



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

VANESSA MARQUES DA SILVA

**CONCENTRAÇÃO DOS MINÉRIOS DE COBRE E OURO DA
MINERAÇÃO MARACÁ/YAMANA GOLD NO MUNICÍPIO DE ALTO
HORIZONTE-GO**

Palmas – TO

2014

VANESSA MARQUES DA SILVA

**CONCENTRAÇÃO DOS MINÉRIOS DE COBRE E OURO DA
MINERAÇÃO MARACÁ/YAMANA GOLD NO MUNICÍPIO DE ALTO
HORIZONTE-GO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas do Centro Universitário Luterano de Palmas, como requisito parcial à obtenção de bacharel em Engenharia de Minas, orientado pelo Professor M.Sc. Daniel Padilha Setti e co-orientado pelo Professor Dr^o Erwin Francisco Tochtrop Junior.

Palmas – TO

2014

VANESSA MARQUES DA SILVA

**CONCENTRAÇÃO DOS MINÉRIOS DE COBRE E OURO DA
MINERAÇÃO MARACÁ/YAMANA GOLD NO MUNICÍPIO DE ALTO
HORIZONTE-GO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas do Centro Universitário Luterano de Palmas, como requisito parcial à obtenção de bacharel em Engenharia de Minas, orientado pelo Professor M.Sc. Daniel Padilha Setti e co-orientado pelo Professor Dr^o Erwin Francisco Tochtrop Junior.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Daniel Padilha Setti

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Prof. Esp. Valério Lamma Lima

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Prof. M.Sc. Rodrigo Meireles Mattos Rodrigues

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Palmas – TO

2014

À minha família e amigos, pessoas fantásticas, enviadas por Deus para me ajudarem a evoluir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado forças para não desistir sem lutar pelos meus objetivos. Que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mais que em todos os momentos.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Ao meu pai que apesar de todas as dificuldades me fortaleceu e que para mim foi muito importante. À minha mãe pela dedicação para comigo todos esses anos. À minha tia Maria Marques pela ajuda e incentivo.

A Mineração Maracá por proporcionar um conhecimento da prática da empresa, bem como as amostras cedidas pela mesma. Um agradecimento á Flávia Batista e Josielle Padilha.

Aos meus colegas Caio Manzoni e Fábio Cunha pela colaboração para que esse projeto fosse concretizado.

Agradeço a dedicação e empenho do meu orientador Prof. M.Sc. Daniel Padilha e co-orientador Erwin Tochtrop.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e efetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mais por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

Charles Chaplin

RESUMO

MARQUES, Vanessa. **Concentração dos Minérios de Cobre e Ouro da Mineração Maracá/Yamana Gold no Município de Alto Horizonte-GO**, Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso de Engenharia de Minas, Centro Universitário Luterano de Palmas/TO, 2014.

O depósito mineral da Mineração Maracá está inserido entre os municípios de Nova Iguaçu e Alto Horizonte.

O ouro ocorre na forma nativa, mais frequentemente está associado a minerais sulfetos. Já o cobre em seu estado nativo, raramente é encontrado na natureza. Os minérios de ouro e cobre da Mineração Maracá são constituídos predominantemente pela associação calcopirita-magnetita. No depósito da cava inferior foram descritos magnetita-biotita gnaisses e anfibólitos. As etapas de preparação dos minérios sulfetos para a concentração abrangem: britagem, peneiramento, moagem e classificação. Na Mineração Maracá é seguida as seguintes etapas de preparação: britagem, estoque, moagem e classificação.

A flotação do ouro está intimamente associada com sulfetos de vários minerais, devido a isso o ouro segue uma recuperação com sulfeto. Os reagentes podem ser classificados em coletores, espumantes e modificadores. A flotação da Mineração Maracá é feita com o ouro associado ao cobre, em células e uma coluna de flotação. Os reagentes utilizados são: PAX e MX 7020 (coletores), D25 (espumante), cal (regulador de pH). Nas amostras da Mineração Maracá foram realizadas flotações, aberturas de amostras e titulações. Através destes testes os minérios de ouro e cobre foram separados dos demais e quantificados.

Visivelmente é possível notar que na flotação com o óleo diesel se obteve maior recuperação que não pode ser comprovada pela falta de DRX. Sem a utilização do óleo diesel não se obteve recuperação de ouro.

Palavras-chave: *Ouro, Cobre, Processamento, Concentração*

ABSTRACT

MARQUES, Vanessa. **Concentration of Copper Ores and Gold Mining Maracá/Yamana Gold in the Municipality of Alto Horizonte-GO**, Working completion of course (Undergraduate) - College of Mining Engineering, University Lutheran Center Palmas / TO, 2014.

The mineral deposit Mining Maracá is inserted between the municipalities of Nova Iguaçu and Alto Horizonte.

Gold occurs in native form, is most often associated with the sulfide minerals. Copper already in its native state, is rarely found in nature. The ores of gold and copper mining Maracá consist predominantly by magnetite-chalcopyrite association. Deposit in the inferior vena cava were described magnetite-biotite gneisses and amphibolites. The steps of preparing sulfide ores for concentration include: crushing, screening, grinding and classification. In the maraca Mining is then the following preparation steps: crushing, stock, grinding and classification.

The flotation of gold is closely associated with various sulfide minerals, because it follows a gold sulfide on recovery. The reagents can be classified as collectors, foaming and modifiers. Flotation Mining Maracá is made of gold associated with the copper in cells and a flotation column. The reagents used are: PAX and MX 7020 (collectors), D25 (sparkling), lime (pH regulator). In samples of Mining Maracá flotações, openings and sample titrations were performed. The purpose of these tests is the separation and quantification of gold and copper.

Clearly you can see that the flotation with diesel oil was obtained greater recovery that can not be proven by the lack of DRX. Without the use of diesel fuel was not obtained gold recovery.

Key words: Gold, Copper, Processing, Concentration

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Surfactantes da classe dos tiocompostos.	32
Tabela 2. Equipamentos e vidrarias.	37
Tabela 3. Equipamentos e vidrarias.	40
Tabela 4. Resumo dos testes de flotação rougher.	44
Tabela 5. Triagem dos procedimentos e massa dos concentrados.	46
Tabela 6. Resumo do rejeito.	47
Tabela 7. Triagem dos procedimentos e massa dos rejeitos.	49
Tabela 8. Resumo dos testes de abertura de amostra.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Localização do depósito de Cu-Au Chapada	17
Figura 2. Mapa Geológico simplificado da porção centro-leste da Província Tocantins.....	19
Figura 3. A, B, C e D. Fotomicrografia de seções polidas de io internofuros de sonda com destaque para: associação pirita, calcopirita, galena e esfalerita (A); associação calcopirita e bornita (C) e grãos de ouro incluso na calcopirita (B e D) (LR/NC).....	22
Figura 4. Representação da rota de beneficiamento da Mineração Maracá.	26
Figura 5. Máquina de flotação mecânica de subareação Wemco.	27
Figura 6. Triângulo dos reagentes de flotação interagindo com a mineralogia.	30
Figura 7. Coletor de adsorção na superfície mineral.....	31
Figura 8. Contato bolha de ar/superfície do minério em um sistema com e sem coletor.	31
Figura 9. Cava operacional do corpo sul da Mineração Maracá.	36
Figura 10. Experimento no agitador magnético.....	42
Figura 11. Rejeito da abertura de amostra.....	42
Figura 12. Transferência do líquido para o balão volumétrico.....	43
Figura 13. Vidro de armazenamento do líquido da abertura de amostra.	43
Figura 14. Quantificação por DRX dos minérios.	53
Figura 15. Quantificação por DRX dos minérios.	53
Figura 16. Quantificação por DRX dos minérios.	54
Figura 17. Quantificação por DRX dos minérios.	55
Figura 18. Quantificação por DRX dos minérios.	56
Figura 19. Quantificação por DRX dos minérios.	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Recuperação do concentrado dividido por triagem em relação ao pH.	47
Gráfico 2. Triagem da massa do rejeito em relação ao pH.	50
Gráfico 3. Massa final e inicial da abertura da amostra.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GO	Goiás
AMG	Arco Magmático de Goiás
ANX	Anfibólio Xisto
BTO	Biotita Muscovita Xisto
QSRT	Cianita Quartzo Xisto
QDPb	Metaquartzo Diorito Pórfiro
SRT	Muscovita Quartzo Xisto
PAX	Amil Xantato de Potássio
EUA	Estados Unidos
FCA	Ferrovia Centro Atlântica

LISTA DE SÍMBOLOS

Au	Ouro
Cu	Cobre
Ag	Prata
Ba	Bário
Bi	Bismuto
Te	Telúrio
Pb	Chumbo
S	Enxofre
Fe	Ferro
As	Arsênio
H ₂ O	Água
C	Carbono
Zn	Zinco
Pt	Platina
HCl	Ácido Clorídrico
NaOH	Hidróxido de Sódio
Cl	Cloro
KCl	Cloreto de Potássio
H	Hidrogênio
Se	Silênio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	17
2.1 Localização e Acesso	17
2.2 Geologia Regional	18
2.3 Geologia Local	19
2.4 Características do minério	20
2.5 Características do minério da Mineração Maracá	21
2.6 Caracterização do depósito - Chapada	22
2.6.1 Caracterização dos litotipos	23
2.6.2 Mineralização	23
2.6.2.1 <i>Sistemas Hidrotermais</i>	23
2.7 Processamento dos minérios sulfetos	24
2.7.1 Processamento utilizado pela Mineração Maracá	25
2.8 A Flotação	26
2.8.1 A Flotação de Sulfetos	27
2.8.1.1 <i>Sistema de Reagentes na Flotação</i>	29
2.8.2 A flotação dos sulfetos da Mineração Maracá	34
2.8.2.1 <i>Sistema de Reagentes na Flotação da Mineração Maracá</i>	35
2.9 Destino e aplicação do minério da Mineração Maracá	35
3 MATERIAIS E MÉTODOS	36
3.1 Minérios	36
3.2 Mineralogia	37
3.3 Reagentes e instrumentos para Flotação	37
3.3.1 Testes de Flotação	38
3.3.2 Cálculos e quantidades	38
3.3.3 Procedimento de Flotação	39
3.4 Reagentes e instrumentos da Abertura de Amostra	39
3.4.1 Procedimento de abertura de amostra	41
4 Resultados e Discussão	43
4.1 Resultados dos testes de Flotação	43
4.2 Resultados dos testes de Abertura de Amostra	51
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1 INTRODUÇÃO

O depósito chapada da Mineração Maracá fica a 8 Km da cidade de Alto Horizonte, situado entre as cidades de Nova Iguaçu e Alto Horizonte, contém importantes depósitos de Au e Cu associados a calcopirita-magnetita.

O ouro ocorre em forma nativa ou associado a sulfetos e o cobre nativo raramente é encontrado na natureza. Para que esses minérios possam ser um bem de valor econômico é necessário que se faça todo um processo de beneficiamento. No beneficiamento dos minérios sulfetos são utilizados britagem, peneiramento, moagem, classificação e concentração. Os minérios da Mineração Maracá passam pelos processos de britagem, estoque, moagem, classificação e flotação.

A flotação é uma separação de minerais bastante eficiente quando o objetivo é aumentar a recuperação do minério. O objetivo da flotação é obrigar as partículas a aderirem às bolhas, para que isso aconteça frequentemente faz-se necessário o uso de reagente. Cada reagente possui certa afinidade para diferentes tipos de minérios, portanto é muito importante a escolha do reagente certo para que a flotação seja eficaz. Os reagentes são os agentes mais importantes em um processo de flotação (BULATOVIC, 2007). São divididos em grupos de: coletores, espumantes e modificadores (depressores, ativadores, reguladores de pH e agentes dispersantes).

As partículas de ouro apresentam certa hidrofobicidade. Os coletores utilizados para os sulfetos eventualmente respondem bem ao ouro. A flotação de minérios de ouro visa à flotação em conjunto, tanto do ouro quanto dos sulfetos. Apesar do fato que o ouro é mais difícil de flotar que os sulfetos, em razão da densidade maior e do menor número de partículas na polpa. Portanto se usa duas técnicas empregadas para a flotação de sulfetos metálicos, a flotação seletiva e a flotação conjunta (CHAVES, 2013). Na flotação seletiva da Mineração Maracá o ouro é flotado em conjunto com o cobre.

Na flotação de sulfetos é necessária a adição de espumante, a fim de adsorverem na interface água/ar, reduzir a tensão superficial, aumentar a resistência das bolhas e melhorar a coleta das partículas (BALTAR, 2008).

O controle do pH em uma flotação é imprescindível. No caso da flotação de minérios associados ao ouro, as partículas que geralmente são ativadas são os sulfetos (CHAVES, 2013).

Os objetivos do projeto são descrever os minérios da Mineração Maracá, bem como seu beneficiamento, ressaltando a flotação, a fim de aumentar a respectiva recuperação. A identificação dos reagentes que melhor reage com os minerais sulfetos e sua dosagem pode aumentar a flotabilidade. Os diferentes testes com as amostras mostrarão o que é necessário para aumentar a recuperação de Au e Cu.

