

IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS NA ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA

**Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)**

Atena
Editora
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134	Impactos das tecnologias na engenharia de materiais e metalúrgica [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-235-7 DOI 10.22533/at.ed.234190204 1. Engenharia – Tecnologia. 2. Metalurgia. I. Holzmann, Ajuz. II. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna. CDD 620.002854
-----	--

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais e metalúrgica, vem cada vez mais ganhando espaço nos estudos das grandes empresas e de pesquisadores. Esse aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de materiais e metalurgia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente.

A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas de desempenho técnico e econômico. Ainda são base da formação do engenheiro projetista cujo ofício se fundamenta na correta escolha de materiais e no processo de obtenção do mesmo, estando diretamente relacionados a área de metalurgia.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ENGENHARIA METALÚRGICA NA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS: ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO CURSO	
<i>Kelly Cristina Ferreira</i>	
<i>Júnia Soares Alexandrino</i>	
<i>Telma Ellen Drumond Ferreira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902041	
CAPÍTULO 2	8
EVOLUÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE MINAS NA UEMG/JOÃO MONLEVADE EM SEUS 10 ANOS DE EXISTÊNCIA	
<i>Kelly Cristina Ferreira</i>	
<i>Júnia Soares Alexandrino</i>	
<i>Telma Ellen Drumond Ferreira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902042	
CAPÍTULO 3	15
ACUMULADORES PB-ÁCIDO: CONCEITOS, HISTÓRICO E APLICAÇÃO	
<i>Abdias Gomes dos Santos</i>	
<i>Flávio José da Silva</i>	
<i>Magda Rosângela Santos Vieira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902043	
CAPÍTULO 4	21
ANÁLISE PRELIMINAR DA APLICABILIDADE DA SEPARAÇÃO BASEADA EM SENSORES EM MINA DE CALCÁRIO DE CAÇAPAVA DO SUL (RS)	
<i>Evandro Gomes dos Santos</i>	
<i>Régis Sebben Paranhos</i>	
<i>Carlos Otávio Petter</i>	
<i>Aaron Samuel Young</i>	
<i>Moacir Medeiros Veras</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902044	
CAPÍTULO 5	30
DESEMPENHO DE REAGENTES NA FLOTAÇÃO COLETIVA DE SULFETOS DE UM REJEITO AURÍFERO PARAIBANO	
<i>Marcelo Rodrigues do Nascimento</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902045	
CAPÍTULO 6	40
UTILIZAÇÃO DE SULFONATO DE ALQUILBENZENO LINEAR (LAS) E POLICARBOXILATO ÉTER (PCE) COMO REAGENTES PARA FLOTAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO	
<i>José Maria Franco de Carvalho</i>	
<i>Mariane Batista de Oliveira Vasconcelos</i>	
<i>Luanne Phâmella da Silva Henriques e Moreira</i>	
<i>Julia Castro Mendes</i>	
<i>Carlos Alberto Pereira</i>	
<i>Ricardo André Fiorotti Peixoto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902046	

CAPÍTULO 7 50

COMPORTAMENTO EM TRAÇÃO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER E FIBRAS DE CURAUÁ E BANANEIRA CONTÍNUAS E ALINHADAS

Michel José Caldas Carvalho

Douglas Santos Silva

Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.2341902047

CAPÍTULO 8 64

EFEITO DE UM ADITIVO ENZIMÁTICO COMERCIAL NA DEGRADAÇÃO DE PEBD EM MEIO SALINO

Jéssica Pereira Pires

Gabriela Messias Miranda

Gabriela Lagranha de Souza

Flávia Stürmer de Fraga

Alessandro da Silva Ramos

Rosane Angélica Ligabue

Jeane Estela Ayres de Lima

Rogério Vescia Lourega

DOI 10.22533/at.ed.2341902048

CAPÍTULO 9 81

PREPARAÇÃO DE MICROESFERAS DE QUITOSANA/ARGILA PARA USO COMO SISTEMA CARREADOR DO IBUPROFENO

Matheus Aleixo Maciel

Bárbara Fernanda Figueiredo dos Santos

Hanniman Denizard Cosme Barbosa

Albaniza Alves Tavares

Pedro Henrique Correia de Lima

Suédina Maria de Lima Silva

DOI 10.22533/at.ed.2341902049

CAPÍTULO 10 97

CONSOLIDAÇÃO POR SINTERIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL DE ALUMÍNIO RECICLADO A PARTIR DE LATAS DE BEBIDA VIA METALURGIA DO PÓ

