode fornecer a idade da mineralização do depósito.

O cálculo da idade química da uraninita é feito empregando a microsonda eletrônica para realizar análises quantitativas do conteúdo de urânio, tório e chumbo no grão e, assim, calcular sua idade de formação. Esse foi um dos primeiros métodos de determinação da idade absoluta utilizados na geologia (Bowles, 1990). Entretanto, a maioria das idades químicas publicadas é realizada em monazita ou zircão de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, e poucos estudos têm sido feitos em uraninita (Bowles, 1990; Kempe, 2003).

Kempe (2003) aponta três razões principais para uso da idade química da uraninita com relação à datação em monazita e zircão:

- 1) As concentrações de urânio e tório radioativos na uraninita são extremamente altas. Além disso, o conteúdo de urânio é mais alto que o de tório, portanto, o conteúdo de chumbo radiogênico seria mais alto que em qualquer outro mineral rico em urânio ou tório da mesma idade. Isso é importante, pois a determinação

precisa da concentração de chumbo num determinado mineral é um fator crítico para a precisão do cálculo da idade química;

2) De acordo com os dados da literatura, o conteúdo inicial de chumbo da uraninita magmática é insignificante (Bowles, 1990), e;

3) A perda subsequente de chumbo radiogênico do retículo da uraninita durante a alteração secundária é relativamente baixa em comparação com outros minerais ricos em urânio, embora a uraninita seja menos resistente a alteração que o zircão ou a monazita.

Segundo Kempe (2003), os problemas na datação da uraninita usando a microsonda eletrônica, estão na dificuldade em saber se houve entrada de chumbo no sistema durante o crescimento do mineral e/ou se houve perda ou ganho de urânio, tório e chumbo após a cristalização da uraninita.

Apenas os grãos de uraninita sem evidências de alteração secundária são usados na determinação da idade química. Além das observações microscópicas, análises químicas também permitem a identificação das áreas sem alteração no mineral. Nestas áreas são observadas as seguintes características: a) correlação negativa entre urânio e tório por causa da substituição de urânio por tório no retículo; b) correlação negativa entre tório e chumbo, pois a constante de decaimento do urânio é maior que a do tório, e; c) deve haver uma correlação positiva entre urânio e chumbo, porque é assumido que todo o chumbo medido foi produzido pelo decaimento radioativo do urânio e do tório. Possíveis desvios nesses *trends* indicariam perda ou ganho dos elementos relacionados.

Kempe (2003) percebeu que as variações isotópicas dentro de um único grão podem afetar a certeza do cálculo da idade química, então, a resolução das imagens eletrônicas e a avaliação cuidadosa dos dados se tornam um fator limitante para a acurácia do método. Por exemplo, a perda e o ganho de urânio aumentam e diminuem a idade química da uraninita, respectivamente.

Um exemplo da aplicação da idade química da uraninita é o do maciço Kirchberg, na Alemanha, que foi classificado como biotita-granito de baixo F (Förster, 1999). A idade calculada por Kempe (2003) para a cristalização do maciço, usando a idade química em uraninita, é de  $330 \pm 5$  Ma e está de acordo com a idade medida por Förster (1999), que utilizando o mesmo método, encontrou idades de  $321 \pm 6$  Ma para a mesma unidade litológica do maciço. Já os métodos U-Pb em monazita e K-Ar em micas encontraram idades variando entre 325 e 315 Ma, as quais também estão de



acordo com a idade química. Essas idades indicam uma origem magmática para a uraninita do granito Kirchberg (Förster, 1999; Kempe, 2003).

As análises nos grãos de uraninita do depósito Buraco do Ouro foram realizadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica do IG/UnB com o aparelho JEOL JXA-8230 EPMA. As amostras escolhidas foram duas seções polidas já conhecidas pelas elevadas concentrações de uraninita na associação mineral (composição modal de ~ 50% – considerando apenas os minerais de minério). As análises pontuais só foram realizadas após a observação das imagens eletrônicas dos grãos em busca de áreas com menor evidência de alteração secundária. O aparelho operou com energia de 20 kV, corrente de 20 nA e diâmetro do feixe de 1,0 µm. Os elementos analisados foram urânio (cristal PETJ; tempo de leitura de 20 s), tório (cristal PETJ; tempo de leitura de 20 s), chumbo (cristal PETH; tempo de leitura de 40 s), ítrio (cristal TAP; tempo de leitura de 40 s), cálcio (cristal PETJ; tempo de leitura de 20 s), ferro (cristal LIF; tempo de leitura de 20 s) e silício (cristal TAP; tempo de leitura de 40 s). Os padrões utilizados para cada elemento foram uraninita para urânio, thorianita (ThO<sub>2</sub>) para tório, galena para chumbo, o composto sintético YFe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> para ítrio, wollastonita (CaSiO<sub>3</sub>) para cálcio e silício e hematita para ferro.

A quantidade de chumbo radiogênico total produzido pelo decaimento de urânio e tório é calculada pela equação apresentada por Bowles (1990):

$$\text{Pb} = \text{U} \cdot [0,99276 \cdot \exp(\lambda_1 \cdot t) - 1 + 0,007196 \cdot \exp(\lambda_2 \cdot t) - 1] + \text{Th} \cdot \exp(\lambda_3 \cdot t - 1) \rightarrow \text{Eq. 1}$$

onde o primeiro termo está relacionado ao decaimento do <sup>238</sup>U para <sup>206</sup>Pb com a constante de decaimento  $\lambda_1 = 0,0000155125 \text{ Ma}^{-1}$ ; o segundo termo indica o decaimento do <sup>235</sup>U para <sup>207</sup>Pb com a constante de decaimento  $\lambda_2 = 0,00098485 \text{ Ma}^{-1}$ ; e o último termo descreve o decaimento do <sup>232</sup>Th para <sup>208</sup>Pb com a constante de decaimento  $\lambda_3 = 0,000049475 \text{ Ma}^{-1}$ . Essas constantes de decaimento foram indicadas por Jaffey *et al.* (1971). As proporções de urânio, tório e chumbo são expressas em suas proporções atômicas, considerando que 99,276% da quantidade de urânio atual é <sup>238</sup>U e apenas 0,7196% é <sup>235</sup>U, e  $t$  é dado em Ma. Como é difícil resolver a Equação 1 diretamente para  $t$  podemos considerar que grande parte do chumbo é proveniente do decaimento do <sup>238</sup>U, já que ele é predominante com relação ao <sup>235</sup>U, e que pouco chumbo é proveniente do <sup>232</sup>Th, já que há pouco tório na uraninita e sua taxa de decaimento é mais lenta.

Assim, o primeiro termo da Equação 1 pode ser usado para calcular um valor aproximado para  $t$ :

$$t = \lambda_1^{-1} \cdot \ln(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} + 1) \rightarrow \text{Eq. 2}$$

como na Equação 1, as quantidades de urânio e chumbo da Equação 2 são expressas em suas proporções atômicas.

Para o cálculo da idade química da uraninita a sequência lógica de Bowles (1990) será usada:

- 1) Converta os valores de urânio, tório e chumbo de wt.% para proporção atômica;
- 2) Calcule a idade aproximada com a Equação 2; isso sempre superestima a idade;
- 3) Calcule a quantidade de chumbo correspondente a essa idade aproximada com a Equação 1;
- 4) Subtraia 10 Ma;
- 5) Se  $\text{Pb}_{\text{calculado}} > \text{Pb}_{\text{atual}}$  retorne ao (4);
- 6) Se não, prossiga;
- 7) Some 10 Ma;
- 8) Calcule a quantidade de chumbo correspondente a essa idade com a Equação 1;
- 9) Subtraia 1 Ma;
- 10) Se  $\text{Pb}_{\text{calculado}} > \text{Pb}_{\text{atual}}$  retorne ao (9);
- 11) Se não, prossiga;
- 12) Some 1 Ma;
- 13) A idade resultante é a idade do mineral.

### *Isótopos de Enxofre*

A composição isotópica do enxofre tem se tornado uma ferramenta muito importante nas interpretações dos processos geológicos e ambientais, uma vez que o enxofre está presente na maioria dos ambientes naturais. Obviamente as espécies fonte de enxofre incluem o enxofre nativo, os sulfatos e sulfetos em minerais, o  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{SO}_2$  gasosos e os íons oxidados e reduzidos de enxofre em solução (Rollinson, 1993). O sulfato está presente em águas superficiais oxigenadas e o sulfeto e outras espécies reduzidas são encontrados em bacias anóxicas e em águas conatas (Craddock, 2008). Tanto em rochas sedimentares, ígneas e metamórficas quanto em depósitos metálicos, o enxofre ocorre em vários estados de oxidação, tais como sulfatos, enxofre nativo e numerosos sulfetos metálicos.

A composição isotópica do enxofre é medida em  $\delta^{34}\text{S}$  e suas variações na natureza são grandes e provêm informações confiáveis sobre a origem do enxofre e o ciclo atuante na superfície da Terra (Hoefs, 1997). Tradicionalmente, as análises *in situ* dos isótopos de enxofre são feitas por *Gas Source Mass Spectrometry* (GSMS) e por *Secondary Ionization Mass Spectrometry* (SIMS). Ambas as técnicas geram resultados com alto nível de precisão, entretanto a primeira requer uma grande manipulação das amostras e concentrações de enxofre superiores a 1 wt.% e a segunda não é uma técnica amplamente disponível e ainda está sujeita a interferência da matriz do material analisado nos resultados finais (Mason *et al.*, 2006). Quando essas medições são feitas usando um *Laser Ablation Multiple Collector Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (LA-MC-ICPMS) é possível observar as mudanças, mesmo que em pequena escala, nos valores de  $\delta^{34}\text{S}$  dos minerais, possibilitando a determinação das mudanças nas fontes de enxofre e/ou nos processos geoquímicos através do tempo (Bendall *et al.*, 2006). Tal técnica dispensa a preparação química das amostras antes das análises e pode ser utilizada em minerais que apresentam inclusões ou exsoluções.

Apesar da paragênese do depósito Buraco do Ouro ser pobre em sulfetos, a guanajuatita apresenta uma pequena quantidade de enxofre que foi observada pelas análises de microsonda. Entretanto, o conteúdo de enxofre da guanajuatita é mais de 20 vezes inferior ao dos sulfetos geralmente utilizados nesse método. Uma alternativa possível para contornar tal problema seria aumentar o diâmetro do laser. Assim, espera-se que a quantidade de enxofre detectada seja suficiente para a aplicação do método. Porém, Bendall *et al.* (2006) afirmam que se o laser possuir um diâmetro menor os resultados gerados são mais precisos.

O estudo das inclusões fluidas presentes no minério do depósito Buraco do Ouro foi impossibilitado devido às pequenas dimensões das inclusões. Outro estudo que não foi possível foi o uso do LA-MC-ICPMS na datação da uraninita associada ao minério do depósito. Diante da dificuldade de separação dos grãos de uraninita para a preparação dos moutes, as tentativas de análises foram feitas nas próprias seções polidas. Porém, não foi possível a diferenciação dos grãos de uraninita dentre os demais minerais do minério devido a baixa qualidade dos grãos, causada pelos processos de metamictização, e a falta de contraste suficiente das imagens produzidas pelo equipamento.

ORE CHARACTERIZATION AND TEXTURAL  
RELATIONSHIPS AMONG GOLD, SELENIDES,  
PLATINUM GROUP MINERALS, AND URANINITE  
AT THE GRANITE RELATED BURACO DO  
OURO GOLD DEPOSIT, CAVALCANTE,  
CENTRAL BRAZIL

## Capítulo 2

### **Ore characterization and textural relationships among gold, selenides, platinum group minerals, and uraninite at the granite related Buraco do Ouro gold deposit, Cavalcante, Central Brazil**

#### **2.1 – ABSTRACT**

Gold occurrences have been reported in the northeastern part of Goiás State since the beginning of the 18<sup>th</sup> century. The main mineralization is associated with Paleoproterozoic peraluminous, syntectonic granites of the Aurumina Suite and the associated metasedimentary, graphite-bearing country rocks of the Ticunzal Formation. In the Buraco do Ouro gold deposit, the mineralization is hosted by a hydrothermalized muscovite-quartz mylonite in a silicified shear zone near the contact between biotite-muscovite granite and paragneiss of the Ticunzal Formation. The ore mineralogy consists of gold, guanajuatite, kalungaite, mertieite I and II, sperrylite, padmaite, bohdanowiczite, clausthalite, uraninite, and unnamed Ag-Pb-Bi-Se minerals. Kalungaite is a new palladium mineral originally discovered in the Buraco do Ouro deposit. Local magnetite concentrations and rare chalcopyrite and pyrite are also associated with both mineralized and barren mylonites in a gangue consisting of muscovite, quartz, and rare tourmaline. High-TiO<sub>2</sub> muscovite clasts in the ore are interpreted as the magmatic muscovite of the original granite, and the mineralization is considered to be synchronous with the syntectonic granite intrusion during syn-emplacement shearing and alteration. In the Buraco do Ouro deposit, the association between granitic rocks and platinum group elements (PGE)-bearing gold mineralization is uncommon and unique in the context of the Aurumina Suite and the Ticunzal Formation. Complex intergrowths and textural relationships in the ore minerals assemblage indicate a complex history in the ore genesis, probably with several stages of mineralization. The chemical data suggest the possibility of a solid solution between guanajuatite and bohdanowiczite and between guanajuatite and clausthalite, with Ag-Pb-Bi-Se phases as intermediate compounds. Otherwise, the Pb-Bi-Se phase could represent a specific non-described mineral. Uraninite is for the first time recognized in this mineral assemblage and its concentration in the ore seems important, as revealed by high gamma

spectrometric measures in the samples collected in the deposit. The association between gold and uranium constitutes a regional signature, observed in both gold and uranium deposits localized in the Cavalcante region.

**Keywords:** Buraco do Ouro gold deposit, selenides, gold, PGE.

## 2.2 – INTRODUCTION

The Cavalcante region is situated in the northeastern part of Goiás State, in Central Brazil, where gold exploration and many gold occurrences have been recorded since the beginning of the 18<sup>th</sup> century. The Buraco do Ouro deposit is located near the downtown area of Cavalcante. Although the deposit has been exploited sporadically since 1740 by small-scale miners, an improvement in the underground operations only occurred in the 1970s. At that time, Marchetto *et al.* (1993) published the first records of platinum group elements (PGE) association in the ore. Today, the deposit is owned by the Penery Mining Ltda., but is currently not in operation.

The origin of the uncommon granite-related gold-PGE( $\pm$ U) mineralization in Cavalcante is a controversial issue and, because of the lack of detailed field and deposit data, it is poorly understood. Previous scientific studies carried out in the Buraco do Ouro deposit and the surrounding area, mainly on a regional scale, have focused on the structural control of the orebodies (Hippertt and Massucatto, 1998; D’el Rey Silva and Senna Filho, 1998), and include a preliminary description of the ore minerals (Marchetto *et al.*, 1993; Botelho and Silva, 2005) that have led to the discovery of a new mineral at the deposit, kalungaite (PdAsSe) (Botelho *et al.*, 2006a).

The main purpose of this paper is to describe the exotic mineralogy of the Buraco do Ouro deposit, and to investigate the textural relationships in the ore assemblage and its host rocks, in order to contribute to the discussion about the origin of this unusual Au-PGE mineralization.

## 2.3 – REGIONAL SETTING

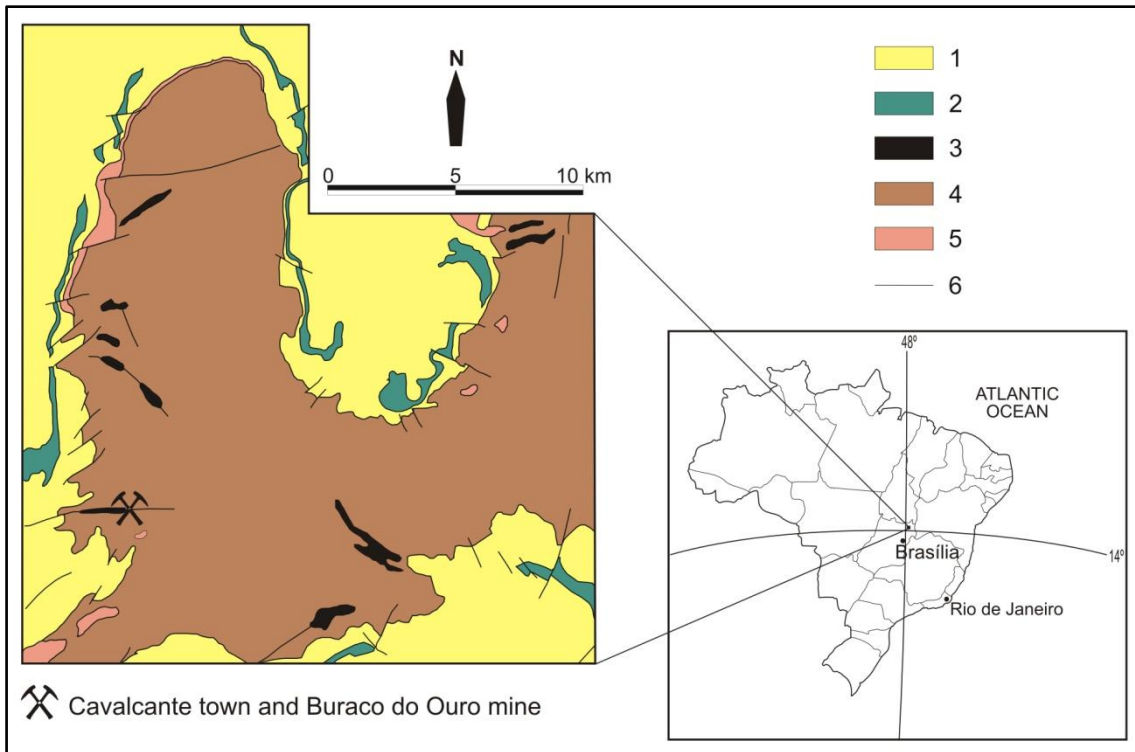
The Cavalcante region lies on the basement rocks of the Neoproterozoic Brasília Fold Belt: the Paleoproterozoic graphite-bearing paragneiss and schist of the

Ticunzal Formation; the 2.15 Ga peraluminous syncollisional biotite-muscovite granite of the Aurumina Suite; and the metavolcano-sedimentary rocks of the ~ 1.77 Ga Araí Group rift sequence.

Gold mineralization in the northeastern part of Goiás State is mainly associated with Paleoproterozoic peraluminous granites from the Aurumina Suite and the associated metasedimentary country rocks of the Ticunzal Formation (Botelho and Moura, 1998; Botelho *et al.*, 2006b). Gold mineralization in other terranes is reported only as minor occurrences hosted in metaconglomerate and quartzite of the rift sequence (Alvarenga *et al.*, 2007). Rocks of the Ticunzal Formation and the Aurumina Suite also host important tin and tantalum, as well as minor uranium deposits, some of them spatially related to the gold mineralization (Botelho *et al.*, 2006b). Anomalies in PGE are recorded in many gold occurrences and in rocks related to the Ticunzal Formation and the Aurumina Suite in the Cavalcante region and nearby areas (Botelho and Silva, 2005; Menez and Botelho, 2013, in preparation), but PGE mineralization is known only in the Buraco do Ouro deposit.

#### **2.4 – GEOLOGY OF THE BURACO DO OURO DEPOSIT**

The Buraco do Ouro Au-PGE( $\pm$ U) deposit is hosted by a hydrothermalized muscovite-quartz mylonite in a 500-m-long E-W-trending shear zone, associated with a 2.15 Ga biotite-muscovite granite of the Aurumina Suite, near the contact with the metasedimentary country rocks of the Ticunzal Formation (Figure 2.1). However, in the deposit sequence, this contact is deep-seated and thus has only been observed in drillholes (Menez and Botelho, 2013, in preparation). The main types of hydrothermal alteration in both granite and country rocks are sericitization and silicification, with minor K-metassomatism associated with the silicification. Nevertheless, economic Au-PGE mineralization is known in altered granite-related mylonite only. Huge pockets of barren quartz are the dominant feature in the deposit and probably postdate the mineralization. The orebody is an amalgamation of four lenses displaying a sigmoidal geometry (D'el Rey Silva and Senna Filho, 1998), forming a small deposit (3 tons of Au). According to the Penery Mining Ltda. data, the mean gold concentration in the deposit is 8 g/t. There is no available information about the palladium and platinum content in the mine.



**Figure 2.1** – Geological sketch map of the Cavalcante region showing the location of the Buraco do Ouro deposit (after Botelho *et al.*, 2006a). (1) Metasedimentary rocks of the Araí Rift; (2) Metavolcanic rocks (acid/basic) of the 1.77 Ga Araí Rift; (3) Shear zone with quartz veins and quartz-muscovite mylonite; (4) 2.15 Ga peraluminous syn-kynematic granites of the Aurumina Suite; (5) Graphite schist and paragneiss of the Ticunzal Formation; (6) Fault.

Detailed information on the structural controls in the deposit and distribution of metal content in the ore and host rocks, as well as a discussion about the role of granite magmatism, sedimentary processes, and tectonics in the origin of the Buraco do Ouro mineralization and regional Au-PGE anomalies are reported by Menez and Botelho (2013, in preparation).

## 2.5 – SAMPLING AND ANALYTICAL PROCEDURES

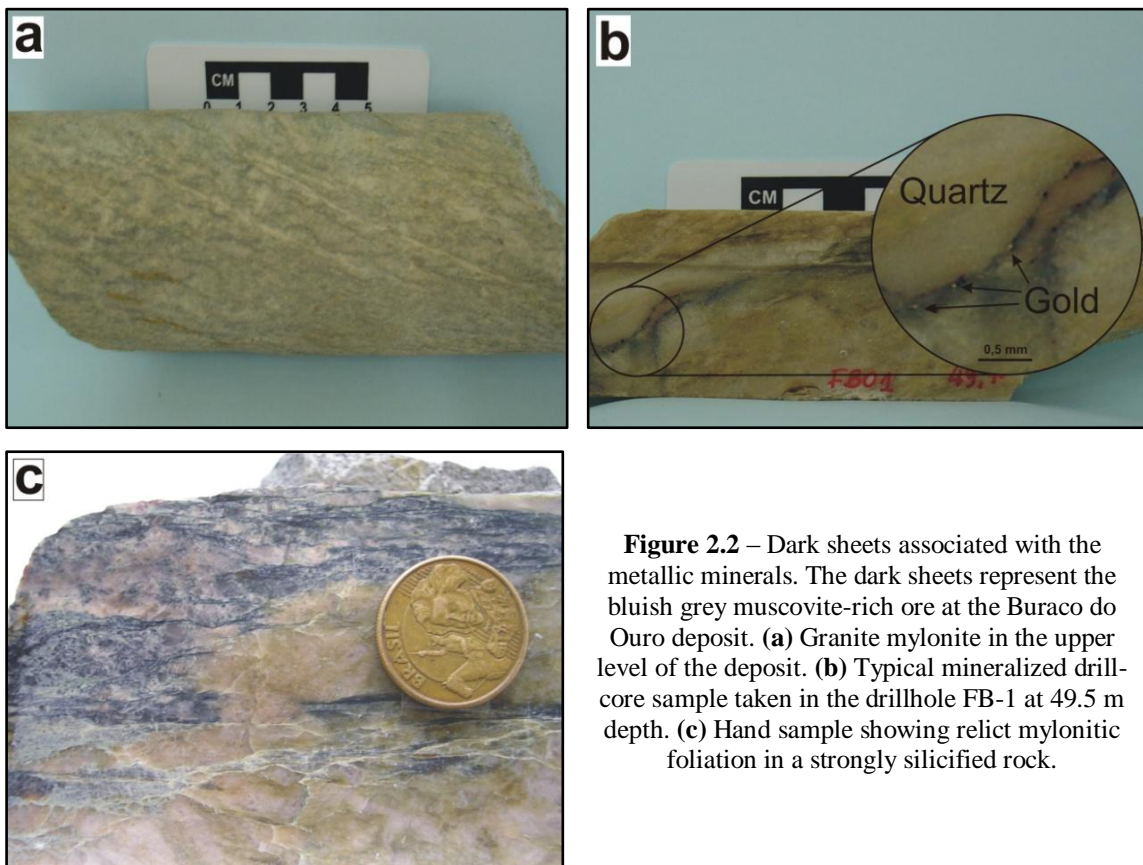
The mineralogical composition of mineralized zones and host rocks was studied by transmitted and reflected light microscopy. At first the chemical composition of minerals was determined using a CAMEBAX SX-50 Electron Probe Microanalyzer (EPMA), at the Institute of Geosciences, Brasília University, operated at 20 kV and 25-40 nA. Recent detailed study of textural relationships and Wavelength Dispersive Spectrometer (WDS) analyses, mainly in the Pb-Bi-Se phase, was performed in a JEOL JXA-8230 EPMA, in the same institute. Some chemical composition analyses of the ore minerals were determined using the same equipment, which operated at 20 kV and 20



nA. The standards used in both electron probes were pyrite (Fe, S), chalcopyrite or native copper (Cu), galena (Pb), uraninite (U), stibnite or native antimony (Sb), synthetic gallium arsenide (As), synthetic zinc selenide (Zn, Se), synthetic HgS (Hg), and the native elements gold, silver, platinum, palladium, and bismuth.

## 2.6 – ORE MINERALOGY

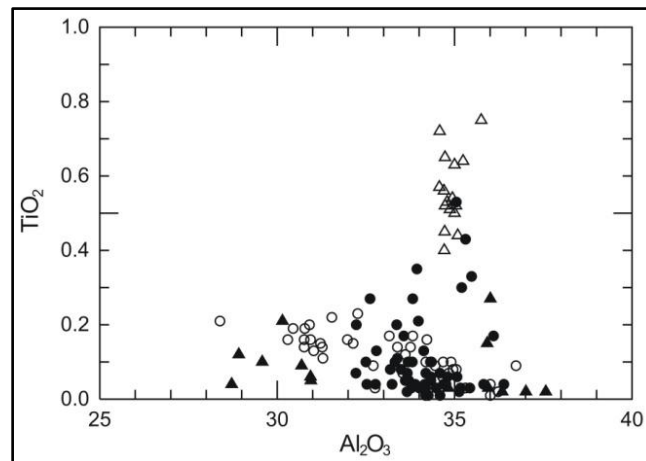
A typical sample of the host rock at the Buraco do Ouro deposit is a strongly silicified rock with 1-10 mm thick discontinuous dark sheets, representing remnants of the granite-related muscovite-quartz mylonite. The mineralized sheets are hosted in pockets of smoky or milky quartz. Visible gold, PGE minerals, and selenides are present as elongate or platy grains or aggregates restricted to the relict mylonitic foliation, with major concentrations in the bluish or greenish grey muscovite-rich zones (Figure 2.2). There are PGE-free minor concentrations of gold disseminated in some rose quartz clusters near the mica-rich sheets.



**Figure 2.2** – Dark sheets associated with the metallic minerals. The dark sheets represent the bluish grey muscovite-rich ore at the Buraco do Ouro deposit. **(a)** Granite mylonite in the upper level of the deposit. **(b)** Typical mineralized drill-core sample taken in the drillhole FB-1 at 49.5 m depth. **(c)** Hand sample showing relict mylonitic foliation in a strongly silicified rock.

*Gangue Minerals*

The main gangue minerals in the ore samples are quartz and muscovite, the same found in barren mylonite. Trace amounts of zircon, monazite, tourmaline, rutile, chlorite, and siderite were identified in both mineralized and barren granite mylonites. The quartz grains are anhedral to subhedral with undulose extinction, showing deformation bands and subgrain generation. The grains have dimensions from 0.8 to 7.5 mm and show concave-convex or sutured contacts. They can be elongate in the foliation of the rock. In the mineralized sheets, the quartz grains are finer than 0.5 mm, with straight contacts and mosaic textures. Muscovite occurs in two generations. The early muscovite is present as coarser pre-tectonic clasts, as mica-fish in the mylonitic foliation and has high  $TiO_2$  content when compared with the second generation of muscovite (Figure 2.3). The second generation of muscovite is the more abundant, occurring as thin lamellae in the mylonitic foliation. This muscovite has a bluish or greenish grey tint when in close association with the ore minerals. In the barren mylonite, the thin muscovite is light green to yellowish green. The second generation muscovite has low content of  $TiO_2$  and presents similar compositional distribution in both barren and mineralized mylonites (Figure 2.3).

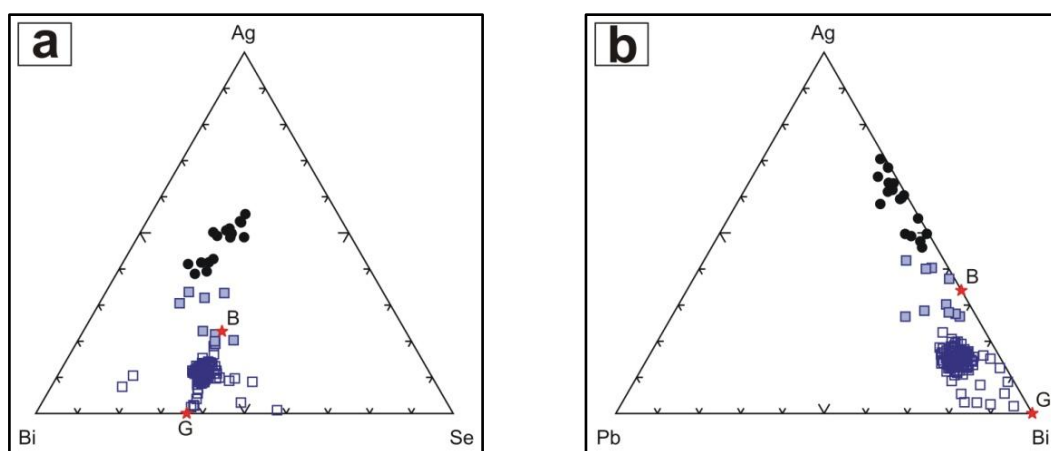


**Figure 2.3** – Compositional diagram of the muscovite present in the mylonites of the Buraco do Ouro deposit. The original magmatic muscovite now appears as mica-fish clasts in the mylonites. Open circle: Barren mylonite; Filled circle: Mineralized mylonite; Open triangle: Magmatic muscovite; Filled triangle: Reequilibrated border of magmatic muscovite lamellae.

*Ore Minerals*

The metallic minerals identified in the Buraco do Ouro ore are, in order of their decreasing abundance: guanajuatite ( $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ) and associated unidentified Ag-Pb-Bi selenides, native gold, kalungaite ( $\text{PdAsSe}$ ), mertieite I [ $\text{Pd}_{11}(\text{Sb,As})_4$ ], mertieite II [ $\text{Pd}_8(\text{Sb,As})_3$ ], uraninite ( $\text{UO}_2$ ), padmaite ( $\text{PdBiSe}$ ), sperrylite ( $\text{PtAs}_2$ ), bohdanowiczite ( $\text{AgBiSe}_2$ ), and clausthalite ( $\text{PbSe}$ ). Chalcopyrite and pyrite are also observed in minor amounts. Magnetite, hematite, and a Mn-oxide are weakly disseminated in the host mylonite. Magnetite also forms local massive concentrations in the barren hydrothermally altered mylonite, near the mineralized bodies. The ore minerals of the Buraco do Ouro deposit are described below and their representative chemical compositions are shown in Table 2.1.

*Guanajuatite* is present as individual elongate grains, 0.1 to 1.0 mm, or as agglomerates, with kalungaite, mertieite, and gold. Inclusions of sperrylite and clausthalite are common in guanajuatite grains, whereas inclusions of kalungaite, gold, mertieite, and uraninite are rare (Figures 2.4a, b, c). Guanajuatite displays symplectic intergrowth with chalcopyrite and mertieite observed in the core of some grains (Figures 2.4d, e). A complex intergrowth between guanajuatite and clausthalite is also a common feature in the ore (Figures 2.4f, g). Guanajuatite ( $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ) has a silver content varying between 1.9 and 15.0 wt.%, showing a continuous enrichment toward the composition of bohdanowiczite ( $\text{AgBiSe}_2$ ), which has a silver content from 17.1 to 29.9 wt.% (Figure 2.5).



**Figure 2.5** – Triangular diagrams for the Ag-Bi-Se phase in the Buraco do Ouro deposit. (a) Bi-Ag-Se plot, in wt%, comparing guanajuatite and bohdanowiczite compositions. (b) Pb-Ag-Bi plot, in wt%. Open square: Guanajuatite; Filled square: Bohdanowiczite; Circle: Ag-Bi-Se phase; Ideal bohdanowiczite (B) and guanajuatite (G).

*Clausthalite* was identified in minor proportions in the ore assemblage. It was best characterized with the aid of Backscattered Electrons (BSE), Energy Dispersive Spectrometer (EDS) and WDS analyses due to their small grains, disposed as inclusions or intergrown with guanajuatite (Figures 2.4a, c, f, g).

**Table 2.1** – EPMA data (wt.%) on ore minerals from the Buraco do Ouro deposit. (n.a. = not analyzed; - = not detected).

			Au	Ag	Pd	Pt	Bi	Pb	Cu	Fe	Hg	As	Sb	Se	S	TOTAL
1	Guanajuatite	Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	-	12.8	0.1	1.0	46.3	5.1	0.9	0.6	n.a.	-	-	31.6	1.5	99.9
2			-	10.3	0.3	0.9	44.4	6.9	1.3	0.7	n.a.	-	-	32.6	1.6	99.0
3			-	10.3	-	-	50.3	5.2	0.9	0.5	-	-	-	31.2	1.3	99.7
4			-	8.4	-	-	49.4	8.0	0.5	0.6	-	-	-	32.3	0.4	99.6
5			-	10.1	-	-	49.9	7.9	0.8	0.3	-	-	-	29.5	1.6	100.1
6			-	8.7	-	0.1	51.2	4.9	2.0	0.4	-	-	-	30.7	1.1	99.1
7	Native Gold	Au	93.4	5.4	0.4	-	0.3	0.1	-	-	n.a.	-	-	-	-	99.6
8			91.2	7.5	0.5	-	0.3	-	-	-	n.a.	-	-	-	-	99.5
9			91.0	6.6	0.4	-	-	-	0.1	0.1	1.8	-	-	-	-	100.0
10			93.5	3.5	0.5	-	-	-	0.1	-	1.8	-	-	-	-	99.4
11			93.3	3.5	0.4	-	-	-	0.1	-	1.9	-	-	-	-	99.2
12			92.9	4.6	0.5	-	-	-	-	-	1.8	-	-	0.1	-	99.9
13	Kalungaite	PdAsSe	-	-	40.7	-	0.5	-	-	-	n.a.	27.4	1.3	28.8	1.1	99.8
14			-	-	40.4	0.3	0.3	-	-	-	n.a.	27.9	1.2	28.5	1.2	99.8
15			-	-	41.7	-	0.4	-	-	-	-	26.2	1.6	28.5	1.1	99.5
16			-	-	41.5	0.1	0.2	-	-	-	-	26.3	1.6	28.6	1.2	99.5
17			-	-	41.8	0.2	0.2	-	0.1	-	-	26.1	1.7	27.9	1.2	99.2
18			-	-	41.1	0.8	0.3	-	-	0.1	-	26.0	1.4	28.2	1.3	99.2
19	Mertieite I	Pd <sub>11</sub> (Sb,As) <sub>4</sub>	3.5	-	70.0	0.2	-	-	0.6	-	-	9.0	15.7	-	-	99.0
20			4.1	-	68.3	0.2	-	-	1.9	-	-	8.7	15.8	-	-	99.0
21			4.7	-	69.0	0.2	-	-	-	-	-	8.8	15.5	-	-	98.2
22			5.6	-	68.3	0.2	-	-	0.5	-	0.1	8.5	15.7	-	-	98.9
23			4.4	-	68.6	0.2	-	-	1.7	-	0.1	8.5	16.1	-	-	99.6
24			3.6	-	70.7	0.2	-	-	0.9	-	-	8.4	16.1	-	-	99.9
25	Mertieite II	Pd <sub>8</sub> (Sb,As) <sub>3</sub>	-	-	70.7	0.2	-	0.1	0.2	0.1	n.a.	4.2	24.8	-	-	100.3
26			0.5	-	71.2	0.4	0.1	0.1	0.2	-	n.a.	4.0	24.9	-	-	101.4
27			-	-	71.4	0.4	-	-	-	-	-	3.0	25.8	-	-	100.6
28			-	-	70.6	0.4	0.2	-	0.1	-	-	2.9	25.3	0.2	-	99.7
29			-	-	66.7	0.3	2.4	0.6	0.8	0.7	-	2.8	23.8	2.0	0.7	100.8
30			-	-	71.5	0.3	-	-	-	-	-	3.2	25.3	-	-	100.3
31	Padmaite	PdBiSe	0.2	-	27.1	1.1	52.7	-	-	-	n.a.	-	-	20.7	0.1	101.9
32			-	-	27.2	1.2	53.1	-	-	-	n.a.	-	-	20.5	0.2	102.2
33			-	0.1	25.9	-	53.7	-	-	-	-	-	-	19.0	0.1	98.8
34			-	-	26.5	-	53.7	-	0.1	-	-	-	-	18.2	0.1	98.6
35			-	-	26.5	-	52.9	-	0.4	0.2	-	-	0.1	18.4	0.1	98.6
36			-	-	25.7	-	54.6	-	-	-	-	-	-	18.9	0.1	99.3
37	Sperrylite	PtAs <sub>2</sub>	3.8	-	0.8	55.7	-	0.1	-	0.1	-	39.5	-	-	0.3	100.3
38			3.5	-	1.0	53.2	0.2	0.3	-	-	-	40.5	-	-	0.4	99.1
39			3.6	-	1.3	52.7	-	0.2	0.1	0.1	-	40.1	0.1	-	0.3	98.5
40			3.7	-	0.9	55.1	-	0.1	-	-	-	39.2	-	-	0.3	99.3
41			3.6	0.1	0.6	54.2	-	0.3	-	0.1	-	40.9	-	-	0.4	100.2
42			3.7	0.1	0.9	54.9	0.2	0.3	-	0.1	-	38.9	-	-	0.3	99.4
43	Bohdanowiczite	AgBiSe <sub>2</sub>	0.1	19.2	-	1.1	40.5	7.9	0.1	0.4	-	-	-	28.2	1.0	98.5
44			0.9	29.9	-	0.7	34.3	6.4	0.1	0.2	-	-	-	25.6	0.8	98.9
45			-	17.1	-	-	44.1	2.6	1.2	1.0	-	-	-	30.6	0.8	97.4
46			-	21.1	-	-	45.0	3.9	-	0.1	-	-	-	26.5	1.2	97.8
47			-	17.8	-	-	43.8	3.0	0.8	0.9	-	-	-	30.9	0.9	98.1
48			-	18.6	-	-	43.8	4.0	0.1	0.9	-	-	-	30.6	0.4	98.4
49	Clausthalite	PbSe	0.1	0.9	0.1	-	-	69.4	-	0.1	n.a.	0.1	-	28.2	0.4	99.3
50			-	0.3	0.2	0.1	-	70.4	0.1	-	n.a.	0.1	-	29.1	0.2	100.5
51			-	0.2	-	-	0.8	72.5	0.1	0.1	0.1	-	-	25.5	0.3	99.6
52			-	0.4	-	-	1.0	71.4	0.1	-	-	-	-	25.0	0.3	98.2
53			-	0.2	-	-	0.8	71.1	-	-	-	-	-	25.5	0.3	97.9
54			-	0.3	-	-	1.5	70.7	0.3	0.2	-	-	-	25.0	0.6	98.6

The *unidentified Ag-Pb-Bi-Se phases* appear mainly as irregular overgrowths on guanajuatite. The observed textures between guanajuatite and both Ag-rich phase

and Se-rich phase suggest a replacement of the guanajuatite grains by dark grey minerals (Figures 2.4h, i). The phase richest in silver has 42.2 wt.% Ag, twice as much as the bohdanowiczite silver content (Table 2.2; Figures 2.4h and 2.5), and the calculated ideal formula is  $\text{Ag}_3\text{BiSe}_2$ .

The phase richest in selenium is characterized by the same textural relationship observed in the Ag-rich selenide-guanajuatite association (Figure 2.4i). This selenide has content greater than 50 wt.% Se (average value: 72.5 wt.%); no similar phase is described in the literature. The selenium grains in Figure 2.4i have up to 73 wt.% Se. By analogy with other alloys, this phase could be considered native selenium with bismuth, silver, lead, and copper impurities (Table 2.2).

Another unidentified selenide is the Pb-Bi-Se phase which has lead content varying between 10.1 and 58.1 wt.% with an average value of 19.2 wt.% (Table 2.2).

**Table 2.2** – EPMA data (wt.%) on Ag-Bi-Se, Pb-Bi-Se, and Se-rich phases from the Buraco do Ouro deposit. (n.a. = not analyzed; - = not detected).

	Phases	Au	Ag	Pd	Pt	Bi	Pb	Cu	Fe	Hg	As	Sb	Se	S	TOTAL
1	Ag-Bi-Se	-	37.2	-	0.3	33.4	4.3	-	0.4	n.a.	-	-	18.3	0.9	94.8
2		-	43.9	-	0.6	26.2	5.7	-	0.2	n.a.	-	-	20.1	0.7	97.4
3		0.1	44.5	-	-	29.0	1.5	-	0.3	-	-	-	17.1	0.4	92.9
4		0.9	45.2	-	-	25.5	2.9	0.1	0.4	n.a.	-	-	20.0	0.6	95.6
5		0.1	45.5	0.2	-	29.3	0.5	-	0.1	-	-	-	15.9	0.5	92.1
6		0.2	45.7	-	0.1	24.1	1.8	-	0.4	n.a.	0.1	-	23.9	0.4	96.7
7		0.1	46.9	-	-	25.6	1.1	-	0.4	n.a.	0.2	-	19.1	0.4	93.8
8		-	48.0	-	0.3	22.1	3.2	-	0.2	n.a.	-	-	20.2	0.3	94.3
9		0.2	49.6	-	-	19.9	0.9	-	0.4	-	0.2	-	20.3	0.5	92.0
10		0.3	49.9	-	0.5	23.0	0.4	-	-	n.a.	-	-	21.5	0.1	95.7
11	Se-rich	-	0.6	0.4	-	5.6	0.4	24.7	0.1	-	-	-	66.1	0.2	98.1
12		-	5.0	0.2	0.3	21.3	2.9	0.9	0.1	-	0.2	-	67.9	0.4	99.2
13		-	0.4	-	-	5.3	0.1	24.5	0.1	-	-	-	69.8	0.1	100.3
14		-	0.7	-	-	1.5	0.2	25.9	0.1	-	-	-	71.1	-	99.5
15		-	0.3	0.1	-	0.6	0.1	25.8	-	-	-	-	71.5	-	98.4
16		-	-	-	-	-	-	-	26.2	-	-	-	72.7	-	98.9
17		-	0.1	-	-	-	0.2	26.2	-	-	-	-	73.3	0.5	100.3
18		0.1	3.4	0.2	-	16.1	3.3	0.2	-	-	-	-	75.9	-	99.2
19		-	2.3	-	0.1	14.1	1.9	0.9	-	-	-	-	77.9	-	97.2
20		1.2	3.1	-	0.1	7.8	0.9	0.3	0.1	-	-	-	87.0	-	100.5
21	Pb-Bi-Se	-	13.8	-	-	43.4	10.5	-	-	-	-	-	30.7	0.4	98.8
22		-	8.9	0.2	-	45.6	13.2	0.8	0.6	-	-	-	28.4	1.3	99.0
23		-	7.2	-	-	40.1	21.5	0.2	0.1	-	-	-	29.8	0.6	99.5
24		-	1.9	-	-	40.9	25.9	0.3	0.3	-	-	-	30.3	0.4	100.0
25		-	6.2	-	-	33.1	29.8	0.4	0.3	-	-	-	29.1	0.5	99.4
26		-	3.9	-	-	33.4	32.7	0.1	0.1	-	-	-	29.4	0.6	100.2
27		-	1.2	-	-	30.4	36.2	1.5	1.7	-	-	-	28.5	1.0	100.5
28		-	4.5	-	-	25.7	42.4	0.1	0.1	-	-	-	27.0	0.8	100.6
29		-	1.7	-	0.1	13.5	55.0	0.5	0.5	-	-	-	28.3	0.4	100.0
30		-	2.0	0.1	-	13.0	58.1	0.6	0.4	0.1	-	-	27.1	0.5	101.9

*Bohdanowiczite* is in close association with guanajuatite. Due to the similarity between bohdanowiczite and guanajuatite under reflected light, the bohdanowiczite grains were identified with the aid of BSE, EDS, and WDS analyses.

Grains of *native gold*, up to 2 mm long, has a platy anhedral, roundish, or elongate shape. This gold is associated with the PGE minerals, selenides, and rarely,

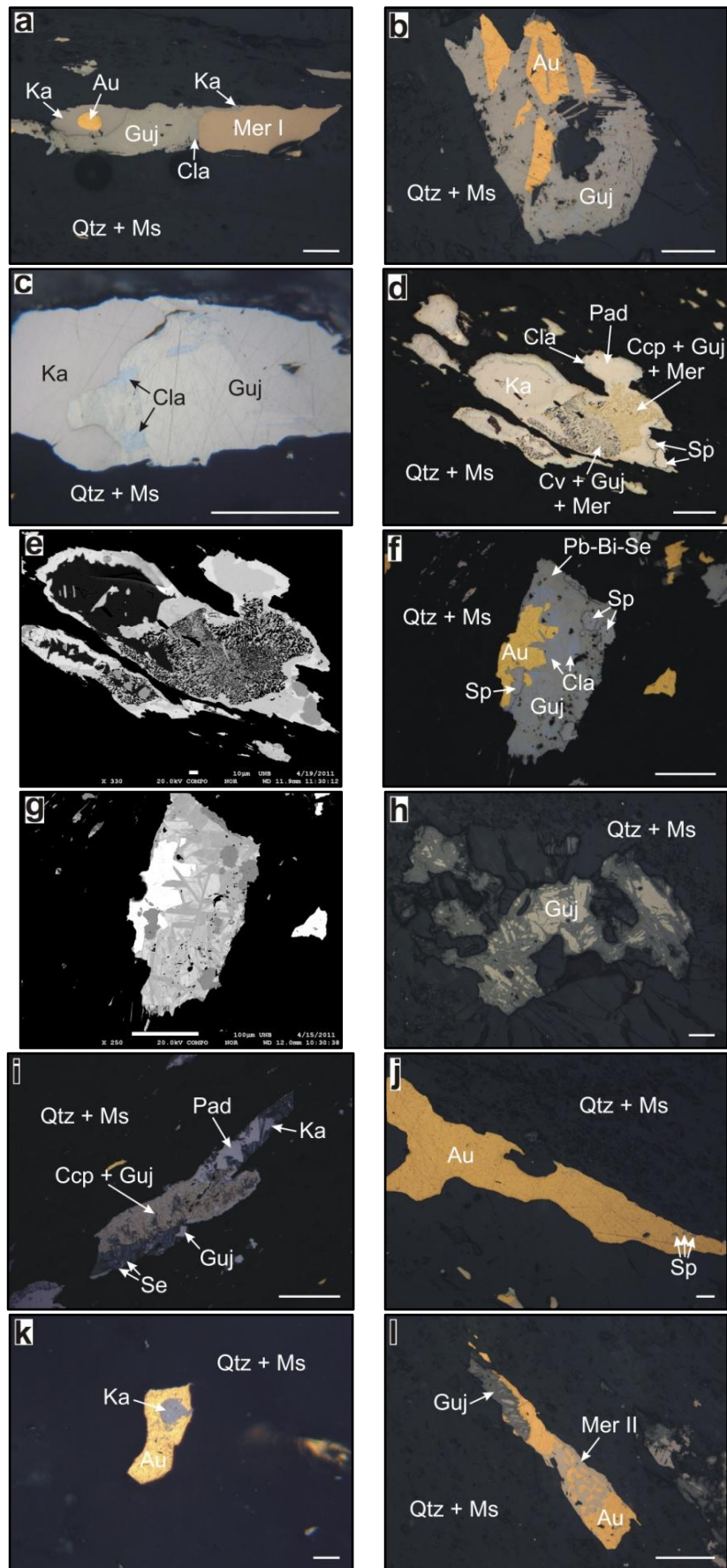
uraninite. The most representative textures in the Buraco do Ouro deposit appear as gold in individual grains, in agglomerates containing inclusions of kalungaite and sperrylite, or included in the kalungaite, mertieite, guanajuatite, and uraninite (Figures 2.4a, b, j, k). Gold also is represented by the symplectic intergrowth with mertieite (Figure 2.4l). In this case, the intergrowth occupies the whole grain, unlike the intergrowths involving guanajuatite, chalcopyrite, and mertieite, which are restricted to the center of the grains. So, gold and mertieite were formed simultaneously.

*Kalungaite* is a palladium and arsenic selenide, discovered in the Buraco do Ouro deposit by Botelho *et al.* (2006a). It appears mainly in composite grains together with other metallic minerals. The typical texture is represented by kalungaite enveloping guanajuatite (Figure 2.4m). It appears also as individual anhedral grains (0.1 to 0.8 mm). Kalungaite contains inclusions of gold, sperrylite, and less commonly, mertieite. Together with gold, kalungaite displays two distinct textural relationships: hosting roundish grains of gold (Figures 2.4a, p); and as roundish inclusions in individual grains of gold (Figure 2.4k). Because of its relationship with other metallic minerals, especially gold and guanajuatite, kalungaite appears to have been crystallized over a long period during the formation of the Cavalcante ore. However, as pointed out by Botelho *et al.* (2006a), the kalungaite has a homogeneous composition and the same levels of bismuth, antimony, and sulfur impurities as in all analyzed samples (Table 2.1).

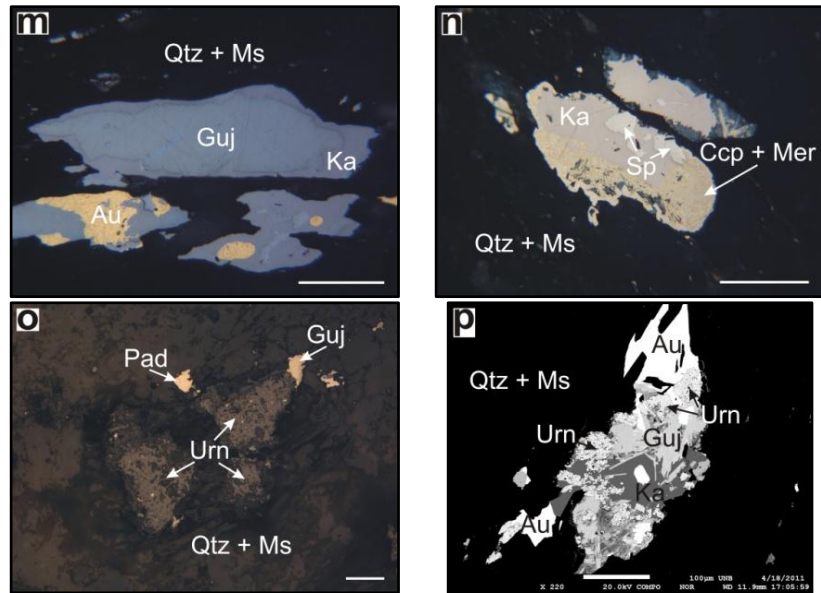
*Mertieite* is present as 0.1 to 0.4 mm individual, anhedral grains or in agglomerates together with the minerals of the ore assemblage (Figure 2.4a). This mineral also is involved in symplectic intergrowth with gold (Figure 2.4l) and with guanajuatite and chalcopyrite or just with chalcopyrite (Figures 2.4d, n). At first, this mineral was described as stibiopalladinite ( $\text{Pd}_5\text{Sb}_2$ ) with arsenic impurities, but the chemical composition and optical properties are similar to those described for mertieite I and II. In fact, mertieite optically resembles stibiopalladinite but differs in magnitude and sign of birefractance, which is higher for the mertieite (Desborough *et al.*, 1973). The ideal formula for the Buraco do Ouro mertieite I is  $(\text{Pd,Pt,Au,Cu})_{11.25}(\text{Sb,As})_4$  and for mertieite II is  $(\text{Pd,Pt})_{7.6}(\text{Sb,As,Se})_3$  (Table 2.1).



**Figure 2.4** – Reflected light photomicrographs (in all cases, white bar represents 0.1 mm) and BSE images of the main aspects of the Buraco do Ouro ore minerals. **(a)** Guanajuatite (Guj) associated with kalungaite (Ka), mertieite I (Mer I), and clausthalite (Cla); note the inclusion of gold (Au) in the kalungaite grain. **(b)** Gold and guanajuatite association. **(c)** Association between kalungaite and guanajuatite with clausthalite inclusions. **(d)** Typical agglomerate of clausthalite, kalungaite, padmaite (Pad), and sperrylite (Sp) with guanajuatite, chalcopyrite (Ccp), and mertieite and guanajuatite, covellite (Cv), and mertieite symplectic intergrowths. **(e)** BSE image of the association in the Figure 2.4d. **(f)** Association between gold and a grain of guanajuatite intergrown with clausthalite, with sperrylite inclusions; note the optical similarity between guanajuatite and Pb-Bi-Se phase. **(g)** BSE image of the association in the Figure 2.4f. **(h)** Guanajuatite (white) partially replaced by the Ag-rich phase (grey). **(i)** Guanajuatite partially replaced by the Se-rich phase (dark bluish grey). **(j)** Native gold with sperrylite inclusions. **(k)** Roundish kalungaite inclusion in a gold grain. **(l)** Symplectic intergrowth between mertieite II and gold.



**Figure 2.4** (continued) – **(m)** Guanajuatite entirely enveloped by kalungaite and gold associated with guanajuatite as irregular adjacent grains or roundish inclusions. **(n)** Symplectic intergrowth between chalcopyrite and mertieite associated with a kalungaite grain containing sperrylite inclusions. **(o)** Uraninite (Urn) associated with padmaite and guanajuatite. **(p)** EDS image showing uraninite associated with guanajuatite, kalungaite, and gold; note the roundish inclusion of gold in kalungaite domain. Gangue minerals: quartz (Qtz) and muscovite (Ms).



*Uraninite* is described for the first time in the Buraco do Ouro deposit. It appears as roundish or anhedral grains (0.1 to 1.3 mm), isolated or associated with gold, guanajuatite, kalungaite, padmaite, and rarely, with mertieite and pyrite (Figures 2.4o, p). The concentration of uraninite in the ore seems important, as revealed by high gamma spectrometric measures in the samples collected in the deposit. As this mineral appears closely related to the Au-PGE orebodies, we suggest the use of gamma spectrometry in future underground and drillhole operations as an additional tool in the search for mineralized zones.

*Padmaite* was identified in minor proportions in the ore assemblage. It was best characterized with the aid of BSE, EDS, and WDS analyses due to its small grains, disposed as inclusions. Otherwise, padmaite is very similar to guanajuatite under reflected light (Figures 2.4d, i). Some padmaite grains from the Buraco do Ouro ore show high content of copper and iron (Figure 2.6) due to chalcopyrite microinclusions. The padmaite copper content varies from 0 to 10.1 wt.% and the iron content is between 0 and 8.8 wt.%, with the same Cu/Fe ratio found in chalcopyrite.

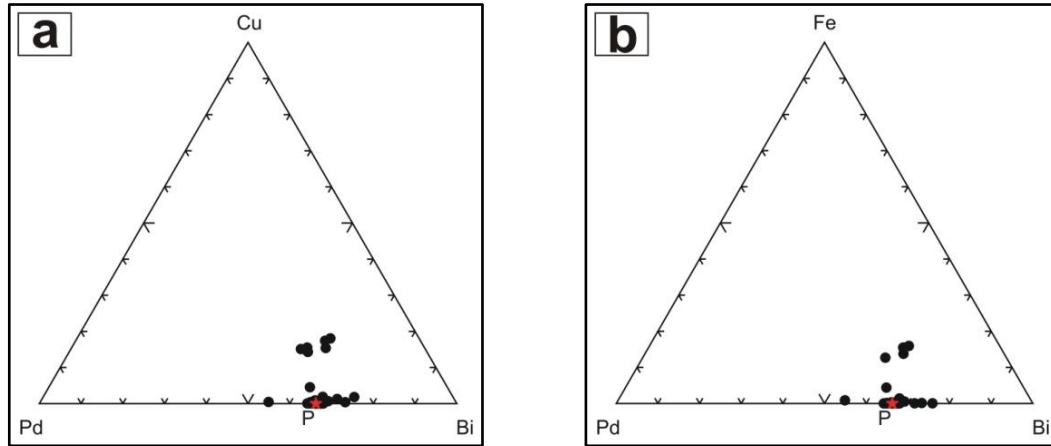
*Sperrylite* is present as roundish inclusions in guanajuatite, gold, and kalungaite (Figures 2.4d, f, j, n), and less commonly as individual grains.

## 2.7 – DISCUSSION AND CONCLUDING REMARKS

The textures described in the ore from the Buraco do Ouro gold deposit suggest a complex history in the ore genesis, probably with several stages of mineralization.



Besides gold, the ore mineralogy of this deposit consists of selenides, arsenides, and antimonides of bismuth, platinum, palladium, silver, and lead. The ore mineralogy also presents a low sulfide content.



**Figure 2.6** – Triangular diagrams for padmaite in the Buraco do Ouro deposit. (a) Pd-Cu-Bi plot, in wt%. (b) Pd-Fe-Bi plot, in wt%. Ideal padmaite (P).

The mylonite that hosts the ore deposit in the shear zone is interpreted as being derived from a granite protolith, based on the presence of the high-TiO<sub>2</sub> muscovite clasts that are present as mica-fish in the mylonitic foliation. As stated in previous regional studies (Botelho *et al.*, 2006a and b; Cunha, 2006), this high-TiO<sub>2</sub> muscovite (Figure 2.3) is similar to magmatic muscovite described in the literature and is interpreted as relicts of the primary magmatic muscovite from the peraluminous granite protolith (Menez and Botelho, 2013, in preparation). High TiO<sub>2</sub> content in muscovite is a suggested evidence of its magmatic origin (Miller *et al.*, 1981; Monier and Robert, 1986).

The metallic minerals from the Buraco do Ouro deposit are associated with the hydrothermalized muscovite-quartz mylonite sheets, with major concentrations found in the dark bluish or greenish grey muscovite-rich zones. In spite of the color variation, there is no chemical difference between the muscovite from the mineralized and the barren samples. We suggest that the bluish and greenish grey colors in the mineralized samples are caused by the concentration of tiny grains of the metallic minerals along the cleavage planes of the muscovite. However, we do not dismiss the hypothesis that non-analyzed trace elements could also be the cause of the dark bluish or greenish color in the muscovite.

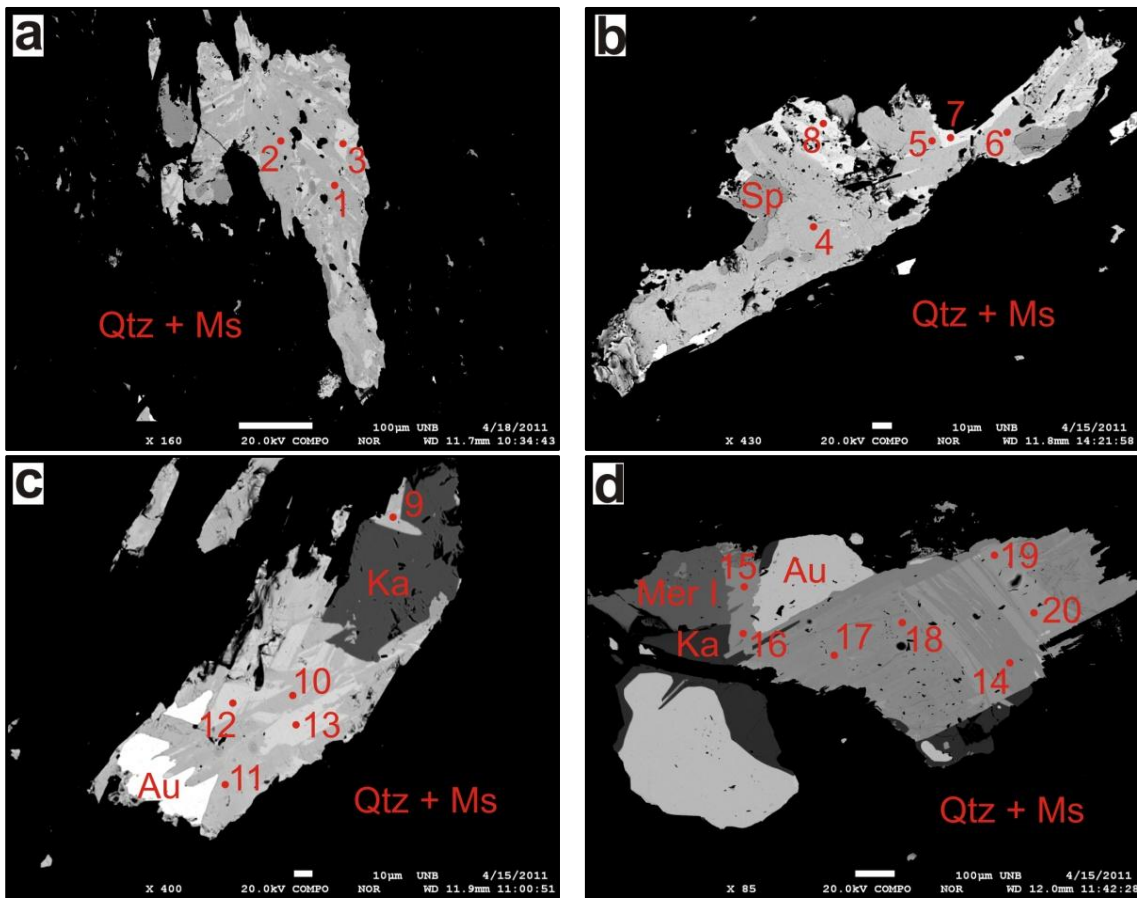
The chemical data of both guanajuatite and bohdanowiczite suggest the possibility of a solid solution between these two minerals. The silver enrichment in the bismuth selenide of the Buraco do Ouro deposit was also described by Marchetto *et al.* (1993), but the authors called this mineral Ag-rich paraganajuatite (BiSeS), based on semi-quantitative EDS data. Indeed, the sulfur content revealed by microprobe data (Table 2.1) is far below the range of sulfur concentration (13%) in paraganajuatite. Thus the main selenide in the Buraco do Ouro deposit is an argentiferous guanajuatite, simply called guanajuatite in this paper.

Although BSE images show a complex intergrowth between guanajuatite and clausthalite, which is dependent of the lead content (Figure 2.7), chemical data in homogeneous areas suggest a solid solution between these minerals, where the Pb-Bi-Se phase would represent an intermediate composition (Figure 2.8). Where the Pb-Bi-Se phase shows a lead content less than ~ 20 wt.%, the BSE image is similar to that of guanajuatite (Figure 2.4f and 2.7a, b) and where the lead content is greater than ~ 20 wt.% the image is similar to that of clausthalite (Figures 2.7c, d). The compositions of the points in Figure 2.7 are shown in Table 2.3. Otherwise, this Pb-Bi-Se phase could represent a specific non-described mineral. A similar species described in the literature is platynite [PbBi<sub>2</sub>(Se,S)<sub>2</sub>], which was however discredited as a valid mineral, being a mixture of laitakarite [Bi<sub>4</sub>(Se,S)<sub>3</sub>] and selenian galena [Pb(S,Se)] (Holtstam and Söderhielm, 1999). This is not the case here because a unique phase has been identified in the BSE analysis.

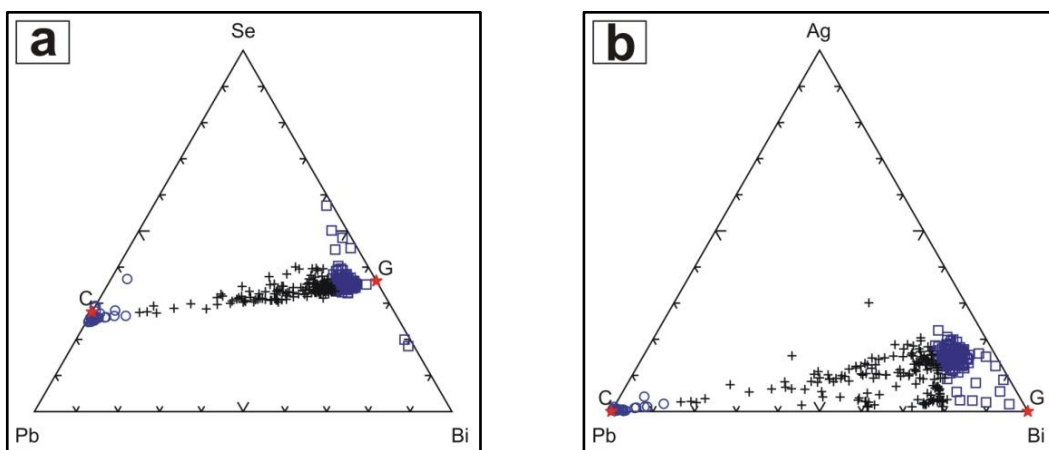
Native gold grains of the Buraco do Ouro ore contain up to 8.0 wt.% Ag, but the palladium content is low (up to 0.7 wt.%) if compared with the palladian gold described in other selenide-rich Au-PGE associations as the Hope's Nose in Devon, England (Stanley *et al.*, 1990); the Coronation Hill, Australia (Mernagh *et al.*, 1994); and the Serra Pelada gold-PGE deposit in the Carajás Mineral Province, northern Brazil (Cabral *et al.*, 2002a and b; Grainger *et al.*, 2002).