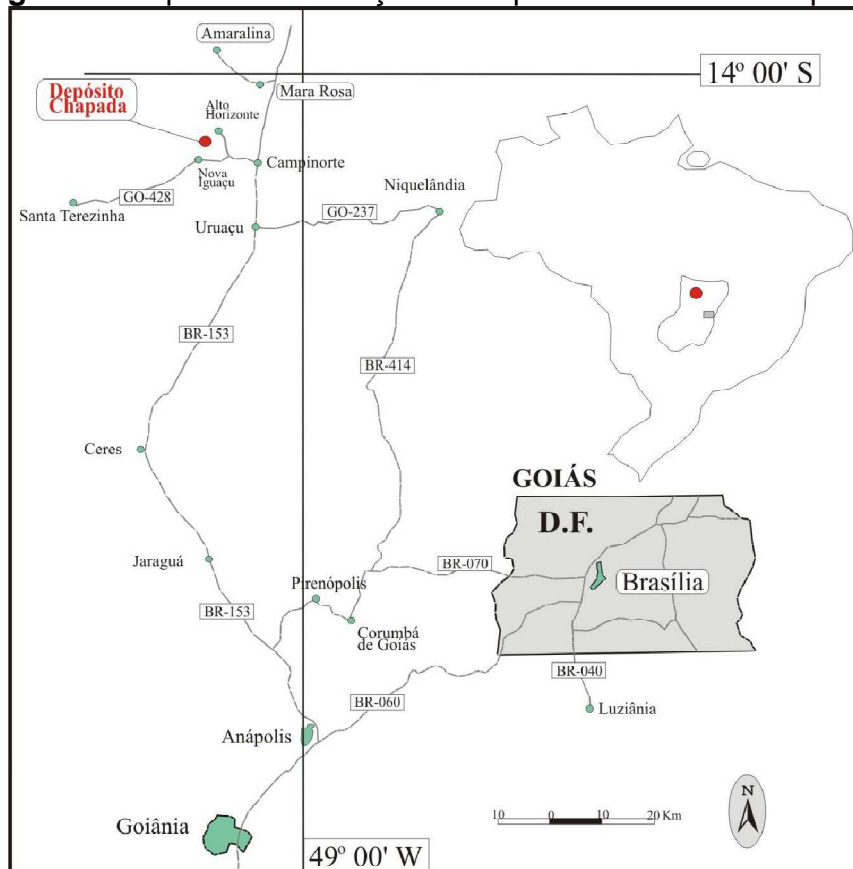
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Localização e Acesso

O Depósito Chapada está inserido na Folha Campinorte (SD.22-Z-B-I), na porção noroeste do estado de Goiás, entre os municípios Nova Iguaçu e Alto Horizonte (Chapada). O acesso principal, a partir de Goiânia, é feito pela rodovia BR-153 até Campinorte (312 km), por onde se alcança as cidades de Nova Iguaçu e Alto Horizonte pela rodovia GO-428 (OLIVEIRA, 2009).

O acesso a partir de Brasília é possível por meio da BR-070 até a BR-153, passando pela cidade de Pirenópolis – GO, seguindo até Campinorte (Figura 2). Outro roteiro a partir de Brasília pode ser feito pela rodovia BR-080 até a BR-153, passando por Barro Alto, seguindo até Campinorte, num total de 270 km. A mina de Chapada está localizada a 8 km da cidade de Alto Horizonte e 28 km do município de Campinorte (OLIVEIRA, 2009).

Figura 1. Mapa de Localização do depósito de Cu-Au Chapada.



Fonte: OLIVEIRA, 2009.

2.2 Geologia Regional

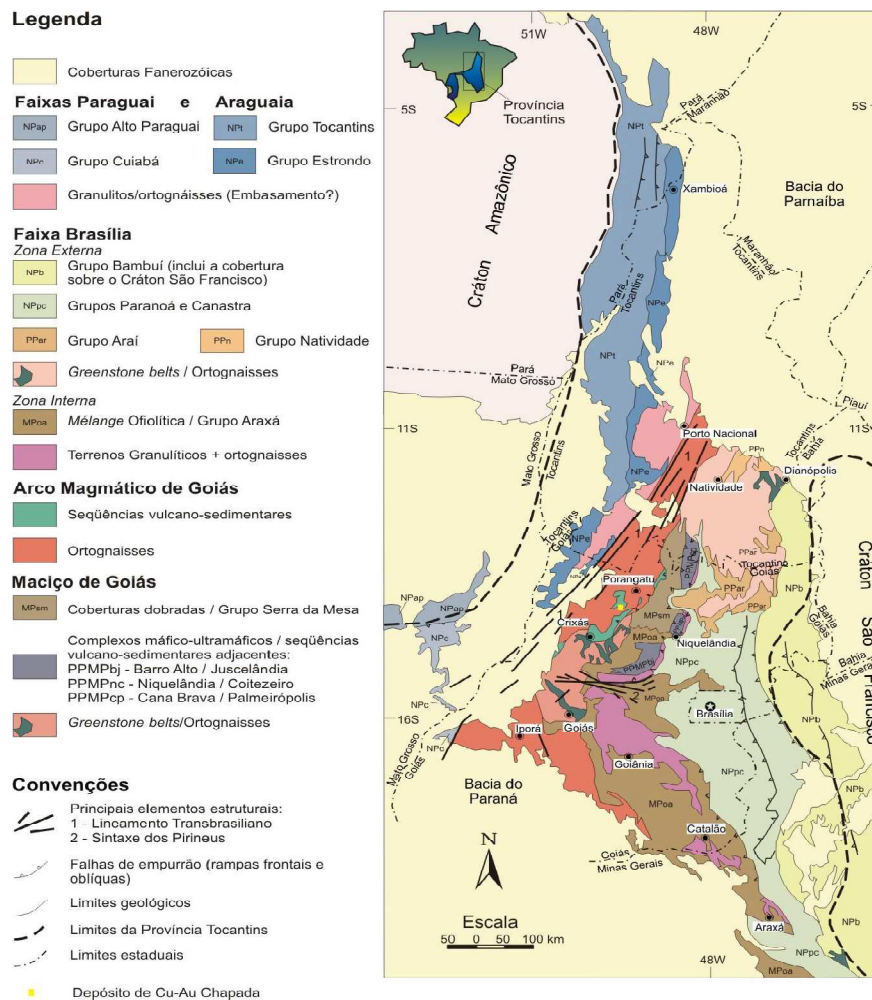
A região que envolve o município de Alto Horizonte-GO está sob vários aspectos atrelado à história da exploração mineral no Arco Magmático Neoproterozóico de Goiás (OLIVEIRA, 2009). Para Ribeiro Filho et al. (1978), o contexto geológico da região de Campinorte é constituído pelas unidades litoestratigráficas da associação metamórfica Pilar de Goiás e Grupo Araxá, distribuídas a oeste e a leste, respectivamente, de uma importante descontinuidade estrutural (falha Rio dos Bois) que se estendia na direção norte-sul desde Campinorte até Mara Rosa.

O Arco Magmático de Goiás situa-se na porção sul da Província Tocantins, na transição entre o Maciço de Goiás e a porção interna da Faixa Brasília (Figura 2). Geograficamente, estende-se na direção nordeste-sudoeste por mais de 1000 Km, nas porções oeste de Goiás e sul de Tocantins, respectivamente, e desaparece sob a bacia paleozóica do Parnaíba (OLIVEIRA, 2009).

Kuyumjian et al. (2004) apresentaram síntese da geologia da região de Chapada-Campinorte destacando que o contexto afloram rochas granito-gnáissicas do Complexo Hidrolina, sequências metassedimentares mesoproterozóicas do grupo Serra da Mesa e suítes metaplutônicas e sequências metavulcano-sedimentares do arco magmático neoproterozóico Mara Rosa.

O Distrito, que vem sendo investigado por companhias de mineração desde o início da década de 70, contém importantes depósitos de Au (Posse, Mundinho, Viúva, Sururuca), Au-Ag-Ba (Zacarias) e Cu-Au (Chapada), além de várias ocorrências auríferas pouco estudadas (LACERDA, 1986).

Figura 2. Mapa Geológico simplificado da porção centro-leste da Província Tocantins.



Fonte: PIMENTEL, 2004.

2.3 Geologia Local

O depósito de Cu e Au de Chapada está inserido em um contexto de seqüências vulcano-sedimentares e rochas intrusivas que fazem parte do Arco Magmático de Goiás (AMG), que corresponde a um arco magmático juvenil neoproterozóico situado no sul da Província Tocantins (Pimentel *et al.*, 1992, 1997). A Província Estrutural Tocantins, localizada na região central do Brasil, corresponde a um sistema orogênico neoproterozóico situado entre o Cráton São Francisco, a leste, e Cráton Amazônico, a oeste, enquanto que os limites norte e sul são encobertos pelos depósitos fanerozoicos das bacias do Parnaíba e Paraná, respectivamente. Apresenta direção geral norte-sul e possui cerca de 2.000 km de comprimento e até 800 km de largura, tendo sido originado pela junção dos crátons

Amazônico e São Francisco durante da aglutinação do Gondwana ocidental no fim do Neoproterozóico (VALERIANO, 2004).

Os principais minérios ou hospedeiras do Depósito de Cu-Au Chapada podem ser representados por: muscovita-biotita xisto, biotita xisto feldspático, cianita biotita xisto, biotita-muscovita xisto, anfibólio xisto, epidoto-biotita-anfibólio xisto e metachert, onde variações de muscovita-biotita xisto e biotita-muscovita xisto perfazem o maior volume do depósito e hospedam aproximadamente 90% do minério. Rochas metavulcânicas e metaplutônicas básicas, magnetita-biotita gnaisses, ortognaisses tonalíticos e rochas metassedimentares correspondem às encaixantes do depósito. Intrudidos tardiamente neste pacote ocorrem diques pegmatíticos e um corpo de composição tonalítica (OLIVEIRA, 2009).

2.4 Características do minério

O ouro ocorre na forma nativa, mas frequentemente está associado à prata em quantidades variadas e algumas vezes contem também traços de cobre e ferro. O ouro forma complexos teluretos tais como: Silvanita: $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}$, Crennerita: $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}$, Calaverita: AuTe_2 (a diferença entre esses dois minerais é o sistema de cristalização, sendo ortorrômbico para o primeiro e monoclinico para o segundo), Petzita $(\text{Ag}, \text{Au})_2\text{Te}$, Muthamannita $(\text{Ag}, \text{Au})\text{Te}$, Nagyagita Au, Pb sulfotelureto. O ouro nativo quando contem bismuto é denominado maldonita (Au_2Bi) . O Ouro também ocorre associado a Se, Bi e Sb (ARAUJO, 2009).

O cobre em estado puro, denominado cobre nativo, raramente é encontrado na natureza. Normalmente está associado a outros elementos químicos em várias formas estruturais, proporções estequiométricas e combinações químicas, formando diversos minerais. Existem dois grupos de minerais: os primários ou sulfetados, ocorrentes em zonas mais profundas da crosta terrestre, com mais alto teor em cobre, e os oxidados ou secundários, de origem mais superficial, de menor teor em cobre. Entre esses grupos são conhecidos cerca de 170 espécies minerais, das quais apenas algumas apresentam importância econômica. No rol dos sulfetados, os mais importantes são a calcopirita, a calcocita, a bornita, a covellita e a enargita. Entre os secundários, incluem-se os oxidados cuprita, e a tenorita; os carbonatados malaquita, e a azurita e os silicatados crisocola (RIBEIRO, 2001).

2.5 Características do minério da Mineração Maracá

O minério é constituído predominantemente pela associação calcopirita-magnetita: calcopirita-magnetita (minério magnetítico) ou calcopirita-pirita (minério pirítico). Os minérios como: galena, bornita e esfalerita são raramente descritos. Núcleo rico em magnetita (minério magnetítico), envolto por um halo pirítico (minério pirítico) (OLIVEIRA, 2010):

- O núcleo corresponde à porção central da cava dominada por magnetita biotita gnaisses intercalados com muscovita-biotita xisto.
- O minério pirítico está associado principalmente à biotita-muscovita xisto e metavulcanoclásticas expostos na porção sudoeste da cava.

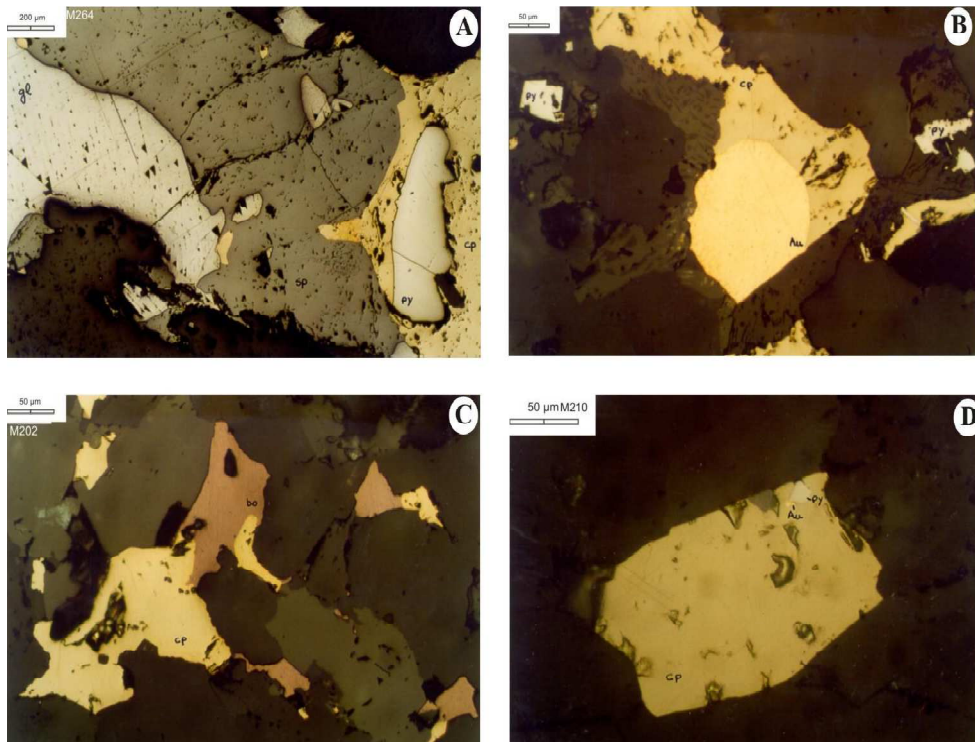
As rochas encaixantes compreendem uma ampla variação de metavulcânicas e metaplutônicas básicas a ácidas e metassedimentares psamo-pelíticas e químicas, dentre os quais se destacam: ortognaisses tonalíticos, magnetita-biotita gnaisses, biotita xistos feldspáticos e anfibolitos. No contexto do Depósito de Cu-Au Chapada foram descritos no interior da cava, magnetita-biotita gnaisses e anfibolitos (OLIVEIRA, 2009).