José Raelson Pereira de Souza

Regina Bertília Dantas de Medeiros

Mauricio Mhirdau Peres

DOI 10.22533/at.ed.23419020410

CAPÍTULO 11 113

ELETRODEPOSIÇÃO DE FILMES DE POLIPIRROL EM SUPERFÍCIES DE ALUMÍNIO 2024: INFLUÊNCIA DO ELETRÓLITO

Andrea Santos Liu

Alex Fernandes de Souza

Liu Yao Cho

DOI 10.22533/at.ed.23419020411

CAPÍTULO 12	128
UMA REVISÃO SOBRE A TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DE LIGAS METÁLICAS NO ESTADO SEMISSÓLIDO	
<i>Luis Vanderlei Torres</i>	
DOI 10.22533/at.ed.23419020412	
CAPÍTULO 13	141
INFLUÊNCIA DA TAXA DE RESFRIAMENTO SOBRE MACROESTRUTURA DA LIGA DE ALUMÍNIO SAE 323 SOLIDIFICADO EM MOLDE DE AREIA	
<i>Rafael Brasil da Costa</i>	
<i>Rodrigo da Silva Miranda</i>	
<i>Adilto Pereira Andrade Cunha</i>	
DOI 10.22533/at.ed.23419020413	
CAPÍTULO 14	149
INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS OPERACIONAIS DA MESA CONCENTRADORA WILFLEY NA CONCENTRAÇÃO DE ESCÓRIA METALÚRGICA DA LIGA FESIMN	
<i>Raulim de Oliveira Galvão,</i>	
<i>Filipe Brito Marinho de Barros</i>	
<i>José Carlos da Silva Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.23419020414	
CAPÍTULO 15	161
INFLUÊNCIA DO ENSAIO METALÚRGICO DE TEMPERA NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS AÇOS	
<i>Rodrigo da Silva Miranda</i>	
<i>Adilto Pereira Andrade Cunha</i>	
DOI 10.22533/at.ed.23419020415	
CAPÍTULO 16	171
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA ENTRE CAMADAS NA TÉCNICA DE RECONSTRUÇÃO 3D POR SEÇÃO SERIAL	
<i>Wesley Luiz da Silva Assis</i>	
<i>Talita Fonseca dos Prazeres</i>	
<i>Ana Beatriz Rodrigues de Andrade</i>	
<i>Douglas de Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.23419020416	
SOBRE OS ORGANIZADORES	179

DESEMPENHO DE REAGENTES NA FLOTAÇÃO COLETIVA DE SULFETOS DE UM REJEITO AURÍFERO PARAIBANO

Marcelo Rodrigues do Nascimento

Instituto Federal da Paraíba – *campus* Campina Grande, Laboratório de Flotação
Coordenação de Ciência Exatas e da Natureza
e-mail: marceloquimica@gmail.com

RESUMO: Os processos de produção de metais geram resíduos que, em função de sua natureza, composição e disposição podem impactar, em maior ou menor grau, trazendo, inclusive custo financeiro adicional. A situação ideal para a atividade mineral é que o produto da lavra seja integralmente aproveitado. Quando os rejeitos contêm muitos minerais de interesse econômico, significa que os procedimentos utilizados no beneficiamento não foram bons, caracterizando o que se chama: baixa recuperação. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo aplicar a flotação coletiva de sulfetos em um rejeito de Minério Aurífero Paraibano, visando a etapa hidrometalúrgica. Foram testados reagentes de duas renomadas marcas multinacionais, buscando definir quais propriedades químicas são relevantes na recuperação do ouro. A amostra utilizada é conhecida como *curimã* (rejeito da amalgamação, contendo teor de ouro considerável). Nos testes de flotação foram mantidos constantes parâmetros importantes, como: porcentagem de sólidos (15%), pH (10-11),

tempo de acondicionamento total (10 minutos), tempo de flotação (5 minutos), velocidade de agitação (800 rpm) e vazão de ar (5 L/minuto). Os resultados referentes às concentrações de **Au**, **As** e **S** foram obtidos pelas técnicas: *Fire Assay*, ICP OES/MS e Infravermelho – LECO e o Balanço de Massa dos testes, mostram enriquecimento no teor de ouro entre 3 e 4,5 vezes. As propriedades químicas afetam diretamente os resultados de recuperação, por exemplo; o caráter iônico dos surfactantes, em função de seus grupos orgânicos; isômeros dos tradicionais reagentes comerciais e, as faixas de pH de suas soluções, que podem ser bem distintas (predominantemente ácidas para alguns e alcalinas para outros).

