

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

UTILIZAÇÃO DE SULFONATO DE ALQUILBENZENO LINEAR (LAS) E POLICARBOXILATO ÉTER (PCE) COMO REAGENTES PARA FLOTAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO

José Maria Franco de Carvalho

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Civil
Viçosa – Minas Gerais

Mariane Batista de Oliveira Vasconcelos

Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia de Minas
Ouro Preto – Minas Gerais

Luanne Phâmella da Silva Henriques e Moreira

Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia de Minas
Ouro Preto – Minas Gerais

Julia Castro Mendes

Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Civil
Ouro Preto – Minas Gerais

Carlos Alberto Pereira

Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia de Minas
Ouro Preto – Minas Gerais

Ricardo André Fiorotti Peixoto

Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Civil
Ouro Preto – Minas Gerais

RESUMO: A flotação é uma das técnicas de separação utilizadas pela indústria mineral e sua importância vem crescendo devido a sua boa performance na concentração de minérios de

baixos teores. Reagentes químicos são usados na flotação com a função de promover controle de hidrofobicidade dos minerais dispersos na polpa, entre estes, os surfactantes vêm sendo estudados com bons resultados. Neste estudo, uma substância baseada em sulfonato de alquilbenzeno linear (LAS) e um aditivo para concretos baseado em policarboxilato éter (PCE) foram testados como reagentes na flotação de minério de ferro. Os testes foram realizados em uma amostra de hematita friável, utilizando a técnica de microflotação. Para o planejamento experimental, foi empregado o método fatorial completo replicado de Yates para três variáveis e dois níveis. As variáveis avaliadas foram o pH (9 e 11); conteúdo de LAS (1000 e 5000 mg/L); e conteúdo de PCE (100 e 1000 mg/L). O melhor resultado (84,1% flotado) foi obtido para a combinação pH=9, conteúdo de LAS=5000 mg/L e conteúdo de PCE=100 mg/L.

PALAVRAS-CHAVE: Reagentes para flotação, flotação de minério de ferro, policarboxilato éter, sulfonato de alquilbenzeno linear, algoritmo de Yates.

ABSTRACT: Flotation is one of the separation techniques that has been used by the mineral industry and its importance has increased due to its better performance in the concentration of low-grade ores. Specific chemical reagents are

used in flotation in order to promote the hydrophobicity control of minerals dispersed in a pulp, among them, surfactants have been studied with good results. In this study, a substance based on Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS), and a concrete admixture based on Polycarboxylate-ether (PCE) were tested as reagents in iron ore flotation. The tests were performed in a friable hematite sample, using the microflotation technique. The Yates complete replicated factorial method for three variables and two levels was used in experimental planning. The variables evaluated was pH (9-11); LAS content (1000-5000 g/cm³); and PCE content (100-1000 g/cm³). The best result (84.1% floated) was obtained for combination pH=9, LAS content = 5000 g/cm³ and PCE content = 100 g/cm³.

KEYWORDS: Flotation reagents, iron ore flotation, polycarboxylate-ether, linear alkylbenzene sulfonate, Yates algorithm.

1 | INTRODUÇÃO

A flotação é um processo de separação seletiva de materiais em um meio aquoso, (TURRER, 2007). As partículas do material flotado (natureza hidrofóbica) são transportados para a superfície, enquanto que o material de natureza hidrofílica permanece (RABOCKAI, 1979). Para promover esse fenômeno, é necessário agitar ou injetar ar através da solução e promover a formação de espuma, de forma a criar uma interface estável ar-líquido com grande área, para tanto, espumantes e aditivos para vários propósitos são utilizados (NASCIMENTO, 2010). O processo de flotação apresenta como vantagens sua melhor performance na concentração de minérios de baixa concentração, possibilidade de redução do conteúdo de sílica em concentrados obtidos por separação magnética, e sua indicação para concentrados para o processo metalúrgico de redução direta (IWASAKI, 1999). Adicionalmente, o processo de flotação tem um importante efeito ambiental, permitindo a recuperação de massas de frações finas com pequena concentração de minério, comumente rejeitadas (TURRER, 2007). Atualmente aproximadamente 2×10⁹ toneladas de minério são processadas por flotação, incluindo a produção de uma parte importante de todo o minério de ferro consumido pela indústria do aço (OLIVEIRA, 2007).