As rochas hospedeiras compreendem uma ampla variação de xistos associados à magnetita-biotita gnaisses finos e anfibolitos, dentre os quais se destacam: muscovita-biotita xisto, cianita-epidoto-muscovita-biotita xisto feldspático, biotita-muscovita xisto, metavulcanoclásticas, anfibólio xisto, cianita-quartzo xisto e metachert (OLIVEIRA, 2009).

O minério do Depósito de Cu-Au Chapada ocorre predominantemente de forma disseminada, ao longo dos planos de foliação e superfícies axiais, podendo ocorrer esporadicamente em concentrações maciças (milimétricas a centimétricas) nos eixos e charneiras de dobras. O minério é constituído por uma associação de sulfetos (calcopirita, pirita, bornita, molibdenita, esfalerita, galena) e óxidos (magnetita, hematita, ilmenita, rutilo), onde a calcopirita aparece como o único mineral minério importante (Figura 3). Os minerais da ganga compõem-se predominantemente de biotita, muscovita, quartzo, feldspatos e anfibólio, e, subordinadamente, de epidoto, clorita, carbonato, cianita, estauroлита, granada e titanita. O ouro, com granulação muito fina, ocorre incluso na calcopirita, porém

variações mais grossas ocorrem em fraturas e espaços intergranulares em sulfetos (RICHARDSON, 1986).

Figura 3. A, B, C e D. Fotomicrografia de seções polidas de io internofuros de sonda com destaque para: associação pirita, calcopirita, galena e esfalerita (A); associação calcopirita e bornita (C) e grãos de ouro incluído na calcopirita (B e D) (LR/NC).



Fonte: Relatório interno, Mineração Maracá Ind. e Comércio S/A.

2.6 Caracterização do depósito - Chapada

- Rochas encaixantes:
 - Magnetita-biotita gnaise;
 - Anfibolito;
 - Ortoenaisse tonalítico;
 - Biotita xisto feldspático.
- Rocha hospedeira:
 - Muscovita-biotita xisto;
 - Biotita-muscovita xisto (BTO) /Quartzito/ Cianita-Epidoto-Muscovita-biotita Xisto feldspático;
 - Anfibólio xisto (ANX);
 - Cianita-quartzo xisto (QSRT).

- Intrusivas tardias:
 - Tonalito;
 - Pegmatito.
- Idade da rocha hospedeira:
 - Neoproterozóico.
- Metais:
 - Au;
 - Cu.
- Modelo genético:
 - Cu – Au Porfírico (Cu-Au-Mo associados).
- Alto teor: 296 Mt
 - Teores de 0,329 Cu;
 - Teores de 0,247 Au.
- Baixo teor: 125 Mt
 - Teor de Sulfetado 0,179 g/t Cu;
 - Teor de Sulfetado 0,108 g/t Au.

O minério ocorre associado a zonas de alteração hidrotermal, sendo controlado por fraturamento.

2.6.1 Caracterização dos litotipos

- Biotita xisto (BTO);
- Anfibólio xistos (ANX);
- Metaquartzo diorito pórfiro (QDPb);
- Muscovita-quartzo xisto (SRT);
- Oxidado;
- Mix.

2.6.2 Mineralização

2.6.2.1 Sistemas Hidrotermais

Sistema 1: Depósito Porfírico de Cu – Au (Singenético)

- *Halo Potássico*: Veios tipo A e M com presença de anidrita bem caracterizada no centro do depósito;
- *Halo Sericítico*: Sericita + Quartzo + Pirita, bem caracterizada no sul do depósito;
- *Halo Argílico*: Cianita + Quartzo + Pirita, em camada restritas ocorrendo na porção leste do depósito;
- *Halo Propilítico*: Epidoto + CO₂, normalmente ocorre em áreas maiores com alteração pervasiva formando epidoto granula paralela à foliação e associado com veio carbonático.

Sistema 2: Depósito orogênico de ouro relacionado ao sistema de falhas do “Rio dos Bois”

- Metamorfismo em fácies xisto-verde. A mineralização pode ser associada com falhas de segunda ordem;
- Remobilização do sistema 1;
- Intenso processo de cloritização + epidotização.

2.7 Processamento dos minérios sulfetos

O beneficiamento de minérios de ouro apresenta algumas peculiaridades que os distinguem de outros métodos de tratamento. A espécie submetida ao processo de beneficiamento é uma entidade química em sua forma elementar metálica, caracterizada por elevadas densidades e maleabilidade (CLARCK et al., 2010).

O tratamento das rochas portadoras de ouro incluem em geral, britagem, moagem, gravimetria, flotação e cianetação (NETO, 2009).

A cominuição do minério de ouro é realizada, segundo as etapas de britagem, classificação, moagem em moinhos tubulares com bolas, com cuidados especiais para evitar a contaminação por ferro. Para moagem mais fina, são

utilizados moinhos micronizadores ou de bolas, com os mesmos cuidados em relação à contaminação por ferro (NETO, 2009).

A obtenção de produtos associados Au - Cu necessita de um circuito complexo de beneficiamento. Assim, empregam-se moinhos tipo Raymond e, nos casos mais críticos, utilizam-se moinhos autógeno e/ou de bolas, com revestimentos e meio moedor especiais (NETO, 2009).

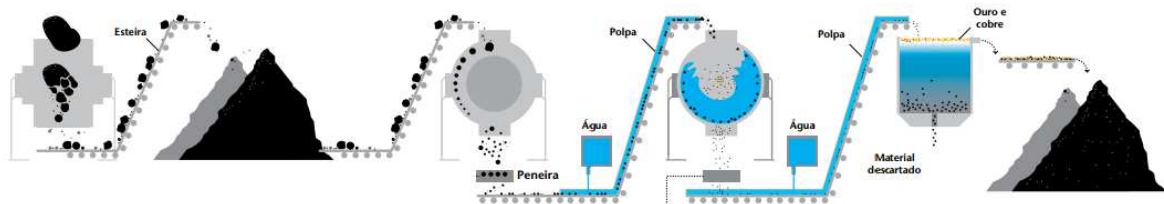
A flotação, entre outros, é processo usado para a concentração de ouro ou remoção de impurezas. Desse modo, são obtidos produtos como ouro e cobre, por meios físico/químicos de purificação ou beneficiamento, com elevados índices de pureza. Tais procedimentos são usados nas etapas de concentração e não de purificação, razão pela qual há, em alguns casos, dificuldades nos processos. O emprego de métodos químicos é a solução. Neste dilema, imputa-se ao especialista o uso cada vez mais racional da criatividade e imaginação para solucionar as questões caso a caso (SAMPAIO; ALMEIDA, 2009).

As etapas de preparação do minério estão presentes tanto em circuitos em que ocorre concentração prévia dos minérios quanto naqueles em que o minério é submetido diretamente à extração hidrometalúrgica. A preparação abrange: britagem, peneiramento, moagem e classificação (CLARCK et al., 2010).

2.7.1 Processamento utilizado pela Mineração Maracá

Os minérios extraídos pela Mineração Maracá-Yamana Gold passam pelos seguintes processamentos (figura 4): britagem, estoque, moinho semiautógeno, ciclone, flotação e concentração final. Na britagem ocorre a redução primária do material retirado, no estoque o material aguarda o início do processamento, no moinho semiautógeno cada pedaço é reduzido até o máximo de 0,15 mm e no máximo 2 mm, a moagem é feita com 65%sol com P80 a P65#. No ciclone nenhum minério maior do que 0,15 mm passa, na flotação os minerais de interesse flutuam, aqueles sem interesse afundam, o concentrado final tem 27% de cobre contido e aproximadamente 25 gramas por tonelada de ouro (MUYLAERT, 2009).

Figura 4. Representação da rota de beneficiamento da Mineração Maracá.



Fonte: Adaptado de MUYLAERT, 2009.

Se for uma massa grande de amostra deve quartear em pilha alongada, massa menor utilizar quarteador Jones e em cruz. Esse processo ocorre antes da moagem.

2.8 A Flotação

A flotação é uma separação feita numa suspensão em água (polpa). As partículas são obrigadas a percorrer um trajeto e num dado instante, as partículas que se deseja flotar são levadas a abandoná-lo, tomando um rumo ascendente. A capacidade de as partículas se prenderem (ou prenderem a si) a bolhas de ar (geralmente ar), se dá pela diferenciação entre as espécies minerais. (BENVINDO et al., 2010).

Se uma partícula consegue capturar um número suficiente de bolhas, a densidade do conjunto partícula/bolhas torna-se menor que a do fluido e o conjunto se desloca verticalmente para a superfície, onde fica retido e é separado numa espuma, enquanto que as partículas das demais espécies minerais mantêm inalterada a sua rota (BENVINDO et al., 2010).

A flotação em espuma é um exemplo de química de superfície aplicada, pelo qual minerais podem ser separados de outros minerais, dispersos em uma solução aquosa, contendo, entre outros, agentes tensoativos que controlam suas propriedades de superfície para uma separação efetiva (BENVINDO et al., 2010).

A separação por flotação se caracteriza pelo envolvimento das fases sólida, líquida e gasosa. Portanto, faz-se necessário o estudo das propriedades físico-químicas de superfície, estabelecendo a natureza e a ligação entre as interfaces sólido-líquido, sólido-gás e gás-líquido (CHAVES, 2013).

2.8.1 A Flotação de Sulfetos

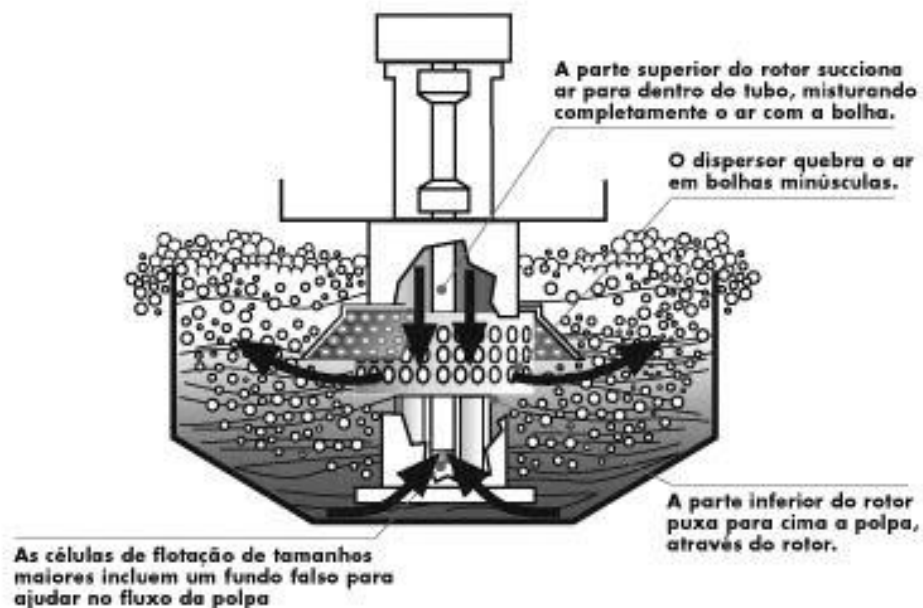
A aplicação da flotação como uma etapa no processamento de minérios de ouro, considerando a mineralogia prevalente no minério, foi classificada da seguinte maneira por Peres (2002).

- (i) Flotação de minérios com partículas de ouro nativo;
- (ii) Flotação de ouro associado com sulfetos:
 - Ouro associado com pirita, pirrotita e arsenopirita;
 - Ouro associado a minerais como calcopirita e bornita em minérios de cobre;
 - Ouro associado com sulfetos de Cu, Pb, Ag, Zn;
- (iii) Flotação de ouro em sistemas mistos:
 - Parte do ouro ocorre como partículas de ouro nativo e parte associada a sulfetos.

O esquema de flotação aplicado a minérios de ouro, com ouro associado a sulfetos ou não, visa à flotação conjunta de ouro e sulfetos (CHAVES, 2013).

Na flotação de minérios de ouro no Brasil são empregadas células mecânicas de subaeração, como representado na figura 5 (CLARCK et al., 2010).

Figura 5. Máquina de flotação mecânica de subaeração Wemco.



No caso específico de flotação de sulfetos contendo ouro associado, a principal ação modificadora é a ativação por cátion cúprico (geralmente adicionado sob a forma de sulfato), importante particularidade no caso de o sulfato associado a ouro ser a pirita (CHAVES, 2013).