PALAVRAS-CHAVE: resíduos de minérios auríferos, flotação coletiva de sulfetos, caracterização química.

ABSTRACT: Metals production processes generate waste that, due to their nature, composition and disposition can impact, with greater or lesser degree, bringing, including additional financial cost. The ideal situation for the mineral activity is that mining product is fully utilized. When the tailings contain many minerals of economic interest, it means that the procedures used in the processing were not good, characterizing what is called: low recovery. Thus, the present work has the

purpose applying the sulfides collective flotation in a Paraíba Auriferous waste ore, aiming at the hydrometallurgical stage. Reagents of two renowned multinational brands were tested to determine which chemical properties are relevant to gold recovery. The sample used is known as *curimã* (amalgamation waste, containing considerable gold content). In the flotation tests important parameters were maintained constant, such as: solids percentage (15%), pH (10-11), total packing time (10 minutes), flotation time (5 minutes), stirring speed (1000 rpm) and air flow (5 L / minute). The results for Au, As and S concentrations were obtained by the techniques: Fire Assay, ICP OES / MS and Infrared - LECO and mass balance tests, show enrichment in the gold content between 3 and 4.5 times. The chemical properties directly affect the recovery results, for example; the ionic surfactants character, due to their organic groups; isomers of the traditional commercial reagents, and the pH ranges of their solutions, which may be quite distinct (predominantly acidic to some and alkaline to others).

KEYWORDS: waste auriferous ores, sulphide collective flotation, chemical characterization.

1 | INTRODUÇÃO

O ouro é um metal que ocorre na crosta terrestre normalmente em sua forma nativa, podendo também estar incluso ou associado à matriz de sulfetos como a pirita, arsenopirita, pirrotita e outros materiais como carbonatos, silicatos e óxidos (caso dos minérios auríferos paraibanos). Relativamente raro, é encontrado em concentrações baixas (1 a 20 ppm), o que torna a exploração, amostragem, análise e processamento de minérios auríferos bastante complexos. Na região de Manaíra e Princesa Isabel – PB, o ouro está contido primeiramente nos interstícios dos cristais de pirita e depois, recristalizado nos espaços vazios intercristais, nas fraturas do quartzo e da própria pirita e em cavidades. Com referências aos teores de ouro verifica-se que os mesmos, apesar de aparentemente baixos, com média de 3,65 g/ton [1, 3].

O ouro em sua forma pura é naturalmente hidrofílico, mas na maioria das vezes ele se encontra na natureza associado a outros minerais, geralmente sulfetos, e isso o torna hidrofóbico. Vale destacar que por estar muitas vezes associados a esses sulfetos, no Brasil a flotação de ouro pode ser tratada como flotação de sulfetos para ocorrer essa separação são utilizados coletores, onde é necessário a presença de um ativador para que esses sulfetos sejam coletados pela fase do ar, logo após é necessária a obtenção de uma espuma que visa facilitar a cinética de interação da partícula.

A utilização da flotação em minérios de ouro é viável pelo fato da visível dificuldade de sua separação seletiva entre ouro e sulfetos. Os coletores mais comumente empregados na flotação de ouro associado a sulfetos são os xantatos e ditiofosfatos, que coletam de forma não seletiva tanto o ouro quanto os sulfetos.

Atualmente, a flotação é o processo dominante no tratamento de quase todos

os tipos de minérios, devido à sua grande versatilidade e seletividade. Permite a obtenção de concentrados com elevados teores e expressivas recuperações, mesmo se for aplicada no beneficiamento de minérios com baixo teor e granulometria fina apresentando como vantagens a ampla aplicabilidade por ser uma técnica de natureza físico-química, teoricamente, podendo ser usada em qualquer situação. Garante maior precisão na separação, o que se pode, por exemplo, alterar a densidade de um mineral. Apresenta maior tolerância aos finos, pois à medida que diminui o tamanho das partículas, as diferenças nas propriedades físicas vão perdendo a importância de modo a dificultar cada vez mais a separação e as propriedades superficiais crescem progressivamente. Além desses fatores, ela apresenta também a possibilidade de produção em larga escala, sendo apropriado o seu uso nas maiores usinas de beneficiamento [2, 4-9].