Uraninite is described for the first time in the Buraco do Ouro ore assemblage, spatially associated with the Au-PGE minerals. The occurrence of gold with uranium was also reported in uranium deposits of the Cavalcante region, which, similarly to the Buraco do Ouro, are hosted in granites of the Aurumina Suite, but also in graphite schist of the Ticunzal Formation (Bogossian, 2012). However, no relationship between uranium and PGE has been described by this author. Nevertheless, the understanding of

the processes responsible for the regional association between gold and uranium is fundamental in improving exploration strategies for gold and uranium in this region.



**Figure 2.7** – EDS images showing the relationships among guanajuatite, Pb-Bi-Se phase, and clausthalite in the Buraco do Ouro ore. Kalungaite (Ka), mertieite I (Mer I), sperrylite (Sp), gold (Au), quartz (Qtz), and muscovite (Ms).



**Figure 2.8** – Triangular diagrams for guanajuatite, clausthalite, and Pb-Bi-Se phase in the Buraco do Ouro deposit. (a) Pb-Se-Bi plot, in wt%. (b) Pb-Ag-Bi plot, in wt%. Note that both plots show a linear trend among the different phases. Square: Guanajuatite; Circle: Clausthalite; Cross: Pb-Bi-Se phase; Ideal guanajuatite (G) and clausthalite (C).

**Table 2.3** – EPMA data (wt.%) on Pb-Bi-Se phase of Figure 2.7 images. The numbers in the first column represent the points in this figure. (- = not detected).

	Phases	Au	Ag	Pd	Pt	Bi	Pb	Cu	Fe	Hg	As	Sb	Se	S	TOTAL
<b>1</b>	Guanajuatite	-	12.3	-	-	48.2	6.5	0.6	0.2	-	-	-	30.2	1.2	99.2
<b>2</b>	Pb-Bi-Se	-	10.5	-	-	46.2	10.1	0.7	0.2	-	-	-	30.3	1.3	99.3
<b>3</b>	Clausthalite	-	0.2	-	-	1.0	70.2	-	-	0.1	-	-	25.7	0.4	97.6
<b>4</b>	Guanajuatite	-	9.2	-	-	48.1	7.3	0.9	0.9	-	-	-	30.9	0.7	98.0
<b>5</b>	Guanajuatite	-	1.6	-	-	55.6	5.5	1.0	1.0	-	-	-	32.7	0.8	98.2
<b>6</b>	Pb-Bi-Se	-	4.0	-	0.1	47.7	11.4	4.1	-	-	-	-	31.4	0.6	99.3
<b>7</b>	Clausthalite	-	0.2	-	-	0.7	70.6	0.1	-	-	-	-	25.2	0.3	97.1
<b>8</b>	Clausthalite	-	0.1	-	-	0.5	70.6	-	-	-	-	-	23.5	0.2	94.9
<b>9</b>	Guanajuatite	-	9.6	-	0.1	49.0	6.4	1.5	0.3	-	-	-	30.2	0.9	98.0
<b>10</b>	Pb-Bi-Se	-	9.7	-	-	44.8	11.7	1.2	0.6	-	-	-	30.5	0.8	99.3
<b>11</b>	Pb-Bi-Se	-	8.7	-	0.1	37.2	21.7	0.8	0.7	-	-	-	29.3	0.7	99.2
<b>12</b>	Pb-Bi-Se	-	2.6	-	-	15.1	55.0	0.3	0.3	0.1	-	-	26.3	0.4	100.1
<b>13</b>	Clausthalite	-	0.3	-	-	1.6	70.2	0.1	-	0.1	-	-	24.6	0.3	97.2
<b>14</b>	Pb-Bi-Se	-	2.9	-	-	46.5	11.3	4.7	-	-	-	-	30.1	1.0	96.5
<b>15</b>	Pb-Bi-Se	-	4.2	-	-	47.1	11.6	4.2	-	-	-	-	30.2	1.0	98.3
<b>16</b>	Pb-Bi-Se	-	4.0	-	0.1	46.6	12.0	4.3	-	-	-	-	30.5	1.0	98.5
<b>17</b>	Pb-Bi-Se	-	6.8	-	-	43.7	15.3	0.9	0.8	-	-	-	30.1	0.9	98.5
<b>18</b>	Pb-Bi-Se	-	6.4	-	-	43.3	15.4	1.1	1.1	-	-	-	30.0	1.0	98.3
<b>19</b>	Pb-Bi-Se	-	2.6	-	-	39.6	26.5	0.1	0.1	-	-	-	29.4	0.4	98.7
<b>20</b>	Pb-Bi-Se	-	2.2	-	-	39.8	27.1	0.1	0.1	-	-	-	29.8	0.5	99.6

UNCONVENTIONAL AU-PGE-U  
MINERALIZATION RELATED TO SHEARED  
PERALUMINOUS GRANITE FROM THE BURACO  
DO OURO DEPOSIT, CAVALCANTE, CENTRAL  
BRAZIL

## Capítulo 3

### **Unconventional Au-PGE-U mineralization related to sheared peraluminous granite from the Buraco do Ouro deposit, Cavalcante, Central Brazil**

#### **3.1 – ABSTRACT**

The Buraco do Ouro gold deposit has been producing gold since the beginning of the 18<sup>th</sup> century, when the first gold occurrences were discovered in the northeastern part of Goiás State. However, the association between gold and platinum group elements (PGE) was reported only in the 1970s after improvements in the underground operations. The main mineralization is associated with the Paleoproterozoic peraluminous syntectonic granites of the Aurumina Suite and the metasedimentary graphite-bearing country rocks of the Ticunzal Formation. The gold deposit is hosted by a hydrothermalized muscovite-quartz mylonite in a silicified shear zone near the contact between the biotite-muscovite granite and the paragneiss of the Ticunzal Formation. In this deposit, the association between granitic rocks and PGE-bearing gold mineralization is uncommon and unique in the context of the Aurumina Suite and the Ticunzal Formation. In order of their decreasing abundance in the studied samples, the ore mineralogy consists of, guanajuatite and associated unnamed Ag-Pb-Bi selenides, native gold, kalungaite, mertieite (I and II), uraninite, padmaite, sperrylite, bohdanowiczite, and clausthalite. The mineral species kalungaite was originally discovered in the Buraco do Ouro deposit, and uraninite has been recognized for the first time in this mineral assemblage. Local magnetite concentrations and rare chalcopyrite and pyrite are also associated with both mineralized and barren mylonites in a gangue consisting of muscovite, quartz, and rare tourmaline. Complex intergrowths and textural relationships in the ore mineral assemblage indicate three stages of mineralization controlled by the variation of  $f(O_2)$ , with gold, palladium, platinum, arsenic, antimony, and uranium precipitation in an early reducing stage, followed by an increase in the  $f(O_2)$  conditions and precipitation of selenides and magnetite. A late stage is characterized by a decrease in  $f(O_2)$  and re-equilibration of previous assemblages. The Au-Pd-Pt-Se-As association in a predominantly reducing environment

with low  $f(S_2)$  suggests metal transport mainly as hydroxides and/or selenium hydroxides in aqueous fluids. In Cavalcante the mineralized mylonite is considered of granitic origin because the presence of magmatic muscovite clasts and because their similar REE patterns. Graphite-bearing country rocks have been proposed as a source of gold and PGE because these rocks are most likely derived from protoliths similar to black shales. Electron Probe Microanalyzer (EPMA) dating uraninite in the Buraco do Ouro ore gives ages ranging from 202.3 to 1656.2 Ma, with the most values near the 650 Ma metamorphic peak of the Brasiliano orogeny. The older ages are close to the 1.8 Ga Ar-Ar age of the muscovite in the gold ore and the younger ages indicate that the U-Th-Pb system was opened during the Brasiliano cycle. Considering that all these data represent ages partially reset by post-mineralization magmatic and tectonic events, we suggest the gold mineralization could be coeval to the syntectonic 2.15 Ga peraluminous granites of the Aurumina Suite. The Buraco do Ouro deposit can be defined as an intrusion-related gold deposit with important contribution of the country rock for the source of the metals. The role of the granite and the country rocks in the ore genesis allows us to suggest an intrusion-related model for the Buraco do Ouro mineralization, giving rise to an unconventional gold-PGE deposit.

**Keywords:** Buraco do Ouro gold deposit, granite, selenides, gold, PGE.

### 3.2 – INTRODUCTION

Gold exploration in the Cavalcante region in the northeastern part of Goiás State, central Brazil, has been recorded since the beginning of the 18<sup>th</sup> century, and the Buraco do Ouro deposit is among many gold anomalies, occurrences, and deposits. Although no data are available from that time, the deposit was first exploited by *garimpeiros*, a local commune of small-scale miners and prospectors who worked on the superficial ore. Despite the hardness of the host rock and the precarious work conditions, the deposit was economically viable and reached nearly 200 m extension. In the 1970s, the Cavalcante ore became more known and attractive because of the primitive underground exploitation by *garimpeiros*. In the beginning of the 1980s, the shaft in the Buraco do Ouro mine reached a depth of 70 m, and the orebody named the Buracão was exploited by the Cavalcante Mining. Between 1983 and 1985, the Cavalcante Mining and the BP Mining worked together and established a drilling

program that discovered another mineralized body named the Câmara orebody. The association between gold and platinum group elements (PGE) was subsequently discovered and first published by Marchetto *et al.* (1993). Between 1995 and 1997, an additional orebody was discovered and named the Túnel orebody. In 1998, the deposit was purchased by the Penery Mining Ltda., which worked in it until 1999. During that period, two more mineralized bodies were found, the Esperança I and II orebodies, but they have not yet been exploited. The Buraco do Ouro mine has not been in operation since 1999.

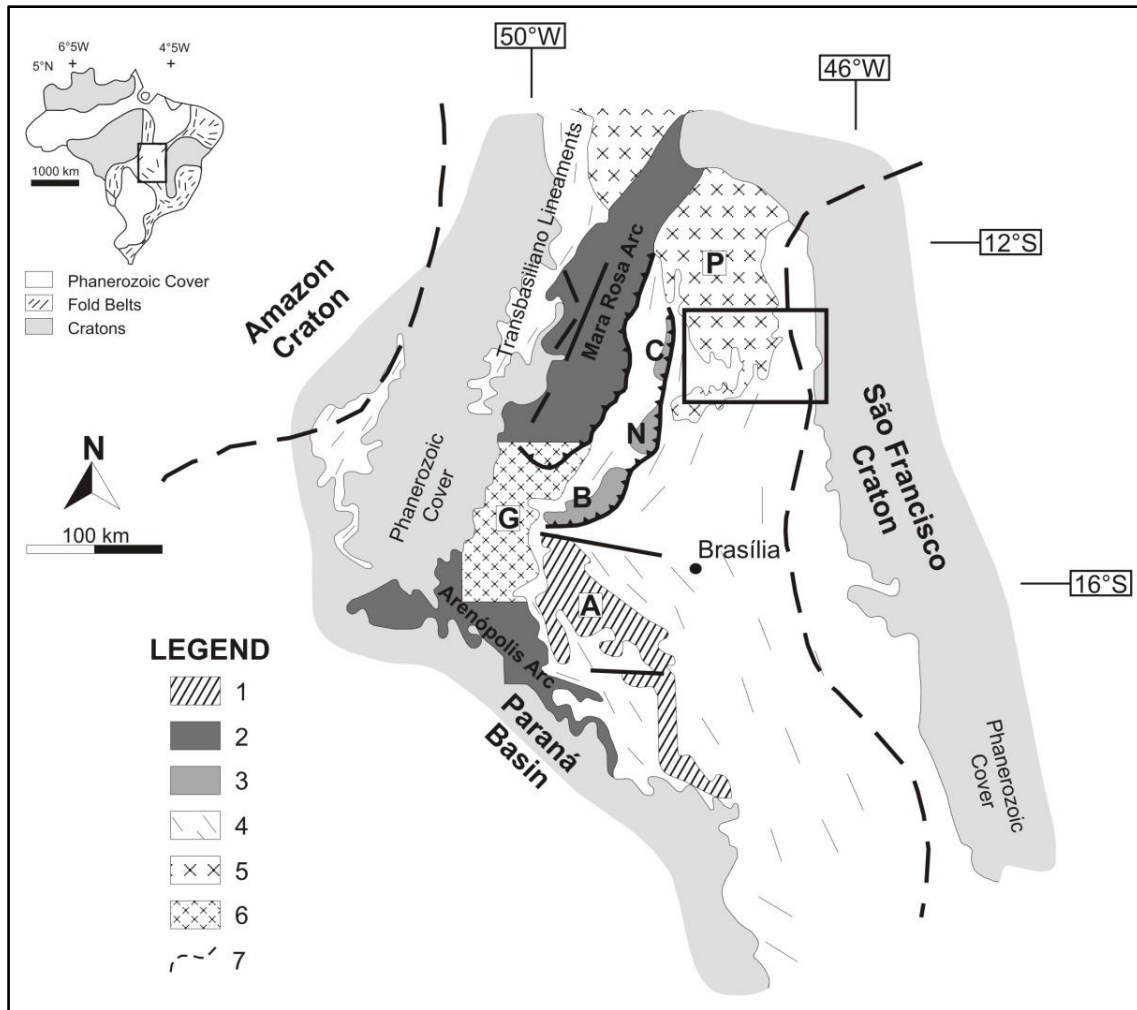
Data from the Penery Mining Ltda. indicate a mean gold concentration of 8 g/t gold in the Buraco do Ouro deposit. According to the information from the underground mine and drill-cores, the Cavalcante deposit resource is approximately 500 thousand tons, with more than 3 tons of gold (Mandetta and Barros Neto, 2006). Although the Cavalcante gold deposit has an anomalous concentration of PGE that reaches dozens of ppm, PGE have never been recovered as a by-product of gold in the deposit.

The origin of the metals and what type of rock hosts the Au-PGE( $\pm$ U) mineralization have been the subject of speculation. For example, some authors have suggested that the host rocks have protoliths of Archean acid metatuffs (Marchetto *et al.*, 1993) or Mesoproterozoic quartzites (D'el Rey Silva and Senna Filho, 1998). The aim of this paper is to discuss the origin of the host rock and the possible source of the mineralization and to propose a metallogenetic model for the deposit. This paper also describes the Cavalcante geology and its relationship with the Au-PGE-U mineralization.

### 3.3 – REGIONAL SETTING

The Cavalcante region is inserted into a zone of low metamorphic grade in the northern part of the Brasília Fold Belt (Fuck *et al.*, 1994) (Figure 3.1). The basement of the Brasília Fold Belt that crops out in the Cavalcante region is formed by the Ticunzal Formation, Aurumina Granite Suite, Pedra Branca Granite Suite, and the Araí Group (Figure 3.2). The Araí Group and the Pedra Branca Suite represent, respectively, a rift metavolcano-sedimentary sequence and coeval within-plate granite magmatism. These sequences are 1.77 Ga old (Pimentel *et al.*, 1991; Pimentel and Botelho, 2001) and postdate the Cavalcante gold deposit.

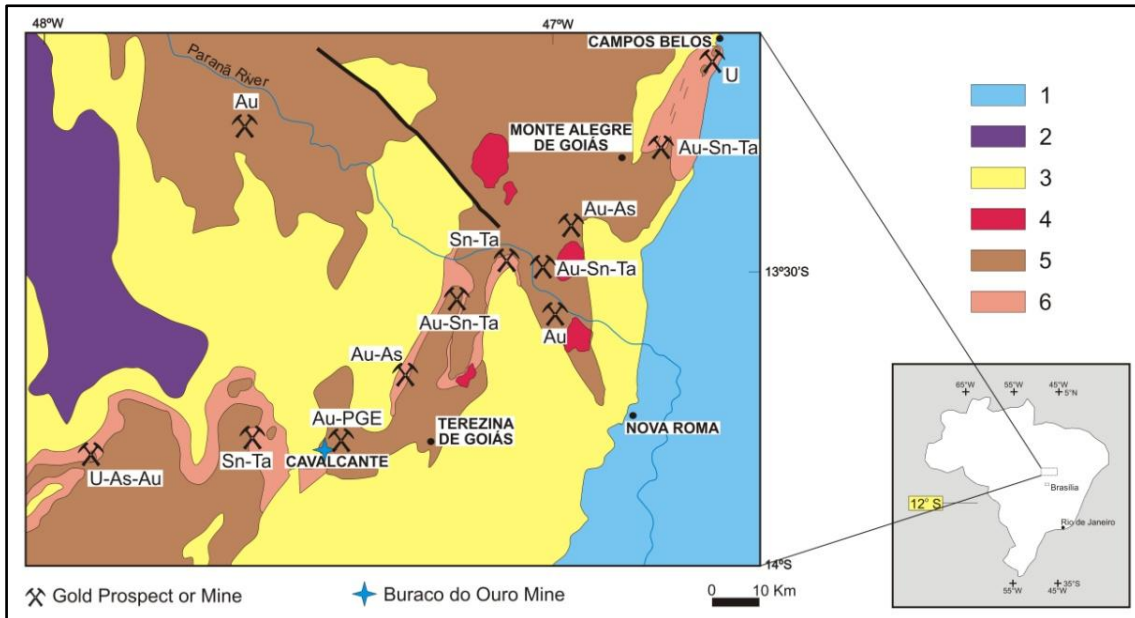




**Figure 3.1** – Sketch map showing the location of the Cavalcante region in a regional context. (1) Anápolis-Itaçu granulites (A); (2) Goiás magmatic arc; (3) Mafic-ultramafic complexes (B-Barro Alto, N-Niquelândia, C-Cana Brava); (4) Fold and thrust belts; (5) Paleoproterozoic basement (P; including Ticunzal Formation and Aurumina Suite); (6) Goiás Archean block (G); (7) Craton limits. Figure from Pimentel *et al.* (2006).

The metasedimentary rocks of the Ticunzal Formation (Marini *et al.*, 1978) comprise graphite-bearing schist, mica schist, biotite gneiss, quartz schist, and tourmaline schist. Although the presence of graphite and garnet phenoblasts suggests amphibolite facies metamorphism, the dominant mineral association with muscovite, chlorite, and quartz is retrometamorphic, which indicates greenschist facies. Contact metamorphism is also interpreted by the presence of aureoles with andalusite around the intrusions of the Aurumina and Pedra Branca suites. In the northeastern part of Goiás State, the graphite-bearing schists of the Ticunzal Formation host uranium minerals in veins and faults (Figueiredo and Oesterlen, 1981; Andrade *et al.*, 1985). The Ticunzal Formation is older than 2.17 Ga, which is the age of the oldest granites in the region, and its  $T_{DM}$  model age is between 2.5 and 2.8 Ga, which indicates a predominantly

Archean source (Botelho *et al.*, 2006b). As suggested by Marini *et al.* (1978), the considerable amount of graphite suggests that these rocks were formed under anoxic and reduced conditions most likely in a shallow marine depositional environment rich in warm brines.



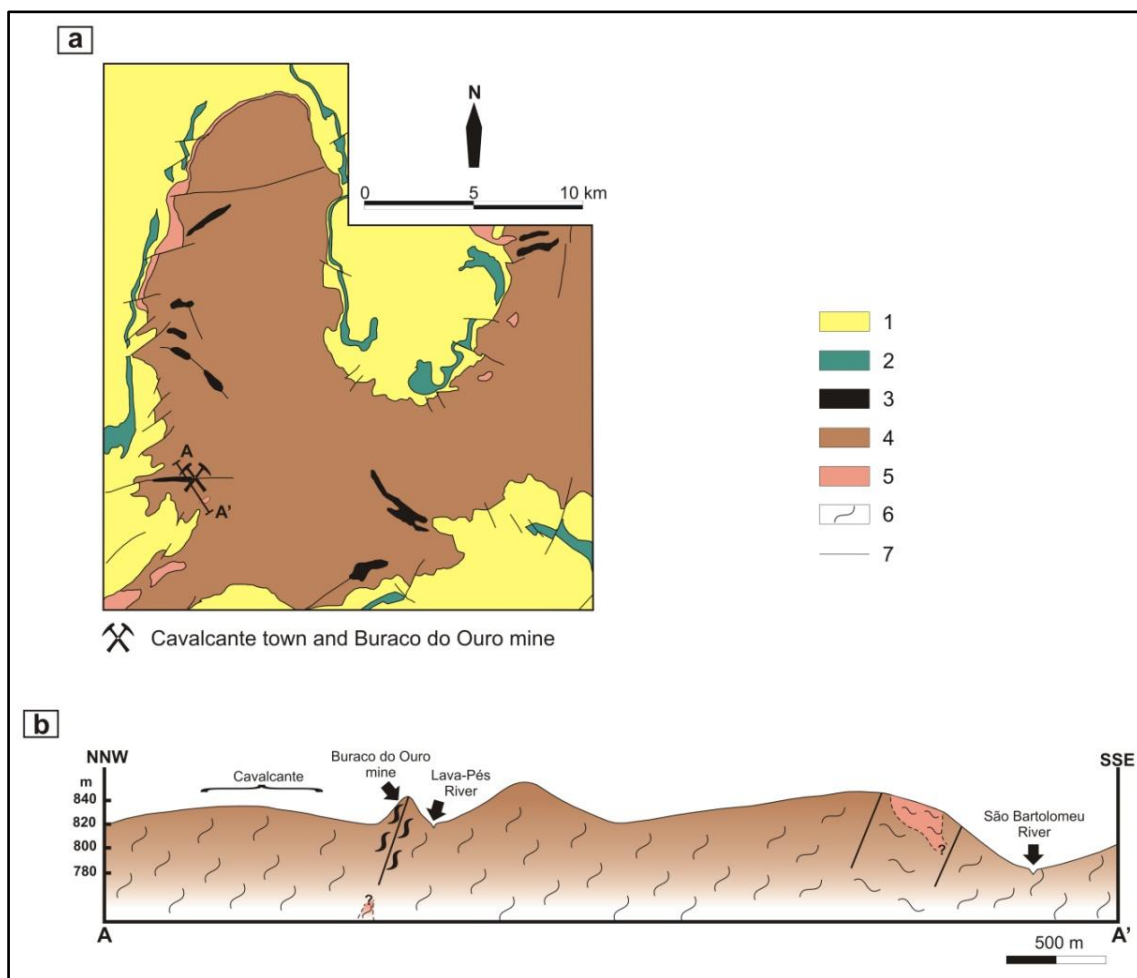
**Figure 3.2** – Simplified geological map of the northeastern part of Goiás State showing the main ore deposits associated with the Aurumina Suite and the Ticunzal Formation, and the location of the Buraco do Ouro deposit. Neoproterozoic: (1) Bambuí Group; (2) Paranoá Group. Paleo/Mesoproterozoic: (3) Araí Group Rift Sequence (metasedimentary rocks and bimodal volcanism); (4) Pedra Branca Suite (A-type tin granites). Paleoproterozoic: (5) Aurumina Suite. Archean/Paleoproterozoic: (6) Ticunzal Formation (paragneiss and schist).

The Aurumina Suite includes muscovite monzogranite, muscovite-biotite monzogranite, tonalite, biotite sienogranite, and leucogranite and pegmatite with tourmaline. These granites are Paleoproterozoic (2.12-2.17 Ga – U-Pb in zircon), syn- to post-kinematic, peraluminous, and S-type (Botelho *et al.*, 2006b). The oldest granite intrusions of the Aurumina Suite (~ 2.17 Ga) are concordant with the foliation of the schist and paragneiss of the Ticunzal Formation (Botelho *et al.*, 1999; Dardenne and Schobbenhaus, 2001), while the youngest granites (~ 2.12 Ga) are discordant with both the Ticunzal Formation and the older granite mylonites. According to Botelho *et al.* (1999), the oldest granites are grey and medium- to coarse-grained, and exhibit conspicuous mylonitic foliation with graphite enclaves. Their Sm-Nd model age is between 2.4 and 2.6 Ga, and the  $\epsilon_{Nd}(T)$  is between -1 and -3 (Botelho *et al.*, 2006b). These data, in conjunction with the occurrence of igneous muscovite and garnet,

indicate a Paleoproterozoic crustal source for the Aurumina Suite granites (Botelho *et al.*, 2006b).

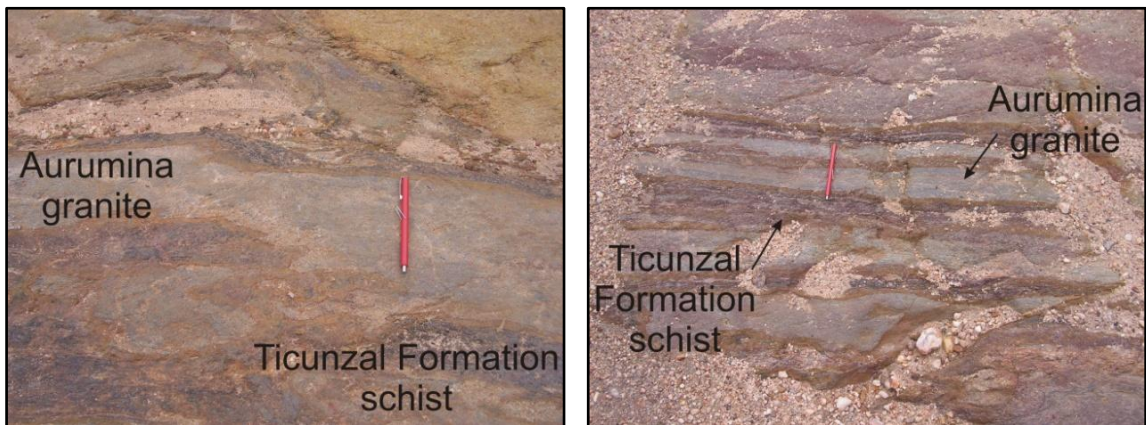
### 3.4 – GEOLOGICAL CONTEXT OF THE BURACO DO OURO DEPOSIT

The Buraco do Ouro Au-PGE(±U) deposit is hosted in a hydrothermalized muscovite-quartz mylonite in a 500-m-long E-W-trending shear zone. This shear zone is located in a 2.15 Ga mylonitic biotite-muscovite granite of the Aurumina Suite near the contact with the graphite-bearing schist of the Ticunzal Formation (Figure 3.3).



**Figure 3.3** – (a) Simplified geological map of the Cavalcante region showing the location of the Buraco do Ouro deposit (after Botelho *et al.*, 2006a). (b) Simplified cross section A-A' showed in the Figure 3.3a. (1) Metasedimentary rocks of the Araí Rift; (2) Metavolcanic rocks (acid/basic) of the 1.77 Ga Araí Rift; (3) Shear zone with quartz veins and muscovite-quartz mylonite; (4) 2.15 Ga peraluminous syn-kinematic granites of the Aurumina Suite; (5) Graphite schist and paragneiss of the Ticunzal Formation; (6) Mylonitic foliation; (7) Fault.

Besides gold mineralization, these granites also host tin and tantalum in Monte Alegre de Goiás region (Figure 3.2). Many gold anomalies, occurrences, and deposits in a closely relationship with the Aurumina Suite granites are known in Cavalcante region, however the association between gold and PGE is only observed in the Buraco do Ouro deposit (Botelho and Silva, 2005; Cunha, 2006) (Figure 3.2). Gold with uranium anomalies are also reported in uranium deposits of the Cavalcante region and are hosted in both granites of the Aurumina Suite and graphite schist of the Ticunzal Formation (Bogossian, 2012). Around the area of the deposit, the contact between the granite and the country rocks displays lit-par-lit structures (Figure 3.4), indicating that the biotite-muscovite granite is syn- to late-tectonic. There are no known orebodies hosted by the Ticunzal Formation in the deposit.



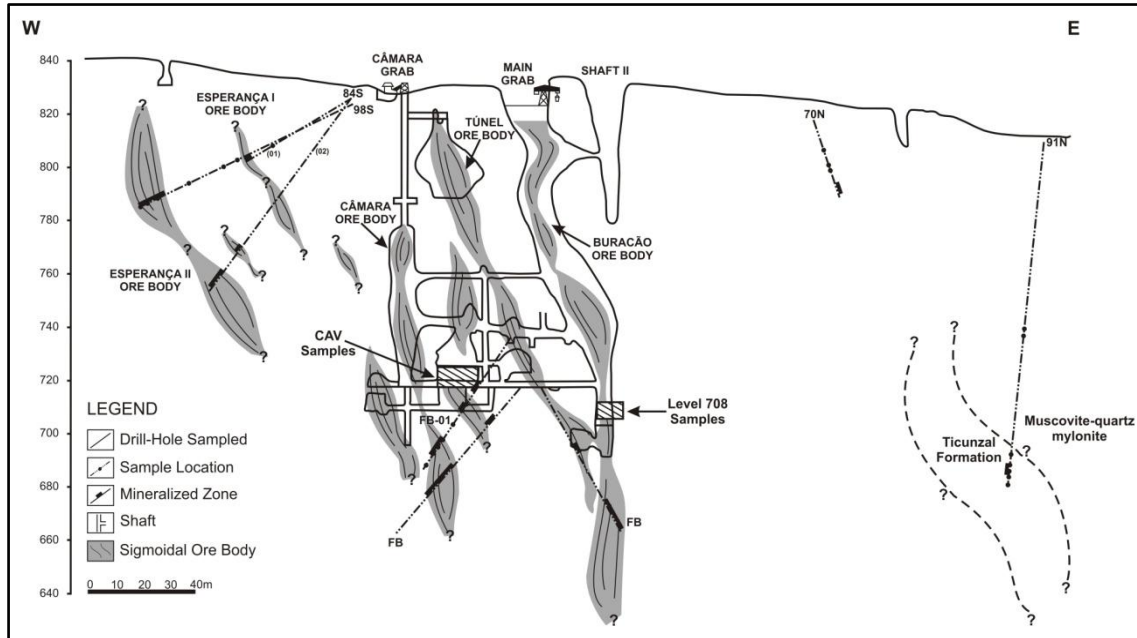
**Figure 3.4** – Photographs showing lit-par-lit structures between the granite mylonite of the Aurumina Suite and the schist of the Ticunzal Formation near the Buraco do Ouro deposit.

Three orebodies have been completely or partially exploited in the Buraco do Ouro deposit: the Túnel, Câmara, and Buracão orebodies. Two other orebodies, Esperança I and II, have been located only by drillholes (Figure 3.5). The gold content is as high as 100 ppm in the sigmoidal bodies with a mean concentration of approximately 4 ppm in the shear zone (D’el Rey Silva and Senna Filho, 1998).

Generally the ore sample of the Buraco do Ouro deposit is a strongly silicified rock with discontinuous 1-10 mm thick dark sheets that represent remnants of the granite-related muscovite-quartz mylonite (Figures 3.6a, b, c). The quartz associated with the mineralized sheets is smoky or milky and visible gold, PGE minerals, and selenides are mostly concentrated in the bluish or greenish grey muscovite-rich zones. The ore minerals are present as elongate or platy grains or in aggregates restricted to the mylonitic foliation (Figure 3.6d). The presence of ore minerals among the lamellar



muscovite can cause the dark color of the muscovite (Figures 3.6b, c). Minor concentrations of PGE-free gold are observed disseminated in some pinky quartz clusters near the mica-rich sheets.

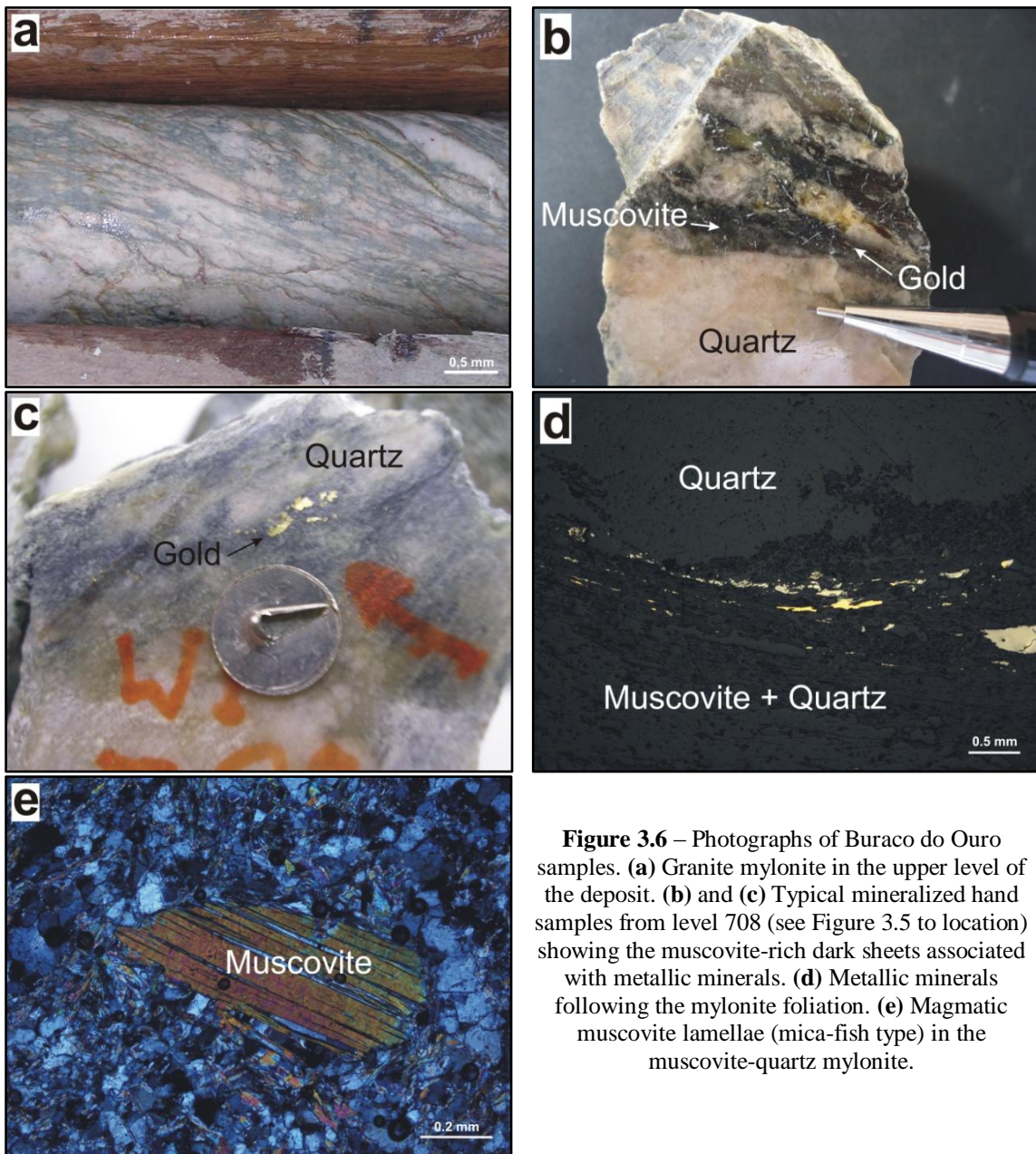


**Figure 3.5** – Sketch E-W cross section of the Buraco do Ouro deposit showing the exploited orebodies and the orebodies just localized by the drillholes (modified from Mandetta and Barros Neto, 2006). The CAV and level 708 samples were collected in 1998. This figure also shows the contact between the muscovite-quartz mylonite of the Aurumina Suite and the paragneiss of the Tícnunzal Formation observed in the 91N drillhole.

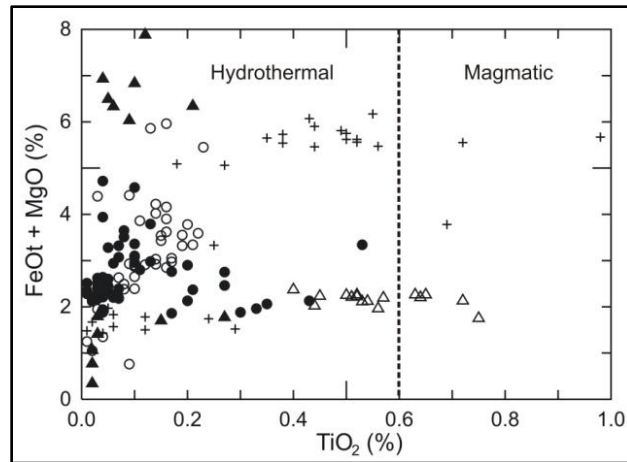
Even though the mylonites are strongly silicified, the presence of rare remnants of potassium feldspar and magmatic muscovite indicate that they are the result of granite shearing (Menez, 2008) (Figure 3.6e). Magmatic muscovite is widespread in the Aurumina granites and mylonites, with the same texture observed in the Buraco do Ouro ore. According to Botelho *et al.* (2005), in addition to its texture, the magmatic origin of this muscovite is suggested by its high  $\text{TiO}_2$  content, according to the criteria of Miller *et al.* (1981) and Monier and Robert (1986) (Figure 3.7).

Although Hippertt and Massucatto (1998) suggest that the gold mineralization in the Cavalcante region is related to extension gashes formed during the development of the shear zone, D’el Rey Silva and Senna Filho (1998) claim that the mineralized bodies, which are contemporaneous to the development of the E-W shear zone, are sigmoidal (Figure 3.5) and follow the mylonite S foliation, which strikes  $\text{N}10\text{-}20^\circ\text{E}$ ,  $85^\circ\text{SE}$ . The relationships between the ore and the host rock, the characteristics of the shear zone, and the morphology of the orebodies (Figure 3.5) are favorable to the

interpretation of D’el Rey Silva and Senna Filho (1998). Massucatto (2003) has presented an Ar-Ar age of 1.8 Ga for the formation of hydrothermal muscovite in the ore. Based on the textural relationships observed in the deposit, the barren pockets of quartz, and the suggestions of D’el Rey Silva and Senna Filho (1998) and Hippertt and Massucatto (1998), most of the Buraco do Ouro silicification is probably younger than the mineralization and filled extensional fractures that developed over the older shear zone, most likely during its reactivation in the Brasiliano orogenic cycle.



**Figure 3.6** – Photographs of Buraco do Ouro samples. (a) Granite mylonite in the upper level of the deposit. (b) and (c) Typical mineralized hand samples from level 708 (see Figure 3.5 to location) showing the muscovite-rich dark sheets associated with metallic minerals. (d) Metallic minerals following the mylonite foliation. (e) Magmatic muscovite lamellae (mica-fish type) in the muscovite-quartz mylonite.



**Figure 3.7** – Compositional diagram for muscovite from the Buraco do Ouro and adjacent areas showing the domains of magmatic and hydrothermal muscovite from Aurumina Suite, accordingly Botelho *et al.* (2005). Cross: Granite of the Aurumina Suite; Open triangle: Lamellae as mica-fish in the muscovite-quartz mylonite; Filled triangle: Reequilibrated border of these lamellae; Filled circle: Mineralized mylonite; Open circle: Barren mylonite.

### 3.5 – MINERALOGY

In addition to gold, the ore of the Buraco do Ouro deposit has an exotic mineral composition with selenides, antimonides, and arsenides of platinum, palladium, and bismuth. These minerals are, in order of decreasing abundance in the studied samples, guanajuatite ( $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ) and associated unidentified Ag-Pb-Bi selenides, kalungaite ( $\text{PdAsSe}$ ), mertieite I [ $\text{Pd}_{11}(\text{Sb,As})_4$ ], mertieite II [ $\text{Pd}_8(\text{Sb,As})_3$ ], uraninite ( $\text{UO}_2$ ), padmaite ( $\text{PdBiSe}$ ), sperrylite ( $\text{PtAs}_2$ ), bohdanowiczite ( $\text{AgBiSe}_2$ ), and clausthalite ( $\text{PbSe}$ ). Kalungaite is a new mineral that was characterized in the Buraco do Ouro deposit by Botelho *et al.* (2006a) and uraninite is described for the first time in this ore assemblage (Menez and Botelho, 2013, in preparation). These minerals are briefly described below in their sequence of formation and their representative chemical compositions are shown in Table 3.1.

*Uraninite* appears as roundish or anhedral grains. The grains of this oxide can be isolated or associated with gold, guanajuatite, kalungaite, padmaite, and rarely, with mertieite and pyrite. Uraninite is closely related to the Au-PGE orebodies (Figure 3.8a).

*Sperrylite* is present as roundish inclusions in guanajuatite, gold, and kalungaite (Figure 3.8b), and less commonly as individual grains.

*Mertieite* appears as individual grains or as agglomerates with all the minerals of the ore assemblage (Figure 3.8c). This antimonide also is involved in symplectic

intergrowth with gold (Figure 3.8d) and with guanajuatite and chalcopyrite or just with chalcopyrite (Figures 3.8e, f). Mertieite I displays gold enrichment.

**Table 3.1** – Electron Probe Microanalyzer (EPMA) data (wt.%) on ore minerals from the Buraco do Ouro deposit. (n.a. = not analyzed; - = not detected).

		Au	Ag	Pd	Pt	Bi	Pb	Cu	Fe	Hg	As	Sb	Se	S	TOTAL
1	Sperrylite	3.8	-	0.8	55.7	-	0.1	-	0.1	-	39.5	-	-	0.3	100.3
2	PtAs <sub>2</sub>	3.5	-	1.0	53.2	0.2	0.3	-	-	-	40.5	-	-	0.4	99.1
3		3.6	-	1.3	52.7	-	0.2	0.1	0.1	-	40.1	0.1	-	0.3	98.5
4		3.7	-	0.9	55.1	-	0.1	-	-	-	39.2	-	-	0.3	99.3
5	Mertieite I	3.5	-	70.0	0.2	-	-	0.6	-	-	9.0	15.7	-	-	99.0
6	Pd <sub>11</sub> (Sb,As) <sub>4</sub>	4.1	-	68.3	0.2	-	-	1.9	-	-	8.7	15.8	-	-	99.0
7		4.7	-	69.0	0.2	-	-	-	-	-	8.8	15.5	-	-	98.2
8		5.6	-	68.3	0.2	-	-	0.5	-	0.1	8.5	15.7	-	-	98.9
9	Mertieite II	-	-	70.7	0.2	-	0.1	0.2	0.1	n.a.	4.2	24.8	-	-	100.3
10	Pd <sub>8</sub> (Sb,As) <sub>3</sub>	0.5	-	71.2	0.4	0.1	0.1	0.2	-	n.a.	4.0	24.9	-	-	101.4
11		-	-	71.4	0.4	-	-	-	-	-	3.0	25.8	-	-	100.6
12		-	-	70.6	0.4	0.2	-	0.1	-	-	2.9	25.3	0.2	-	99.7
13	Native Gold	93.4	5.4	0.4	-	0.3	0.1	-	-	n.a.	-	-	-	-	99.6
14	Au	91.2	7.5	0.5	-	0.3	-	-	-	n.a.	-	-	-	-	99.5
15		91.0	6.6	0.4	-	-	-	0.1	0.1	1.8	-	-	-	-	100.0
16		93.5	3.5	0.5	-	-	-	0.1	-	1.8	-	-	-	-	99.4
17	Padmaite	0.2	-	27.1	1.1	52.7	-	-	-	n.a.	-	-	20.7	0.1	101.9
18	PdBiSe	-	-	27.2	1.2	53.1	-	-	-	n.a.	-	-	20.5	0.2	102.2
19		-	0.1	25.9	-	53.7	-	-	-	-	-	-	19.0	0.1	98.8
20		-	-	26.5	-	53.7	-	0.1	-	-	-	-	18.2	0.1	98.6
21	Clausthalite	0.1	0.9	0.1	-	-	69.4	-	0.1	n.a.	0.1	-	28.2	0.4	99.3
22	PbSe	-	0.3	0.2	0.1	-	70.4	0.1	-	n.a.	0.1	-	29.1	0.2	100.5
23		-	0.2	-	-	0.8	72.5	0.1	0.1	0.1	-	-	25.5	0.3	99.6
24		-	0.4	-	-	1.0	71.4	0.1	-	-	-	-	25.0	0.3	98.2
25	Kalungaite	-	-	40.7	-	0.5	-	-	-	n.a.	27.4	1.3	28.8	1.1	99.8
26	PdAsSe	-	-	40.4	0.3	0.3	-	-	-	n.a.	27.9	1.2	28.5	1.2	99.8
27		-	-	41.7	-	0.4	-	-	-	-	26.2	1.6	28.5	1.1	99.5
28		-	-	41.5	0.1	0.2	-	-	-	-	26.3	1.6	28.6	1.2	99.5
29	Guanajuatite	-	12.8	0.1	1.0	46.3	5.1	0.9	0.6	n.a.	-	-	31.6	1.5	99.9
30	Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	-	10.3	0.3	0.9	44.4	6.9	1.3	0.7	n.a.	-	-	32.6	1.6	99.0
31		-	10.3	-	-	50.3	5.2	0.9	0.5	-	-	-	31.2	1.3	99.7
32		-	8.4	-	-	49.4	8.0	0.5	0.6	-	-	-	32.3	0.4	99.6
33	Bohdanowiczite	0.1	19.2	-	1.1	40.5	7.9	0.1	0.4	-	-	-	28.2	1.0	98.5
34	AgBiSe <sub>2</sub>	-	21.1	-	-	45.0	3.9	-	0.1	-	-	-	26.5	1.2	97.8
35		-	17.8	-	-	43.8	3.0	0.8	0.9	-	-	-	30.9	0.9	98.1
36		-	18.6	-	-	43.8	4.0	0.1	0.9	-	-	-	30.6	0.4	98.4

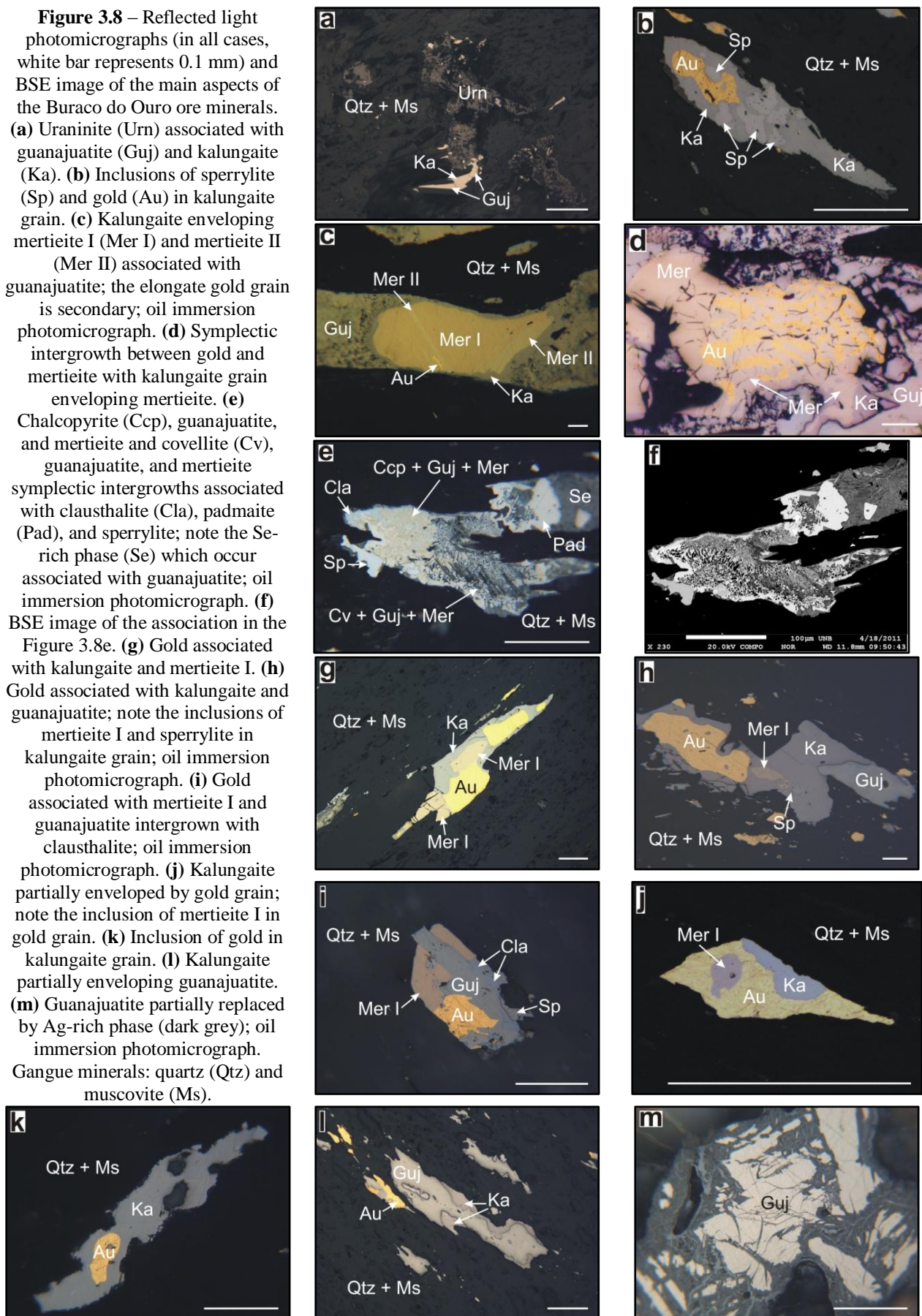
*Native gold*, that has a platy anhedral, roundish, or elongate shape, is associated with the PGE minerals, selenides, and rarely, uraninite (Figures 3.8g, h, i). The most representative textures of gold occur as individual grains of gold, gold in agglomerates with inclusions of kalungaite (Figure 3.8j) and sperrylite or gold included in kalungaite (Figure 3.8k), mertieite, guanajuatite, and uraninite. Gold appears also as symplectic intergrowth with mertieite (Figure 3.8d).

*Padmaite* appears as inclusions, and due to its fine-grain size and similarity to guanajuatite under reflected light, padmaite was identified with the aid of Backscattered Electron (BSE), Energy Dispersive Spectrometer (EDS), and Wavelength Dispersive Spectrometer (WDS) analyses (Figures 3.8e, f).

*Clausthalite* is present as inclusions or intergrown with guanajuatite (Figure 3.8i), and was also characterized with the aid of BSE, EDS, and WDS analyses.



**Figure 3.8** – Reflected light photomicrographs (in all cases, white bar represents 0.1 mm) and BSE image of the main aspects of the Buraco do Ouro ore minerals. **(a)** Uraninite (Urn) associated with guanajuatite (Guj) and kalungaitite (Ka). **(b)** Inclusions of sperrylite (Sp) and gold (Au) in kalungaitite grain. **(c)** Kalungaitite enveloping mertieite I (Mer I) and mertieite II (Mer II) associated with guanajuatite; the elongate gold grain is secondary; oil immersion photomicrograph. **(d)** Symplectic intergrowth between gold and mertieite with kalungaitite grain enveloping mertieite. **(e)** Chalcopyrite (Ccp), guanajuatite, and mertieite and covellite (Cv), guanajuatite, and mertieite symplectic intergrowths associated with clausthalite (Cla), padmaite (Pad), and sperrylite; note the Se-rich phase (Se) which occur associated with guanajuatite; oil immersion photomicrograph. **(f)** BSE image of the association in the Figure 3.8e. **(g)** Gold associated with kalungaitite and mertieite I. **(h)** Gold associated with kalungaitite and guanajuatite; note the inclusions of mertieite I and sperrylite in kalungaitite grain; oil immersion photomicrograph. **(i)** Gold associated with mertieite I and guanajuatite intergrown with clausthalite; oil immersion photomicrograph. **(j)** Kalungaitite partially enveloped by gold grain; note the inclusion of mertieite I in gold grain. **(k)** Inclusion of gold in kalungaitite grain. **(l)** Kalungaitite partially enveloping guanajuatite. **(m)** Guanajuatite partially replaced by Ag-rich phase (dark grey); oil immersion photomicrograph. Gangue minerals: quartz (Qtz) and muscovite (Ms).



*Kalungaite* appears together with the metallic minerals of the Cavalcante ore or as individual grains. Inclusions of gold, sperrylite, and less commonly, mertieite may be observed. The most common feature is kalungaite enveloping guanajuatite (Figure 3.8l). The textural relationships observed between gold and kalungaite are: kalungaite with inclusions of roundish grains of gold (Figure 3.8k) and gold with inclusions of roundish grains of kalungaite (Figure 3.8j).

*Guanajuatite* is present as individual and elongate grains or as agglomerates with kalungaite, mertieite, and gold (Figures 3.8h, i). Guanajuatite grains have inclusions of sperrylite and clausthalite; inclusions of kalungaite, gold, mertieite, and uraninite are rare. The core of some guanajuatite grains displays symplectic intergrowth with chalcopyrite and mertieite (Figures 3.8e, f). Another complex intergrowth between guanajuatite and clausthalite (Figure 3.8i) also may be observed in the Cavalcante ore. Associated with guanajuatite are three phases, which are silver, lead, and selenium rich. The textural relationships between guanajuatite and these phases suggest replacement of the guanajuatite by dark grey minerals (Figure 3.8m). Guanajuatite analyses display a continuous silver enrichment toward the composition of bohdanowiczite suggesting a solid solution between these both selenides (Menez and Botelho, 2013, in preparation).

*Bohdanowiczite* is in close association with guanajuatite. Due to the similarity between bohdanowiczite and guanajuatite under reflected light, bohdanowiczite grains were identified with the aid of BSE, EDS, and WDS analyses.

### 3.6 – LITHOGEOCHEMISTRY

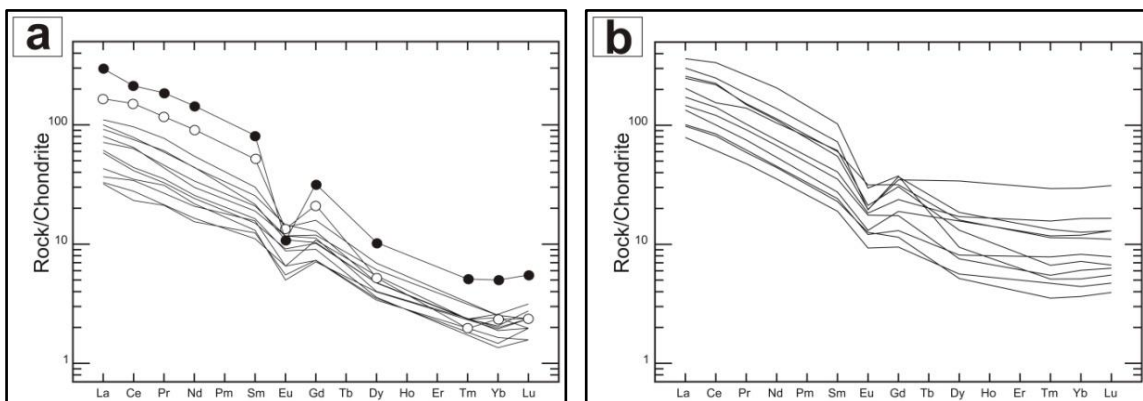
Chemical analyses of major, minor, and trace elements, rare earth elements (REE), gold, platinum, and palladium were conducted at Acme Analytical Laboratories Ltd. (AcmeLabs) in Canada. The major elements were analyzed by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES) on lithium metaborate ( $\text{LiBO}_2$ ) fusion. The trace elements and REE were also analyzed by Inductively Coupled Plasma Emission Mass Spectrometry (ICP-MS) after  $\text{LiBO}_2$  fusion. The base metals were also analyzed by ICP-MS, but the extraction was performed with aqua regia. Gold, platinum, and palladium were also analyzed in some samples by ICP-MS after fire assay fusion and lead collection. Some chemical analyses of gold and PGE were performed at the Activation Laboratories Ltd. (ActLabs) in Canada. These elements were analyzed by packages with codes 1B1 and 1B2, with lectures made by Instrumental Neutron

Activation Analysis (INAA) and ICP-MS, respectively, after fire assay fusion and nickel collection. The samples showing high gold concentration were analyzed with the 1B2 package, because the detection limits for platinum are increased with high Au/Pt ratios in the 1B1 package.

The samples studied in this paper are from the Buraco do Ouro deposit and nearby areas. Some of the samples are from distant regions of the deposit in similar geological settings (labeled regional samples). The analyzed samples are graphite-bearing schist and paragneiss of the Ticunzal Formation, barren and mineralized muscovite-quartz mylonites, biotite-muscovite granite, and pegmatite of the Aurumina Suite (Table 3.2). Because of the strong silicification observed in the samples of ore and host rocks, we elected not to use major elements analyses in this study.

#### *Rare Earth Elements – REE*

The REE patterns in the muscovite-quartz mylonite from the gold deposit are highly fractionated, with a  $(La/Yb)_N$  of 25.7. A negative europium anomaly may be observed in all samples (Figure 3.9a). Despite the depletion of REE, the muscovite-quartz mylonite and the Aurumina Suite granite (open and filled circles in Figure 3.9a) have similar REE fractionation. The similarity between the REE patterns of the granite and mylonite supports the muscovite-quartz mylonite as a metamorphic product of the biotite-muscovite granite.



**Figure 3.9** – Diagrams showing the REE patterns normalized to chondrite (Sun and McDonough, 1989) of samples from the Buraco do Ouro deposit and nearby regions. **(a)** Patterns of barren muscovite-quartz mylonite derived from the biotite-muscovite granite of the Aurumina Suite. Filled circle: Biotite-muscovite granite; Open circle: Potassified biotite-muscovite granite. **(b)** Patterns of schist and paragneiss of the Ticunzal Formation.

**Table 3.2** – Au, PGE, and U chemical analyses of rocks from Buraco do Ouro deposit (CAV and drill-core, see locations in Figure 3.5), nearby the deposit, and regional samples in the same geological context of the deposit. A: Regional samples; B: CAV samples; C: Level 708 samples; D: Drill-core 70N1; E: Drill-core FB1; F: Drill-core 70N2; G: Drill-core 98S1; H: Drill-core 91N; I: Nearby the deposit samples. (<sup>1</sup> = Samples analyzed by INAA and ICP-MS in ActLabs; <sup>2</sup> = Uranium analyzed by ICP-MS in AcmeLabs; n.a. = not analyzed; - = not detected).

Rock Type		Aurumina Suite																					
		Mineralized quartz vein	Pegmatite		Hydrothermalized muscovite-quartz mylonite																		
Sample	A		A	G <sup>1</sup>	B	B <sup>1</sup>	B	D	D <sup>1</sup>	E	E	E	E <sup>1</sup>	E <sup>1</sup>	F	F	F	F	F	G	C <sup>1</sup>	C <sup>1</sup>	
Element	Os (ppb)	n.a.	n.a.	<2	n.a.	<2	n.a.	n.a.	36	n.a.	n.a.	n.a.	-	<2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	
	Ir (ppb)	n.a.	n.a.	0.1	n.a.	<0.1	n.a.	n.a.	102	n.a.	n.a.	n.a.	1	0.9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	101	312	
	Ru (ppb)	n.a.	n.a.	<5	n.a.	<5	n.a.	n.a.	120	n.a.	n.a.	n.a.	2	<5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	54	141	
	Rh (ppb)	0.5	n.a.	0.2	3351	<0.2	1.6	n.a.	417	n.a.	n.a.	n.a.	10	<0.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1420	3390	
	Pt (ppb)	5.4	2.8	40	>5000	6	30.7	>5000	35600	>5000	>5000	>5000	456	<5	8.4	5.3	3	1.8	0.2	>5000	62600	189000	
	Pd (ppb)	8.1	4	71	>5000	16	47.8	>5000	40100	>5000	>5000	>5000	824	<2	16.1	9.1	5.9	7.3	0.7	>5000	49900	134000	
	Au (ppb)	>5000	24	417	>5000	<0.5	22	>5000	>20000	>5000	>5000	>5000	10500	<0.5	139	61	36	77	5	>5000	102000	474000	
	U <sup>2</sup> (ppm)	n.a.	1	n.a.	1438	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.5	n.a.	609.7	7504
	Pt/Pd	0.6	0.7	0.6	---	0.4	0.6	---	0.9	---	---	---	0.6	---	0.5	0.6	0.5	0.2	0.3	---	1.3	1.4	

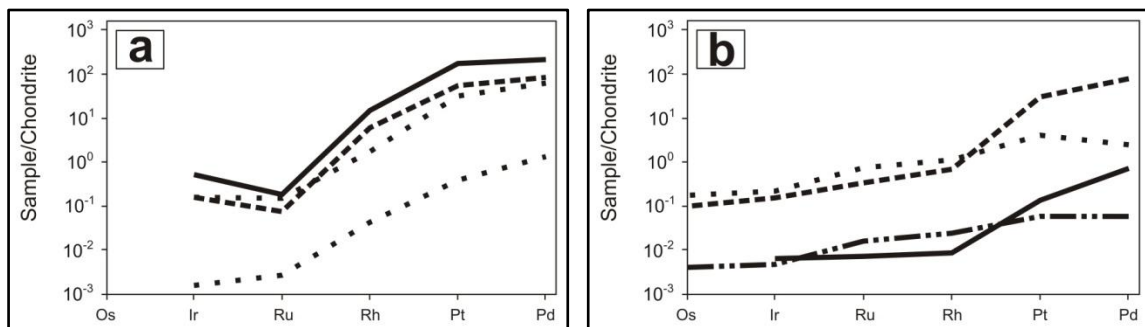
  

Rock Type		Aurumina Suite							Ticunzal Formation														
		Biotite-muscovite granite							Mylonite paragneiss					Schist				Silicified schist					
Sample	A	A	A	A	I	I	I <sup>1</sup>	H	H	H	H	H	H	H	F	A	I	I <sup>1</sup>	A	I	I <sup>1</sup>	I	I
Element	Os (ppb)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	<2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	<2	n.a.	n.a.	7	n.a.	n.a.
	Ir (ppb)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	<0.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.9	n.a.	n.a.	0.1	n.a.	n.a.
	Ru (ppb)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	<5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5	n.a.	n.a.	<5	n.a.	n.a.
	Rh (ppb)	2.5	2	0.7	1.4	n.a.	3.2	<0.2	1.2	1.3	0.4	<0.5	0.7	0.4	n.a.	0.1	n.a.	0.8.	0.1	n.a.	<0.2	n.a.	n.a.
	Pt (ppb)	14.4	7	0.6	3.6	1.9	10.6	6	2.7	17.3	3.1	1.4	2.4	5.9	1.8	2.5	21.5	60	5.4	52.3	20	7.8	61.7
	Pd (ppb)	24.2	11.4	5.2	5.5	0.5	101.2	14	42.2	14.5	1.1	<0.5	1.7	4.1	2.8	2	27.8	82	9.5	25.4	14	4.5	139.6
	Au (ppb)	38	25	32	3	11	9	>5	268	111	9	8	4	18	5	191	5	<0.5	105	>5000	148	109	623
	U <sup>2</sup> (ppm)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	7	n.a.		2.9	2.3	4.5	2.6	3.9	2.9	2.3	n.a.	6.4	9.7	n.a.	4.5	1.8	11.1	2.2
	Pt/Pd	0.6	0.6	0.1	0.7	3.8	0.1	0.4	0.1	1.2	2.8	---	1.4	1.4	0.6	1.3	0.8	0.7	0.6	2.1	1.4	1.7	0.4

The schist and paragneiss of the Ticunzal Formation have less fractionated REE patterns, with a  $(La/Yb)_N$  ratio of 20.8, when compared with the patterns of the muscovite-quartz mylonite (Figure 3.9b).

#### Platinum Group Elements – PGE

Granites of the Aurumina Suite in the Cavalcante region and elsewhere show palladium and platinum enrichment that reaches hundreds of ppb (Table 3.2). The PGE content of the samples of the mineralized rocks is highly variable, but their PGE patterns are very similar. The samples shown in Figure 3.10a are mineralized and present similar PGE patterns with palladium and platinum enriched compared to the remaining PGE. The relationship  $Au > Pd \geq Pt$  is observed in almost every sample from the deposit (Menez, 2008) and is similar to the relationship observed in hydrothermal deposits of Au-PGE, such as the Serra Pelada deposit, Carajás Mineral Province, northern Brazil (Cabral *et al.*, 2002a and b). Besides the similar Au-PGE relationship, the Buraco do Ouro deposit also show a similar PGE pattern to that from Serra Pelada and Gold Ridge, Australia, deposits (Sener *et al.*, 2002) (Figure 3.10b). The samples from Bushveld shown in Figure 3.10b also show a palladium, and platinum enrichment, but in a different ratio (Naldrett *et al.*, 2009).



**Figure 3.10** – Diagrams showing the PGE patterns normalized to chondrite (Naldrett and Duke, 1980).  
**(a)** Samples from the Buraco do Ouro deposit. Solid line: Ore sample rich in gold, selenides and uraninite; Dashed line: Ore sample rich in gold and selenides; Dotted line: Hydrothermalized muscovite-quartz mylonite. **(b)** Samples from other deposits. Solid line: Graphitic schist from the Gold Ridge deposit (Sener *et al.*, 2002); Dashed line: Carbonaceous metasiltstone from the Serra Pelada deposit (Sener *et al.*, 2002); Dotted line: Pyroxenite from the Bushveld deposit (Naldrett *et al.*, 2009); Double dotted line: Norite from the Bushveld deposit (Naldrett *et al.*, 2009).

### 3.7 – CHEMICAL AGE OF URANINITE

The ore of the Buraco do Ouro gold deposit displays a close association among gold, PGE minerals, and uraninite. Thus, age dating of uraninite could provide the age of the mineralization.

Electron microprobe analyses of uranium, thorium, and lead content of a single uraninite grain may be used to calculate the formation age of that grain. This is known as chemical age and was one of the first methods of absolute age determination in geology (Holmes, 1911; Bowles, 1990). However, most of the recent publications of chemical ages have focused on monazite or zircon from magmatic, metamorphic, and sedimentary rocks. Only a few studies have utilized uraninite (Bowles, 1990; Kempe, 2003).