Os sulfetos metálicos têm um comportamento na flotação muito semelhante. Existem então duas técnicas operacionais para separá-los dos minerais de ganga e para separá-los entre si (BENVINDO et al., 2010):

- (i) A flotação seletiva condiciona cada sulfeto individualmente e o flota, para depois condicionar e flotar o subsequente;
- (ii) A flotação *bulk*¹ flota todos os sulfetos em conjunto e depois deprime seletivamente um por um.

Esta segunda opção tem uma vantagem econômica, uma vez que a massa a ser tratada após a flotação *bulk*¹ é muito menor, resultando uma economia considerável em equipamentos. Entretanto, nem sempre é possível utilizá-la, porque a coleta dos sulfetos pode ser tão enérgica que se torna impossível descoletá-los. Isto é especialmente verdadeiro para a blenda (BENVINDO et al., 2010).

As partículas de ouro apresentam certa hidrofobicidade (aversão à água) que em tamanhos muito pequenos, e principalmente quando as partículas são achatadas, faz com que o ouro tenda a ficar na superfície do fluxo aquoso, saindo nos rejeitos (CHAVES, 2013).

Nos minérios complexos, nos quais o ouro ocorre associado a sulfetos, a flotação é o método de concentração tradicionalmente empregado. São usados reagente que visam a flotação de sulfetos (pirita, pirrotita, arsenopirita, calcopirita etc.). Os coletores utilizados para os sulfetos eventualmente respondem bem ao ouro (CHAVES, 2013).

A flotabilidade do ouro em relação a outros minerais pode ser apreciada na classificação de Wrobel (1970), que considerou as características superficiais dos minerais, as quais são dependentes da natureza e da força de ligação entre os átomos, íons e moléculas constituintes. A classificação divide em minerais polares e

¹ Bulk: seio das faces (flotação conjunta).

não polares. Os minerais polares são divididos em cinco subgrupos, em ordem crescente de polaridade ou decrescente de hidrofobicidade (CHAVES, 2013):

(P1) sulfetos e metálicos (Au, Ag, Cu e Pt);

(P2) sulfatos;

(P3) carbonatos, fosfatos etc;

(P4) óxidos e hidróxidos;

(P5) silicatos e quartzo.

A flotação seletiva de minerais dos subgrupos (P4) e (P5) é considerada mais difícil. O ouro, classificado em equivalência de polaridade com os sulfetos, não deve, em princípio, apresentar maiores dificuldades de ser recuperado seletivamente nas espumas pelo processo de flotação (CHAVES, 2013).

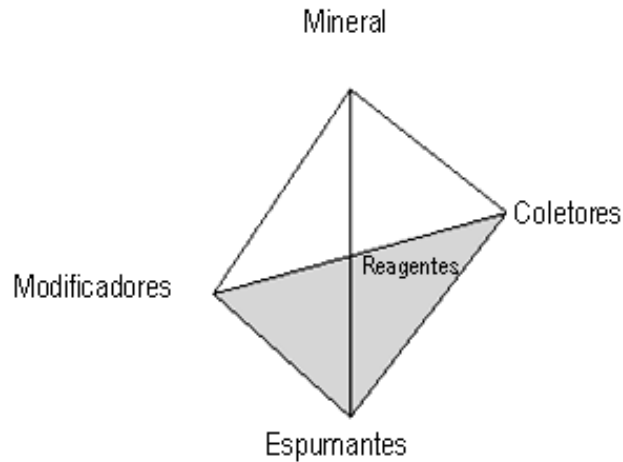
Há muitas décadas, Gaudin fez o seguinte comentário com relação à flotação de partículas de ouro: “para recuperação de ouro por flotação, devem-se usar os princípios enunciados em conexão com a flotação de pirita”.

2.8.1.1 Sistema de Reagentes na Flotação

Os reagentes de flotação são os agentes mais importantes em um processo de flotação. No estágio inicial da aplicação industrial do processo de flotação, os maiores avanços científicos e/ou tecnológicos foram no desenvolvimento de novos reagentes (BULATOVIC, 2007).

Uma classificação moderna dos reagentes de flotação é baseada em sua função específica no processo de flotação, sendo assim, são divididos em grupos de: coletores, espumantes e modificadores (depressores, ativadores, reguladores de pH e agentes dispersantes) (BENVINDO et al., 2010). O triângulo formado pelos reagentes de flotação é a base de uma pirâmide (Figura 6), que associado ao conhecimento básico, aos testes laboratoriais e as necessidades da indústria mineral, visam a recuperação mineral (NAGARAJ, 2005).

Figura 6. Triângulo dos reagentes de flotação interagindo com a mineralogia.



Fonte: NAGARAJ, 2005.

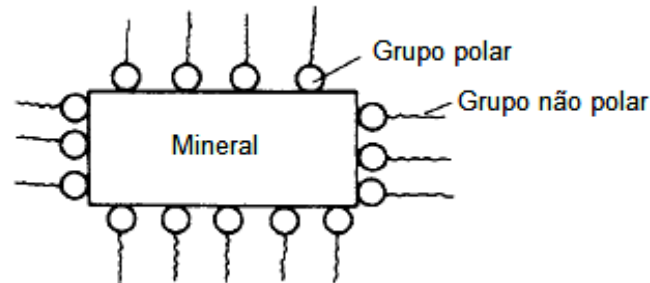
Os vários reagentes devem ser alimentados em pontos diferentes dentro do circuito. Dependendo do seu mecanismo de coleta, podem demandar maiores ou menores tempos de condicionamento (BENVINDO et al., 2010).

- **Coletores:**

São espécies químicas orgânicas com um grupo funcional iônico: polar ou apolar. Estes reagentes têm a finalidade básica de se adsorverem a superfície das partículas a fim de induzir ou reforçar a hidrofobicidade de uma partícula mineral objetivando aumentar a seletividade (VERAS, 2010).

Devido as atrações químicas, físicas e eletrônicas entre as partes polares e a superfície dos sítios, os coletores adsorvem às partículas com suas partes não polares orientadas para a solução, conferindo assim a hidrofobicidade das partículas, como está ilustrado na Figura 7 (WILLS, 2006).

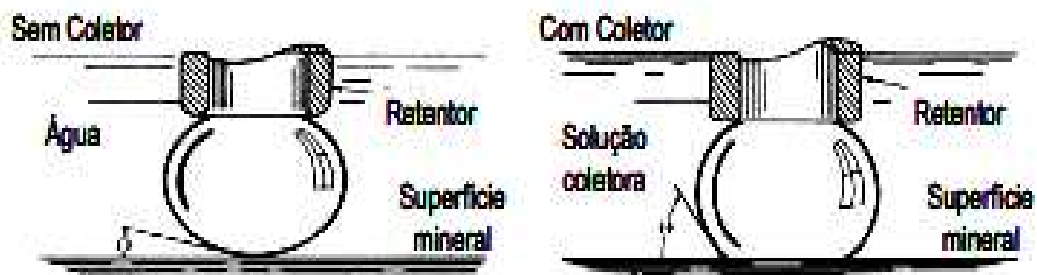
Figura 7. Coletor de adsorção na superfície mineral.



Fonte: WILLS, 2006.

A Figura 8 ilustra o contato bolha de ar/superfície do mineral, em um sistema com presença e ausência de um coletor. Verifica-se, que no sistema com ausência de coletor, as bolhas de ar formam um ângulo de contato (θ) pequeno com a superfície do mineral, não ocorrendo uma adsorção significativa. No sistema, com presença de um agente coletor, forma-se um ângulo de contato significativo (θ), favorecendo as condições para que ocorra a flotação do mineral (DOW,1981).

Figura 8. Contato bolha de ar/superfície do minério em um sistema com e sem coletor.



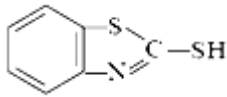
Fonte: BENVINDO et al., 2010.

Os coletores empregados na flotação de sulfetos pertencem à família dos tiocompostos ou compostos sulfidrílicos. Os grupos polares dos tiocompostos contêm pelo menos um átomo de enxofre ligado ao carbono ou ao átomo de fósforo, mas não ligado ao oxigênio. São usualmente derivados de um “composto de origem oxigenado”, pela substituição de um ou mais átomos de oxigênio por enxofre. A grande maioria dos tiocoletores são derivados do ácido carbônico, ácido carbâmico, ácido fosfórico, uréia e alcoóis (tabela 1). Partindo-se de compostos de origem da

química inorgânica a transição para tiocomposto requer a substituição de um ou mais hidrogênios por radicais de hidrocarboneto. Os tiocompostos são normalmente comercializados sob a forma de sais de sódio ou potássio. As principais propriedades dos tiocompostos são (MONTE; CLARK, 2004):

- (i) Baixa ou nenhuma atividade na interface líquido/ar (caracterizando ação exclusivamente coletora e ausência de ação espumante);
- (ii) Alta atividade química em relação a ácidos, agentes oxidantes e íons metálicos;
- (iii) Diminuição da solubilidade com o aumento da cadeia hidrocarbônica.

Tabela 1. Surfactantes da classe dos tiocompostos.

DESCRIÇÃO	FÓRMULA ESTRUTURAL
Ditiocarbonatos (xantatos)	$\text{R-O-C} \begin{array}{l} \text{=S} \\ \text{-S}^- (\text{M}^+) \end{array}$
Mono alquil ditiofosfatos	$\begin{array}{l} \text{R-O} \\ \text{H-O} \end{array} \text{P} \begin{array}{l} \text{=S} \\ \text{-S}^- (\text{M}^+) \end{array}$
Dialquil ditiocarbamato	$\begin{array}{l} \text{R} \\ \text{R} \end{array} \text{N-C} \begin{array}{l} \text{=S} \\ \text{-S}^- (\text{M}^+) \end{array}$
Mercaptanas	RSH
Mercaptobenzotiazol	

Fonte: Química na Superfície na Flotação. Bezerra; Peres, 2010.

A literatura clássica, desde Gaudin, considera que o ouro e a pirita interagem do mesmo modo, mesmo mecanismo, com os xantatos, atribuindo-se ao dixantógeno formado em ambas as superfícies a flotabilidade que passam a apresentar e, em decorrência, a impossibilidade de separação seletiva entre ouro livre e pirita (LINS, 2000).

Os coletores mais comumente empregados na flotação de minérios de ouro associados a sulfetos são os xantatos, ditiofosfato e os mercaptobenzotiazóis, que coletam de forma não seletiva tanto as partículas de ouro como os sulfetos (LINS, 1987). Quanto à flotação dos sulfetos, os reagentes coletores caracterizam-

se pela presença do enxofre bivalente. São os denominados tiocoletores, normalmente utilizados em combinação com reagentes depressores e/ou ativadores. (PAUL, 2007).

Entre os sulfídricos, o xantato é considerado um dos mais fortes coletores. Quando comparado ao ditiofosfato, por exemplo, os produtos de solubilidade do etilxantato de zinco e cobre são, respectivamente, 10-9 e 10-20, contra 10-2 e 10-6 para os correspondentes ditiofosfatos metálicos, estes últimos sendo mais facilmente afetados por depressores (FUERSTENAU, 1982).

O uso de um tipo de coletor mais forte implica uma ação coletora mais poderosa, por outro lado a seletividade com o uso de coletores mais fracos é favorecida. A combinação de dois coletores, um mais forte e um mais fraco, frequentemente resulta em flotação mais eficiente em comparação com os resultados obtidos com o uso dos mesmos coletores separadamente (GLEMBOSTKY, 1972).

Com relação à flotação de ouro metálico, Glembotsky (1972) fizeram as seguintes considerações: o ouro é mais difícil de flotar que os sulfetos, em razão da densidade maior e do menor número de partículas na polpa; requer coletores mais fortes e maior consumo de espumantes; requer maiores tempos de condicionamento e flotação se a superfície apresentar-se recoberta com um filme de óxidos; ouro nativo com maior proporção de metais que se oxidam mais facilmente, como o cobre, tem sua flotabilidade reduzida; a obtenção de espumas estáveis é mais difícil na ausência de sulfetos; a combinação de coletores em proporções definidas usualmente possibilita melhores resultados na flotação de ouro nativo e prata nativa que os obtidos como o uso de cada um individualmente.

O xantato é estável em solução de pH 7 a 13; ditiofosfato, de 4 a 12; e o mercaptobenzotiazol, de 4 a 9 (FUERSTENAU, 1982).

- **Modificadores:**

São espécies químicas que atuam tanto na interface sólido/líquido como no seio da solução (bulk) podendo ser classificados de acordo com sua função (VERAS, 2010):

- Depressores - são sais ou polímeros utilizados com o intuito de adsorverem-se seletivamente na superfície dos minerais que não se tem interesse em flotar. Neste caso, os depressores competem com o coletor nos sítios da interface sólido/líquido reforçando a hidrofilicidade dos minerais que não se deseja flotar (VERAS, 2010). Se atribui normalmente à cal um efeito depressor sobre a flotação de ouro (GLEMBOTSKY, 1972; DE CUYPER E OUDENE, 1985).
- Ativadores - são sais inorgânicos que, quando adicionados à polpa antes da adição do coletor, promovem ou facilitam a adsorção do coletor na superfície do mineral (VERAS, 2010).
- Reguladores - O principal objetivo destes reagentes é o de modificar a ação do coletor na superfície mineral e, como consequência, governar a seletividade do processo de flotação. Na presença dos reguladores, o coletor somente adsorve nas partículas que são direcionadas para a recuperação do mineral. A variação dos íons de hidrogênio na polpa, aumentando ou diminuindo o pH, ajuda na interação entre o coletor e o mineral, reduzindo a interação entre o coletor e demais minerais indesejáveis (VERAS, 2010). Recomenda-se a utilização de carbonato de sódio como regulador de pH para minérios de ouro (GLEMBOTSKY, 1972).