O presente trabalho tem como objetivo principal aplicar a flotação como etapa de concentração do teor de ouro em um rejeito de Minério Aurífero, oriundo dos Municípios de Manaíra, São José de Princesa e Princesa Isabel – PB. Para atingir o objetivo geral foram realizadas as seguintes ações: (i) Coletou-se as amostras, *in loco*, após visitas aos garimpos; (ii) beneficiou-se as amostras usando as técnicas de Cominuição (britagem e moagem) e Classificação Mineral (peneiramento); (iii) realizou-se testes de flotação para otimizar os parâmetros operacionais (concentrações dos reagentes, pH, tempo e porcentagem de sólidos) utilizando coletores e espumantes convencionais; (iv) Realizou-se Análise Química Elementar, via ICP (*Fire Assay*), para determinação dos teores de ouro, em ppm, As e S, em %, nos concentrados finais. Por fim, (v) flotou-se as amostras de minérios auríferos, utilizando 10 coletores e 02 espumantes de duas marcas renomadas de prestígio internacional, a partir dos parâmetros otimizados;

A área de estudo está localizada no extremo sudoeste do estado da Paraíba e totalmente inserida no município de São José de Princesa. O acesso ao local poderá ser feito partindo de João Pessoa pela Br-230 até o município de Patos, em seguida pela BR-110 até a cidade de Teixeira, daí então pela PB-306 até Princesa Isabel, prosseguindo pela PB-374 chega-se ao município de Manaíra e na sequência se desloca por estrada carroçável percorrendo aproximadamente 10 km chegando ao garimpo na zona rural de São José de Princesa.