Kempe (2003) discusses three main reasons to use uraninite over monazite and zircon in chemical dating:

- 1) The concentration of the radioactive elements uranium and thorium in uraninite are extraordinarily high. Moreover, the uranium content is higher than the concentration of thorium. Therefore, the content of radiogenic lead in uraninite should be higher than in any other U- or Th-rich mineral of the same age. This is important because a precise determination of the relatively low lead concentration in a given mineral is critical for the precision of the chemical age calculation.

- 2) According to the data in the literature, the initial lead content in magmatic uraninite is negligible (Bowles, 1990).

- 3) Subsequent loss of radiogenic lead from the uraninite lattice during secondary alteration is relatively low in comparison to other U-rich minerals, although uraninite is less resistant to alteration than zircon and monazite.

For chemical dating of uraninite by EPMA analysis, whether the system gains lead during mineral growth and/or if there was loss or gain of uranium, thorium, and lead after uraninite crystallization must be known.

Only uraninite grains that were not significantly affected by secondary alteration were used for chemical age dating. In addition to the examination of thin sections by optical microscopy, chemical analyses also reveal areas that were not involved in secondary alteration processes. These areas should exhibit the following characteristics: a negative correlation trend in the U-Th plot due to replacement of uranium by thorium in the lattice, a negative trend in the Th-Pb plot due to the larger

decay constant of uranium compared to thorium, and a direct correlation in the U-Pb plot because it is assumed that all lead is produced by radioactive decay of uranium and thorium. Deviations from these trends indicate loss or gain of the related elements (Kempe, 2003). Since uraninite from the Buraco do Ouro deposit does not present thorium in its structure, the first two characteristics of Kempe (2003) are not useful. However, the uraninite of the deposit displays a direct correlation in U-Pb plot.

Kempe (2003) realized that variations in the isotopic composition inside a single uraninite grain could affect calculations of the chemical age, and thus the high spatial resolution of BSE images and careful data evaluation define the accuracy of age determination. For example, loss or gain of uranium results in overestimation or underestimation of uraninite age, respectively.

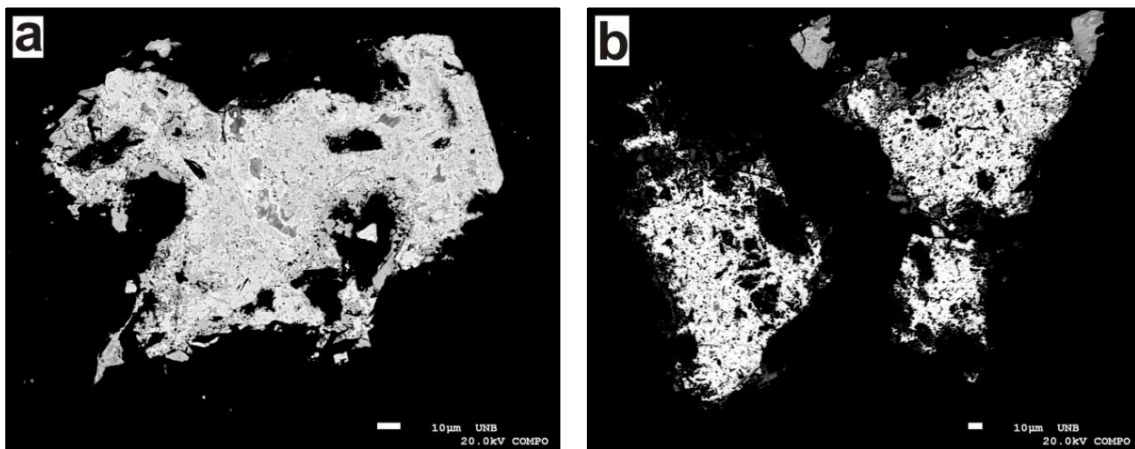
Chemical WDS analyses of uraninite grains from the Buraco do Ouro gold deposit were performed with a JEOL JXA-8230 EPMA at the Institute of Geosciences, Brasília University. The samples chosen were two polished, thin sections with high concentrations of uraninite in the ore (modal composition of ~ 50%, ore minerals only). Punctual analyses were performed after studying electronic images of the grains. The electronic microprobe operated at 20 kV with a beam current of 20 nA and an electron beam diameter of 1.0  $\mu\text{m}$ . The analyzed elements were uranium (crystal PETJ; counting time of 20 s), thorium (crystal PETJ, counting time of 20 s), lead (crystal PETH; counting time of 40 s), yttrium (crystal TAP; counting time of 40 s), calcium (crystal PETJ; counting time of 20 s), iron (crystal LIF; counting time of 20 s), and silicon (crystal TAP; counting time of 40 s). The standards used for each element were uraninite (U), thorianite (Th), galena (Pb), the synthetic compound  $\text{YFe}_5\text{O}_{12}$  (Y), wollastonite (Ca, Si), and hematite (Fe).

The total amount of radiogenic lead produced by uranium and thorium decay and the approximate chemical age of uraninite are given by the equations presented in Bowles (1990).

The electronic images of uraninite from the Buraco do Ouro gold deposit demonstrated that all grains have secondary alteration features (Figure 3.11). The chemical ages were calculated by analyzing the electronic images to identify areas less affected by secondary alteration. The data are shown in Table 3.3. All analyses demonstrated thorium below the limit of detection in uraninite. The approximate ages, which were calculated using Equation 2 from Bowles (1990), range from 202.3 to 1656.2 Ma. Most values are between 602 and 798 Ma (Figure 3.12) and are coeval with



or older than the age of the Brasiliano orogenic cycle. All lead contents calculated from these ages, according with Bowles (1990), yielded negative values indicating that the U-Th-Pb system did not remain closed after the uraninite crystallization. The older ages are near with the Ar-Ar age of 1.8 Ga for the formation of muscovite in the ore presented by Massucatto (2003). All these data indicate that there was an opening of the U-Th-Pb system mainly during the Brasiliano orogenic cycle and do not exclude the possibility that the uraninite has an age of crystallization coeval with the 2.15 Ga peraluminous granite age. In fact, some ages are older than 1100 Ma excluding the formation of uraninite in the Neoproterozoic.



**Figure 3.11** – BSE images of uraninite grains which were used to calculate the chemical age. (a) Grain showing lower level of alteration. (b) Grain showing higher level of alteration.

**Table 3.3** – EPMA analyses (%) and approximated chemical ages on uraninite from the Buraco do Ouro gold deposit. The ThO<sub>2</sub> values are below the limit of detection and “n” is the number of analyses.

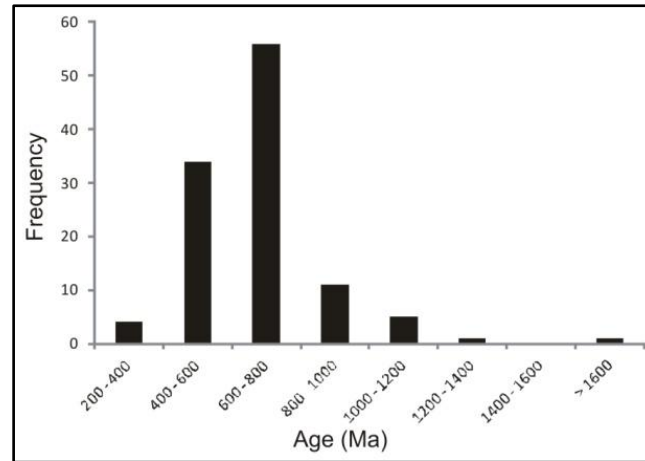
n	U	Th	Pb	Y	Ca	Fe	Si	Total	Approximated Age (Ma)
4	37.45 – 65.09	0.00 – 3.95	1.04 – 3.58	0.00 – 0.65	0.43 – 1.14	0.11 – 0.54	0.01 – 0.06	40.82 – 70.07	202.25 – 399.75
34	43.99 – 70.51	0.00	3.14 – 5.86	0.00 – 0.68	0.36 – 3.49	0.00 – 0.40	0.00 – 2.54	48.23 – 77.25	474.35 – 594.92
56	35.06 – 70.76	0.00 – 7.65	3.41 – 7.66	0.00 – 0.59	0.20 – 1.31	0.00 – 1.15	0.00 – 10.53	50.65 – 77.94	602.51 – 797.82
11	58.67 – 67.42	0.00 – 0.07	7.28 – 8.91	0.00 – 0.34	0.33 – 0.88	0.00 – 0.17	0.00 – 0.21	66.60 – 76.43	801.42 – 970.95
5	56.04 – 63.86	0.00	9.84 – 10.52	0.02 – 0.21	0.42 – 0.82	0.03 – 0.14	0.00 – 1.30	68.04 – 73.97	1058.88 – 1167.58
2	53.48 – 58.34	0.00	10.79 – 13.64	0.00	0.59 – 0.74	0.13 – 0.20	0.02 – 0.32	68.23 – 70.01	1242.37 – 1656.23

### 3.8 – SULFUR ISOTOPES

Sulfur isotopic composition has become an important tool to study geological and environmental processes because sulfur is widely distributed throughout the environment. The principal sources of sulfur are native sulfur, sulfate and sulfide minerals, H<sub>2</sub>S and SO<sub>2</sub> gases, and oxidized and reduced sulfur in solution (Rollinson,



1993). Sulfate occurs in open, oxygenated seawater, and sulfide and other reduced sulfide species occur in anoxic basins and sediment pore waters (Craddock, 2008). In sediments, igneous and metamorphic rocks and metal-rich ore deposits, sulfur occurs in various oxidation states, such as sulfate, native sulfur and numerous metal sulfides.



**Figure 3.12** – Histogram for uraninite chemical age.

The sulfur isotopic composition is expressed in terms of  $\delta^{34}\text{S}$ , the level of which is large in nature and provides reliable information about sulfur origin and the sulfur cycle operating at the surface of the Earth (Hoefs, 1997).

The traditional techniques for the *in situ* determination of sulfur isotope ratios in solids include Gas Source Mass Spectrometry (GSMS) and Secondary Ionization Mass Spectrometry (SIMS). Both techniques give results with high levels of precision and accuracy. However, the former technique requires extensive sample handling and sulfur concentrations above 1 wt.%, while the latter is not widely available and is subject to matrix effects (Mason *et al.*, 2006). Laser Ablation Multiple Collector Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-MC-ICPMS) permits the determination of small-scale variations in  $\delta^{34}\text{S}$  within minerals, enabling the identification of changes in sulfur sources and/or geochemical processes over time (Bendall *et al.*, 2006). This technique can be used with minerals with inclusions or exsolutions and does not require sample preparation before analysis.

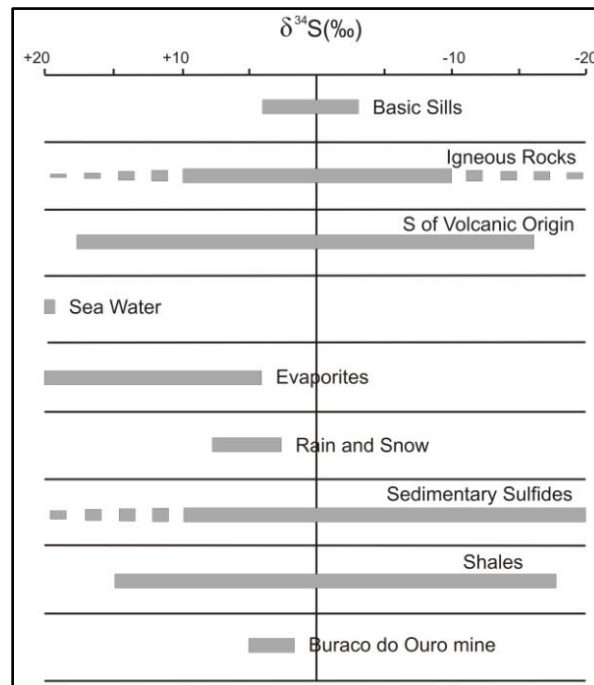
In addition to the low sulfide content in the ore mineralogy of the Buraco do Ouro gold deposit, guanajuatite grains displayed low sulfur levels, as observed by electronic microprobe analyses (Table 3.1). However, the sulfur content of guanajuatite is 20-fold lower than that of sulfides. Better results could be obtained if the laser

diameter was enlarged, which would increase the detected sulfur content to sufficient levels for the application of this method. However, Bendall *et al.* (2006) has shown that lasers with smaller spot sizes produce more precise results.

Most of the sulfur isotope analyses of guanajuatite from the Buraco do Ouro gold deposit has provided a low intensity sign to sulfur measurement. However, four analyses yielded useful information, despite the high error (Table 3.4). Figure 3.13 shows some  $\delta^{34}\text{S}$  values found in the natural environment. Unfortunately, based on the geological setting of the deposit and the V-CDT values of the analyzed samples, which are between 2 and 5‰, the sulfur could be either the Aurumina Suite granites or the graphite-rich rocks of Ticunzal Formation. These V-CDT values indicate the primitive nature of sulfur.

**Table 3.4** – Sulfur isotopic data in guanajuatite from Buraco do Ouro gold deposit.

Sample	$\delta^{34}\text{S}$ ‰ V-CDT	1 $\sigma$ Units V-CDT
Guj 5	2.36	2.54
Guj 6	3.93	1.36
Guj 13	3.97	2.40
Guj 16	5.00	1.13



**Figure 3.13** – Sulfur isotope distribution in nature (Krouse, 1980; Thode, 1991). The value zero to  $\delta^{34}\text{S}$  is relative to troilite (FeS) from Canyon Diablo meteorite (USA).

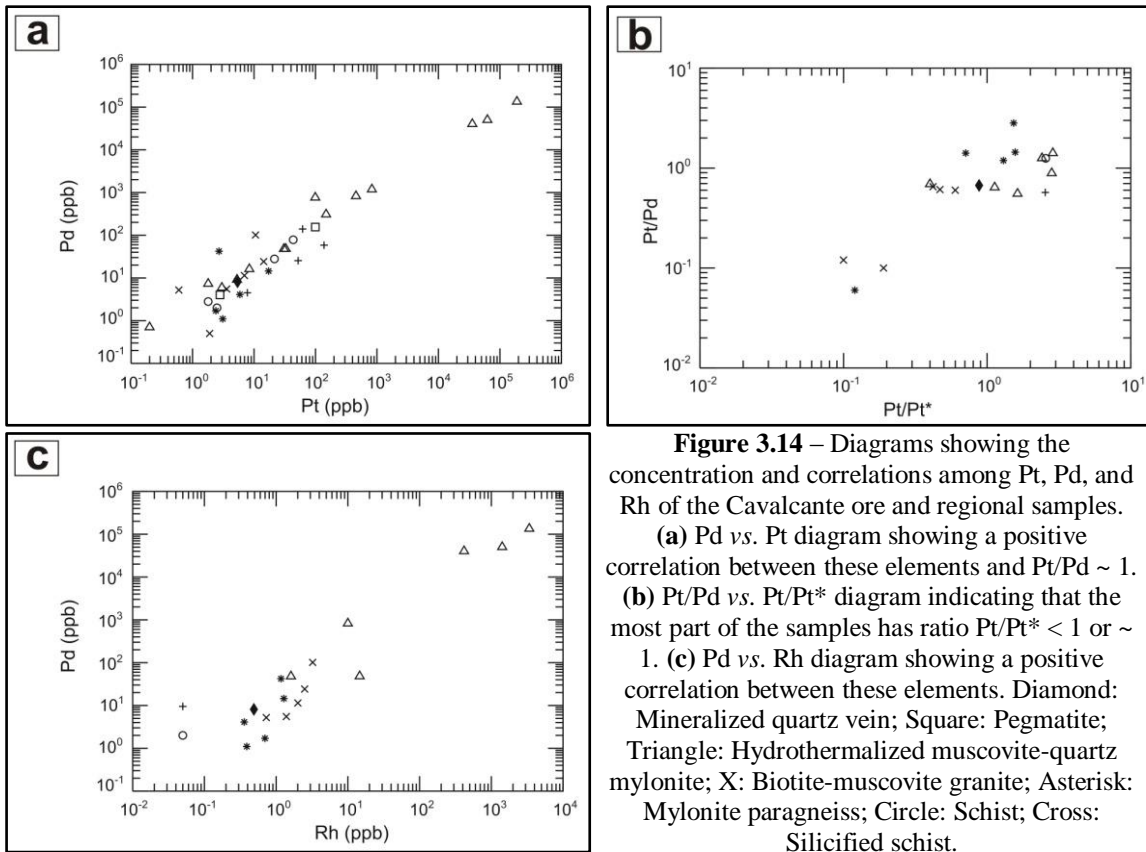
### 3.9 – DISCUSSION

#### *Source for the Au-PGE Mineralization*

The origin of metals in the Buraco do Ouro deposit is also a controversial issue. The presence of metasedimentary rocks of the Ticunzal Formation, which were for the first time identified in this deposit, reinforces the suggestion that graphite-bearing country rocks may have been the source of gold and PGE (Botelho *et al.*, 2006b; Menez and Botelho, 2013, in preparation). These rocks were most likely derived from protoliths similar to black shales, which are considered as an alternative source for metals in unconventional PGE deposits (Pašava, 1993; Wilde *et al.*, 2003). Black shales also have been suggested as the source of selenium for some selenides bearing deposits (Simon *et al.*, 1997).

Black shales are a known alternative source of PGE and are defined as dark-colored argillaceous and laminated rocks that contain more than 0.5 wt.% organic carbon. These rocks host PGE concentration and are classified as unconventional PGE anomalies (Pašava, 1993; Wilde *et al.*, 2003). Most of these anomalies appears in an intracontinental rift environment, which may or may not be associated with basic volcanism. In the Cavalcante region, the high content of graphite in rocks of the Ticunzal Formation suggests that portions of this formation could have black shales as a protolith.

Coveney (2003) suggests that the sources of the enrichment in nickel, molybdenum, arsenic, and zinc with substantial amounts of platinum, palladium, and gold in the black shales (Niutitang Formation) of south China are hydrothermal vents. However, Lehmann *et al.* (2003) suggest that these black shales are not associated with any volcanic activity and that their metal enrichment occurs from seawater by black shale reduction. The latter authors also believe that such an enrichment process requires a very low sedimentation rate and replenishment of a stagnant basin by fresh seawater on a time scale of hundreds of years. The Pt/Pd and Au/Pd ratios of the black shales derived from seawater are approximately 1, such as for the rock of the Niutitang Formation in the south China (Lehmann *et al.*, 2003). The Pt/Pd ratio of the Buraco do Ouro ore and of other rocks in the same geological setting is also approximately 1 (Figure 3.14a).



The platinum anomaly can be defined similarly to the europium anomaly in the REE patterns normalized to chondrite. The platinum anomaly is obtained using the equation (Jiang *et al.*, 2007):

$$Pt/Pt^* = Pt_N / (Rh_N \times Pd_N)^{1/2},$$

where  $Pt_N$ ,  $Rh_N$ , and  $Pd_N$  are the chondrite (Naldrett and Duke, 1980) normalized values of the samples. When the PGE enrichment is created by a crustal source, it has a positive platinum anomaly ( $Pt/Pt^* \gg 1$ ), and when the source is the mantle, the PGE enrichment has a negative anomaly ( $Pt/Pt^* < 1$  or  $\sim 1$ ) (Jiang *et al.*, 2003). The  $Pt/Pt^*$  ratio of the Cavalcante ore is predominately  $\leq 1$  or slightly greater than 1, with values between 0.1 and 2.6 which is the same interval of the  $Pt/Pt^*$  values reported by Jiang *et al.* (2007) and Pašava *et al.* (2003) in various metal-rich black shales (Figure 3.14b). The diagrams in Figures 3.14a and 3.14c indicate a positive correlation among platinum, palladium, and rhodium.

If the  $Pt/Pd$  and  $Pt/Pt^*$  ratios were the same as those of the rocks of the Ticunzal Formation, we would be able to determine the PGE source in the Buraco do

Ouro deposit. If we consider that the PGE enrichment of the Ticunzal Formation shales was from seawater, the Pt/Pd  $\sim$  1 observed in the host rock of the ore and in the schist and paragneiss of the Ticunzal Formation indicates that there was no PGE fractionation during transport and the hydrothermal processes. Otherwise, the mantle cannot be considered as a direct source for the ore, as indicated by the Pt/Pt\*, because it is inconsistent with the geologic setting of Cavalcante region, but the contribution from mantle-derived mafic-ultramafic rocks could be envisaged for the origin of the sediments of the Ticunzal Formation, as suggested by Botelho *et al.* (2006b). Both values, Pt/Pd and Pt/Pt\*, exclude the crustal source for PGE in the Buraco do Ouro deposit. Other mineralizing elements in the Buraco do Ouro deposit, such as selenium and uranium, are sensitive to the redox conditions found in anoxic marine areas before 2.0 Ga (Lehmann *et al.*, 2003) and could also have precipitated from seawater.

There are more hydrothermal gold deposits than platinum deposits because the solubilities of gold, platinum, and palladium in hydrothermal environments are different (Lehmann *et al.*, 2003). According to Cabral *et al.* (2002a), hydrothermal deposits, such as the Serra Pelada in the Carajás region of northern Brazil, display Au > Pd > Pt, the similar relation is found in Cavalcante.

The PGE enrichment in the granites of the Aurumina Suite remains poorly understood. Botelho *et al.* (2006b) suggest that the metasedimentary sequence of the Ticunzal Formation is a potential source rock for the granites of the Aurumina Suite. Thus, the PGE enrichment could be derived from the source rock itself. This enrichment could also be due to the assimilation of PGE by the granites from its country rocks during ascent and emplacement. The presence of xenocrysts of graphite and graphite-rich xenoliths supports this hypothesis. The hydrothermal alteration is responsible for the Au-PGE( $\pm$ U) mineralization, such as in the Buraco do Ouro deposit, but it does not explain the regional PGE anomaly in the granites.

#### *Formation Conditions*

The textural relationships among metallic minerals and the nature of the host rocks in the deposit and in the nearby area, as well as the published data on the behavior of platinum, palladium, and selenium, permit some genetic interpretations of the Buraco do Ouro Au-PGE( $\pm$ U) deposit.

In their native states, platinum, palladium, and rhodium are practically immobile under most hydrothermal conditions (Mountain and Wood, 1988). However, like gold and silver, these elements can be transported in covalently bonded complexes with chloride (Cl<sup>-</sup>), bisulfide (HS<sup>-</sup>), and hydroxide (OH<sup>-</sup>) ions. The complexation of palladium and platinum with chloride is important in saline, oxidizing, and acidic environments. When the ligand is hydroxide, platinum and palladium are transported under basic to neutral pH and intermediate  $f(O_2)$  conditions. The solubility of palladium and platinum chloride or hydroxide complexes increases at temperatures above 250°C (Mountain and Wood, 1988).

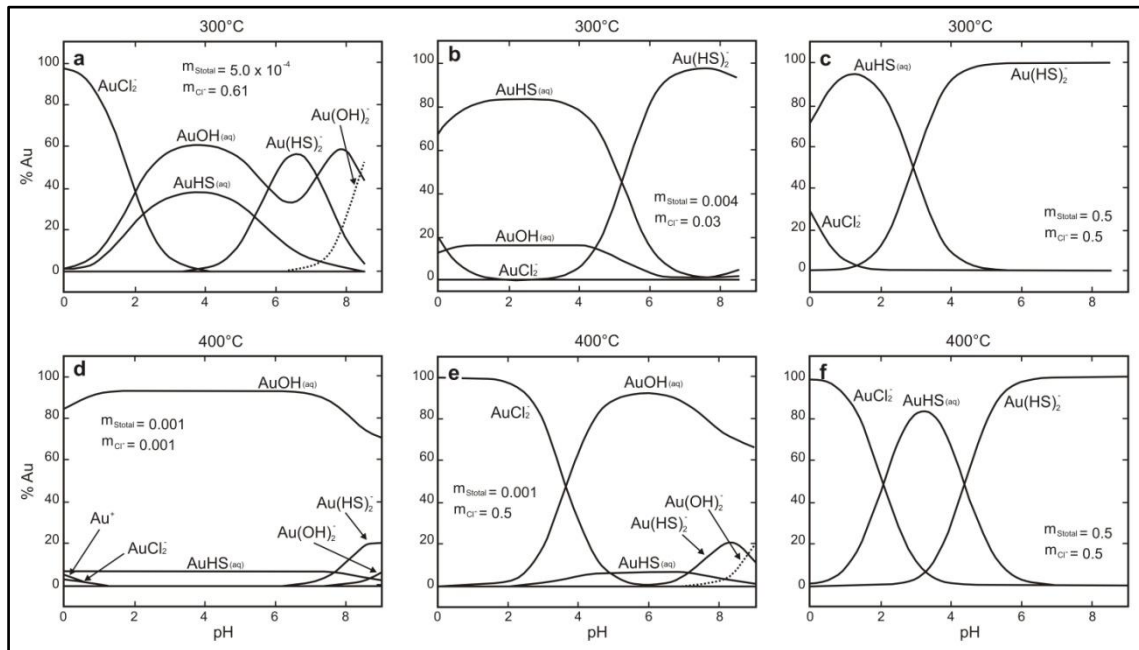
There is no evidence of a chlorine-rich environment in the Buraco do Ouro Au-PGE(±U) deposit because granites derived from metasedimentary sources, such as the Aurumina Suite granites, have a low Cl/H<sub>2</sub>O ratio (Candela, 1989). Indeed, the chlorine content in the hydrothermal muscovite of the ore assemblage is very low (< 100 ppm) compared with muscovite from chlorine-rich environments (Botelho, 1992; Botelho *et al.*, 2005). Otherwise, the predominantly reducing character of the graphite-bearing country rocks as well as the granite-related mylonite precludes the transport of palladium and platinum as chloride complexes during the formation of this deposit. Au-PGE hydrothermal deposits formed under extremely oxidizing conditions by chloride-rich fluids are very rare (Lehmann *et al.*, 2003). The economically important examples are the Coronation Hill, Australia (Mernagh *et al.*, 1994), and Serra Pelada deposit in the Carajás Province, which has a Au:Pd:Pt ratio of approximately 8:2:1 (Cabral *et al.*, 2002a; Lehmann *et al.*, 2003).

There is no reference on gold deposits where gold has been transported as hydroxide complexes. However, Stefánsson and Seward (2004) suggested the possibility of gold transport as hydroxide complexes in near neutral pH conditions (Figure 3.15). At 300°C gold sulfide complexes predominate at all pH values (Figures 3.15a, b, c) except when the concentrations of sulfide is very low and the solution is very rich in chloride where the AuOH<sub>(aq)</sub> and AuCl<sub>2</sub><sup>-</sup> become important. At 400°C the predominant gold complexes are sensitive to the solution composition (Figures 3.15e, f). In diluted sulfide and chloride solutions, AuOH<sub>(aq)</sub> predominates at all pH values (Figure 3.15d), whereas in diluted sulfide and concentrated chloride solutions, AuCl<sub>2</sub><sup>-</sup> is the most important species below pH of ~ 4 and AuOH<sub>(aq)</sub> predominates in neutral and alkaline solutions (Figure 3.15e). In concentrated sulfide and chloride solutions AuCl<sub>2</sub><sup>-</sup>,

$\text{AuHS}_{(\text{aq})}$ , and  $\text{Au}(\text{HS})_2^-$  become the predominant species with increasing pH (Figure 3.15f).

The role of bisulfide as a ligand is also disregarded because of the scarcity of sulfur minerals in the Buraco do Ouro deposit. These considerations suggest that, at the Buraco do Ouro deposit, palladium and platinum were transported as hydroxides in low-salinity aqueous fluids.

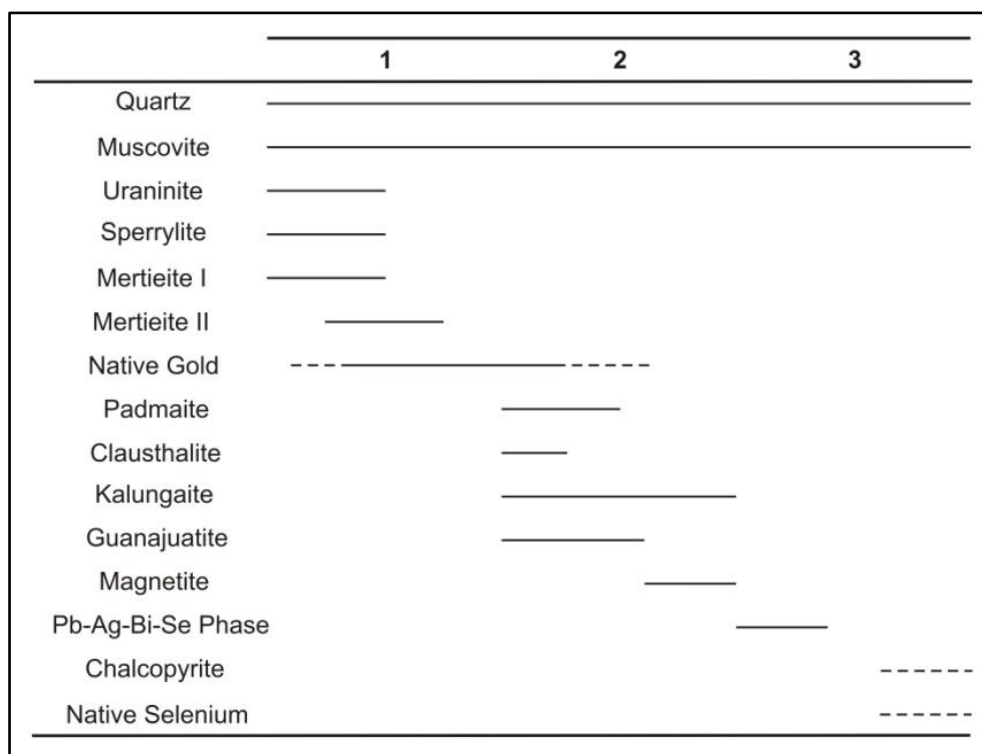
The scarcity of sulfur-dominant mineral assemblages or chlorine-rich fluids precludes gold transport as S-bearing or chlorides complexes. The textural relationships in the ore assemblage of the Buraco do Ouro deposit indicate that the main deposition of gold took place after the formation of sperrylite and mertieite and continued during the deposition of the selenides. Although no experimental data on the behavior of selenium as a gold ligand have been reported, the possibility of gold transport as complexes involving selenium should be considered because it has been suggested that Se-rich fluids at intermediate  $f(\text{O}_2)$  can account for Se-bearing Au-Ag deposits (Simon *et al.*, 1997).



**Figure 3.15** – Percentage distribution of gold species as a function of solution composition and temperature at 500 bar in the diagrams of Stefánsson and Seward (2004). **(a)** High-temperature geothermal seawater at Iceland with low  $m_{\text{Stotal}}$  and high  $m_{\text{Cl}^-}$ ; **(b)** Dilute natural high-temperature geothermal water at Ohaaki-Broadlands with low  $m_{\text{Stotal}}$  and  $m_{\text{Cl}^-}$ ; **(c)** High  $m_{\text{Stotal}}$  and  $m_{\text{Cl}^-}$ ; **(d)** Low  $m_{\text{Stotal}}$  and  $m_{\text{Cl}^-}$ ; **(e)** Low  $m_{\text{Stotal}}$  and high  $m_{\text{Cl}^-}$ ; **(f)** High  $m_{\text{Stotal}}$  and  $m_{\text{Cl}^-}$ .

Based on the discussion above, we suggest that the Cavalcante mineralization formed in at least three stages (Figure 3.16). The first stage took place at low  $f(\text{O}_2)$

conditions, allowing the precipitation of uraninite, sperrylite, mertieite, and gold. At the second stage, which was likely the most important for the PGE concentration as selenides, the precipitation of metals took place at higher  $f(O_2)$ , but still below the hematite-magnetite buffer. The textural relationships between gold and kalungaite, with inclusions of both phases, indicate that these minerals are coeval and that there was also gold precipitation in the second stage. The deposition of magnetite occurred at the end of this stage. The third and final stage took place with decreasing  $f(O_2)$ , after the deposition of the magnetite. The new conditions permitted the re-equilibration of the previous assemblages, leading to the formation of Ag-rich selenides, the suggested Se-Bi alloys, and intergrowths among chalcopyrite, mertieite, and guanajuatite. The evolution of the  $f(O_2)$  during the precipitation of the Buraco do Ouro ore is shown in Figure 3.17. The minerals formed at the first stage of the ore formation, when gold was in solution, display gold in their structures, but the minerals formed after this stage do not show this behavior (Table 3.1).

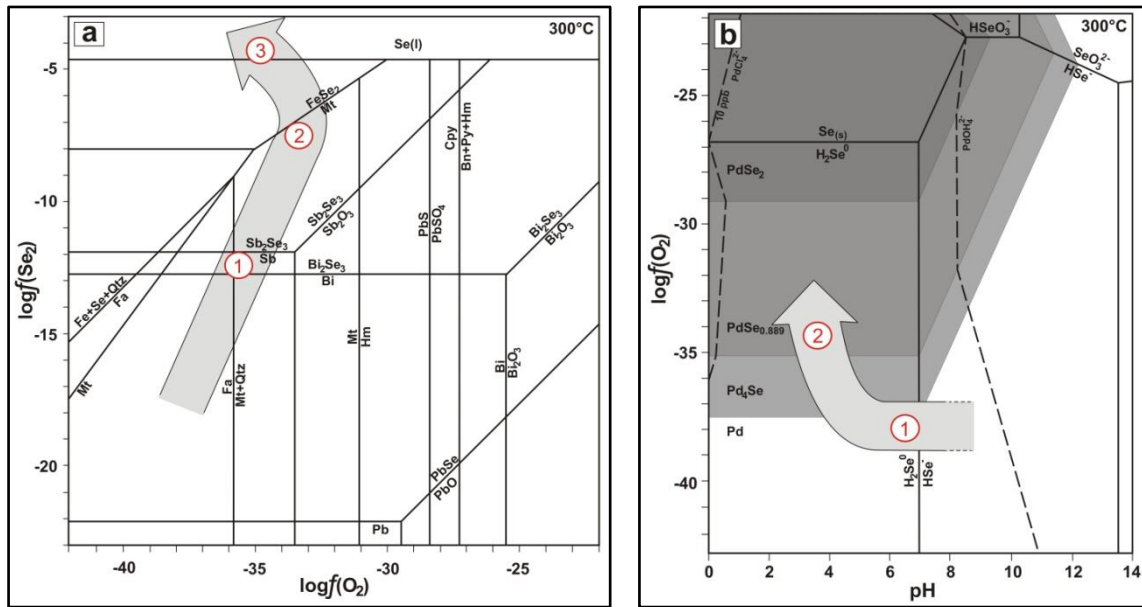


**Figure 3.16** – Simplified paragenetic sequence for the Buraco do Ouro mineralization. 1:  $< f(O_2)$ ; 2:  $> f(O_2)$ ; 3:  $< f(O_2)$ .

As pointed out by Mountain and Wood (1988), the conditions required to transport platinum and palladium as hydroxide complexes are basic to neutral pH and intermediate  $f(O_2)$ . So the deposition of PGE in the second stage of ore formation in



Cavalcante would take place with a decrease in the pH and an increase in the  $f(\text{O}_2)$ . These conditions are the opposite of the expected conditions for the deposition of PGE when they are transported by chloride complexes: pH increases and  $f(\text{O}_2)$  decreases, also could occur a decrease in both temperature and chlorine content (Gammons *et al.*, 1992; Pašava, 1993).



**Figure 3.17** – (a) Evolution of  $f(\text{O}_2)$  during formation of the Buraco do Ouro ore in the diagram  $f(\text{Se}_2)$  vs.  $f(\text{O}_2)$  at 300° (Simon and Essene, 1996; Pieczka *et al.*, 2007). (b) Log  $f(\text{O}_2)$  vs. pH diagram showing the solubility and phase relations of palladium selenides and the speciation of dissolved selenium at  $\Sigma\text{Se} = 10_{-6}$  m and 300°C. Due to lack of data, aqueous complexes between the PGE and dissolved selenium species have been ignored. Gray areas represent the phase areas among native palladium, Pd<sub>4</sub>Se, PdSe<sub>0.889</sub> (palladseite), and PdSe<sub>2</sub>. Solid lines separate predominance fields of aqueous selenide species and dashed lines represent solubility contours of the appropriate palladium mineral as PdCl<sub>4</sub><sup>2-</sup> and Pd(OH)<sub>4</sub><sup>2-</sup> (adapted from Mountain and Wood, 1988). Numbers 1 to 3 represent the ore deposition  $f(\text{O}_2)$  stages showed in Figure 3.16.

Prichard *et al.* (2013) have shown that the arsenic scavenged platinum from the environment in the early magmatic stage to form sperrylite in the Ni-Cu-rich Jinchuan ultramafic intrusion in northwest China. Sperrylite from the Cavalcante deposit was also formed in the early stage of the ore generation (Figure 3.16). Differently from Cavalcante, padmaite in the Jinchuan deposit was formed under acidic and oxidizing conditions which the fluids were able to mobilize selenium and interact with Bi-bearing PGE minerals. The deposition of selenium, bismuth, and palladium as padmaite took place when the pH was neutralized by the interaction of these hydrothermal fluids with carbonates (Prichard *et al.*, 2013). In Cavalcante, the PGE-selenides were formed when low-salinity aqueous fluids originated in the granitic body scavenged PGE and selenium

from the graphite-bearing country rocks as hydroxide complexes. When the fluid reached the granite, a decrease in pH and a slight increase in  $f(\text{O}_2)$  caused the precipitation of PGE as selenides. As a result of this mechanism, mineralized granite is more common than mineralized country rocks. The ore is also localized in the shear zone in the granite, and thus the shear zone could be a conduit for the mineralizing fluids.

Continued precipitation of gold in the second stage of the Cavalcante ore formation is in agreement with the findings of Simon and Essene (1996). They observed that native gold is stable with almost all selenides, except native selenium and other selenides formed close to selenium saturation. Native selenium from Cavalcante ore was formed in the third stage when gold was no longer precipitated. Natural occurrences where native gold and selenium are reported together represent a metastable mineral assemblage (Simon and Essene, 1996).

#### *Genetic Model*

The ore in the Buraco do Ouro deposit, as well as the other gold mineralizations in the Cavalcante region, is always near the contact between the Aurumina Suite and the Ticunzal Formation. Thus, to determine how the ore formation occurred and to suggest a genetic model, we must describe the granitic intrusions, country rocks, and shear zone characteristics in the region. In this case, the Au-orogenic as well as the intrusion-related models could be applied to the Cavalcante mineralization.

According to Groves *et al.* (1998), Au-orogenic deposits are very common in metamorphic belts. They are formed in the late stages of orogenesis, within the main phase of crustal shortening in compressional or transpressional regimes, in which the penetrative deformational and metamorphic fabrics were generated and/or reactivated. Gold deposits can be formed at all stages of the orogen evolution, and thus evolving metamorphic belts contain diverse gold deposit types that may be juxtaposed or overprint each other (Groves *et al.*, 2003). This diversity partly explains the high level of controversy on the origin of some deposits. Intrusion-related deposits are also very common in metamorphic belts and exhibit close spatial and temporal relationships with granitoid intrusions.

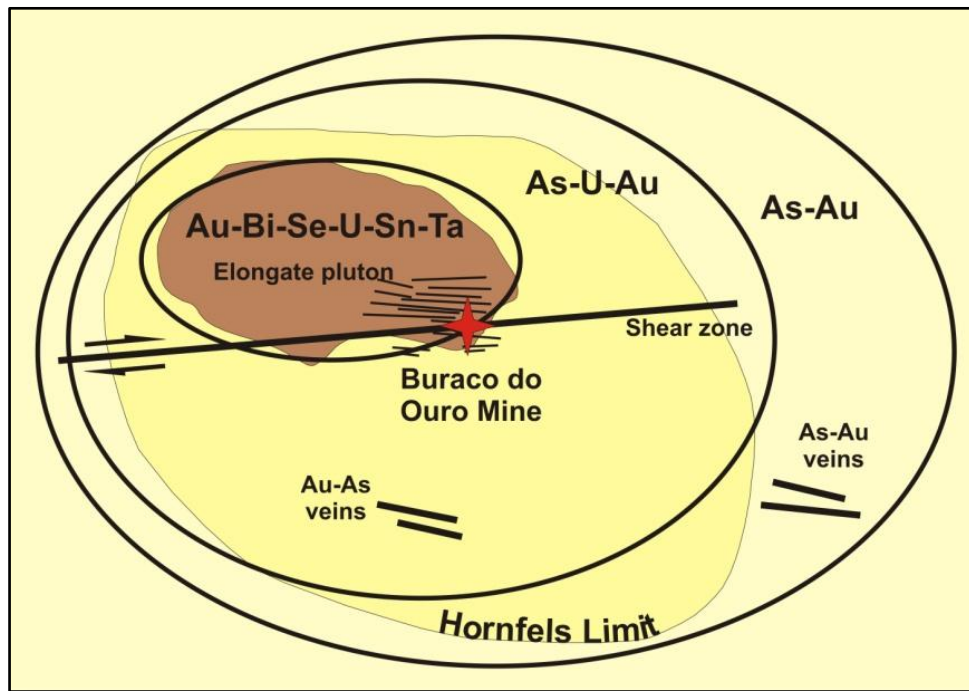
Groves *et al.* (2003) have compiled the main characteristics of intrusion-related gold deposits: (1) metaluminous, subalkalic intrusions of intermediate to felsic composition, that span the boundary between ilmenite and magnetite series; (2) CO<sub>2</sub>-bearing hydrothermal fluids; (3) a metal assemblage that variably includes gold with anomalous bismuth, tungsten, arsenic, molybdenum, tellurium, and/or antimony, and typically has noneconomic base-metal concentrations; (4) comparatively restricted zones of hydrothermal alteration within granitoids; (5) a continental tectonic setting well inboard of inferred or recognized convergent plate boundaries; and (6) a location in magmatic provinces best formerly known for tungsten and/or tin deposits. Au-oregenic and intrusion-related gold deposits share the first four criteria, but items (5) and (6) belong only to intrusion-related deposits (Groves *et al.*, 2003). Both of these characteristics relate to the setting of the intrusion-related deposits distal to subduction zones and also explain the association of these deposits with tungsten and/or tin deposits.

The gold mineralization of intrusion-related deposits is younger than the penetrative deformational fabrics of the country rocks, but the mineralization is coeval ( $\pm 2000$  years) to the host or associated intrusions. Intrusion-related and Au-oregenic deposits have both their mineralization controlled by these structures (Groves *et al.*, 2003).

In intrusion-related gold deposits, thermal gradients surrounding cooling plutons are steep and result in temperature-dependent concentric metal zones that develop outward from pluton margins for distances up to a few kilometers or just beyond the thermal aureole (Hart *et al.*, 2002). Pluton-hosted mineralization may be associated with Au-Bi-Te $\pm$ W $\pm$ Mo $\pm$ As; proximal mineralization will be associated with Au-As $\pm$ W, Sn, Sb; and distal mineralization may be related to Au-As-Sb $\pm$ Ag $\pm$ Pb $\pm$ Zn. In the case of the Buraco do Ouro deposit and Cavalcante region, we propose the associations Au-Bi-Se-U-Sn-Ta, As-U-Au, and As-Au for, respectively, the pluton-hosted, proximal and distal mineralizations (Figure 3.18).

The Buraco do Ouro deposit has some important characteristics of intrusion-related deposits, such as a compressional environment, ore associated with structures active during pluton emplacement and cooling, regional association with tin deposits, low ore sulfide content, and strong association between the ore and the granitic pluton. However, there are some differences between the Buraco do Ouro deposit and intrusion-

related deposits: the deposit is related to type-S and reduced magmatism, and the metal association is Au-Pt-Pd-Se±Pb±Ag (Table 3.5).



**Figure 3.18** – Schematic model of the Buraco do Ouro mineralization in the regional context, adapted from the model of intrusion-related gold deposits proposed by Hart *et al.* (2002). The Buraco do Ouro deposit location is suggested based on the relationships among the deposit, the intrusion, and the country rocks, the structural controls, the composition of the gold ore, and the regional distribution of ore deposits related to the Aurumina Suite and the Ticunzal Formation (see Figures 3.2 and 3.3).

The tectonic setting in the Cavalcante region is compressive, but most likely associated with a continental collision, which created type-S magmas. However, according to Thompson *et al.* (1999), magmas associated with intrusion-related deposits can exhibit a strong crustal contamination, which could give them, at least locally, characteristics of type-S magmas. However, this is not the case in Cavalcante, where these type-S characteristics are regional. In spite of the type-S magmas related to mineralization and tectonic setting, the Buraco do Ouro deposit could be related to an intrusion-related model. The Au-, PGE-, and Se-rich metal association could be related to a source already enriched in these elements. Metamorphic and deformational events after the deposit formation could have overprinted any visible zoning at the deposit scale. One of these events could be the Brasiliano orogenic cycle, which occurred in the late Neoproterozoic (~ 600 Ma) and is associated with an orogen formation (Brasília Fold Belt) (Almeida *et al.*, 1981). This event took place more than 1500 My after the deposit formation.

**Table 3.5** – Main characteristics of orogenic and intrusion-related gold deposits (Groves *et al.*, 2003; Groves *et al.*, 1998), and Buraco do Ouro deposit.

	<b>Orogenic gold deposits</b>	<b>Intrusion-related gold deposits</b>	<b>Buraco do Ouro gold deposit</b>
<b>Age range</b>	Middle Archean to Tertiary; peaks in Late Archean, Paleoproterozoic, Phanerozoic	Mainly Phanerozoic; some Proterozoic; rare Late Archean	Paleoproterozoic (> 1.8 Ga)
<b>Tectonic setting</b>	Deformed continental margin mainly of allochthonous terranes	Pericratonic terranes of the miogeoclinal margin	Collisional (?)
<b>Structural setting</b>	Commonly structural highs during later stages of compression and transtension	Compressional to extensional transition in fold and thrust belts	Compressional associated with shear zones
<b>Associated magmas</b>	Metaluminous and subalkalic intrusions in the boundary between ilmenite and magnetite series	Metaluminous and subalkalic intrusions in the boundary between ilmenite and magnetite series	Peraluminous, type-S, and ilmenite series intrusions
<b>Host rocks</b>	Variable; mainly mafic volcanic or intrusive rocks or greywacke-slate sequences	Major examples in granitoid intrusions; some in sedimentary rocks	Mainly near the contact between granitics (Aurumina Suite) and metasedimentary graphite-bearing rocks (Ticunzal Formation)
<b>Metamorphic grade of host rocks</b>	Mainly greenschist facies but subgreenschist to lower granulite facies	Mainly subgreenschist to greenschist facies	Amphibolite facies with retrograde metamorphism to greenschist facies
<b>Association with intrusions</b>	Commonly felsic to lamprophyre dikes or continental margin batholiths	Strong association with granitoid stocks; lamprophyre dikes	Strong association with granitic intrusions
<b>Mineralization style</b>	Variable; large veins, vein arrays, saddle reefs, replacement of Fe-rich rocks	Commonly sheeted veins, lesser breccias, veins, and disseminations	Mainly in shear zone nearby lithologic contacts
<b>Timing of mineralization</b>	Late-tectonic; post-(greenschist) to syn-(amphibolite) metamorphic peak	Very late-tectonic; postregional metamorphic peak	Syn- to late-tectonic
<b>Structural complexity of ore bodies</b>	Complexity common, particularly in brittle-ductile regimes	Mainly simple vein arrays in relatively brittle regimes	Sigmoidal bodies that follow the mylonites S foliation (brittle-ductile regimes)
<b>Evidence of overprinting</b>	Strong overprinting in larger deposits; multiple veining events	Minor evidence of overprinting by late structures	Evidence of overprinting by the Brasiliano orogenic cycle (Neoproterozoic)
<b>Metal association</b>	Au + Ag ± As ± B ± Bi ± Sb ± Te ± W	Au + Ag ± As ± B ± Bi ± Sb ± Sn ± Te ± W (Pb-Zn distal)	Au + Pd + Pt + Se + Bi + Ag + As + Sb + U ± Pb ± Cu
<b>Metal zoning</b>	Cryptic lateral and vertical zoning	Strong district-scale zoning; Au-W/Sn-Ag/Pb/Zn	Weak regional zoning; Au-Bi-Se-U/As-U-Au/As-Au
<b>Proximal alteration</b>	Varies with metamorphic grade; normally mica-carbonate-Fe sulfide	Mica-K feldspar-carbonate-chlorite-Fe sulfide	Muscovitization and silicification
<b>P-T conditions</b>	0.5-4.5 kbars, 220°-600°C; normally 1.5 ± 0.5 kbars, 350° ± 50°C	0.5-1.5 kbars, 200°-400°C for Au-rich systems	---
<b>Ore fluids</b>	Low-salinity H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub> ± CH <sub>4</sub> ± N <sub>2</sub>	Variable-salinity H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub> , very minor CH <sub>4</sub> ± N <sub>2</sub>	Most likely low-salinity (OH) <sup>-</sup> -rich fluids
<b>Proposed heat sources</b>	Varies; asthenosphere upwelling to midcrustal granitoids	High-level granitoids in gold district	U- and Th-rich granites
<b>Proposed metal sources</b>	Subducted/subcreted crust and/or supracrustal rocks and/or deep granitoids	High-level granitoids and/or supracrustal rocks	Portions of metasedimentary graphite-bearing country-rocks
<b>Association with Sn/W provinces</b>	No	Yes	Yes; deposit is in the Goiás Tin Province
<b>f(O<sub>2</sub>)</b>	Low	Low	Low

In the Tarmoola deposit, Yilgarn craton, Australia, Durning *et al.* (2001) observed that the granitoid borders represent likely conduits for the hydrothermal fluids and that the shape and orientation of the pluton inside the stress field have an important role in the distribution of tensions, inducing the hydrothermal flux direction and the location of the ore bodies. Thus, the contact between intrusion and country rock can function as a ramp for the transport of fluids, and the metals will precipitate in low mean stress zones. In the Serra Pelada, northern Brazil, the areas of lithologic contact are interpreted as the main conduit for the mineralizing fluids (Grainger *et al.*, 2002). In Cavalcante, the contact between the granite and the schist and paragneiss also could be interpreted as a conduit for the Au-, Pd-, and Pt-bearing fluids due to the presence of ore near the lithologic contact. These fluids also could have migrated through the E-W shear zone because of its association with an intense sericite alteration. However, some physical-chemical changes in the environment were necessary for the Au-PGE precipitation.

### **3.10 – CONCLUSIONS**

The Buraco do Ouro deposit is a Au-PGE( $\pm$ U) deposit hosted in a hydrothermalized muscovite-quartz mylonite associated with an E-W shear zone that is coeval to the 2.15 Ga intrusions. The Aurumina Suite hosts substantial gold mineralizations; however, the anomalous concentrations of PGE associated with gold that occur in the Buraco do Ouro deposit are the only occurrence related to this suite. The mineralization in the Buraco do Ouro deposit is near the contact between the granite and its country rocks of the Ticunzal Formation.

The minimum age of the muscovite in the mineralized mylonite, approximately 1.8 Ga (Ar-Ar) (Massucatto, 2003), indicates that the mineralization took place before the metamorphic peak, 650 Ma, of the Brasiliano orogenic cycle. This hypothesis is in contrast to those presented by Massucatto and Hippertt (1996), D'el Rey Silva and Senna Filho (1998), and Hippertt and Massucatto (1998), who proposed a Brasiliano age for the Buraco do Ouro gold mineralization. However, this minimum age of 1.8 Ga is younger than the Aurumina granite age, 2.15 Ga, and could be explained by the reset of the Ar-Ar system in the muscovite, most likely during the Staterian magmatism related to the opening of the Araí Rift.

The Buraco do Ouro deposit displays some chemical similarities with the Serra Pelada gold deposit in the Carajás region because it has  $Au > Pd \geq Pt$  (Cabral *et al.*, 2002a), similar to the characteristic signature of gold-PGE hydrothermal deposits. The hydrothermalized muscovite-quartz mylonite that hosts the studied Au-PGE( $\pm$ U) deposit has a highly fractionated REE pattern, similar to the REE pattern of the Aurumina biotite-muscovite granite. This similarity is further evidence that the mylonite is a product of the biotite-muscovite granite deformation and metamorphism.

The Cavalcante mineralization was developed in at least three stages, characterized mainly by changes in the oxygen fugacity, but also by the nature of the fluids responsible for the transport of metals. The changes in pH and  $f(O_2)$  suggested during the ore formation in the deposit were most likely caused by the mixing of a magmatic aqueous fluid of low salinity originating from the biotite-muscovite granite of the Aurumina Suite and meteoric water derived from the graphite-bearing rocks of the Ticunzal Formation. The mixing of these fluids could be responsible for the metal precipitation in the granite shear zone near the contact with the graphite-bearing country rocks.

The chemical analyses in the Cavalcante ore and in the Aurumina Suite and Ticunzal Formation rocks suggest that the probable source for the metals in the Buraco do Ouro deposit is the graphite-bearing schist and paragneiss of the Ticunzal Formation, which can be the product of metamorphism of black shales. Besides that, the association between Au-PGE and granitic rocks, without the ultramafic rocks geochemical record, characterizes the Buraco do Ouro deposit as an unconventional PGE deposit. Even though if the mantle or seawater is the source for the PGE from the Buraco do Ouro ore, the data reinforce the idea that the Ticunzal Formation is the source of the mineralization and not the granite of the Aurumina Suite.

The Buraco do Ouro deposit shows some important characteristics and some differences with respect to the intrusion-related gold deposits. Thus, the deposit can be defined as an intrusion-related gold deposit. However there are some important contributions of the country rock to the source of fluid and metals.

The approximated chemical ages of uraninite range from 202.3 to 1656.2 Ma, but the most values are between 602 and 798 Ma. These ages are coeval with or older than the age of the Brasiliano orogenic cycle and they could indicate that there was an opening of the U-Th-Pb system during that orogeny. However the lead amount calculated from these ages gives us negative values, which is one more sign that U-Th-

Pb system did not remain closed after the uraninite crystallization. The ages which are older than 1100 Ma exclude the formation of uraninite in the Neoproterozoic. These older ages agree with the Ar-Ar age of 1.8 Ga for the formation of muscovite in the ore presented by Massucatto (2003).

The lack of thorium in the uraninite from the Buraco do Ouro ore, in comparison with the deposits of uranium in the Cavalcante region, indicates the remobilization of uranium with the retention of thorium in the country rocks.

Considering the geological setting of the deposit and the V-CDT values found in the samples, which are between 2 and 5‰, the sulfur could be either from the Aurumina Suite granites or from the graphite-rich rocks of the Ticunzal Formation.



MODELOS DE DEPÓSITOS DE  $Au(\pm EGP)$  QUE  
PODERIAM SER APLICADOS AO DEPÓSITO  
BURACO DO OURO

## Capítulo 4

### **Modelos de depósitos de Au( $\pm$ EGP) que poderiam ser aplicados ao depósito Buraco do Ouro**

Assim como todas as mineralizações auríferas da região de Cavalcante, o minério do depósito Buraco do Ouro localiza-se próximo ao contato entre o granito peraluminoso da Suíte Aurumina e sua rocha encaixante metassedimentar da Formação Ticunzal. O fato do minério de Au-EGP( $\pm$ U) estar associado a granitos peraluminosos, sem assinatura geoquímica de rochas máfica-ultramáficas, o depósito pode ser considerado um depósito não convencional de platinoídes. Ainda, com base nas semelhanças do depósito com o modelo proposto, o depósito de Cavalcante também pode ser classificado como um depósito de ouro do tipo *intrusion-related*. Dessa forma, a seguir encontram-se discussões e exemplos sobre os depósitos não convencionais de platinoídes e sobre os depósitos de ouro do tipo *intrusion-related*, com pequenas discussões sobre os depósitos do tipo Au-orogênico.

#### **4.1 – DEPÓSITOS NÃO CONVENCIONAIS DE PLATINOÍDES – FOLHELHOS PRETOS (*BLACK SHALES*)**

Os principais depósitos de platina e paládio são de origem magmática e estão associados a complexos máfico-ultramáficos. Naldrett (1989) divide os depósitos máfico-ultramáficos de platina e paládio em pobres e ricos em sulfetos. Um exemplo de depósito pobre em sulfeto é o complexo de Bushveld na África do Sul, o maior depósito de platina e paládio conhecido. No grupo dos depósitos ricos em sulfetos estão os depósitos de Noril'sk-Talnakh na Rússia, Sudbury no Canadá e os depósitos associados a komatiitos como o de Kambalda na Austrália. Nestes depósitos os platinoídes são extraídos como subproduto do níquel, cobre e cobalto. Entre os exemplos de depósitos magmáticos de platinoídes conhecidos ainda existem os depósitos de Great Dyke no Zimbábue e Stillwater nos Estados Unidos, que assim como o complexo de Bushveld, são hospedados por intrusões acamadadas. Esses depósitos são responsáveis por mais de 95% da produção mundial de platinoídes (Hulbert *et al.*, 1988). No entanto, nas últimas décadas, mineralizações de EGP formadas em ambientes hidrotermal e sedimentar

marinho passaram a ser reconhecidas, abrindo perspectivas para novas fontes de platinoides. Os depósitos de platinoides de origem magmática foram tidos, durante muito tempo, como fontes únicas desses elementos. Assim, depósitos de EGP com outras fontes, que não a ígnea, passaram a ser classificados como não convencionais.

O depósito Buraco do Ouro se enquadra entre os depósitos não convencionais de platinoides, pois se trata de um depósito de Au-EGP associado a granitos peraluminosos, sem assinatura geoquímica de rochas máfica-ultramáficas. Possivelmente, os EGP que fazem parte do minério do depósito são provenientes das rochas metassedimentares da Formação Ticunzal, que possuem protólitos semelhantes aos folhelhos pretos (Menez, 2008).

Atualmente existem muitos exemplos de folhelhos pretos com teores anômalos de EGP. Segundo Pašava (1993), *black shales* correspondem a rochas sedimentares escuras, com granulação siltica ou mais fina, geralmente argilosas, laminadas e que contêm > 0,5 wt.% de carbono orgânico. Geralmente, os depósitos ligados aos folhelhos pretos estão relacionados a fluidos hidrotermais, associados ou não a atividade vulcânica, e a um limite óxico/anóxico onde os metais se precipitam. Os fluidos dos depósitos associados aos folhelhos pretos possuem baixa concentração de cloreto e alta de enxofre reduzido, o que permitiria que os metais fossem transportados como complexos com bissulfetos (Wilde *et al.*, 2003). Assim, os mecanismos deposicionais possíveis seriam o resfriamento, a diluição e as mudanças de pH e da  $f(O_2)$  (Wilde *et al.*, 2003).

Pašava (1993) estudou as características físicas, a temperatura de formação e a associação metálica dos horizontes mineralizados de folhelhos pretos associados ou não à atividade vulcânica. Os horizontes mineralizados dos folhelhos pretos associados à atividade vulcânica possuem maior extensão vertical (0,5-18 m), se desenvolvem ao redor de um centro vulcânico, como as fumarolas, e são controlados por uma alternância de folhelhos pretos ricos em metais e metatufos. Nesses casos a temperatura dos processos mineralizadores varia entre 120° e 300°C e o paládio mostra forte correlação com níquel, zinco, ouro e vanádio e a platina, com cobre e molibdênio. Já os horizontes mineralizados de folhelhos pretos sem associação vulcânica são mais finos (poucos mm a 35 cm de espessura), podendo apresentar grande extensão lateral, e associam-se a carbonatos e a camadas ricas em fósforo. A temperatura dos processos mineralizadores varia de 90° a 143°C e platina e paládio mostram forte relação com níquel, bismuto, selênio, ítrio, antimônio, cobre, cobalto, ouro, urânio e flúor. Os valores econômicos de

EGP encontram-se em folhelhos pretos sem associação vulcânica (maiores que 818 ppb Pt e 1255 ppb Pd, com Pd/Pt de 0,89) com relação àqueles com vulcanismo associado (maiores que 60 ppb Pt e 102,2 ppb Pd, com Pd/Pt de 3,0).

## 4.2 – EXEMPLOS DE DEPÓSITOS NÃO CONVENCIONAIS DE OURO E PLATINOIDES

### *Serra Pelada, Brasil*

A Província Mineral Carajás, sudeste do Cráton Amazônico, foi identificada na década de 1960 como uma das principais províncias hospedeiras de ferro, mas recentemente passou a ser conhecida como a primeira província de Cu-Au hospedando diversos depósitos de classe mundial de Cu-Au-óxido de Fe ( $\pm\text{Mo}\pm\text{Ag}\pm\text{U}\pm\text{ETR}$ ), como Cristalino, Igarapé Bahia-Alemão, Salobo e Sossego, todos com mais de 300 Mt de cobre e ouro (Grainger *et al.*, 2002).

O depósito de Serra Pelada está situado na Província Mineral Carajás e foi descoberto em 1980 por garimpeiros (Cabral *et al.*, 2002a). Trata-se de um depósito de Au-EGP de classe mundial ( $> 100$  t Au) e estima-se um conteúdo metálico total, antes da exploração, em torno de 110 t Au, 35 t Pd e 18 t Pt, embora tal estimativa tenha alto nível de incerteza (Grainger *et al.*, 2002). Os mesmos autores realizaram um trabalho sobre o depósito de Serra Pelada e de sua possível associação com os demais depósitos de Cu-Au-óxido de Fe presentes na Província Mineral Carajás. O depósito é epigenético com forte controle estrutural feito por dobras sinclinais, onde os corpos de minério podem alcançar até 40 m de largura na zona da charneira. A área onde o depósito está localizado passou por processos de pesado intemperismo tropical, o qual atinge as rochas metassedimentares a profundidades aproximadas de 350 m. O minério primário foi destruído pela grande circulação de fluidos, principalmente canalizados por falhas, como a falha Serra Pelada que se associa a grande alteração hidrotermal.

Nesse mesmo trabalho foram identificados dois tipos de minério primário: Au-Pd-Pt e Au ( $\pm\text{Pd}\pm\text{Pt}$ ). O minério de alto teor (em torno de 110000 g/t Au e 16000 g/t Pd e Pt) está associado às zonas com grande conteúdo de carbono ( $\leq 10\%$  C) na região do sinclinal. De fato, mais de 75% do minério de Au-EGP está hospedado na parte inferior, rica em carbono e de cor preta dos metassiltitos carbonosos e calcáreos pertencentes à Formação Rio Fresco ( $\sim 2,68$  Ga). Também ocorre minério de alto teor (centenas de g/t

de Au, Pd e Pt) em brechas ricas em magnetita alterada para óxidos de ferro hidratado, porém esses teores são altamente erráticos, mas estão fortemente correlacionados com a quantidade de matriz das brechas e com a proximidade dos metassiltitos carbonosos e calcáreos.

Os dados científicos sobre o depósito de Serra Pelada são escassos, mas Cabral *et al.* (2002a) apresentaram dados químicos do testemunho de sondagem SP-32 de um furo feito vertical na parte central do *open pit*. A razão Au/Pd deste testemunho varia de < 1 a 100 e a Pd/Pt, de 3 a 62. No intervalo entre 54,5 e 55,0 m de profundidade, os teores de ouro, paládio e platina são de 132000 g/t, 11400 g/t e 359 g/t, respectivamente. O ouro desse intervalo possui 7 wt.% Pd e há ouro e paládio nativos associados a ele. As amostras com profundidade inferior a 80 m mostram enriquecimento em ouro, paládio, platina, mercúrio e manganês. As amostras com profundidade entre 157 e 275 m possuem altos valores de ouro, paládio, platina, irídio, mercúrio, ETR leves, urânio, cobre e chumbo e um enriquecimento muito marcado em bismuto. As amostras mais profundas, entre 316 e 336 m, possuem enriquecimento em ouro, paládio, platina, ETR leves, bismuto e selênio. Em profundidades maiores que 150 m o ouro varia de quase puro a ouro com 2,1 wt.% Ag. O paládio está preferencialmente ligado ao mercúrio e esporadicamente ao ouro, onde alcança 2,2 wt.% Pd. Associados à mineralização há prata e bismuto nativos e clausthalita. O minério de Serra Pelada mostra correlação positiva entre ouro e paládio e entre paládio e platina. Os valores de ETR leves, cobalto, cobre, níquel, chumbo, zinco, arsênio, bismuto, tungstênio e urânio são anômalos no minério (Grainger *et al.*, 2002).

Um estudo detalhado sobre as fases minerais do minério de Serra Pelada foi feito por Cabral *et al.* (2002b). Os minerais de platina e paládio associados ao ouro de Serra Pelada são, em ordem de abundância, arsenetos de paládio, fase Pd-Pt-Se, cuja fórmula ideal seria Pd<sub>9</sub>PtSe<sub>2</sub>, sudovikovita (PtSe<sub>2</sub>) e palladseíta (Pd<sub>17</sub>Se<sub>15</sub>). Também ocorrem guanglinita (Pd<sub>3</sub>As) e estibioguaglinita [Pd<sub>3</sub>(As,Sb)].

Os grãos de ouro paladinífero de Serra Pelada são geralmente cobertos por goethita e hospedam inclusões subédricas e euédricas de minerais de EGP (Cabral *et al.*, 2002b). O ouro apresenta teores variados de paládio (1,6 a 9,8 wt.%) e mercúrio (> 1,5 wt.%) e foi dividido em: ouro ligado a 7 wt.% Pd, gerando um composto com fórmula Au<sub>7</sub>Pd; liga de Au-Pd rica em Hg e com > 3 wt.% Pd e; liga de Au-Pd com < 3 wt.% Pd, considerado ouro pobre em paládio (Cabral *et al.*, 2002b). O ouro paladinífero, Au<sub>7</sub>Pd, apresenta inclusões das fases Pd<sub>9</sub>PtSe<sub>2</sub> e Pd<sub>9</sub>Se<sub>2</sub> e o ouro com paládio e mercúrio

se associa as fases Pd<sub>3</sub>(Se, Bi) e (Pd, Hg, Pb)<sub>3</sub>Se (Cabral e Lehmann, 2007). Todas essas ligas não apresentam prata.