Reagentes químicos específicos são responsáveis pelo controle da hidrofobicidade dos minerais dispersos em uma polpa. Reagentes com enxofre bivalente são utilizados na flotação de sulfetos, e os surfactantes mais comumente utilizados são os xantatos e os ditiofosfatos. A flotação de óxidos e silicatos requerem especial atenção para o fenômeno de atração eletrostática entre mineral e o agente coletor, e demandam o uso de coletores com grandes cadeias carbônicas e alta concentração (OLIVEIRA, 2007). Os coletores aniônicos mais utilizados para minerais oxidados são o hexadecil sulfato, sulfatos de petróleo, hidroxamato de octil, oleil sarcosina e n-alkylsulfosuccinato. Aminas graxas, diaminas, éter-aminas e éter-diaminas são os coletores catiônicos mais utilizados (ARAUJO, VIANA e PERES, 2005; OLIVEIRA, 2007).

A hematita é o mais importante dentre os minerais brasileiros devido a sua abundância e alto teor de ferro, ocorrendo em grandes massas compactas ou massas friáveis, mas também pode ocorrer na forma de estruturas em camadas alternadas com quartzo em rochas metamórficas (INFOMET, 2016).

O quartzo é o principal mineral de ganga presente no minério de ferro. As rotas disponíveis para a separação são flotação catiônica reversa do quartzo, flotação aniônica direta do minério de ferro e flotação aniônica reversa do quartzo ativado (ARAUJO, VIANA e PERES, 2005). A rota de flotação mais popular é a catiônica reversa, e a amina e o amido de milho são o coletor e o depressor mais utilizados respectivamente (HOUOT, 1983; ARAUJO, VIANA e PERES, 2005; NASCIMENTO, 2010; LUO, WANG, et al., 2016). A flotação aniônica direta do óxido de ferro é particularmente interessante para concentração de minérios de baixo teor, e ácidos graxos podem ser utilizados como coletor (ARAUJO, VIANA e PERES, 2005).

Aditivos químicos são largamente empregados na construção civil como modificadores de propriedades de concretos, sendo que muitos deles são baseados em surfactantes, cujas principais funções são a incorporação de ar (incorporadores de ar) e modificação de consistência (plastificantes e superplastificantes).

Os agentes incorporadores de ar são usados na construção civil com o propósito de incorporar ar intencionalmente em concretos e argamassas, com o intuito de criar um sistema de bolhas microscópicas (HARTMAN, JEKNAVORIAN, et al., 2011). A presença de microbolhas na matriz cimentícia aumenta a durabilidade quando esses materiais são sujeitos a ciclos gelo/degelo (DU e FOLLIARD, 2005; MARSH. D, 2015). Além disso, incorporação de ar é desejável na obtenção de concretos e argamassas leves (SCHACKOW, EFFTING, et al., 2014). As principais substâncias incorporadoras de ar são as resinas de vinsol, ácidos graxos, sulfonatos de alquilaril, etoxilatos de alquilaril, sais ácidos e aminas alcalinas de lignossulfonato (HARTMAN, JEKNAVORIAN, et al., 2011; YANG, ZHU, et al., 2000). Recentemente o uso de sulfonato de alquilbenzeno linear (LAS) foi estudado e se mostrou um agente incorporador de ar eficiente em matrizes cimentícias (MENDES, 2016).