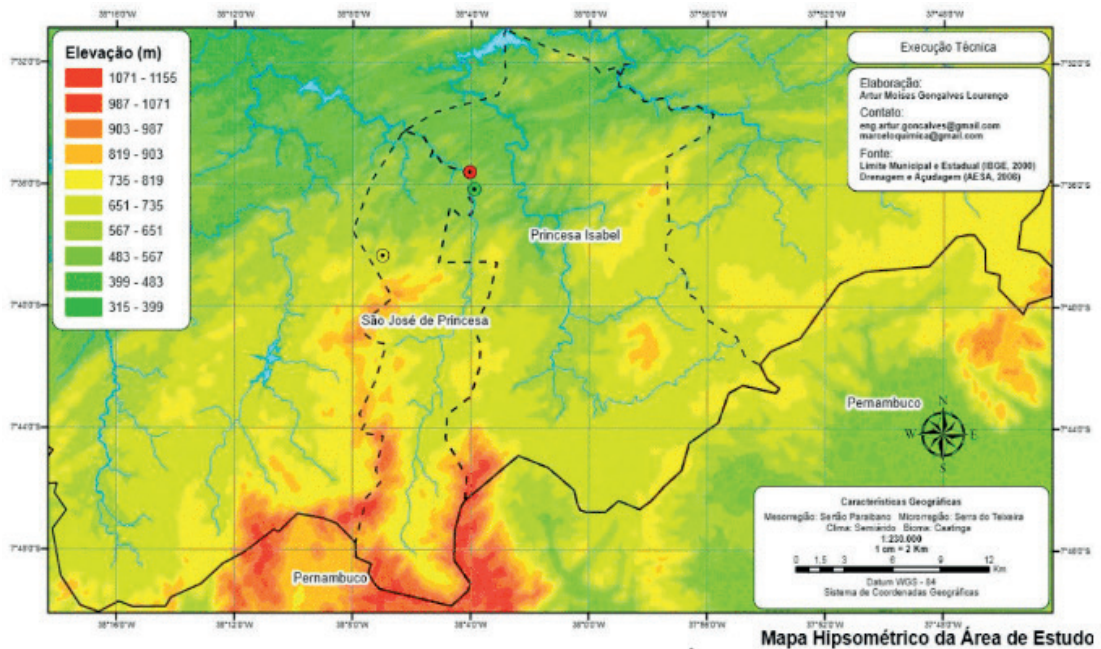


Figura 01 – Mapa de Localização da Área Estudada

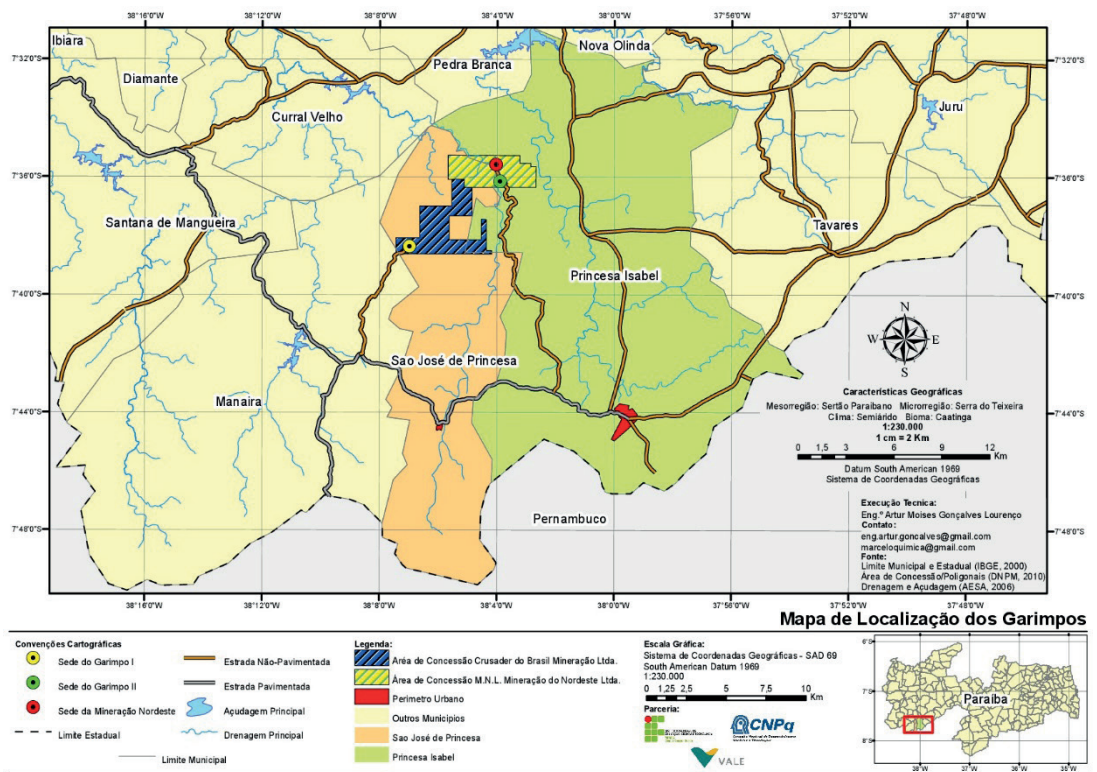


Figura 02 – Mapa de Localização dos Garimpos

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os primeiros experimentos de flotação foram realizados em uma célula de Flotação de Laboratório MacDarma modelo D-12 (Figura 03), que possui uma cuba nominal de 3,0 L e utiliza o ar ambiente para gerar as bolhas no processo de flotação, onde este é captado através de um registro projetado, não necessitando uma fonte

externa de ar. O controle do pH com NaOH é monitorado por meio de um pH-metro da marca HANNA. As frações flotadas e não-flotadas são filtradas a vácuo e, após secas em estufa, 105 °C, desaglomerados e medidos, utilizando uma balança analítica, com resolução de 0,0001g. Para cada condição experimental, esse procedimento foi repetido cinco vezes e as massas de concentrado e rejeito (frações flotadas e não-flotadas) foram então, sendo acumuladas, separadamente, pesadas e enviadas para análise química.



Figura 03 – Máquina de Flotação de Laboratório MacDarma modelo D-12, para os Testes de Flotação do Rejeito de Minério Aurífero.