Além do depósito de Serra Pelada, os depósitos brasileiros de Gongo Soco e Itabira, ambos no estado de Minas Gerais, também apresentam ouro paladinífero em seu minério (Cabral e Lehmann, 2007). Ocasionalmente, esse ouro pode estar envolto por uma camada escura de uma fase Pd-O, sendo então chamados de ouro preto. A assinatura mineralógica com selênio dos três depósitos (Serra Pelada, Gongo Soco e Itabira) é típica de depósitos hidrotermais em veios formados a temperaturas relativamente baixas (Cabral e Lehmann, 2007). Outro depósito que apresenta ouro paladinífero em seu minério é o depósito de Hope's Nose, na Inglaterra. Embora o ouro paladinífero e o ouro argentífero associados aos selenetos coexistam, eles não pertencem a mesma geração (Stanley *et al.*, 1990).

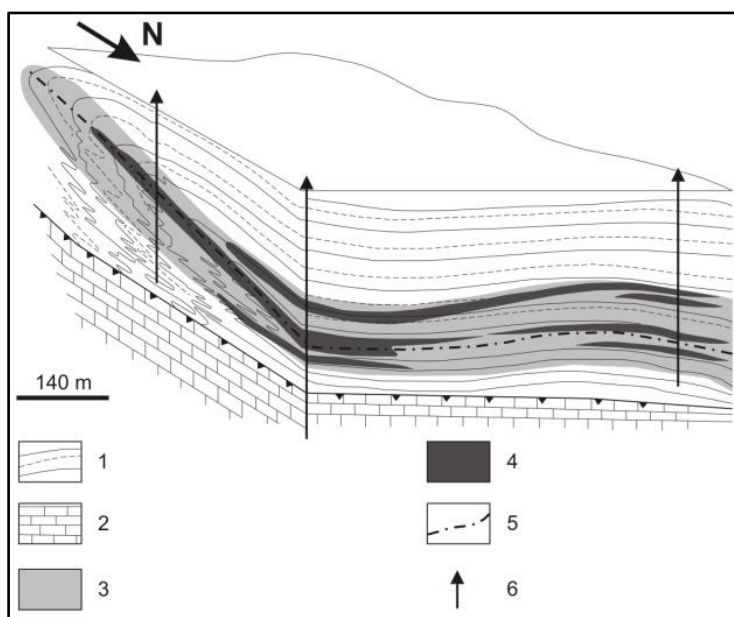
Com relação aos fluidos, complexantes dos metais e mecanismos de deposição, Grainger *et al.* (2002) fazem algumas sugestões. Os fluidos são extremamente salinos, ácidos e oxidantes, devido a intensa alteração ácida na forma de sericita e caolinita e a assembleia mineral oxidada presente no depósito. Nesse caso, ouro, paládio e platina seriam transportados como complexos com cloreto. O principal mecanismo de deposição do ouro e dos EGP seria a redução do fluido pelos metassiltitos carbonosos. Entretanto o aumento do pH, causado pelos processos de dissolução de rochas carbonáticas, e a diminuição da temperatura seriam mecanismos adicionais de deposição. A redução do fluido também explicaria a deposição do urânio, arsênio, cobre, cobalto e níquel.

Cabral *et al.* (2002a e b) sugerem, com bases em dados químicos e mineralógicos, que o ouro paladinífero de Serra Pelada possua origem hidrotermal de baixa temperatura, embora processos lateríticos tenham dominado no perfil do depósito. Entretanto, para Grainger *et al.* (2002), a fonte mais provável para os platinoídeos sejam os fluidos exsolvidos de uma fonte magmática alcalina como o complexo Velho Salobo-Estrela (granitos tipo-A de 2,57 Ga) e a Suíte Carajás (granitoides dos tipos -A e -I de 1,88 Ga), que na região de Serra Pelada é representada pelo granito Cigano. Também existe a possibilidade que a lixiviação por fluidos hidrotermais do complexo máfico-ultramáfico Luanga (2,75 Ga), que se encontra adjacente ao depósito, possa ter contribuído com os metais (Grainger *et al.*, 2002).

*Sukhoi Log, Rússia*

As informações citadas abaixo foram obtidas no trabalho de Distler *et al.* (2004).

O depósito de Au-EGP de Sukhoi Log, situado no distrito de Lena, Rússia, está hospedado em folhelhos pretos e apresenta recursos de ouro estimados em 1100 t Au com teor médio de 2,45 ppm. O depósito está localizado no eixo de um anticlinal invertido cuja superfície axial possui uma falha. Tal anticlinal pertence a estrutura conhecida como Sinclinório Bodaibo (Figura 4.1), que é formado por rochas metassedimentares e metavulcânicas do Paleo-, Meso- e Neoripheano que recobrem discordantemente as rochas metamórficas archenas-proterozoicas. A parte central do sinclinório apresenta metamorfismo da fácies xisto-verde e nas rochas periféricas o metamorfismo é da fácies anfibolito com geração de plútons granitoides e domos de granito-gnaisse.



**Figura 4.1** – Bloco diagrama ilustrando a estrutura geológica e a distribuição do minério aurífero do depósito de Sukhoi Log. (1) Folhelhos sílticos e calcários ricos em carbono com abundante sulfeto diagenético; (2) Calcários; (3) Mineralização aurífera; (4) Minério de alto teor; (5) Eixo do anticlinal; (6) Furo de sonda. Figura editada de Distler *et al.* (2004).

Todo o ouro de Sukhoi Log se concentra na Formação Khomolkho que é constituída por rochas sedimentares, tais como folhelhos calcários e siltsos com carbono e que possuem abundantes sulfetos diagenéticos. As rochas terrígenas hospedeiras foram geradas durante o Paleo-Mesoripheano (~ 800 Ma) e foram

metamorfisadas na fácies xisto-verde em  $516 \pm 22$  Ma. Os folhelhos são dominados por quartzo (30-35 vol.%), sericita (35-50 vol.%) e carbonato (5-30 vol.%). Os minerais menores são rutilo, magnetita, turmalina, zircão, monazita e albita. Os sedimentos terrígenos-carbonosos enriquecidos em matéria orgânica foram transformados em quartzo-sericita folhelhos contendo rara muscovita com sódio, clorita pobre em ferro e epidoto. Sendo que a matéria orgânica se torna grafitizada durante o metamorfismo.

O minério possui uma zonação centro-simétrica com relação às variações da quantidade de sulfeto, da intensidade da mineralização e da morfologia das segregações de quartzo-sulfeto, sendo que a subzona que ocupa a região axial do anticlinal é a que possui maior quantidade de vênulas de quartzo-sulfetos e maior concentração de ouro. Os diferentes tipos de minério são: 1) pirita diagenética de granulação fina a média em camadas e lentes; 2) impregnações estratificadas de pirita ovoide; 3) impregnações com foliação e clivagem de pirita e pirrotita de granulação fina; 4) grandes metacristais zonados de pirita com margens de quartzo; 5) agregados granoblásticos de pirita e; 6) vênulas do tipo *stockwork* de quartzo-sulfeto estratificados e cruzados com mais de 2-4 cm de espessura.

Diferente de outros depósitos auríferos, inclusive aqueles hospedados em folhelhos pretos, os minerais de Fe-Ni-S e de Ni-Co-Fe-As-S do minério de Sukhoi Log são tão abundantes quanto pirita. O depósito possui cerca de 90 minerais de minério, incluindo metais nativos, ligas metálicas e sulfetos. O ouro nativo é o principal componente econômico do depósito e ocorre em intercrescimento com pirita, pirrotita, pentlandita, galena, esfalerita, calcopirita, millerita (NiS), tetraedrita ( $\text{Cu}_9\text{Fe}_3\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ ), clorita, turmalina, quartzo e carbonatos. Os grãos de ouro que contêm até 24 wt.% Ag são raros. Além do ouro, ocorrem outros metais nativos, como prata, platina, ferro, cromo, tungstênio, titânio, chumbo, estanho e cobre, que podem estar intercrescidos com outros minerais. A platina é o EGP mais abundante no depósito, cujo teor pode alcançar até 5 ppm, dependendo da localização no minério zonado. Porém, as mais altas concentrações de platina não correspondem as mais altas concentrações de ouro, o que é visto pela falta de correlação entre estes elementos. Também não foi observada correlação positiva entre ouro e platina com o carbono orgânico, ressaltando que a matéria orgânica associada aos EGP ocorre na forma de grafita. A concentração de paládio é uma ordem de magnitude inferior a da platina e os outros platinoídeos foram detectados apenas em alguns casos. A matéria orgânica, que é composta por grafita



crystalina e amorfa, concentra pequenos cristais de platina nativa e uma fase mineral cuja composição seria  $PtTiCl_4$ .

Os EGP no depósito de Sukhoi Log não se acumulam nos sulfetos, comumente, eles se encontram em minerais separados, como sperrylita ( $PtAs_2$ ), cooperita ( $PtS$ ) e em ligas com ferro ( $Pt_3Fe$  e  $PtFe$ ) e cobre ( $Pt_2[Cu,Fe]$  e  $Pt_{0,85}[Cu,Fe]$ ). O paládio ocorre em compostos intermetálicos com prata, bismuto e telúrio, não sendo incorporado à platina ou ao ouro nativos.

Ainda não se sabe se as rochas carbonosas foram um fator necessário para a formação do depósito, pois a região do Sinclínório Bodaibo contém apenas um depósito principal de metais nobres apesar da ampla presença de folhelhos pretos.

A mineralização aurífera foi controlada estruturalmente pelo eixo do anticlinal (Figura 4.1). Muitos elementos metalogenéticos foram encontrados no depósito: ouro, prata-ferro, níquel, cobalto, cromo, titânio, platina, paládio-zinco, cobre, chumbo-estanho, tungstênio, ETR e zircônio. Ocorrem duas assembleias geoquímicas com elementos que geralmente não ocorrem juntos: Fe-Ni-Co-Cr-Ti-Pt-Pd, típica de rochas máficas e ultramáficas, e Sn-W-ETR-Zr, típica de granitoides. A zona central do corpo mineralizado é rica em ouro e as partes periféricas são ricas em EGP. Tal zonação pode ter sido gerada pelas mudanças nas condições de pH e potencial Eh relacionado.

O processo mineralizador foi caracterizado pela interação dos fluidos hidrotermais endógenos ricos em  $CO_2$  e  $N_2$  com a matéria orgânica das sequências de folhelhos pretos. A platina teria sido transportada como complexos com cloreto. A decomposição da matéria orgânica das rochas hospedeiras gera uma barreira geoquímica onde os metais se precipitam como metais nativos e sulfetos devido as mudanças nas condições redox, no pH e/ou Eh.

O modelo metalogenético proposto pra Sukhoi Log baseia-se na liberação de fluidos mantélicos, associados à reativação tectônica em torno de 460-320 Ma, que geraram granitos e mobilizaram os metais do embasamento pré-cambriano, das rochas encaixantes máficas-ultramáficas e das rochas crustais, incluindo as rochas terrígenas ricas em carbono. A circulação desses fluidos nas rochas carbonosas já deformadas e metamorfas gerariam o depósito de Sukhoi Log. A ocorrência de eventos regionais numa extensa bacia sedimentar sobre um cinturão máfico-ultramáfico e de uma intrusão granítica local determinou a combinação e estrutura únicas do depósito e sua imensa concentração de metais. A mineralização foi datada pelo método Rb-Sr em  $320 \pm 16$  Ma.

### 4.3 – DEPÓSITOS DE OURO DO TIPO *INTRUSION-RELATED VERSUS* DEPÓSITOS DE Au-OROGÊNICO

O depósito Buraco do Ouro possui algumas semelhanças com relação ao modelo proposto para um depósito de ouro do tipo *intrusion-related*, porém não representa um depósito *intrusion-related* típico. Existem algumas diferenças importantes no minério de Cavalcante com relação ao modelo, as quais podem estar ligadas a sua gênese e aos processos deformacionais e de alteração posteriores à mineralização. Desta forma, serão tratadas abaixo, as características propostas para um depósito de ouro do tipo *intrusion-related* com pequenas discussões sobre os depósitos do tipo Au-orogênico.

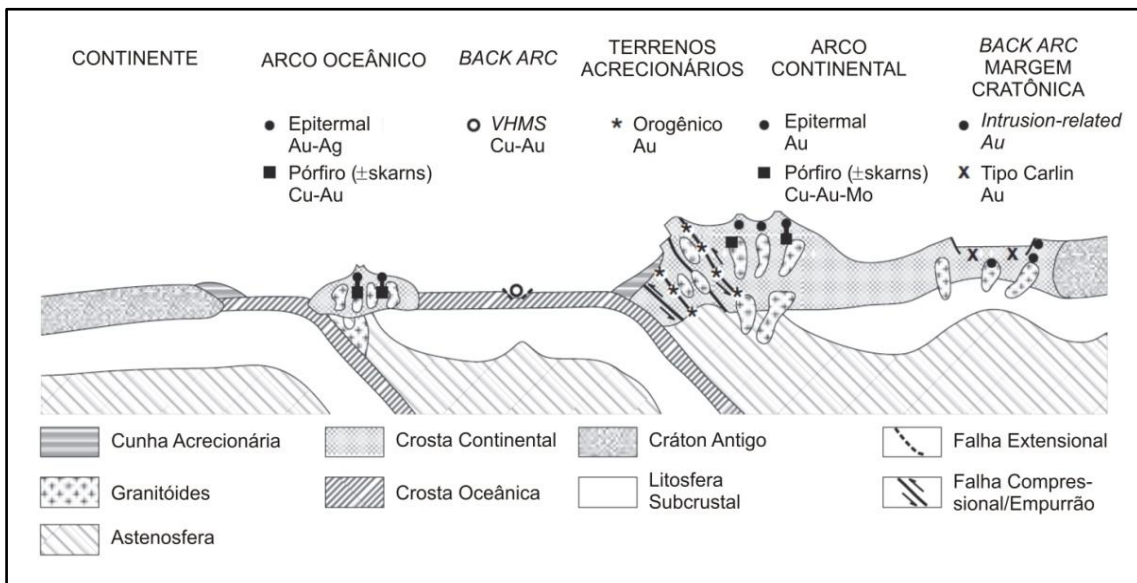
A classificação de depósitos de ouro como do tipo *intrusion-related* é posterior à década de 90 e se baseia, principalmente, nos depósitos do Alasca e Yukon (Hart, 2005). Por se tratar de um termo relativamente moderno, tal classificação ainda causa muita confusão. Atualmente existem poucos exemplos de depósitos *intrusion-related* de classe mundial (> 100 t Au) e nenhum exemplo da classe gigante (> 250 t Au) (Groves *et al.*, 2003). A caracterização de um depósito de ouro como do tipo *intrusion-related* implica em uma conexão genética entre o minério aurífero e os plútons graníticos.

Antes do surgimento desse termo a classificação dos depósitos auríferos associados à magmatismo granítico se baseava nos depósitos de Cu em pórfiros (Hart, 2005). Porém, os depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* se formam a profundidades maiores que os depósitos do tipo pórfiro, o que resulta em características físicas e químicas diferentes entre os dois (Hart, 2005). Os depósitos em pórfiros são caracterizados por uma associação metálica calcófila com uma assembleia variando de Cu-Au a somente Au e os depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* associam-se a depósitos de molibdênio, tungstênio e estanho (Thompson *et al.*, 1999). Outra diferença está no estado de oxidação dos magmas. Os depósitos do tipo Au em pórfiros geralmente se associam a magmas oxidados e mais máficos e os depósitos do tipo *intrusion-related* podem ocorrer tanto em magmas graníticos oxidados quanto reduzidos (Lang e Baker, 2001; Hart, 2005 e 2007). Para Hart (2007), além de ter um caráter reduzido, a assembleia mineral dos depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* reduzidos possui baixo conteúdo de sulfetos, não apresenta anomalia em cobre e tem tungstênio associado. Tal assembleia relaciona-se a plútons félsicos, moderadamente reduzidos e da série da ilmenita. Já os depósitos do tipo *intrusion-related* oxidados, os

quais são uma variação do modelo dos depósitos de Cu em pórfiros, possuem uma assembleia mais rica em ouro (ou relativamente pobre em cobre) e associam-se a plútons mais máficos, oxidados e da série da magnetita.

A maioria das descrições dos depósitos classificados como *intrusion-related* não define um único grupo de características similares entre todos os depósitos, mas sim uma gama de estilos de mineralização, contextos tectônicos, associações metálicas e tipos de fluidos mineralizadores (Groves *et al.*, 2003), o que dificulta tal classificação. O termo ouro em auréola termal (Wall, 1999), também já foi usado para definir os depósitos desse tipo, contudo não menciona a associação genética direta do minério com o magmatismo.

Groves *et al.* (2003) associaram os depósitos do tipo *intrusion-related* a cinturões metamórficos onde a acreção ou a colisão espessou ou criou crosta continental jovem (Figura 4.2). Esses processos são de escala litosférica e envolvem uma sucessão de eventos que começam com a geração de arcos magmáticos, *forearcs* e *back arcs* seguidos pela deformação e metamorfismo das estruturas geradas anteriormente; é comum o intenso plutonismo granítico nessa etapa. E, finalmente, há soerguimento e erosão, com a geração de novas bacias sedimentares. Os depósitos de ouro são formados e/ou modificados em todos os estágios da evolução do orógeno, por isso os cinturões metamórficos em evolução contêm diversos tipos de depósitos de ouro que podem estar justapostos ou superimpostos uns aos outros.



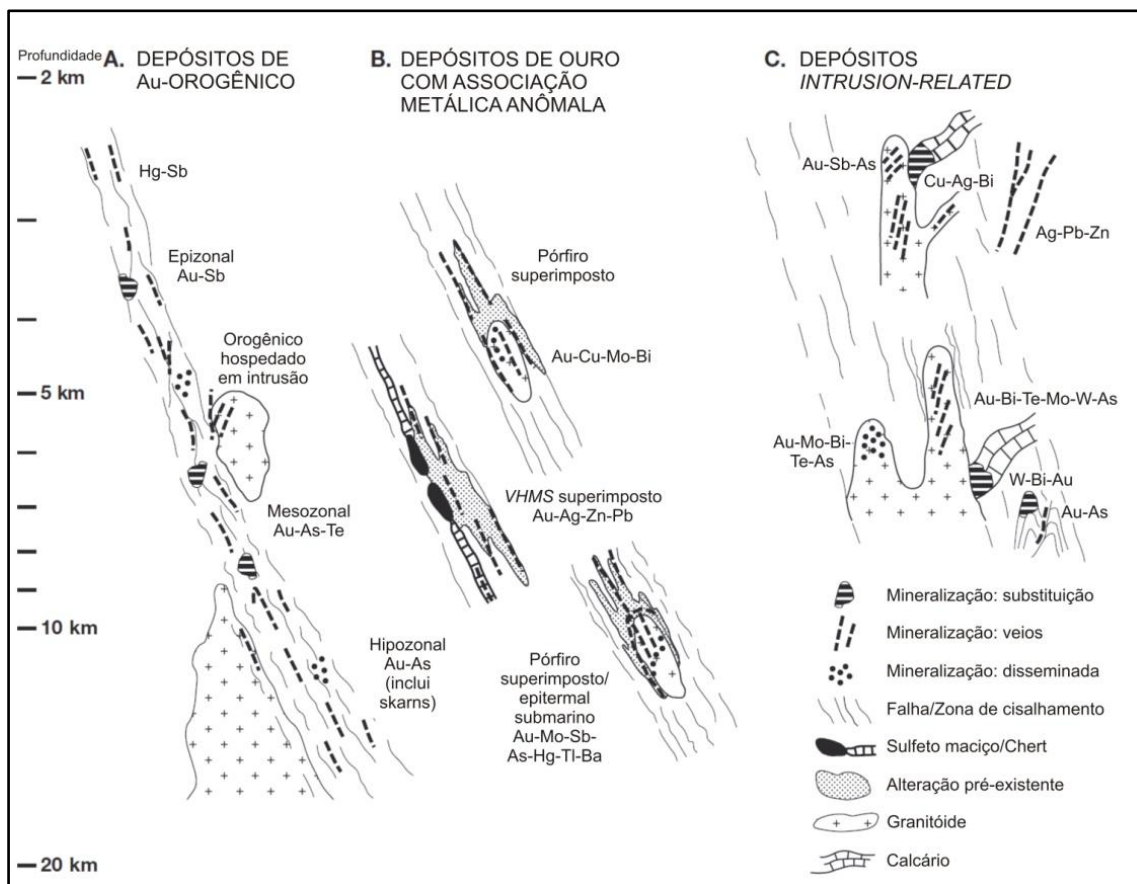
**Figura 4.2** – Contexto tectônico de depósitos auríferos epigenéticos. A escala vertical está exagerada para permitir que as profundidades de formação dos vários estilos de depósitos sejam mostradas. Figura editada de Groves *et al.* (2003).

A grande diversidade de depósitos auríferos gerados durante a evolução do orógeno explica o alto grau de controvérsia na definição da origem de alguns tipos de depósitos, principalmente daqueles formados e/ou remobilizados no estágio principal da orogenia. Entre esses depósitos encontram-se, além daqueles do tipo *intrusion-related*, os do tipo Au-orogênico. Estes depósitos são sin-orogênicos, sendo formados durante os últimos estágios da orogênese, onde os regimes podem ser compressionais e transpressionais e nos quais as texturas deformacionais e metamórficas penetrativas já foram geradas ou reativadas (Groves *et al.*, 1998 e 2003). Groves *et al.* (2003) exemplificam essa controvérsia com o depósito de Muruntau no Uzbequistão e Sukhoi Log na Rússia, que podem ser considerados do tipo Au-orogênico ou *intrusion-related*. Porém, Wilde *et al.* (2003) ressaltam que a mineralização aurífera de Muruntau é posterior à intrusão granitoide por cerca de 30 Ma, tornando a classificação do depósito como *intrusion-related* duvidosa. Para Hart (2005), os depósitos de Fort Knox no Alasca e Dublin Gulch no Canadá se enquadram no tipo *only-gold*, mas já foram classificados como depósitos em pórfiros e também podem ser caracterizados como *intrusion-related*. Entretanto, eles não possuem muitas características de depósitos do tipo Au em pórfiros, como a grande cobertura espacial, *stockworks*, disseminações, brechas hidrotermais e capas de alteração concêntricas. A maioria dessas diferenças deve-se a maior profundidade de alojamento da intrusão dos depósitos do tipo *intrusion-related* (Figura 4.3). Entre os exemplos desse tipo de depósito que foram listados por Thompson *et al.* (1999) e Hart (2007) estão Fort Knox no Alasca, Dublin Gulch no Canadá, Petza River e Miller Mountain nos Estados Unidos, Kori Kollo na Bolívia, Salave e Solomon na Espanha, Penedona e Jales em Portugal, Mokrsko e Petrackova hora na República Tcheca, Vasilkovskoe no Cazaquistão, Niuxinshan na China e Timbarra e Kidston na Austrália.

Os depósitos do tipo Au-orogênico e *intrusion-related* possuem características semelhantes, porém os últimos apresentam associação espacial e temporal com intrusões granitoides. Inúmeros depósitos localizados em regiões dominadas por depósitos do tipo Au-orogênico foram reinterpretados e reclassificados como sendo do tipo *intrusion-related*. Isso não é surpreendente já que os depósitos do tipo Au-orogênico se formam em áreas onde há uma ampla conexão espacial e temporal entre os processos orogênico/metamórficos e o magmatismo granitoide (Hart e Goldfarb, 2005).

As ligações genética e espacial entre o plúton e a mineralização do tipo *intrusion-related* são sugeridas pela íntima associação do minério com o plúton, pela

assinatura geoquímica similar e pela zonação metálica (Thompson *et al.*, 1999). O plúton funciona como uma máquina de calor, mas os fluidos, os metais, os ligantes, etc., podem ser derivados da auréola do plúton ou de ambientes mais distais. Esses depósitos são coevos (~ 2 Ma) ao plúton associado e estão mais próximos de um sistema magmático-hidrotermal do que a um sistema de fluidos de circulação regional (Thompson *et al.*, 1999; Hart, 2005). Sendo assim, os fluidos associados aos depósitos do tipo *intrusion-related* são de circulação local derivados do plúton em resfriamento, diferente dos depósitos do tipo Au-orogênico que se relacionam aos fluidos de escala crustal, derivados da desidratação metamórfica, e que circulam por todo o orógeno.



**Figura 4.3** – Representação esquemática do ambiente crustal de depósitos de Au-orogênico, depósitos de ouro com associação metálica anômala e depósitos de ouro do tipo *intrusion-related*, em termos de profundidade de formação e contexto estrutural. Figura editada de Groves *et al.* (2003).

Segundo Groves *et al.* (2003), alguns depósitos do tipo *intrusion-related* associam-se a magmas gerados em zonas de subducção e que são alojados após o evento de acreção, a poucas centenas de quilômetros dos limites das placas convergentes, mas ainda dentro dos terrenos alóctones. Tais magmas mineralizadores possuem alto conteúdo de voláteis com exsolução de fluidos, apresentam *skarns* associados, zonação,

evidências de rápido fracionamento, textura porfirítica, diques de aplito e pegmatito, veios de quartzo e turmalina, alteração do tipo greisen, mineralização hospedada na cúpula, cavidades miarolíticas e/ou textura de solidificação unidirecional (Hart, 2005; Hart e Goldfarb, 2005). O minério aurífero formado neste sistema é hospedado em rochas geradas na mesma orogenia e não em rochas pertencentes ao período pré-colisional (Groves *et al.*, 2003). Isso pode ser observado nos depósitos da *Tintina Gold Province* onde todas as intrusões relacionadas a mineralização aurífera não estão deformadas e datam de 10 milhões de anos após a última deformação (Hart e Goldfarb, 2005).

O papel dos processos magmáticos na formação dos sistemas auríferos do tipo *intrusion-related* é pouco entendido, sendo três deles os mais importantes: a(s) fonte(s) do magma, os processos de diferenciação magmática e a composição e exsolução das fases voláteis. Foi observado por Lang e Baker (2001) que nos depósitos de Yukon (*Tintina Gold Province*) o fracionamento desempenha um papel importante na mineralização, pois os membros responsáveis pelo processo mineralizador são aqueles mais evoluídos.

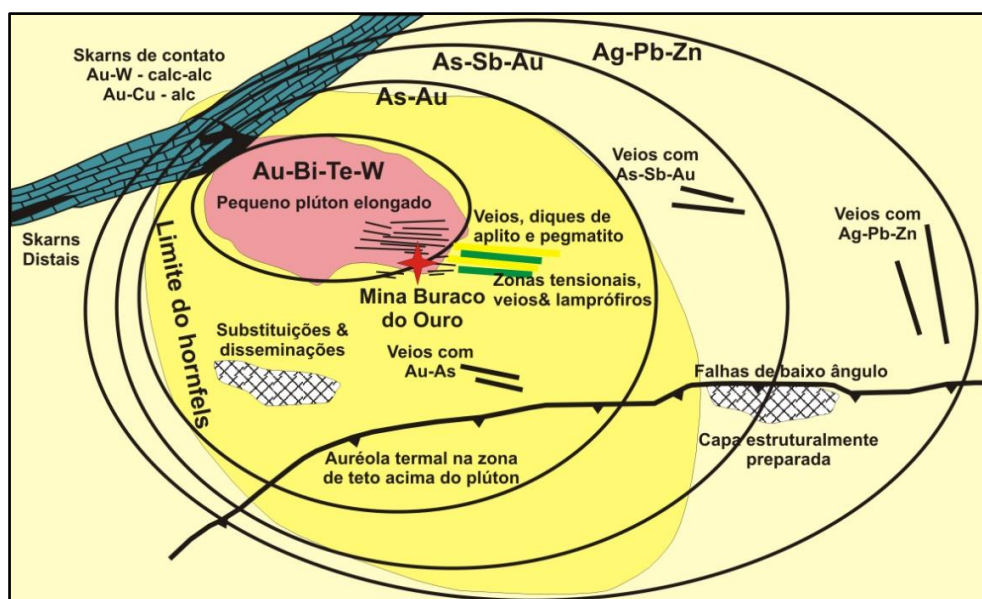
As intrusões que hospedam ou que estão associadas aos depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* são, em geral, do tipo-I, com alguns depósitos apresentando características do tipo-S, e possuem estado de oxidação variável (Thompson *et al.*, 1999 e Groves *et al.*, 2003). Observando esse tipo de depósito no mundo todo, Lang e Baker (2001), Groves *et al.* (2003) e Hart (2005) perceberam que os magmas associados podem ser tanto oxidados quanto reduzidos. Algumas intrusões contêm magnetita e outras ilmenita, mas como um todo, pode-se dizer que são intrusões do tipo-I reduzidas. Os depósitos do tipo *intrusion-related* reduzidos se desenvolvem melhor em intrusões alojadas nas margens continentais antigas, atrás do orógeno acrescionário ou colisional e dos arcos magmáticos relacionados à subducção, sendo raros em contexto de arco, onde os depósitos de Au-orogênico são mais comuns (Hart, 2005). Como a maioria dos depósitos estudados por Thompson *et al.* (1999) apresentam sequências de rochas siliciclásticas marinhas reduzidas, o caráter reduzido das suítes auríferas pode ser explicado pela passagem do magma por essas rochas. Logo, a ampla variação na  $f(O_2)$  nesses depósitos indica que o estado de oxidação não é um fator crítico da presença ou não do ouro nos fluidos exsolvidos do magma granítico. Tal variação no estado de oxidação pode ser consistente com a mudança metalogenética de sistemas ricos em estanho, mais reduzidos, para sistemas ricos em tungstênio, menos reduzidos

(Thompson *et al.*, 1999). Outras características desses magmas são as baixas susceptibilidade magnética e resposta aeromagnética e a baixa razão Fe férrico/Fe ferroso ( $< 0,3$ ) (Hart, 2005).

As variações no estilo da mineralização refletem a distância do depósito com relação ao centro intrusivo, sua profundidade de formação e dos eventos hidrotermais associados (Thompson *et al.*, 1999; Hart e Goldfarb, 2005). Os estilos também variam de acordo com o nível do envolvimento da rocha encaixante e o seu papel na criação da diversidade do sistema mineral (Hart, 2007). Para Hart e Goldfarb (2005) a profundidade dos depósitos varia de inferiores a 1 km até superiores a 8 km, com a maioria dos depósitos entre 4 e 6 km de profundidade. Com base nos diversos depósitos estudados por Thompson *et al.* (1999) os depósitos mais rasos ( $< 1$  km) possuem *sheeted veinlets* com ouro em dacitos porfíricos, os de níveis intermediários (3,5 km ou menos) possuem a mineralização ligada a brechas hidrotermais associadas a *stocks* de riolito e os de níveis intermediários a profundos ( $\sim 3-6$  km) são caracterizados por *sheeted veins* de quartzo em rochas graníticas porfíricas a equigranulares, greisens ou minério disseminado. Segundo a classificação de Groves *et al.* (2003), a profundidade de formação de um depósito na crosta varia de epizonal ( $< 6$  km de profundidade) a mesozonal (6 a 12 km), sendo que os depósitos distais são classificados como epizonais; Figura 4.3.

A zonação metálica característica dos depósitos do tipo *intrusion-related*, devida aos gradientes termal e químico ao redor do plúton em resfriamento, gera um envelope de alteração com poucos quilômetros de extensão (Hart, 2005; Figura 4.4), sendo as zonas metálicas acima do plúton mais amplas com relação as zonas nas laterais (Hart, 2007). Considerando os depósitos da *Tintina Gold Province*, Hart e Goldfarb (2005) fizeram uma compilação dos diversos estilos da mineralização e das associações entre os elementos. A zonação foi dividida em: (1) depósitos hospedados na intrusão, os quais compreendem veios de quartzo auríferos do tipo *sheeted veins* e, raramente do tipo *stockwork*, caracterizados por uma assembleia metálica com  $Au\pm Bi\pm W\pm Te$ ; (2) depósitos hospedados nas zonas de contato adjacentes às intrusões, cujos tipos comuns são *skarns* com  $Au\pm W$  e  $Cu\pm Bi\pm Te$ ; (3) depósitos proximais, onde a mineralização pode ser por substituição hospedada na auréola termal, disseminada e controlada por fraturas nas rochas metassedimentares e que possui uma assinatura de  $Au-As\pm Sb$  e; (4) depósitos em veios, cujas assembleias metálicas variam a medida que se tornam mais distais ao plúton de  $Au-As$ , para  $Au-As-Sb$  e para  $Pb-Zn-Ag$ . O padrão da zonação

vertical dentro do sistema pode imitar a zonação lateral descrita acima, porém é provável que seja menos evidente devido ao gradiente termal mais amplo na parte superior do plúton (Hart, 2007). Além de mostrarem pouca zonação, os depósitos do tipo Au-orogênico não apresentam a mesma diversidade nos estilos da mineralização, uma vez que nos depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* os fluidos se resfriam rapidamente e os metais se precipitam nos contextos geológicos disponíveis, resultando nos diversos estilos observados (*sheeted veins*, *stockwork*, disseminações, *skarns*, etc.) (Hart e Goldfarb, 2005).



**Figura 4.4** – Modelo esquemático geral dos sistemas auríferos de *Tintina Gold Province*. Note que os estilos de mineralização e a geoquímica variam amplamente de dentro para fora do plúton. Figura editada de Hart (2005).

Embora Thompson *et al.* (1999) afirmem que os corpos magmáticos associados aos sistemas do tipo *intrusion-related* podem ser batólitos, plútons grandes ou pequenos, *plugs* irregulares, domos e enxames de diques e *sills*, Hart (2007), que estudou os depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* reduzidos, observou que os depósitos são mais desenvolvidos nos plútons isolados e pequenos ( $< 2 \text{ km}^2$ ) do que nos batólitos. Segundo Hart (2005), também considerando os depósitos do tipo *intrusion-related* reduzidos, o estilo de mineralização mais comum é a de ouro em *sheeted veins* de quartzo de uma única geração, com baixo conteúdo de sulfetos e que, preferencialmente, se localizam na cúpula do plúton e a dezenas ou centenas de metros da intrusão. O tamanho do sistema é controlado pelos limites da auréola termal (Hart, 2007). Esses veios diferem dos veios multidirecionais e interconectados do tipo



*stockwork* presentes nos depósitos de Au em pórfiros e daqueles arranjos de veios antitéticos típicos de depósitos do tipo Au-orogênico (Hart, 2005).

As assembleias de alteração também são geradas pelo gradiente termal relacionado ao plúton. Onde a mineralização se concentra em *sheeted veins* de quartzo a alteração ocorre na forma de envelopes estreitos ao redor dos veios e é caracterizada por muscovita, K-feldspato e/ou albita, comumente acompanhada por carbonato (Thompson *et al.*, 1999). A sericitização mais pervasiva ocorre em muitos depósitos e pode estar associada à mineralização. Os mesmos autores observaram que o conteúdo de prata é maior nos depósitos mais rasos e diminui nos depósitos mais profundos.

O grau de enriquecimento dos diferentes metais nas intrusões e ao redor delas pode refletir a química do magma, a proximidade de zonas mineralizadas periféricas às intrusões e as condições locais para a formação do minério (Thompson *et al.*, 1999). Há uma grande influência das estruturas na geometria e na localização dos corpos de minério (Lang e Baker, 2001).

Como ocorrem em regiões conhecidas por seus depósitos de tungstênio e estanho, ambos os depósitos (tungstênio e estanho e *intrusion-related*) apresentam assinatura metálica similar constituída por bismuto, tungstênio, arsênio, estanho, molibdênio, telúrio e antimônio (Thompson *et al.*, 1999). A mineralização, em geral, apresenta baixo conteúdo total de sulfetos (< 3%), geralmente pirita e um pouco de arsenopirita (Thompson *et al.*, 1999; Hart, 2005). Se o ouro se comportar como um elemento incompatível ele se concentrará nas fases magmáticas mais evoluídas (granodiorito-granito), que são as fases responsáveis pelo processo mineralizador. Com base nas observações de Thompson *et al.* (1999) de depósitos do tipo *intrusion-related* associados à províncias mineralizadas em tungstênio e estanho, para que esse comportamento ocorra, o magma deve ter baixos conteúdos de enxofre e ferro e alto estado de oxidação, assim a fase sulfato se tornará estável. Desta maneira, os processos magmático-hidrotermais concentram e depositam ouro juntamente com bismuto, tungstênio e arsênio. Na maioria dos depósitos, o ouro está intimamente associado aos minerais de bismuto e há uma correlação positiva entre ouro e bismuto e entre ouro e telúrio. Entretanto, tungstênio, estanho, molibdênio e antimônio não se correlacionam com o ouro na maioria dos depósitos. O enriquecimento em arsênio caracteriza a mineralização hospedada na auréola termal e forma anomalias geoquímicas regionais (Hart, 2007).

Ainda com relação à associação entre depósitos de ouro e depósitos de tungstênio e estanho, os estudos de Baker *et al.* (2005) mostram que os granitos associados aos depósitos de estanho são os mais ricos em SiO<sub>2</sub> (> 70 wt.%), os mais fracionados (razão Rb/Sr variando de 1 a 100) e os mais reduzidos (razão Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO variando de 0,01 a 0,5). Os granitos são subalcalinos, peraluminosos e podem ser do tipo-I ou do tipo-S. Os granitos associados aos depósitos de W ( $\pm$ Sn) mostram uma sobreposição com aqueles associados aos depósitos de estanho, porém têm uma maior variação nos valores de SiO<sub>2</sub> (de ~ 63 a 77 wt.%), são menos fracionados (razão Rb/Sr variando de 0,1 a 10) e possuem estado de oxidação intermediário (razão Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO variando de 0,1 a 2,0). Nestes depósitos os granitos são subalcalinos, peraluminosos, com fases meta-aluminosas localizadas, e podem ser do tipo-I (mais comum) ou do tipo-S. Os granitos dos depósitos de W ( $\pm$ Sn) dividem muitas similaridades com os granitos dos depósitos de Au-Bi e, de fato, os dois tipos de mineralização são comuns dentro da mesma província mineral. Entretanto, as suítes graníticas associadas aos depósitos de Au-Bi mostram a maior variação no conteúdo de SiO<sub>2</sub> (de 62 a 73 wt.%) e em geral são os menos fracionados (razão Rb/Sr variando de 0,1 a 1,0). Tais granitos apresentam  $f(O_2)$  variável (razão Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO variando de 0,1 a 0,6), são meta-aluminosos, com fases peraluminosas localizadas, e são predominantemente do tipo-I.

Os estudos de Baker *et al.* (2005) mostraram que há uma importante implicação genética entre as características desses depósitos. Os depósitos de tungstênio e estanho ocorrem em diversos ambientes tectônicos, incluindo os contextos de arco continental, *back-arc*, colisão continente-continente e intracontinental. Quando os terrenos ricos em tungstênio e estanho apresentam teores significativos de ouro, pode-se considerar que eles são tardi- a pós-orogênicos e se formaram num contexto de margem continental, distal do ambiente de arco e *back-arc*. Dentro desse ambiente os depósitos estão associados com granitos que contêm composições máficas a félsicas. Além disso, outros autores documentaram que as fases graníticas mais fracionadas mostram associação com ouro e bismuto no sítio de deposição. Portanto, essas observações podem implicar que o magma primitivo e/ou manto fornece certos componentes para os depósitos (Au e CO<sub>2</sub>?), mas os processos de fracionamento e de exsolução de voláteis foram importantes na concentração do minério. A maioria dos sistemas ricos em tungstênio e estanho altamente fracionados e sem ouro mostra altas concentrações de bismuto. Por outro lado, os depósitos de ouro em terrenos com tungstênio e estanho apresentam ouro com forte correlação com bismuto. Isso indica que as fontes de

bismuto e ouro são diferentes e que eles co-precipitam somente sob certas condições. Uma possível explicação é que o ouro seja proveniente de um magma primitivo (o que explica a sua ausência em depósitos de Sn-W-Bi onde os granitos têm alta sílica), mas foi concentrado por um processo de fracionamento tardio que também concentra bismuto.

Originalmente os fluidos dos depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* eram comparados com os fluidos magmáticos, altamente salinos e oxidados dos depósitos do tipo pórfiro (Hart, 2007). Entretanto, os fluidos associados aos depósitos do tipo *intrusion-related* apresentam salinidade variável e são formados por  $H_2O+CO_2\pm CH_4\pm N_2$ , onde pode ser observado um padrão de evolução dos fluidos carbônicos para os salinos e há uma correspondência entre a composição dos fluidos, a composição das rochas hospedeiras e a pressão (Lang e Baker, 2001; Groves *et al.*, 2003). No caso dos depósitos do tipo *intrusion-related* reduzidos, os fluidos são aquo-carbônicos, com altos volumes de  $CO_2$ , baixa salinidade e reduzidos; os fluidos altamente salinos ocorrem apenas localmente (Hart, 2007) Já os fluidos dos depósitos do tipo Au-orogênico apresentam salinidade inferior, porém a composição é semelhante (Groves *et al.*, 2003). Com relação dos depósitos da *Tintina Gold Province*, Lang e Baker (2001) afirmam que os fluidos são exclusivamente magmáticos, tendo os fluidos meteóricos pouca ou nenhuma associação na geração desses depósitos, embora alguns autores sugiram sua participação na formação de depósitos distais. Os depósitos dessa província apresentam variação na composição dos fluidos dependente da sua profundidade de formação. Os fluidos dos depósitos epizonais são caracterizados por uma salmoura imiscível (> 30 wt.% NaCl eq.) e vapor de baixa salinidade (< 5 wt.% NaCl eq.) e os fluidos dos depósitos mesozonais mostram uma salinidade mais baixa (< 10 wt.% NaCl eq.) (Hart e Goldfarb, 2005). Segundo o trabalho de Thompson *et al.* (1999), que trata dos depósitos do tipo *intrusion-related* associados a depósitos de tungstênio e estanho, as inclusões com maiores salinidades ocorrem em níveis mais rasos e as inclusões carbônicas em níveis mais profundos sendo que, provavelmente, o ouro foi transportado como complexos com cloreto nos níveis mais rasos e como complexos com bissulfetos nos níveis mais profundos. As condições de pressão e temperatura observadas nos depósitos do tipo *intrusion-related* variam de 0,5 a > 3 kbars e de 200° a 600°C, respectivamente (Lang e Baker, 2001). No caso dos depósitos do tipo Au-orogênico, as condições mais comuns são de 1,5 kbars com temperatura

próxima a 350°C, mas pode variar entre 0,5 e 4,5 kbars e entre 220° e 600°C (Groves *et al.*, 2003).

Embora exista uma tendência natural de chamar os depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* de apenas depósitos do tipo pórfiro ricos em ouro, a denominação pórfiro tem forte conotação com as características físicas e geoquímicas as quais não se correlacionam com a dominância de fluidos carbônicos, com o menor volume de fluidos hidrotermais, com a natureza reduzida das intrusões e dos fluidos associados e com a assinatura metálica enriquecida em Bi-Te-W e pobre em metais de base que caracterizam os depósitos relacionados à intrusão. Contudo, os depósitos dos tipos pórfiro e *intrusion-related* são ligados entre si por certas similaridades nos processos geradores, como a formação de fluidos magmáticos, que comumente passam por estágios de imiscibilidade, e pelas similaridades na complexidade dos tipos de depósitos e seus padrões de zonação (Lang *et al.*, 2000).

Também há confusão entre as classificações *intrusion-related* e Au-orogênico. Dentre todas as diferenças citadas acima, pode-se ressaltar a zonação no tempo e espaço comum ao primeiro caso e os sistemas de veios *stockwork* e acamadados, dentro das intrusões, e veios ricos em metais de base, fora das intrusões, do segundo caso. Em adição, os depósitos de Au-orogênico apresentam forte alteração sericita-ankerita-carbonato e a alteração K-feldspática é geralmente modesta a ausente (Lang e Baker, 2001). Porém eles apresentam diversas similaridades, entre elas: os teores anômalos de bismuto, tungstênio e telúrio, presença de assembleias mineralógicas reduzidas, fluidos de baixa salinidade e ricos em CO<sub>2</sub>, veios gerados após o pico de metamorfismo e associação espacial e temporal com granitoides. A maioria dessas semelhanças resulta da formação desses depósitos a partir de fluidos com composições parecidas e em um contexto geológico com geração de grande volume de magmas félsicos.

Hart (2005) e Hart e Goldfarb (2005) afirmam que nenhuma característica sozinha é diagnóstica de depósitos de ouro do tipo *intrusion-related*. Desta forma se torna necessário um conjunto de características para evidenciar a origem ligada a sistemas hidrotermais ao redor de um plúton em resfriamento. Lang e Baker (2001) fazem uma compilação, baseada em diversos outros autores, das características dos depósitos de ouro do tipo *intrusion-related*. São elas:

- 1) intrusões meta-aluminosas a subalcalinas de composições intermediárias à félsicas, próximas do limite das séries da magnetita e da ilmenita; intrusões peraluminosas também podem ser observadas;

- 2) fluidos hidrotermais ricos em CO<sub>2</sub>;
- 3) assembleia metálica com teores variados de ouro com elevados teores de bismuto, tungstênio, arsênio, molibdênio, telúrio e/ou antimônio e baixas concentrações de metais de base;
- 4) alteração hidrotermal fraca e restrita dentro do plúton, exceto em sistemas formados em níveis considerados rasos para esses depósitos;
- 5) baixo conteúdo mineral de sulfetos, geralmente < 5 vol%, com uma assembleia mineral reduzida que tipicamente compreende arsenopirita, pirrotita e pirita, sem magnetita ou hematita;
- 6) contexto tectônico distante dos limites das placas convergentes, onde o magmatismo continental comumente contém intrusões contemporâneas de composições alcalinas, meta-aluminosas, calci-alcalinas e peraluminosas;
- 7) localização em províncias magmáticas conhecidas pela ocorrência de depósitos de tungstênio e estanho.

Entretanto, somente as duas últimas características são exclusivas de depósitos do tipo *intrusion-related* e elas não são facilmente reconhecidas na maioria dos depósitos. As demais características são comuns aos depósitos do tipo *intrusion-related* e Au-origênicos. A quinta característica vale apenas para depósitos associados a granitos reduzidos (Hart, 2005).

O modelo genético proposto por Hart (2007) para os depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* reduzidos se baseia em fluidos exsolvidos do próprio plúton em resfriamento. Tais fluidos, que provavelmente são aquo-carbônicos, são responsáveis pela mineralização e migram para a zona da cúpula do plúton reagindo com as rochas encaixantes adjacentes, por isso as ocorrências minerais estão comumente situadas no ápice dos plútons, na carapaça rúptil acima deles ou nas rochas encaixantes/*hornfels*. Os magmas altamente oxidados em ambientes de arco, que são relativamente pouco fracionados, terão um teor metálico dominado por cobre e provavelmente ouro. Entretanto, durante o fracionamento de sistemas magmáticos reduzidos o cobre é removido pela precipitação precoce de sulfetos e há um enriquecimento em tungstênio, que se comporta como incompatível. Empiricamente o ouro está associado aos sistemas altamente oxidados e sistemas moderadamente reduzidos. A pressão, ou a profundidade de alojamento do plúton, exerce o maior controle na liberação das fases voláteis, contudo a cristalização fracionada, a mistura de magmas ou o resfriamento também podem induzir a saturação em voláteis. O fato da profundidade de alojamento do

magma ser um fator controlador explica porque os depósitos estão associados a uma suíte específica de plútons distribuídos por uma grande área; a cristalização de tais plútons provavelmente se deu no mesmo nível crustal.

#### 4.4 – EXEMPLO DE DEPÓSITO DE OURO DO TIPO *INTRUSION-RELATED*

##### *Fort Knox, Alasca*

As informações citadas abaixo foram obtidas no trabalho de Thompson *et al.* (1999).

O depósito de Fort Knox, localizado no Distrito Fairbanks, Alasca, se encaixa bem nas características de um depósito do tipo *intrusion-related*. O depósito ocorre em um extenso cinturão de rochas intrusivas que pode ser dividido em suíte plutônica Tombstone, em Yukon e nas intrusões Fairbanks, no Alasca, separadas pela falha dextral de Tintina. O cinturão intrusivo ocorre na margem cratônica de um orógeno do Cretáceo. As intrusões são subalcalinas a meta-aluminosas que variam de granodiorito a granito e são moderadamente reduzidas da série da ilmenita. A mineralização aurífera ocorre em veios pegmatíticos, *sheeted veins* de quartzo ± K-feldspato e em veios de quartzo tardios que cortam as três fases do granito e dos diques pegmatíticos. Os veios têm baixo conteúdo de sulfetos (0,5 vol%) e possuem estreitos envelopes de alteração dominados por K-feldspato, albita ou muscovita. O ouro correlaciona-se com bismuto e telúrio, mas não com tungstênio, molibdênio, arsênio e antimônio.

As inclusões fluidas presentes nos veios de quartzo e pegmatíticos apresentam fluidos ricos em CO<sub>2</sub>, baixa salinidade (2-8 wt.% NaCl eq.) e foram aprisionadas em condições de 1,25-1,50 kbars e 270°-330°C.

A Tabela 4.1 relaciona as principais características dos depósitos dos tipos Au-orogênico e *intrusion-related* e dos depósitos supracitados, inclusive as do depósito Buraco do Ouro.

**Tabela 4.1** – Comparação entre depósitos de Au-oro gênico, do tipo *intrusion-related*, depósito Buraco do Ouro, Serra Pelada, Sukhoi Log e Fort Knox (Thompson *et al.*, 1999; Cabral *et al.*, 2002a; Groves *et al.*, 2003; Distler *et al.*, 2004; Grainger *et al.*, 2002; Cabral e Lehmann, 2007)

	<b>Depósitos do tipo Au-Orogênico</b>	<b>Depósitos de Ouro do tipo Intrusion-Related</b>	<b>Depósito Buraco do Ouro</b>	<b>Serra Pelada, Brasil</b>	<b>Sukhoi Log, Rússia</b>	<b>Fort Knox, Alasca</b>
<b>Variação de idade</b>	Meso-Arqueano a Terciário com picos no Paleo-Arqueano, Paleoproterozoico e Fanerozoico	Fanerozoico; alguns no Proterozoico e raros no Paleo-Arqueano	Paleoproterozoico (> 1,8 Ga)	Paleoproterozoico (1861 ± 45 Ma – Pb-Th em monazita)	Carbonífero (320 ± 16 Ma – Rb-Sr)	Cretáceo (92 Ma – U-Pb em zircão)
<b>Contexto tectônico</b>	Margem continental deformada, principalmente de terrenos alóctones	Terrenos pericratônicos	Colisional (?)	Plataforma continental	Plataforma continental	Margem cratônica de um orógeno do Cretáceo
<b>Contexto estrutural</b>	Comumente altos estruturais durante os estágios tardios de compressão e transtensão	Transição de compressional a extensional em dobras e cinturões de empurrão	Compressional associado a zonas de cisalhamento	Associado a um sinclinal recumbente	Compressional associado ao eixo de um anticlinal invertido	Compressional associado a zonas de subducção
<b>Rochas hospedeiras</b>	Variável; principalmente rochas vulcânicas máficas ou intrusivas ou sequências de grau vaca-ardósia	Principais exemplos em intrusões granitoides; alguns em rochas sedimentares	Principalmente na proximidade do contato entre rochas graníticas (Suíte Aurumina) e a rocha metassedimentar grafitosa (Formação Ticunzal)	Sequência marinha rasa a fluvial	Folhelhos pretos	<i>Stocks</i> e plútons graníticos a granodioríticos, subalcalinos e meta-aluminosos
<b>Grau metamórfico das rochas hospedeiras</b>	Principalmente fácies xisto-verde, mas sub-xisto-verde a granulito baixo	Principalmente fácies sub-xisto-verde a xisto-verde	Fácies anfibolito com retrometamorfismo para xisto-verde	Fácies sub-xisto-verde	Fácies xisto-verde	---
<b>Associação com intrusões</b>	Comumente diques lamprófiros a félsicos ou batólitos de margem continental	Forte associação com <i>stocks</i> granitoides; diques lamprófiros	Forte associação com intrusões graníticas	Forte associação com as intrusões graníticas de 1,88 Ga	Forte associação com intrusões graníticas	Forte associação com intrusões graníticas
<b>Estilo da mineralização</b>	Variável; grandes veios; arranjos de veios, <i>saddle reefs</i> e substituição de rochas ricas em Fe	Enxame de veios, menos comumente brechas, veios e disseminações	Principalmente em zona de cisalhamento nas proximidades de contatos litológicos	Brechas e veios <i>stockwork</i> em profundidade; material semelhante em superfície, porém desagregado	Principalmente em vênulas de quartzo-sulfeto	Em veios pegmatíticos precoces, enxame de veios de quartzo ± K-feldspato e em veios de quartzo tardios e cisalhados
<b>Tempo da mineralização</b>	Pós-tectônico; pós- (xisto-verde) a sin- (anfibolito) pico metamórfico	Pós-tectônico; pós-pico metamórfico regional	Sin- a tardi-tectônico	---	Pós-pico metamórfico regional	Sin-magmático

Tabela 4.1 (continuação)

	Depósitos do tipo Au-Orogênico	Depósitos de Ouro do tipo <i>Intrusion-Related</i>	Depósito Buraco do Ouro	Serra Pelada, Brasil	Sukhoi Log, Rússia	Fort Knox, Alasca
<b>Complexidade estrutural dos corpos de minério</b>	Complexidade comum, particularmente em regimes dúcteis-rúpteis	Principalmente arranjos simples de veios em regimes relativamente rúpteis	Corpos sigmoidais acompanhando a foliação S dos milonitos (regime dúctil-rúptil)	Corpos grosseiramente ao longo do contato litológico na zona do sinclinal	Zonação centro-simétrica com relação a superfície axial do anticlinal	Enxame de veios controlados por falhas de 2ª ordem e alto ângulo
<b>Evidência de sobreposição</b>	Forte sobreposição em grandes depósitos; múltiplos eventos de geração de veios	Menor evidência de sobreposição por estruturas posteriores	Evidência de sobreposição, devida ao Ciclo Brasileiro	Granitogênese em 600 Ma	---	---
<b>Associação metálica</b>	Au + Ag ± As ± B ± Bi ± Sb ± Te ± W	Au + Ag ± As ± B ± Bi ± Sb ± Sn ± Te ± W (Pb-Zn distal)	Au + Pd + Pt + Se + Bi + Ag + As + Sb ± Pb ± Cu	Au + Pd + Pt + Se ± Co ± Ni ± Cu ± Zn ± As ± Mo ± W ± Hg ± Pb ± Bi ± U	Au + Ag + Pt + Pd ± Fe ± Ni ± Co ± Cr ± Ti ± Zn ± Cu ± Pb ± Sn ± W ± Zr ± S ± As	Au ± Bi ± Te ± Mo ± As ± Sb ± W
<b>Zonação metálica</b>	Zonação críptica lateral e vertical	Forte zonação na escala do distrito; Au-W/Sn-Ag/Pb/Zn	Fraca zonação regional; Au-Bi-Se-U/As-U-Au/As-Au	Ausência de zonação	Zonação centro-simétrica	Zonação lateral e vertical
<b>Alteração proximal</b>	Varia com o grau metamórfico; normalmente mica-carbonato-sulfeto de Fe	Mica-K-feldspato-carbonato-clorita-sulfeto de Fe	Muscovitização e silicificação	Silicificação, hematitização e sericitização com variáveis quantidades de matéria orgânica, caolinita e óxidos de Mn e alteração jasperoide	Quartzo-sericita folhelhos; rara muscovita rica em Na, clorita pobre em Fe e epidoto	Estreitos envelopes nos veios dominados por K-feldspato, albita ou muscovita
<b>Condições P-T</b>	0,5-4,5 kbars, 220°-600°C; normalmente 1,5 ± 0,5 kbars, 350° ± 50°C	0,5-1,5 kbars, 200°-400°C para os sistemas ricos em Au	---	97°-135°C	0,2-2,4 kbars, 130°-385°C	1,25-1,5 kbars, 270°-330°C, nos pegmatitos
<b>Fluidos mineralizadores</b>	H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub> ± CH <sub>4</sub> ± N <sub>2</sub> com baixa salinidade	H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub> com salinidade variável, muito pouco CH <sub>4</sub> ± N <sub>2</sub>	Provavelmente fluidos ricos em (OH) <sup>-</sup> com baixa salinidade	Provavelmente fluidos ácidos, oxidantes e ricos em Se	Fluidos ricos em CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> com salinidade variável	CO <sub>2</sub> com baixa salinidade
<b>Fontes de calor propostas</b>	Variada; soerguimento da astenosfera a granitoides mesocrustais	Granitoides de alto nível no distrito aurífero	Granitos ricos em U e Th	Granitos de 1,88 Ga	Granitos gerados pela reativação crustal	Granitos associados a mineralização
<b>Fonte dos metais propostas</b>	Crosta subductada e/ou rochas supracrustais e/ou granitoides profundos	Granitoides de alto nível e/ou rochas supracrustais	Porções da rocha encaixante metassedimentar grafitosa	Possivelmente rochas máficas-ultramáficas adjacentes	Rochas do embasamento pré-cambriano, rochas máfica-ultramáficas, rochas terrígenas ricas em C	---
<b>Associação com províncias de Sn/W</b>	Não	Sim	Sim, situa-se na Província Estanífera de Goiás	Não	Não	Sim
<b>f(O<sub>2</sub>)</b>	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	---	Alta



## CONCLUSÕES

## Capítulo 5

### Conclusões

Os estudos geológicos, petrográficos, mineralógicos e geoquímicos desenvolvidos nesta Tese de Doutorado contribuíram para o detalhamento e caracterização da mineralização de ouro e platinoídeos do depósito Buraco do Ouro, em Cavalcante e, assim, colaboraram com o conhecimento sobre depósitos não convencionais de platinoídeos, bem como com a evolução do conhecimento sobre o potencial metalogenético da porção nordeste do estado de Goiás. A seguir, são apresentadas as principais conclusões a que se chegou com este trabalho.

- O depósito Buraco do Ouro, localizado na cidade de Cavalcante, é um depósito de Au-EGP( $\pm$ U) hospedado em muscovita-quartzo milonito hidrotermalizado, associado à zona de cisalhamento E-W. Tal zona de cisalhamento, que foi desenvolvida praticamente na mesma época da intrusão, ocorrida em torno de 2,15 Ga, situa-se nas proximidades do contato entre o biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina e sua rocha encaixante da Formação Ticunzal, formada por xisto e paragneisse grafitosos.

- O muscovita-quartzo milonito hidrotermalizado, hospedeiro do minério de Cavalcante, foi gerado a partir da deformação/metamorfismo do biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina como sugerem, além do padrão ETR semelhante ao do granito, a presença de restos de feldspato potássico e de clastos de muscovita magmática com elevado teor de  $\text{TiO}_2$ .

- O minério se associa às zonas ricas em muscovita cinza azulado ou esverdeado escuro, enquanto a muscovita verde claro pertence às porções estéreis. Porém, não foi observada nenhuma diferença química entre esses dois tipos de muscovita. Tal variação na cor pode estar associada à concentração de grãos diminutos dos selenetos, arsenetos e antimonetos ao longo dos planos de clivagem da muscovita.

- Além do ouro, o minério do depósito Buraco do Ouro apresenta uma composição mineralógica exótica, formada por selenetos, antimonetos e arsenetos de platina, paládio e bismuto. Tais minerais são, em ordem de diminuição de abundância, guanajuatita ( $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ) e os selenetos de Ag-Pb-Bi não identificados associados, kalungaíta ( $\text{PdAsSe}$ ), mertieita I [ $\text{Pd}_{11}(\text{Sb,As})_4$ ], mertieita II [ $\text{Pd}_8(\text{Sb,As})_3$ ], uraninita

( $\text{UO}_2$ ), padmaíta ( $\text{PdBiSe}$ ), sperrylita ( $\text{PtAs}_2$ ), bohdanowiczita ( $\text{AgBiSe}_2$ ) e clausthalita ( $\text{PbSe}$ ). A kalungaíta é um mineral que foi caracterizado no depósito por Botelho *et al.* (2006a) e a uraninita foi descrita pela primeira vez na associação mineralógica (Menez and Botelho, 2013a, em preparação).

- Os dados químicos sugerem uma possível solução sólida entre guanajuatita e bohdanowiczita, dependente do conteúdo de prata, e entre guanajuatita e clausthalita, dependente do conteúdo de chumbo. A fase Pb-Bi-Se é um termo de composição intermediária da última solução sólida citada.

- A maioria dos valores da idade química aproximada da uraninita está entre 600 e 800 Ma. Essas idades são coevas com a idade do Ciclo Brasileiro e poderiam indicar que o sistema U-Th-Pb foi aberto durante essa orogenia. De fato, a quantidade calculada de chumbo a partir dessas idades, fornece valores negativos, que é mais um indicativo que o sistema U-Th-Pb não permaneceu fechado após a cristalização da uraninita. As idades mais antigas encontradas (~ 1,6 Ga) estão próximas da idade de 1,8 Ga da muscovita do minério (Massucatto, 2003), também excluindo a formação da uraninita e, portanto do minério, do Neoproterozoico. Entretanto, a idade de 1,8 Ga é mais jovem que a idade de 2,15 Ga dos granitos da Suíte Aurumina e pode ser explicada pela abertura do sistema Ar-Ar da muscovita, provavelmente durante o magmatismo associado a abertura do Rifte Araí, cuja idade é de 1,77 Ga (Pimentel & Botelho, 2001).

- Considerando o contexto geológico do depósito e os valores de V-CDT encontrado nas amostras, que estão entre 2 e 5‰, o enxofre do minério de Cavalcante poderia ser proveniente tanto da Suíte Aurumina quanto das rochas grafitosas da Formação Ticunzal.

- A razão  $\text{Au} > \text{Pd} \geq \text{Pt}$  do depósito Buraco do Ouro é similar a razão dos depósitos hidrotermais de Au-EGP, como ocorre, por exemplo, no depósito de ouro e EGP de Serra Pelada, na região de Carajás.

- A fonte do ouro e dos EGP, provavelmente, é a rocha encaixante metassedimentar da Formação Ticunzal. Tais rochas seriam derivadas de protólitos semelhantes a folhelhos pretos, os quais são considerados fontes alternativas de EGP. Sendo assim, o enriquecimento em EGP do granito da Suíte Aurumina pode ter acontecido através de uma rocha fonte já enriquecida nesses elementos, no caso a própria Formação Ticunzal, ou devido a assimilação dos EGP durante a ascensão e alojamento do corpo granítico.

- Os condutos para os fluidos, possivelmente, foram a zona de cisalhamento E-W, desenvolvida sobre o granito, e o contato entre o granito e sua rocha encaixante, uma vez que o minério também está localizado nessas áreas ou próximo a elas.

- O complexante de ouro, platina e paládio no depósito, provavelmente, foi a hidroxila que atua em condições de pH básico a neutro e de  $f(O_2)$  intermediária. A deposição dos metais ocorreria com a redução do pH e aumento da  $f(O_2)$ . O fluido percolaria pelas rochas encaixantes carbonosas da Formação Ticunzal removendo ouro, platina e paládio e, ao percolar pelo granito da Suíte Aurumina, as mudanças nas condições de pH e  $f(O_2)$  causariam a precipitação do ouro nativo e dos platinoides como selenetos. Como resultado desse mecanismo de deposição, o granito mineralizado é muito mais comum do que a rocha encaixante mineralizada.

- A formação da mineralização de Cavalcante divide-se em três estágios com relação à  $f(O_2)$ : (1) menores condições de  $f(O_2)$ , sob as quais ocorre a precipitação do ouro, a geração de arsenetos, antimonetos e óxidos como sperrylita, mertieita e uraninita; (2) maiores valores de  $f(O_2)$ , porém ainda abaixo do tampão magnetita-hematita, com a precipitação de ouro e a formação dos selenetos kalungaíta, padmaíta, guanajuatita e clausthalita e da magnetita; (3) retorno a menores condições de  $f(O_2)$ , que acarreta a exsolução de antimonetos e sulfetos dos selenetos, gerando o intercrescimento simplectítico entre calcopirita, mertieita e guanajuatita e a formação de fases ricas em prata e em selênio que se associam a guanajuatita.

- A associação entre Au-EGP e rochas graníticas, sem o registro geoquímico da presença de rochas ultramáficas, caracteriza o depósito Buraco do Ouro como um depósito não-convencional de platinoides.