- **Espumantes:**

São espécies que se concentram na interface líquido/gás reduzindo a tensão superficial. A nova membrana estruturada com moléculas surfactantes reduz os efeitos de coalescência, proporcionando às bolhas diâmetros menores e estáveis inclusive auxilia na formação e estabilidade da espuma (VERAS, 2010).

2.8.2 A flotação dos sulfetos da Mineração Maracá

Na concentração do minério da Mineração Maracá são utilizado células e uma coluna de flotação. A flotação é feita com 32% de sólidos na flotação rougher.

O tempo de condicionamento é de 6 minutos e as coletas são feitas a cada 10 segundos.

2.8.2.1 Sistema de Reagentes na Flotação da Mineração Maracá

- **Coletores:**

O coletor principal de minérios da mineração Maracá é o PAX (Amil Xantato de Potássio), utilizado 18 g/t. Superfícies muito oxidadas de sulfetos desenvolvem uma capacidade de alta abstração de espécies de xantato da solução. Assim, grandes quantidades de coletor passam a ser necessárias (LEJA, 1982).

Como coletor secundário é utilizado 10g/t de MX 7020.

Após serem adicionados os coletores é necessário um tempo de 1,5 minutos de condicionamento.

- **Modificadores:**

- Reguladores - é utilizada a cal (carbonato de cálcio) para regular o pH, somente em escala industrial. O pH é aceito acima de 7 em escala piloto. Normalmente é utilizado o pH natural 8.5.

- **Espumantes:**

O espumante utilizado pela Mineração Maracá é o D25, com quantidade: 30g/t. Após os 1,5 minutos de condicionamento com os coletores, adicionar o espumante e esperar 5 minutos.

2.9 Destino e aplicação do minério da Mineração Maracá

O concentrado da Mineração Maracá é transportado em caminhão até Dias D`Ávila, quando se destina à planta da Caraíba, ou até Anápolis para ser embarcado em vagões da Ferrovia Centro Atlântica (FCA) e transportado até o Porto de Vitória, no estado do Espírito Santo, de onde segue para os EUA e Europa (FARIAS, 2009).

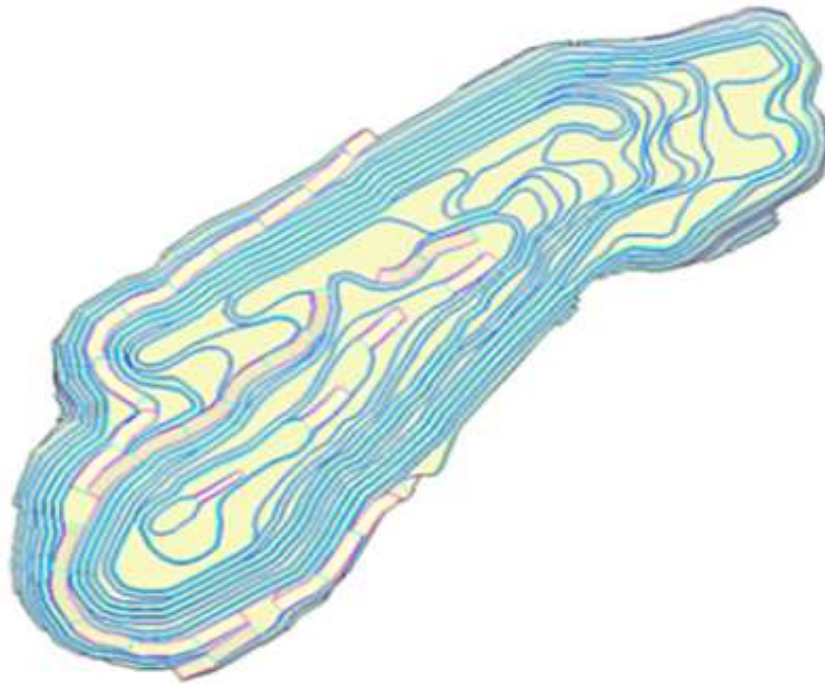
O minério sulfetado de cobre e ouro de Chapada em Goiás produz um concentrado em que 10% é vendido para refinadores de cobre no mercado interno e 90% para refinadores no mercado externo (ARAUJO, 2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Minérios

Foram coletados 20Kg de amostras moídas P80 - 65 Mesh e quarteadas com alíquota de 1.600, cedidas pela Mineração Maracá do corpo sul. Está indicada na figura 9 a cava que onde foram coletadas as amostras.

Figura 9. Cava operacional do corpo sul da Mineração Maracá.



Fonte: Relatório interno, Mineração Maracá Ind. E Comércio S/A.

Três quilos das amostras foram encaminhados para a análise e caracterização.

3.2 Mineralogia

A mineralogia destas amostras são bastante similares, sendo compostas de calcopirita, muscovita-biotita xisto, biotita-muscovita xisto, quartzito, cianita-epidoto-muscovita-biotita xisto feldspático, anfibólio xisto, cianita-quartzo xisto, ouro, pirita e cobre.

Os objetivos da coleta destas amostras foram:

Amostras da mina: realizar testes de flotação com amostras.

Amostras da alimentação da flotação rougher: avaliar a eficiência dos reagentes na recuperação de ouro e cobre. Nesses testes foram utilizadas dosagens diferentes e variações de pH.

3.3 Reagentes e instrumentos para Flotação

Os testes foram feitos em pH diferentes como, 8, 9 e 10. Foi monitorado o pH em cada flotação. Os reagentes utilizados na realização dos testes foram:

- PAX (Amil Xantato de Potássio), como coletor;
- D25, como espumante;
- Óleo de pinho, como espumante;
- Óleo diesel;
- NaOH (hidróxido de sódio), para elevar o pH;
- Hcl (ácido clorídrico) de 0,1 molar, para diminuir o pH.

A tabela 2 mostra os equipamentos e vidrarias utilizados no laboratório para os testes de flotação.

Tabela 2. Equipamentos e vidrarias.

QUANTIDADE	EQUIPAMENTOS E VIDRARIAS
1	Célula de flotação
1	Compressor
1	Estufa
1	Medidor de pH
72	Cápsulas de porcelana

72	Erlenmeyer
2	Vidros relógio
1	Balança analítica
2	Pissetas
2	Espátulas
5	Contas gotas
144	Sacos plásticos
72	Popéis filtros

Fonte: Própria.

3.3.1 Testes de Flotação

Os testes de flotação foram realizados conforme o seguinte procedimento:

- Alíquotas de 1,6;
- Tempo de condicionamento de reagentes: 2 minutos;
- Média do tempo de flotação rougher: 8 minutos;
- Tempo total de flotação: 10 minutos

3.3.2 Cálculos e quantidades

- Cálculo da quantidade de óleo diesel:

50g -> 1×10^6

X -> 200g

X= 0,01g

150g -> 1×10^6

X -> 200g

X= 0,03g

0,01g - 50g/t (0,4 gotas) \approx 1 gota

0,03g - 150g/t (1,25 gotas) \approx 2 g /t

- Quantidades utilizadas:
 - 1,0 ml de PAX;
 - 0,5 de PAX;
 - 1 g /t de óleo de pinho;
 - 1 g /t de D25;
 - 1 g /t de diesel;
 - 2 g /t de diesel.

A triagem utilizada teve como objetivo fazer diferentes métodos de dosagens.

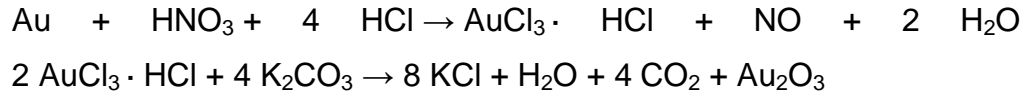
3.3.3 Procedimento de Flotação

Em uma célula de 1 litro adicionar 200g de minério, colocar 500ml de água, agitar por 1 minuto e aferir o pH, elevar ou diminuir o pH até o desejado, inserir o coletor e o óleo diesel se for no teste necessário, deixar em agitação por 2 minutos. Após a agitação adicionar 500ml de água e 1 gota de espumante e ligar o compressor. Coletar bolhas com uma colher/espátula para uma cápsula de porcelana (aferir peso) em intervalos de 0,5 segundos até aproximadamente 8 minutos, onde não haverá mais material de interesse agregadas nelas. Levar a cápsula de porcelana para a estufa onde secará a água. O material que ficará na célula (rejeito) deve ser transferido para um erlenmeyer e filtrado com papel filtro (aferir peso) por um compressor, será levado para o forno para secagem. Posteriormente tanto o material da cápsula quanto do filtro serão pesados e transferidos para sacos plásticos.

3.4 Reagentes e instrumentos da Abertura de Amostra

Os reagentes da abertura da amostra foram:

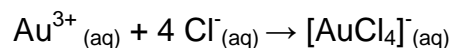
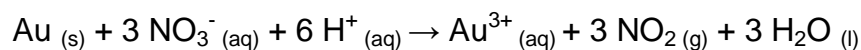
- Água régia - utilizada para a análise de metais, como, ouro, prata, platina, paládio (LEITE, 2012).
 - Composição: Hcl e HNO₃, em proporção de 1:3;
 - Equações (CECON, 2012):



A corrosão do ouro é devida à formação de $\text{AuCl}_3 \cdot \text{HCl}$, que é dissolvido na sua forma iônica $[\text{AuCl}_4]^-$ e H^+ . A forte oxidação por ácido nítrico deve ser associada a algum tipo de fonte de agente complexante como os íons cloreto, Cl^- , que formam com o ouro o complexo $[\text{AuCl}_4]^-$. A atuação conjunta de ambos, o ácido nítrico e o agente complexante, é necessária, pois cada um deles possui uma função específica nesse processo (CECON, 2012).

O ácido nítrico é um poderoso oxidante que vai dissolver pequenas quantidades de ouro, formando íons de ouro (Au^{3+}). O ácido clorídrico é um excelente exemplo de fonte de íons cloreto (Cl^-), os quais funcionam como agentes complexantes, mas que pode ser substituída por outras fontes, como veremos adiante. Esses íons cloreto vão reagir com o ouro para produzir ânions cloroauratos ($[\text{AuCl}_4]^-$) (CECON, 2012).

A contínua remoção de íons de ouro da solução e a liberação em sistema aberto de NO_2 deslocam a reação para a direita até que todo o ouro seja dissolvido. A reação, considerando um sistema com ácido nítrico concentrado, pode ser descrita da seguinte maneira (CECON, 2012):



A tabela 3 mostra os equipamentos e vidrarias utilizados no laboratório para a abertura de amostra.

Tabela 3. Equipamentos e vidrarias.

QUANTIDADE	EQUIPAMENTOS E VIDRARIAS
12	Beckers
12	Espátulas
12	Funis
12	Vidros de 50 ml com tampa
12	Vidros relógio
2	Agitadores magnéticos
1	Balança analítica

1	Kitassato
12	Papéis filtro
1	Pipeta graduada
2	Pissetas
1	Proveta graduada
1	Estufa
1	Capela
1	Balão volumétrico
2	Barras magnéticas (peixinho)

Fonte: Própria.

3.4.1 Procedimento de abertura de amostra

Após todas as amostras pesadas, com 1g de minério em cada becker. Uma barra magnética deve ser colocada dentro do becker e posicionada em cima do agitador magnético (figura 10).

Figura 10. Experimento no agitador magnético.



Fonte: Própria.

Serão adicionados 20 ml de água régia e colocado em agitação 4 com temperatura de 90 °C. Quando o líquido estiver próximo a secura adicionar mais 10 ml de água régia, esperar ferver e levar para filtragem.

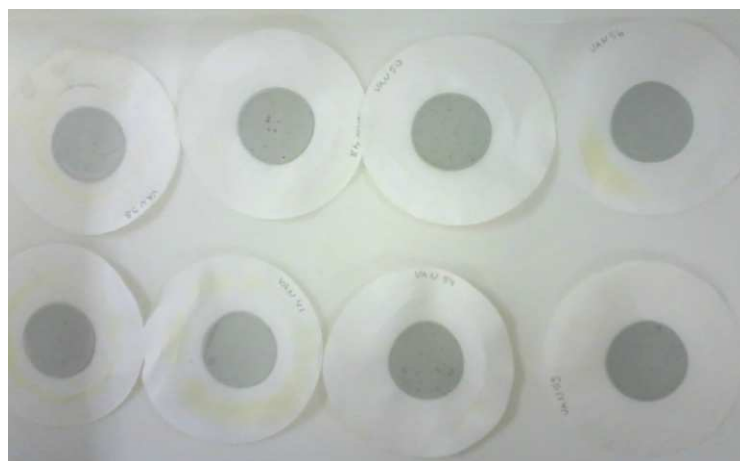
Figura 10. Experimento no agitador magnético.



Fonte: Própria.

O material retido no filtro (aferir peso) deve secar naturalmente. Após isso fazer a pesagem e colocar nos sacos plásticos.

Figura 11. Rejeito da abertura de amostra.



Fonte: Própria

O líquido que passou pela filtração deve ser colocado em um recipiente para quantificar 50 ml, na falta de líquido deve ser adicionado HCl ou água destilada.

Figura 12. Transferência do líquido para o balão volumétrico.



Fonte: Própria.

Todo o minério diluído é transferido para frascos que poderão ser encaminhados para caracterização.