A 1ª flotação (Figura 04), que serviu de referência para se avaliar os reagentes comerciais, foi realizada num concentrado *blend*, caracterizado por FRX (Quadro 01). Para esse teste, utilizou-se reagentes químicos já conhecidos da literatura, como: os coletores Etil Xantato de Potássio (C_2XK , ALDRICH) e Ditiocarbamato de sódio ($C_4H_6N_2S_4Na_2$, DINÂMICA) nas concentrações de 30 e 20g/t, respectivamente. O espumante foi o metil-isobutil-carbinol (MIBC, ALDRICH), além do ativador sulfato de cobre ($CuSO_4$, SYNTH), na concentração de 20g/t.



Figura 04 – Espumas geradas na flotação do concentrado *blend* do rejeito aurífero.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A caracterização química das amostras, após ensaios de flotação está na Quadro 01. Pode-se inferir como destaque a concentração de S, pois é geralmente relacionado seu aumento no concentrado com o de ouro, já que se realiza uma flotação coletiva de partículas sulfetadas. Nota-se, também, que o coletor não foi seletivo para o As.

A FRX, conseguiu quantificar ouro no *blend* e na fração que foi flotada. Entretanto, os próximos resultados de concentrados de flotação, foram analisados via *Fire Assay* (ensaio a fogo), seguido da Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Acoplado Indutivamente, ICP método mais preciso e, que consegue determinar teores, mesmo até na faixa de poucos ppm.

Espécie Química	<i>Blend</i>	<i>Flotado</i>
Si (%)	30,62	31,70
Al (%)	4,00	3,91
Fe (%)	6,94	12,19
S (%)	0,71	1,23
As (%)	0,84	-----
Au (ppm)	2,94	9,61
Na (%)	0,04	-----
K (%)	1,69	1,11
Rb (%)	0,006	-----
Ca (%)	0,33	-----
Mg (%)	-----	-----
Cu (ppm)	0,04	-----
Ni (ppm)	0,009	-----
Mn (ppm)	0,30	0,43
Ti (%)	0,23	-----
Zr (ppm)	0,009	-----
Zn (ppm)	0,24	-----
Pb (%)	0,77	2,09
P (%)	0,09	-----
Cr (%)	0,04	-----
O (%)	53,09	37,73
SUM (%)	100,00	100,00

Quadro 01 – Teores das espécies, via FRX, para o *blend* e fração flotada.

Dessa forma, foram definidas as condições fixadas para os testes de flotação com os reagentes comerciais das duas marcas **A** e **B** de renome internacional:

- 425 g Minério + 2400 mL de H₂O (15% de sólidos na polpa mineral);
- Vazão de ar = natural;

- pH: 11-12;
- Tempo de acondicionamento dos coletores = 10 min.;
- Tempo de acondicionamento do espumante = 1 min.; Tempo de Flotação = 5 min.;
- Velocidade de agitação da célula = 800 rpm.

Após a definição dos parâmetros operacionais, seguiram os testes de flotação com os reagentes comerciais das marcas **A** e **B**. As Tabelas 01 e 02 resumem os reagentes utilizados para a realização desses testes e suas descrições químicas.

Fabricantes e Nomes fantasia dos Reagentes		Função
A	B	
MDB 1303	Hostafлот M91	Coletor
MDB 1304	Hostafлот M92	
MDB 1306	Hostafлот 3403	
MDB 1337	Hostafлот E703	
MDB 1338	Hostafлот LIB	co-Coletor
MDB 1305	Flotanol C 07	Espumante

Tabela 01 – Reagentes Comerciais Específicos Utilizados nesse projeto

Descrição de cada Reagente		ρ (g×cm ³)	Solubilidade	pH _{natural}
Nome Fantasia	Função Química			
MDB 1303	álcool etoxilado (C ₁₂ -C ₁₅)	0,92	Solúvel em água T > 25 °C	6-7
MDB 1304	álcool etoxilado (C ₁₁ -C ₁₄), rico em C ₁₃	0,98	Solúvel em água T < 25 °C	6-8
MDB 1306	óleo de soja etoxilado	-----	Solúvel em água T < 25 °C	ácido
MDB 1337	álcool etoxilado (C ₉ -C ₁₁)	0,96	Solúvel	6-8
MDB 1338	Glicerol óxido de propileno	1,14	Solúvel em água T > 25 °C	-----
MDB 1305	2-metiloxirano; oxirano; propano-1,2-diol	1,0	Solúvel em água T < 25 °C	-----
Hostafлот M91	Diisobutil ditiofosfato de sódio + Mercaptobenzotiazol (MBT-Na)	1,17	Solúvel	12-13
Hostafлот M92	Dietil ditiofosfato de sódio + Mercaptobenzotiazol (MBT-Na)	1,18	Solúvel	11,5
Hostafлот 3403	Diisobutil ditiofosfato de sódio + Tionocarbamato	1,08	Solúvel	11-12
Hostafлот E703	Tionocarbamato	1,04	Insolúvel	-----
Hostafлот LIB	Diisobutil ditiofosfato de sódio	1,17	Solúvel	11-12,5
Flotanol C 07	Propileno glicol	1,01	Solúvel	6