- O depósito Buraco do Ouro exhibe algumas características importantes e algumas diferenças com relação aos depósitos de ouro do tipo *intrusion-related*. Assim, o depósito pode ser definido como um depósito de ouro do tipo *intrusion-related*, porém com importante contribuição da rocha encaixante como fonte dos metais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Referências Bibliográficas**

- Almeida F.F.M., Hassui Y., Brito-Neves B.B., Fuck R.A. 1981. Brazilian structural provinces: An introduction. *Earth Science Reviews*. **17**: 1-21.
- Alvarenga C.J.S., Dardenne M.A., Botelho N.F., Machado M.A., Lima O.N.B., Almeida T. 2007. Relatório final das folhas Monte Alegre de Goiás, Cavalcante e Nova Roma: Programa Geologia do Brasil (PGB/CGB), UnB/CPRM.
- Andrade S.M., Liberal G.S., Santos Filho J.L. 1985. Depósitos de urânio de Campos Belos e Rio Preto – Goiás. In: C. Schobbenhaus Filho, (ed.). *Principais Depósitos Minerais do Brasil*. DNPM, p. 169-175.
- Baker T., Pollard P.J., Mustard R., Mark G., Graham J.L. 2005. A comparison of granite-related tin, tungsten, and gold-bismuth deposits: Implications for exploration. *Society of Economic Geologists Newsletter*. **61**: 5-17.
- Bendall C., Lahaye Y., Fiebig J., Weyer S., Brey G.P. 2006. In situ sulfur isotope analysis by laser ablation MC-ICPMS. *Applied Geochemistry*, **21**: 782-787.
- Bogossian J. 2012. *Mineralizações primárias e supergênicas de urânio do nordeste de Goiás e sudeste do Tocantins: Contexto geológico, mineralogia e implicações metalogenéticas*. Unpublished M.Sc. thesis, Institute of Geosciences, Brasília University, Brazil, 54 p.
- Botelho N.F. 1992. *Les ensembles granitiques subalcalins à peraluminos minéralisés en Sn et In de la Sous-Province Parana, Etat de Goiás, Brésil*. Unpublished Ph.D. thesis, Paris, France, University Paris VI, 344 p.
- Botelho N.F. & Moura M.A. 1998. Granite-ore deposit relationships in Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. **11**: 427-438.
- Botelho N.F. & Silva D.V. 2005. Mineralizações de Au e PGE hospedadas em rochas graníticas peraluminosas do nordeste de Goiás: Discussão sobre depósitos não convencionais de platinóides. In: Simpósio Brasileiro de Metalogenia, 1, 2005. Gramado, Brazil. *CD Rom*.
- Botelho N.F., Alvarenga C.J.S., Meneses P.R., D'el-Rey Silva L.J.H. 1999. Suíte Aurumina: Uma suíte de granitos paleoproterozóicos, peraluminosos e sintectônicos na Faixa Brasília. In: Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 7, 1999. Brasília, Brazil. *Abstracts*, p.17.
- Botelho N.F., Moura M.A., Teixeira L.M., Olivo G.R., Cunha L.M., Santana M.U. 2005. Caracterização geológica e metalogenética do depósito Cu ± (Au, W, Mo, Sn) Breves, Carajás. In: O.J. Marini, E.T. Queiroz, B.W. Ramos, (eds.). *Caracterização de depósitos minerais em distritos mineiros da Amazônia*. DNPM, CT-Mineral/FINEP, ADIMB, p. 335-389.

- Botelho N.F., Moura M.A., Peterson R.C., Stanley C.J., Silva D.V. 2006a. Kalungaite, PdAsSe, a new platinum group mineral from Buraco do Ouro gold mine, Cavalcante, Goiás State, Brazil. *Mineralogical Magazine*, **70**: 123-130.
- Botelho N.F., Fuck R.A., Dantas E.L., Laux J.H., Junges S.L. 2006b. The Paleoproterozoic peraluminous Aurumina granite suite, Goiás and Tocantins, Brazil: Geological, whole rock geochemistry and U-Pb and Sm-Nd isotopic constraints. In: IGCP, International Geological Correlation Programme, 509: Paleoproterozoic Supercontinents & Global Evolution, 2006. Ouro Preto, Brazil. *Field Guide and Abstracts*, p. 92.
- Bowles J. 1990. Age dating of individual grains of uraninite in rocks from electron microprobe analyses. *Chemical Geology*, **83**: 47-53.
- Cabral A.R. & Lehmann B. 2007. Seleniferous minerals of palladium and platinum from *ouro preto*-bearing mineralisation in Brazil. *Ore Geology Reviews*. **32**: 681-688.
- Cabral A.R., Lehmann B., Kwitko R., Costa C.H.C. 2002a. The Serra Pelada Au-Pd-Pt deposit, Carajás Mineral Province, Northern Brazil: Reconnaissance mineralogy and chemistry of very high grade palladian gold mineralization. *Economic Geology*. **97**: 1127-1138.
- Cabral A.R., Lehmann B., Kwitko R., Costa C.H.C. 2002b. Palladium and platinum minerals from the Serra Pelada Au-Pd-Pt deposit, Carajás Mineral Province, Northern Brazil. *The Canadian Mineralogist*. **40**: 1451-1463.
- Candela P.A. 1989. Felsic magmas, volatiles, and metallogenesis. *Economic Geology*. **4**: 223-233.
- Coveney R.M. 2003. Re-Os dating of polymetallic Ni-Mo-PGE-Au mineralization in Lower Cambrian black shales of South China and its geological significance – A discussion. *Economic Geology*. **98**: 661-662.
- Craddock P.R., Rouxel O.J., Ball L.A., Bach W. 2008. Sulfur isotope measurement of sulfate and sulfide by high-resolution MC-ICP-MS. *Chemical Geology*, **253**: 102-113.
- Cunha L.M. 2006. *Gênese e controle da mineralização de Au e Ag associada a granitos peraluminosos na mina de Aurumina, Goiás*. Unpublished M.Sc. thesis, Institute of Geosciences, Brasília University, Brazil, 103 p.
- D'el Rey Silva L.J.H. & Senna Filho V. 1998. Ouro em sericita-quartzo hidrotermalitos controlados por cisalhamentos conjugados brasileiros, na região de Cavalcante (GO). *Revista Brasileira de Geociências*. **28**(3): 405-408.
- Dardenne M.A. & Schobbenhaus C. (eds.). 2001. *Metalogênese do Brasil*. Brasília, Editora Universidade de Brasília/CNPq, 322 p.

- Desborough G.A., Finney J.J., Leonard B.F. 1973. Mertieite, a new palladium mineral from Goodnews Bay, Alaska. *American Mineralogist*. **58**: 1-10.
- Distler V.V., Yudovskaya M.A., Mitrofanov G.L., Prokof'ev V.Y., Lishnevskii E.N. 2004. Geology, composition, and Genesis of the Sukhoi Log noble metals deposit, Russia. *Ore Geology Reviews*. **24**: 7-44.
- Duuring P., Hagemann S.G., Love R.J. 2001. A thrust ramp model for gold mineralization at the Archean trondhjemite-hosted Tarmoola deposit: The importance of heterogeneous stress distributions around granitoid contacts. *Economic Geology*. **96**: 1379-1396.
- Figueiredo A.M. & Oesterlen P.M. 1981. Prospecção de urânio no estado de Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*. **11**(3): 147-152.
- Förster H.J. 1999. The chemical composition of uraninite in Variscan granites of the Erzgebirge, Germany. *Mineralogical Magazine*, **63**(2): 239-252.
- Fuck R.A., Pimentel M.M., D'el Rey Silva L.J.H. 1994. Compartimentação tectônica da porção oriental da Província Tocantins. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, 1994. Camboriú, Brazil. *Extended Abstracts*, p. 215-216.
- Gammons C.R., Bloom M.S., Yu Y. 1992. Experimental investigation of the hydrothermal geochemistry of platinum and palladium: I. Solubility of platinum and palladium sulfide minerals in NaCl/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solutions at 300°. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. **56**: 3881-3894.
- Grainger C.J., Groves D.I., Costa C.H.C. 2002. The epigenetic sediment-hosted Serra Pelada Au-PGE Deposit and its potential genetic association with Fe oxide Cu-Au mineralization within the Carajás Mineral Province, Amazon Craton, Brazil. *Economic Geology, Special Publication*. **9**: 47-64.
- 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.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F., Hart C.J.R. 2003. Gold deposits in metamorphic belts: Overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance. *Economic Geology*. **98**: 1-29.
- Hart C.J.R. 2005. Classifying, distinguishing and exploring for intrusion-related gold systems. *The Gangue*. **87**: 1-9.
- Hart C.J.R. 2007. Reduced intrusion-relates gold systems. In: W.D. Goodfellow, (ed.). *Mineral deposits of Canada: A synthesis of major deposit types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods*. Geological Association of Canada Mineral Deposits Division, Special Publication, **5**: 95-112.



- Hart C.J.R. & Goldfarb R.J. 2005. Distinguishing intrusion-related from orogenic gold systems. *In: New Zealand Minerals Conference, 2005. Auckland, New Zealand. Proceedings*, p. 125-133.
- Hart C.J.R., McCoy D., Goldfarb R.J., Smith M., Roberts P., Hulstein R., Bakke A.A., Bundtzen T.K. 2002. Geology, exploration and discovery in the Tintina gold province, Alaska and Yukon. *Society of Economic Geologists, Special Publication*. **9**: 241-274.
- Hippertt J.F.M. & Massucatto A.J. 1998. Phyllonitization and development of kilometer-scale extension gashes in a continental-scale strike-slip shear zone, north-Goiás, Central Brazil. *Journal of Structural Geology*. **20**(4): 433-445.
- Hoefs J. (ed.). 1997. *Stable isotope geochemistry*. New York, Springer, 244 p.
- Holmes A. 1911. The association of lead with uranium in rock-minerals, and its application to the measurement of geological time. *Proceedings of the Royal Society of London, Serie A*. **85**(578): 248-256.
- Holtstam D. & Söderhielm J. 1999. The discreditation of platynite. *The Canadian Mineralogist*. **37**: 1313-1315.
- Hulbert L.J., Duke J.M., Eckstrand O.R., Lyndon J.W., Scoates R.F.J., Cabri L.J., Irvine T.N. 1988. Geological environments of the platinum group elements. *Geological Survey of Canada, Open File Report 1440*, 148 p.
- Jaffey A.H., Flynn K.F., Glendenin L.E., Bentley W.C., Essling A.M. 1971. Precision measurements of half-lives and specific activities of  $^{235}\text{U}$  and  $^{238}\text{U}$ . *Physics Reviews*, **4**(5): 1889-1906.
- Jiang S.-Y., Yang J.-H., Ling H.-F., Chen Y.-Q., Feng H.-Z., Zhao K.-D., Ni P. 2003. Re-Os isotopes and PGE geochemistry of black shales and intercalated Ni-Mo polymetallic sulfide bed from the Lower Cambrian Niutitang Formation, South China. *Progress in Natural Sciences*. **13**(10): 788-794.
- Jiang S.-Y., Yang J.-H., Ling H.-F., Chen Y.-Q., Feng H.-Z., Zhao K.-D., Ni P. 2007. Extreme enrichment of polymetallic Ni-Mo-PGE-Au in Lower Cambrian black shales of South China: An Os isotope and PGE geochemical investigation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **254**: 217-228.
- Kempe U. 2003. Precise electron microprobe age determination in altered uraninite: Consequences on the intrusion age and the metallogenic significance of the Kirchberg granite (Erzgebirge, Germany). *Contributions to Mineralogy and Petrology*. **145**: 107-118.
- Krouse H.R. 1980. Sulphur isotopes in our environment. *In: P. Fritz & J.C. Fontes, (eds.). Isotope Geochemistry, 1, The Terrestrial Environment*. Amsterdam, Elsevier, p. 435-471.

- Lang J.R. & Baker T. 2001. Intrusion-related gold systems: The present level of understanding. *Mineralium Deposita*. **36**: 477-489.
- Lang J.R., Baker T., Hart C.J.R., Mortensen J.K. 2000. An exploration model for intrusion-related gold systems. *Society of Economic Geologists Newsletter*. **40**: 7-15.
- Lehmann B., Mao J., Shengrong L., Zhang G., Zeng M. 2003. Re-Os dating of polymetallic Ni-Mo-PGE-Au mineralization in Lower Cambrian black shales of South China and its geological significance – A reply. *Economic Geology*. **98**(3): 663-665.
- Mandetta P. & Barros Neto L.S. 2006. *Cavalcante Gold Deposit, Goiás, Central Brazil*. Penery Mineração Ltda. Relatório Interno, Inédito.
- Marchetto C.M.L., Larson L.T., Figueiredo A.N. 1993. Platinum group minerals and gold in acid rocks, Cavalcante, Brazil. In: Brazilian Meeting on Platinum Group Elements, 1, 1993. Brasília, Brazil. *Extended Abstract*, p. 47-51.
- Marini O.J., Liberal G.S., Reis L.T., Trindade C.A.H., Souza S.L. 1978. Nova unidade litoestratigráfica do pré-Cambriano do estado de Goiás. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, 1978. Recife, Brazil. *Abstracts*, p. 126-127.
- Mason P.R.D., Košler J., Hoog J.C.M., Sylvester P.J., Meffan-Main S. 2006. *In situ* determination of sulfur isotopes in sulfur-rich materials by laser ablation multiple-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-MC-ICP-MS). *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. **21**: 177-186.
- Massucatto A.J. 2003. *Caracterização estrutural do embasamento do Grupo Araí, na Zona Externa da Faixa Brasília (GO)*. Unpublished Ph.D. thesis, Institute of Geosciences and Sciences, University of São Paulo State, Brazil, 163 p.
- Massucatto A.J. & Hippertt J. 1996. Gold mineralization associated with S C structures in kilometer-scale extension-gashes: The example of Cavalcante, GO. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, 1996. Salvador, Brazil. *Abstracts*, p. 343-346.
- Menez J. 2008. *Depósito de Au-Pd-Pt associado a granito, mina Buraco do Ouro, Cavalcante, Goiás: Caracterização e modelo da mineralização*. Unpublished M.Sc. thesis, Institute of Geosciences, Brasília University, Brazil, 88 p.
- Menez J. & Botelho N.F. 2013a. Unconventional Au-PGE-U mineralization related to sheared peraluminous granite from the Buraco do Ouro deposit, Cavalcante, Central Brazil. *In preparation*.
- Menez J. & Botelho N.F. 2013b. Ore characterization and textural relationships among gold, selenides, platinum group minerals, and uraninite at the granite related Buraco do Ouro gold deposit, Cavalcante, Central Brazil. *In preparation*.

- Mernagh T.P., Heinrich C.A., Leckie J.F., Carville D.P., Gilbert D.J., Valenta R.K., Wyborn L.A.I. 1994. Chemistry of low-temperature hydrothermal gold, platinum, and palladium ( $\pm$  uranium) mineralization at Coronation Hill, Northern Territory, Australia. *Economic Geology*. **89**: 1053-1073.
- Miller C.F., Stoddard E.F., Bradfish L.J., Dollase W.A. 1981. Composition of plutonic muscovite: Genetic implications. *The Canadian Mineralogist*. **19**: 25-34.
- Monier G. & Robert J.L. 1986. Titanium in muscovites from two mica granites: Substitutional mechanisms and partition with coexisting biotites. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen*. **153**(2): 147-161.
- Mountain B.W. & Wood S.A. 1988. Chemical controls on the solubility, transport, and deposition of platinum and palladium in hydrothermal solutions: A thermodynamic approach. *Economic Geology*. **83**: 492-510.
- Naldrett A.J. (ed.). 1989. *Magmatic sulfide deposits*. New York, Oxford University Press, 196 p.
- Naldrett A.J. & Duke J.M. 1980. Platinum metals in magmatic sulphide ores. *Science*. **208**(4451): 1417-1424.
- Naldrett A.J., Wilson A., Kinnaird J., Chunnett G. 2009. PGE tenor and metal ratios within and below the Merensky Reef, Bushveld Complex: Implications for its genesis. *Journal of Petrology*. **0**: 1-35.
- Pašava J. 1993. Anoxic sediments – An important environment for PGE: An overview. *Ore Geology Reviews*. **8**: 425-445.
- Pašava J., Barnes S.J. & Vymazalová A. 2003. The use of mantle normalization and metal ratios in the identification of the sources of platinum-group elements in various metal-rich black shales. *Mineralium Deposita*. **38**: 775-783.
- Pieczka A., Golebiowska B. & Parafiniuk J. 2007. Geochemistry and origin of the cassiterite from Redziny, Lower Silesia, Poland. *Mineralogia Polonica*. **38**(2): 219-230.
- Pimentel M.M. & Botelho N.F. 2001. Sr and Nd isotopic characteristics of 1.77-1.58Ga rift-related granites and volcanics of the Goiás tin province, Central Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. **73**(2): 263-276.
- Pimentel M.M., Heaman L., Fuck R.A., Marini O.J. 1991. U-Pb zircon geochronology of Precambrian tin-bearing continental-type acid magmatism in Central Brazil. *Precambrian Research*. **52**(3-4): 321-335.
- Pimentel M.M., Ferreira Filho C.F., Armele A. 2006. Neoproterozoic age of the Niquelândia Complex, central Brazil: Further ID-TIMS U-Pb and Sm-Nd isotopic evidence. *Journal of South American Earth Sciences*. **21**(3): 228-238.

- Prichard H.M., Knight R.D., Fisher P.C., McDonald I., Zhou M.-F., Wang C.Y. 2013. Distribution of platinum-group elements in magmatic and altered ores in the Jinchuan intrusion China: An example of selenium remobilization by postmagmatic fluids. *Mineralium Deposita*. **48**: 767-786.
- Rollinson H. (ed.). 1993. *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. England, Pearson Prentice Hall, 352 p.
- Sener A.K., Grainger C.J., Groves D.I. 2002. Epigenetic gold-platinum-group element deposits: Examples from Brazil and Australia. *Mining and Metallurgy*, p. B65-B73.
- Simon G. & Essene E.J. 1996. Phase relations among selenides, sulfides, tellurides, and oxides: I. Thermodynamic properties and calculated equilibria. *Economic Geology*. **91**: 1183-1208.
- Simon G., Kesler S.E., Essene E.J. 1997. Phase relations among selenides, sulfides, tellurides, and oxides: II. Applications to selenides-bearing ore deposits. *Economic Geology*. **92**: 468-484.
- Stanley C.J., Criddle A.J., Lloyd D. 1990. Precious and base metal selenide mineralization at Hope's Nose, Torquay, Devon. *Mineralogical Magazine*. **54**: 485-493.
- Stefánsson A. & Seward T.M. 2004. Gold (I) complexing in aqueous sulphide solutions to 500°C at 500 bar. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. **68**(20): 4121-4143.
- Sun S.S. & McDonough W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. In: A.D. Saunders & M.J. Norry, (eds.). *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society, Special Publication, p. 313-345.
- Thode H.G. 1991. Sulphur isotopes in nature and the environment: An overview. In: H.R. Krouse & V.A. Grinenko, (eds.). *Stable isotopes: Natural and anthropogenic sulphur in the environment*, Scope. **43**: 1-26.
- Thompson J.H.F., Sillitoe R.H., Baker T., Lang J.R., Mortensen J.K. 1999. Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces. *Mineralium Deposita*. **34**: 323-334.
- Wall V.J. 1999. Pluton-related (thermal Aureole) gold. Short Course Notes, Yukon Geoscience Forum. In: Hart C.J.R. 2005. Classifying, distinguishing and exploring for intrusion-related gold systems. *The Gangue*. **87**: 1-9.
- Wilde A., Edwards A., Yakubchuk A. 2003. Unconventional deposits of Pt and Pd: A review with implications for exploration. *Society of Economic Geologists Newsletter*. **52**: 9-18.

ANEXOS

ANEXO 1  
FASES SE-SB-AS DO DEPÓSITO BURACO DO  
OURO

## Fases Se-Sb-As do depósito Buraco do Ouro

### 1 – INTRODUÇÃO

Além da associação anômala entre ouro e EGP hospedada em granitos, o depósito Buraco do Ouro apresenta uma mineralogia rara e complexa, a qual é composta por selenetos, antimonetos e arsenetos de paládio, platina, bismuto, prata e chumbo. Abaixo, seguem as principais características químicas, físicas e óticas desses minerais, descritos em sua ordem de abundância.

### 2 – GUANAJUATITA

A fórmula química da guanajuatita é  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  com 63,83% Bi e 36,17% Se. Comumente, ocorre em depósitos formados sob condições hidrotermais com temperaturas baixas a moderadas e foi observada nas proximidades de Guanajuato, no México, e em algumas minas nos Estados Unidos, Alemanha e Suécia (Anthony *et al.*, 2003; webmineral.com).

Trata-se de um mineral ortorrômbico, opaco, de cor cinza chumbo a cinza azulado e brilho metálico em observação macroscópica. Possui clivagem (010) bem marcada e (001) indistinta. A dureza é baixa, entre 2,5 e 3,5 na escala de Mohs, sendo inferior à da galena (Schouten, 1962). O hábito observado no depósito Buraco do Ouro é maciço, mas há descrições de hábito acicular e cristais dipiramidais na literatura. Em luz refletida, a cor da guanajuatita é creme ou branco rosado, mostrando forte anisotropia e birrefletância distinta (Schouten, 1962).

A guanajuatita pode associar-se a outros selenetos e também teluretos, bismuto, selênio, clausthalita ( $\text{PbSe}$ ), nevsquita [ $\text{Bi}(\text{Se},\text{S})$ ], bismutinita ( $\text{Bi}_2\text{S}_3$ ), galena, pirita, bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) e calcita (Schouten, 1962; Anthony *et al.*, 2003). No depósito estudado a guanajuatita está associada a kalungaíta ( $\text{PdAsSe}$ ), mertieita I [ $\text{Pd}_{11}(\text{Sb},\text{As})_4$ ], mertieita II [ $\text{Pd}_8(\text{Sb},\text{As})_3$ ] e ouro apresenta inclusões de clausthalita e sperrylita ( $\text{PtAs}_2$ ), sendo raras as inclusões de kalungaíta, ouro, mertieita e uraninita. Além de grãos maciços, a guanajuatita também ocorre em intercrescimento simplectítico com calcopirita/covelita e mertieita e em outro tipo de intercrescimento complexo com clausthalita.

### 3 – FASES Ag-Pb-Bi-Se

Existem pelo menos três fases ainda não identificadas no minério do depósito Buraco do Ouro que ocorrem principalmente em intercrescimentos irregulares na guanajuatita. São elas: fase rica em selênio, fase rica em prata e fase rica em chumbo.

As texturas observadas, sob luz refletida, entre a guanajuatita e as fases ricas em prata e selênio sugerem uma substituição da guanajuatita por minerais cinza escuro. A fase rica em prata, ou fase Ag-Bi-Se, chega a ter 42,2 wt.% Ag, o que é duas vezes maior que o conteúdo de prata da bohdanowiczita, e a melhor fórmula para esta fase é  $\text{Ag}_3\text{BiSe}_2$ .

A fase rica em selênio é caracterizada pela mesma relação textural observada entre a guanajuatita e a fase Ag-Bi-Se. Esse seleneto tem conteúdo de selênio maior que 50 wt.% e não há na literatura um mineral descrito com essa composição. Os grãos de selênio do minério do depósito Buraco do Ouro têm até 73 wt.% Se e, por analogia com outras ligas, poderiam ser considerados como selênio nativo com bismuto, prata, chumbo e cobre como impurezas.

Outro seleneto não identificado é a fase rica em chumbo, ou fase Pb-Bi-Se, que tem de 10,5 a 58,1 wt.% Pb. O estudo detalhado mostrou que esta fase pode estar associada tanto a guanajuatita quanto a clausthalita. Embora as imagens BSE mostrem um intercrescimento complexo entre guanajuatita e clausthalita, o qual é dependente do conteúdo de chumbo, as análises químicas feitas em áreas homogêneas sugerem uma solução sólida entre os dois minerais, onde a fase Pb-Bi-Se seria o termo de composição intermediária. Além disso, a fase Pb-Bi-Se pode representar um mineral ainda não descrito. Um seleneto de chumbo e bismuto já foi descrito na literatura como platynita [ $\text{PbBi}_2(\text{Se,S})_2$ ], porém ele foi desacreditado como um mineral válido por ser uma mistura de laitakarita [ $\text{Bi}_4(\text{Se,S})_3$ ] e galena selenífera [ $\text{Pb}(\text{S,Se})$ ] (Holtstam e Söderhielm, 1999). Entretanto, esse não é o caso da fase Pb-Bi-Se do depósito Buraco do Ouro, pois apenas uma fase foi identificada nas análises BSE.

### 4 – KALUNGAÍTA

A kalungaíta possui fórmula química  $\text{PdAsSe}$  com 28,78% As, 40,88% Pd e 30,33% Se. Foi caracterizada como nova espécie mineral no depósito Buraco do Ouro



por Botelho *et al.* (2006a) e ocorre associada aos demais selenetos presentes no depósito.

É um mineral tetragonal, opaco, de cor cinza chumbo e brilho metálico em observação macroscópica. Não foram observados planos de clivagem ou de fratura. Possui dureza média, entre 4 e 5 na escala de Mohs. Em luz refletida, a kalungaíta é isotrópica e apresenta-se na cor amarelo creme, quando próxima a grãos de ouro, e com tons amarronzados, quando o ouro não está presente no campo visual do microscópio.

No depósito são comuns as inclusões de ouro e sperrylita na kalungaíta e a textura típica é representada pela kalungaíta englobando a guanajuatita.

## 5 – MERTIEITA

A fórmula química da mertieita I é  $\text{Pd}_{11}(\text{Sb,As})_4$  com 14,03% Sb, 6,60% As e 79,36% Pd e da mertieita II é  $\text{Pd}_8(\text{Sb,As})_3$  com 29,13% Sb, 0,62% As e 70,25% Pd. Essas fases foram descobertas no depósito de platina de Goodnews Bay no Alasca, Estados Unidos, e a princípio foram consideradas como uma única fase cuja fórmula geral seria  $\text{Pd}_5(\text{Sb,As})_2$  (Desborough *et al.*, 1973).

Embora a mertieita I pertença ao sistema cristalino hexagonal, a mertieita II é trigonal. Ambas as fases são opacas, com brilho metálico e se apresentam na cor amarelo cobre em observação macroscópica (Desborough *et al.*, 1973; Anthony *et al.*, 2003). A dureza média da mertieita I é de 5,5 e da mertieita II é de 6, ambas na escala de Mohs (webmineral.com). No depósito Buraco do Ouro o hábito é maciço, mas há descrições de hábito granular e cristais ditrigonais piramidais (mertieita II) na literatura. Em luz refletida a cor da mertieita também é amarelo bronze (Desborough *et al.*, 1973; webmineral.com) com uma anisotropia distinta; a anisotropia da mertieita II varia de azul acinzentado escuro para marrom escuro (Anthony *et al.*, 2003). A mertieita é semelhante a estibiopaladinita ( $\text{Pd}_5\text{Sb}_2$ ), mas ambas diferem com relação a birrefletância, que é maior na mertieita (Desborough *et al.*, 1973).

A mertieita I pode se associar com ouro, cromita ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ), laurita ( $\text{RuS}_2$ ), mertieita II e ligas de Pt-Ir-Os (Anthony *et al.*, 2003). A mertieita II pode se associar com ouro, sperrylita, laurita, platarsita [(Pt,Rh,Ru)AsS], ruthenarsenita [(Ru,Ni)As], mertieita I, genkinita [(Pt,Pd,Rh)<sub>4</sub>Sb<sub>3</sub>], ligas de Pt-Ir-Os e de Pt-Fe, estibiopaladinita, calcocita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), bornita, heazlewoodita ( $\text{Ni}_3\text{S}_2$ ), galena, calcopirita, pentlandita [(Fe,Ni)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>], hauchecornita [ $\text{Ni}_9\text{Bi}(\text{Sb,Bi})\text{S}_8$ ], valleriita [ $4(\text{Fe,Cu})\text{S} \cdot 3(\text{Mg,Al})(\text{OH})_2$ ],

parkerita ( $\text{Ni}_3\text{Bi}_2\text{S}_2$ ) e cromita (Anthony *et al.*, 2003). No depósito, a mertieita está associada a todos os minerais do minério e também ocorre em intercrescimento simplectítico com ouro.

## 6 – PADMAÍTA

A padmaíta possui fórmula química  $\text{PdBiSe}$  com 52,99% Bi, 26,99% Pd e 20,02% Se. Foi descrita nos folhelhos formados sob condições metassomáticas no Rio Padma, Rússia (Jambor e Puziewicz, 1993).

É um mineral isométrico, opaco, de cor amarelo claro e brilho metálico em observação macroscópica. Possui clivagem imperfeita em duas direções ortogonais e a dureza média varia de 3 a 4 na escala de Mohs (Jambor e Puziewicz, 1993; webmineral.com). No depósito Buraco do Ouro a padmaíta ocorre como grãos maciços e irregulares. Em luz refletida, a cor é amarelo rosado.

A padmaíta pode estar associada com ouro, bismuto, paraguajuatita  $[\text{Bi}_2(\text{Se},\text{S})_3]$ , bohdanowiczita ( $\text{AgBiSe}_2$ ), clausthalita, froodita ( $\text{PdBi}_2$ ), soboleviskita ( $\text{PdBi}$ ), roscoelita  $[\text{K}(\text{V},\text{Al},\text{Mg})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$  e hematita (Jambor e Puziewicz, 1993). A observação das associações mineralógicas da padmaíta na paragênese do depósito foi feita com base em análises na microsonda, pois as pequenas dimensões dos grãos e sua semelhança ótica com a guanajuatita dificultam sua identificação sob luz refletida. Na literatura há casos de intercrescimento simplectítico entre padmaíta e sulfetos de paládio (Jambor e Puziewicz, 1993), mas no depósito esse intercrescimento se dá entre padmaíta e calcopirita/covelita.

## 7 – SPERRYLITA

A fórmula química da sperrylita é  $\text{PtAs}_2$  com 43,44% As e 56,56% Pt. Pode ocorrer tanto em depósitos aluviais quanto em pegmatitos básicos e foi observada no depósito de Ni-Cu±EGP de Sudbury, no Canadá (Anthony *et al.*, 2003; webmineral.com).

Trata-se de um mineral isométrico, opaco, de cor branca e brilho metálico em observação macroscópica. A clivagem no plano (001) é indistinta e desenvolve fraturas do tipo conchoidal. A dureza é alta e varia de 6 a 7 na escala de Mohs, sendo muito

maior que a da platina e semelhante a da pirita (Schouten, 1962). No depósito Buraco do Ouro ocorre como grãos pequenos e distintos, inclusos nos minerais de minério. Em luz refletida apresenta cor branca (Schouten, 1962).

Por ser o mineral de platina mais comum, ocorrendo em todos os tipos de depósitos, a sperrylita apresenta uma associação mineral ampla. Entre os minerais associados à sperrylita estão o ouro, platina, pirita, calcopirita, pirrotita, pentlandita, bornita, galena, esfalerita [(Zn,Fe)S], gersdoffita (NiAsS), millerita (NiS), stibnita (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), cubanita (CuFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), violarita (FeNi<sub>2</sub>S<sub>4</sub>), cooperita (PtS), estibiopaladinita, magnetita, ilmenita (FeTiO<sub>3</sub>), cromita e valleriita (Anthony *et al.*, 2003). Em geral, no depósito, a sperrylita ocorre como inclusões na guanajuatita, kalungaíta e mertieita.

## 8 – BOHDANOWICZITA

A bohdanowiczita possui fórmula química AgBiSe<sub>2</sub> com 22,72% Ag, 44,02% Bi e 33,26% Se. Foi descrita em uma zona altamente brechada sobre calcário com fluorita e quartzo, próxima a *skarns* com magnetita (Anthony *et al.*, 2003; webmineral.com).

Trata-se de um mineral trigonal, opaco, com cor cinza chumbo e brilho metálico em observação macroscópica. A dureza é média, 3 na escala de Mohs, e ocorre como grãos irregulares. Sob luz refletida, a bohdanowiczita apresenta cor amarelo creme pálido a rosa e possui anisotropia forte em tons de cinza amarelado, quando observada em imersão por óleo (Schouten, 1962). No depósito Buraco do Ouro a bohdanowiczita está intimamente associada a guanajuatita, porém tal associação só pôde ser identificada através de análises na microsonda eletrônica, visto que bohdanowiczita e guanajuatita apresentam características óticas muito semelhantes. Os dados químicos sugerem uma solução sólida entre esses dois selenetos, uma vez que o conteúdo de prata da guanajuatita mostra um contínuo enriquecimento até alcançar a composição da bohdanowiczita (Menez, 2008).

A bohdanowiczita pode estar associada à prata, calcopirita, bornita, calcocita, cobaltita (CoAsS), digenita (Cu<sub>9</sub>S<sub>5</sub>), tennanita [(Cu,Ag,Fe,Zn)<sub>12</sub>As<sub>4</sub>S<sub>13</sub>], wittichenita (Cu<sub>3</sub>BiS<sub>3</sub>), clausthalita, tiemannita (HgSe), umangita (Cu<sub>3</sub>Se<sub>2</sub>), klockmannita (CuSe), naumannita (Ag<sub>2</sub>Se), eucairita (AgCuSe), hessita (Ag<sub>2</sub>Te), covelita, hematita, magnetita, goethita [FeO(OH)], fluorita (CaFe<sub>2</sub>), uraninita, malaquita [Cu<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)(OH)<sub>2</sub>] e azurita [Cu<sub>3</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>] (Anthony *et al.*, 2003).

## 9 – CLAUSTHALITA

A fórmula química da clausthalita é PbSe com 72,41% Pb e 27,59% Se. Associa-se a depósitos hidrotermais com outros selenetos e baixo conteúdo de enxofre (Anthony *et al.*, 2003; webmineral.com).

Trata-se de um mineral isométrico e opaco. Apresenta brilho metálico e cores cinza chumbo, cinza azulado e preto acinzentado em observação macroscópica. Possui três planos de clivagem perfeitos: (001), (010) e (100) (Schouten, 1962). Os hábitos observados na literatura são granular, maciço e cristais hexaoctaedrais, mas no depósito Buraco do Ouro a clausthalita ocorre em intercrescimento complexo com guanajuatita. A dureza é baixa, 2,5 na escala de Mohs, que é ligeiramente menor que a da galena. Em luz refletida apresenta cor branca. Mesmo se tratando de um mineral isométrico, a extinção nunca é completa (Schouten, 1962).

Pode associar-se a outros selenetos, ouro, calcopirita, bornita, galena, argentita (Ag<sub>2</sub>S), tiemannita, klockmannita, berzelianita (Cu<sub>2</sub>Se), estibiopaladinita, esfalerita e uraninita (Schouten, 1962; Anthony *et al.*, 2003). Devido a seu intercrescimento complexo com guanajuatita no minério do depósito, a clausthalita foi melhor caracterizada com o auxílio de imagens eletrônicas e de análises na microsonda.

### Referências Bibliográficas

- Anthony J.W., Bideaux R.A., Bladh K.W., Nichols M.C. (eds.). 2003. *Handbook of Mineralogy*. The United States of America, Mineral Data Publishing, v. 1, 588 p.
- Botelho N.F., Moura M.A., Peterson R.C., Stanley C.J., Silva D.V. 2006a. Kalungaite, PdAsSe, a new platinum group mineral from Buraco do Ouro gold mine, Cavalcante, Goiás State, Brazil. *Mineralogical Magazine*, **70**: 123-130.
- Desborough G.A., Finney J.J., Leonard B.F. 1973. Mertieite, a new palladium mineral from Goodnews Bay, Alaska. *American Mineralogist*. **58**: 1-10.
- Holtstam D. & Söderhielm J. 1999. The discreditation of platynite. *The Canadian Mineralogist*. **37**: 1313-1315.
- Jambor J.L. & Puziewicz J. 1993. New Mineral Names. *American Mineralogist*. **78**: 450-455.
- Menez J. 2008. *Depósito de Au-Pd-Pt associado a granito, mina Buraco do Ouro, Cavalcante, Goiás: Caracterização e modelo da mineralização*. Unpublished M.Sc. thesis, Institute of Geosciences, Brasília University, Brazil, 88 p.
- Schouten C. (ed.). 1962. *Determination tables for ore microscopy*. Amsterdam, Elsevier, 242 p.  
www.webmineral.com

ANEXO 2  
QUÍMICA MINERAL  
MICAS

## MUSCOVITA

Biotita-muscovita granito																						
	CV 1A /Pt2	CV 1A /Pt3	CV 1A /Pt5	CV 1A /Pt6	CV 1A /Pt7	CV1A /Pt8	CV 1A /Pt9	CV 1A /Pt10	CV 1A /Pt11	CV 1A /Pt12	CV 1A /Pt13	CV 1A /Pt14	CV 1A /Pt15	CV 1A /Pt16	CV 1A /Pt17	CV 1A /Pt19	CV 1A /Pt20	CV 1A /Pt21	CV 1A /Pt23	CV 1A /Pt24	CV 1A /Pt25	CV 1A /Pt26
SiO <sub>2</sub>	49,63	49,80	46,11	46,46	46,25	47,11	46,53	45,60	44,21	45,19	48,89	49,38	46,48	46,97	49,30	49,20	49,39	47,13	50,30	48,87	50,28	49,24
TiO <sub>2</sub>	0,43	0,55	0,12	0,06	0,02	0,12	0,00	0,00	0,04	0,04	0,49	0,27	0,04	0,01	0,52	0,38	0,05	0,56	0,72	0,38	0,98	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,52	28,39	35,47	35,75	35,45	35,37	36,26	34,50	34,18	35,19	28,56	27,94	33,97	35,76	27,83	27,21	28,08	34,84	28,02	28,34	27,69	27,73
FeO <sub>t</sub>	3,41	3,54	0,95	0,96	0,99	0,99	0,98	1,02	1,14	0,87	3,34	2,68	1,04	0,95	3,19	3,26	3,32	1,24	3,04	3,27	3,09	3,15
MnO	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
MgO	2,66	2,63	0,54	0,61	0,68	0,79	0,83	0,63	0,80	0,55	2,47	2,38	0,86	0,53	2,43	2,30	2,41	0,74	2,44	2,29	2,45	2,52
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	
BaO	0,00	0,07	0,09	0,08	0,00	0,11	0,00	0,00	0,03	0,00	0,16	0,20	0,08	0,00	0,01	0,08	0,03	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,13	0,01	0,29	0,52	0,39	0,39	0,46	0,25	0,21	0,49	0,04	0,08	0,66	0,34	0,09	0,18	0,11	0,28	0,00	0,00	0,03	0,00
K <sub>2</sub> O	10,98	11,15	10,59	10,70	10,68	10,73	10,72	10,57	10,01	10,27	10,87	10,70	10,33	10,32	10,67	10,93	10,94	10,82	10,87	10,99	11,04	10,91
H <sub>2</sub> O	4,48	4,49	4,46	4,51	4,48	4,53	4,54	4,39	4,30	4,39	4,43	4,40	4,43	4,51	4,41	4,38	4,43	4,50	4,47	4,42	4,45	4,42
Cl	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02
Total	100,25	100,63	98,64	99,64	98,94	100,15	100,37	96,97	94,97	97,07	99,25	98,04	97,88	99,41	98,47	98,06	99,10	99,63	99,73	98,91	99,41	98,97
Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes																						
Si	6,65	6,65	6,19	6,18	6,20	6,24	6,15	6,23	6,17	6,17	6,62	6,73	6,29	6,24	6,71	6,74	6,69	6,28	6,74	6,63	6,77	6,67
Al <sup>IV</sup>	1,35	1,35	1,81	1,82	1,81	1,76	1,85	1,77	1,83	1,84	1,38	1,27	1,71	1,76	1,30	1,26	1,31	1,73	1,26	1,37	1,23	1,33
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,15	3,13	3,81	3,79	3,79	3,75	3,79	3,79	3,79	3,82	3,18	3,22	3,72	3,84	3,17	3,13	3,17	3,74	3,17	3,17	3,17	3,10
Ti	0,04	0,06	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,01	0,00	0,05	0,05	0,04	0,01	0,06	0,07	0,04	0,10
Fe	0,38	0,40	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,10	0,38	0,31	0,12	0,11	0,36	0,37	0,38	0,14	0,34	0,37	0,35	0,36
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,53	0,53	0,11	0,12	0,14	0,16	0,16	0,13	0,17	0,11	0,50	0,48	0,17	0,11	0,49	0,47	0,49	0,15	0,49	0,46	0,49	0,51
∑ VI	4,10	4,10	4,04	4,03	4,04	4,03	4,07	4,04	4,09	4,05	4,10	4,04	4,01	4,05	4,07	4,03	4,07	4,03	4,06	4,08	4,04	4,07
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,04	0,00	0,08	0,14	0,10	0,10	0,12	0,07	0,06	0,13	0,01	0,02	0,17	0,09	0,03	0,05	0,03	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00
K	1,88	1,90	1,81	1,82	1,83	1,81	1,81	1,84	1,78	1,79	1,88	1,86	1,78	1,75	1,85	1,91	1,89	1,84	1,86	1,90	1,90	1,89
∑ A	1,91	1,91	1,89	1,96	1,93	1,92	1,93	1,91	1,84	1,92	1,90	1,89	1,96	1,84	1,88	1,96	1,92	1,91	1,86	1,90	1,91	1,89
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Biotita-muscovita granito												
	CV 1B /Pt1	CV 1B /Pt2	CV 1B /Pt3	CV 1B /Pt4	CV 1B /Pt5	CV 1B /Pt6	CV 1B /Pt7	CV 1B /Pt12	CV 1B /Pt13	CV 1B /Pt14	CV 1B /Pt15	CV 1B /Pt16
SiO <sub>2</sub>	46,89	45,64	47,55	49,64	49,54	50,74	49,83	45,04	46,29	48,43	49,68	50,06
TiO <sub>2</sub>	0,06	0,29	0,69	0,50	0,35	0,18	0,50	0,24	0,02	0,25	0,44	0,44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,57	35,44	30,37	27,69	27,72	28,32	28,07	34,77	35,49	31,19	27,71	27,18
FeO <sub>t</sub>	1,09	0,97	2,09	3,05	3,07	2,45	3,01	1,11	1,22	1,93	3,23	2,92
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00
MgO	0,74	0,55	1,69	2,70	2,58	2,64	2,61	0,63	0,91	1,41	2,67	2,54
CaO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
BaO	0,01	0,00	0,03	0,35	0,16	0,09	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,12
Na <sub>2</sub> O	0,55	0,49	0,04	0,34	0,00	0,08	0,03	0,52	0,40	0,27	0,10	0,00
K <sub>2</sub> O	10,83	10,19	10,81	10,89	11,13	11,38	11,03	10,55	10,66	10,76	11,13	11,27
H <sub>2</sub> O	4,53	4,44	4,39	4,44	4,42	4,50	4,46	4,39	4,50	4,45	4,44	4,42
Cl	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Total	100,26	98,01	97,67	99,60	98,99	100,39	99,57	97,25	99,54	98,72	99,48	98,95
Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes												
Si	6,21	6,16	6,50	6,70	6,72	6,76	6,70	6,15	6,17	6,53	6,71	6,79
Al <sup>IV</sup>	1,79	1,84	1,50	1,30	1,28	1,24	1,30	1,85	1,83	1,47	1,29	1,21
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,76	3,80	3,39	3,11	3,15	3,20	3,15	3,75	3,75	3,48	3,12	3,13
Ti	0,01	0,03	0,07	0,05	0,04	0,02	0,05	0,03	0,00	0,03	0,05	0,04
Fe	0,12	0,11	0,24	0,34	0,35	0,27	0,34	0,13	0,14	0,22	0,37	0,33
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Mg	0,15	0,11	0,34	0,54	0,52	0,52	0,52	0,13	0,18	0,28	0,54	0,51
∑ VI	4,03	4,05	4,04	4,05	4,06	4,02	4,07	4,03	4,08	4,01	4,07	4,02
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na	0,14	0,13	0,01	0,09	0,00	0,02	0,01	0,14	0,10	0,07	0,03	0,00
K	1,83	1,75	1,88	1,88	1,93	1,93	1,89	1,84	1,81	1,85	1,92	1,95
∑ A	1,97	1,88	1,90	1,98	1,94	1,96	1,90	1,98	1,92	1,92	1,94	1,96
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## Muscovita com lamelas maiores que 0,3mm

Muscovita-quartzo milonito																						
	70N2 26,80/Pt1	70N2 26,80/Pt2	70N2 26,80/Pt3	70N2 35,23/Pt1	70N2 35,23/Pt2	70N2 35,23/Pt3	70N2 35,23/Pt4	70N2 44,95/Pt1	70N2 44,95/Pt3	70N2 44,95/Pt6	70N2 82,60/Pt1	70N2 82,60/Pt2	70N2 82,60/Pt8	70N2 82,60/Pt9	70N2 82,60/Pt13	98S1 57,43/Pt1	98S1 57,43/Pt2	98S1 93,33/Pt1	98S1 93,33/Pt2	98S1 93,33/Pt3	98S1 93,33/Pt4	98S1 93,33/Pt5
SiO <sub>2</sub>	45,37	45,70	45,80	46,70	45,86	45,10	45,29	46,86	46,31	46,33	44,27	47,02	45,20	45,32	44,54	46,65	45,49	44,53	45,17	45,44	44,75	45,15
TiO <sub>2</sub>	0,75	0,27	0,15	0,21	0,04	0,12	0,10	0,09	0,05	0,06	0,00	0,02	0,03	0,03	0,00	0,02	0,02	0,45	0,54	0,52	0,57	0,44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,75	36,01	35,92	30,15	28,72	28,92	29,58	30,69	30,95	30,94	34,63	37,01	34,82	35,95	35,64	37,57	36,34	34,72	34,94	35,04	34,57	35,09
FeO <sub>i</sub>	1,21	1,33	1,25	4,98	5,22	6,32	5,41	4,64	5,04	5,09	1,08	0,87	1,48	1,22	1,24	0,34	0,75	1,74	1,63	1,66	1,67	1,54
MnO	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08	0,05	0,04	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
MgO	0,54	0,44	0,44	1,36	1,71	1,56	1,42	1,39	1,45	1,24	0,28	0,19	0,31	0,18	0,22	0,00	0,03	0,48	0,50	0,55	0,52	0,48
CaO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,05	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
BaO	0,00	0,00	0,03	0,16	0,08	0,00	0,11	0,06	0,18	0,12	0,01	0,00	0,00	0,01	0,10	0,00	0,11	0,00	0,00	0,07	0,01	0,18
Na <sub>2</sub> O	0,03	0,21	0,26	0,03	0,15	0,00	0,34	0,00	0,25	0,00	0,47	0,21	0,24	0,42	0,33	0,52	0,00	0,44	0,62	0,43	0,84	0,37
K <sub>2</sub> O	10,92	11,08	11,08	11,04	10,87	10,96	10,95	10,98	11,07	11,28	10,54	10,88	10,81	10,53	10,83	10,68	10,68	10,49	10,88	10,85	10,54	10,86
H <sub>2</sub> O	4,47	4,48	4,48	4,37	4,27	4,25	4,28	4,39	4,39	4,39	4,32	4,57	4,38	4,43	4,38	4,56	4,44	4,37	4,43	4,45	4,39	4,42
Cl	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02
Total	99,06	99,53	99,43	98,99	96,93	97,27	97,48	99,12	99,70	99,52	95,72	100,84	97,31	98,14	97,30	100,36	97,85	97,22	98,69	99,02	97,88	98,57
Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes																						
Si	6,09	6,11	6,13	6,41	6,44	6,36	6,35	6,40	6,32	6,34	6,15	6,17	6,18	6,13	6,10	6,13	6,15	6,11	6,11	6,13	6,11	6,12
Al <sup>IV</sup>	1,91	1,89	1,87	1,59	1,56	1,64	1,65	1,60	1,68	1,66	1,85	1,83	1,82	1,87	1,90	1,87	1,85	1,89	1,89	1,87	1,89	1,88
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,75	3,79	3,80	3,28	3,20	3,16	3,23	3,34	3,30	3,32	3,82	3,89	3,79	3,86	3,85	3,95	3,94	3,72	3,69	3,69	3,67	3,72
Ti	0,08	0,03	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05
Fe	0,14	0,15	0,14	0,57	0,61	0,75	0,63	0,53	0,58	0,58	0,13	0,10	0,17	0,14	0,14	0,04	0,09	0,20	0,18	0,19	0,19	0,17
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,11	0,09	0,09	0,28	0,36	0,33	0,30	0,28	0,30	0,25	0,06	0,04	0,06	0,04	0,04	0,00	0,01	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10
∑ VI	4,07	4,05	4,04	4,16	4,18	4,25	4,17	4,16	4,18	4,17	4,00	4,03	4,03	4,04	4,04	3,99	4,03	4,07	4,03	4,05	4,02	4,04
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na	0,01	0,05	0,07	0,01	0,04	0,00	0,09	0,00	0,07	0,00	0,13	0,05	0,06	0,11	0,09	0,13	0,00	0,12	0,16	0,11	0,22	0,10
K	1,87	1,89	1,89	1,93	1,95	1,97	1,96	1,91	1,93	1,97	1,87	1,82	1,89	1,82	1,89	1,79	1,84	1,84	1,88	1,87	1,84	1,88
∑ A	1,88	1,94	1,96	1,95	2,00	1,97	2,06	1,92	2,00	1,98	2,00	1,88	1,96	1,93	1,98	1,92	1,85	1,95	2,04	1,98	2,06	1,99
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



	Muscovita-quartzo milonito										Pegmatito										
	98S1 93,33/Pt6	98S1 93,33/Pt12	98S1 93,33/Pt13	98S1 93,33/Pt14	98S1 93,33/Pt15	98S1 93,33/Pt16	98S1 93,33/Pt17	98S1 93,33/Pt18	98S1 93,33/Pt19	98S1 93,33/Pt20	98S1 89,51/Pt1	98S1 89,51/Pt2	98S1 89,51/Pt9	98S1 89,51/Pt10	98S1 89,51/Pt11	98S1 89,51/Pt12	98S1 89,51/Pt13	98S1 89,51/Pt14	98S1 89,51/Pt15	98S1 90,70/Pt1	98S1 90,70/Pt2
SiO <sub>2</sub>	45,07	44,36	44,87	44,97	45,77	45,31	44,61	44,97	45,40	44,31	44,68	44,57	46,38	45,62	45,39	46,04	46,54	45,50	45,43	45,81	45,81
TiO <sub>2</sub>	0,40	0,56	0,65	0,53	0,64	0,50	0,52	0,63	0,51	0,72	0,50	0,54	0,39	0,17	0,23	0,64	0,28	0,19	0,19	0,72	0,82
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,71	34,70	34,73	34,79	35,24	35,00	34,73	35,00	34,87	34,58	35,29	34,90	35,73	35,66	35,97	35,67	35,84	35,51	35,84	35,96	35,86
FeO <sub>i</sub>	1,72	1,51	1,70	1,69	1,65	1,69	1,81	1,73	1,68	1,68	1,23	1,27	1,15	1,24	1,29	1,26	1,25	1,26	1,32	1,22	1,12
MnO	0,04	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,01	0,00	0,01	0,04
MgO	0,65	0,45	0,56	0,42	0,55	0,56	0,45	0,53	0,53	0,45	0,46	0,57	0,46	0,44	0,46	0,60	0,47	0,52	0,46	0,55	0,53
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BaO	0,00	0,06	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01	0,07	0,16
Na <sub>2</sub> O	0,40	0,34	0,50	0,00	0,47	0,19	0,37	0,87	0,34	0,56	0,64	0,67	0,18	0,58	0,25	0,74	0,58	0,52	0,59	0,54	0,28
K <sub>2</sub> O	10,67	10,47	10,49	10,66	10,58	10,87	10,25	10,53	10,30	10,49	10,56	10,43	10,87	10,48	10,27	9,90	10,42	10,20	10,32	10,18	10,34
H <sub>2</sub> O	4,41	4,36	4,40	4,39	4,48	4,43	4,37	4,43	4,43	4,37	4,40	4,38	4,51	4,46	4,45	4,50	4,52	4,44	4,46	4,50	4,49
Cl	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
Total	98,07	96,84	98,02	97,45	99,38	98,56	97,13	98,76	98,23	97,17	97,75	97,34	99,68	98,75	98,31	99,39	99,94	98,25	98,62	99,58	99,44
<b>Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes</b>																					
Si	6,13	6,10	6,11	6,14	6,13	6,13	6,12	6,08	6,15	6,09	6,08	6,10	6,17	6,14	6,12	6,14	6,17	6,14	6,12	6,10	6,11
Al <sup>IV</sup>	1,87	1,90	1,89	1,86	1,87	1,87	1,89	1,92	1,85	1,91	1,92	1,90	1,83	1,86	1,88	1,87	1,83	1,86	1,89	1,90	1,89
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,70	3,73	3,68	3,74	3,70	3,71	3,73	3,67	3,72	3,69	3,75	3,72	3,78	3,79	3,83	3,74	3,78	3,79	3,80	3,75	3,75
Ti	0,04	0,06	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,04	0,02	0,02	0,06	0,03	0,02	0,02	0,07	0,08
Fe	0,20	0,17	0,19	0,19	0,19	0,19	0,21	0,20	0,19	0,19	0,14	0,15	0,13	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,12
Mn	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,13	0,09	0,11	0,09	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11	0,09	0,09	0,12	0,09	0,09	0,09	0,12	0,09	0,10	0,09	0,11	0,11
∑ VI	4,07	4,06	4,05	4,08	4,06	4,07	4,08	4,04	4,07	4,05	4,03	4,04	4,04	4,04	4,09	4,06	4,04	4,06	4,06	4,07	4,06
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na	0,11	0,09	0,13	0,00	0,12	0,05	0,10	0,23	0,09	0,15	0,17	0,18	0,05	0,15	0,07	0,19	0,15	0,14	0,15	0,14	0,07
K	1,85	1,84	1,82	1,86	1,81	1,88	1,79	1,82	1,78	1,84	1,84	1,82	1,85	1,80	1,77	1,68	1,76	1,76	1,77	1,73	1,76
∑ A	1,96	1,93	1,96	1,86	1,93	1,92	1,89	2,05	1,88	1,99	2,00	2,00	1,90	1,96	1,83	1,87	1,91	1,90	1,93	1,87	1,84
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	Pegmatito													Formação Ticunzal								
	98S1	98S1	98S1	98S1	98S1	JMCAV2	JMCAV2	JMCAV2	JMCAV2	JMCAV2	JMCAV2	JMCAV2	JMCAV2	70N2	70N2	70N2	70N2	91N	91N	91N	91N	
	90,70/Pt3	90,70/Pt4	90,70/Pt5	90,70/Pt6	90,70/Pt7	/Pt3	/Pt4	/Pt7	/Pt8	/Pt9	/Pt10	/Pt11	/Pt12	/Pt13	7,30/Pt3	7,30/Pt4	7,30/Pt7	7,30/Pt8	132,14/Pt5	132,14/Pt6	132,14/Pt7	132,14/Pt8
SiO <sub>2</sub>	45,24	45,45	45,73	45,84	45,65	45,54	45,69	46,66	47,11	47,04	45,88	46,14	46,67	46,37	46,16	46,57	46,07	44,99	45,78	46,11	46,09	46,16
TiO <sub>2</sub>	0,73	0,65	0,61	0,69	0,68	0,59	0,64	0,51	0,57	0,52	0,74	0,80	0,55	0,57	0,12	0,13	0,01	0,05	0,12	0,04	0,08	0,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,67	35,66	35,63	35,99	35,59	35,27	34,93	35,59	35,18	35,71	35,03	35,16	35,20	35,15	36,68	36,43	37,21	37,04	35,11	35,76	36,05	35,51
FeO <sub>i</sub>	1,20	1,29	1,23	1,05	1,30	1,66	1,55	1,53	1,57	1,45	1,53	1,51	1,55	1,63	1,00	1,10	0,66	0,68	1,08	0,95	0,97	1,12
MnO	0,02	0,03	0,04	0,03	0,00	0,02	0,07	0,04	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00
MgO	0,59	0,57	0,66	0,56	0,54	0,76	0,79	0,63	0,82	0,79	0,69	0,73	0,71	0,67	0,46	0,58	0,25	0,24	0,52	0,28	0,23	0,34
CaO	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
BaO	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,10	0,13	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,89	1,07	0,91	0,18	0,00	0,29	0,05
Na <sub>2</sub> O	0,91	0,50	0,73	0,32	0,50	0,59	0,65	0,73	0,48	0,48	0,51	0,60	0,73	0,61	0,60	0,63	0,39	0,27	0,35	0,35	0,56	0,44
K <sub>2</sub> O	10,42	10,59	9,97	10,57	10,64	10,68	10,84	10,77	10,68	10,69	10,77	10,65	10,69	10,69	10,27	10,12	10,09	9,27	10,67	10,59	10,82	10,53
H <sub>2</sub> O	4,47	4,47	4,48	4,50	4,48	4,48	4,47	4,55	4,55	4,57	4,48	4,51	4,53	4,51	4,53	4,55	4,52	4,44	4,43	4,47	4,49	4,47
Cl	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
Total	99,27	99,22	99,38	99,54	99,40	99,57	99,75	101,14	100,95	101,25	99,69	100,11	100,65	100,23	100,69	101,02	100,29	97,91	98,28	98,55	99,56	98,76
<b>Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes</b>																						
Si	6,07	6,09	6,11	6,11	6,11	6,10	6,12	6,15	6,20	6,17	6,14	6,14	6,17	6,16	6,10	6,14	6,10	6,07	6,19	6,19	6,16	6,20
Al <sup>IV</sup>	1,93	1,91	1,89	1,89	1,89	1,90	1,88	1,85	1,80	1,83	1,86	1,86	1,83	1,84	1,90	1,86	1,90	1,93	1,81	1,81	1,85	1,80
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,71	3,73	3,73	3,76	3,72	3,67	3,64	3,68	3,66	3,70	3,66	3,65	3,66	3,67	3,82	3,80	3,91	3,97	3,78	3,85	3,83	3,81
Ti	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,08	0,08	0,06	0,06	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Fe	0,14	0,14	0,14	0,12	0,15	0,19	0,17	0,17	0,17	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,11	0,12	0,07	0,08	0,12	0,11	0,11	0,13
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,12	0,12	0,13	0,11	0,11	0,15	0,16	0,12	0,16	0,15	0,14	0,15	0,14	0,13	0,09	0,12	0,05	0,05	0,11	0,06	0,05	0,07
∑ VI	4,03	4,06	4,06	4,06	4,04	4,07	4,04	4,03	4,05	4,06	4,05	4,04	4,03	4,04	4,04	4,05	4,03	4,10	4,03	4,02	3,99	4,02
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,06	0,05	0,01	0,00	0,02	0,00
Na	0,24	0,13	0,19	0,08	0,13	0,15	0,17	0,19	0,12	0,12	0,13	0,16	0,19	0,16	0,15	0,16	0,10	0,07	0,09	0,09	0,15	0,12
K	1,78	1,81	1,70	1,80	1,82	1,83	1,85	1,81	1,79	1,79	1,84	1,81	1,80	1,81	1,73	1,70	1,70	1,60	1,84	1,82	1,84	1,80
∑ A	2,02	1,94	1,90	1,88	1,95	1,98	2,03	2,00	1,92	1,91	1,97	1,96	1,99	1,97	1,93	1,91	1,86	1,71	1,94	1,91	2,00	1,93
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Formação Ticunzal																				
	91N 132,14/Pt21	91N 132,14/Pt22	91N 132,14/Pt23	91N 132,14/Pt24	91N 132,14/Pt25	91N 132,14/Pt26	91N 132,40/Pt1	91N 132,40/Pt2	91N 132,40/Pt3	91N 132,40/Pt4	91N 132,40/Pt5	91N 132,40/Pt17	91N 132,40/Pt18	91N 132,40/Pt19	91N 132,40/Pt20	91N 132,40/Pt21	91N 132,40/Pt22	91N 132,40/Pt23	91N 132,40/Pt24	91N 132,40/Pt25
SiO <sub>2</sub>	46,85	47,15	46,94	45,97	46,64	46,92	46,03	46,87	46,21	46,53	46,57	44,94	45,38	45,11	46,53	46,03	45,38	45,95	45,42	46,59
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,03	0,04	0,41	0,23	0,32	0,37	0,31	0,71	0,07	0,11	0,03	0,06	0,00	0,07	0,00	0,08	0,02	0,02	0,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,09	36,63	37,02	36,19	35,42	36,32	34,40	35,35	34,83	34,89	36,11	34,54	34,66	34,48	35,65	35,18	35,02	34,77	35,00	36,05
FeO <sub>i</sub>	1,14	0,95	0,75	1,11	1,36	0,98	1,08	0,95	0,91	1,15	0,95	0,88	0,84	0,91	0,98	1,04	0,96	0,75	0,90	0,89
MnO	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
MgO	0,44	0,55	0,46	0,37	0,55	0,42	0,60	0,54	0,42	0,56	0,42	0,41	0,53	0,39	0,48	0,44	0,44	0,48	0,42	0,45
CaO	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BaO	0,21	0,04	0,00	0,09	0,05	0,08	0,43	0,32	0,57	0,38	0,43	0,39	0,69	0,34	0,29	0,14	0,30	0,29	0,25	0,27
Na <sub>2</sub> O	0,35	0,66	0,72	0,26	0,39	0,62	0,83	0,37	0,49	0,66	0,44	0,70	0,64	0,62	0,64	0,49	0,58	0,52	0,72	0,83
K <sub>2</sub> O	10,76	10,64	10,33	10,47	10,60	10,39	10,03	10,01	10,00	10,57	10,08	10,17	10,21	10,29	10,20	10,50	10,23	10,14	10,26	10,26
H <sub>2</sub> O	4,54	4,58	4,58	4,50	4,51	4,56	4,43	4,50	4,45	4,47	4,51	4,35	4,39	4,36	4,50	4,44	4,40	4,41	4,40	4,55
Cl	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00
Total	100,46	101,23	100,86	99,41	99,74	100,63	98,23	99,23	98,60	99,29	99,65	96,49	97,48	96,49	99,34	98,28	97,38	97,34	97,40	100,55
Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes																				
Si	6,19	6,17	6,15	6,13	6,21	6,17	6,23	6,24	6,22	6,24	6,19	6,19	6,20	6,21	6,21	6,21	6,18	6,25	6,19	6,15
Al <sup>IV</sup>	1,81	1,83	1,85	1,87	1,79	1,83	1,77	1,76	1,78	1,76	1,81	1,81	1,80	1,79	1,80	1,79	1,82	1,75	1,81	1,85
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,81	3,82	3,86	3,82	3,76	3,80	3,71	3,79	3,74	3,75	3,84	3,80	3,78	3,80	3,81	3,81	3,81	3,82	3,81	3,75
Ti	0,01	0,00	0,00	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,07	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07
Fe	0,13	0,10	0,08	0,12	0,15	0,11	0,12	0,11	0,10	0,13	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,11	0,09	0,10	0,10
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,09	0,11	0,09	0,07	0,11	0,08	0,12	0,11	0,08	0,11	0,08	0,09	0,11	0,08	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09
∑ VI	4,03	4,03	4,04	4,06	4,04	4,03	4,00	4,04	4,00	3,99	4,04	4,00	3,99	3,99	4,02	4,01	4,02	4,01	4,00	4,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Na	0,09	0,17	0,18	0,07	0,10	0,16	0,22	0,10	0,13	0,17	0,11	0,19	0,17	0,17	0,17	0,13	0,15	0,14	0,19	0,21
K	1,81	1,78	1,73	1,78	1,80	1,74	1,73	1,70	1,72	1,81	1,71	1,79	1,78	1,81	1,74	1,81	1,78	1,76	1,78	1,73
∑ A	1,92	1,94	1,91	1,86	1,90	1,91	1,97	1,81	1,87	2,00	1,85	2,00	1,99	1,99	1,92	1,94	1,95	1,91	1,99	1,95
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Formação Ticunzal								
	91N 132,40/Pt26	91N 132,40/Pt27	91N 132,40/Pt28	91N 132,40/Pt29	91N 132,40/Pt30	91N 132,40/Pt31	91N 132,40/Pt32	91N 132,40/Pt33
SiO <sub>2</sub>	46,86	46,92	45,95	46,47	46,58	46,36	46,32	46,44
TiO <sub>2</sub>	0,63	0,82	0,99	0,65	0,23	0,14	0,24	0,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,98	35,59	35,42	35,30	36,88	36,41	36,32	36,73
FeO <sub>i</sub>	0,86	1,00	0,85	1,42	0,81	0,81	0,98	0,94
MnO	0,01	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
MgO	0,46	0,57	0,53	0,57	0,52	0,50	0,51	0,46
CaO	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
BaO	0,45	0,23	0,33	0,51	0,56	0,54	0,25	0,40
Na <sub>2</sub> O	0,64	0,61	0,35	0,43	0,74	0,91	0,86	1,04
K <sub>2</sub> O	10,33	10,31	10,09	10,32	10,10	10,38	10,35	10,44
H <sub>2</sub> O	4,55	4,55	4,48	4,51	4,56	4,54	4,53	4,56
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Total	100,77	100,59	99,04	100,18	101,03	100,59	100,38	101,21
Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes								
Si	6,17	6,18	6,15	6,18	6,12	6,13	6,13	6,10
Al <sup>IV</sup>	1,83	1,82	1,85	1,83	1,88	1,87	1,87	1,90
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,76	3,71	3,73	3,70	3,82	3,80	3,79	3,79
Ti	0,06	0,08	0,10	0,07	0,02	0,01	0,02	0,02
Fe	0,09	0,11	0,10	0,16	0,09	0,09	0,11	0,10
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09
∑ VI	4,00	4,02	4,04	4,04	4,04	4,00	4,02	4,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,02
Na	0,16	0,16	0,09	0,11	0,19	0,23	0,22	0,27
K	1,74	1,73	1,72	1,75	1,69	1,75	1,75	1,75
∑ A	1,92	1,90	1,83	1,89	1,91	2,01	1,98	2,04
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Muscovita das porções estéreis**