Plastificantes e superplastificantes são aditivos químicos usados em matrizes cimentícias com o intuito de aumentar a trabalhabilidade de misturas frescas sem aumentar o consumo de água. Por isso estes agentes também são chamados de redutores de água, pois permitem a obtenção de matrizes com certa trabalhabilidade com menor consumo de água (ABNT, 2011). Os plastificantes comercialmente disponíveis são baseados em lignossulfonatos, sais hidroxicarboxílicos, e polissacarídeos, sendo os primeiros os mais comuns. A primeira geração de superplastificantes são baseadas em sais condensados de naftaleno sulfonatos ou sulfonato de melanina e os da segunda geração são baseados em policarboxilato éter (PCE) (HARTMAN, JEKNAVORIAN, et al., 2011; LIU, WANG, et al., 2014). Os polímeros de plastificantes e superplastificantes têm um grande número de ramos hidrofílicos em uma cadeia hidrofóbica. Desta forma, os ramos hidrofílicos são adsorvidos pela partícula de cimento, enquanto a outra parte

é orientada para a água, tornando a partícula hidrofílica (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

O LAS é um surfactante aniônico que apresenta uma longa porção polar (hidrofóbica) e um pequeno grupo apolar (hidrofílico). O LAS pertence a uma família de detergentes sintéticos e é o princípio ativo de lava-louças. Como vantagens pode-se citar que esse produto é largamente disponível comercialmente, tem baixo custo, é considerado não tóxico e apresenta baixo impacto ambiental (MENDES, 2016), com taxa de biodegradação superior a 95% (YPÊ, 2011). A Figura 1a mostra um arranjo esquemático da molécula de LAS.

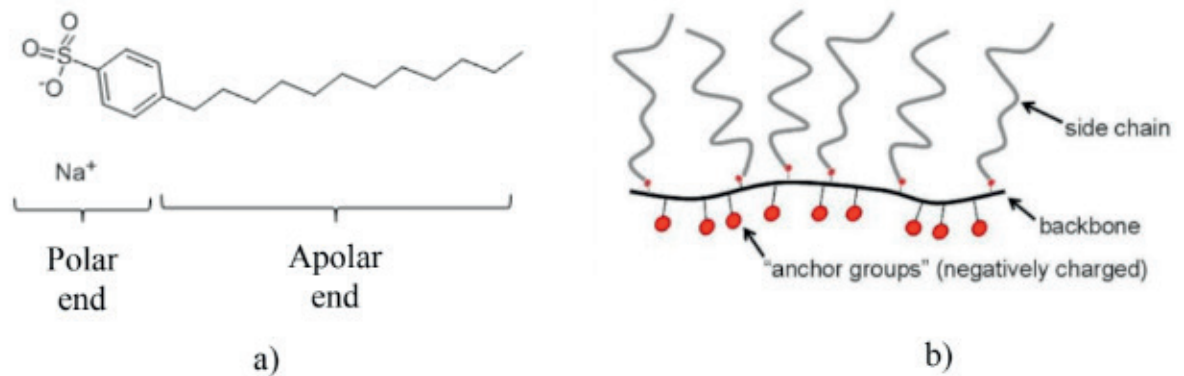


Figura 1. a) Molécula de LAS com suas extremidades polar e apolar (CHEMICAL BOOK, 2016); b) Arranjo esquemático de uma molécula de policarboxilato (SIKA, 2016).

Os PCEs podem ser classificados em duas categorias: PCE tipo poliéster e PCE tipo poliéter (LIU, WANG, et al., 2014). A arquitetura do polímero de PCE consiste em uma cadeia principal e várias cadeias laterais. A cadeia principal é adsorvida pela partícula de cimento enquanto as cadeias laterais promovem um efeito dispersante. A Figura 1b mostra um arranjo esquemático de uma molécula de policarboxilato.

Neste estudo é apresentada uma investigação na utilização de LAS e de uma substância superplastificante comercial baseada em PCE como reagentes poliméricos na flotação de minério de ferro.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizadas amostras de hematita friável. O material foi processado em um moinho de panela Dialmatica SM100 durante 5s, e a fração das partículas com dimensão entre 150 e 300 μ m foi utilizada. As amostras foram preparadas e divididas conforme prescrições da norma NBR ISO 3082 (ABNT, 2011).

A substância baseada em LAS foi um lava-louça comercial da marca Ypê, e o superplastificante baseado em PCE foi o McBauchemie Powerflow4000. NaOH e HCL foram utilizados para correção de pH.