Tabela 02 – Funções Químicas e Propriedades Físicas dos Reagentes utilizados nesse trabalho

Podem-se inferir três relevantes informações, acerca desses produtos, que podem afetar diretamente os resultados de recuperação de As, S e Au:

1^a – os surfactantes da marca **A** são não-iônicos e, todos tendem a serem formados de álcoois etoxilado;

2^a - Os reagentes da marca **B** (aniônicos), são sais, com fórmulas similares a reagentes comerciais tradicionais, já conhecidos de todos;

3^a – as faixas de pH de suas soluções são bem distintas (predominantemente ácidas para todos os coletores da marca **A** e alcalinas para todos os coletores da marca **B**).

Para cada coletor escolhido, realizou-se 05 testes de flotação, sob as mesmas condições (já definidas). A cada teste, as massas dos concentrados foram sendo somadas, para ser possível juntar uma quantidade de amostras passível de serem analisadas pelo método de *Fire Assay*, já descrito. Dessa forma, as massas da alimentação, também estão somadas nas Tabelas (03 e 04) a seguir, que trazem as informações referentes às Concentração de **Au**, **As** e **S** obtidos pelas técnicas: *Fire Assay*, ICP OES/MS e Infravermelho – LECO para os reagentes testados.

Vale ressaltar que os resultados do Balanço de Massa foram obtidos a partir das equações, frequentemente utilizadas em testes de flotação.

$$R_{\text{recuperação}} M_{\text{ássica}} = \frac{m_{\text{flotada}}}{m_{\text{Alimentação}}} \times 100 \quad (1)$$

$$m_{\text{AuAlimentação}} = \frac{\text{Teor}_{\text{AuAlimentação}} (\text{mg})}{(\text{Kg})} \times m_{\text{Alimentação}} (\text{Kg}) \quad (2)$$

$$m_{\text{Auflotado}} = \frac{\text{Teor}_{\text{Auflotado}} (\text{mg})}{(\text{Kg})} \times m_{\text{flotado}} (\text{Kg}) \quad (3)$$

$$R_{\text{recuperação}} M_{\text{etálica}} = \frac{m_{\text{Auflotado}}}{m_{\text{AuAlimentação}}} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Enriquecimento} = \frac{\text{Teor}_{\text{Auflotado}}}{\text{Teor}_{\text{AuAlimentação}}} \quad (5)$$

Vale lembrar que, de acordo com o Quadro 01, o teor de ouro na amostra utilizada para a alimentação dos ensaios de flotação é de 2,94 mg/Kg. Dessa forma, aplicando-se a Equação 02, a Massa de Au na Alimentação encontrada é igual a 6,2475 mg

Espécie	Testes de Flotação			
	T1	T2	T3	T4
Au (ppm)	9,094	8,676	9,457	9,798
As (%)	0,2143	0,1752	0,2514	0,2839
S (%)	0,76	0,86	0,61	0,51
BALANÇO DE MASSA				
Recuperação Mássica (%)	8,24	7,99	9,74	12,49
Massa de Au no Flotado (mg)	1,5918	1,4740	1,9676	2,5997
Recuperação Metalúrgica de Au (%)	25,48	23,59	31,49	41,61
Enriquecimento de Au	3,09	2,95	3,22	3,33

Tabela 03 – Concentração de **Au**, **As** e **S** e Balanço de Massa dos Testes com reagentes da marca **A**