Muscovita-quartzo milonito																						
	70N1 32,15/Pt1	70N1 32,15/Pt2	70N1 32,15/Pt3	70N1 32,15/Pt4	70N1 32,15/Pt5	70N1 32,15/Pt6	70N2 44,95/Pt9	70N2 44,95/Pt10	70N2 44,95/Pt11	70N2 70,30/Pt1	70N2 70,30/Pt2	70N2 82,60/Pt3	70N2 82,60/Pt4	70N2 82,60/Pt5	70N2 82,60/Pt6	70N2 82,60/Pt7	70N2 82,60/Pt10	70N2 82,60/Pt11	70N2 82,60/Pt12	70N2 82,60/Pt14	70N2 82,60/Pt15	70N2 82,60/Pt16
SiO <sub>2</sub>	45,71	47,39	46,62	44,84	45,97	46,10	46,02	47,68	47,06	48,62	48,64	45,13	45,30	45,59	45,61	46,27	45,80	45,06	45,68	44,98	45,82	45,46
TiO <sub>2</sub>	0,10	0,10	0,09	0,07	0,10	0,08	0,16	0,23	0,13	0,16	0,15	0,01	0,02	0,06	0,03	0,08	0,07	0,10	0,09	0,04	0,06	0,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,32	34,68	34,45	33,54	34,90	35,05	30,76	32,27	31,03	31,98	32,14	36,01	36,23	34,32	34,10	35,31	34,96	34,84	34,19	36,73	36,01	34,66
FeO <sub>t</sub>	2,14	2,15	2,20	2,06	1,99	1,87	4,79	4,28	4,69	1,88	2,01	1,11	0,96	1,81	1,79	1,42	1,81	1,71	1,87	0,67	1,20	1,72
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
MgO	0,76	0,72	0,74	0,57	0,66	0,62	1,17	1,17	1,17	1,74	1,53	0,14	0,10	0,52	0,62	0,53	0,57	0,47	0,51	0,09	0,15	0,51
CaO	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,42	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,05	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
BaO	0,00	0,01	0,06	0,00	0,03	0,13	0,00	0,00	0,01	0,17	0,06	0,07	0,34	0,09	0,03	0,14	0,20	0,00	0,10	0,00	0,00	0,19
Na <sub>2</sub> O	0,22	0,63	0,03	0,13	0,19	0,38	0,19	0,03	0,19	0,00	0,22	0,27	0,45	0,00	0,06	0,09	0,27	0,36	0,00	0,03	0,33	0,00
K <sub>2</sub> O	10,71	11,09	11,20	10,90	11,06	11,22	10,38	10,85	11,16	11,48	11,24	10,77	10,75	10,75	10,99	11,00	11,09	10,97	11,07	10,71	11,11	10,98
H <sub>2</sub> O	4,42	4,55	4,48	4,32	4,46	4,48	4,35	4,50	4,42	4,51	4,52	4,42	4,44	4,39	4,39	4,47	4,45	4,40	4,40	4,43	4,47	4,40
Cl	0,00	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	98,38	101,35	99,89	96,48	99,44	99,94	98,24	101,06	99,89	100,56	100,51	97,93	98,59	97,61	97,71	99,28	99,26	97,88	97,93	97,75	99,15	97,99
Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes																						
Si	6,20	6,25	6,24	6,22	6,18	6,17	6,34	6,36	6,39	6,46	6,46	6,12	6,11	6,22	6,23	6,20	6,17	6,15	6,23	6,08	6,15	6,19
Al <sup>IV</sup>	1,80	1,75	1,76	1,79	1,83	1,83	1,66	1,65	1,62	1,54	1,54	1,88	1,89	1,78	1,77	1,80	1,83	1,85	1,77	1,92	1,85	1,81
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,69	3,64	3,67	3,69	3,70	3,70	3,34	3,42	3,35	3,47	3,49	3,88	3,87	3,74	3,71	3,78	3,72	3,75	3,72	3,94	3,84	3,75
Ti	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
Fe	0,24	0,24	0,25	0,24	0,22	0,21	0,55	0,48	0,53	0,21	0,22	0,13	0,11	0,21	0,20	0,16	0,20	0,20	0,21	0,08	0,13	0,20
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,15	0,14	0,15	0,12	0,13	0,12	0,24	0,23	0,24	0,35	0,30	0,03	0,02	0,11	0,13	0,11	0,11	0,10	0,11	0,02	0,03	0,10
∑ VI	4,09	4,03	4,07	4,06	4,07	4,04	4,15	4,16	4,13	4,04	4,03	4,03	4,00	4,06	4,06	4,05	4,05	4,04	4,05	4,04	4,01	4,06
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Na	0,06	0,16	0,01	0,03	0,05	0,10	0,05	0,01	0,05	0,00	0,06	0,07	0,12	0,00	0,02	0,02	0,07	0,10	0,00	0,01	0,09	0,00
K	1,85	1,87	1,91	1,93	1,90	1,92	1,82	1,85	1,93	1,95	1,90	1,86	1,85	1,87	1,91	1,88	1,91	1,93	1,93	1,85	1,90	1,91
∑ A	1,91	2,03	1,92	1,96	1,95	2,02	1,94	1,86	1,98	1,96	1,96	1,94	1,99	1,88	1,94	1,91	1,99	2,00	1,93	1,86	1,99	1,92
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	Muscovita-quartzo milonito																		Pegmatito			
	98S1 57,43/Pt3	98S1 57,43/Pt4	98S1 57,43/Pt5	98S1 57,43/Pt6	98S1 57,43/Pt7	98S1 57,43/Pt8	98S1 93,33/Pt7	98S1 93,33/Pt8	98S1 93,33/Pt9	98S1 93,33/Pt10	98S1 93,33/Pt11	84S1 59,50/Pt1	84S1 59,50/Pt2	84S1 59,50/Pt3	84S1 59,50/Pt4	84S1 59,50/Pt5	84S1 59,50/Pt6	FB1 50,77/Pt5	FB1 50,77/Pt6	98S1 89,51/Pt3	98S1 89,51/Pt4	98S1 89,51/Pt5
SiO <sub>2</sub>	46,91	49,32	48,15	43,80	47,37	48,83	47,89	46,29	46,56	46,52	46,86	46,53	45,79	45,92	46,44	46,48	45,83	46,03	47,18	46,09	46,93	46,86
TiO <sub>2</sub>	0,19	0,20	0,19	0,21	0,15	0,22	0,16	0,14	0,11	0,16	0,14	0,16	0,14	0,14	0,12	0,17	0,17	0,09	0,03	0,68	0,43	0,27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,45	30,91	30,78	28,39	31,22	31,54	30,30	30,76	31,29	30,94	31,27	34,22	33,76	33,39	33,61	33,82	33,16	32,71	32,76	29,74	29,71	30,50
FeO <sub>i</sub>	1,34	1,26	1,44	1,42	1,55	1,47	2,07	2,28	2,09	2,04	2,16	2,04	2,16	2,18	1,99	2,13	2,19	3,35	3,20	2,16	2,21	2,13
MnO	0,00	0,03	0,05	0,03	0,00	0,07	0,02	0,03	0,06	0,04	0,00	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,02	0,00
MgO	1,98	2,52	2,12	1,92	1,88	2,13	2,09	1,94	1,78	1,86	1,86	0,81	0,77	0,85	0,92	0,84	0,86	1,06	1,19	1,87	2,11	2,07
CaO	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
BaO	0,15	0,01	0,00	0,07	0,14	0,01	0,06	0,03	0,10	0,00	0,03	0,19	0,04	0,11	0,04	0,14	0,04	0,00	0,06	0,16	0,08	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,06	0,00	0,25	0,22	0,00	0,03	0,16	0,09	0,37	0,56	0,00	0,24	0,24	0,15	0,03	0,19	0,13	0,00	0,00	0,31	0,40	0,00
K <sub>2</sub> O	10,87	11,44	11,23	9,49	10,64	11,16	11,29	11,04	10,72	11,18	11,16	11,27	11,30	11,24	11,42	11,20	10,83	10,62	11,31	11,06	10,99	11,12
H <sub>2</sub> O	4,33	4,52	4,43	4,03	4,38	4,50	4,41	4,34	4,37	4,36	4,38	4,48	4,41	4,40	4,44	4,45	4,38	4,39	4,47	4,30	4,35	4,36
Cl	0,01	0,00	0,01	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Total	96,31	100,22	98,64	89,62	97,36	99,96	98,44	96,93	97,45	97,68	97,87	99,96	98,63	98,41	99,00	99,41	97,62	98,28	100,20	96,42	97,23	97,32
<b>Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes</b>																						
Si	6,49	6,55	6,51	6,49	6,47	6,50	6,51	6,40	6,39	6,39	6,41	6,23	6,22	6,25	6,27	6,26	6,27	6,28	6,33	6,43	6,48	6,44
Al <sup>IV</sup>	1,51	1,45	1,49	1,51	1,53	1,50	1,49	1,60	1,61	1,61	1,59	1,77	1,78	1,75	1,73	1,74	1,73	1,72	1,67	1,58	1,53	1,56
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,45	3,38	3,41	3,45	3,50	3,44	3,37	3,41	3,45	3,40	3,45	3,64	3,63	3,61	3,63	3,62	3,62	3,55	3,51	3,31	3,31	3,39
Ti	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,07	0,04	0,03
Fe	0,16	0,14	0,16	0,18	0,18	0,16	0,24	0,26	0,24	0,23	0,25	0,23	0,25	0,25	0,22	0,24	0,25	0,38	0,36	0,25	0,26	0,25
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,41	0,50	0,43	0,42	0,38	0,42	0,42	0,40	0,36	0,38	0,38	0,16	0,16	0,17	0,19	0,17	0,17	0,22	0,24	0,39	0,43	0,42
∑ VI	4,03	4,04	4,02	4,08	4,07	4,06	4,04	4,09	4,07	4,04	4,09	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,06	4,16	4,11	4,02	4,04	4,08
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Na	0,02	0,00	0,07	0,06	0,00	0,01	0,04	0,03	0,10	0,15	0,00	0,06	0,06	0,04	0,01	0,05	0,03	0,00	0,00	0,08	0,11	0,00
K	1,92	1,94	1,94	1,79	1,85	1,89	1,96	1,95	1,88	1,96	1,95	1,93	1,96	1,95	1,97	1,92	1,89	1,85	1,94	1,97	1,93	1,95
∑ A	1,95	1,94	2,00	1,86	1,86	1,90	2,00	1,97	1,98	2,11	1,95	2,00	2,03	2,00	1,98	1,98	1,93	1,85	1,94	2,06	2,05	1,95
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	Pegmatito								Formação Ticunzal												
	98S1 89,51/Pt6	98S1 89,51/Pt7	98S1 89,51/Pt8	JMCAV2 /Pt1	JMCAV2 /Pt2	JMCAV2 /Pt5	JMCAV2 /Pt6	70N2 7,30/Pt5	70N2 7,30/Pt6	91N 132,40/Pt11	91N 132,40/Pt12	91N 132,40/Pt13	91N 132,40/Pt14	91N 132,40/Pt15	91N 133,60/Pt4	91N 133,60/Pt5	91N 133,60/Pt6	91N 133,60/Pt7	91N 133,60/Pt8	91N 133,60/Pt9	91N 133,60/Pt11
SiO <sub>2</sub>	46,92	46,73	47,51	48,14	49,13	47,10	48,80	46,62	46,01	47,60	48,20	46,49	47,39	50,06	47,58	48,61	47,56	48,25	48,14	47,66	48,19
TiO <sub>2</sub>	0,24	0,25	0,31	0,43	0,23	0,13	0,32	0,30	0,00	0,53	0,54	0,49	0,62	0,16	0,55	0,64	0,52	0,51	0,58	0,74	0,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,86	30,35	30,13	32,86	33,67	32,58	31,67	30,30	37,35	28,27	27,94	27,03	27,35	24,98	28,74	27,65	28,13	28,18	28,54	27,66	27,68
FeO <sub>t</sub>	2,16	2,19	2,18	1,51	1,49	1,52	1,49	4,86	1,06	3,97	3,80	5,90	4,76	5,69	3,70	4,26	4,03	3,89	4,02	4,70	4,24
MnO	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
MgO	1,87	2,02	2,15	1,82	1,46	1,52	1,72	1,52	0,36	2,06	2,15	3,03	2,32	2,57	2,15	2,63	2,29	2,41	2,41	2,84	2,48
CaO	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00
BaO	0,18	0,03	0,10	0,42	0,06	0,15	0,07	0,03	0,37	0,09	0,14	0,08	0,09	0,18	0,04	0,11	0,00	0,00	0,17	0,00	0,03
Na <sub>2</sub> O	0,06	0,06	0,03	0,31	0,00	0,13	0,47	0,16	0,99	0,06	0,12	0,07	0,12	0,00	0,22	0,32	0,11	0,14	0,10	0,31	0,00
K <sub>2</sub> O	10,91	11,21	11,08	10,81	10,92	10,62	10,28	10,13	10,31	11,02	10,99	10,38	11,07	11,19	10,88	10,86	11,00	10,87	10,88	10,75	11,02
H <sub>2</sub> O	4,37	4,35	4,39	4,53	4,59	4,41	4,49	4,36	4,56	4,35	4,37	4,30	4,32	4,37	4,37	4,41	4,35	4,39	4,40	4,38	4,37
Cl	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,04	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01
Total	97,60	97,20	97,91	100,87	101,57	98,23	99,34	98,33	101,03	98,01	98,31	97,78	98,08	99,20	98,24	99,49	98,01	98,65	99,24	99,11	98,46
<b>Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes</b>																					
Si	6,43	6,44	6,50	6,37	6,41	6,38	6,51	6,40	6,06	6,57	6,62	6,49	6,57	6,87	6,53	6,61	6,56	6,59	6,55	6,53	6,62
Al <sup>IV</sup>	1,57	1,56	1,51	1,64	1,59	1,62	1,49	1,60	1,95	1,44	1,38	1,51	1,43	1,13	1,47	1,39	1,44	1,41	1,45	1,48	1,39
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,42	3,38	3,35	3,49	3,59	3,58	3,49	3,30	3,85	3,16	3,14	2,93	3,04	2,91	3,18	3,04	3,13	3,13	3,13	2,99	3,09
Ti	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,01	0,03	0,03	0,00	0,05	0,06	0,05	0,06	0,02	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,08	0,05
Fe	0,25	0,25	0,25	0,17	0,16	0,17	0,17	0,56	0,12	0,46	0,44	0,69	0,55	0,65	0,43	0,48	0,47	0,44	0,46	0,54	0,49
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,38	0,42	0,44	0,36	0,29	0,31	0,34	0,31	0,07	0,42	0,44	0,63	0,48	0,53	0,44	0,53	0,47	0,49	0,49	0,58	0,51
∑ VI	4,08	4,07	4,07	4,06	4,06	4,07	4,03	4,21	4,04	4,10	4,08	4,30	4,13	4,11	4,10	4,12	4,12	4,12	4,14	4,18	4,13
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Ba	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Na	0,02	0,02	0,01	0,08	0,00	0,03	0,12	0,04	0,25	0,02	0,03	0,02	0,03	0,00	0,06	0,09	0,03	0,04	0,03	0,08	0,00
K	1,91	1,97	1,93	1,82	1,82	1,84	1,75	1,78	1,73	1,94	1,93	1,85	1,96	1,96	1,91	1,88	1,94	1,89	1,89	1,88	1,93
∑ A	1,93	1,99	1,95	1,93	1,82	1,88	1,87	1,82	2,00	1,96	1,97	1,87	2,00	1,97	1,97	1,97	1,96	1,93	1,92	1,97	1,93
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	Formação Ticunzal		Biotita-muscovita granito				
	91N	91N	CV1A	CV1B	CV1B	CV1B	CV1B
	133,60/Pt12	133,60/Pt13	/Pt30	/Pt8BIS	/Pt9	/Pt10	/Pt11
SiO <sub>2</sub>	47,64	47,02	47,96	49,31	49,35	48,97	48,89
TiO <sub>2</sub>	0,58	0,53	0,69	0,30	0,48	0,53	0,39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,77	27,85	28,31	28,03	28,28	28,01	27,76
FeO <sub>i</sub>	3,59	3,58	3,14	3,08	3,26	3,13	3,41
MnO	0,02	0,00	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00
MgO	2,13	2,18	2,30	2,37	2,37	2,43	2,61
CaO	0,05	0,03	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00
BaO	0,16	0,11	0,20	0,00	0,15	0,07	0,04
Na <sub>2</sub> O	0,41	0,22	0,08	0,00	0,11	0,15	0,23
K <sub>2</sub> O	10,85	10,86	10,84	11,03	10,95	11,05	11,11
H <sub>2</sub> O	4,33	4,29	4,36	4,41	4,44	4,41	4,40
Cl	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00
Total	97,53	96,67	97,95	98,53	99,46	98,75	98,84
<b>Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalente</b>							
Si	6,60	6,57	6,59	6,71	6,67	6,66	6,66
Al <sup>IV</sup>	1,40	1,43	1,41	1,29	1,33	1,34	1,34
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,13	3,15	3,17	3,20	3,17	3,15	3,12
Ti	0,06	0,06	0,07	0,03	0,05	0,05	0,04
Fe	0,42	0,42	0,36	0,35	0,37	0,36	0,39
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Mg	0,44	0,45	0,47	0,48	0,48	0,49	0,53
∑ VI	4,05	4,08	4,08	4,06	4,07	4,06	4,07
Ca	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Na	0,11	0,06	0,02	0,00	0,03	0,04	0,06
K	1,92	1,94	1,90	1,91	1,89	1,92	1,93
∑ A	2,04	2,00	1,94	1,91	1,92	1,96	1,99
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



## Muscovita das porções mineralizadas

Muscovita-quartzo milonito																						
	70N1 32,15/Pt1	70N1 32,15/Pt2	70N1 32,15/Pt3	70N1 32,22/Pt1	70N1 32,22/Pt2	70N1 32,22/Pt3	70N1 32,22/Pt4	70N1 32,22/Pt5	70N1 32,22/Pt6	70N1 32,22/Pt7	70N1 32,31/Pt5	98S1 85,10/Pt3	98S1 85,10/Pt4	98S1 85,10/Pt5	98S1 85,10/Pt7	98S1 85,10/Pt9	FB1 50,77/Pt1	FB1 50,77/Pt2	FB1 50,77/Pt3	FB1 50,77/Pt4	W1-708 B1/Pt1	W1-708 B1/Pt2
SiO <sub>2</sub>	47,99	46,95	47,16	47,48	46,50	46,53	45,43	45,43	44,79	45,43	44,07	46,40	47,10	47,47	47,08	47,33	46,15	46,24	46,75	46,64	47,90	46,06
TiO <sub>2</sub>	0,13	0,10	0,10	0,13	0,08	0,07	0,03	0,06	0,05	0,53	0,07	0,11	0,10	0,10	0,17	0,20	0,04	0,08	0,04	0,10	0,04	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,13	34,35	33,81	32,80	33,19	33,67	34,01	34,80	33,68	35,05	32,22	33,39	33,32	33,69	33,57	33,37	32,53	33,49	33,24	32,50	34,73	36,39
FeO <sub>i</sub>	2,21	2,34	2,36	2,82	2,55	2,42	1,89	2,37	2,56	2,53	2,28	1,61	1,60	1,70	1,63	1,66	3,77	2,68	2,96	3,40	1,41	1,23
MnO	0,03	0,00	0,00	0,01	0,05	0,04	0,03	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04
MgO	0,77	0,76	1,00	0,98	0,96	0,90	0,72	0,57	0,73	0,81	0,78	1,20	1,35	1,38	1,13	1,25	0,95	0,97	0,98	1,19	1,11	0,66
CaO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
BaO	0,00	0,01	0,12	0,10	0,00	0,10	0,04	0,28	0,16	0,00	0,05	0,07	0,00	0,12	0,19	0,08	0,04	0,00	0,01	0,04	0,00	0,13
Na <sub>2</sub> O	0,03	0,18	0,00	0,34	0,22	0,16	0,03	0,28	0,22	0,32	0,06	0,00	0,06	0,26	0,15	0,21	0,00	0,22	0,00	0,19	0,39	0,17
K <sub>2</sub> O	9,57	11,15	11,33	11,15	11,12	11,07	10,95	10,78	10,69	10,30	9,95	11,26	11,38	11,40	11,15	11,40	11,11	11,02	11,19	11,06	11,24	11,03
H <sub>2</sub> O	4,52	4,50	4,50	4,48	4,43	4,45	4,38	4,43	4,34	4,46	4,21	4,42	4,47	4,52	4,47	4,49	4,40	4,43	4,45	4,43	4,57	4,52
Cl	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	99,38	100,33	100,38	100,28	99,10	99,41	97,54	99,06	97,27	99,49	93,77	98,48	99,39	100,63	99,58	100,01	98,99	99,19	99,63	99,54	101,39	100,27
Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes																						
Si	6,37	6,26	6,29	6,35	6,29	6,27	6,22	6,15	6,18	6,10	6,27	6,29	6,32	6,30	6,31	6,32	6,29	6,25	6,30	6,31	6,29	6,11
Al <sup>IV</sup>	1,63	1,75	1,71	1,65	1,71	1,73	1,78	1,85	1,82	1,90	1,73	1,71	1,68	1,70	1,69	1,68	1,72	1,75	1,71	1,70	1,71	1,89
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,71	3,65	3,60	3,53	3,58	3,61	3,70	3,70	3,65	3,65	3,67	3,62	3,59	3,57	3,61	3,57	3,51	3,59	3,57	3,48	3,66	3,80
Ti	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Fe	0,25	0,26	0,26	0,32	0,29	0,27	0,22	0,27	0,30	0,28	0,27	0,18	0,18	0,19	0,18	0,19	0,43	0,30	0,33	0,38	0,15	0,14
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,15	0,15	0,20	0,20	0,19	0,18	0,15	0,12	0,15	0,16	0,17	0,24	0,27	0,27	0,23	0,25	0,19	0,20	0,20	0,24	0,22	0,13
∑ VI	4,13	4,07	4,08	4,05	4,07	4,08	4,07	4,09	4,10	4,15	4,11	4,06	4,05	4,05	4,04	4,03	4,13	4,10	4,10	4,12	4,03	4,08
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na	0,01	0,05	0,00	0,09	0,06	0,04	0,01	0,08	0,06	0,08	0,02	0,00	0,02	0,07	0,04	0,05	0,00	0,06	0,00	0,05	0,10	0,04
K	1,62	1,89	1,93	1,90	1,92	1,90	1,91	1,86	1,88	1,76	1,81	1,95	1,95	1,93	1,91	1,94	1,93	1,90	1,92	1,91	1,88	1,87
∑ A	1,63	1,94	1,93	2,00	1,98	1,95	1,92	1,95	1,95	1,85	1,83	1,95	1,96	2,00	1,96	2,00	1,93	1,96	1,92	1,96	1,98	1,92
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Muscovita-quartzo milonito																						
	W1-708 B1/Pt3	W1-708 B1/Pt4	W1-708 B1/Pt5	W1-708 E1/Pt1	W1-708 E1/Pt2	W1-708 E1/Pt3	W1-708 E1/Pt4	W1-708 E1/Pt5	W1-708 E1/Pt6	W1-708 E1/Pt7	W1-708 E1/Pt8	W1-708 E1/Pt9	W1-708 E1/Pt10	W1-708 E1/Pt11	W1-708 E2/Pt1	W1-708 E2/Pt2	W1-708 E2/Pt3	W1-708 E2/Pt4	W1-708 E2/Pt5	W1-708 E2/Pt6	W1-708 E2/Pt7	W1-708 E2/Pt8
SiO <sub>2</sub>	46,48	47,21	46,52	45,35	46,74	46,58	46,99	45,73	47,21	47,30	46,96	46,48	47,56	46,87	46,34	46,61	46,88	46,41	47,17	47,85	46,05	46,77
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,06	0,07	0,05	0,05	0,04	0,06	0,07	0,01	0,04	0,03	0,00	0,01	0,03	0,02	0,05	0,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,76	34,59	35,13	34,18	34,16	34,69	35,07	34,19	34,33	33,61	33,89	34,33	34,59	34,26	32,77	33,78	33,38	34,18	35,43	33,66	33,71	34,48
FeO <sub>i</sub>	1,23	1,33	1,22	1,40	1,38	1,26	1,25	1,26	1,38	1,22	1,14	1,26	1,16	1,29	1,24	1,19	1,47	1,36	1,25	1,26	1,27	1,25
MnO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03	0,04
MgO	1,20	1,18	0,90	1,11	1,08	1,13	1,00	1,13	1,23	1,23	1,07	0,94	1,03	1,06	1,40	1,22	1,40	0,93	0,98	0,91	1,06	1,06
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
BaO	0,03	0,04	0,00	0,12	0,05	0,13	0,11	0,01	0,16	0,04	0,03	0,04	0,08	0,12	0,00	0,00	0,08	0,00	0,03	0,00	0,12	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,10	0,13	0,06	0,22	0,16	0,18	0,31	0,09	0,31	0,25	0,38	0,10	0,32	0,13	0,21	0,19	0,27	0,00	0,24	0,18	0,26	0,21
K <sub>2</sub> O	11,18	11,20	11,17	11,00	11,12	10,99	11,10	11,10	11,05	11,04	10,91	11,21	11,23	11,02	11,01	11,14	11,07	11,18	10,97	10,96	11,11	10,80
H <sub>2</sub> O	4,48	4,52	4,49	4,39	4,46	4,48	4,53	4,41	4,51	4,48	4,46	4,45	4,53	4,47	4,39	4,44	4,45	4,44	4,54	4,49	4,41	4,48
Cl	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00
Total	99,54	100,21	99,51	97,81	99,22	99,52	100,42	98,01	100,23	99,22	98,87	98,87	100,56	99,23	97,40	98,60	99,03	98,54	100,69	99,35	98,08	99,11
Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes																						
Si	6,22	6,27	6,21	6,19	6,27	6,23	6,23	6,21	6,27	6,34	6,31	6,26	6,29	6,28	6,33	6,29	6,31	6,27	6,22	6,39	6,26	6,26
Al <sup>IV</sup>	1,79	1,73	1,79	1,81	1,73	1,77	1,77	1,79	1,73	1,66	1,69	1,74	1,71	1,72	1,67	1,71	1,69	1,73	1,78	1,61	1,74	1,74
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,69	3,68	3,74	3,68	3,67	3,69	3,70	3,69	3,65	3,64	3,67	3,70	3,68	3,69	3,61	3,66	3,61	3,71	3,73	3,68	3,66	3,71
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Fe	0,14	0,15	0,14	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,13	0,14	0,13	0,14	0,14	0,13	0,17	0,15	0,14	0,14	0,15	0,14
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,24	0,23	0,18	0,23	0,22	0,23	0,20	0,23	0,24	0,25	0,21	0,19	0,20	0,21	0,29	0,25	0,28	0,19	0,19	0,18	0,22	0,21
∑ VI	4,08	4,06	4,06	4,07	4,05	4,07	4,05	4,07	4,05	4,03	4,02	4,04	4,02	4,05	4,04	4,04	4,05	4,05	4,07	4,01	4,03	4,06
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Na	0,03	0,03	0,02	0,06	0,04	0,05	0,08	0,02	0,08	0,06	0,10	0,03	0,08	0,03	0,06	0,05	0,07	0,00	0,06	0,05	0,07	0,05
K	1,91	1,90	1,90	1,91	1,90	1,87	1,88	1,92	1,87	1,89	1,87	1,93	1,89	1,88	1,92	1,92	1,90	1,93	1,85	1,87	1,93	1,85
∑ A	1,94	1,93	1,92	1,98	1,95	1,93	1,96	1,95	1,96	1,95	1,97	1,95	1,98	1,92	1,97	1,97	1,98	1,93	1,91	1,91	2,00	1,90
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Muscovita-quartzo milonito											
	CAV 0 /Pt1	CAV 0 /Pt2	CAV 0 /Pt3	CAV 0 /Pt4	CAV 0 /Pt6	CAV 0 /Pt7	CAV 0 /Pt8	CAV 0 /Pt9	CAV 0 /Pt10	CAV 0 /Pt11	CAV 0 /Pt12
SiO <sub>2</sub>	46,28	46,98	46,71	46,19	45,20	46,88	45,39	45,66	45,85	45,45	45,87
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,03	0,27	0,30	0,20	0,27	0,35	0,33	0,43	0,17	0,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,82	35,17	33,82	35,20	32,23	32,62	33,94	35,48	35,31	36,10	33,98
FeO <sub>i</sub>	1,26	1,36	1,59	1,22	1,08	1,45	1,30	1,31	1,34	1,22	1,29
MnO	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,68	0,81	0,87	0,66	1,04	1,30	0,77	0,64	0,79	0,63	1,08
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,11	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,35	0,32	0,05	0,39	0,34	0,14	0,14	0,23	0,37	0,44	0,12
K <sub>2</sub> O	10,60	10,58	10,94	10,46	9,33	10,56	10,54	10,79	10,67	10,47	10,71
H <sub>2</sub> O	4,50	4,51	4,44	4,47	4,26	4,41	4,37	4,46	4,48	4,47	4,41
Cl	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,53	99,75	98,71	98,92	93,74	97,64	96,87	98,91	99,26	99,07	97,66
Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes											
Si	6,17	6,24	6,30	6,19	6,36	6,37	6,23	6,14	6,14	6,09	6,24
Al <sup>IV</sup>	1,83	1,76	1,71	1,81	1,64	1,63	1,78	1,86	1,86	1,91	1,76
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	3,79	3,75	3,67	3,75	3,70	3,60	3,71	3,76	3,72	3,80	3,69
Ti	0,00	0,00	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,02
Fe	0,14	0,15	0,18	0,14	0,13	0,17	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,13	0,16	0,18	0,13	0,22	0,26	0,16	0,13	0,16	0,13	0,22
∑ VI	4,07	4,06	4,05	4,06	4,07	4,05	4,05	4,07	4,07	4,08	4,07
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Na	0,09	0,08	0,01	0,10	0,09	0,04	0,04	0,06	0,10	0,11	0,03
K	1,80	1,79	1,88	1,79	1,67	1,83	1,84	1,85	1,82	1,79	1,86
∑ A	1,89	1,88	1,89	1,89	1,77	1,87	1,89	1,91	1,92	1,91	1,89
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## BIOTITA

	Formação Ticunzal									
	91N	91N	91N	91N	91N	91N	91N	91N	91N	91N
	132,40/Pt7	132,40/Pt8	132,40/Pt9	132,40/Pt10	132,40/Pt11	132,40/Pt12	132,40/Pt13	132,40/Pt18	132,40/Pt19	132,40/Pt20
SiO <sub>2</sub>	35,71	35,34	35,74	35,99	36,44	36,34	36,04	36,38	36,70	36,16
TiO <sub>2</sub>	2,03	2,03	1,98	1,92	1,88	2,01	2,01	1,99	1,83	1,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,67	15,54	15,50	15,92	15,19	15,31	15,49	15,99	15,99	15,50
FeO <sub>1</sub>	22,47	22,97	23,20	22,54	22,00	21,72	22,07	21,63	21,22	21,73
MnO	0,08	0,09	0,08	0,07	0,10	0,00	0,09	0,02	0,07	0,06
MgO	7,98	7,87	7,96	8,06	8,37	8,60	8,28	8,65	8,86	8,56
CaO	0,01	0,01	0,01	0,00	0,05	0,01	0,00	0,01	0,03	0,00
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,22	0,00	0,05	0,16	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	9,54	9,50	9,80	9,52	9,40	9,63	9,42	9,55	9,46	9,59
H <sub>2</sub> O	3,77	3,75	3,77	3,80	3,79	3,80	3,78	3,82	3,84	3,79
Cl	0,06	0,08	0,10	0,05	0,08	0,05	0,06	0,08	0,06	0,06
Total	97,32	97,40	98,15	97,92	97,44	97,60	97,24	98,12	98,06	97,34
Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes										
Si	5,65	5,62	5,64	5,66	5,74	5,71	5,69	5,67	5,71	5,70
Al <sup>IV</sup>	2,35	2,38	2,36	2,35	2,26	2,29	2,31	2,33	2,29	2,30
∑ IV	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al <sup>VI</sup>	0,58	0,53	0,53	0,60	0,56	0,55	0,58	0,61	0,64	0,58
Ti	0,24	0,24	0,24	0,23	0,22	0,24	0,24	0,23	0,22	0,21
Fe	2,98	3,05	3,06	2,96	2,90	2,86	2,91	2,82	2,76	2,87
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
Mg	1,88	1,86	1,87	1,89	1,97	2,02	1,95	2,01	2,05	2,01
∑ VI	5,69	5,70	5,71	5,69	5,66	5,66	5,69	5,68	5,68	5,68
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na	0,00	0,07	0,00	0,01	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
K	1,93	1,93	1,97	1,91	1,89	1,93	1,90	1,90	1,88	1,93
∑ A	1,93	2,00	1,98	1,92	1,95	1,97	1,90	1,90	1,88	1,94
OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	-0,01	-0,02	-0,02	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01

ANEXO 3  
QUÍMICA MINERAL  
MINÉRIO

**GUANAJUATITA**

Guanajuatita																					
	1/Pt2	W1-708 B1/Pt3	W1-708 B1/Pt6	W1-708 B2/Pt1	W1-708 B2/Pt5	W1-708 B2/Pt6	W1-708 B2/Pt9	W1-708 B2/Pt16	W1-708 B2/Pt18	W1-708 B2/Pt23	W1-708 B3/Pt1	W1-708 B3/Pt2	W1-708 B3/Pt3	W1-708 D-III/Pt4	W1-708 D-III/Pt5	W1-708 D-III/Pt6	W1-708 D-III/Pt8	W1-708 E2/Pt2	W1-708 E-II/Pt2	W1-708 F-I/Pt16	W1-708 G-V/Pt3
Au	0,00	0,13	0,00	0,02	0,00	0,44	0,93	0,00	0,88	0,04	0,03	0,14	0,03	0,12	0,11	0,11	0,08	0,00	2,04	0,00	0,23
Ag	11,06	12,52	11,81	10,67	10,32	9,00	10,49	9,41	9,14	11,30	12,76	12,20	12,74	13,33	12,37	7,81	5,75	10,34	5,92	7,53	8,72
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	7,21	0,27	0,03
Pt	1,07	0,73	0,78	0,96	0,26	0,53	0,92	0,38	0,60	0,94	0,97	1,10	0,70	1,00	0,83	0,90	1,00	0,92	0,00	0,14	1,00
Bi	48,13	47,12	45,63	47,76	47,84	44,06	48,91	48,41	48,89	45,81	46,26	46,84	46,81	47,70	47,17	53,32	58,90	44,35	32,15	44,23	47,18
U																					
Pb	5,61	9,01	8,18	7,70	6,86	4,88	5,92	6,49	6,19	7,22	5,11	6,79	5,67	6,38	6,07	0,92	0,99	6,94	0,97	8,34	8,34
Cu	0,85	0,63	0,57	0,66	0,70	0,76	1,14	1,12	1,28	0,13	0,92	0,80	0,63	0,00	0,05	0,00	0,00	1,33	10,82	0,47	0,61
Fe	0,35	0,20	0,35	0,41	0,67	0,50	0,90	1,16	1,26	0,74	0,58	0,39	0,28	0,42	0,38	0,18	0,31	0,74	9,35	2,17	0,48
Hg																					
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,02	0,65	0,02	0,00
Se	31,87	32,75	32,91	31,32	35,48	39,77	35,24	37,08	36,07	30,03	31,55	32,78	31,74	31,65	30,11	13,51	13,27	32,64	27,37	27,49	32,05
S	1,51	1,30	1,14	1,71	1,66	1,35	1,78	0,94	0,96	1,75	1,53	1,20	1,22	1,62	1,80	0,02	0,03	1,57	8,29	1,67	0,83
Total	100,45	104,39	101,37	101,23	103,82	101,34	106,32	105,02	105,27	97,95	99,83	102,28	99,85	102,22	98,90	76,79	80,40	99,08	104,84	92,55	99,48
Au	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,25	0,52	0,00	0,51	0,02	0,02	0,08	0,02	0,07	0,07	0,11	0,08	0,00	0,84	0,00	0,15
Ag	12,27	13,53	13,06	11,81	10,83	9,37	10,73	9,80	9,57	12,87	14,04	13,33	14,25	14,58	13,99	14,15	10,24	11,34	4,42	9,01	10,07
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,11	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	5,46	0,32	0,04
Pt	0,65	0,44	0,48	0,59	0,15	0,30	0,52	0,22	0,35	0,59	0,59	0,66	0,43	0,61	0,52	0,90	0,98	0,56	0,00	0,09	0,64
Bi	27,56	26,27	26,03	27,29	25,92	23,68	25,83	26,03	26,42	26,93	26,27	26,41	27,03	26,94	27,53	49,82	54,15	25,11	12,40	27,31	28,09
U																					
Pb	3,24	5,07	4,71	4,44	3,75	2,65	3,16	3,52	3,37	4,28	2,93	3,86	3,30	3,64	3,58	0,86	0,92	3,96	0,38	5,19	5,01
Cu	1,61	1,16	1,08	1,24	1,24	1,34	1,98	1,98	2,28	0,25	1,71	1,48	1,19	0,00	0,10	0,00	0,00	2,47	13,72	0,95	1,19
Fe	0,74	0,41	0,74	0,87	1,36	1,00	1,78	2,33	2,55	1,63	1,23	0,83	0,59	0,89	0,83	0,62	1,07	1,56	13,50	5,02	1,08
Hg																					
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,11	0,02	0,43	0,02	0,00
Se	48,30	48,32	49,68	47,37	50,87	56,58	49,27	52,78	51,58	46,73	47,41	48,90	48,51	47,30	46,52	33,40	32,30	48,91	27,93	44,93	50,52
S	5,62	4,71	4,23	6,35	5,84	4,74	6,13	3,31	3,37	6,70	5,66	4,40	4,60	5,96	6,87	0,09	0,16	5,78	20,83	6,73	3,23
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Guanajuatita																							
	1/Pt16	1/Pt18	1/Pt21	1/Pt23	1/Pt28	1/Pt29	1/Pt40	1/Pt42	1/Pt43	1/Pt46	1/Pt53	1/Pt61	1/Pt78	1/Pt81	1/Pt87	W1-708 B1/Pt2	W1-708 B1/Pt3	W1-708 B1/Pt8	W1-708 B1/Pt16	W1-708 B1/Pt18	W1-708 B1/Pt26	W1-708 B1/Pt32	W1-708 B1/Pt42
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	11,45	10,95	15,01	10,30	9,76	9,79	11,51	10,10	10,21	11,37	12,34	3,58	10,38	10,08	9,97	9,05	10,26	11,12	9,51	11,15	10,29	10,92	8,47
Pd	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00	0,00	0,08	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,05	0,07	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00
Bi	48,59	50,01	44,96	50,28	49,65	49,49	50,91	47,19	50,36	46,98	48,16	37,90	49,94	49,90	46,90	47,26	46,64	49,84	48,50	47,72	48,95	47,99	48,47
U	0,14	0,13	0,11	0,22	0,12	0,02	0,07	0,13	0,09	0,16	0,20	0,10	0,06	0,05	0,18	0,23	0,27	0,14	0,22	0,15	0,14	0,08	0,16
Pb	5,76	5,08	6,88	5,23	7,00	7,49	4,53	8,11	5,33	8,88	6,54	3,89	5,38	7,86	8,58	8,20	4,66	6,31	9,68	9,41	6,12	5,39	8,38
Cu	0,39	0,43	0,23	0,86	0,73	0,83	0,27	0,82	0,64	0,40	0,58	9,81	1,08	0,81	0,81	0,92	1,15	0,52	0,57	0,53	1,00	0,40	1,45
Fe	0,30	0,27	0,12	0,53	0,36	0,47	0,06	0,75	0,59	0,42	0,23	8,78	0,23	0,31	0,57	0,32	0,25	0,19	0,22	0,05	0,25	0,20	0,13
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Se	31,71	30,61	31,60	31,23	30,57	29,79	30,33	29,96	30,76	30,43	30,24	23,37	30,05	29,53	29,05	30,04	30,19	29,22	29,23	28,47	29,58	31,07	29,45
S	1,05	1,07	0,51	1,31	1,20	1,33	1,24	1,53	1,28	0,94	1,17	9,78	1,46	1,57	1,37	1,56	1,14	1,65	1,07	1,24	1,44	1,01	1,47
Total	99,43	98,70	99,52	99,94	99,40	99,20	98,91	98,59	99,36	99,59	99,45	99,35	98,57	100,14	97,43	97,65	97,78	99,00	99,00	98,75	97,76	97,09	97,99
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	13,05	12,70	17,17	11,62	11,24	11,29	13,33	11,52	11,65	13,13	14,13	2,84	11,90	11,51	11,66	10,48	11,65	12,80	11,23	13,15	11,93	12,78	9,87
Pd	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,10	2,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,03	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00
Bi	28,60	29,93	26,55	29,29	29,52	29,45	30,44	27,79	29,65	28,02	28,45	15,56	29,56	29,42	28,32	28,25	27,32	29,60	29,59	29,04	29,30	28,99	29,15
U	0,07	0,07	0,06	0,11	0,06	0,01	0,04	0,07	0,05	0,09	0,10	0,04	0,03	0,03	0,09	0,12	0,14	0,07	0,12	0,08	0,07	0,04	0,08
Pb	3,42	3,06	4,10	3,07	4,20	4,49	2,73	4,81	3,16	5,34	3,90	1,61	3,21	4,67	5,22	4,95	2,75	3,78	5,95	5,77	3,70	3,28	5,09
Cu	0,76	0,85	0,45	1,65	1,43	1,61	0,52	1,58	1,24	0,78	1,13	13,25	2,11	1,57	1,60	1,80	2,22	1,01	1,14	1,07	1,96	0,79	2,86
Fe	0,65	0,61	0,27	1,15	0,81	1,05	0,13	1,66	1,29	0,94	0,50	13,49	0,51	0,68	1,29	0,71	0,54	0,42	0,51	0,11	0,55	0,44	0,30
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Se	49,39	48,48	49,39	48,15	48,10	46,92	47,98	46,70	47,92	48,03	47,28	25,40	47,06	46,08	46,42	47,53	46,81	45,93	47,19	45,85	46,86	49,68	46,88
S	4,03	4,17	1,95	4,96	4,64	5,18	4,83	5,88	4,91	3,67	4,51	26,18	5,61	6,03	5,39	6,07	4,35	6,39	4,27	4,91	5,60	3,96	5,78
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Guanajuatita																						
	W1-708 B1/Pt44	W1-708 B1/Pt46	W1-708 B1/Pt55	W1-708 B1/Pt58	W1-708 B1/Pt60	W1-708 B1/Pt64	W1-708 B1/Pt75	W1-708 B2/Pt7	W1-708 B2/Pt16	W1-708 B2/Pt23	W1-708 B2/Pt26	W1-708 B2/Pt28	W1-708 B2/Pt31	W1-708 B2/Pt38	W1-708 B2/Pt41	W1-708 B2/Pt47	W1-708 B2/Pt49	W1-708 B2/Pt50	W1-708 B2/Pt59	W1-708 B2/Pt60	W1-708 B2/Pt64	W1-708 B2/Pt73
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	10,98	10,52	10,82	10,84	9,30	9,46	0,55	11,30	11,33	13,71	9,49	10,84	8,22	9,52	9,81	11,16	9,75	8,77	11,18	6,85	9,69	8,50
Pd	0,00	0,00	0,02	0,05	0,03	0,02	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	7,85	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,04	0,02	0,00	0,01	0,03	0,00
Bi	48,85	48,10	50,16	49,24	48,13	49,02	25,73	49,31	47,28	46,79	48,70	50,83	49,64	48,03	49,64	50,67	49,51	43,80	48,49	34,26	49,04	49,56
U	0,13	0,06	0,14	0,20	0,21	0,13	5,94	0,08	0,12	0,09	0,03	0,20	0,18	0,14	0,18	0,17	0,12	0,64	0,16	0,57	0,11	0,06
Pb	5,32	7,93	5,53	5,08	7,74	6,44	0,94	5,01	8,51	6,03	8,38	5,05	5,76	8,77	7,05	4,84	7,09	3,54	6,83	1,60	7,58	6,24
Cu	1,00	0,71	0,78	0,77	1,02	1,08	0,38	0,65	0,49	0,07	0,84	0,72	1,26	0,76	0,72	0,66	0,69	0,73	0,77	9,72	1,09	1,10
Fe	0,84	0,56	0,63	0,76	0,57	0,60	0,00	0,39	0,31	0,51	0,60	0,46	1,35	0,67	0,43	0,49	0,67	0,14	0,18	8,61	0,11	1,20
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00
Se	29,99	29,14	28,94	29,46	29,01	29,93	35,36	29,46	28,91	28,87	28,15	29,22	30,03	29,03	28,78	29,63	29,39	47,61	28,85	19,47	28,94	30,24
S	1,12	1,17	1,67	1,65	1,52	1,46	0,12	1,37	1,27	1,05	1,63	1,42	1,32	1,36	1,48	1,30	1,25	0,74	1,30	9,47	1,37	0,94
Total	98,21	98,19	98,69	98,14	97,50	98,13	69,41	97,56	98,21	97,12	97,85	98,73	97,88	98,32	98,10	98,97	98,53	106,02	97,75	98,83	97,95	97,85
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	12,61	12,30	12,39	12,37	10,83	10,88	0,82	13,13	13,27	16,11	11,10	12,52	9,42	11,10	11,47	12,86	11,35	8,55	13,11	5,45	11,37	9,88
Pd	0,00	0,00	0,02	0,05	0,03	0,02	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,01	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	6,34	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,03	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00
Bi	28,96	29,03	29,63	29,00	28,94	29,09	19,89	29,56	28,58	28,38	29,39	30,30	29,37	28,90	29,96	30,12	29,74	22,03	29,35	14,08	29,70	29,74
U	0,07	0,03	0,07	0,10	0,11	0,07	4,03	0,04	0,06	0,05	0,01	0,10	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,28	0,08	0,20	0,06	0,03
Pb	3,18	4,83	3,30	3,02	4,69	3,85	0,73	3,03	5,19	3,69	5,10	3,03	3,44	5,32	4,29	2,90	4,30	1,80	4,17	0,66	4,63	3,78
Cu	1,94	1,40	1,52	1,49	2,02	2,10	0,97	1,27	0,97	0,15	1,67	1,42	2,45	1,50	1,43	1,29	1,37	1,21	1,54	13,14	2,17	2,18
Fe	1,86	1,26	1,40	1,67	1,29	1,33	0,00	0,88	0,69	1,15	1,35	1,02	2,98	1,50	0,96	1,08	1,50	0,27	0,40	13,24	0,24	2,70
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00
Se	47,06	46,55	45,24	45,91	46,16	47,01	72,35	46,74	46,24	46,34	44,96	46,09	47,03	46,23	45,96	46,60	46,74	63,39	46,22	21,18	46,39	48,03
S	4,31	4,60	6,43	6,33	5,94	5,64	0,61	5,35	4,99	4,14	6,41	5,52	5,08	5,34	5,83	5,03	4,89	2,43	5,13	25,38	5,42	3,66
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00



Guanajuatita																						
	W1-708 B2/Pt79	W1-708 B2/Pt84	W1-708 E2/Pt7	W1-708 E2/Pt12	W1-708 E2/Pt14	W1-708 E2/Pt17	W1-708 E2/Pt19	W1-708 E2/Pt20	W1-708 E2/Pt28	W1-708 E2/Pt40	W1-708 E2/Pt45	W1-708 E-II/Pt1	W1-708 E-II/Pt3	W1-708 E-II/Pt6	W1-708 E-II/Pt8	W1-708 E-II/Pt9	W1-708 G-I/Pt1	W1-708 G-I/Pt4	W1-708 G-I/Pt5	W1-708 G-I/Pt8	W1-708 G-I/Pt10	W1-708 G-I/Pt11
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	10,48	9,93	9,63	12,73	10,72	10,30	9,70	10,42	12,25	2,23	9,75	9,22	11,40	6,94	7,78	7,46	8,40	9,22	10,30	10,54	12,08	11,64
Pd	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,95	0,08	0,03	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	50,08	49,64	46,56	48,49	50,72	49,80	48,18	49,28	51,06	36,46	48,19	49,22	46,29	49,93	51,12	48,44	49,04	49,17	50,02	48,41	48,05	48,99
U	0,23	0,15	0,30	0,11	0,13	0,23	0,19	0,25	0,07	7,49	0,23	0,08	0,16	0,13	0,06	0,08	0,18	0,12	0,11	0,09	0,19	0,14
Pb	7,26	7,09	7,61	4,91	5,92	5,74	6,42	6,21	5,65	1,57	6,43	5,51	7,77	7,25	6,03	7,81	7,83	6,50	5,03	6,90	6,29	4,87
Cu	0,22	0,26	1,35	0,52	0,51	0,85	0,98	0,98	0,15	2,79	1,63	1,09	0,59	1,41	1,38	1,23	1,37	1,36	1,15	1,12	0,59	0,69
Fe	0,46	0,88	0,64	0,15	0,29	0,69	0,57	0,53	0,27	0,10	0,89	0,39	0,15	0,66	0,81	1,17	0,12	0,27	0,29	0,12	0,42	0,40
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	27,98	27,90	31,67	29,99	29,28	29,56	30,27	30,66	29,63	35,23	31,15	30,57	31,32	30,19	30,89	31,19	30,53	30,51	31,23	30,81	30,56	30,37
S	1,72	1,78	1,74	0,76	1,34	1,26	1,23	1,26	1,46	0,08	1,16	0,65	0,09	1,03	0,92	0,73	1,05	0,95	0,90	0,82	1,08	1,27
Total	98,41	97,63	99,57	97,65	98,91	98,43	97,55	99,58	100,54	86,16	99,47	97,70	97,85	97,57	99,07	98,12	98,55	98,09	99,02	98,79	99,26	98,36
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	12,26	11,61	10,64	14,97	12,47	11,90	11,24	11,83	13,96	2,83	10,95	10,89	13,60	8,17	8,99	8,68	9,80	10,75	11,84	12,23	13,82	13,34
Pd	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,62	0,05	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	30,24	29,95	26,56	29,42	30,45	29,72	28,83	28,90	30,04	23,87	27,94	30,02	28,51	30,34	30,48	29,08	29,54	29,60	29,68	29,01	28,37	28,99
U	0,12	0,08	0,15	0,06	0,07	0,12	0,10	0,13	0,04	4,30	0,11	0,04	0,09	0,07	0,03	0,04	0,09	0,06	0,06	0,05	0,10	0,07
Pb	4,42	4,31	4,38	3,00	3,59	3,46	3,87	3,67	3,35	1,04	3,76	3,39	4,83	4,44	3,63	4,73	4,76	3,95	3,01	4,17	3,75	2,90
Cu	0,43	0,52	2,53	1,04	1,01	1,67	1,94	1,89	0,29	6,01	3,10	2,18	1,20	2,81	2,70	2,43	2,72	2,70	2,24	2,20	1,15	1,34
Fe	1,03	1,99	1,38	0,35	0,65	1,53	1,28	1,15	0,59	0,25	1,93	0,90	0,34	1,50	1,81	2,64	0,28	0,61	0,64	0,27	0,92	0,89
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	44,72	44,56	47,80	48,16	46,52	46,69	47,93	47,59	46,13	61,05	47,80	49,35	51,04	48,56	48,74	49,56	48,68	48,62	49,04	48,86	47,75	47,57
S	6,78	6,99	6,49	3,00	5,24	4,91	4,81	4,83	5,60	0,36	4,36	2,60	0,36	4,09	3,57	2,84	4,11	3,73	3,49	3,22	4,15	4,88
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Guanajuatita																					
	W1-708 G-I/Pt15	W1-708 G-I/Pt17	W1-708 G-I/Pt24	W1-708 G-I/Pt28	W1-708 G-II/Pt3	W1-708 G-II/Pt4	W1-708 G-II/Pt6	W1-708 G-II/Pt8	W1-708 G-II/Pt10	W1-708 G-II/Pt24	W1-708 G-II/Pt26	W1-708 G-II/Pt27	W1-708 G-II/Pt29	W1-708 G-II/Pt30	W1-708 G-II/Pt37	W1-708 G-II/Pt40	W1-708 G-II/Pt48	W1-708 G-II/Pt53	W1-708 G-II/Pt56	W1-708 G-II/Pt59	W1-708 G-II/Pt63
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	9,76	9,65	9,04	8,87	1,91	8,66	8,20	8,86	8,71	8,81	8,86	8,29	8,39	8,64	8,99	3,41	7,08	8,42	8,79	9,59	9,71
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Pt	0,04	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	0,00
Bi	48,72	50,83	46,49	49,05	53,88	49,27	47,69	48,06	51,21	46,79	49,24	48,99	49,41	47,08	48,03	50,56	47,98	45,99	46,36	48,25	48,80
U	0,12	0,19	0,07	0,01	0,15	0,17	0,19	0,24	0,14	0,16	0,15	0,09	0,10	0,17	0,05	0,07	0,18	0,20	0,21	0,00	0,08
Pb	5,59	4,72	9,73	7,00	7,47	5,77	6,51	7,52	4,87	8,73	6,90	6,41	6,71	8,29	8,06	9,06	7,79	7,85	8,14	7,74	6,08
Cu	1,01	0,92	0,97	1,50	0,81	1,83	1,92	1,72	1,96	1,93	2,05	2,10	1,83	1,98	1,15	1,08	1,67	2,19	0,81	0,71	1,01
Fe	0,35	0,35	0,25	0,14	0,71	0,76	0,97	0,56	0,40	0,53	0,18	0,30	0,11	0,17	0,48	1,13	0,53	1,39	1,29	0,64	0,93
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Se	30,72	30,90	30,50	30,35	32,61	31,17	31,35	30,66	30,70	30,38	30,16	31,10	30,07	30,37	30,12	31,07	30,39	29,89	30,72	30,25	30,63
S	0,98	0,95	0,76	0,94	0,50	1,14	1,16	1,07	1,14	1,09	1,08	0,93	0,95	1,00	1,10	1,10	1,01	1,70	0,84	1,01	1,17
Total	97,29	98,52	97,79	97,86	98,09	98,77	98,04	98,70	99,19	98,42	98,64	98,20	97,57	97,73	97,97	97,49	96,61	97,71	97,16	98,26	98,42
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	11,41	11,21	10,70	10,40	2,30	9,83	9,30	10,16	9,94	10,12	10,24	9,56	9,86	10,06	10,48	4,04	8,35	9,42	10,25	11,18	11,10
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Pt	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00
Bi	29,40	30,47	28,41	29,69	33,64	28,85	27,92	28,45	30,15	27,74	29,35	29,17	29,99	28,29	28,92	30,91	29,22	26,56	27,92	29,06	28,82
U	0,06	0,10	0,04	0,00	0,08	0,09	0,10	0,12	0,07	0,08	0,08	0,04	0,06	0,09	0,03	0,04	0,10	0,10	0,11	0,00	0,04
Pb	3,40	2,85	6,00	4,28	4,70	3,41	3,84	4,49	2,89	5,22	4,15	3,85	4,11	5,03	4,89	5,59	4,78	4,57	4,95	4,70	3,62
Cu	2,01	1,81	1,94	2,99	1,67	3,52	3,69	3,35	3,79	3,77	4,01	4,11	3,65	3,92	2,27	2,17	3,34	4,17	1,61	1,41	1,96
Fe	0,78	0,79	0,58	0,31	1,67	1,66	2,12	1,24	0,88	1,17	0,40	0,66	0,25	0,37	1,08	2,59	1,20	3,00	2,91	1,44	2,06
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Se	49,06	49,03	49,32	48,62	53,88	48,30	48,57	48,04	47,85	47,68	47,57	49,00	48,31	48,31	48,00	50,27	48,99	45,68	48,96	48,21	47,87
S	3,85	3,73	3,02	3,72	2,02	4,35	4,42	4,14	4,39	4,21	4,19	3,61	3,77	3,91	4,32	4,39	4,02	6,38	3,30	3,95	4,52
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Guanajuatita																				
	W1-708 G-III/Pt2	W1-708 G-III/Pt6	W1-708 G-III/Pt8	W1-708 G-III/Pt14	W1-708 G-III/Pt16	W1-708 G-III/Pt17	W1-708 G-III/Pt21	W1-708 G-III/Pt23	W1-708 G-III/Pt25	W1-708 G-III/Pt30	W1-708 G-III/Pt41	W1-708 G-IV/Pt5	W1-708 G-IV/Pt40	W1-708 G-IV/Pt44	W1-708 G-IV/Pt46	W1-708 G-IV/Pt50	W1-708 G-IV/Pt55	W1-708 G-IV/Pt57	W1-708 G-IV/Pt59	W1-708 G-IV/Pt61
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	9,15	1,59	7,41	1,97	9,37	8,11	5,81	9,19	9,48	8,91	9,59	9,20	8,27	8,35	11,22	10,49	8,14	8,76	9,25	8,95
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00
Bi	48,05	55,63	47,01	52,25	49,87	48,29	49,26	50,11	49,21	47,99	48,97	47,63	49,34	49,42	48,54	49,14	50,32	47,71	49,27	48,31
U	0,07	0,10	0,17	0,21	0,06	0,00	0,10	0,01	0,13	0,15	0,19	0,15	0,17	0,17	0,19	0,17	0,07	0,14	0,17	0,14
Pb	7,25	5,49	9,44	9,37	5,88	8,81	9,62	4,57	6,05	7,15	6,38	8,64	5,88	7,99	6,18	6,10	6,06	8,65	7,23	7,77
Cu	0,90	1,02	0,43	1,07	1,34	1,33	1,22	0,92	0,98	1,58	1,54	0,90	0,46	0,49	1,37	0,96	2,14	1,31	1,42	1,39
Fe	0,92	1,01	1,78	1,27	0,29	0,86	0,90	0,68	0,72	0,66	0,26	0,88	1,20	0,57	0,36	0,36	0,08	0,14	0,09	0,13
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Se	30,88	32,67	30,69	31,34	30,21	29,91	30,30	30,99	30,92	31,21	30,20	30,20	30,98	32,32	30,09	30,19	30,81	30,33	30,04	30,77
S	0,72	0,78	0,95	1,03	1,02	1,20	1,09	1,16	1,06	0,62	0,85	1,06	0,77	0,40	1,02	0,90	0,85	0,90	0,87	0,87
Total	97,95	98,32	97,87	98,50	98,03	98,52	98,38	97,61	98,54	98,28	98,05	98,63	97,07	99,72	98,98	98,31	98,49	97,95	98,40	98,34
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	10,68	1,89	8,62	2,34	10,93	9,38	6,82	10,62	10,90	10,34	11,21	10,65	9,74	9,76	12,87	12,24	9,46	10,31	10,85	10,45
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00
Bi	28,95	34,12	28,23	31,94	30,03	28,84	29,84	29,89	29,22	28,75	29,55	28,46	30,00	29,82	28,76	29,60	30,18	29,00	29,85	29,13
U	0,04	0,05	0,09	0,11	0,03	0,00	0,05	0,01	0,07	0,08	0,10	0,08	0,09	0,09	0,10	0,09	0,04	0,08	0,09	0,07
Pb	4,40	3,39	5,72	5,78	3,57	5,31	5,88	2,75	3,62	4,32	3,88	5,20	3,61	4,86	3,70	3,71	3,66	5,31	4,42	4,73
Cu	1,78	2,06	0,84	2,14	2,65	2,61	2,44	1,80	1,91	3,12	3,06	1,77	0,92	0,97	2,67	1,90	4,23	2,83	2,76	2,76
Fe	2,08	2,32	4,00	2,90	0,65	1,92	2,04	1,51	1,59	1,47	0,58	1,97	2,74	1,29	0,79	0,81	0,19	0,32	0,20	0,29
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Se	49,24	53,03	48,79	50,70	48,14	47,26	48,58	48,93	48,59	49,49	48,22	47,77	49,86	51,62	47,18	48,13	48,90	48,81	48,17	49,12
S	2,83	3,11	3,71	4,09	4,00	4,67	4,30	4,49	4,10	2,44	3,36	4,11	3,05	1,59	3,92	3,52	3,33	3,55	3,56	3,43
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Guanajuatita										
	W1-708 G-IV/Pt62	W1-708 G-IV/Pt66	W1-708 G-IV/Pt69	W1-708 G-IV/Pt72	W1-708 G-IV/Pt82	W1-708 G-IV/Pt90	W1-708 G-V/Pt5	W1-708 G-V/Pt9	W1-708 H1/Pt3	W1-708 H1/Pt10
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	10,06	10,17	11,55	8,79	6,88	9,68	7,62	8,09	7,73	8,47
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,16	0,00	0,00
Bi	49,80	48,09	48,53	47,12	49,23	46,88	48,93	46,99	49,57	48,36
U	0,05	0,11	0,16	0,16	0,17	0,09	0,15	0,12	0,14	0,18
Pb	4,74	5,67	6,03	8,73	8,66	9,42	7,73	8,44	7,43	8,09
Cu	1,26	1,39	1,02	1,19	2,45	1,09	0,96	1,00	2,01	1,19
Fe	0,28	0,61	0,19	0,70	0,54	0,49	1,16	1,22	0,16	0,59
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	30,13	30,35	29,93	30,10	30,00	30,60	30,52	30,80	31,01	29,88
S	1,04	1,09	0,87	0,95	1,25	0,85	1,05	0,87	0,59	1,44
Total	97,36	97,47	98,28	97,76	99,18	99,09	98,18	97,80	98,65	98,19
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	11,75	11,73	13,48	10,28	7,88	11,22	8,84	9,39	9,06	9,78
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,00	0,00
Bi	30,03	28,65	29,22	28,47	29,12	28,04	29,33	28,18	29,98	28,84
U	0,03	0,06	0,08	0,09	0,09	0,05	0,08	0,06	0,08	0,09
Pb	2,88	3,41	3,66	5,32	5,16	5,69	4,67	5,11	4,53	4,87
Cu	2,49	2,72	2,03	2,36	4,77	2,15	1,89	1,97	4,00	2,34
Fe	0,64	1,37	0,42	1,57	1,20	1,09	2,61	2,73	0,37	1,31
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	48,09	47,86	47,70	48,13	46,97	48,44	48,41	48,88	49,64	47,17
S	4,09	4,21	3,42	3,76	4,82	3,32	4,12	3,41	2,34	5,60
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

## FASE Ag-Bi-Se

Fase Ag-Bi-Se																
	W1-708 B2/Pt24	W1-708 B2/Pt25	W1-708 B2/Pt31	W1-708 B2/Pt32	W1-708 B2/Pt33	W1-708 B2/Pt34	W1-708 B2/Pt36	W1-708 B3/Pt4	W1-708 D-III/Pt1	W1-708 D-III/Pt7	W1-708 D-III/Pt9	W1-708 B2/Pt21	W1-708 B2/Pt22	W1-708 B2/Pt80	W1-708 B2/Pt85	W1-708 E2/Pt29
Au	0,00	0,03	0,21	0,12	0,88	0,00	0,10	0,00	1,76	0,30	0,04	0,14	0,14	0,23	0,00	0,08
Ag	43,92	36,48	45,74	36,81	45,18	37,23	46,90	35,46	44,76	49,93	47,99	45,46	44,54	49,60	35,84	30,10
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,61	0,78	0,09	0,24	0,00	0,31	0,00	0,57	0,47	0,52	0,34	0,03	0,02	0,03	0,00	0,37
Bi	26,15	30,78	24,06	34,75	25,49	33,44	25,63	35,52	25,65	23,00	22,10	29,34	28,95	19,92	37,09	33,13
U												0,05	0,35	1,33	0,28	3,08
Pb	5,69	0,30	1,84	3,39	2,93	4,25	1,11	0,32	1,90	0,44	3,15	0,48	1,54	0,89	2,31	2,28
Cu	0,01	0,01	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,50	0,00	0,02	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Fe	0,17	0,12	0,41	0,48	0,36	0,43	0,41	0,08	0,13	0,04	0,20	0,10	0,27	0,40	0,43	0,53
Hg												0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	1,46
Sb	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	20,06	18,08	23,94	16,53	19,98	18,28	19,10	19,21	17,94	21,49	20,16	15,85	17,12	20,34	13,73	14,67
S	0,72	0,10	0,40	0,84	0,55	0,92	0,35	0,04	0,27	0,06	0,29	0,45	0,42	0,46	0,91	0,20
Total	97,34	86,69	96,77	93,20	95,45	94,85	93,79	91,69	93,13	95,83	94,30	92,05	93,35	93,43	90,59	85,90
Au	0,00	0,02	0,12	0,08	0,54	0,00	0,06	0,00	1,12	0,18	0,02	0,09	0,09	0,14	0,00	0,06
Ag	48,33	46,61	48,53	44,31	50,02	43,41	52,63	43,44	51,97	54,15	53,20	53,81	51,88	54,19	45,39	40,74
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,37	0,55	0,05	0,16	0,00	0,20	0,00	0,38	0,30	0,31	0,21	0,02	0,01	0,02	0,00	0,28
Bi	14,85	20,30	13,17	21,59	14,57	20,12	14,85	22,46	15,37	12,88	12,65	17,92	17,41	11,24	24,25	23,15
U												0,02	0,18	0,66	0,16	1,89
Pb	3,26	0,20	1,02	2,12	1,69	2,58	0,65	0,20	1,15	0,25	1,82	0,30	0,94	0,51	1,52	1,60
Cu	0,02	0,03	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	1,03	0,00	0,04	0,08	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02
Fe	0,36	0,30	0,83	1,12	0,76	0,98	0,88	0,18	0,30	0,08	0,42	0,23	0,61	0,84	1,04	1,39
Hg												0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	2,84
Sb	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	30,15	31,56	34,71	27,18	30,23	29,11	29,28	32,15	28,46	31,85	30,53	25,63	27,24	30,37	23,76	27,12
S	2,67	0,43	1,44	3,40	2,07	3,61	1,33	0,15	1,04	0,20	1,06	1,80	1,63	1,68	3,87	0,91
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