Figura 13. Vidro de armazenamento do líquido da abertura de amostra.



Fonte: Própria.

4 Resultados e Discussão

4.1 Resultados dos testes de Flotação

A tabela 4 mostra o procedimento realizado nas amostras, bem como os reagentes utilizados e a massa da recuperação alcançada.

Tabela 4. Resumo dos testes de flotação rougher.

PROCEDIMENTO	REAGENTES	pH	MASSA DA RECUPERAÇÃO (g)
VAN 01	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	8,12	11,62
VAN 02	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	8,14	8,8
VAN 03	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	8,05	16,12
VAN 04	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	8,1	10,49
VAN 05	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	8,02	17,86
VAN 06	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	8,02	14,12
VAN 07	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	8,2	13,72
VAN 08	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	8,1	15,41
VAN 09	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	8,05	13,6
VAN 10	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	8	22,28
VAN 11	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	8	24,99
VAN 12	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	8	18,24
VAN 13	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	9,11	12,84
VAN 14	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	9,15	12,22
VAN 15	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	9,06	14,06
VAN 16	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	9	15,87
VAN 17	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	9,01	19,32
VAN 18	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	9,1	15,02
VAN 19	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	9,09	12,71
VAN 20	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	9,2	15,77
VAN 21	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	9,1	15,58
VAN 22	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	9	19,21
VAN 23	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	9,22	16,65
VAN 24	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	9,03	16,96
VAN 25	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	10	12,71
VAN 26	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	10,01	11,42
VAN 27	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	10,03	13,48
VAN 28	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	10,02	12,22
VAN 29	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	10	15,11
VAN 30	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	10	20,49
VAN 31	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	10	12,69

VAN 32	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	10,03	13,86
VAN 33	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	10	15,6
VAN 34	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	10,11	16,12
VAN 35	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	10,09	16,42
VAN 36	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	10,09	18,19
VAN 37	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8	17,25
VAN 38	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8,03	16,89
VAN 39	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8,11	14,3
VAN 40	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8,01	20,33
VAN 41	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8,04	17,63
VAN 42	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8,15	16,24
VAN 43	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8,13	18,66
VAN 44	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8,08	15,57
VAN 45	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8,05	17,27
VAN 46	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8	16,89
VAN 47	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8,05	16,17
VAN 48	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8,04	17,12
VAN 49	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9,01	16,7
VAN 50	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9,03	15,9
VAN 51	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9	13,73
VAN 52	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9	19,17
VAN 53	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9,11	17,56
VAN 54	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9,05	19,53
VAN 55	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9	16,49
VAN 56	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9	12,41
VAN 57	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9	15,63
VAN 58	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9,04	17,56
VAN 59	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9,03	16,78
VAN 60	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9	9,24
VAN 61	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10,03	8,26
VAN 62	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10,01	14,21
VAN 63	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10	12,19
VAN 64	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10	15,37
VAN 65	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10	19,21
VAN 66	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10	16,27
VAN 67	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10	16,62
VAN 68	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10	10,53
VAN 69	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10	13,54
VAN 70	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10,01	18,66
VAN 71	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10,09	20,74
VAN 72	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10,08	31,18

Fonte: Própria.

A tabela 4 contém o procedimento, o reagente utilizado, dosagens diferenciadas de reagentes, modificações de pH e recuperação do concentradas

obtidas. As mais altas recuperações ficaram em torno de 20 g e as mais baixas em 8 g.

A triagem dos procedimentos (tabela 5) é necessária para que seja possível visualizar a massa da recuperação dos três procedimentos que foram realizados da mesma forma.

Tabela 5. Triagem dos procedimentos e massa dos concentrados.

TRIAGEM DOS PROCEDIMENTOS	MÉDIA DA MASSA DOS CONCENTRADOS
VAN 1/2/4	10,30
VAN 3/5/6	16,03
VAN 7/8/9	14,24
VAN 10/11/12	21,84
VAN 13/14/15	13,04
VAN 16/17/18	16,74
VAN 19/20/21	14,69
VAN 22/23/24	17,61
VAN 25/26/27	12,54
VAN 28/29/30	15,94
VAN 31/32/33	14,05
VAN 34/35/36	16,91
VAN 37/38/39	16,15
VAN 40/41/42	18,07
VAN 43/44/45	17,17
VAN 46/47/48	16,73
VAN 49/50/51	15,44
VAN 52/53/54	18,75
VAN 55/56/57	14,84
VAN 58/59/60	14,53
VAN 61/62/63	11,55
VAN 64/65/66	16,95
VAN 67/68/69	13,56
VAN 70/71/72	23,53

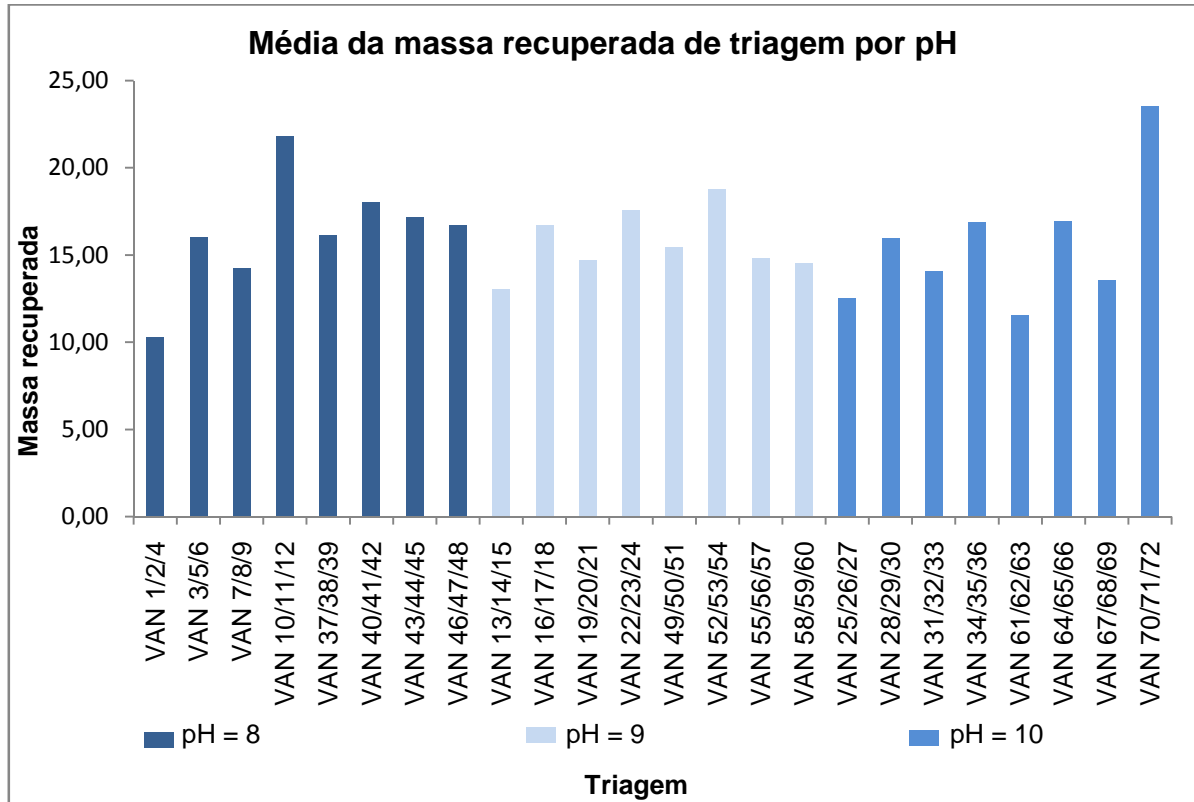
Fonte: Própria.

A partir das médias é possível observar qual foi a triagem que mais obteve maior recuperação, a triagem de menor recuperação é de aproximadamente 10 g e a maior 23 g.

Através do gráfico 1 é possível visualizar que com o aumento da quantidade de coletor é possível aumentar a recuperação, porém o pH influencia

muito nesse fator. O uso do óleo diesel fez com que a recuperação mantivesse constante, com perdas menos significativas.

Gráfico 1. Recuperação do concentrado dividido por triagem em relação ao pH.



Fonte: Própria.

Através do Gráfico 1 é possível observar que com o pH 9 a recuperação se manteve constante.

A tabela 6 traz os procedimentos feitos nas amostras e as massas dos rejeitos.

Tabela 6. Resumo do rejeito.

PROCEDIMENTO	REAGENTES	pH	MASSAS DOS REJEITOS (g)
VAN 1	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	8,12	187,06
VAN 2	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	8,14	189,22
VAN 3	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	8,05	178,21
VAN 4	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	8,1	181,34
VAN 5	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	8,02	180,41
VAN 6	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	8,02	181,17
VAN 7	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	8,2	183,98

VAN 8	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	8,1	182,54
VAN 9	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	8,05	185,05
VAN 10	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	8	175,43
VAN 11	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	8	171,64
VAN 12	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	8	180,23
VAN 13	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	9,11	186,36
VAN 14	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	9,15	185,71
VAN 15	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	9,06	184,49
VAN 16	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	9	182,48
VAN 17	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	9,01	178,26
VAN 18	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	9,1	182,55
VAN 19	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	9,09	184,56
VAN 20	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	9,2	181,79
VAN 21	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	9,1	183,20
VAN 22	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	9	178,47
VAN 23	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	9,22	181,25
VAN 24	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	9,03	186,02
VAN 25	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	10	182,22
VAN 26	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	10,01	187,33
VAN 27	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota	10,03	185,56
VAN 28	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	10,02	185,34
VAN 29	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	10	182,80
VAN 30	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota	10	177,51
VAN 31	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	10	185,48
VAN 32	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	10,03	182,06
VAN 33	AMX 0,5 ml ; pinho 1 gota	10	182,83
VAN 34	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	10,11	182,15
VAN 35	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	10,09	181,47
VAN 36	AMX 1,0 ml ; pinho 1 gota	10,09	178,81
VAN 37	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8	181,22
VAN 38	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8,03	181,41
VAN 39	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8,11	184,25
VAN 40	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8,01	178,24
VAN 41	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8,04	180,70
VAN 42	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	8,15	181,57
VAN 43	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8,13	180,23
VAN 44	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8,08	182,84
VAN 45	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8,05	180,99
VAN 46	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8	179,94
VAN 47	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8,05	182,38
VAN 48	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	8,04	181,47
VAN 49	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9,01	181,17
VAN 50	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9,03	153,69
VAN 51	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9	184,44
VAN 52	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9	178,02

VAN 53	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9,11	181,35
VAN 54	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	9,05	179,17
VAN 55	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9	180,80
VAN 56	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9	182,73
VAN 57	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9	182,45
VAN 58	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9,04	179,64
VAN 59	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9,03	180,27
VAN 60	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	9	179,25
VAN 61	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10,03	180,86
VAN 62	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10,01	179,65
VAN 63	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10	186,17
VAN 64	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10	182,86
VAN 65	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10	182,07
VAN 66	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 1 gota	10	179,15
VAN 67	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10	180,89
VAN 68	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10	186,37
VAN 69	AMX 0,5 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10	184,46
VAN 70	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10,01	178,42
VAN 71	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10,09	181,93
VAN 72	AMX 1,0 ml ; D25 1 gota ; Diesel 2 gotas	10,08	168,48

Fonte: Própria.

A tabela 6 contém o procedimento, o reagente utilizado, dosagens diferenciadas de reagentes, modificações de pH e massa dos rejeitos. As maiores quantidades foram encontradas próximas de 180 g e as menores de 171 g.

A triagem dos procedimentos (tabela 7) é necessária para que seja possível visualizar a massa dos rejeitos dos três procedimentos que foram realizados da mesma forma.

Tabela 7. Triagem dos procedimentos e massa dos rejeitos.