Os ensaios de microflotação foram realizados no Laboratório de Flotação, Departamento de Engenharia de Minas, UFOP. Foi utilizado um tubo de Hallimond

modificado, um misturador magnético, e uma fonte de nitrogênio com rotâmetro para controle de fluxo. Na Figura 2 é mostrada a montagem do aparato utilizado no estudo.

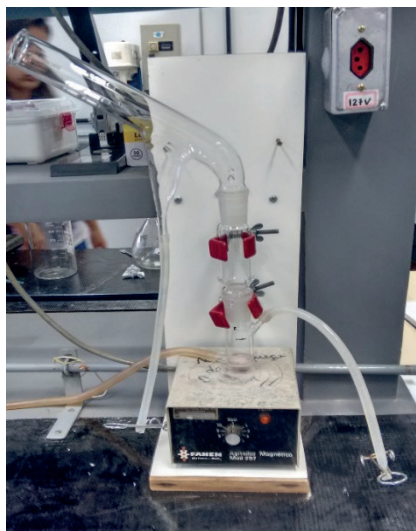


Figura 2. Aparato utilizado no ensaio de microflotação.

Os testes foram feitos em amostras contendo 2g de minério, que foram condicionadas por 6 minutos em 50 mL de uma solução contendo os reagentes. O fluxo de gás foi fixado em 90-120 mL/min, o tempo de flotação foi fixado em 1 min, e a velocidade de agitação em 4 rpm. Os testes de microflotação foram realizados de acordo com o planejamento estatístico, utilizando o método fatorial completo replicado de Yates para três variáveis e dois níveis (BOX, HUNTER e HUNTER, 1978). As variáveis adotadas foram o pH, conteúdo de LAS e conteúdo de PCE. Dois níveis experimentais foram adotados para cada variável. Na Tabela 1 são mostrados os dados adotados no planejamento experimental.

Variável	Id.	Níveis experimentais	
		Inferior (-)	Superior (+)
pH	A	9	11
Conteúdo de LAS, mg/L	B	1000	5000
Conteúdo de PCE, mg/L	C	100	1000

Tabela 1. Dados adotados no planejamento experimental.

O conteúdo de PCE foi fixado de acordo com a dosagem mínima recomendada pelo fabricante (MC BAUCHEMIE, 2015). Esta dosagem foi convertida na razão PCE/água para melhor ajuste às condições do teste. O conteúdo de LAS foi fixado usando as mesmas relações PCE/água, considerando uma concentração de 10% de LAS no detergente comercial (YPÊ, 2014). Para o nível superior de LAS, os autores utilizaram apenas a metade da dosagem para evitar excesso na formação de espuma. O máximo

valor de pH foi fixado de modo a simular a alcalinidade do concreto, teoricamente a melhor condição para a ação do reagente baseado em PCE.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados experimentais são mostrados na Figura 3. Os melhores desempenhos foram observados nos testes B (pH = 9; conteúdo de LAS = 5000 mg/L; conteúdo de PCE = 100 mg/L); AC (pH = 11; conteúdo de LAS = 1000 mg/L; conteúdo de PCE = 1000 mg/L); e T (pH = 9; conteúdo de LAS = 1000 mg/L, conteúdo de PCE = 100 mg/L). Os resultados sugerem um melhor desempenho como coletor para o LAS com concentração mais alta e moderada em menor pH, enquanto o PCE apresentou melhor performance como coletor em alta concentração e em alto valor de pH (como esperado, considerando o ambiente altamente alcalino das matrizes cimentícias). A matriz do método fatorial completo é apresentada na Tabela 2.