Espécie	Testes de Flotação			
	T1	T2	T3	T4
Au (ppm)	10,694	11,333	12,850	12,289
As (%)	0,2577	0,3009	0,2602	0,2578
S (%)	0,64	0,62	0,62	0,65
BALANÇO DE MASSA				
Recuperação Mássica (%)	9,6	14,71	11,53	10,07
Massa de Au no Flotado (mg)	2,1816	3,5417	3,1483	2,6298
Recuperação Metalúrgica de Au (%)	34,92	56,69	50,39	42,09
Enriquecimento de Au	3,64	3,85	4,37	4,18

Tabela 04 – Concentração de **Au**, **As** e **S** e Balanço de Massa dos Testes com reagentes da marca **B**

Os resultados anteriores demonstram que os reagentes da **B** obtiveram maior sucesso na recuperação de ouro, por flotação direta, em comparação aos reagentes de **A**, mesmo que de maneira discreta (pela pequena diferença dos valores), mas em nível industrial, esse fator traria um diferencial que influenciaria na escolha dos insumos. Em plantas industriais, onde o montante dos materiais que são tratados ultrapassam toneladas, é imprescindível a escolha correta dos reagentes que podem trazer melhores resultados e, diretamente, ajudar na saúde financeira de uma empresa.

Atribui-se o melhor resultado dos reagentes **B** aos fatores já mencionados, como a natureza química, pois são aniônicos, interagindo melhor com os cátions polivalentes que contém ouro (+1 ou +3); a faixa de pH, que define o potencial zeta ideal e o ponto isoelétrico das espécies auríferas, coincide com o pH de estabilidade desses reagentes, em torno de 11 a 12.

4 | CONCLUSÕES

Por fim, é válido ressaltar, que o enriquecimento de minérios auríferos sulfetados não é uma operação trivial, pois se trata de materiais refratários (de baixa reatividade) e suas polpas necessitam de reagentes químicos adicionais (oxidantes e ativadores, por exemplo), e isso traz dificuldades em encontrar as dosagens necessárias e avaliar os efeitos sinérgicos da utilização de tantas espécies químicas em conjunto.

Sendo conhecedores da necessidade em se aumentar os teores de ouro, para compensar a escolha em se utilizar rejeitos, pode-se dizer que os resultados aqui encontrados podem melhorar, na tentativa de atingir valores que sejam, por exemplo, o dobro dos obtidos aqui, se faz obrigatório a continuidade desse tipo de pesquisa, em se tratando de uma fonte de ouro que, a cada dia, se torna mais importante, por conta da escassez do metal livre, como ocorria outrora.

REFERÊNCIAS

[01] ARANTES, Douglas & MACKENZIE, Brian. A Posição Competitiva do Brasil na Exploração e Mineração do Ouro. Série Estudos de Política e Economia Mineral N° 7. Brasília: DNPM, 1995. 102p.

[02] BALTAR, C. A. M. **Flotação no Tratamento de Minérios**. 2ª Ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2010.

[03] BRITO, A. L. F., “**Projeto Ouro Princesa Isabel**”, Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado da Paraíba (CDRM/PB) em Convênio com a SUDENE. Relatório Técnico, 1986.

[04] CHAVES, A.P (organizador). **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. São Paulo, 2009.

[05] GRANATO, Marcus. **Metalurgia Extrativa do Ouro**. Brasília: DNPM, 1986. 79p.

[06] LINS, F.F. “**Aspectos Químicos, Físicos e Cinéticos da Flotação de Partículas de Ouro**” [Dissertação de Mestrado]. COPPE/UFRJ; Rio de Janeiro, 1987.

[07] MACKENZIE, Brian & DOGGETT, Michael. **Potencial Econômico da Prospecção e da Pesquisa de Ouro no Brasil**. Série Estudos de Política e Economia Mineral N° 4. Brasília: DNPM, 1991.195p.

[08] MARON, Marcos A. C. & SILVA, Alberto R. B. **Perfil Analítico do Ouro**. Brasília: DNPM, 1984. 143p.

[09] PERES, A. E. C., CHAVES, A. P., F. LINS, A. F., TOREM, M. L. “**Beneficiamento de Minérios de Ouro**”. In: Cap. 2 de **Extração de Ouro - Princípios, Tecnologia e Meio Ambiente**. Eds. R. B. E. Trindade, e O. Barbosa Filho, CETEM/MCT, p.322, Rio de Janeiro, 2002.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Henrique Ajuz Holzmann - Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

Ricardo Vinicius Bubna Biscaia - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-235-7



9 788572 472357