**OURO**

Ouro																				
	W1-708 B2/Pt11	W1-708 B2/Pt14	W1-708 B2/Pt21	W1-708 B2/Pt22	W1-708 B2/Pt37	W1-708 E-II/Pt3	1/Pt69	W1-708 B2/Pt20	W1-708 B2/Pt33	W1-708 E2/Pt30	W1-708 E2/Pt31	W1-708 E-II/Pt12	W1-708 G-II/Pt35	W1-708 G-II/Pt44	W1-708 G-II/Pt51	W1-708 G-III/Pt27	W1-708 G-III/Pt44	W1-708 G-IV/Pt12	W1-708 G-IV/Pt29	W1-708 G-V/Pt4
Au	88,83	95,14	92,95	91,21	93,44	92,85	91,40	88,16	94,09	90,96	71,21	92,91	95,62	93,32	94,71	93,63	93,39	95,49	95,97	93,49
Ag	7,99	6,84	6,54	7,46	5,36	5,66	6,93	8,03	5,62	6,62	5,51	4,63	3,04	3,48	3,32	5,07	5,28	3,21	2,94	3,46
Pd	0,27	0,38	0,39	0,46	0,39	0,46	0,28	0,46	0,42	0,35	0,61	0,47	0,58	0,44	0,48	0,40	0,38	0,60	0,60	0,48
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	13,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	0,09	0,14	0,36	0,34	0,33	0,27	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U							0,00	0,55	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Pb	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,03	0,08	0,00	0,03	0,02	0,01	0,01	0,14	0,06	0,11	0,09	0,01	0,05	0,05	0,08	0,03	0,04	0,05	0,12	0,06
Fe	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,03	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
Hg							1,76	1,90	1,84	1,82	1,07	1,78	1,89	1,93	1,84	1,74	1,79	1,97	1,83	1,78
As	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,68	0,00	0,26	0,03	0,03	17,22	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Se	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,00	0,53	0,08	0,00	0,04	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,04
S	0,03	0,04	0,05	0,03	0,01	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	97,30	102,66	100,35	99,54	99,64	100,72	100,38	99,97	102,12	99,94	110,32	99,90	101,19	99,26	100,47	100,88	100,97	101,32	101,48	99,33
Au	84,98	87,28	87,33	85,80	89,42	85,76	85,95	81,72	87,67	85,75	49,12	89,11	91,70	90,92	91,23	88,80	88,22	91,35	91,68	90,98
Ag	13,95	11,46	11,22	12,82	9,37	9,54	11,90	13,59	9,56	11,40	6,94	8,11	5,33	6,19	5,84	8,78	9,10	5,60	5,13	6,15
Pd	0,49	0,65	0,67	0,80	0,69	0,78	0,48	0,78	0,72	0,61	0,78	0,83	1,03	0,79	0,85	0,70	0,67	1,06	1,05	0,87
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	9,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	0,09	0,12	0,32	0,30	0,30	0,23	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U							0,00	0,42	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Pb	0,00	0,03	0,00	0,00	0,05	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,10	0,22	0,00	0,09	0,07	0,03	0,04	0,41	0,18	0,31	0,20	0,03	0,15	0,14	0,23	0,10	0,12	0,13	0,35	0,19
Fe	0,21	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,09	0,18	0,03	0,05	0,00	0,01	0,07	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00
Hg							1,63	1,73	1,69	1,68	0,73	1,68	1,78	1,85	1,74	1,62	1,66	1,85	1,72	1,70
As	0,00	0,00	0,11	0,00	0,01	1,65	0,00	0,64	0,06	0,07	31,24	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Se	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,03	0,00	0,91	0,20	0,00	0,10	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,10
S	0,20	0,24	0,28	0,19	0,06	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

**KALUNGAÍTA**

Kalungaíta																						
	CAV1-III/Pt3	W1-708 B1/Kal	W1-708 B1/Pt8	W1-708 B2/Se	W1-708 B2/Pt17	W1-708 B2/Pt19	W1-708 B2/Pt42	W1-708 E2/Pt1	W1-708 E2/Pt5	W1-708 G-V/Pt1	W1-708 G-V/Pt4	W1-708 H/Pt5	W1-708 H/Pt8	W1-708 H/Pt9	1/Pt49	1/Pt54	1/Pt67	1/Pt68	1/Pt74	1/Pt76	1/Pt77	W1-708 B1/Pt1
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,17	0,01	0,00	0,03	0,56	0,01	0,19	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pd	37,90	40,65	40,89	40,40	41,35	42,28	42,66	37,49	41,07	41,77	39,85	41,64	42,00	42,41	41,08	41,16	46,50	57,81	41,25	41,00	41,69	41,43
Pt	1,40	0,02	0,17	0,29	0,00	0,20	0,29	0,23	0,16	0,00	0,00	0,67	0,77	0,00	0,07	0,38	0,07	0,13	0,32	0,10	0,17	0,00
Bi	0,23	0,49	0,47	0,34	0,43	0,49	0,49	5,23	1,18	0,36	0,25	0,42	0,39	0,44	0,05	0,12	0,00	0,05	0,26	0,32	0,14	0,19
U															0,88	0,90	1,01	0,32	0,77	0,93	0,62	0,62
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,80	0,01	0,02	0,02	0,01	0,18	0,01	0,08	0,18	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,05	0,08	0,07	0,17	0,04	0,14
Fe	0,41	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,05	0,02	0,05	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,03	0,07
Hg															0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	27,46	27,36	26,76	27,85	27,75	27,32	26,40	27,82	27,49	26,14	26,80	27,50	27,07	27,80	27,05	26,96	25,56	14,48	27,30	27,38	25,92	26,60
Sb	1,27	1,29	1,25	1,24	1,40	1,39	1,37	1,17	1,33	1,28	1,30	1,28	1,38	1,33	1,54	1,58	4,55	14,45	1,58	1,60	1,65	1,72
Se	27,30	28,83	29,02	28,50	32,24	32,01	29,35	29,50	28,91	28,35	27,38	29,79	31,09	28,76	30,16	29,92	25,71	12,20	29,72	30,21	28,82	30,36
S	0,90	1,09	1,08	1,21	1,13	1,02	1,06	1,07	1,09	1,27	1,29	1,08	1,05	1,19	1,11	1,08	1,57	0,66	1,18	1,17	1,12	1,19
Total	97,71	99,74	99,70	99,87	104,30	105,87	101,85	103,05	101,46	99,26	97,44	102,39	103,98	102,34	102,35	102,11	105,01	100,17	102,47	102,95	100,20	102,32
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,07	0,01	0,00	0,01	0,25	0,00	0,08	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pd	31,30	32,89	33,15	32,56	31,89	32,42	34,06	30,05	32,81	33,97	32,97	32,95	32,80	33,54	32,56	32,82	36,56	52,55	32,69	32,30	33,88	32,80
Pt	0,63	0,01	0,07	0,13	0,00	0,08	0,13	0,10	0,07	0,00	0,00	0,29	0,33	0,00	0,03	0,16	0,03	0,06	0,14	0,04	0,08	0,00
Bi	0,10	0,20	0,19	0,14	0,17	0,19	0,20	2,14	0,48	0,15	0,11	0,17	0,16	0,18	0,02	0,05	0,00	0,02	0,10	0,13	0,06	0,07
U															0,31	0,32	0,35	0,13	0,27	0,33	0,23	0,22
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	1,11	0,01	0,03	0,03	0,02	0,24	0,01	0,11	0,24	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,06	0,12	0,09	0,23	0,05	0,19
Fe	0,64	0,00	0,00	0,02	0,00	0,06	0,07	0,03	0,07	0,01	0,00	0,00	0,06	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,03	0,09	0,04	0,10
Hg															0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	32,30	31,52	30,90	31,96	30,49	29,84	30,02	31,76	31,28	30,28	31,57	31,00	30,11	31,31	30,46	30,53	28,54	18,70	30,73	30,64	29,91	29,91
Sb	0,92	0,92	0,88	0,88	0,95	0,94	0,96	0,82	0,93	0,91	0,95	0,88	0,95	0,92	1,07	1,10	3,13	11,48	1,09	1,10	1,17	1,19
Se	30,46	31,52	31,79	31,04	33,60	33,17	31,66	31,95	31,21	31,15	30,61	31,86	32,81	30,73	32,21	32,15	27,24	14,94	31,74	32,08	31,55	32,39
S	2,46	2,93	2,92	3,25	2,89	2,61	2,82	2,86	2,91	3,44	3,55	2,85	2,72	3,14	2,91	2,86	4,09	1,98	3,11	3,05	3,03	3,13
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Kalungaíta																					
	W1-708 B1/Pt30	W1-708 B2/Pt8	W1-708 B2/Pt12	W1-708 B2/Pt32	W1-708 B2/Pt48	W1-708 B2/Pt57	W1-708 B2/Pt65	W1-708 B2/Pt74	W1-708 B2/Pt76	W1-708 E2/Pt6	W1-708 E2/Pt27	W1-708 E2/Pt34	W1-708 E2/Pt41	W1-708 E-II/Pt11	W1-708 E-II/Pt13	W1-708 E-II/Pt17	W1-708 E-II/Pt21	W1-708 E-II/Pt22	W1-708 G-I/Pt3	W1-708 G-I/Pt7	W1-708 G-I/Pt12
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pd	41,66	41,72	41,03	41,66	41,27	41,32	42,18	41,63	41,45	41,67	37,08	41,12	41,46	41,58	41,65	41,21	41,20	41,48	41,77	41,48	41,49
Pt	0,09	0,16	0,27	0,02	0,26	0,24	0,00	0,08	0,13	0,13	10,46	0,04	0,10	0,40	0,35	0,62	0,29	0,20	0,03	0,00	0,25
Bi	0,22	0,20	0,39	0,44	0,28	0,28	0,27	0,34	0,38	0,23	0,66	0,22	0,19	0,00	0,04	0,13	0,27	0,06	0,17	0,15	0,22
U	0,77	1,01	0,87	0,97	1,03	1,02	0,71	1,08	0,97	0,98	0,68	1,03	0,87	0,87	0,84	0,78	0,70	0,92	1,02	0,86	0,77
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,34	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Cu	0,20	0,00	0,00	0,03	0,02	0,50	0,06	0,02	0,02	0,03	0,04	0,50	0,03	0,03	0,00	0,01	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00
Fe	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	26,65	26,99	26,83	26,23	26,33	26,20	26,30	26,49	26,70	26,71	27,83	27,06	26,34	26,49	26,61	26,35	26,69	27,71	26,69	26,53	26,70
Sb	1,60	1,59	1,55	1,61	1,54	1,66	1,64	1,61	1,56	1,63	1,16	1,56	1,57	1,71	1,73	1,70	1,60	1,24	1,81	1,60	1,49
Se	29,27	28,32	29,59	28,47	29,01	28,49	27,99	28,63	28,92	29,09	24,29	29,67	28,62	29,01	28,62	29,37	30,01	29,44	29,62	29,58	29,91
S	1,12	1,09	1,14	1,06	1,15	1,05	1,29	1,02	1,06	1,13	0,97	1,06	1,15	1,19	1,05	1,07	1,06	1,33	1,30	1,05	1,08
Total	101,62	101,09	101,68	100,50	100,90	100,80	100,43	100,89	101,22	101,59	104,24	102,32	100,32	101,29	100,90	101,27	101,88	102,43	102,42	101,32	101,96
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
Pd	33,33	33,68	32,85	33,89	33,36	33,46	34,15	33,75	33,43	33,43	30,76	32,65	33,65	33,43	33,69	33,21	32,92	32,76	33,14	33,33	33,14
Pt	0,04	0,07	0,12	0,01	0,12	0,11	0,00	0,04	0,06	0,06	4,73	0,02	0,04	0,17	0,15	0,27	0,13	0,09	0,01	0,00	0,11
Bi	0,09	0,08	0,16	0,18	0,12	0,11	0,11	0,14	0,15	0,10	0,28	0,09	0,08	0,00	0,02	0,05	0,11	0,02	0,07	0,06	0,09
U	0,28	0,37	0,31	0,35	0,37	0,37	0,26	0,39	0,35	0,35	0,25	0,36	0,32	0,31	0,30	0,28	0,25	0,33	0,36	0,31	0,28
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Cu	0,27	0,00	0,00	0,04	0,03	0,67	0,08	0,02	0,03	0,04	0,05	0,67	0,04	0,04	0,00	0,01	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00
Fe	0,09	0,02	0,02	0,01	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,00	0,00	0,03	0,04	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	30,28	30,94	30,51	30,30	30,22	30,13	30,24	30,50	30,58	30,43	32,78	30,52	30,37	30,25	30,57	30,17	30,28	31,07	30,07	30,28	30,28
Sb	1,12	1,12	1,08	1,14	1,09	1,17	1,16	1,14	1,10	1,14	0,84	1,08	1,11	1,20	1,22	1,20	1,12	0,86	1,26	1,12	1,04
Se	31,55	30,81	31,93	31,21	31,59	31,09	30,54	31,27	31,43	31,45	27,14	31,75	31,30	31,43	31,19	31,90	32,31	31,33	31,66	32,03	32,19
S	2,96	2,91	3,02	2,85	3,09	2,82	3,46	2,75	2,84	3,01	2,67	2,79	3,10	3,17	2,81	2,87	2,80	3,49	3,43	2,81	2,86
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00



Kalungaíta																				
	W1-708 G-I/Pt22	W1-708 G-I/Pt25	W1-708 G-II/Pt1	W1-708 G-II/Pt7	W1-708 G-II/Pt11	W1-708 G-II/Pt18	W1-708 G-II/Pt34	W1-708 G-II/Pt39	W1-708 G-II/Pt45	W1-708 G-II/Pt49	W1-708 G-II/Pt11	W1-708 G-III/Pt15	W1-708 G-III/Pt40	W1-708 G-IV/Pt1	W1-708 G-IV/Pt2	W1-708 G-IV/Pt8	W1-708 G-IV/Pt10	W1-708 G-IV/Pt16	W1-708 G-IV/Pt21	W1-708 G-IV/Pt32
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pd	42,10	41,80	41,71	40,79	41,05	41,70	41,45	40,95	41,17	41,84	41,35	41,19	41,16	41,16	42,01	41,83	40,69	41,12	40,99	41,00
Pt	0,10	0,09	0,02	0,25	0,13	0,03	0,60	0,77	0,05	0,15	0,08	0,11	0,00	0,13	0,00	0,07	1,18	0,78	0,39	0,50
Bi	0,24	0,21	0,16	0,10	0,22	0,09	0,03	0,24	0,33	0,20	0,00	0,19	0,00	0,33	0,22	0,19	0,13	0,26	0,32	0,24
U	0,59	0,81	0,72	0,83	0,89	0,94	0,67	0,95	0,83	0,83	0,95	0,86	0,90	1,10	0,61	0,82	0,89	0,58	0,79	0,89
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
Cu	0,01	0,04	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,04	0,03	0,06	0,03	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02	0,07	0,01	0,00
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	26,23	26,62	26,78	27,01	26,86	26,78	26,50	26,77	26,75	26,09	27,12	26,83	26,92	27,66	26,60	26,90	26,54	25,95	26,58	26,80
Sb	1,69	1,69	1,61	1,56	1,65	1,03	1,49	1,43	1,47	1,74	1,66	1,77	1,78	1,54	1,27	1,63	1,68	1,42	1,56	1,62
Se	28,67	28,93	28,51	30,12	29,72	29,49	29,39	29,40	29,49	27,86	29,00	29,01	29,06	29,02	28,61	29,24	29,35	28,24	29,57	30,07
S	1,17	1,24	1,20	1,00	1,24	1,18	1,02	1,13	1,02	1,23	1,24	1,22	1,17	1,30	1,17	1,02	0,94	1,27	1,00	1,01
Total	100,83	101,42	100,71	101,66	101,77	101,31	101,14	101,71	101,14	99,99	101,43	101,27	101,03	102,29	100,52	101,74	101,44	99,74	101,20	102,14
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pd	33,99	33,51	33,65	32,64	32,73	33,38	33,43	32,86	33,15	34,11	33,08	33,06	33,09	32,66	33,94	33,52	32,90	33,58	33,05	32,76
Pt	0,05	0,04	0,01	0,11	0,06	0,01	0,26	0,34	0,02	0,07	0,04	0,05	0,00	0,06	0,00	0,03	0,52	0,35	0,17	0,22
Bi	0,10	0,08	0,07	0,04	0,09	0,04	0,01	0,10	0,14	0,08	0,00	0,08	0,00	0,13	0,09	0,08	0,05	0,11	0,13	0,10
U	0,21	0,29	0,26	0,30	0,32	0,34	0,24	0,34	0,30	0,30	0,34	0,31	0,32	0,39	0,22	0,29	0,32	0,21	0,29	0,32
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Cu	0,01	0,05	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,05	0,04	0,08	0,04	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,03	0,10	0,01	0,01	0,01
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	30,07	30,30	30,68	30,69	30,41	30,45	30,35	30,51	30,59	30,20	30,81	30,58	30,73	31,17	30,53	30,61	30,48	30,10	30,43	30,42
Sb	1,19	1,18	1,14	1,09	1,15	0,72	1,05	1,00	1,04	1,24	1,16	1,24	1,25	1,06	0,90	1,14	1,19	1,01	1,10	1,13
Se	31,19	31,25	31,00	32,48	31,94	31,82	31,94	31,79	31,99	30,60	31,26	31,38	31,48	31,02	31,15	31,57	31,98	31,07	32,13	32,38
S	3,15	3,29	3,20	2,66	3,28	3,12	2,72	3,00	2,74	3,31	3,28	3,24	3,11	3,43	3,15	2,72	2,52	3,44	2,68	2,67
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Kalungaíta								
	W1-708 G-IV/Pt58	W1-708 G-IV/Pt73	W1-708 G-IV/Pt74	W1-708 G-IV/Pt79	W1-708 G-IV/Pt83	W1-708 G-V/Pt7	W1-708 H1/Pt1	W1-708 H1/Pt7
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pd	40,82	41,53	41,37	41,46	41,02	41,64	39,55	41,51
Pt	0,22	0,00	0,04	0,02	0,72	0,23	1,92	0,12
Bi	0,22	0,17	0,15	0,13	0,22	0,21	0,01	0,31
U	1,14	0,89	0,83	0,95	1,14	0,64	0,73	0,91
Pb	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Cu	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	27,06	26,84	27,09	27,27	27,04	26,32	26,46	26,45
Sb	1,54	1,69	1,71	1,19	1,33	1,73	1,50	1,57
Se	29,45	28,62	28,79	29,21	28,81	28,43	30,61	29,48
S	1,06	1,22	1,29	1,18	1,22	1,17	1,01	1,33
Total	101,56	100,99	101,28	101,40	101,52	100,38	101,89	101,70
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pd	32,76	33,43	33,13	33,16	32,95	33,78	31,77	33,13
Pt	0,10	0,00	0,02	0,01	0,31	0,10	0,84	0,05
Bi	0,09	0,07	0,06	0,05	0,09	0,09	0,00	0,12
U	0,41	0,32	0,30	0,34	0,41	0,23	0,26	0,32
Pb	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,04
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	30,84	30,68	30,81	30,98	30,85	30,33	30,19	29,98
Sb	1,08	1,19	1,20	0,83	0,93	1,23	1,05	1,09
Se	31,85	31,05	31,06	31,48	31,18	31,08	33,13	31,71
S	2,83	3,25	3,43	3,14	3,24	3,15	2,70	3,53
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

**MERTIEITA**

Mertieita																	
	W1-708 B2/Pt38	W1-708 B2/Pt39	1/Pt66	W1-708 B1/Pt67	W1-708 B2/Pt19	W1-708 B2/Pt68	W1-708 E2/Pt8	W1-708 E2/Pt9	W1-708 E2/Pt32	W1-708 G-I/Pt14	W1-708 G-III/Pt9	W1-708 G-IV/Pt11	W1-708 G-IV/Pt22	W1-708 G-IV/Pt31	W1-708 G-IV/Pt78	W1-708 H1/Pt8	W1-708 H1/Pt9
Au	0,00	0,51	0,00	3,53	24,63	3,85	0,02	0,00	4,11	2,93	4,73	4,40	3,57	3,73	3,81	0,00	5,56
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	3,32	0,00	0,00	0,00	0,03	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pd	70,70	71,20	71,35	69,97	42,19	69,65	70,61	66,66	68,27	70,14	69,00	68,60	70,73	70,42	69,87	71,48	68,28
Pt	0,24	0,42	0,35	0,22	0,18	0,19	0,35	0,32	0,18	0,19	0,21	0,20	0,16	0,22	0,23	0,30	0,22
Bi	0,04	0,05	0,03	0,00	0,68	0,00	0,16	2,40	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00
U			1,37	1,45	2,56	1,58	1,36	1,51	1,53	1,57	1,62	1,37	1,14	1,67	1,56	1,56	1,54
Pb	0,06	0,13	0,00	0,00	1,76	0,00	0,00	0,58	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,15	0,22	0,04	0,59	0,37	0,93	0,09	0,78	1,89	1,27	0,03	1,70	0,90	0,96	1,72	0,04	0,53
Fe	0,06	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,70	0,01	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Hg			0,00	0,00	0,73	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,08	0,00	0,02	0,03	0,00	0,06
As	4,19	4,00	3,01	8,99	1,90	8,15	2,90	2,77	8,74	8,52	8,79	8,48	8,36	8,23	8,58	3,19	8,53
Sb	24,82	24,90	25,81	15,74	18,67	16,68	25,27	23,82	15,81	16,29	15,49	16,08	16,11	16,18	15,96	25,34	15,65
Se	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,02	0,18	2,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
S	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Total	100,27	101,44	101,96	100,51	97,21	101,07	100,94	102,21	100,62	101,07	99,89	100,93	100,97	101,44	101,93	101,91	100,41
Au	0,00	0,27	0,00	1,90	16,31	2,07	0,01	0,00	2,20	1,57	2,59	2,36	1,91	2,00	2,02	0,00	3,04
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	4,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pd	72,18	71,84	72,02	69,83	51,71	69,44	71,96	65,77	67,74	69,33	70,06	68,11	70,21	69,89	68,58	72,13	69,04
Pt	0,13	0,22	0,19	0,12	0,12	0,10	0,19	0,17	0,10	0,10	0,12	0,11	0,09	0,12	0,13	0,16	0,12
Bi	0,02	0,02	0,01	0,00	0,42	0,00	0,08	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
U			0,62	0,64	1,40	0,70	0,62	0,67	0,68	0,69	0,73	0,61	0,51	0,74	0,69	0,71	0,69
Pb	0,03	0,06	0,00	0,00	1,11	0,00	0,00	0,29	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,24	0,37	0,06	0,99	0,76	1,55	0,14	1,28	3,15	2,10	0,05	2,82	1,50	1,60	2,82	0,07	0,89
Fe	0,12	0,01	0,01	0,05	0,01	0,03	0,04	1,31	0,01	0,04	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
Hg			0,00	0,00	0,47	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,04	0,00	0,01	0,02	0,00	0,03
As	5,85	5,62	4,32	12,74	3,31	11,53	4,20	3,89	12,31	11,96	12,68	11,96	11,78	11,60	11,96	4,57	12,26
Sb	21,34	21,53	22,77	13,73	20,00	14,53	22,50	20,54	13,71	14,07	13,74	13,95	13,98	14,03	13,69	22,34	13,83
Se	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,02	0,25	2,66	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
S	0,10	0,04	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	2,21	0,05	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,03	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

## URANINITA

	Uraninita				
	W1-708 B1/Pt72	W1-708 B2/Pt37	W1-708 E-II/Pt25	W1-708 G-IV/Pt64	W1-708 G-IV/Pt89
Au	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01
Ag	0,21	0,16	0,00	0,00	0,01
Pd	0,21	0,21	0,03	0,03	0,11
Pt	0,12	0,54	0,00	0,00	0,00
Bi	1,97	1,11	0,30	0,30	1,28
U	63,11	65,77	67,88	65,81	44,88
Pb	6,67	8,04	8,78	8,15	26,75
Cu	0,12	0,09	0,00	0,08	0,05
Fe	0,13	0,16	0,06	0,00	0,10
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,21	0,48	0,00	0,02	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	1,36	2,52	0,00	0,41	6,97
S	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
<b>Total</b>	<b>74,11</b>	<b>79,11</b>	<b>77,06</b>	<b>74,80</b>	<b>80,19</b>
Au	0,00	0,04	0,00	0,01	0,01
Ag	0,58	0,41	0,00	0,00	0,02
Pd	0,59	0,52	0,10	0,07	0,25
Pt	0,18	0,74	0,00	0,00	0,00
Bi	2,81	1,44	0,43	0,45	1,47
U	79,03	74,76	86,30	85,30	45,24
Pb	9,59	10,50	12,83	12,14	30,98
Cu	0,57	0,37	0,00	0,38	0,17
Fe	0,70	0,77	0,34	0,00	0,41
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,81	1,73	0,00	0,06	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	5,14	8,62	0,00	1,58	21,18
S	0,00	0,10	0,00	0,00	0,26
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

**PADMAÍTA**

Padmaíta																						
	1/Pt7	1/Pt11	W1-708 B1/Pt9	W1-708 B1/Pt12	W1-708 E2/Pt3	W1-708 E2/Pt8	W1-708 E-1/Pt3	W1-708 F-1/Pt15	1/Pt1	1/Pt2	1/Pt31	1/Pt35	1/Pt48	1/Pt56	1/Pt60	1/Pt63	W1-708 B1/Pt13	W1-708 B1/Pt20	W1-708 B1/Pt27	W1-708 B1/Pt28	W1-708 B1/Pt29	W1-708 B1/Pt31
Au	0,02	0,00	0,16	0,03	0,09	0,11	0,23	1,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	0,00	2,25	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,05	2,63	2,89
Pd	25,22	25,73	27,11	27,19	26,44	17,83	23,63	30,97	27,26	25,87	26,36	26,57	26,54	22,91	26,64	25,47	18,81	25,65	26,63	11,95	14,26	13,30
Pt	1,08	1,11	1,13	1,24	0,84	0,65	0,89	0,03	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,05	0,08	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
Bi	49,91	50,31	52,71	53,05	51,94	35,76	49,56	37,77	48,93	53,70	53,93	53,93	52,94	51,74	54,04	52,96	34,81	54,55	52,77	34,14	36,65	34,78
U									1,21	0,89	0,96	0,93	0,82	0,69	0,78	0,91	0,74	0,85	0,61	0,29	0,30	0,44
Pb	0,19	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,45	0,56	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	2,27	0,01	1,28	0,87	0,00	0,00	1,72	0,73	1,21
Cu	0,13	0,29	0,04	0,04	0,25	8,95	0,08	0,31	0,03	0,04	0,00	0,09	0,39	0,50	0,04	0,00	9,54	0,02	0,12	10,14	9,26	10,11
Fe	0,03	0,10	0,01	0,02	0,07	7,78	0,05	0,60	0,00	0,00	0,01	0,05	0,19	0,40	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	8,74	8,13	8,80
Hg									0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,50	0,00	9,86	0,70	0,03	0,05	0,12	0,12	0,24	0,04	0,02	0,71	0,02	0,01	0,73	0,60	0,66
Se	26,33	20,40	20,73	20,49	21,58	16,45	18,33	10,47	18,86	18,97	18,59	18,38	18,36	20,25	18,68	18,97	29,50	18,90	18,85	20,55	18,35	19,18
S	0,08	0,24	0,11	0,19	0,19	8,90	0,04	0,38	0,10	0,10	0,12	0,13	0,05	0,42	0,10	0,15	2,08	0,12	0,08	8,78	8,10	9,04
Total	102,99	98,19	102,01	102,25	101,88	99,63	93,28	96,99	97,53	99,66	100,04	100,24	99,42	100,36	100,43	99,85	97,08	100,10	99,06	100,13	98,99	100,41
Au	0,01	0,00	0,10	0,02	0,05	0,05	0,16	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	0,00	2,70	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,41	2,18	2,28
Pd	29,88	32,86	33,72	33,74	32,51	14,73	32,64	37,62	34,23	32,48	33,04	33,20	33,22	27,89	33,21	31,98	18,70	32,18	33,44	9,60	11,97	10,66
Pt	0,66	0,73	0,73	0,80	0,54	0,29	0,64	0,02	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Bi	28,68	31,16	31,80	31,94	30,98	15,04	33,21	23,36	31,29	34,33	34,42	34,32	33,74	32,07	34,30	33,86	17,62	34,84	33,74	13,97	15,66	14,19
U									0,68	0,50	0,54	0,52	0,46	0,37	0,43	0,51	0,33	0,47	0,34	0,10	0,11	0,16
Pb	0,11	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,30	0,35	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	1,42	0,01	0,82	0,44	0,00	0,00	0,71	0,31	0,50
Cu	0,24	0,60	0,07	0,09	0,50	12,38	0,18	0,63	0,06	0,07	0,00	0,18	0,82	1,02	0,08	0,01	15,87	0,04	0,26	13,64	13,01	13,56
Fe	0,06	0,22	0,02	0,03	0,15	12,25	0,12	1,39	0,01	0,00	0,03	0,13	0,46	0,92	0,11	0,04	0,03	0,00	0,01	13,38	13,00	13,44
Hg									0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,52	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,36	0,00	10,47	0,76	0,04	0,06	0,13	0,13	0,25	0,04	0,02	0,62	0,02	0,01	0,51	0,44	0,46
Se	40,05	33,44	33,10	32,65	34,07	18,31	32,52	17,14	31,92	32,10	31,41	30,95	30,97	33,22	31,37	32,11	39,52	31,95	31,89	22,24	20,75	20,72
S	0,30	0,95	0,42	0,73	0,72	24,40	0,16	1,53	0,41	0,39	0,49	0,53	0,22	1,70	0,41	0,60	6,88	0,49	0,31	23,41	22,57	24,04
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Padmaíta																						
	W1-708 B1/Pt39	W1-708 B1/Pt48	W1-708 B1/Pt50	W1-708 B1/Pt51	W1-708 B1/Pt52	W1-708 B1/Pt56	W1-708 B1/Pt57	W1-708 B1/Pt65	W1-708 B1/Pt71	W1-708 B1/Pt74	W1-708 B2/Pt5	W1-708 B2/Pt6	W1-708 B2/Pt36	W1-708 B2/Pt51	W1-708 B2/Pt54	W1-708 B2/Pt61	W1-708 B2/Pt62	W1-708 E2/Pt2	W1-708 E2/Pt33	W1-708 E-II/Pt7	W1-708 E-II/Pt15	W1-708 E-II/Pt24
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,08	0,00	0,00	2,42	0,00
Pd	26,73	26,73	26,59	26,44	26,72	26,44	26,84	25,84	26,14	11,25	25,75	25,75	26,43	26,50	26,79	19,54	26,84	17,95	26,60	26,62	17,53	23,57
Pt	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,72	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00
Bi	52,28	52,99	54,42	52,80	52,56	52,19	51,87	52,47	53,86	35,47	54,32	54,40	54,88	53,67	54,51	49,36	52,88	36,09	53,94	52,67	48,31	50,65
U	0,73	0,72	0,81	0,73	0,72	0,69	0,72	0,71	0,78	3,45	0,96	0,79	0,79	0,78	0,81	1,88	0,66	0,29	0,82	0,75	0,69	0,48
Pb	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,81	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,41	0,00	0,05	3,44	0,05
Cu	0,70	0,04	0,00	0,12	0,00	0,08	0,14	0,11	0,09	0,87	0,15	0,29	0,00	0,05	0,11	0,89	0,03	9,92	0,50	0,00	0,25	1,41
Fe	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,02	0,01	0,16	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,08	1,05
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00
Sb	0,92	0,01	0,03	0,05	0,06	0,06	0,61	0,45	0,02	0,22	0,01	0,16	0,02	0,03	0,00	0,05	0,05	0,80	0,02	0,10	0,09	0,10
Se	18,53	18,09	18,08	18,37	17,98	18,72	18,53	19,20	18,17	24,28	18,09	18,41	18,09	18,21	17,96	34,98	17,65	39,17	18,07	18,28	22,23	21,15
S	0,13	0,07	0,11	0,12	0,12	0,14	0,10	0,05	0,09	0,16	0,02	0,18	0,07	0,10	0,10	0,03	0,10	0,73	0,18	0,05	0,10	0,00
Total	100,27	98,72	100,11	98,62	98,17	98,44	98,84	98,87	99,14	78,36	99,34	100,21	100,30	99,35	100,31	106,96	98,21	106,18	100,16	98,54	95,32	98,46
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,07	0,00	0,00	3,07	0,00
Pd	32,79	33,94	33,47	33,45	34,05	33,36	33,67	32,47	33,14	16,66	32,77	32,09	33,30	33,47	33,62	20,67	34,29	16,37	33,15	33,81	22,53	28,55
Pt	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,36	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	32,65	34,25	34,88	34,01	34,10	33,53	33,13	33,57	34,77	26,74	35,20	34,52	35,20	34,52	34,83	26,59	34,40	16,75	34,22	34,07	31,62	31,24
U	0,40	0,41	0,46	0,41	0,41	0,39	0,40	0,40	0,44	2,28	0,54	0,44	0,45	0,44	0,46	0,89	0,38	0,12	0,46	0,42	0,40	0,26
Pb	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,38	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,19	0,00	0,03	2,27	0,03
Cu	1,43	0,08	0,00	0,25	0,00	0,17	0,30	0,23	0,20	2,15	0,31	0,61	0,00	0,11	0,23	1,57	0,07	15,15	1,05	0,00	0,53	2,86
Fe	0,59	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,10	0,11	0,00	0,06	0,01	0,39	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	0,19	2,42
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00
Sb	0,99	0,01	0,03	0,06	0,07	0,07	0,67	0,50	0,02	0,29	0,01	0,17	0,02	0,03	0,00	0,05	0,06	0,64	0,02	0,11	0,10	0,11
Se	30,63	30,95	30,66	31,33	30,87	31,82	31,33	32,52	31,04	48,45	31,02	30,92	30,72	31,00	30,38	49,87	30,39	48,13	30,35	31,28	38,51	34,53
S	0,53	0,31	0,45	0,49	0,49	0,58	0,40	0,21	0,39	0,78	0,10	0,76	0,29	0,42	0,43	0,11	0,42	2,22	0,73	0,21	0,43	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Padmaíta							
	W1-708 E-II/Pt32	W1-708 G-II/Pt16	W1-708 G-II/Pt21	W1-708 G-III/Pt29	W1-708 G-IV/Pt3	W1-708 G-V/Pt8	W1-708 H1/Pt2
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pd	25,89	22,32	26,36	26,38	27,01	26,12	26,82
Pt	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,07	0,00
Bi	52,31	42,45	53,40	53,16	52,56	53,50	53,48
U	0,87	0,68	0,77	0,82	0,76	0,63	0,74
Pb	0,72	2,16	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Cu	0,04	3,08	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00
Fe	0,07	2,97	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,47	3,03	0,03	0,01	0,26	0,09	0,06
Se	19,14	23,60	18,68	18,31	17,97	18,77	18,27
S	0,06	0,43	0,00	0,06	0,05	0,08	0,04
Total	99,57	100,72	99,32	98,79	98,65	99,29	99,42
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pd	32,41	24,25	33,29	33,50	34,30	32,93	33,86
Pt	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,04	0,00
Bi	33,34	23,48	34,34	34,36	33,98	34,34	34,38
U	0,48	0,33	0,43	0,47	0,43	0,36	0,42
Pb	0,46	1,21	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Cu	0,09	5,61	0,09	0,08	0,00	0,00	0,00
Fe	0,18	6,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,51	2,88	0,03	0,02	0,29	0,10	0,07
Se	32,29	34,55	31,79	31,33	30,75	31,89	31,08
S	0,24	1,56	0,00	0,24	0,23	0,32	0,16
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

**SPERRYLITA**

Sperrylita																				
	W1-708 B1/Pt13	W1-708 B2/Pt40	W1-708 B2/Pt41	W1-708 B2/Pt43	1/Pt32	1/Pt75	W1-708 B1/Pt35	W1-708 B1/Pt73	W1-708 B2/Pt66	W1-708 B2/Pt70	W1-708 E-II/Pt31	W1-708 G-II/Pt9	W1-708 G-II/Pt14	W1-708 G-III/Pt1	W1-708 G-III/Pt20	W1-708 G-III/Pt24	W1-708 G-IV/Pt17	W1-708 G-IV/Pt34	W1-708 G-IV/Pt77	
Au	0,00	0,00	0,11	0,12	3,59	3,65	3,84	3,61	3,63	3,94	3,72	3,79	3,45	3,72	3,84	3,70	3,94	3,79	3,81	
Ag	0,14	0,08	0,08	0,26	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,01	
Pd	1,08	1,11	0,84	2,29	0,63	0,93	0,82	0,93	1,30	0,81	0,86	0,84	1,02	0,94	0,98	0,85	0,91	0,97	0,78	
Pt	56,59	54,76	56,10	53,21	54,16	54,79	54,59	55,11	52,67	54,61	54,92	55,73	53,23	55,10	54,32	54,53	55,58	54,73	53,76	
Bi	0,05	0,07	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,14	0,00	0,19	0,19	0,04	0,24	0,02	0,00	0,10	0,08	0,00	0,00	
U					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Pb	0,30	0,00	0,00	0,18	0,27	0,41	0,25	0,23	0,23	0,48	0,32	0,05	0,31	0,14	0,26	0,27	0,11	0,30	0,50	
Cu	0,00	0,03	0,03	0,03	0,04	0,01	0,00	0,12	0,09	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fe	0,03	0,00	0,02	0,01	0,06	0,04	0,00	0,03	0,07	0,02	0,09	0,05	0,03	0,03	0,00	0,03	0,07	0,05	0,04	
Hg					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
As	40,12	39,98	40,82	37,76	40,85	40,16	40,27	40,42	40,05	40,15	38,91	39,47	40,49	39,15	40,29	41,03	39,37	39,20	41,08	
Sb	0,01	0,02	0,08	0,06	0,02	0,01	0,01	0,03	0,05	0,02	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,03	0,01	0,04	0,01	
Se	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
S	0,28	0,43	0,32	0,40	0,40	0,35	0,36	0,49	0,32	0,31	0,29	0,31	0,40	0,33	0,39	0,33	0,31	0,45	0,40	
Total	98,62	96,49	98,40	94,32	100,09	100,39	100,22	101,12	98,43	100,57	99,39	100,27	99,19	99,47	100,07	100,87	100,38	99,62	100,38	
Au	0,00	0,00	0,06	0,07	2,04	2,10	2,22	2,05	2,09	2,28	2,17	2,21	1,98	2,17	2,20	2,10	2,28	2,18	2,17	
Ag	0,14	0,08	0,08	0,26	0,07	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,01	
Pd	1,07	1,11	0,84	2,33	0,67	0,99	0,88	0,98	1,39	0,87	0,92	0,90	1,08	1,02	1,04	0,90	0,98	1,03	0,83	
Pt	30,58	29,88	30,39	29,59	31,12	31,77	31,83	31,62	30,59	31,87	32,26	32,75	30,88	32,52	31,43	31,34	32,45	31,80	30,96	
Bi	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,07	0,00	0,10	0,10	0,02	0,13	0,01	0,00	0,05	0,04	0,00	0,00	
U					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Pb	0,15	0,00	0,00	0,10	0,15	0,23	0,14	0,13	0,13	0,26	0,18	0,03	0,17	0,08	0,14	0,14	0,06	0,17	0,27	
Cu	0,00	0,05	0,05	0,05	0,07	0,02	0,00	0,22	0,16	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fe	0,06	0,00	0,04	0,01	0,12	0,08	0,00	0,06	0,14	0,04	0,18	0,10	0,06	0,06	0,00	0,07	0,15	0,10	0,08	
Hg					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
As	56,45	56,81	57,59	54,67	61,13	60,64	61,14	60,40	60,58	61,00	59,53	60,39	61,16	60,17	60,70	61,41	59,84	59,33	61,61	
Sb	0,01	0,02	0,07	0,05	0,02	0,01	0,01	0,03	0,04	0,02	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,01	0,04	0,00	
Se	10,58	10,58	9,84	11,51	3,21	2,92	2,46	2,73	3,73	2,40	3,49	2,51	3,11	2,74	3,12	2,81	3,10	3,67	2,66	
S	0,93	1,43	1,05	1,35	1,40	1,22	1,29	1,72	1,12	1,11	1,05	1,09	1,40	1,20	1,37	1,15	1,10	1,58	1,41	
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	



**BOHDANOWICZITA**

<b>Bohdanowiczita</b>										
	W1-708 B2/Pt2	W1-708 B2/Pt27	W1-708 B2/Pt30	W1-708 D-III/Pt2	W1-708 D-III/Pt3	W1-708 B1/Pt66	W1-708 B2/Pt71	W1-708 E2/Pt21	W1-708 E2/Pt26	W1-708 G-IV/Pt43
Au	5,12	0,00	0,25	0,14	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	10,27	27,04	25,82	19,24	29,90	17,11	21,14	17,83	24,48	18,56
Pd	5,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,35	0,68	0,00	1,06	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	21,51	37,40	35,10	40,48	34,25	44,11	44,97	43,82	40,33	43,76
U						0,15	0,05	0,17	4,14	0,08
Pb	6,54	2,68	3,56	7,90	6,43	2,55	3,91	3,00	0,87	4,02
Cu	8,43	0,00	0,09	0,05	0,05	1,17	0,03	0,78	0,00	0,14
Fe	6,38	0,02	0,10	0,35	0,19	0,95	0,13	0,94	0,33	0,86
Hg						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00
Sb	4,40	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
Se	18,87	15,98	19,70	28,18	25,58	30,60	26,52	30,89	15,44	30,56
S	7,53	0,09	0,09	1,00	0,82	0,77	1,16	0,90	0,12	0,41
Total	95,43	83,93	84,70	98,41	98,86	97,41	97,91	98,32	86,62	98,39
Au	2,43	0,00	0,19	0,09	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	8,88	38,43	35,15	21,98	33,22	19,12	24,35	19,71	34,47	21,02
Pd	5,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,17	0,53	0,00	0,67	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	9,61	27,44	24,66	23,87	19,65	25,44	26,73	25,00	29,30	25,58
U						0,08	0,03	0,08	2,64	0,04
Pb	2,95	1,98	2,52	4,70	3,72	1,48	2,34	1,73	0,63	2,37
Cu	12,38	0,00	0,21	0,10	0,10	2,22	0,06	1,47	0,00	0,28
Fe	10,67	0,06	0,26	0,77	0,41	2,06	0,30	2,00	0,89	1,89
Hg						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,71	0,00
Sb	3,38	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00
Se	22,30	31,03	36,62	43,97	38,83	46,70	41,72	46,65	29,70	47,27
S	21,91	0,42	0,40	3,85	3,08	2,90	4,48	3,36	0,57	1,55
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

## CLAUSTHALITA

Clausthalita																						
	W1-708 B1/Pt10	W1-708 E-II/Pt1	W1-708 H/Pt1	W1-708 H/Pt3	1/Pt37	1/Pt45	1/Pt52	1/Pt55	1/Pt59	W1-708 B1/Pt37	W1-708 B1/Pt38	W1-708 B1/Pt45	W1-708 B1/Pt47	W1-708 B1/Pt49	W1-708 B1/Pt61	W1-708 B1/Pt63	W1-708 E-II/Pt30	W1-708 G-I/Pt2	W1-708 G-I/Pt6	W1-708 G-I/Pt9	W1-708 G-I/Pt16	W1-708 G-II/Pt17
Au	0,08	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,90	2,36	0,52	0,29	0,90	0,29	0,22	0,20	0,08	0,23	0,00	0,12	0,37	0,24	0,28	0,18	0,39	0,28	0,39	0,33	0,42	0,19
Pd	0,05	0,13	0,05	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,04	0,00	0,07	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,02	0,00
Bi	0,00	3,38	0,00	0,00	5,24	0,73	1,00	0,79	1,99	0,41	0,49	0,47	0,90	0,77	1,09	2,31	0,93	0,95	0,69	1,01	0,99	0,81
U					0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	69,42	51,85	71,36	70,35	65,28	70,30	70,23	71,11	66,88	71,13	69,56	71,09	69,45	67,83	70,37	68,30	70,56	69,53	70,51	69,99	70,72	72,45
Cu	0,04	2,63	0,09	0,07	0,12	0,02	0,04	0,03	0,06	0,21	0,30	0,01	0,06	0,05	0,06	0,22	0,06	0,08	0,08	0,07	0,06	0,08
Fe	0,05	0,05	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,08	0,03	0,21	0,00	0,01	0,09	0,00	0,12	0,05	0,01	0,00	0,01	0,00	0,07
Hg					0,04	0,00	0,06	0,02	0,01	0,04	0,09	0,08	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,06	0,00	0,10	
As	0,11	0,00	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	
Sb	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Se	28,16	32,03	29,52	29,07	27,40	24,84	25,71	25,53	25,72	25,04	25,71	24,06	25,16	26,36	23,63	24,70	24,56	25,44	25,06	24,73	25,79	25,51
S	0,36	0,15	0,19	0,17	0,30	0,44	0,44	0,31	0,38	0,43	0,51	0,52	0,46	0,38	0,53	0,65	0,41	0,29	0,27	0,47	0,27	0,34
Total	99,18	93,23	101,78	100,33	99,30	96,64	97,74	98,00	97,16	97,56	97,02	96,37	96,42	95,72	95,98	96,97	96,96	96,57	97,04	96,91	98,25	99,55
Au	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	1,17	2,92	0,66	0,37	1,18	0,40	0,30	0,28	0,10	0,32	0,00	0,17	0,50	0,32	0,39	0,25	0,54	0,38	0,54	0,45	0,57	0,25
Pd	0,07	0,16	0,06	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	
Pt	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,11	0,01	0,00	
Bi	0,00	2,15	0,00	0,00	3,54	0,52	0,69	0,56	1,37	0,29	0,34	0,34	0,63	0,54	0,78	1,61	0,66	0,67	0,49	0,71	0,69	0,56
U					0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Pb	46,84	33,28	47,09	47,13	44,53	50,33	49,38	50,28	46,47	50,34	48,67	51,36	49,51	48,06	51,12	48,07	50,50	49,71	50,46	49,90	49,77	50,53
Cu	0,08	5,50	0,19	0,15	0,27	0,05	0,10	0,06	0,14	0,48	0,67	0,01	0,13	0,11	0,14	0,50	0,14	0,18	0,20	0,16	0,13	0,19
Fe	0,14	0,12	0,02	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00	0,19	0,07	0,54	0,00	0,03	0,24	0,00	0,33	0,12	0,02	0,00	0,04	0,00	0,18
Hg					0,03	0,00	0,04	0,02	0,00	0,03	0,06	0,06	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03	0,05	0,00	0,07	
As	0,21	0,00	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	
Sb	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Se	49,85	53,96	51,11	51,10	49,06	46,66	47,43	47,37	46,89	46,50	47,21	45,61	47,06	49,00	45,05	45,61	46,13	47,72	47,06	46,27	47,62	46,69
S	1,58	0,61	0,80	0,74	1,32	2,04	2,02	1,44	1,70	1,94	2,31	2,44	2,12	1,73	2,50	2,96	1,89	1,32	1,23	2,16	1,22	1,54
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Clausthalita																		
	W1-708 G-II/Pt31	W1-708 G-II/Pt38	W1-708 G-III/Pt3	W1-708 G-III/Pt4	W1-708 G-III/Pt22	W1-708 G-III/Pt31	W1-708 G-III/Pt33	W1-708 G-III/Pt36	W1-708 G-III/Pt37	W1-708 G-III/Pt42	W1-708 G-IV/Pt7	W1-708 G-IV/Pt45	W1-708 G-IV/Pt65	W1-708 G-IV/Pt68	W1-708 G-IV/Pt76	W1-708 G-IV/Pt88	W1-708 G-IV/Pt91	W1-708 G-V/Pt2
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00
Ag	0,25	0,29	0,15	0,09	0,94	0,41	0,33	0,24	0,78	0,31	0,33	0,43	1,57	0,29	0,25	0,36	0,68	0,38
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,01	0,00	0,00	0,00
Pt	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00
Bi	1,04	0,65	0,71	0,50	5,75	0,92	1,17	0,79	3,93	1,59	1,45	0,98	8,45	0,64	1,57	1,41	3,63	1,85
U	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00
Pb	70,56	70,80	70,60	70,64	65,50	70,51	70,90	71,48	67,15	70,24	70,66	71,43	63,44	70,44	63,87	68,64	66,39	69,51
Cu	0,03	0,04	0,12	0,04	0,15	0,14	0,02	0,06	0,10	0,05	0,26	0,05	0,06	0,01	0,16	0,12	0,14	0,06
Fe	0,00	0,01	0,03	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,10	0,01	0,20	0,02	0,08	0,01	0,08	0,06	0,09	0,00
Hg	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	0,01	0,05	0,06	0,09	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00
Se	24,61	24,74	25,15	23,46	25,65	24,66	24,51	24,70	25,14	24,63	24,95	25,00	25,93	25,15	22,08	25,16	24,69	24,88
S	0,32	0,27	0,34	0,21	0,37	0,19	0,43	0,40	0,43	0,32	0,55	0,34	0,41	0,30	0,44	0,28	0,34	0,27
Total	96,86	96,80	97,12	94,93	98,45	97,03	97,40	97,77	97,68	97,27	98,42	98,26	99,93	96,87	93,93	96,05	95,97	96,94
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
Ag	0,34	0,40	0,21	0,13	1,26	0,57	0,45	0,33	1,05	0,42	0,44	0,58	2,06	0,40	0,35	0,50	0,94	0,53
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,67	0,00	0,00	0,00
Pt	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00
Bi	0,74	0,46	0,50	0,37	3,98	0,66	0,83	0,56	2,74	1,13	1,00	0,69	5,74	0,45	1,13	1,01	2,59	1,32
U	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
Pb	50,83	51,01	50,31	52,58	45,65	50,81	50,69	50,90	47,28	50,37	49,30	50,58	43,45	50,44	46,36	49,30	47,73	49,92
Cu	0,06	0,09	0,28	0,09	0,33	0,32	0,04	0,14	0,23	0,11	0,60	0,12	0,12	0,02	0,37	0,28	0,33	0,13
Fe	0,00	0,02	0,09	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,27	0,04	0,52	0,05	0,19	0,02	0,22	0,16	0,24	0,00
Hg	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,03	0,04	0,07	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00
Se	46,51	46,78	47,03	45,81	46,89	46,63	45,98	46,15	46,45	46,35	45,66	46,44	46,61	47,26	42,04	47,43	46,58	46,88
S	1,47	1,23	1,56	1,02	1,65	0,87	1,97	1,85	1,93	1,50	2,46	1,54	1,82	1,39	2,07	1,31	1,60	1,23
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

**FASE Pb-Bi-Se**

Fase Pb-Bi-Se																						
	1/Pt1	1/Pt3	1/Pt12	CAV1 III/Pt2	W1-708 B1/Pt11	W1-708 B2/Pt7	W1-708 B2/Pt8	W1-708 B2/Pt10	W1-708 B2/Pt15	W1-708 B2/Pt26	W1-708 B2/Pt28	W1-708 B2/Pt29	W1-708 B2/Pt35	W1-708 G-V/Pt2	W1-708 H/Pt2	W1-708 H/Pt4	W1-708 H/Pt6	W1-708 H/Pt7	1/Pt7	1/Pt9	1/Pt24	1/Pt38
Au	0,05	0,08	0,11	0,10	0,14	0,25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,17	0,71	0,00	0,58	0,12	0,00	0,00	1,41	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	10,17	9,40	8,20	3,19	6,45	8,11	7,55	12,51	9,00	10,11	20,57	10,57	11,03	4,81	7,15	6,76	4,37	2,02	9,29	8,68	7,19	6,87
Pd	0,00	0,00	0,16	0,03	0,21	0,07	0,11	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
Pt	0,84	0,73	0,59	0,87	0,77	0,30	0,75	0,80	0,18	0,78	0,70	0,96	0,00	1,02	0,95	0,98	0,19	0,53	0,03	0,00	0,02	0,08
Bi	42,78	36,87	34,40	36,95	35,53	35,55	32,98	39,82	44,55	41,58	32,01	43,27	43,85	43,76	38,71	46,73	45,00	47,08	45,71	43,84	40,08	34,85
U																			0,12	0,09	0,01	0,13
Pb	13,16	15,11	22,97	22,59	22,21	23,73	23,90	15,34	13,02	14,90	15,83	13,59	11,63	14,58	32,54	10,38	11,73	13,66	13,03	13,75	21,45	27,49
Cu	0,49	0,38	0,33	1,91	0,81	0,29	0,36	0,17	0,78	0,19	0,06	0,22	0,43	2,18	1,14	2,12	4,49	1,02	0,34	0,37	0,20	0,28
Fe	0,24	0,26	0,28	1,11	0,70	0,24	0,26	0,21	0,61	0,43	0,09	0,36	0,72	0,33	0,11	0,07	0,02	0,83	0,24	0,25	0,13	0,32
Hg																			0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Se	32,04	34,72	31,07	29,75	31,49	35,34	28,24	35,96	37,68	30,76	29,40	34,43	36,47	33,86	31,92	33,09	36,37	36,01	30,16	31,37	29,82	28,48
S	1,30	0,73	0,82	0,93	0,81	0,70	0,68	0,32	0,79	1,34	1,04	1,38	1,37	0,55	0,49	1,11	0,82	0,86	1,03	0,62	0,63	0,91
Total	101,05	98,27	98,91	97,46	99,11	104,56	94,90	105,18	106,67	100,13	99,87	105,53	105,60	101,69	113,21	101,25	102,99	103,41	99,94	98,96	99,53	99,53
Au	0,03	0,05	0,07	0,06	0,09	0,15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,42	0,00	0,36	0,07	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	11,42	10,71	9,67	3,81	7,55	8,93	9,48	13,53	9,42	11,55	22,91	11,28	11,44	5,44	7,76	7,56	4,66	2,24	10,88	10,26	8,72	8,33
Pd	0,00	0,00	0,19	0,04	0,25	0,08	0,14	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,07	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
Pt	0,52	0,46	0,39	0,57	0,50	0,18	0,52	0,48	0,10	0,49	0,43	0,57	0,00	0,64	0,57	0,61	0,11	0,32	0,02	0,00	0,01	0,05
Bi	24,81	21,69	20,95	22,76	21,44	20,22	21,38	22,23	24,05	24,54	18,40	23,84	23,48	25,57	21,69	26,94	24,73	27,03	27,62	26,77	25,08	21,82
U																			0,06	0,05	0,01	0,07
Pb	7,70	8,96	14,11	14,03	13,52	15,62	8,64	7,09	8,87	9,18	7,55	6,28	8,60	18,39	6,04	6,50	7,91	7,94	8,47	13,54	17,36	
Cu	0,93	0,73	0,66	3,86	1,61	0,55	0,78	0,31	1,38	0,36	0,11	0,41	0,75	4,19	2,09	4,02	8,12	1,92	0,68	0,75	0,40	0,57
Fe	0,52	0,57	0,63	2,56	1,59	0,50	0,63	0,45	1,23	0,96	0,19	0,74	1,44	0,71	0,22	0,15	0,05	1,79	0,53	0,57	0,30	0,74
Hg																			0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Se	49,18	54,04	50,09	48,50	50,30	53,18	48,45	53,13	53,84	48,03	44,75	50,20	51,69	52,37	47,33	50,50	52,91	54,71	48,23	50,69	49,38	47,18
S	4,90	2,79	3,24	3,71	3,17	2,60	2,86	1,16	2,79	5,16	3,89	4,96	4,80	2,10	1,77	4,15	2,93	3,21	4,04	2,45	2,56	3,72
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fase Pb-Bi-Se																							
	1/Pt39	1/Pt41	1/Pt44	1/Pt47	1/Pt51	1/Pt58	1/Pt62	1/Pt65	1/Pt71	1/Pt72	1/Pt73	1/Pt79	1/Pt80	1/Pt85	W1-708 B1/Pt21	W1-708 B1/Pt22	W1-708 B1/Pt25	W1-708 B1/Pt33	W1-708 B1/Pt34	W1-708 B1/Pt43	W1-708 B1/Pt68	W1-708 B1/Pt69	
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	13,80	6,75	1,84	9,31	10,53	6,74	9,29	9,19	6,94	4,26	6,75	10,97	12,23	9,85	8,94	13,00	4,52	9,41	7,85	7,94	10,54	5,74	
Pd	0,00	0,07	0,15	0,06	0,00	0,00	0,30	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,03	0,00	0,00	0,05	0,00	0,10	
Pt	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,10	0,00	0,00	
Bi	43,41	35,60	10,71	46,01	46,20	32,84	45,27	44,29	41,57	30,23	40,76	44,81	45,83	45,91	45,62	42,89	25,67	40,07	46,64	47,33	46,80	34,22	
U	0,15	0,18	0,02	0,09	0,12	0,05	0,21	0,13	0,17	0,01	0,06	0,08	0,57	0,13	0,05	0,00	0,01	0,10	0,18	0,04	0,15	0,05	
Pb	10,52	27,16	57,17	11,24	10,05	32,80	10,43	13,25	19,86	35,16	19,37	10,03	10,27	11,29	13,16	10,59	42,41	25,23	11,39	10,21	10,46	29,57	
Cu	0,04	0,21	0,43	0,48	0,67	0,00	1,84	0,48	0,33	0,06	0,34	0,50	0,13	0,61	0,81	0,15	0,14	0,14	2,54	1,72	0,39	0,31	
Fe	0,04	0,22	0,46	0,60	0,22	0,03	1,54	0,38	0,23	0,08	0,28	0,25	0,09	0,21	0,64	0,18	0,10	0,15	0,00	0,26	0,25	0,30	
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Se	30,68	28,59	25,68	30,37	30,31	28,45	29,17	30,83	28,59	28,82	29,61	30,42	36,66	30,64	28,35	32,04	27,04	29,55	28,03	28,79	28,99	27,82	
S	0,44	0,79	0,63	0,97	1,28	0,48	1,93	0,41	1,11	0,59	0,95	0,90	0,48	1,27	1,32	0,50	0,81	0,56	1,80	1,63	1,32	0,70	
Total	99,09	99,55	97,13	99,12	99,38	101,44	100,04	98,97	98,85	99,23	98,13	97,96	106,26	99,92	99,06	99,35	100,73	105,24	98,42	98,06	98,89	98,81	
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ag	16,18	8,24	2,42	10,86	12,11	8,28	10,21	10,94	8,40	5,34	8,17	12,87	13,07	11,31	10,48	14,99	5,65	10,93	9,07	9,22	12,35	7,14	
Pd	0,00	0,08	0,20	0,07	0,00	0,00	0,34	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,03	0,00	0,00	0,05	0,00	0,13	
Pt	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,06	0,00	0,00	
Bi	26,26	22,44	7,26	27,70	27,43	20,83	25,68	27,19	25,96	19,56	25,45	27,13	25,28	27,22	27,61	25,53	16,56	24,04	27,81	28,40	28,29	21,97	
U	0,08	0,10	0,01	0,05	0,06	0,03	0,10	0,07	0,10	0,01	0,03	0,04	0,27	0,07	0,03	0,00	0,01	0,05	0,09	0,02	0,08	0,03	
Pb	6,42	17,26	39,10	6,82	6,02	20,99	5,97	8,21	12,51	22,94	12,20	6,13	5,72	6,75	8,03	6,36	27,61	15,26	6,85	6,18	6,38	19,15	
Cu	0,08	0,44	0,95	0,94	1,31	0,01	3,43	0,97	0,68	0,13	0,70	0,99	0,23	1,19	1,61	0,30	0,30	0,27	4,97	3,39	0,78	0,65	
Fe	0,10	0,51	1,16	1,35	0,50	0,08	3,26	0,88	0,54	0,18	0,65	0,56	0,18	0,46	1,44	0,40	0,24	0,34	0,00	0,58	0,56	0,73	
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Se	49,13	47,69	46,08	48,39	47,62	47,77	43,80	50,09	47,26	49,34	48,92	48,74	53,53	48,08	45,40	50,48	46,19	46,90	44,23	45,71	46,38	47,29	
S	1,75	3,25	2,79	3,82	4,95	1,99	7,15	1,64	4,50	2,49	3,87	3,54	1,72	4,92	5,20	1,95	3,41	2,18	6,98	6,36	5,18	2,92	
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