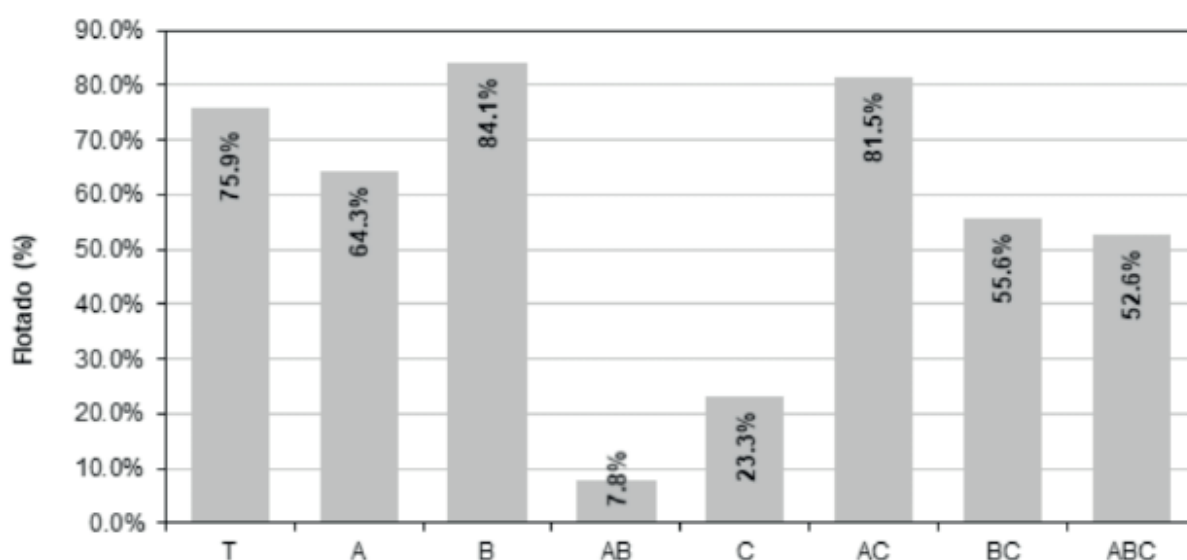


Figura 3. Resultados experimentais.

Teste	A	B	C	Id.	Flotado (%)		
					R ₁	R ₂	Valor médio
1	-	-	-	T	76.2	75.6	75,9
2	+	-	-	A	63.3	65.3	64,3
3	-	+	-	B	88.8	79.3	84,1
4	+	+	-	AB	5.4	10.2	7,8
5	-	-	+	C	22.6	24.0	23,3
6	+	-	+	AC	77.2	85.7	81,5
7	-	+	+	BC	58.9	52.3	55,6
8	+	+	+	ABC	54	51.2	52,6

Tabela 2. Resultados experimentais e matriz do método fatorial completo.

Comportamentos de depressor foram observados no teste AB (pH = 11; conteúdo de LAS = 5000 mg/L; conteúdo de PCE = 100 mg/L), que sugere um efeito depressor para alta concentração de LAS associado a um alto valor de pH. No teste C (pH = 9; conteúdo de LAS = 1000 mg/L; conteúdo de PCE = 1000 mg/L) foi observado um moderado efeito depressor, indicando uma ação depressora para alto conteúdo de PCE associado com baixo valor de pH.

Em geral, os testes envolvendo níveis similares de LAS e PCE apresentaram comportamento intermediário, o que sugere que estes dois surfactantes podem ter efeitos antagônicos quando associados.

Os cálculos de Yates indicaram que, exceto para o teste ABC, todas as variáveis e interações se mostraram significantes a um nível de confiança de 95%. Adicionalmente, para todas as variáveis consideradas separadamente, a mudança no valor do nível inferior para o nível superior leva a um decréscimo no valor da resposta. Os resultados são mostrados na Tabela 3.

R1+R2	Algoritmo de Yates									Efeito
	Y-1	Y-2	Y-3	AD	Efeito	R1-R2	(R1-R2) ²	τ ,cal	Signifi- cância	
151.87	280.48	464.14	889.98	111.25	T	0.57	0.33	-	-	-
128.61	183.67	425.84	-65.51	-8.19	A	-1.97	3.90	4.21	S	Reduz
168.12	209.49	-175.82	-89.95	-11.24	B	9.43	88.93	5.79	S	Reduz
15.55	216.35	110.32	-251.63	-31.45	AB	-4.75	22.60	16.18	S	Reduz
46.58	-23.26	-96.81	-38.31	-4.79	C	-1.45	2.11	2.46	S	Reduz
162.90	-152.56	6.86	286.14	35.77	AC	-8.55	73.18	18.40	S	Au- menta
111.18	116.32	-129.31	103.67	12.96	BC	6.55	42.89	6.67	S	Au- menta
105.17	-6.00	-122.32	6.99	0.87	ABC	2.79	7.81	0.45	N	Au- menta

Tabela 3. Algoritmo de Yates para três variáveis e dois níveis.