TRIAGEM DOS PROCEDIMENTOS	MÉDIA DA MASSA DOS REJEITOS
VAN 1/2/4	185,87
VAN 3/5/6	179,93
VAN 7/8/9	183,86
VAN 10/11/12	175,77
VAN 13/14/15	185,52
VAN 16/17/18	181,10
VAN 19/20/21	183,18
VAN 22/23/24	181,91
VAN 25/26/27	185,04
VAN 28/29/30	181,88
VAN 31/32/33	183,46

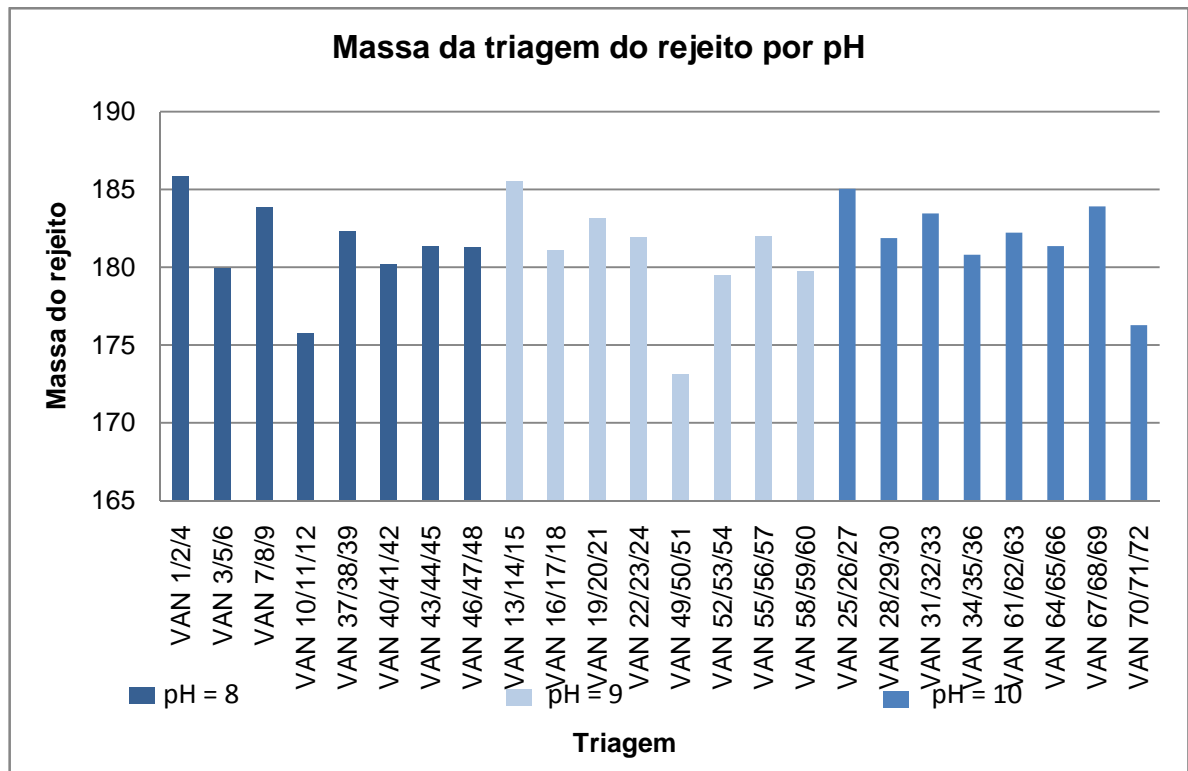
VAN 34/35/36	180,81
VAN 37/38/39	182,29
VAN 40/41/42	180,17
VAN 43/44/45	181,35
VAN 46/47/48	181,26
VAN 49/50/51	173,10
VAN 52/53/54	179,51
VAN 55/56/57	181,99
VAN 58/59/60	179,72
VAN 61/62/63	182,23
VAN 64/65/66	181,36
VAN 67/68/69	183,91
VAN 70/71/72	176,28

Fonte: Própria.

A partir das médias é possível observar qual foi a triagem que mais obteve rejeito, a triagem de menor rejeito é de aproximadamente 173 g e a maior 185 g.

O gráfico 2 mostra as triagens das amostras em relação ao rejeito.

Gráfico 2. Triagem da massa do rejeito em relação ao pH.



Fonte: Própria

Através do gráfico 2 é possível visualizar que com o aumento da quantidade de coletor é possível diminuir a quantidade de rejeitos, o pH influencia bastante nesse fator.

4.2 Resultados dos testes de Abertura de Amostra

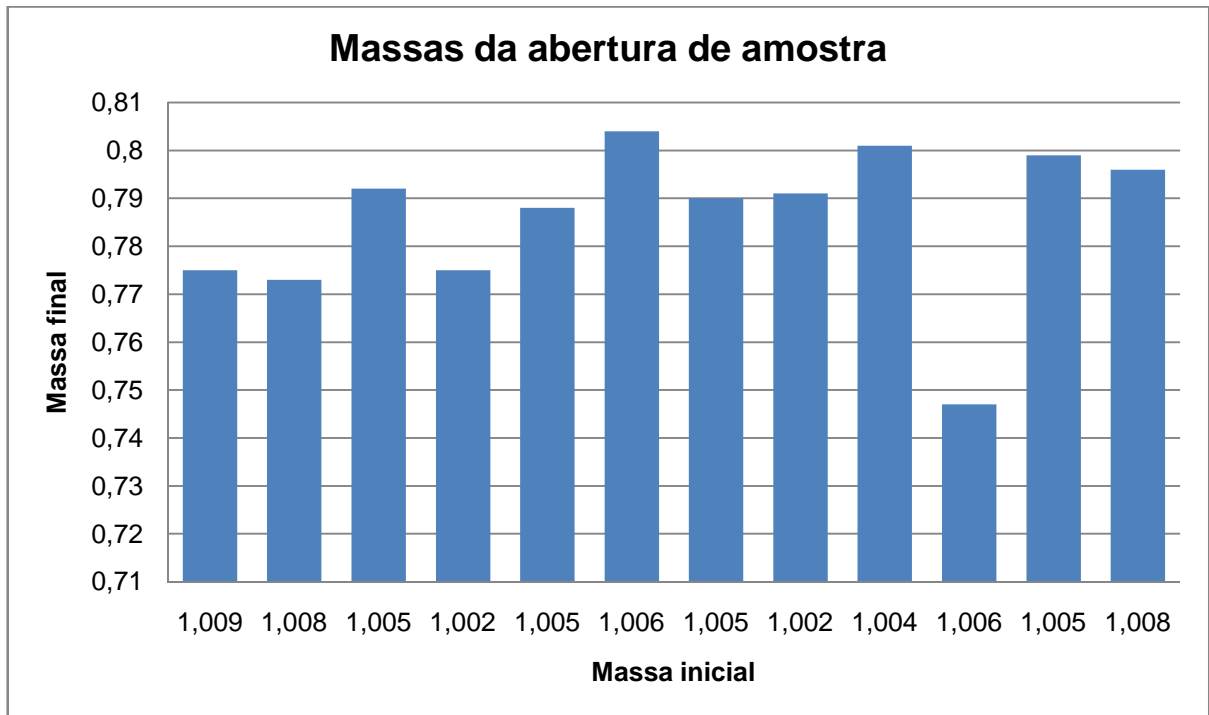
A tabela 8 a finalidade de mostrar a massa e inicial em cada procedimento de abertura de amostra. As amostras dos procedimentos foram escolhidas mediante média das recuperações dos concentrados por triagem.

Tabela 8. Resumo dos testes de abertura de amostra.

PROCEDIMENTO	MASSA INICIAL	MASSA FINAL
VAN 38	1,009	0,775
VAN 41	1,008	0,773
VAN 45	1,005	0,792
VAN 48	1,002	0,775
VAN 50	1,005	0,788
VAN 54	1,006	0,804
VAN 56	1,005	0,790
VAN 59	1,002	0,791
VAN 61	1,004	0,801
VAN 66	1,006	0,747
VAN 69	1,005	0,799
VAN 70	1,008	0,796

Fonte: Própria.

A massa inicial teve a maior queda no procedimento VAN 66, apesar disso obteve um crescimento na massa final conforme ilustrado no gráfico 3.

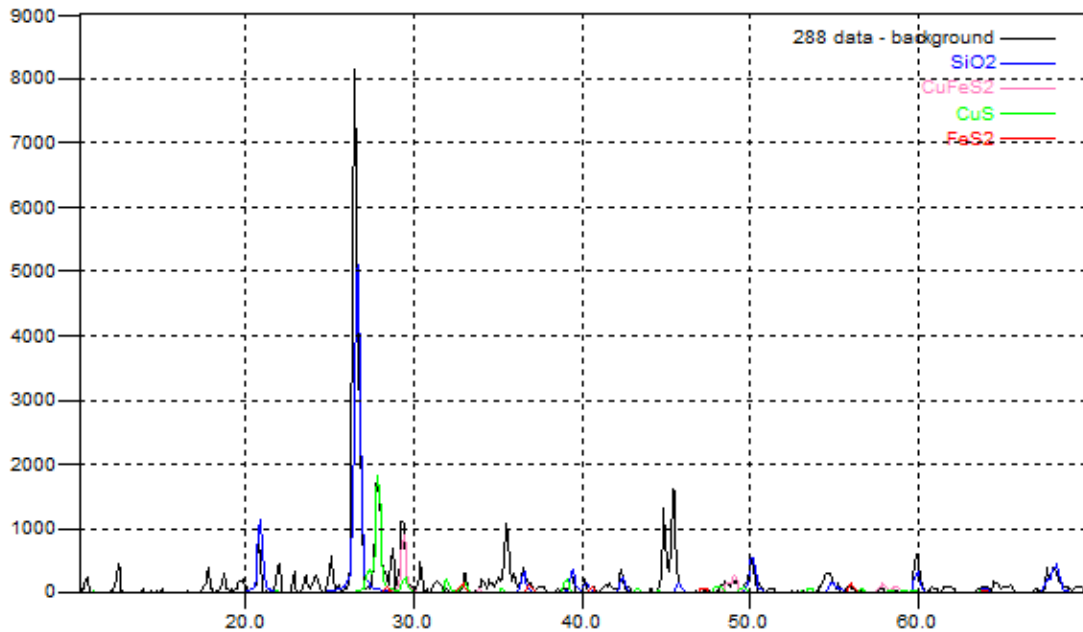
Gráfico 3. Massa final e inicial da abertura da amostra.

Fonte: Própria.

Devido ao minério ser Au e Cu as recuperações são bastante baixas, pois com o uso da água régia só serão diluídas esses elementos. A massa final nesse caso é o rejeito.

As amostras VAN 1 a VAN 6 foram quantificadas através de DRX para descobrir se houve ou não recuperação de Au e Cu nas flotações. Para que houvesse uma comparação com a recuperação feita pela Mineração Maracá e os testes feitos em laboratório seriam necessários que também tivesse resultados das DRX das amostras com outros reagentes, principalmente com o uso do óleo diesel.

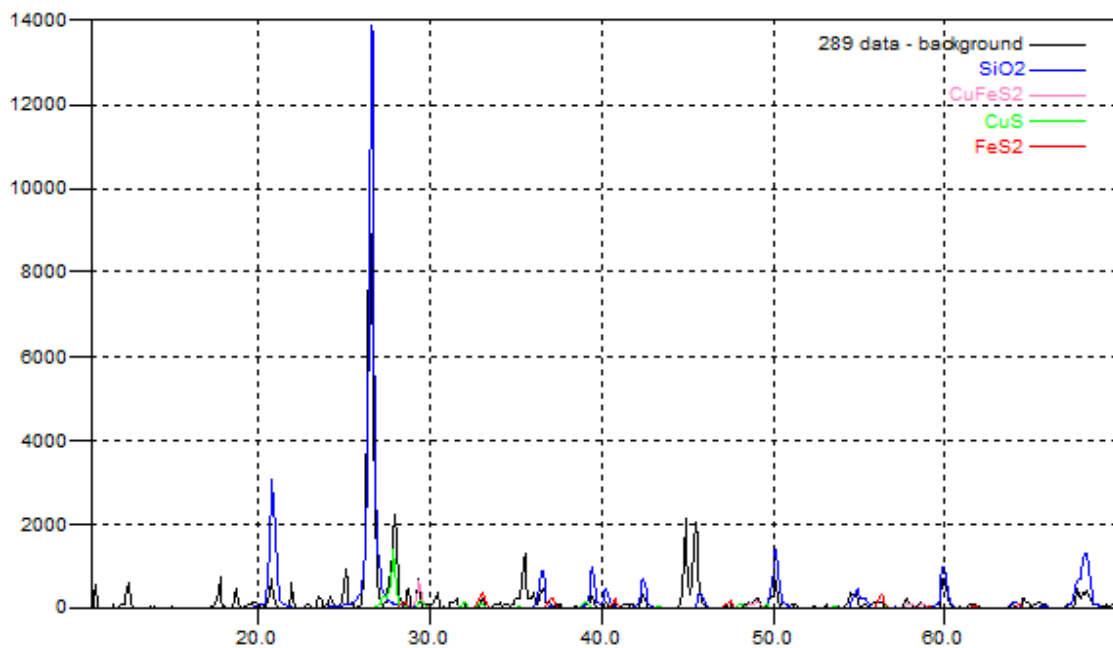
Figura 14. Quantificação por DRX dos minérios.
Amostra 1:



Fonte: Universidade Luterana do Brasil.

A amostra 1 da DRX se trata do procedimento de flotação VAN 1. O único minério de interesse para a Mineração Maracá encontrado é o cobre.

Figura 15. Quantificação por DRX dos minérios.
Amostra 2:

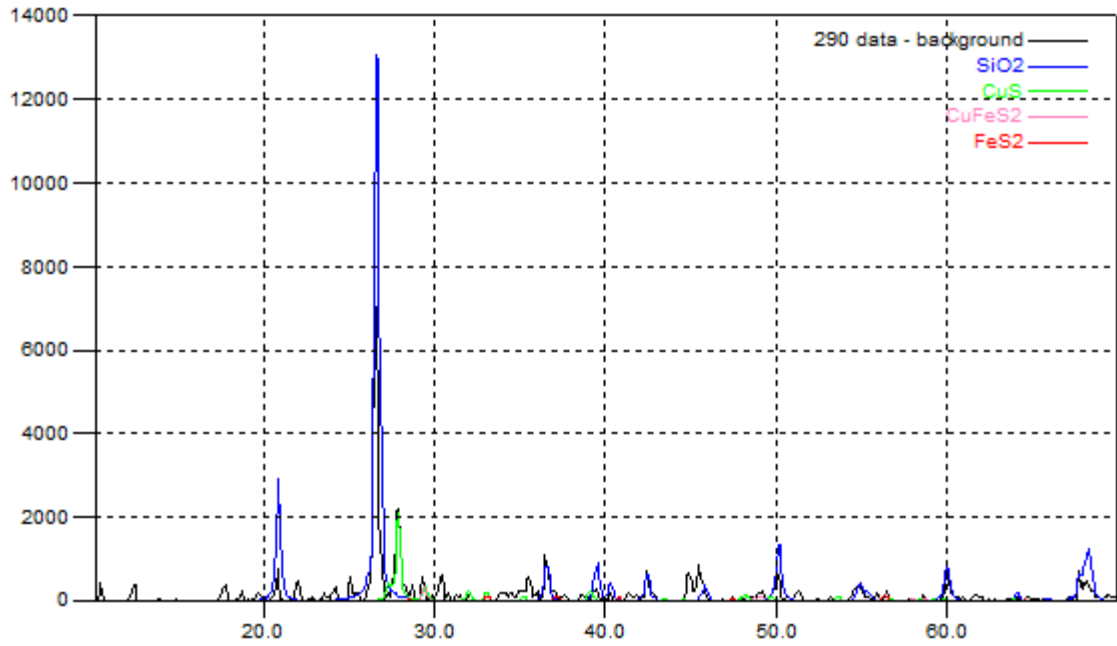


Fonte: Universidade Luterana do Brasil.