Fase Pb-Bi-Se																					
	W1-708 B1/Pt70	W1-708 B2/Pt2	W1-708 B2/Pt11	W1-708 B2/Pt15	W1-708 B2/Pt34	W1-708 B2/Pt45	W1-708 B2/Pt52	W1-708 B2/Pt78	W1-708 B2/Pt86	W1-708 E2/Pt22	W1-708 E2/Pt25	W1-708 E2/Pt42	W1-708 E-II/Pt2	W1-708 E-II/Pt4	W1-708 E-II/Pt5	W1-708 E-II/Pt14	W1-708 E-II/Pt16	W1-708 E-II/Pt18	W1-708 E-II/Pt19	W1-708 E-II/Pt20	W1-708 E-II/Pt23
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	4,42	9,63	9,75	12,11	9,23	7,72	9,97	12,51	9,83	12,22	10,18	8,59	6,04	6,65	6,61	8,19	8,83	4,69	7,72	3,22	8,77
Pd	0,11	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,10	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,25	0,11	0,04	5,01	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05
Bi	20,17	44,64	46,32	45,56	40,72	42,48	39,31	41,75	46,47	42,73	44,23	46,39	47,15	26,55	43,63	38,77	45,55	44,01	44,41	43,06	48,74
U	0,13	0,25	0,14	0,07	0,05	0,09	0,12	0,09	0,07	0,18	0,15	0,20	0,09	0,13	0,04	0,05	0,06	0,20	0,15	0,14	0,09
Pb	29,16	11,86	11,77	12,17	21,51	16,68	19,74	13,26	11,39	12,42	11,25	10,09	13,83	26,96	17,35	21,55	11,05	19,12	14,21	23,14	10,54
Cu	0,08	0,47	1,91	0,21	0,53	0,47	0,25	0,00	0,46	0,22	0,00	1,13	0,40	0,31	0,45	0,12	0,57	0,22	0,39	0,47	0,47
Fe	0,21	0,38	0,01	0,06	0,62	0,39	0,17	0,06	0,69	0,09	0,51	0,78	0,16	0,23	0,33	0,36	1,30	0,40	0,76	0,46	0,29
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	2,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	22,75	30,15	29,50	28,90	29,40	28,38	29,29	29,03	28,77	30,14	28,91	29,13	31,20	28,35	30,76	29,90	31,14	30,47	30,79	29,85	31,61
S	0,26	0,46	1,19	0,73	0,51	1,16	0,68	0,51	1,49	0,64	1,55	1,52	0,28	0,25	0,39	0,20	0,71	0,15	0,51	0,14	0,28
Total	77,41	97,85	100,58	99,82	102,68	97,36	99,58	97,21	99,16	98,64	98,15	98,04	99,19	97,10	99,56	99,13	99,25	99,26	98,95	100,49	100,85
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	7,04	11,57	11,16	14,35	10,79	9,34	11,91	15,17	11,40	14,42	11,83	9,95	7,35	8,18	7,97	10,01	10,20	5,81	9,19	4,00	10,32
Pd	0,18	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	0,11	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,16	0,07	0,03	3,40	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03
Bi	16,59	27,69	27,35	27,85	24,57	26,55	24,26	26,13	27,83	26,05	26,52	27,72	29,61	16,85	27,16	24,45	27,17	28,14	27,29	27,61	29,61
U	0,09	0,14	0,07	0,04	0,02	0,05	0,07	0,05	0,03	0,10	0,08	0,10	0,05	0,07	0,02	0,03	0,03	0,11	0,08	0,08	0,05
Pb	24,19	7,42	7,01	7,51	13,09	10,51	12,28	8,37	6,88	7,64	6,80	6,08	8,76	17,26	10,90	13,70	6,65	12,34	8,81	14,96	6,46
Cu	0,21	0,95	3,70	0,42	1,05	0,97	0,50	0,00	0,90	0,44	0,00	2,21	0,82	0,65	0,92	0,25	1,11	0,46	0,79	1,00	0,94
Fe	0,66	0,88	0,03	0,14	1,41	0,90	0,40	0,14	1,55	0,20	1,15	1,75	0,37	0,54	0,77	0,84	2,89	0,96	1,74	1,11	0,65
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79	0,00	0,00	4,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	49,51	49,50	46,10	46,77	46,95	46,95	47,83	48,07	45,60	48,63	45,86	46,07	51,86	47,63	50,68	49,90	49,16	51,57	50,07	50,65	50,82
S	1,38	1,85	4,58	2,91	1,99	4,72	2,71	2,07	5,80	2,53	6,05	5,92	1,16	1,02	1,59	0,82	2,76	0,61	2,04	0,60	1,12
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fase Pb-Bi-Se																				
	W1-708 E-II/Pt26	W1-708 G-I/Pt13	W1-708 G-I/Pt18	W1-708 G-I/Pt19	W1-708 G-I/Pt20	W1-708 G-I/Pt21	W1-708 G-I/Pt23	W1-708 G-I/Pt26	W1-708 G-I/Pt27	W1-708 G-I/Pt29	W1-708 G-II/Pt2	W1-708 G-II/Pt12	W1-708 G-II/Pt13	W1-708 G-II/Pt15	W1-708 G-II/Pt19	W1-708 G-II/Pt20	W1-708 G-II/Pt25	W1-708 G-II/Pt28	W1-708 G-II/Pt32	W1-708 G-II/Pt33
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	1,22	10,96	5,21	1,77	2,02	1,65	3,36	3,06	2,73	3,85	2,94	1,99	2,13	6,75	1,20	1,29	0,82	3,83	7,07	6,18
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00
Bi	42,13	25,35	33,03	41,99	12,95	47,00	49,20	47,08	36,31	33,42	48,71	47,42	46,91	31,20	47,85	47,07	47,34	21,62	41,68	33,30
U	0,00	0,14	0,00	0,11	0,00	0,08	0,08	0,19	0,13	0,00	0,11	0,12	0,05	0,12	0,22	0,05	0,13	0,00	0,14	0,08
Pb	24,30	34,78	18,39	25,61	58,10	11,98	14,52	11,47	29,54	32,71	13,73	13,12	16,16	28,50	15,29	15,40	12,00	45,63	16,97	30,06
Cu	0,01	0,67	0,47	0,11	0,59	5,21	0,17	4,51	0,38	0,12	0,22	1,11	0,71	0,64	1,22	1,32	5,50	0,40	0,81	0,59
Fe	0,80	0,50	0,09	0,00	0,44	0,04	0,08	0,00	0,25	0,06	0,13	1,38	0,89	0,70	1,11	1,15	0,01	0,18	0,65	0,49
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Se	29,70	28,96	27,40	29,33	27,11	31,10	30,91	31,29	29,65	29,43	31,48	30,83	30,80	29,78	31,06	31,61	30,11	28,55	30,66	29,29
S	0,59	0,61	0,96	0,82	0,51	0,86	0,56	0,81	0,64	0,55	0,15	1,43	0,78	0,66	1,06	1,11	0,94	0,31	0,73	0,58
Total	98,79	101,96	85,58	99,77	101,84	97,93	98,92	98,40	99,65	100,17	97,46	98,80	98,43	98,35	98,99	99,01	96,91	100,53	98,70	100,58
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	1,52	12,75	7,09	2,22	2,54	1,90	4,15	3,54	3,39	4,78	3,70	2,31	2,58	8,13	1,42	1,51	0,96	4,80	8,38	7,45
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
Bi	27,26	15,23	23,20	27,14	8,39	28,05	31,38	28,08	23,22	21,42	31,67	28,35	29,38	19,38	29,35	28,59	28,66	13,98	25,48	20,71
U	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,04	0,04	0,10	0,07	0,00	0,06	0,06	0,03	0,07	0,12	0,02	0,07	0,00	0,07	0,05
Pb	15,86	21,07	13,03	16,70	37,98	7,21	9,34	6,90	19,05	21,15	9,00	7,91	10,21	17,86	9,46	9,43	7,33	29,77	10,46	18,86
Cu	0,02	1,31	1,09	0,23	1,27	10,22	0,35	8,84	0,80	0,25	0,46	2,19	1,46	1,30	2,46	2,63	10,96	0,86	1,63	1,20
Fe	1,94	1,13	0,23	0,00	1,08	0,08	0,19	0,00	0,60	0,15	0,32	3,09	2,08	1,63	2,54	2,62	0,02	0,43	1,48	1,14
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Se	50,87	46,05	50,92	50,18	46,49	49,12	52,17	49,40	50,19	49,93	54,16	48,79	51,06	48,95	50,44	50,80	48,24	48,87	49,60	48,23
S	2,48	2,38	4,41	3,44	2,15	3,36	2,35	3,14	2,65	2,31	0,62	5,56	3,19	2,69	4,22	4,37	3,73	1,29	2,90	2,37
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fase Pb-Bi-Se																				
	W1-708 G-II/Pt36	W1-708 G-II/Pt41	W1-708 G-II/Pt42	W1-708 G-II/Pt43	W1-708 G-II/Pt46	W1-708 G-II/Pt47	W1-708 G-II/Pt50	W1-708 G-II/Pt52	W1-708 G-II/Pt54	W1-708 G-II/Pt55	W1-708 G-II/Pt57	W1-708 G-II/Pt60	W1-708 G-II/Pt62	W1-708 G-III/Pt5	W1-708 G-III/Pt7	W1-708 G-III/Pt12	W1-708 G-III/Pt13	W1-708 G-III/Pt18	W1-708 G-III/Pt19	W1-708 G-III/Pt26
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	1,57	3,51	1,31	4,26	6,05	2,57	2,15	1,56	7,03	7,11	1,94	11,52	6,77	3,97	2,34	7,48	2,09	1,19	1,93	6,16
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,05	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	47,56	46,37	48,30	46,60	49,42	47,07	48,28	47,92	37,39	43,17	48,83	40,99	28,62	47,67	51,06	47,86	50,45	30,35	40,85	34,01
U	0,00	0,17	0,08	0,09	0,18	0,01	0,14	0,05	0,05	0,07	0,14	0,09	0,00	0,06	0,14	0,26	0,10	0,00	0,05	0,11
Pb	15,33	11,37	15,14	11,55	10,06	11,62	13,83	14,42	22,46	16,33	12,89	14,09	30,36	11,37	13,20	10,66	11,33	36,19	25,85	27,11
Cu	0,94	4,54	1,69	4,19	1,98	4,74	0,65	1,19	1,17	1,16	0,71	0,79	0,80	4,06	0,10	0,89	1,18	1,52	0,31	0,69
Fe	1,37	0,00	0,93	0,00	0,19	0,01	0,46	1,16	0,79	0,56	1,64	0,77	0,83	0,02	0,11	0,70	1,07	1,65	0,29	0,65
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Se	30,98	30,22	31,07	30,92	29,74	30,17	30,72	30,87	30,03	30,22	30,79	30,45	27,13	31,37	31,44	30,27	30,61	28,46	30,29	29,53
S	1,07	0,84	0,84	0,94	1,13	0,90	0,49	1,06	0,81	0,62	0,92	0,77	0,81	0,63	1,20	1,14	1,04	0,36	0,65	0,65
Total	98,86	97,25	99,35	98,57	98,74	97,11	96,71	98,23	99,73	99,24	97,88	99,48	95,31	99,20	98,47	99,32	97,97	100,41	99,91	98,89
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	1,86	4,11	1,56	4,90	7,12	3,02	2,69	1,86	8,24	8,43	2,32	13,23	8,45	4,59	2,96	8,69	2,50	1,42	2,40	7,44
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,03	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	29,13	28,02	29,65	27,68	30,00	28,51	31,18	29,51	22,62	26,42	30,20	24,29	18,44	28,47	33,29	28,69	31,07	18,69	26,31	21,20
U	0,00	0,09	0,04	0,05	0,10	0,00	0,08	0,03	0,02	0,04	0,08	0,05	0,00	0,03	0,08	0,14	0,05	0,00	0,03	0,06
Pb	9,47	6,93	9,37	6,92	6,16	7,10	9,01	8,96	13,71	10,08	8,04	8,42	19,74	6,85	8,68	6,44	7,04	22,47	16,79	17,04
Cu	1,89	9,03	3,41	8,18	3,96	9,44	1,37	2,41	2,33	2,34	1,44	1,55	1,70	7,98	0,22	1,75	2,39	3,07	0,65	1,42
Fe	3,13	0,00	2,13	0,00	0,42	0,02	1,11	2,67	1,79	1,28	3,80	1,72	1,99	0,04	0,26	1,57	2,46	3,81	0,69	1,50
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Se	50,21	48,35	50,48	48,61	47,78	48,35	52,51	50,31	48,09	48,94	50,40	47,76	46,27	49,58	54,24	48,02	49,90	46,37	51,64	48,71
S	4,27	3,33	3,36	3,64	4,46	3,54	2,04	4,24	3,19	2,48	3,71	2,99	3,41	2,44	0,26	4,70	4,58	4,17	1,49	2,63
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00



Fase Pb-Bi-Se																			
	W1-708 G-III/Pt28	W1-708 G-III/Pt34	W1-708 G-III/Pt35	W1-708 G-III/Pt38	W1-708 G-III/Pt39	W1-708 G-III/Pt43	W1-708 G-IV/Pt4	W1-708 G-IV/Pt6	W1-708 G-IV/Pt9	W1-708 G-IV/Pt13	W1-708 G-IV/Pt14	W1-708 G-IV/Pt15	W1-708 G-IV/Pt18	W1-708 G-IV/Pt19	W1-708 G-IV/Pt23	W1-708 G-IV/Pt24	W1-708 G-IV/Pt25	W1-708 G-IV/Pt26	W1-708 G-IV/Pt27
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	10,73	8,81	9,89	2,58	9,71	8,70	4,41	4,26	8,18	0,86	1,80	8,27	5,52	7,15	4,18	2,16	2,57	2,91	6,41
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,09	0,04	0,07	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,14	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	42,48	35,89	36,93	15,05	44,83	37,18	47,55	46,52	43,85	46,96	49,98	44,60	31,06	37,62	47,14	39,78	39,60	46,46	43,25
U	0,10	0,00	0,08	0,01	0,09	0,04	0,15	0,16	0,22	0,16	0,06	0,09	0,01	0,09	0,09	0,10	0,00	0,04	0,09
Pb	13,07	21,49	20,11	54,95	11,67	21,66	11,49	11,24	11,22	17,84	12,06	11,64	31,72	23,94	11,56	27,05	26,54	11,34	15,36
Cu	0,62	0,74	0,66	0,31	1,20	0,78	3,94	4,07	1,56	1,11	1,00	1,48	0,09	0,00	4,17	0,05	0,13	4,71	1,07
Fe	0,74	0,76	0,65	0,27	0,60	0,68	0,02	0,00	1,05	1,23	1,21	1,15	0,66	0,28	0,02	0,05	0,10	0,00	1,11
Hg	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	30,88	29,31	30,31	26,26	30,52	29,28	30,32	30,19	30,92	30,27	30,98	30,92	29,45	29,81	30,24	29,78	29,42	30,08	30,00
S	0,59	0,75	0,74	0,40	0,82	0,65	0,80	0,71	1,01	1,11	1,04	1,04	0,25	0,43	0,97	0,46	0,39	0,95	1,03
Total	99,32	97,79	99,43	99,89	99,47	99,02	98,67	97,14	98,05	99,56	98,14	99,18	98,90	99,46	98,37	99,44	98,74	96,48	98,32
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	12,45	10,51	11,53	3,34	11,21	10,35	5,13	5,02	9,39	1,03	2,14	9,41	6,85	8,73	4,85	2,73	3,26	3,42	7,52
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,06	0,03	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,10	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	25,43	22,10	22,23	10,06	26,71	22,84	28,59	28,33	25,99	28,92	30,80	26,21	19,88	23,72	28,21	25,91	25,96	28,19	26,22
U	0,05	0,00	0,04	0,01	0,05	0,02	0,08	0,08	0,11	0,09	0,03	0,05	0,01	0,05	0,05	0,06	0,00	0,02	0,05
Pb	7,89	13,35	12,21	37,02	7,02	13,42	6,97	6,90	6,71	11,08	7,49	6,90	20,48	15,23	6,98	17,77	17,55	6,94	9,39
Cu	1,22	1,49	1,30	0,68	2,35	1,57	7,78	8,15	3,03	2,25	2,03	2,86	0,19	0,00	8,20	0,11	0,28	9,39	2,13
Fe	1,66	1,76	1,45	0,67	1,33	1,55	0,05	0,00	2,33	2,83	2,80	2,54	1,57	0,67	0,03	0,12	0,25	0,00	2,52
Hg	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	48,93	47,77	48,29	46,43	48,12	47,60	48,25	48,68	48,50	49,34	50,53	48,08	49,90	49,75	47,90	51,34	51,04	48,30	48,12
S	2,30	3,00	2,91	1,75	3,18	2,61	3,14	2,83	3,89	4,46	4,16	3,96	1,03	1,76	3,79	1,95	1,68	3,74	4,05
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fase Pb-Bi-Se																			
	W1-708 G-IV/Pt28	W1-708 G-IV/Pt30	W1-708 G-IV/Pt41	W1-708 G-IV/Pt42	W1-708 G-IV/Pt48	W1-708 G-IV/Pt49	W1-708 G-IV/Pt51	W1-708 G-IV/Pt52	W1-708 G-IV/Pt53	W1-708 G-IV/Pt54	W1-708 G-IV/Pt56	W1-708 G-IV/Pt60	W1-708 G-IV/Pt63	W1-708 G-IV/Pt67	W1-708 G-IV/Pt70	W1-708 G-IV/Pt71	W1-708 G-IV/Pt80	W1-708 G-IV/Pt81	W1-708 G-IV/Pt84
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	6,81	4,04	4,28	10,12	6,02	3,61	1,74	1,60	1,74	8,51	4,68	5,72	5,42	9,98	7,32	6,22	5,77	5,95	5,87
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
Pt	0,00	0,05	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,09	0,00	0,00	0,00	0,16	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	43,74	46,60	27,36	39,63	45,28	46,63	46,83	47,16	13,50	44,79	26,80	30,20	18,13	44,13	44,73	33,05	47,44	48,08	36,82
U	0,01	0,07	0,07	0,15	0,07	0,21	0,11	0,16	0,00	0,15	0,00	0,03	0,03	0,21	0,05	0,07	0,13	0,11	0,00
Pb	15,33	11,95	36,55	18,37	13,88	11,28	11,55	11,68	55,01	11,74	38,23	32,98	49,46	11,88	14,06	29,78	11,68	10,59	26,99
Cu	0,87	4,33	0,14	0,10	1,00	4,13	5,18	5,05	0,54	1,36	0,11	0,28	0,14	0,76	0,77	0,43	1,84	2,14	0,91
Fe	0,78	0,00	0,09	0,61	0,72	0,05	0,00	0,01	0,46	0,40	0,02	0,26	0,07	0,75	1,27	0,34	1,15	0,35	0,20
Hg	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	30,06	30,48	30,03	30,36	29,98	30,71	30,91	31,59	28,33	30,49	27,39	28,56	27,06	30,34	29,67	29,08	30,17	29,24	28,72
S	0,85	0,97	0,09	0,34	0,96	0,73	0,75	0,74	0,35	0,63	0,56	0,59	0,43	0,81	1,07	0,50	1,25	1,25	0,78
Total	98,46	98,47	98,71	99,66	97,91	97,34	97,06	98,18	100,06	98,07	97,79	98,62	100,89	98,88	98,94	99,48	99,51	97,72	100,30
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	8,08	4,66	5,40	12,03	7,17	4,24	2,03	1,85	2,20	10,05	6,00	7,11	6,82	11,61	8,55	7,62	6,61	7,02	7,10
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,06	0,00	0,00	0,00	0,11	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	26,79	27,77	17,81	24,31	27,85	28,26	28,27	28,15	8,81	27,31	17,74	19,38	11,79	26,51	26,96	20,90	28,07	29,27	22,97
U	0,01	0,03	0,04	0,08	0,04	0,11	0,06	0,08	0,00	0,08	0,00	0,02	0,02	0,11	0,03	0,04	0,07	0,06	0,00
Pb	9,47	7,18	24,00	11,36	8,61	6,89	7,03	7,03	36,20	7,22	25,53	21,34	32,43	7,20	8,55	18,99	6,97	6,50	16,99
Cu	1,76	8,48	0,31	0,19	2,02	8,23	10,28	9,91	1,16	2,72	0,23	0,58	0,30	1,50	1,52	0,89	3,58	4,28	1,87
Fe	1,80	0,00	0,23	1,39	1,64	0,10	0,00	0,02	1,13	0,92	0,06	0,63	0,16	1,69	2,87	0,81	2,54	0,80	0,46
Hg	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	48,72	48,08	51,75	49,29	48,80	49,27	49,39	49,91	48,90	49,20	48,00	48,49	46,55	48,22	47,33	48,68	47,24	47,10	47,42
S	3,38	3,77	0,39	1,35	3,86	2,88	2,94	2,87	1,49	2,50	2,44	2,45	1,82	3,16	4,20	2,06	4,81	4,97	3,19
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fase Pb-Bi-Se													
	W1-708 G-IV/Pt85	W1-708 G-IV/Pt86	W1-708 G-IV/Pt87	W1-708 G-IV/Pt92	W1-708 G-V/Pt1	W1-708 G-V/Pt3	W1-708 H1/Pt5	W1-708 H1/Pt6	W1-708 H1/Pt11	W1-708 H1/Pt12	W1-708 H1/Pt13	W1-708 H1/Pt14	W1-708 H1/Pt15
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	7,52	8,35	8,96	2,77	8,52	6,88	1,83	7,46	0,97	0,86	1,89	1,77	0,98
Pd	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
Bi	45,65	45,06	44,63	33,59	44,67	39,88	40,28	44,63	41,28	41,84	51,39	48,97	41,11
U	0,15	0,06	0,08	0,04	0,11	0,09	0,06	0,08	0,04	0,00	0,20	0,08	0,03
Pb	11,99	10,32	11,50	32,53	12,93	20,65	25,29	14,05	25,77	25,82	14,54	12,94	25,52
Cu	1,27	1,24	0,96	0,74	1,10	0,54	0,43	1,04	0,08	0,16	0,08	1,43	0,05
Fe	0,54	0,55	0,49	0,16	0,24	0,28	0,30	0,19	0,02	0,11	0,05	1,20	0,11
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	30,22	30,17	30,68	28,95	30,10	29,75	29,63	29,23	29,90	30,13	30,17	30,85	29,87
S	1,05	0,87	0,80	0,22	0,67	0,59	0,84	1,33	0,61	0,46	0,84	1,38	0,49
Total	98,41	96,62	98,11	99,00	98,33	98,66	98,71	98,02	98,70	99,37	99,22	98,62	98,16
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	8,81	9,91	10,52	3,50	10,14	8,35	2,27	8,84	1,23	1,08	2,35	2,08	1,25
Pd	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
Bi	27,58	27,58	27,04	21,97	27,44	25,00	25,84	27,30	27,03	27,32	33,00	29,62	27,12
U	0,08	0,03	0,04	0,03	0,06	0,05	0,04	0,04	0,02	0,00	0,11	0,04	0,02
Pb	7,31	6,37	7,03	21,46	8,01	13,06	16,37	8,67	17,02	17,00	9,42	7,89	16,98
Cu	2,53	2,50	1,90	1,59	2,21	1,11	0,90	2,10	0,18	0,33	0,17	2,85	0,10
Fe	1,22	1,27	1,11	0,39	0,54	0,67	0,71	0,43	0,06	0,26	0,13	2,72	0,28
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	48,33	48,88	49,19	50,11	48,93	49,35	50,31	47,32	51,82	52,06	51,27	49,38	52,15
S	4,15	3,45	3,15	0,94	2,68	2,41	3,52	5,30	2,62	1,94	3,51	5,43	2,10
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

**CALCOPIRITA**

	Calcopirita		
	CAV1 II/Pt1	CAV1 II/Pt2	CAV1 III/Pt1
Au	0,00	0,13	0,04
Ag	0,04	0,00	0,01
Pd	0,00	0,02	0,00
Pt	0,00	0,00	0,11
Bi	0,01	0,02	0,01
U			
Pb	0,00	0,00	0,00
Cu	33,53	33,44	35,12
Fe	29,29	29,67	30,67
Hg			
As	0,08	0,55	0,44
Sb	0,00	0,00	0,00
Se	1,29	2,95	1,83
S	33,93	33,01	34,96
Total	98,18	99,81	103,19

Au	0,00	0,03	0,01
Ag	0,02	0,00	0,00
Pd	0,00	0,01	0,00
Pt	0,00	0,00	0,03
Bi	0,00	0,00	0,00
U			
Pb	0,00	0,00	0,00
Cu	24,80	24,67	24,88
Fe	24,64	24,91	24,71
Hg			
As	0,05	0,35	0,27
Sb	0,00	0,00	0,00
Se	0,77	1,75	1,04
S	49,72	48,26	49,07
Total	100,00	100,00	100,00

## SELÊNIO NATIVO

Selênio nativo																						
	W1-708 B1/Pt4	W1-708 B1/Pt7	W1-708 B2/Pt20	W1-708 E2/Pt4	W1-708 E2/Pt5B	W1-708 E2/Pt6	CAV2 20/Pt138	CAV2 25/Pt142	1/Pt3	1/Pt4	1/Pt5	1/Pt6	1/Pt8	1/Pt10	1/Pt13	1/Pt17	1/Pt22	1/Pt25	1/Pt26	1/Pt27	1/Pt30	1/Pt36
Au	0,05	0,10	4,23	0,00	0,06	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	1,24	0,00	0,00	0,00
Ag	6,36	2,23	9,17	1,09	1,22	1,01	3,19	1,44	0,00	2,23	5,00	0,04	1,28	2,98	0,23	2,61	2,91	2,68	3,11	2,29	5,26	4,32
Pd	0,00	0,00	0,28	6,80	0,05	0,17	0,00	0,00	0,00	0,03	0,20	0,04	0,03	0,12	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Pt	0,53	0,26	0,46	0,45	0,19	0,57	0,13	0,08	0,08	0,00	0,29	0,03	0,04	0,06	0,07	0,00	0,10	0,05	0,06	0,07	0,05	0,07
Bi	24,29	14,42	17,47	24,40	8,48	24,21	18,84	9,18	0,00	12,79	21,32	0,00	6,50	16,55	2,49	12,93	22,39	16,17	7,80	14,12	23,80	25,49
U									0,00	1,78	1,13	0,00	0,84	1,56	0,58	1,31	3,13	1,38	0,54	1,39	2,39	3,04
Pb	3,10	2,84	2,97	0,47	1,90	1,41	4,95	8,99	0,00	2,20	2,92	0,00	0,82	5,95	0,43	2,96	5,22	1,32	0,94	1,90	2,40	3,62
Cu	1,85	3,29	15,53	6,63	1,98	1,83	0,12	2,69	0,05	0,46	0,91	0,09	0,42	0,60	0,66	0,39	2,99	1,18	0,32	0,93	0,63	0,44
Fe	0,15	0,04	0,07	0,65	0,31	0,75	0,04	0,02	0,02	0,03	0,07	0,02	0,04	0,16	0,08	0,02	0,05	0,00	0,05	0,01	0,04	0,00
Hg									0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,01	0,00	0,06	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,04	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
Se	60,22	68,67	52,36	52,93	70,48	55,29	59,05	78,52	109,70	85,85	67,90	110,52	85,65	67,17	100,63	77,38	52,90	73,60	87,01	77,93	48,14	53,23
S	0,41	0,38	0,05	1,64	0,51	0,87	1,42	0,75	0,45	0,01	0,36	0,05	0,36	0,19	0,03	0,05	0,16	0,04	0,03	0,02	0,09	0,07
Total	96,96	92,25	102,58	95,12	85,20	86,22	87,87	101,67	110,30	105,39	100,31	110,81	96,00	95,34	105,20	97,64	90,17	96,54	101,09	98,67	82,80	90,28
Au	0,03	0,05	1,92	0,00	0,03	0,04			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,53	0,00	0,00	0,00
Ag	5,89	1,99	7,59	0,98	1,12	1,04			0,00	1,73	4,38	0,02	1,03	2,73	0,16	2,21	3,00	2,33	2,43	1,91	6,04	4,57
Pd	0,00	0,00	0,23	6,18	0,05	0,17			0,00	0,02	0,18	0,03	0,03	0,11	0,00	0,29	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Pt	0,27	0,13	0,21	0,22	0,10	0,32			0,03	0,00	0,14	0,01	0,02	0,03	0,03	0,00	0,06	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
Bi	11,62	6,64	7,47	11,30	4,03	12,78			0,00	5,12	9,63	0,00	2,70	7,82	0,91	5,66	11,92	7,25	3,14	6,11	14,10	13,93
U									0,00	0,62	0,45	0,00	0,31	0,65	0,19	0,50	1,46	0,54	0,19	0,53	1,25	1,46
Pb	1,50	1,32	1,28	0,22	0,91	0,75			0,00	0,89	1,33	0,00	0,34	2,84	0,16	1,31	2,80	0,59	0,38	0,83	1,43	1,99
Cu	2,90	4,98	21,83	10,10	3,09	3,17			0,05	0,61	1,35	0,10	0,58	0,93	0,79	0,56	5,24	1,73	0,42	1,32	1,23	0,79
Fe	0,26	0,07	0,11	1,13	0,56	1,47			0,03	0,05	0,11	0,03	0,05	0,28	0,11	0,03	0,10	0,00	0,07	0,02	0,08	0,00
Hg									0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03			0,01	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Se	76,25	83,67	59,23	64,88	88,54	77,22			98,90	90,93	81,14	99,68	93,98	84,02	97,57	89,58	74,54	87,34	92,74	89,18	75,50	76,98
S	1,27	1,13	0,12	4,95	1,57	2,99			0,99	0,03	1,05	0,11	0,96	0,58	0,08	0,15	0,56	0,12	0,07	0,05	0,33	0,24
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Selênio nativo																						
	1/Pt82	1/Pt83	1/Pt84	1/Pt86	W1-708 B1/Pt4	W1-708 B1/Pt6	W1-708 B1/Pt7	W1-708 B1/Pt9	W1-708 B1/Pt10	W1-708 B1/Pt14	W1-708 B1/Pt15	W1-708 B1/Pt17	W1-708 B1/Pt19	W1-708 B1/Pt23	W1-708 B1/Pt24	W1-708 B2/Pt1	W1-708 B2/Pt3	W1-708 B2/Pt4	W1-708 B2/Pt9	W1-708 B2/Pt14	W1-708 B2/Pt17	W1-708 B2/Pt27
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	5,73	5,01	2,70	0,00	2,93	0,33	1,31	0,03	0,01	0,11	0,43	2,22	2,38	0,56	5,91	3,37	0,82	0,52	2,19	1,77	3,07	2,99
Pd	0,03	0,00	0,01	0,00	0,10	0,06	0,00	0,00	0,03	0,75	0,20	0,00	0,00	0,05	0,03	0,21	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00	0,01	1,12	0,10	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
Bi	26,50	29,92	5,18	0,00	16,94	0,63	3,18	0,00	0,00	2,44	13,32	13,04	14,20	4,35	22,63	16,11	3,51	4,31	17,32	19,50	13,29	16,67
U	0,13	0,81	0,04	0,03	2,11	0,03	0,00	0,00	0,00	0,49	2,90	1,09	1,14	0,00	1,08	1,54	0,54	0,72	2,30	2,54	1,37	1,67
Pb	8,45	14,34	0,07	0,00	1,29	0,06	5,49	0,10	0,00	0,14	0,98	1,75	2,22	5,11	9,09	3,34	0,35	0,69	3,24	1,79	5,57	5,16
Cu	0,29	0,46	0,03	0,08	18,21	25,79	9,41	0,81	0,35	3,43	0,97	1,88	1,62	0,16	0,75	0,22	0,10	0,65	0,41	0,16	19,26	0,20
Fe	0,13	0,12	0,01	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,26	0,03	0,02	0,10	0,19	0,03	0,00	0,02	0,00	0,05	0,01	0,04
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,14	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00
Se	68,17	51,81	104,50	109,65	54,69	71,48	77,55	107,58	106,39	90,81	60,37	76,85	73,24	97,93	61,06	75,86	100,99	100,65	70,20	70,74	54,00	70,75
S	0,56	0,51	0,03	0,02	0,06	0,01	0,10	0,08	0,37	2,16	0,36	0,18	0,13	0,59	0,34	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,06	0,04
Total	110,00	102,99	112,59	109,78	96,54	98,40	97,09	108,61	107,17	103,12	80,02	97,06	94,94	108,85	102,24	100,76	106,41	107,56	95,74	96,63	96,64	97,52
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	4,79	4,92	1,82	0,00	2,45	0,23	1,02	0,02	0,00	0,07	0,45	1,86	2,08	0,40	5,39	2,84	0,58	0,37	1,98	1,60	2,56	2,66
Pd	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	0,04	0,00	0,00	0,02	0,54	0,21	0,00	0,00	0,04	0,03	0,18	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,44	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
Bi	11,43	15,17	1,80	0,00	7,31	0,23	1,28	0,00	0,00	0,88	7,21	5,65	6,39	1,58	10,65	7,02	1,28	1,56	8,08	9,07	5,71	7,67
U	0,05	0,36	0,01	0,01	0,80	0,01	0,00	0,00	0,00	0,16	1,38	0,41	0,45	0,00	0,44	0,59	0,17	0,23	0,94	1,04	0,52	0,68
Pb	3,68	7,34	0,02	0,00	0,56	0,02	2,23	0,04	0,00	0,05	0,53	0,76	1,01	1,88	4,32	1,47	0,13	0,25	1,53	0,84	2,41	2,39
Cu	0,41	0,77	0,03	0,09	25,85	30,78	12,47	0,93	0,41	4,08	1,73	2,68	2,40	0,19	1,15	0,32	0,12	0,77	0,62	0,24	27,21	0,30
Fe	0,21	0,23	0,01	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,53	0,05	0,03	0,14	0,33	0,05	0,00	0,03	0,00	0,09	0,02	0,07
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Se	77,84	69,53	96,21	99,86	62,50	68,66	82,71	98,83	98,72	87,00	86,52	88,06	87,27	94,38	76,06	87,50	97,59	96,78	86,69	87,09	61,40	86,13
S	1,56	1,68	0,07	0,04	0,17	0,02	0,26	0,18	0,84	5,11	1,26	0,51	0,38	1,40	1,04	0,00	0,10	0,00	0,13	0,00	0,18	0,11
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Selênio nativo																						
	W1-708 B2/Pt29	W1-708 B2/Pt30	W1-708 B2/Pt35	W1-708 B2/Pt39	W1-708 B2/Pt40	W1-708 B2/Pt42	W1-708 B2/Pt43	W1-708 B2/Pt44	W1-708 B2/Pt46	W1-708 B2/Pt55	W1-708 B2/Pt56	W1-708 B2/Pt58	W1-708 B2/Pt63	W1-708 E2/Pt1	W1-708 E2/Pt3	W1-708 E2/Pt10	W1-708 E2/Pt11	W1-708 E2/Pt13	W1-708 E2/Pt15	W1-708 E2/Pt16	W1-708 E2/Pt18	W1-708 E2/Pt23
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	1,30	2,67	2,50	2,50	5,16	3,95	0,51	2,56	2,64	2,11	1,33	2,71	3,08	0,05	0,61	1,21	2,72	1,26	1,87	1,65	0,35	7,73
Pd	0,03	0,98	0,28	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,39	0,02	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,01
Pt	0,03	0,41	0,05	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00
Bi	21,28	13,89	26,34	12,58	23,63	18,53	0,44	14,16	23,74	17,53	12,09	12,55	17,79	14,33	5,63	12,45	26,90	12,74	17,06	18,13	17,70	13,42
U	3,97	1,74	3,89	1,11	1,71	1,71	0,20	1,40	3,10	2,71	1,02	0,94	1,39	2,98	0,84	1,75	3,80	1,52	1,81	1,80	1,99	1,83
Pb	1,13	4,07	3,84	5,00	5,68	9,72	0,35	1,02	1,34	1,76	15,59	0,88	3,86	0,24	0,43	1,22	0,71	1,67	5,18	7,67	0,76	1,52
Cu	0,21	0,29	0,26	0,23	0,34	0,64	0,60	0,28	0,37	1,06	9,20	20,96	0,47	22,35	24,71	0,29	0,97	2,16	0,26	0,41	15,45	18,58
Fe	0,14	0,19	0,15	0,06	0,19	0,04	0,12	0,00	0,10	0,04	0,02	0,10	0,10	0,26	0,05	0,02	0,10	0,44	0,12	0,06	0,13	0,06
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,07	0,04	0,05	0,00	0,00	0,02	0,08	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,03	0,00	0,02
Se	62,12	57,70	58,50	74,64	60,15	59,93	88,18	74,54	72,39	68,71	56,52	58,99	70,74	53,93	66,14	88,15	59,65	75,54	69,68	67,47	56,88	50,90
S	0,19	0,05	0,11	0,02	0,09	0,09	0,01	0,00	0,09	0,01	0,07	0,00	0,06	0,39	0,24	0,04	0,01	0,26	0,01	0,04	0,00	0,03
Total	90,47	82,39	95,98	96,15	96,93	94,64	90,58	94,00	103,77	94,36	95,93	97,14	97,53	94,57	99,09	105,17	94,91	95,98	96,02	97,30	93,26	94,10
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	1,29	2,83	2,47	2,18	4,94	3,84	0,41	2,25	2,26	1,93	1,21	2,14	2,73	0,04	0,44	0,93	2,67	1,06	1,70	1,51	0,30	6,58
Pd	0,03	1,06	0,28	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,29	0,02	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,01
Pt	0,02	0,24	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00
Bi	10,88	7,60	13,43	5,66	11,67	9,31	0,18	6,45	10,47	8,28	5,71	5,12	8,14	6,04	2,11	4,94	13,60	5,56	8,00	8,59	7,95	5,89
U	1,78	0,84	1,74	0,44	0,74	0,76	0,07	0,56	1,20	1,12	0,42	0,34	0,56	1,10	0,28	0,61	1,69	0,58	0,75	0,75	0,79	0,71
Pb	0,58	2,25	1,97	2,27	2,83	4,93	0,15	0,47	0,60	0,84	7,43	0,36	1,78	0,10	0,16	0,49	0,36	0,74	2,45	3,66	0,34	0,67
Cu	0,36	0,52	0,44	0,34	0,55	1,06	0,82	0,42	0,53	1,64	14,28	28,13	0,70	30,99	30,45	0,38	1,62	3,10	0,40	0,64	22,80	26,82
Fe	0,27	0,39	0,29	0,10	0,35	0,08	0,19	0,00	0,17	0,08	0,03	0,15	0,18	0,41	0,07	0,03	0,19	0,71	0,21	0,11	0,22	0,10
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,06	0,04	0,05	0,00	0,00	0,01	0,05	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00	0,01	0,02	0,05	0,04	0,03	0,00	0,01	0,01
Se	84,11	83,53	78,92	88,94	78,65	79,70	98,03	89,82	84,52	85,87	70,65	63,74	85,69	60,20	65,60	92,49	79,82	87,20	86,45	84,57	67,59	59,13
S	0,62	0,17	0,38	0,06	0,28	0,31	0,02	0,01	0,26	0,03	0,21	0,00	0,19	1,08	0,58	0,10	0,02	0,74	0,02	0,13	0,00	0,09
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Selênio nativo						
	W1-708 E2/Pt35	W1-708 E2/Pt36	W1-708 E2/Pt38	W1-708 E2/Pt46	W1-708 G-IV/Pt33	W1-708 G-IV/Pt37
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,70	0,42	0,08	1,02	0,06	0,03
Pd	0,02	0,03	0,01	0,02	0,00	0,01
Pt	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00
Bi	1,51	5,33	0,00	13,19	0,00	0,00
U	0,24	1,18	0,09	2,39	0,06	0,00
Pb	0,15	0,12	0,21	0,69	0,00	0,00
Cu	25,89	24,47	26,17	20,82	0,01	0,03
Fe	0,07	0,08	0,03	0,02	26,49	26,24
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,02	0,06	0,00	0,00
Se	71,12	69,80	73,26	56,13	75,58	72,70
S	0,02	0,08	0,47	0,00	0,08	0,03
Total	99,71	101,52	100,39	94,32	102,26	99,05
Au	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,49	0,29	0,06	0,84	0,04	0,02
Pd	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01
Pt	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Bi	0,55	1,95	0,00	5,61	0,00	0,00
U	0,08	0,38	0,03	0,89	0,02	0,00
Pb	0,06	0,04	0,07	0,29	0,00	0,00
Cu	30,73	29,44	30,34	29,12	0,01	0,04
Fe	0,09	0,11	0,04	0,03	33,06	33,74
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00
Se	67,96	67,57	68,34	63,17	66,72	66,13
S	0,03	0,19	1,08	0,00	0,16	0,07
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00



# ANEXO 4

## GEOQUÍMICA

**ROCHA TOTAL**

		Milonito													
	Amostra/ Furo	70N2 16,55	70N2 22,90	70N2 70,30	70N2 82,60	91N 128,30	91N 128,65	91N 129,38	91N 129,79	91N 130,04	98S1 50,05	98S1 89,37	98S1 93,33	FB1 58,07	CAV 1
SiO <sub>2</sub>	%	72,47	77,16	74,72	53,05	69,48	73,71	77,96	66,28	75,80	77,95	74,38	74,91	80,77	87,37
TiO <sub>2</sub>		0,17	0,17	0,15	0,05	0,13	0,09	0,11	0,23	0,09	0,15	0,07	0,12	<0,01	0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		15,60	13,35	14,49	30,48	16,96	13,83	11,82	18,87	13,49	12,92	14,95	15,12	11,06	6,90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2,20	1,48	0,97	1,82	1,90	1,62	1,66	2,95	1,75	0,93	0,79	1,00	1,62	2,03
MnO		0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,09	0,06	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,02
MgO		0,84	0,81	0,71	0,49	1,04	1,00	0,90	1,42	1,06	0,57	0,72	0,81	0,33	0,19
CaO		<0,01	<0,01	0,24	0,33	0,40	1,04	0,38	0,23	0,18	0,01	0,14	0,43	0,01	0,04
Na <sub>2</sub> O		0,09	0,08	0,09	0,17	0,69	0,33	0,10	0,11	0,07	0,06	0,09	0,07	0,06	0,05
K <sub>2</sub> O		5,91	5,05	6,18	9,08	5,76	4,97	4,24	6,79	5,13	4,90	5,99	5,09	3,90	2,19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,03	0,05	0,20	0,27	0,25	0,18	0,17	0,18	0,13	0,08	0,16	0,36	<0,01	0,04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,00	0,00	0,00	<0,001	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	<0,001	0,00	<0,002
LOI		2,70	2,00	2,40	4,50	3,50	3,30	2,60	2,90	2,30	2,30	2,50	2,10	2,40	1,00
TOT/S		0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
Total		100,03	100,16	100,16	100,25	100,17	100,16	100,00	99,98	100,02	99,87	99,80	100,02	100,17	99,86
Be	ppm	4,00	2,00	3,00	7,00	4,00	4,00	2,00	5,00	3,00	2,00	2,00	4,00	3,00	4,00
Rb		312,80	267,00	272,30	457,00	315,00	268,10	226,30	461,40	295,30	233,30	268,80	289,60	211,50	134,70
Cs		9,30	7,60	5,50	7,60	8,90	8,00	6,40	14,10	8,90	5,70	6,90	9,10	4,90	3,40
Ba		415,00	341,50	550,60	564,60	342,60	307,40	265,00	507,10	343,50	323,40	463,80	271,20	99,10	86,00
Sr		10,20	7,70	26,00	24,60	25,30	35,70	11,70	14,00	9,70	16,60	57,30	25,50	3,60	6,00
Ga		30,10	27,00	21,70	76,90	26,00	21,70	19,40	34,40	21,20	21,30	21,90	25,80	46,00	21,50
V		21,00	16,00	7,00	94,00	6,00	5,00	9,00	34,00	15,00	16,00	6,00	<5	46,00	60,00
Ni		0,10	0,10	0,30	0,10	0,10	0,20	0,50	0,40	0,50	0,20	0,20	0,20	0,40	4,70
Co		3,40	2,80	1,60	2,40	2,50	1,90	2,40	7,30	3,50	1,80	1,20	0,90	0,70	76,20
Pb		0,50	1,00	1,70	0,20	14,10	1,90	3,40	2,60	1,50	1,10	2,60	1,70	0,50	1038,00
Zn		<1	1,00	2,00	1,00	3,00	2,00	5,00	3,00	6,00	2,00	2,00	2,00	3,00	11,00
Mo		0,10	0,10	0,20	0,10	0,40	0,30	0,40	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,50
Cu		0,30	0,20	2,90	2,70	0,20	0,30	1,00	6,10	7,00	1,10	0,70	0,40	0,90	109,60
Au		0,70	1,00	5,00	<0,5	<0,5	<0,5	0,70	<0,5	<0,5	<0,5	1,00	0,50	5,10	>100000
Ag		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	>100
Hg		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,62
Se		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,10	>100
As		<0,5	<0,5	0,60	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	373,90
Sb		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	15,50
Bi		<0,1	0,30	0,50	<0,1	0,20	0,40	0,30	0,30	0,10	0,10	0,30	0,40	0,10	912,20
Sn		6,00	3,00	2,00	3,00	8,00	5,00	5,00	7,00	3,00	3,00	6,00	11,00	<1	1,00
W		2,40	0,80	0,90	0,70	1,30	1,20	1,00	2,00	1,00	39,80	1,20	5,60	5,20	711,70
Ta		0,40	0,60	0,20	0,10	0,70	0,40	0,60	1,30	0,30	0,80	0,30	2,00	<0,1	1,50
Nb		4,00	5,00	4,70	1,60	8,10	5,00	6,00	11,10	4,10	6,20	4,40	13,90	<0,5	1,00
Th		6,80	8,50	9,20	1,90	3,70	2,50	4,80	6,10	3,40	5,70	3,60	4,90	0,20	2,00
U		1,20	1,80	1,50	0,90	2,70	1,80	2,40	3,30	2,40	1,50	0,70	1,30	0,10	1438,00
Zr		83,60	86,60	88,50	41,10	62,80	40,40	47,80	80,60	42,70	51,60	33,80	44,80	1,60	5,10
Hf		2,60	2,70	2,90	1,60	2,40	1,50	1,90	3,00	1,70	2,10	1,30	1,90	<0,5	0,20
Y		5,10	6,40	5,20	4,10	5,00	3,70	3,20	4,80	3,70	5,80	7,70	7,30	0,30	15,20
Sc		3,00	1,00	1,00	<1	2,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	1,00	1,00	<1	<1
La		23,70	26,20	21,80	5,00	13,80	7,60	7,80	16,90	14,50	10,20	19,00	8,70	<0,5	1,90
Ce		48,10	59,00	46,00	10,50	25,30	14,20	17,00	38,70	26,90	21,40	39,60	20,90	<0,5	4,80
Pr		5,61	7,33	5,78	1,32	3,11	2,01	2,03	4,36	3,35	2,96	4,14	2,54	0,05	1,02
Nd		20,60	25,50	20,50	4,70	11,30	7,20	7,70	15,80	12,00	10,20	14,00	9,70	<0,4	7,50
Sm		3,30	4,60	3,90	1,10	2,30	1,90	1,70	3,20	2,50	2,00	2,90	2,40	0,10	8,06
Eu		0,63	0,80	0,84	0,40	0,53	0,32	0,38	0,68	0,51	0,29	0,68	0,38	<0,05	2,45
Gd		2,12	3,26	2,63	1,03	2,09	1,51	1,50	2,31	1,86	1,46	2,45	2,22	<0,05	9,39
Tb		0,29	0,45	0,36	0,20	0,31	0,25	0,21	0,30	0,28	0,23	0,39	0,32	0,01	1,61
Dy		1,20	1,76	1,21	0,89	1,20	0,89	0,86	1,02	0,91	1,01	1,55	1,38	<0,05	6,23
Ho		0,17	0,20	0,17	0,13	0,16	0,10	0,10	0,14	0,12	0,14	0,21	0,15	<0,05	0,79
Er		0,48	0,53	0,37	0,32	0,40	0,30	0,26	0,29	0,26	0,39	0,49	0,39	<0,05	1,57
Tm		0,06	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,06	<0,05	0,20
Yb		0,44	0,43	0,32	0,27	0,35	0,25	0,28	0,34	0,23	0,33	0,43	0,41	<0,05	1,07
Lu		0,08	0,06	0,05	0,04	0,07	0,05	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	<0,01	0,09

Anexo 4 – Geoquímica – Rocha Total

	Milonito		Xisto				Xisto Silicificado				Paragneisse			
	Amostra/ Furo	W1 708-B	W1 708-F	70N2 7,30	JM CAV 1	98-II- 47A	98-II- 47B	LE CV 1	LE CV 2	LE CV 3	LE CV 5	91N 130,70	91N 130,90	91N 131,43
SiO <sub>2</sub>	%	73,06	61,81	75,45	54,23	48,73	47,65	89,62	93,66	87,48	83,18	62,80	70,41	65,36
TiO <sub>2</sub>		0,02	0,04	0,68	0,87	0,47	0,60	0,16	0,07	0,18	0,26	0,80	0,64	0,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		16,68	23,65	11,71	21,98	31,34	30,70	5,14	2,52	6,30	9,01	17,45	13,65	17,62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1,70	1,14	4,61	9,81	2,33	2,58	2,15	2,07	2,73	2,18	6,99	5,52	4,71
MnO		0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,02
MgO		0,47	0,72	0,53	1,35	2,11	2,15	0,29	0,16	0,34	0,65	2,55	1,99	1,83
CaO		0,03	0,02	<0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	0,07	0,25	0,28
Na <sub>2</sub> O		0,09	0,13	0,07	0,13	0,16	0,15	0,04	0,02	0,04	0,05	0,10	0,07	0,09
K <sub>2</sub> O		5,31	7,47	3,92	6,13	9,53	9,39	1,76	0,89	2,15	3,18	5,97	4,74	6,25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,04	0,01	0,05	0,10	0,04	0,06	0,061	0,019	0,047	0,069	0,06	0,03	0,21
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		<0,002	0,00	0,01	0,02	<0,001	0,00	0,025	0,016	0,017	0,016	0,02	0,02	0,02
LOI		2,50	3,70	2,90	5,40	5,20	6,60	0,7	0,5	0,7	1,4	3,10	2,60	3,00
TOT/S			0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01					<0,1	0,01	<0,01
Total		99,94	98,68	99,94	100,09	99,93	99,92	100,00	99,98	100,00	100,00	99,95	99,97	99,94
Be	ppm	5,00	10,00	2,00	2,00	7,00	6,00	2	1	2	2	4,00	3,00	4,00
Rb		330,90	491,40	212,90	242,60	607,50	577,90	82,2	44,1	98,6	155,6	414,60	305,70	416,90
Cs		6,40	15,10	7,00	4,10	8,30	8,20	1,1	0,8	1,5	2,3	26,90	19,70	21,40
Ba		175,00	296,00	498,80	776,60	798,40	819,20	141	81	213	218	512,00	393,40	517,80
Sr		8,80	13,40	9,20	28,70	23,30	32,40	12,5	4,4	10,4	10,8	9,00	12,10	13,90
Ga		55,30	80,80	22,90	34,50	60,70	57,50	8,3	4,5	10,8	15,2	33,70	23,60	32,80
V		140,00	171,00	54,00	153,00	97,00	100,00	59	34	68	96	116,00	88,00	98,00
Ni		2,70	2,50	2,90	16,90	0,30	1,50	7,5	5,2	6,2	4,3	45,00	34,30	20,60
Co		2,50	61,00	4,20	6,60	1,30	1,70	0,9	1,4	2,3	1,4	17,70	12,80	9,70
Pb		418,00	1616,10	0,50	0,40	66,50	76,40	202,4	5,3	59,0	19,3	2,50	3,90	1,10
Zn		10,00	29,00	4,00	52,00	1,00	2,00	4	4	5	5	63,00	69,00	47,00
Mo		0,30	0,30	0,10	9,70	0,90	2,60	1,7	0,9	1,6	0,5	0,80	0,10	0,30
Cu		44,10	29,60	2,10	15,30	3,60	8,30	29,1	14,4	36,0	11,3	6,10	18,00	3,10
Au		>100000	>100000	6,80	1,20	6,00	7,60	53330	<0,5	416,8	507,7	0,60	0,80	<0,5
Ag		>100	100,00	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	24,1	<0,1	2,3	0,7	<0,1	<0,1	<0,1
Hg		0,32	0,97	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,93	<0,01	0,02	0,03	<0,01	<0,01	<0,01
Se		>100,0	100,00	<0,5	0,70	<0,5	<0,5	49,7	<0,5	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
As		285,70	639,30	<0,5	14,30	1,50	11,10	5,3	0,8	10,8	1,4	<0,5	<0,5	<0,5
Sb		7,20	10,90	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bi		570,00	1402,70	0,10	<0,1	0,10	<0,1	640,6	3,2	6,2	8,2	0,10	0,10	<0,1
Sn		2,00	2,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1	<1	<1	<1	2,00	1,00	4,00
W		1,00	533,30	3,20	0,60	0,90	4,50	2,3	1,2	1,7	4,4	1,70	1,30	2,00
Ta		<0,1	1,10	0,80	0,50	0,30	0,60	0,2	<0,1	0,2	0,4	1,10	0,80	0,90
Nb		0,90	3,50	13,30	14,70	6,30	9,20	4,3	4,4	2,9	5,9	15,10	9,70	12,20
Th		4,80	8,60	14,10	27,90	42,20	28,70	3,1	2,6	4,1	6,8	12,80	10,00	9,60
U		609,70	7504,00	2,30	11,70	6,40	9,70	4,5	1,8	11,1	2,2	2,90	2,30	2,50
Zr		12,00	16,10	228,70	277,70	197,80	191,70	41,1	21,9	49,6	68,5	240,60	172,20	180,50
Hf		0,30	0,50	6,70	8,00	6,70	6,60	1,2	0,5	1,5	2,2	7,50	5,40	5,70
Y		7,10	54,50	21,80	53,90	9,30	14,70	12	2,4	2,7	4,1	24,10	11,10	21,00
Sc		<1	1,00	10,00	23,00	6,00	8,00	4	1	5	6	18,00	14,00	13,00
La		8,00	6,20	31,80	61,20	86,00	48,50	43,2	26,1	133	176	40,80	24,00	58,80
Ce		15,00	21,40	61,60	137,50	205,40	94,60	83,8	48,9	224	353,4	86,70	51,80	133,90
Pr		1,89	5,18	7,14	14,16	25,04	13,24	9,44	4,68	22,74	39,5	9,71	5,89	14,43
Nd		7,90	35,50	25,10	51,40	96,30	48,80	36,1	15,5	76,9	136,7	35,00	21,10	52,90
Sm		5,90	39,88	4,20	8,40	15,70	9,40	4,51	1,37	6,17	10,43	6,20	3,70	9,20
Eu		1,58	12,83	0,76	1,14	1,72	1,23	0,69	0,18	0,77	1,23	1,06	0,70	1,83
Gd		5,58	42,57	3,88	7,15	7,70	6,26	2,1	<0,05	0,66	0,5	4,88	2,68	6,50
Tb		0,84	7,13	0,71	1,44	0,84	0,88	0,36	0,05	0,12	0,12	0,84	0,42	0,92
Dy		3,30	26,36	3,98	8,65	2,40	3,34	2,09	0,37	0,57	0,69	4,34	2,06	4,07
Ho		0,37	3,16	0,73	1,75	0,29	0,47	0,36	0,07	0,08	0,09	0,85	0,38	0,67
Er		0,72	6,41	2,19	5,34	0,74	1,31	0,97	0,17	0,21	0,26	2,58	1,16	1,90
Tm		0,08	0,85	0,30	0,75	0,13	0,17	0,14	0,03	0,05	0,05	0,40	0,20	0,29
Yb		0,54	4,56	2,03	5,04	0,87	1,22	0,8	0,21	0,31	0,44	2,80	1,40	1,92
Lu		0,03	0,43	0,33	0,79	0,14	0,17	0,1	0,03	0,06	0,06	0,42	0,20	0,28

	Paragnaisse				Pegmatito	Granito	Granito potassificado	
	Amostra/ Furo	91N 131,62	91N 132,14	91N 132,40	91N 133,60	JM CAV 2	TEREZI 2	JM CAV 4
SiO <sub>2</sub>	%	64,76	73,97	72,12	71,71	82,89	70,16	66,29
TiO <sub>2</sub>		0,57	0,48	0,50	0,56	0,04	0,25	0,34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		16,79	10,35	12,55	13,69	10,34	16,03	17,73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		6,52	7,16	5,68	4,53	0,70	1,51	3,08
MnO		0,03	0,04	0,03	0,03	<0,01	0,01	0,02
MgO		2,24	2,31	1,99	1,61	0,54	0,34	1,12
CaO		0,06	0,08	0,05	0,11	0,01	0,45	0,05
Na <sub>2</sub> O		0,10	0,04	0,06	0,08	0,09	2,31	0,14
K <sub>2</sub> O		5,39	2,88	4,05	4,66	3,60	6,66	8,90
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,05	0,04	0,05	0,08	0,03	0,40	0,11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,02	0,01	0,02	0,02	<0,001	0,00	0,00
LOI		3,40	2,60	2,90	2,90	1,90	1,20	2,20
TOT/S		0,05	0,13	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Total		99,93	99,96	100,00	99,97	100,14	99,37	100,00
Be	ppm	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00		3,00
Rb		330,80	196,70	262,30	282,90	151,30	414,80	336,00
Cs		14,80	11,20	12,30	13,90	2,80	1,90	5,20
Ba		594,80	240,10	338,30	540,80	333,10		752,00
Sr		10,10	5,10	5,10	9,90	17,00	137,30	85,00
Ga		31,40	21,00	26,20	26,70	19,60	27,80	18,90
V		113,00	62,00	76,00	81,00	36,00	7,00	11,00
Ni		32,00	35,00	32,30	24,20	0,20	1,50	2,60
Co		17,50	34,60	16,50	12,20	<0,5	115,00	2,20
Pb		35,60	21,30	1,70	1,20	0,40	10,10	53,40
Zn		89,00	93,00	58,00	38,00	1,00	34,00	8,00
Mo		0,30	0,70	0,10	0,90	3,80	0,10	1,90
Cu		28,80	285,60	2,70	2,70	1,60	7,30	21,70
Au		2,20	402,60	<0,5	0,50	7,60	6,90	<0,5
Ag		0,20	0,40	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1
Hg		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Se		1,30	2,00	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5
As		<0,5	2,10	3,10	0,70	1,60	0,60	1,20
Sb		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bi		0,50	1,80	0,10	0,10	0,10	0,60	1,20
Sn		3,00	1,00	1,00	2,00	9,00	6,00	2,00
W		3,30	0,90	1,00	1,10	3,70	1049,90	2,10
Ta		1,00	0,70	0,70	1,00	0,70	0,80	0,40
Nb		13,70	7,90	9,00	9,90	3,40	9,40	6,60
Th		19,90	9,60	16,60	10,00	1,70	36,60	22,00
U		4,50	2,60	3,90	2,90	1,00	18,40	7,00
Zr		178,50	176,20	199,30	177,90	15,10	145,20	122,70
Hf		5,70	5,60	6,00	5,50	0,60	4,50	4,30
Y		23,00	7,10	9,40	5,50	1,40	15,90	7,40
Sc		14,00	11,00	13,00	12,00	1,00	3,00	2,00
La		71,60	18,70	34,80	23,30	5,60	70,20	39,30
Ce		152,40	37,60	74,20	49,70	13,90	130,30	92,30
Pr		17,53	4,52	8,70	5,61	1,42	17,62	11,13
Nd		64,40	16,50	31,50	20,60	4,50	67,50	42,70
Sm		11,10	2,90	5,40	3,50	0,90	12,50	7,92
Eu		1,13	0,54	1,02	0,73	0,17	0,62	0,78
Gd		7,59	1,95	3,58	2,36	0,47	6,56	4,36
Tb		1,06	0,30	0,47	0,31	0,09	0,68	0,47
Dy		4,71	1,43	1,92	1,31	0,29	2,62	1,33
Ho		0,77	0,23	0,31	0,18	<0,05	0,31	0,15
Er		2,20	0,73	0,91	0,50	0,10	0,91	0,40
Tm		0,34	0,12	0,14	0,09	<0,05	0,13	0,05
Yb		2,15	0,75	1,03	0,62	0,12	0,85	0,40
Lu		0,33	0,12	0,16	0,10	0,03	0,14	0,06

## ETR

Amostra/Furo	Rocha	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Gd (ppm)	Tb (ppm)	Dy (ppm)	Ho (ppm)	Er (ppm)	Tm (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)
70N2-16,55		23,70	48,10	5,61	20,60	3,30	0,63	2,12	0,29	1,20	0,17	0,48	0,06	0,44	0,08
70N2-22,90		26,20	59,00	7,33	25,50	4,60	0,80	3,26	0,45	1,76	0,20	0,53	<0,05	0,43	0,06
70N2-70,30		21,80	46,00	5,78	20,50	3,90	0,84	2,63	0,36	1,21	0,17	0,37	<0,05	0,32	0,05
70N2-82,60		5,00	10,50	1,32	4,70	1,10	0,40	1,03	0,20	0,89	0,13	0,32	<0,05	0,27	0,04
91N-128,30		13,80	25,30	3,11	11,30	2,30	0,53	2,09	0,31	1,20	0,16	0,40	0,06	0,35	0,07
91N-128,65		7,60	14,20	2,01	7,20	1,90	0,32	1,51	0,25	0,89	0,10	0,30	<0,05	0,25	0,05
91N-129,38		7,80	17,00	2,03	7,70	1,70	0,38	1,50	0,21	0,86	0,10	0,26	<0,05	0,28	0,04
91N-129,79		16,90	38,70	4,36	15,80	3,20	0,68	2,31	0,30	1,02	0,14	0,29	<0,05	0,34	0,06
91N-130,04	Muscovita-quartzo milonito – Suíte Aurumina (mina)	14,50	26,90	3,35	12,00	2,50	0,51	1,86	0,28	0,91	0,12	0,26	<0,05	0,23	0,04
98S1-50,05		10,20	21,40	2,96	10,20	2,00	0,29	1,46	0,23	1,01	0,14	0,39	<0,05	0,33	0,06
98S1-89,37		19,00	39,60	4,14	14,00	2,90	0,68	2,45	0,39	1,55	0,21	0,49	0,08	0,43	0,06
98S1-93,33		8,70	20,90	2,54	9,70	2,40	0,38	2,22	0,32	1,38	0,15	0,39	0,06	0,41	0,05
FBI-58,07		<0,5	<0,5	0,05	<0,4	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01
CAV 1		1,90	4,80	1,02	7,50	8,06	2,45	9,39	1,61	6,23	0,79	1,57	0,20	1,07	0,09
W1-708-B		8,00	15,00	1,89	7,90	5,90	1,58	5,58	0,84	3,30	0,37	0,72	0,08	0,54	0,03
W1-708-F		6,20	21,40	5,18	35,50	39,88	12,83	42,57	7,13	26,36	3,16	6,41	0,85	4,56	0,43
70N2-7,30	Xisto – Formação Ticunzal (mina)	31,80	61,60	7,14	25,10	4,20	0,76	3,88	0,71	3,98	0,73	2,19	0,30	2,03	0,33
JM-CAV 1		61,20	137,50	14,16	51,40	8,40	1,14	7,15	1,44	8,65	1,75	5,34	0,75	5,04	0,79
98-II-47A	Xisto – Formação Ticunzal (região de Cavalcante)	86,00	205,40	25,04	96,30	15,70	1,72	7,70	0,84	2,40	0,29	0,74	0,13	0,87	0,14
98-II-47B		48,50	94,60	13,24	48,80	9,40	1,23	6,26	0,88	3,34	0,47	1,31	0,17	1,22	0,17
LECV 1		43,20	83,80	9,44	36,10	4,51	0,69	2,10	0,36	2,09	0,36	0,97	0,14	0,80	0,10
LECV 2		26,10	48,90	4,68	15,50	1,37	0,18	<0,05	0,05	0,37	0,07	0,17	0,03	0,21	0,03
LECV 3	Xisto silicificado – Formação Ticunzal (região de Cavalcante)	133,00	224,00	22,74	76,90	6,17	0,77	0,66	0,12	0,57	0,08	0,21	0,05	0,31	0,06
LECV 5		176,00	353,40	39,50	136,70	10,43	1,23	0,50	0,12	0,69	0,09	0,26	0,05	0,44	0,06
91N-130,70		40,80	86,70	9,71	35,00	6,20	1,06	4,88	0,84	4,34	0,85	2,58	0,40	2,80	0,42
91N-130,90		24,00	51,80	5,89	21,10	3,70	0,70	2,68	0,42	2,06	0,38	1,16	0,20	1,40	0,20
91N-131,43		58,80	133,90	14,43	52,90	9,20	1,83	6,50	0,92	4,07	0,67	1,90	0,29	1,92	0,28
91N-131,62	Paragnaisse – Formação Ticunzal (mina)	71,60	152,40	17,53	64,40	11,10	1,13	7,59	1,06	4,71	0,77	2,20	0,34	2,15	0,33
91N-132,14		18,70	37,60	4,52	16,50	2,90	0,54	1,95	0,30	1,43	0,23	0,73	0,12	0,75	0,12
91N-132,40		34,80	74,20	8,70	31,50	5,40	1,02	3,58	0,47	1,92	0,31	0,91	0,14	1,03	0,16
91N-133,60		23,30	49,70	5,61	20,60	3,50	0,73	2,36	0,31	1,31	0,18	0,50	0,09	0,62	0,10
JM-CAV 2	Pegmatito – Suíte Aurumina (região de Cavalcante)	5,60	13,90	1,42	4,50	0,90	0,17	0,47	0,09	0,29	<0,05	0,10	<0,05	0,12	0,03
TEREZI 2	Granito – Suíte Aurumina (regional)	70,20	130,30	17,62	67,50	12,50	0,62	6,56	0,68	2,62	0,31	0,91	0,13	0,85	0,14
JM-CAV 4	Granito potassificado – Suíte Aurumina (região de Cavalcante)	39,30	92,30	11,13	42,70	7,92	0,78	4,36	0,47	1,33	0,15	0,40	0,05	0,40	0,06

**Au-Pt-Pd-Rh**

Elemento Amostra/Furo	Au (ppb)	Pt (ppb)	Pd (ppb)	Rh (ppb)	
CAV 1	>5000	>5000	>5000	3351	
CAV 2	5,0	32,9	47,9	14,6	
CAV 2A	22,0	30,7	47,8	1,6	
70N1-32,15	>5000	>5000	>5000	n.a.	
70N1-32,22	497,0	149,0	306,4	n.a.	
70N2-26,80	139,0	8,4	16,1	n.a.	
70N2-35,00	61,0	5,3	9,1	n.a.	
70N2-35,23	36,0	3,0	5,9	n.a.	
70N2-50,15	77,0	1,8	7,3	n.a.	
70N2-70,30	5,0	0,2	0,7	n.a.	
98S1-85,10	>5000	>5000	>5000	n.a.	
FB1-46,35	>5000	>5000	>5000	n.a.	
FB1-49,54	>5000	>5000	>5000	n.a.	
FB1-50,77	>5000	>5000	>5000	n.a.	
FB1-53,79	>5000	828,9	1183,0	n.a.	
FB1-57,00	328,0	99,4	758,9	n.a.	
NH 5	Veio de quartzo mineralizado (regional)	>5000	5,4	8,1	0,5
99-VII-139		38,0	14,4	24,2	2,5
99-VII-176	Biotita-muscovita granito – Suíte Aurumina (regional)	25,0	7,0	11,4	2,0
99-IV-56		32,0	0,6	5,2	0,7
99-IV-65		3,0	3,6	5,5	1,4
JM-CAV 4	Biotita-muscovita granito – Suíte Aurumina (região de Cavalcante)	11,0	1,9	0,5	n.a.
98-V-58		9,0	10,6	101,2	3,2
JM-CAV 2	Pegmatito – Suíte Aurumina (região de Cavalcante)	24,0	2,8	4,0	n.a.
98S1-90,70	Pegmatito – Suíte Aurumina (mina)	1019,0	99,5	154,9	n.a.
NH 2	Paragnaisse hidrotermalizado – Formação Ticunzal (regional)	105,0	5,4	9,5	0,1
NH 3		191,0	2,5	2,0	0,1
98-II-47A	Xisto – Formação Ticunzal (região de Cavalcante)	5,0	21,5	27,8	n.a.
98-II-47B		15,0	43,5	78,3	n.a.
LE-CV 1		>5000	52,3	25,4	n.a.
LE-CV 2	Xisto silicificado – Formação Ticunzal (região de Cavalcante)	<1	138,1	58,5	n.a.
LE-CV 3		109,0	7,8	4,5	n.a.
LE-CV 5		623,0	61,7	139,6	n.a.
70N2-7,30	Xisto – Formação Ticunzal (mina)	5,0	1,8	2,8	n.a.
91N-130,70		268,0	2,7	42,2	1,2
91N-130,90		111,0	17,3	14,5	1,3
91N-131,62	Paragnaisse – Formação Ticunzal (mina)	9,0	3,1	1,1	0,4
91N-132,14		8,0	1,4	<0,5	<0,5
91N-132,40		4,0	2,4	1,7	0,7
91N-133,60		18,0	5,9	4,1	0,4

Análises realizadas no Acme Analytical Laboratories Ltd. (AcmeLabs), Canadá.

**EGP**

Amostra/Furo	Os (ppb)	Ir (ppb)	Ru (ppb)	Rh (ppb)	Pt (ppb)	Pd (ppb)	Au (ppb)	
CAV 2	<2	<1	<5	<0,2	6,00	16,00	<0,5	
70N1-32,22	36,00	102,00	120,00	417,00	35600,00	40100,00	>20000	
FB1-53,79		1,00	2,00	10,00	456,00	824,00	10500,00	
FB1-57,00	<2	0,90	<5	<0,2	<5	<2	<0,5	
W1-708-B		101,00	54,00	1420,00	62600,00	49900,00	102000,00	
W1-708-F		312,00	141,00	3390,00	189000,00	134000,00	474000,00	
98S1-90,70	Pegmatito – Suíte Aurumina (mina)	<2	0,10	<5	0,20	40,00	71,00	417,00
98-II-47B	Xisto – Formação Ticunzal (região de Cavalcante)	<2	0,90	5,00	0,80	60,00	82,00	<0,5
LECV 2	Xisto silicificado – Formação Ticunzal (região de Cavalcante)	7,00	0,10	<5	<0,2	20,00	14,00	148,00
98-I-153	Muscovita-biotita granito – Suíte Aurumina (região de Cavalcante)	<2	<0,1	<5	<0,2	6,00	14,00	0,50

Análises realizadas no Activation Laboratories Ltd. (ActLabs), Canadá.