A influência da interação de duas variáveis (AB, BC e AC), mostraram-se ser significativas no método fatorial. Essas interações foram explicitadas usando o método do algoritmo de Yates invertido. Como resultados, foram observados que, para a interação AB e para um valor de resposta mais elevado, a variável A deve ser considerada no seu valor mais alto e a variável B em com seu valor mais baixo. Para a interação BC, o método mostrou que a variável B e a variável C devem ser consideradas com seus valores mais baixos para melhores resultados. Finalmente, para a interação AC, as variáveis A e C devem ser consideradas com seus valores mais baixos.

A interação dos fatores foi analisada utilizando-se o algoritmo de Yates invertido. Os dados das análises são mostrados na Tabela 4.

Efeito	DM	Y-1	Y-2	(Y-2)/2
AB	-31,45	-42,70	60,36	30,18
B	-11,24	103,06	139,65	69,82
A	-8,19	20,21	145,76	72,88
T	111,25	119,44	99,23	49,61
BC	12,96	8,17	108,18	54,09
C	-4,79	100,00	104,74	52,37
B	-11,24	-17,75	91,83	45,92
T	111,25	122,49	140,24	70,12
AC	35,77	30,98	134,04	67,02
C	-4,79	103,06	78,88	39,44
A	-8,19	-40,56	72,08	36,04
T	111,25	119,44	159,99	80,00

Tabela 4. Algoritmo de Yates invertido para interações

4 | CONCLUSÕES

Os resultados mostraram melhor efeito coletor para os testes B (pH=9; conteúdo de LAS = 5000 mg/L; conteúdo de PCE = 100 mg/L), AC (pH = 11; conteúdo de LAS = 1000 mg/L; conteúdo de PCE = 1000 mg/L) e T (pH = 9; conteúdo de LAS = 1000 mg/L, conteúdo de PCE = 100 mg/L), cujos conteúdos flotados apresentados foram, respectivamente, 84.1%; 81.4%; e 75.9%.

Os testes AB (pH = 11; conteúdo de LAS = 5000; conteúdo de PCE = 100), e C (pH = 9; conteúdo de LAS = 1000 mg/L; conteúdo de PCE = 1000 mg/L), apresentaram comportamento depressor, com conteúdo flotado observado igual a 7.8% e 23.3%, respectivamente.

Os resultados do método de Yates mostraram que todas as variáveis (pH, conteúdo de LAS, e conteúdo de PCE) foram significativas, para um nível de confiança de 95%, bem como as interações pH/contéudo de LAS; pH/contéudo de PCE e contéudo de LAS/contéudo de PCE. Adicionalmente, a redução nos valores das variáveis individuais deve ser aplicada para um aumento no contéudo flotado.

As interações entre variáveis foram avaliadas utilizando-se o algoritmo de Yates invertido, e os resultados mostraram que alto valor de pH associado com baixo conteúdo de LAS; baixo valor de pH associado com baixo conteúdo de PCE; e baixo conteúdo de LAS associado com baixo conteúdo de PCE estão relacionados com um aumento no valor da resposta.

As substâncias testadas, baseadas em LAS e PCE, apresentaram resultados promissores para utilização como reagentes na flotação de minério de ferro. No entanto, investigações adicionais são necessárias para melhor compreender o comportamento

desses dois reagentes em outros tipos de interação e outros valores para as variáveis.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, FAPEMIG, CNPq, UFOP, UFV e Fundação Gorceix pelo suporte financeiro. Nós também somos gratos pela infraestrutura e colaboração do Laboratório de Flotação e seus pesquisadores.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Especificações. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT, 2011.