A amostra 2 da DRX se trata do procedimento de flotação VAN 2. O único minério de interesse para a Mineração Maracá encontrado é o cobre. A recuperação de cobre nessa amostra foi maior que na amostra 1.

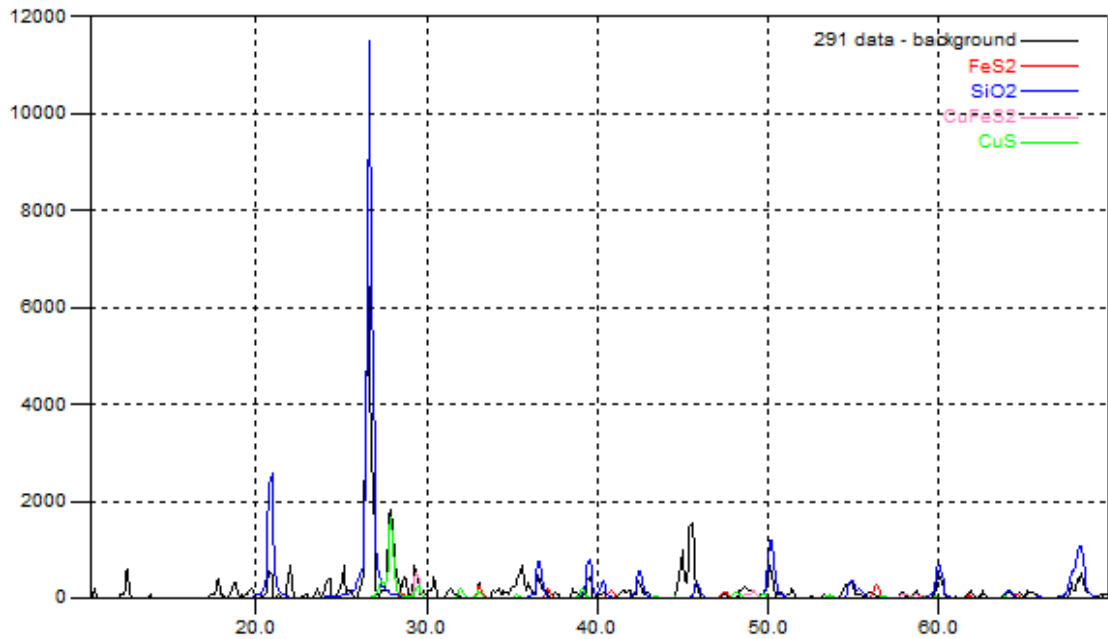
Figura 16. Quantificação por DRX dos minérios.

Amostra 3:



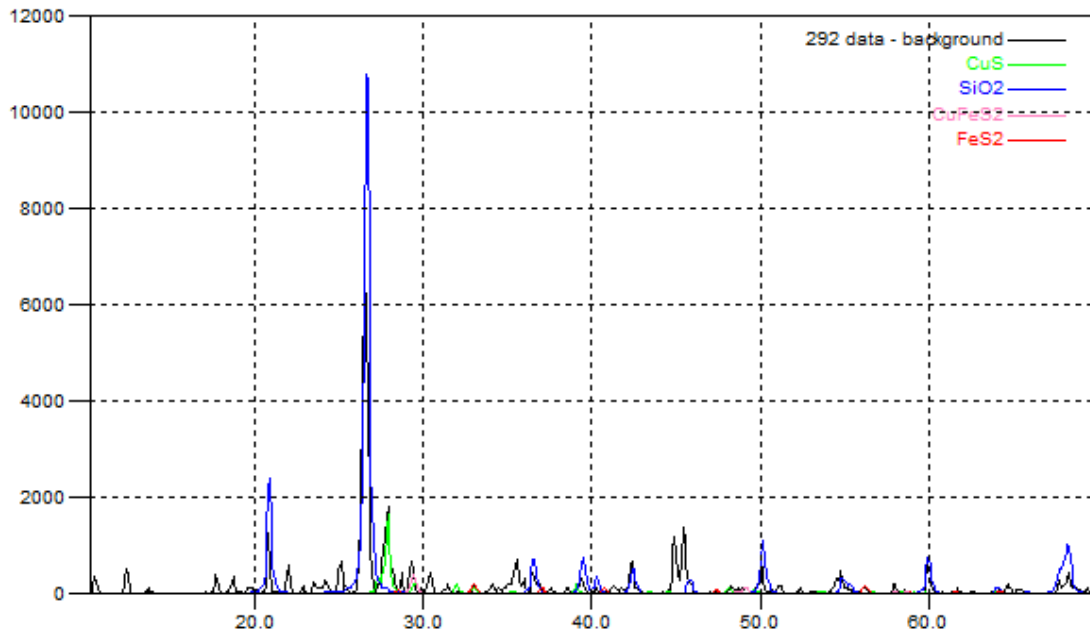
A amostra 3 da DRX se trata do procedimento de flotação VAN 3. O único minério de interesse para a Mineração Maracá encontrado é o cobre. A recuperação de cobre nessa amostra foi menor que na 2 e maior que da amostra 1.

Figura 17. Quantificação por DRX dos minérios.
Amostra 4:



Fonte: Universidade Luterana do Brasil.

A amostra 4 da DRX se trata do procedimento de flotação VAN 4. O único minério de interesse para a Mineração Maracá encontrado é o cobre. A recuperação de cobre nessa amostra foi menor que na amostra 2 e 3 e maior que da amostra 1.

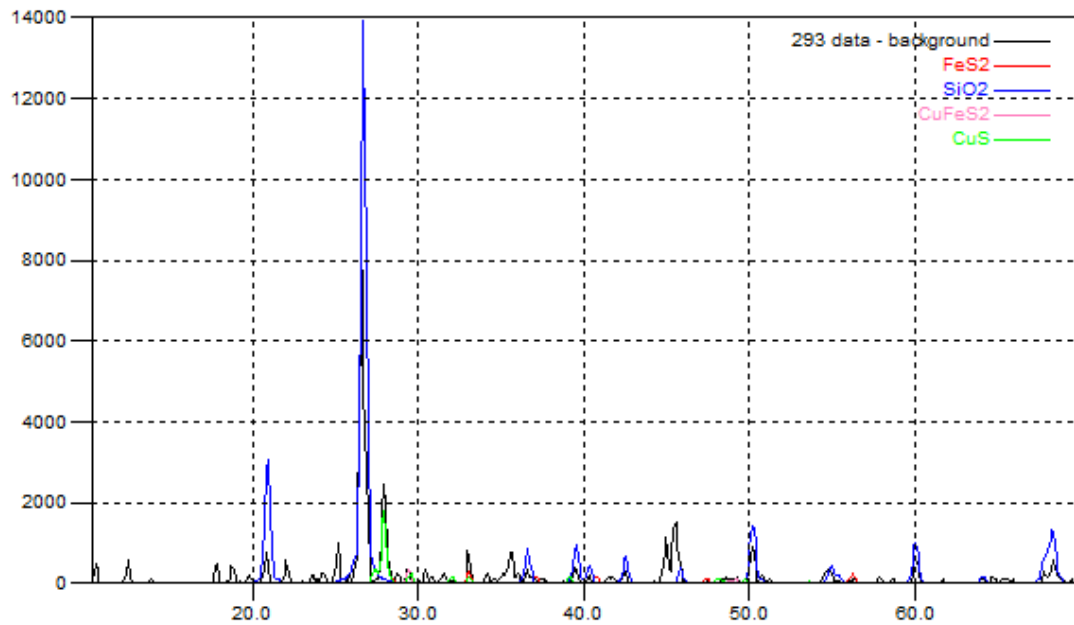
Figura 18. Quantificação por DRX dos minérios.**Amostra 5:**

Fonte: Universidade Luterana do Brasil.

A amostra 5 da DRX se trata do procedimento de flotação VAN 5. O único minério de interesse para a Mineração Maracá encontrado é o cobre. A recuperação de cobre nessa amostra foi menor que na amostra 2,3 e 4 e maior que da amostra 1.

Figura 19. Quantificação por DRX dos minérios.

Amostra 6:



Fonte: Universidade Luterana do Brasil.

A amostra 6 da DRX se trata do procedimento de flotação VAN 6. O único minério de interesse para a Mineração Maracá encontrado é o cobre. A recuperação de cobre nessa amostra foi quase igual que na amostra 2 e maior que todas as demais.

Em todas as 6 amostras o cobre está relacionado ao enxofre e ao ferro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme observado, o depósito chapada da Mineração Maracá está situado próximo a Alto Horizonte. O minério é constituído principalmente pela associação com calcopirita-magnetita.

O beneficiamento do ouro e sulfetos se distingue de outros métodos de tratamento de minérios, pois possui características diferenciadas, como entidade química, elevadas densidades e maleabilidade. Portanto, antes de se tornar um concentrado, deve passar por uma preparação de britagem, peneiramento, moagem e classificação (CLARCK et al., 2010). O processamento utilizado na Mineração Maracá é feito através de britagem, estoque, moagem, classificação por ciclone e quarteada.

Como a flotação é uma separação em suspensão em água, as partículas de ouro são densas e difícil de aderirem a bolhas, devido a isso a flotação segue em conjunto com a dos sulfetos, pois os mesmos reagentes que são utilizados para os sulfetos funcionam perfeitamente para o ouro. Na mineração Maracá a flotação do ouro é relacionada com o cobre, são os dois materiais de interesse na flotação. Todo o minério é encaminhado para células de flotações e uma coluna para a concentração. Os reagentes utilizados para a flotação são: coletores (PAX e MX 7020), modificador (cal) e espumante (D25).

Através dos 20Kg de amostras fornecidas pela Mineração Maracá foram feitos testes em laboratório, utilizando os seguintes reagentes: coletor (PAX), modificador (NaOH e HCl), espumantes (D25 e óleo de pinho), aglomerante (óleo diesel). As diferentes reagentes, dosagens e modificação de pH levaram as diferentes recuperações dos concentrados. Os concentrados passaram por aberturas de amostras com água régia para solubilização do ouro e do cobre, em seguida feitas titulações para quantificar esses minérios.

Com o pH 8 houve uma estabilidade na recuperação do concentrado. Visivelmente pode ser observado o aumento na recuperação com o uso do óleo diesel, porém não pode ser provado por falta de DRX.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Homero. **Perfil do ouro: desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal de geologia, mineração e transformação mineral**. 1.ed. Distrito Federal: MME, 2009. 50p.
- CHAVES, Arthur. **A flotação no Brasil: Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. 4. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 489p.
- BENVINDO, Adão; SAMPAIO, João; FRANÇA, Cristina. **Tratamento de Minérios**. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2010. 932p.
- BENVINDO, Adão; SAMPAIO, João; ALMEIDA, Salvador . **Tratamento de Minérios**. 4.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2004. 858p.
- BRASIL, Thaís. **Flotação de Sulfetos Residuais da Mina de Morro do ouro para a Obtenção de Subprodutos**. Revista Mineralis – Jornada de Iniciação Científica, 2011. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/450>. Acesso em 08 de maio, 2014.
- FERREIRA, Rafael. **Desempenho de Coletores na Flotação de um Concentrado de Sulfetos Contendo Ouro**. Revista Mineralis - Jornada de Iniciação Científica, 2000. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/948>. Acesso em: 06 de maio, 2014.
- MUYLAERT, Roberto. **Mineradora Yamana: Destaque na produção de metais preciosos**. Revista elo - julho/agosto/setembro, 2009. Disponível em: www.revistaelo.com.br. Acesso em 25 de outubro, 2014.
- OLIVEIRA, Junior. **Desenvolvimento de uma Rota de Processo de Dessulfurização de Rejeitos de um Minério Aurífero Sulfetado**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Escola de Engenharia da Ufmg, Belo Horizonte, 2011.
- OLIVEIRA, Junior. **Desenvolvimento de uma Rota de Processo de Dessulfurização de Rejeitos de um Minério Aurífero Sulfetado**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Escola de Engenharia da Ufmg, Belo Horizonte, 2011.
- SALUM, Maria. **Estudo do uso do Magstream na Flotabilidade de Alguns Sistemas Minerais**. 1999. 153 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.
- VERAS, Moacir. **Influência do Tipo de Espumante nas Características de Espuma Produzida na Flotação**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mineral, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2010.
- WILLS, B.A. **Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery**. 7th. Queensland: JK MRC, The University of Queensland. 2006. 408.

SALUM, Maria. **Estudo do uso do Magstream na Flotabilidade de Alguns Sistemas Minerais**. 1999. 153 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

VERAS, Moacir. **Influência do Tipo de Espumante nas Características de Espuma Produzida na Flotação**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mineral, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2010.