ABNT. **NBR ISO 3082**: Minérios de ferro - Procedimentos de amostragem e preparação de amostras. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2011.

ARAUJO, A. C.; VIANA, P. R. M.; PERES, A. E. C. Reagents in iron ore flotation. **Minerals Engineering**, v. 18, n. 2005, p. 219-224, 2005.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experiments: an introduction for design, data analysis, and model building**. [S.l.]: John Wiley & Sons Inc., 1978. 658p p.

CHEMICAL BOOK. **Sodium dodecylbenzenesulphonate**, 2016. Disponível em: <http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB4852054.htm>. Acesso em: 19 December 2016.

DU, L.; FOLLIARD, K. J. Mechanisms of air entrainment in concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 35, p. 1463-1471, 2005.

HARTMAN, C. et al. Aditivos químicos para concretos e cimentos. In: ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: Ibracon, 2011. p. 347-380.

HOUOT, R. Beneficiation of iron ore by flotation - Review of industrial and potential applications. **International Journal of Mineral Processing**, v. 10, n. 1983, p. 183-204, 1983.

INFOMET. Minérios de ferro. **Infomet**, 2016. Disponível em: <<http://www.infomet.com.br/site/siderurgia-1a-minerios.php>>. Acesso em: 29 Setembro 2016.

IWASAKI, I. Iron Ore Flotation - Historical Perspective and Future Prospects. In: **SME Advances in Flotation Technology**. Denver: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. - SME, 1999.

LIU, X. et al. Synthesis, characterization and performance of a polycarboxylate superplasticizer with amide structure. **Colloids and Surfaces A**, v. 448, p. 119-129, 2014.

LUO, X. et al. Effect of carbonate minerals on quartz flotation behavior under conditions of reverse anionic flotation of iron ores. **International Journal of Mineral Processing**, v. 152, p. 1-6, 2016.

MARSH. D. Besting Bubbles. **Concrete Products**, v. 118, p. 66-68, 2015.

MC BAUCHEMIE. **MC-Powerflow4000 - Datasheet**. MC-Bauchemie, November 2015. Disponível em: <<http://www.mc-bauchemie.com.br/wp-content/uploads/2013/12/mc-powerflow-4000-11-2015.pdf>>. Acesso em: 02 February 2017.

MEHTA, P.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. 2^a. ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

MENDES, J. C. **Viabilidade técnica da utilização de alquilbenzeno sulfonato de sódio linear como aditivo incorporador de ar e matrizes cimentícias**. Ouro Preto: UFOP, 2016. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em engenharia Civil.

NASCIMENTO, D. R. **Flotação aniônica de minério de ferro**. Ouro Preto: UFOP, 2010. 116 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral.

OLIVEIRA, J. F. Flotação. In: **CETEM, M. T. C.- Tendências tecnológicas para o Brasil em 2015: Geociências e tecnologias minerais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

RABOCKAI, T. **Physical Chemistry of Surfaces**. [S.l.]: OEA, 1979.

SCHACKOW, A. et al. Mechanical and thermal properties of lightweight concretes with vermiculite and EPS using air-entraining agents. **Construction and Building Materials**, v. 57, p. 190-197, 2014.

SIKA. **Superplasticizers, 2016**. Disponível em: <<http://deu.sika.com/en/gypsum-mortar-redirect/sika-gypsum-mortars-solutions/gypsum-product-groups/superplasticizers.html>>. Acesso em: 19 de dezembro de 2016.

TURRER, H. D. G. **Depressantes poliméricos na flotação de minério de ferro**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 203 p. [Tese de doutorado] Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas.

YANG, Q. et al. Properties of concrete with a new type of saponin air-entraining agent. **Cement and Concrete Research**, v. 30, n. 8, p. 1313-1317, 2000.

YPÊ. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos**. Disponível em: <<https://www.impakto.com.br/sistema/produtoEspecificacao/110029.pdf>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2017.

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